XXIX CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE GEOGRAFÍA

Desafíos de la geografía ante el cambio global

50 años de la Asociación Española de Geografía

Cáceres,
14, 15, 16 y 17
de octubre
de 2025

Organizan

AGE 50 Asociación Española de Geografía

uex Universidad de Extremadura

EJE 1. CAMBIO AMBIENTAL

Ana Nieto Masot, Gema Cárdenas Alonso y Ángela Engelmo Moriche (Editoras)

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

XXIX CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE GEOGRAFÍA

DESAFÍOS DE LA GEOGRAFÍA ANTE EL CAMBIO GLOBAL

CACERES 14, 15, 16 Y 17 DE OCTUBRE DE 2025

EJE 1 – CAMBIO AMBIENTAL

ANA NIETO MASOT

GEMA CÁRDENAS ALONSO

ÁNGELA ENGELMO MORICHE

(Editoras)

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Cáceres 2025

Edita:

Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones
Plaza de Caldereros, 2. 10003 Cáceres (España)
Tel. 927 257 041
publicac@unex.es
http://www.unex.es/publicaciones

Libro de actas con los trabajos aportados al XXIX Congreso de la Asociación Española de Geografía: 50 años de la Asociación Española de Geografía. "Desafíos de la Geografía ante el Cambio Global"
Asociación Española de Geografía (AGE) y Departamento de Arte y Ciencias del Territorio de la Universidad de Extremadura.
Editoras: Ana Nieto Masot, Gema Cárdenas Alonso y Ángela Engelmo Moriche.

https://eventos.unex.es/119805/detail/xxix-congreso-de-la-asociacion-espanola-de-geografia.html

https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

E-ISBN: 978-84-129568-6-3 (Asociación Española de Geografía (AGE)
Eje 1: CAMBIO AMBIENTAL: E-ISBN 978-84-9127-348-6
Eje 2. CAMBIO SOCIO-TERRITORIAL: E-ISBN 978-84-9127-349-3
Eje 3: CAMBIO TECNOLÓGICO: E-ISBN 978-84-9127-350-9

Acceso abierto en el Repositorio Institucional de la Universidad de Extremadura

Dehesa Repositorio Institucional

CC BY NC ND

INDICE

Prólogo..... 18

CAMBIO CLIMÁTICO, RIESGOS NATURALES Y SU IMPACTO TERRITORIAL

Sesgos en la investigación sobre incendios forestales en áreas protegidas de montaña: un análisis bibliométrico..... 20
Badía Perpinyá, Anna y Carracedo Martín, Virginia

La deglaciación del complejo volcánico nevado Coropuna (sur de Perú) desde mediados del siglo XX 26
Cárdenas, Mariana; Úbeda, José; Pellitero, Ramón y Kozhikkodan Veettil, Bijeesh

La inversión térmica de subsidencia en Canarias y su relación con la generación y propagación de los incendios forestales..... 32
Correa González, Jordan; Dorta Antequera, Pedro; Díaz Pacheco, Jaime Salvador; Martín Raya, Nerea y López Díez, Abel

Análisis socio-territorial de la vulnerabilidad al calor en la ciudad de Sevilla 40
Cruz-Mazo, Estrella Candelaria; Lara-García, Ángela y Núñez-Rivera, Claudia

Patrones espaciales de correlación entre la oscilación del Atlántico Norte (NAO), la oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO), y la precipitación en la España peninsular 47
Cuscó, Eduard; Martín-Vide, Javier; González-Hidalgo, José Carlos; Moreno-García, M. Carmen; Beguería, Santiago; Cordobilla, María José, Balagué, Xavier; Peña-Angulo, Dhais; Lemus, M. y Trullenque, Víctor

Turismo en zonas vulnerables: exposición de los turistas al riesgo de riadas. El caso de la DANA en Valencia, 2024 51
De la Osada Saurí, David

Impacto del cambio climático en el confort turístico: aplicación del Holiday Climate Index (HCI: URBAN) en España en los meses de verano para finales de siglo (2081-2100)..... 58
Díaz-Poso, Alejandro; Royé, Dominic y Martínez-Ibarra, Emilio

Primera aproximación al conocimiento de la evolución de la vegetación orófila en el pasado en Sierra Nevada (Granada, España) a partir del análisis pedoantracológico 65
Fernández-Castaño, Francisca; Olmedo-Cobo, José Antonio; Pardo-Martínez , Rubén y Gómez-Zotano, José

Tendencias del cambio climático y fenómenos extremos en ciudades brasileñas, mozambiqueñas y europeas 72
Ferreira Nascimento, Diego Tarley y Martín-Vide, Javier

Relación entre el NDVI, el aumento de temperaturas superficiales y la vulnerabilidad a incendios forestales en ecosistemas de montaña en los Pirineos Occidentales 79
García Zárate, Diego y Cristóbal Rosselló, Jordi

La DANA del 29 de octubre de 2024 en contexto: vulnerabilidad sociodemográfica en el litoral mediterráneo español 85
García-Fernández, Ester; Gil-Guirado Salvador y Pérez-Morales, Alfredo

Afección de la DANA 29-O a los sistemas de regadío históricos de L'Horta Sud 93
Hermosilla-Pla, Jorge; García Patón, Jesús; Aparicio Maya, José Vicente; Mayordomo Maya, Sandra; Berenguer Sala, Javier y Membrado Tena, Joan Carles

Caracterización de los grandes incendios forestales de Canarias (2012-2024) 100
Martín Raya, Nerea; López Díez, Ábel; Díaz Pacheco, Jaime; Correa González, Jordan; Dorta Antequera, Pedro y Dávila Peraza, Alejandro

Sistemas para moderar el exceso de calor diurno en las ciudades españolas. El caso de Barcelona 107
Martín-Vide, Javier y Moreno García, Mª Carmen

Análisis preliminar de factores que controlan la dispersión de una especie exótica invasora (Neurada Procumbens) en un campo de dunas árido expuesto a usos turísticos continuados 114
Medina-Lorenzo, Emilio; Hernández-Cordero, Antonio Ignacio; García-Romero, Leví y Hernández-Calvento, Luis

Producción y gestión del riesgo-desastre: aprendizajes a partir de la DANA del 29 de octubre 121
Melo Escrihuela, Carme y Del Romero Renau, Luís

Cartografía temática y redes sociales. La DANA de Valencia del 29/10/2024 127
Membrado-Tena, Joan Carles, Berenguer -Sala, Javier y Hermosilla-Pla, Jorge

Revisión normativa, actores implicados, mecanismos y tipos de participación en la respuesta a la emergencia climática en regiones insulares. El caso de Canarias 134
Naranjo Almeida, Lorena; Peña Alonso, Carolina; Bombana, Briana y González, Ariadne G.

Datos preliminares sobre el número de piscinas en Andalucía 2022: fuentes de datos y geovisualización web 141
Ojeda Zújar, José; Sánchez Rodríguez, Esperanza; Pérez Alcántara, Juan Pedro y Prieto Campos, Antonio

Machine Learning para el cálculo de susceptibilidad de movimientos de ladera en islas volcánicas: comparación con metodologías heurísticas multicriterio..... 148
Parra Alfaya, Sergio; Díaz Pacheco, Jaime y Martín Raya, Nerea

Los episodios de calor extremo en Asturias: una propuesta de índice de vulnerabilidad municipal 155
Pérez-García, Luis, García-Hernández, Cristina; Ruiz-Fernández, Jesús; Ochoa-Álvarez, Mirella y Fresnedo-Guillem, Fernando

Análisis espacio-temporal de las inundaciones en la demarcación hidrográfica del Segura a partir de la base de datos AMARNA (1258-2025)..... 161
Pérez-Morales, Alfredo; Gil-Guirado, Salvador; Barriendos, Josep y Barriendos, Mariano

Aludes y cambio climático en el Macizo Asturiano: su impronta en el paisaje de la media montaña atlántica 169
Poblete Piedrabuena, Miguel Ángel; Beato Bergua, Salvador y Marino Alfonso, José Luis

La interfaz urbano-forestal en el Gran Valparaíso: análisis de la vulnerabilidad frente a grandes incendios forestales..... 175
Ramírez Aliaga, Priscila; Eraso Terán, Oscar y Badía Perpinyá, Anna

Impacto del abandono agrícola en la exposición a incendios forestales en la comarca del Matarraña (Teruel) 181
Rodrigues, Marcos; Gómez, Isabel; Blanco, Minia y Bentué Martínez, Carmen

Evaluación de criterios de éxito en proyectos de energías renovables: prácticas inteligentes en la provincia de Jaén, España..... 187
Rodríguez-Segura, Francisco Javier; Liñán- Chacón, Javier y Frolova, Marina

Análisis del episodio de lluvias del 29 de octubre de 2024 en las Comarcas de la Sierra del Segura (Albacete) y del Noroeste (Murcia) 194
Ruíz Álvarez, Víctor; Ruíz Álvarez, Marcos; Amor Jiménez, Juan Antonio y Martí Talavera, Javier

El papel de los elementos climáticos en el decaimiento por seca en Quercoideas 200
Ruiz Picazo, Leire; Corral Ribera, Mario; Cañada Torrecilla, Rosa y Fidalgo Hijano, Concepción

Metodología para la evaluación cartográfica de la vulnerabilidad frente a olas de calor a escala intra-urbana de máximo detalle 207
Sortino Barrionuevo, Juan Francisco; Perlés Roselló, María Jesús y Vargas Molina, Jesús

Riesgo asociado al incremento del nivel del mar en el municipio de Arucas (Islas Canarias, España)..... 214
Suárez Pérez, Carlos Avigdor; Sanromualdo-Collado, Abel; Máyer-Suárez, Pablo y García-Romero, Leví

Refugios climáticos en Andalucía: inventario y análisis territorial de su alcance y utilidad para la población frente al calor extremo 221
Vargas Molina, Jesús; Sortino Barrionuevo, Juan Francisco y Castro Noblejas, Hugo

La invernada y reproducción de las aves acuáticas en la provincia de Toledo (periodo 1995-2020)..... 228
Velasco Tejado, Tomás; Molina Holgado, Pedro y Allende Álvarez, Fernando

Cartografía de emergencia ante desastres naturales: inundación tras la DANA de Valencia de 29 de octubre de 2024 235
Zornoza-Gallego, Carmen; Serrano-Lara, Javier y Ruescas-Oriente, Ana Belén

PAISAJE, PATRIMONIO Y BIODIVERSIDAD

Patrimonio etnográfico, terciarización y paisaje: un caso de estudio en Gran Canaria 242
Almeida Vera, Mélani y Santana Cordero, Aarón Moisés

Cambios paisajísticos en el entorno de Ciñera (León) y la valorización del patrimonio industrial 248
Barrientos Antón, Raúl y Cuende de Lera, Iván

Evaluación del patrimonio geomorfológico frente al cambio global: el caso de Piedrabuena en el Geoparque mundial UNESCO 'Volcanes de Calatrava. Ciudad Real' (Castilla-La Mancha, España)..... 254
Becerra-Ramírez, Rafael; Guevara, Darío; Sánchez, Carmen P.; Romero, José Mª.; Lobera, Javier; Ortíz, Yago; García, Álvaro; Solera, Alonso; Salas, Alejandro y Todor, Raluca M.

Itinerario de paisaje en la Cumbre de la Dehesa (El Hierro, I. Canarias): una propuesta geográfica para identificar su patrimonio natural y cultural 261
Beltrán Yanes, Esther; Díaz Feria, Beatriz I., Dóniz Páez, Javier y Guillén-Martín, Cayetano

Itinerario de paisaje en el Volcán de La Arena (Fuerteventura, I. Canarias): una propuesta geográfica para identificar su patrimonio natural y cultural 268
Beltrán Yanes, Esther; Díaz Feria, Beatriz I., Dóniz Páez, Javier y Guillén-Martín, Cayetano

Caminando el litoral: entrevistas en movimiento para comprender el litoral catalán en el contexto del Antropoceno 275
Bombana, Briana; Fauth, Gabriela y Vivas-Elías, Pep

Patrimonio comunitario de Nahuelbuta (Chile): "archivo" de un imaginario territorial colectivo de una montaña tensionada 282
Cornejo Nieto, Carlos y Mora Gallardo, Sady

Evolución paisajística y cambios de usos del suelo debido a la explotación minera El Charcón (León), desde la segunda mitad del s. XX 290
Cuende de Lera, Iván; González Gutiérrez, Rosa Blanca y Redondo Vega, José María

Propuesta metodológica para la identificación de paisajes agrobiodiversos en la comarca montaña alavesa 297
Dávila Cabanillas, Nagore; Ormaetxea Arenaza, Orbange y Aguado Moralejo, Itziar

Análisis territorial a través de las métricas del paisaje: el estudio de caso de la sierra de Béjar y Candelario 304
Delgado Álvarez, José; Santana Cordero, Aarón Moisés y Almeida Vera, Mélani

Análisis de la filiación corológica y el estatus de los taxones vasculares de los prados subalpinos del Monte Ory (Navarra) 311
Díaz Sanz, María Cristina; Lozano Valencia, Pedro José y Meaza Rodríguez, Guillermo

Recursos geopatrimoniales a escala municipal (Fuencaliente, Canarias, España) para promocionar el geoturismo volcánico 317
Dóniz Páez, Javier; Pérez, Nemesio M.; Afonso Falcón, David y de los Ríos Díaz, Héctor

Patrimonio geográfico de interés geoturístico en Geoparques de islas volcánicas activas: Lanzarote y Archipiélago Chinijo, Canarias, España 323
Dóniz Páez, Javier; Afonso Falcón, David; de Los Ríos Díaz, Héctor y Pérez, Nemesio M.

Agrupaciones de hórreos en el municipio gallego de Avión: una síntesis geográfica 330
Doval Adán, Antonio

Paisaje y biodiversidad en las denominaciones de origen de miel en España y Portugal 337
Expósito-Rubio, María; Felicidades- García, Jesús; Pimentel, Dulce y García-Delgado, Francisco Javier

De modelo urbano a modelo territorial: el espacio rústico en la ordenación del municipio de Córdoba (España)..... 342
Florido Trujillo, Gema; Garzón García, Rafael; Vega Pozuelo, Rafael y Ramírez López, María Luisa

El patrimonio ligado al trabajo como recurso turístico en el Señorío de Molina (Guadalajara)..... 350
García Calvo, Juan Ignacio y Fernández Portela, Julio

Patrimonio geomorfológico en el Nevado Coropuna (Perú). Una propuesta a futuro..... 356
Gómez Lende, Manuel; Serrano Cañadas, Enrique; Pellitero Ondicol, Ramón y González Amuchastegui, María José

Atlas de los Paisajes Valencianos. Proyecto de caracterización y divulgación territorial 362
Hermosilla-Pla, Jorge; García Patón, Jesús; Aparicio Vayá, José Vicente; Mayordomo Maya, Sandra; Berenguer Sala, Javier y Membrado Tena, Joan Carles

Valorización del patrimonio agrícola y cultural del paisaje aterrazado de la montaña de Alicante: estudio exploratorio de un potencial territorio SIPAM..... 368
Hernández Hernández, María; Rico Cánovas, Elisa; Moltó Mantero, Enrique; Jiménez Rodríguez, Arturo y Romero Pastor, Antonio

El paisaje como patrimonio. Consideraciones para su identificación en el Pacifico Sur de Costa Rica..... 374
León-Alfaro, Yazmín; González Brenes, Frank; Camacho Mora, Fernando y López-Estébanez, Nieves

El reto de integrar paisaje, patrimonio y biodiversidad en un espacio urbanísticamente tensionado: el caso del yacimiento arqueológico de Medina Azahara (Córdoba)..... 381
López-Casado, David y Fernández-Salinas, Víctor

Pastizales de siega y de diente en campos cercados: claves para la sostenibilidad ganadera y la conservación de la biodiversidad en montañas mediterráneas continentales..... 387
López-Estébanez, Nieves; Allénde Álvarez, Fernando; Molina Holgado, Pedro; Franco Mújica, Fátima y Vilasís Pamos, Jaume

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La representación social de la población local sobre las huertas regadas. Un estudio de caso..... 394
López Fernández, José Antonio

La metodología en la investigación de los paisajes patrimoniales de riego tradicional 401
López Fernández, José Antonio

Los huertos urbanos como estrategia de transición hacia la sostenibilidad urbana en ciudades pequeñas de La Mancha (Castilla-La Mancha, España) 408
Martínez Santiago, Carlos Javier y Plaza Tabasco, Julio José

Regeneración urbana, transformación del paisaje y población local en barrios marineros urbanos. El caso de Pedregalejo (Málaga) 415
Mérida Rodríguez, Matías; Ruíz Mora, Isabel; Morejón Garrido, Pilar Eva y García Martín, Ángel Tomás

Forecasting the future of the submediterranean ecotone: insights from marcescent oak distribution modeling..... 421
Passos, Isabel; Vila-Viçosa, Carlos; Gonçalves, Joao; Ribeiro, Maria Margarida y Figueiredo, Albano

"Comerse el territorio". La restauración rural en España 428
Pérez Mora, Cristina; Pizarro- Gómez, Antonio y García-Delgado, Francisco Javier

El parque natural del Lago de Sanabria y sierras Segundera y de Porto: inventario del patrimonio geomorfológico 436
Poblete Piedrabuena, Miguel Ángel; Beato Bergua, Salvador y Marino Alfonso, José Luis

Itinerario sonoro-visual por los paisajes del agua del parque natural de Somiedo (Asturias, España)..... 442
Rodríguez Tuñón, Mª Ángeles; Herrera Arenas, Daniel; Rodríguez Pérez, Carmen y Sevilla Álvarez, Juan

Patrimonio geomorfológico como recurso geoturístico para el desarrollo local: estudio de caso en la Sierra de la Paramera, Ávila 448
Ruíz Pedrosa, Rosa María y Serrano Cañadas, Enrique

Un paisaje patrimonial y biodiverso. Sierra Espuña, Sureste de España..... 454
Sánchez-Sánchez, Miguel Ángel y Albacete Moreno, Alfonso

Paisaje y patrimonio en las salinas de Castilla-la Mancha: una revisión a partir de estudios de caso 460
Serrano de la Cruz Santos-Olmo, Manuel Antonio y García Rayego, José Luis

Propuesta de una narrativa para resignificar el paisaje: el caso de Caspueñas (Guadalajara) 466
Toro Sánchez, Francisco Javier; Garrido Clavero, Juan y Sánchez del Árbol, Miguel Ángel

Percepción, preservación y cambios del paisaje a lo largo de un itinerario cultural: observaciones en el Camino Mozárabe por la cara norte de Sierra Nevada 472
Voth, Andreas

USOS DEL SUELO, GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

De la teoría a la acción: análisis de las corrientes conceptuales de las soluciones basadas en la naturaleza 480
Gómez de Salazar González, Izaskun y Aguado-Moralejo, Itziar

Gestión forestal mediante quema prescrita en un bosque de Pinus Halepensis y los efectos en el suelo y la vegetación. Macizo de Montgrí (Girona) 486
Alfaro-Zepeda, Sebastián; Úbeda, Xavier; Figueroa, Mayra; Farguell, Joaquim; García-Braga, Eduardo; Peñalver-Alcalá, Antonio; Moreno de las Heras, Mariano y Barriocanal, Carles

Distribución espacial de comunidades bacterianas en fincas de ganadería extensiva: un enfoque a través de algoritmos de aprendizaje automático 492
Barrena González, Jesús; Lloret, Eva; Zornoza, Raúl; Lavado Contador, J. Francisco y Pulido Fernández, Manuel

Análisis de la influencia del pastoreo en la distribución espacial de las propiedades del suelo 498
Barrena González, Jesús; Antoneli, Valdemir; Gabourel, Anthony; Lavado Contador, J. Francisco y Pulido Fernández, Manuel

Valoración de la absorción de CO_2 de los alcornocales de la Sierra del Aljibe (Parque Natural de los Alcornocales, Cádiz) 503
Cámara Artigas, Rafael; Jurado Doña, Vicente; Díaz del Olmo, Fernando; Recio Espejo, José Manuel y Díaz Sanz, Cristina

Conservación versus servicios ambientales: la captura de carbono como servicio ambiental en la Reserva Biológica de Doñana 510
Cámara Artigas, Rafael; Borja Barrera, César; Recio Espejo , José Manuel y Díaz del Olmo, Fernando

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

El papel de los servicios de los ecosistemas en la transición energética 516
Corral Ribera, Mario

Análisis de los servicios ecosistémicos y los cambios de uso del suelo en zonas costeras turísticas: un enfoque hacia la sostenibilidad ambiental 523
De Andrés García, María; Gasalla López, Beatriz; Maestro Cano-Manuel, María; Ramírez Guerrero, Gema; García Onetti, Javier; Chica Ruiz, Adolfo y Arcila Garrido, Manuel

Hacia nuevas geografías energéticas. Análisis de la ocupación de superficie para generación fotovoltaica en España 529
De Juan, Ibai

Análisis SIG de la conservación y evolución del Charco de los Clicos (Yaiza, Isla de Lanzarote) 535
Del Valle Villalonga, Laura; Pons, Guillem X. y Servera Nicolau, Jaume

Uso de quemas prescritas para la gestión forestal: impacto del fuego en el suelo y recuperación a lo largo del tiempo en zonas con diferente uso pre-quema..... 541
Francos, Marcos; Alfaro-Zepeda, Sebastian; Outeiro, Luis y Úbeda, Xavier

Evaluación del impacto de la figura de protección "Parque Natural" en cambios de usos del suelo: caso de estudio Arribes del Duero y Batuecas-Sierra de Francia (Salamanca)..... 547
Fuentes-Hernández, Rubén; Francos, Marcos y Sánchez-García, Carlos

Redefiniendo los límites espaciales de los sistemas agroforestales para mejorar la cartografía de usos del suelo en Europa 553
Gabourel Landaverde, V. Anthony; Barrena González, Jesús; Rubio Delgado, Judit, Lavado Contador, J. Francisco y Schnabel, Susanne

Efecto del cultivo de cobertura vegetal sobre la capacidad de secuestro de carbono orgánico del suelo en tres parcelas agrícolas de España 559
González Pérez, Javier; Sillero Medina, José Antonio; Hueso González, Paloma y Ruiz Sinoga, José Damián

Percepción de los servicios ecosistémicos de las naturalezas metropolitanas en transformación: el caso de Viladecans, Área Metropolitana de Barcelona 566
March, Hug; Ruiz-Mallén, Isabel y Colacios, Raquel

SIG marino, futuro y presente de la gestión de los espacios marinos 573
Mata Chacón, Dulce; Tello Antón, Olvido y Bellido Solano, Ángela

Modelización de las tasas de pérdida de suelo a través de técnicas de Random Forest en el Parque Nacional Sierra de las Nieves (Málaga, España) 580
Menjíbar-Romero, Mario; Sillero-Medina, José Antonio; Martínez-Murillo, Juan Francisco; Hueso-González, Paloma; González-Pérez, Javier y Ruiz-Sinoga, José Damián

Gestión de los espacios fluviales urbanos y conservación de la biodiversidad: el río Manzanares en la ciudad de Madrid 587
Molina Holgado, Pedro; Allende Álvarez, Fernando y López Estébanez, Nieves

Diagnóstico de gobernanza en las marismas de la bahía de Cádiz a través del gasto público y análisis de competencias en uso público y conservación 594
Pallero Flores, Cristina; Oviedo, José Luis y García-Onetti, Javier

Aceptación social de los sistemas agrovoltaicos en la provincia de Jaén: una primera aproximación en el cultivo de olivar 600
Rodríguez-Segura, Francisco Javier; Önder Özen, Neslihan y Serrano-Montes, José Luis

Dinámicas espaciotemporales de los sistemas agroforestales en la Unión Europea 606
Rubio Delgado, Judit; Lavado Contador, J. Francisco y Schnabel, Susanne

La naturalización de entornos escolares: una apuesta para mejorar los servicios ecosistémicos 612
Ruiz Mallén, Isabel; Colacios, Raquel; March, Hug; Nóblega Carriquiry, Andrea; Ribera, Ramón; Serrano, Iván y Sekulova, Filka

De sedimentos a crónicas: una aproximación dual para comprender los usos del territorio frente a la variabilidad climática 618
Sánchez-García, Carlos; Díaz-Sanz, Mª Cristina; Hita, Pablo; Francos, Marcos y Lozano-Valencia, Pedro José

Sistemas de dunas costeros: de espacios históricamente improductivos y amenazantes a recursos naturales de atracción turística en la actualidad 624
Santana Cordero, Aarón Moisés; Almeida Vera, Mélani; Francos, Marcos; Delgado Álvarez, José; Sánchez-García, Carlos y García-Lozano, Carla

Indicadores de degradación del suelo en el Parque Forestal "Monte Gibralfaro" (Málaga, España) 630
Sillero-Medina, José Antonio; Menjíbar-Romero, Mario; González-Pérez, Javier y Ruiz-Sinoga, José Damián

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Reindustrializar Europa sin amenazar su sostenibilidad ambiental.
El (mal) ejemplo de Altri en Palas de Rei (Lugo) 637
Somoza Medina, Xosé

Gestión forestal post incendio mediante paso de ganado y sus efectos en el suelo.
Cap de Creus (Girona) 644
Úbeda, Xavier; Alfaro-Zepeda, Sebastián; Farguell, Joaquim; García-Braga, Eduardo; Peñalver-Alcalá, Antonio; Moreno de las Heras, Mariano y Barriocanal, Carles

Inventario, clasificación y posibilidades de restauración ecológica para espacios degradados del área metropolitana de Asturias 650
Vega Viña, Alejandro; Colina Vuelta, Arturo y Obeso Muñiz, Ícaro

Detección automática de usos del suelo en imágenes del Vuelo Americano B: precisión, inconsistencias, y oportunidades para el análisis multitemporal 656
Viana-Soto, Alba y García, Horacio

HIDROLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO GLOBAL

Análisis geomorfológico del rio Espuña (región de Murcia, sureste de España): implicaciones en el cambio climático 662
Albacete Moreno, Alfonso y Sánchez Sánchez, Miguel Ángel

Detección de áreas inundadas con imágenes SAR y aprendizaje automático: el caso del Campo de Cartagena (Murcia, España) 670
Alonso-Sarría, Francisco; Valdivieso-Ros, Carmen; Molina-Pérez, Gabriel y Gomariz-Castillo, Francisco

Dinámica, estado y patrimonio de las formaciones vegetales del macizo de Caldoveiro (Asturias) 676
Beato Bergua, Salvador; Flórez Álvarez, Eduardo; Marino Alfonso, José Luis; Poblete Piedrabuena, Miguel Ángel y Rodríguez Pérez, Carmen

Análisis geomorfológico y morfométrico del arroyo del Chorro en el Parque Nacional de Cabañeros (Los Navalucillos, Castilla-la Mancha) 683
Becerra-Ramírez, Rafael; Guevara, Darío; Prado, Ana B. y López, Alejandro

Caracterización de las cuencas fluviales mediterráneas de la Península Ibérica y Baleares ... 690
Berenguer-Sala, Javier; Hermosilla- Pla, Jorge y Membrado-Tena, Joan Carles

La presencia del HIC "2150* dunas fijas descalcificadas atlánticas (Calluno-Ulicetea)" en la costa gallega: primeros resultados 696
Cajade-Pascual, Daniel; Blanco-Chao, Ramón; Costa-Casais, Manuela y Lema-Iglesias, Sara

Estudio geomático (2001-2022) del glaciar rocoso del Corral del Veleta en Sierra Nevada (España) 702
De SanJose Blasco, José Juan¸ Gómez Ortiz, Antonio¸ Atkinson Gordo, Alan; Gómez Gutiérrez, Álvaro; Salvador Franch, Ferrán y Sánchez Fernández, Manuel

Evolución de la costa (1956-2024) en el entorno de Laredo (Cantabria): playa de la Salvé y Ensenada de Erillo 708
De SanJosé Blasco, José Juan; Gómez-Lende, Manuel; Serrano, Enrique y Sánchez-Fernández, Manuel

La pedoantracología como disciplina paleoecológica: una revisión sistemática 714
Fernández-Castaño, Francisca

Procesos geomorfológicos en la interfaz fluvio-marina: dinámica sedimentaria y valoración de la geodiversidad del sistema Alemparte-Riosmar (A Mariña, Lugo) 721
Galdo, Kesia; Cajade-Pascual, Daniel; Blanco-Chao, Ramón y García, Horacio

Consideraciones terminológicas relacionadas con la evolución de las interpretaciones sobre la formación del Sistema Central Ibérico 728
García Esteban, Roberto

Dinámica geomorfológica post-incendio y flujo de derrubios en una vertiente del Sistema Central 737
Gómez-Gutiérrez, Álvaro; Sánchez Fernández, Manuel; Schnabel, Susanne; Lavado Contador, Francisco; Castaño-Martín, Francisco y Nevado Ceballos, Daniel

Dinámica hidrológica de dos cuencas torrenciales periurbanas ante eventos extremos (Málaga, España) 744
Hueso- González, Paloma; Sillero-Medina, José Antonio; Menjíbar-Romero, Mario y Ruiz-Sinoga, José Damián

Cálculo de la capacidad de acogida y aptitud global del territorio: ejemplo de aplicación para la elaboración del Plan Territorial de Riberos del Tajo-Plasencia 752
López Rodríguez, Enrique; Quesada Muelas, Luis y Borobio Sanchiz, Manuel

Avances preliminares sobre la distribución latitudinal de los campos de penitentes en la cordillera de Los Andes 760
Malermo Guajardo, Laura y Martín-Vide, Javier

Modelización avanzada para la predicción de la humedad del suelo en el sur de España 767
Molina, Julián; Sillero-Medina, José Antonio; Casado-Tenorio, David y Ruiz-Sinoga, José Damián

Territorio fluvial: grado de aplicación y actualización para la gestión ambiental y de riesgos... 774
Ollero Ojeda, Alfredo; Ángeles, Guillermo; Ballarín Ferrer, Daniel; Espinosa Rojas, N. Paulina; García Rodríguez, Saioa; González de Matauco, Askoa Ibisate; Ormaetxea Arenaza, Orbange; Pirchi, Valeria N; Rodríguez Gallego, María; Sáenz Olazagoitia Blanco, Ana; Sánchez Fabre, Miguel; Soria Nuez, Ana y Zapperi, Paula A.

Estimación de los recursos hídricos congelados (hielo y permafrost) en los dos mayores glaciares tropicales del mundo: Nevado Coropuna y Quelccaya (Perú) 780
Pellitero, Ramón; Úbeda, José; Chacca, Velnia; Navarro, Álvaro; Vila, Ricardo; Vilca, Óscar; Atkinson, Alan; Ribolini, Adriano; del Río, Luis Mariano y Pasapera, José

Optimización de flujos fotogramétricos RPAS para análisis geomorfológicos multitemporales. Caso de estudio Fiumara Amendolea (Italia)..... 787
Pérez-Cutillas, Pedro; Conesa-García, Carmelo; Bombino, Guiseppe; Bellido Solano, Ángela; Segura Méndez, Francisco José; D'Agostino, Daniel y Denisi, Pietro

Dinámica geomorfológica reciente en el Parque Nacional de la Sierra de las Nieves (Málaga, España)..... 794
Sánchez Fernández, Manuel; Martínez-Murillo, Juan Francisco; Menjíbar-Romero, Mario y Gómez Gutiérrez, Álvaro

Lagunas y turberas del Alto Sil (Cordillera Cantábrica): significado ambiental..... 800
Santos-González, Javier; Pisabarro, Alfonso; Redondo-Vega, José María; Peña-Pérez, Sergio A.; Melón-Nava, Adrián; González-Gutiérrez, Rosa Blanca y Gómez-Villar, Amelia

¿Condiciona la rugosidad del territorio la respuesta hidráulica de los cauces efímeros ante extremos climáticos? un enfoque desde la geomorfología dinámica en el sureste español 807
Segura-Méndez, Francisco J.; Conesa-García, Carmelo; Pérez-Cutillas, Pedro; Lavado Contador, J. Francisco y Gómez Gutiérrez, Álvaro

Clasificación y caracterización geomorfológica de los acantilados del Archipiélago de Cabrera (Illes Balears) 812
Servera Nicolau, Jaume; Mir Gual, Miquel; Pons, Guillem X. y del Valle Villalonga, Laura

Optimización del uso del agua en cultivo de aguacates: análisis de la dinámica de humedad del suelo en diferentes sistemas de riego 820
Sillero-Medina, José Antonio; Hueso-González, Paloma; González-Pérez, Javier; Ruiz-Sinoga, José Damián

PRÓLOGO

Los más de 470 participantes y las 382 comunicaciones presentadas al XXIX Congreso de la AGE adelantan la fuerza actual de la Geografía española, su alto nivel de cohesión interna y, porque no decirlo, su capacidad de superar crisis y transmitir una imagen de optimismo. Cuando un grupo de geógrafos/as, al que nunca estaremos lo suficientemente agradecidos por su compromiso y trabajo, decidió crear la AGE en el Coloquio de Geografía celebrado en Oviedo en octubre de 1975, se estaban estableciendo las bases sólidas de una asociación de ámbito estatal que, en estos cincuenta años de existencia, ha funcionado como sello editorial de unas 500 publicaciones. Ésta que hoy presentamos es la última y, probablemente, la más voluminosa y una de las más ambiciosas.

La Geografía está en el centro del debate territorial. Y el libro que aquí se presenta es un ejemplo de esto. Un debate que ha pasado a prácticamente liderar agendas políticas, noticias periodísticas y conversaciones ciudadanas. Y la cartografía, instrumento principal de nuestra disciplina y probablemente la que mejor nos identifica, se está convirtiendo en una herramienta clave no sólo para la planificación y la toma de todo tipo de decisiones territoriales y sectoriales, sino en las informaciones periodísticas y las luchas sociales y ciudadanas.

La lectura del extenso y completo programa del Congreso, así como las ponencias, sesiones y mesas de debate, ponen de manifiesto como la Geografía responde a los grandes retos del mundo actual. Las tres mesas redondas son una muestra de la capacidad de la Geografía para interpretar y aportar soluciones a problemas y procesos espaciales de la actualidad: Retos y cambios en Vivienda; Cambio Global y Riesgos Naturales; Reto demográfico y despoblación. Pero son las más de 380 comunicaciones, que dan forma y contenido a este libro, las que sirven como muestra del dinamismo de nuestra Geografía. Estructurado a partir de tres ejes (cambio ambiental, cambio socioterritorial y cambio tecnológico), las comunicaciones de este libro abordan líneas de investigación que sirven para calibrar tendencias de nuestra Geografía, desde aquellas más consolidadas hasta las más emergentes y en fase de consolidación.

El eje cambio ambiental se organiza a partir de cuatro líneas (cambio climático, paisaje, usos del suelo, hidrología y geomorfología) que, en total, suman 122 contribuciones. El eje cambio socioterritorial es el que cuenta con más subejes (mundo rural, desigualdad urbana y vivienda, nuevos espacios industriales y retos demográficos, transporte y movilidad sostenible, y turismo) y, consecuentemente, tiene un número más alto de capítulos publicados. Un total de 204. Por último, bajo el título de cambio tecnológico se agrupan tres líneas diversas en cuanto a sus contenidos (educación geográfica, geotecnologías e inteligencia artificial y geopolítica), pero igualmente importantes para el desarrollo de nuestra disciplina. Este eje cuenta con 56 comunicaciones publicadas.

En definitiva, un libro de extraordinaria calidad, que nos permite calibrar el estado de nuestra Geografía y su capacidad de respuesta, tanto a los retos territoriales actuales, como a las nuevas tendencias en el debate científico geográfico y líneas de investigación emergentes.

Jesús M. González Pérez. Presidente de la AGE
Ana Nieto Masot. Presidenta del Comité Organizador

EJE 1. CAMBIO AMBIENTAL https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

CAMBIO CLIMÁTICO, RIESGOS NATURALES Y SU IMPACTO TERRITORIAL

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

SESGOS EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE INCENDIOS FORESTALES EN ÁREAS PROTEGIDAS DE MONTAÑA: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

ANNA BADIA PERPINYÀ[1]

VIRGINIA CARRACEDO MARTÍN[2]

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universitat Autònoma de Barcelona, Fortuna s/n, Edificio B, 08193 Cerdanyola del Vallès. anna.badia@uab.cat, https://orcid.org/0000-0001-9660-9811

[2]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, s/n, 39005 Santander. virginia.carracedo@unican.es, https://orcid.org/0000-0003-3397-5069

Abstract: Wildfires are among the most impactful environmental phenomena in the context of global change. Mountain protected areas are increasingly vulnerable due to two major drivers: climate change and land use/land cover changes (LUCC). Rising temperatures, reduced snow cover, more frequent droughts, and extreme weather events have intensified wildfire spread and severity. Simultaneously, rural depopulation and the abandonment of traditional land uses have led to the accumulation of fuel and the expansion of homogeneous forest masses, altering fire dynamics. While numerous studies have explored the link between climate change and wildfires, less attention has been paid to LUCC and even fewer to public perception and its role in shaping prevention strategies. Yet, perception significantly influences decision-making and the acceptance of risk management measures by local communities. The aim is to analyse the thematic and methodological biases in forest fire research, particularly in relation to climate change, land use and protected mountain areas, using a bibliometric approach. Using the PRISMA methodology, we conducted a systematic review of literature indexed in Scopus from 2000 to 2024. The Bibliometrix package, facilitated citation analysis and trend identification. Results confirm a dominant focus on climate change, while LUCC, as a proxy of human activities, remains underexplored. Our findings highlight the need for more comprehensive research that integrate ecological, social, and territorial dimensions to improve the management of wildfires in mountain regions. It is also necessary to adopt a methodology that combines qualitative and quantitative approaches to allow for a more holistic understanding of wildfires.

Keywords: Systematic review, Climate change, land use change, vulnerability.

1. Introducción

Los incendios forestales constituyen uno de los fenómenos ambientales más impactantes en el contexto del cambio global. En este escenario las áreas protegidas de zonas montañosas presentan una vulnerabilidad creciente debido a los dos principales impulsores del cambio global: el cambio climático y los cambios en los usos del suelo (CUCS) (Schröter el al., 2005; Fernandes, 2013). El aumento de las temperaturas, la disminución de los días de nieve, la mayor frecuencia de sequías y los eventos climáticos extremos han favorecido la propagación y la severidad de los incendios. Además, algunas áreas de montaña, protegidas precisamente por su alto valor ecológico, han experimentado importantes cambios en el paisaje debido al despoblamiento rural y al abandono de actividades tradicionales, dando lugar a un incremento de las superficies forestales, cada vez más continuas y homogéneas, que han modificado la dinámica del fuego. Aunque son numerosos los estudios que han abordado la relación entre el cambio climático y los incendios forestales, la literatura científica parece que muestra una menor atención al impacto de los cambios en los usos y coberturas del suelo, aunque estos se perciben con mayor rapidez. Y, aún hay menos investigaciones que hayan analizado la percepción de la población frente a los incendios forestales y su influencia en las estrategias de prevención. Sin embargo, este aspecto es de suma importancia, ya que la percepción influye en las dinámicas de toma de decisiones y en la aceptación de las medidas de gestión del riesgo por parte de las comunidades afectadas. Integrar las diferentes dimensiones, cuantitativas y cualitativas, es esencial para avanzar hacia una gestión preventiva más inclusiva y efectiva. En este contexto, nos planteamos las siguientes preguntas, ¿Existe un sesgo en la investigación hacia los efectos del cambio climático? ¿Los estudios se centran más hacia técnicas cuantitativas o cualitativas, o integran ambas? ¿Las áreas de montaña protegidas son objeto de interés? Para responder a estas preguntas se realiza una exploración sistemática de la literatura científica existente para identificar la presencia de determinadas palabras clave en la investigación de los incendios forestales en las áreas protegidas de montaña. Esta investigación forma parte de los trabajos realizados en el marco de los distintos proyectos con financiación pública sobre geohistoria ambiental e incendios forestales en los espacios de montaña.

2. Materiales, datos y métodos

Para abordar la exploración sistemática de la literatura científica relacionada con el tema de estudio, se han seguido algunos de los ítems establecidos por la metodología PRISMA. Este enfoque metodológico ofrece un resumen estructurado del conocimiento disponible en un campo específico, permitiendo identificar prioridades futuras de investigación, responder preguntas que los estudios individuales no podrían abordar por sí solos, detectar deficiencias en la investigación primaria que requieren corrección en estudios posteriores y desarrollar o evaluar teorías sobre los factores que influyen en determinados fenómenos (Page et al., 2021). Además, garantiza un proceso sistemático y transparente para la identificación, selección, análisis y síntesis de investigaciones relevantes en el ámbito de la gestión preventiva de incendios forestales en áreas protegidas de montaña. Esta revisión tiene un enfoque exploratorio y no pretende hacer un metaanálisis, ni evaluar aspectos como la heterogeneidad entre estudios, la certeza de la evidencia, el riesgo de sesgo, etc. Para ello, se han empleado algunos de los ítems de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), una herramienta estandarizada que permite garantizar la transparencia y rigor en la selección y análisis de los estudios revisados (Page et al., 2021; Wen et al., 2024). El análisis sistemático se utiliza a menudo para realizar revisiones bibliográficas, ya que permiten filtrar de forma

exhaustiva y rápida los artículos relacionados con el tema (Wen et al., 2024). A través de la consulta en la base de datos Scopus se han identificado los estudios más relevantes desde el año 2000 hasta diciembre de 2024 en la materia, permitiendo sistematizar el conocimiento existente, detectar posibles vacíos en la investigación y proponer líneas de investigación futuras.

Para contextualizar los temas de interés en esta investigación, se ha realizado un proceso de desescalado temático, partiendo de estudios generales sobre incendios forestales hasta llegar al objeto específico de estudio, los incendios forestales en las áreas protegidas de montaña. Se utilizaron operadores booleanos (AND, OR) para combinar los términos y optimizar la búsqueda de resultados relevantes. Para restringir la búsqueda se centró exclusivamente en el título, el resumen y las palabras clave. Se incluyeron sólo términos en inglés y la matriz de palabra clave utilizada fue "Forest fires" OR "Wildfires". Se hicieron múltiples combinaciones con ésta y utilizando además las siguientes palabras clave: "Global change", "Climate change", "Land Use", "Depopulation" OR "Depopulating", "Mountain", "Protected areas", "Risk"; "Vulnerability", "Perception", "Maps OR "Cartography", "Statistic", and "Qualitative analysis". Se obtuvieron un total de 153 combinaciones. Para hacer una exploración sistemática de la bibliografía, se ha utilizado el paquete Bibliometrix, desarrollado en el entorno de programación R, que ofrece un conjunto robusto de herramientas para la evaluación de publicaciones, análisis de citaciones, identificación de tendencias y visualización de redes científicas. La interfaz gráfica de Biblioshiny ha facilitado el uso de Bibliometrix permitiendo centrar la búsqueda e interpretar los resultados de forma ágil.

3. Resultados

Del total inicial de 34.956 artículos localizados en Scopus con los términos de búsqueda <"Forest fires" OR "Wildfires">, se seleccionaron 19.788 documentos más citados para el análisis, debido a limitaciones técnicas en la exportación de resultados (máximo 20.000) y tras eliminar duplicados. Este volumen de datos permite obtener una imagen representativa de las tendencias en la investigación más relevantes.

La búsqueda con la doble condición de <"Forest fires" OR "Wildfires"> y las distintas palabras clave dio como resultado: "Global change", 403 documentos; "Climate change", 5.873; "Land Use", 2.022; "Risk", 7.101; "Vulnerability", 1.199; "Mountain", 2.601; "Protected areas", 492; "Perception", 877; "Depopulation" OR "Depopulating", 34; "Qualitative analysis", 115; "Maps" OR "Cartography", 2.457; "Statistic", 1.086. A continuación, se analizan los resultados del análisis bibliométrico a partir de las palabras clave que se encuentran en los documentos obtenidos a partir de las selecciones con las distintas combinaciones agrupándolos por bloques temáticos.

3.1. Incendios forestales y cambio global

Las palabras clave asociadas al cambio climático son las más frecuentes, reflejando un fuerte enfoque en los impactos atmosféricos y climáticos del fuego. También aparece un bloque de términos centrados en la dinámica del fuego y otro centrado en el manejo y gestión de incendios. La presencia de términos vinculados a las tecnologías de observación y análisis espacial refleja el papel creciente de herramientas geoespaciales en el estudio y gestión de incendios. En cuanto a los usos del suelo, la palabra clave "Land Use" aparece en menor cantidad. Sin embargo, al buscar combinaciones más específicas, se observa un claro desequilibrio: La combinación <"Forest fires" OR "Wildfires" AND

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

"Global Change"> aparece en 403 documentos, siendo "Climate Change" nuevamente el término más citado, mientras que "Land Use" aparece citada en menor medida. En la búsqueda <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Climate Change"> (5.873 documentos), "Land Use" aparece poco representado. Finalmente, en la búsqueda <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Land Use"> (2.022 documentos), "Climate Change" sigue siendo la palabra clave más frecuente.

3.2. Aproximación al contexto social y territorial

La combinación <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Risk"> es la que más veces aparece en la búsqueda, 7.101 documentos y de ellos, los términos relacionados con el cambio climático aparecen con mucha mayor frecuencia que los vinculados al uso del suelo, lo que sugiere un predominio de los enfoques que interpretan el riesgo desde una perspectiva climática. De manera similar, en la búsqueda <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Vulnerability"> (1.199 documentos) y <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Perception"> (877 documentos), el cambio climático tiene un mayor peso. Finalmente, aunque el término "Depopulation" aparece con menor frecuencia de forma directa en las palabras clave, su interrelación con los temas anteriores es clave: la pérdida de población rural implica menor capacidad de gestión del paisaje, abandono de tierras agrícolas, aumento de vegetación acumulada y, por tanto, mayor exposición al riesgo. En las búsquedas de aquellas palabras clave relacionadas más con la sensibilidad o la capacidad de adaptación (que definen la vulnerabilidad) y la percepción, se esperaría que los usos del suelo tuvieran mayor peso al considerarlos como proxy para entender las actividades humanas.

3.3. Aproximación al enfoque metodológico

Encontramos una muy marcada prevalencia de los trabajos centrados en metodologías cuantitativas. Los más abundantes son los relacionados con cartografía y mapas que suman 2.457 documentos a los que se añaden los 1.086 que se centran en los métodos estadísticos. En ambos casos dominan claramente los términos vinculados al análisis espacial y las tecnologías de la observación, lo que muestra un claro interés por este tipo de herramientas de análisis. En el caso de la búsqueda por <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Maps" AND "Cartogaphy"> se observa un foco secundario de interés en aspectos vinculados a la severidad del fuego, el cambio climático y los cambio de uso con frecuencias muy similares de palabras clave, mientras que en el caso de los documentos centrados en la estadística <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Statistic"> el cambio climático, igual que veíamos en los apartado anteriores, tiene mucha mayor presencia que los de uso del suelo. Por su parte, los documentos centrados en las metodologías cualitativas apenas suponen 115, y destacan porque sus temas de atención son mucho más diversos y las palabras más frecuentes se reparten entre las palabras que hacen referencia al análisis cuantitativo, al cambio climático, al manejo del fuego, a la evaluación del riesgo y en menor medida, a los usos del suelo.

3.4. Incendios forestales en el contexto de los espacios protegidos en áreas de montaña

Los documentos localizados que se centran en el estudio de los espacios de montaña <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Mountain"> son muy escasos en el conjunto, 2.601. En ellos, aunque de nuevo el cambio climático es la palabra más repetida, destacan también por la gran diversidad de palabras

que aparecen con valores de presencia muy similares como severidad, perturbación, sensores remotos, historia del fuego, manejo del fuego y quemas prescritas, que ponen de relevancia una mayor diversidad en las investigaciones de los espacios de montaña. Sin embargo, cuando aplicamos el filtro únicamente a las áreas de montaña protegidas se pone de relevancia que, a pesar de ser espacios con un alto valor ecológico y muy sensibles a los cambios, el interés en ellos se reduce drásticamente y tan solo encontramos 10 documentos bajo el filtro <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Mountain" AND "Protect Areas"> y en este caso, aunque no muy relevante, las palabras clave se centran algo más en la biodiversidad que en el cambio climático y apenas hay una referencia a los usos del suelo. El cruce de los documentos encontrados de áreas de montaña protegidas con el resto de términos revisados, solo tienen entre 2 y 10 documentos, con la única excepción de la combinación <"Forest fires" OR "Wildfires" AND "Mountain" AND "Protect Areas" AND "Risk"> que suman 17 documentos y palabras clave también con pesos similares vinculadas a la biodiversidad, tecnologías de la observación, cambio climático y manejo del fuego.

3.5. Algunas reflexiones

- El mayor número de documentos se encuentra con la búsqueda de la palabra clave "Risk", seguida por "Climate Change", "Mountain areas", "Maps and Cartography". "Land use", aparecen después con menos de la mitad de documentos que "Climate Change". "Global Change", proceso en el que estamos inmersos, se sitúa en doceava posición con menos de la cuarta parte documentos que "Land Use".
- En cuanto al análisis de las palabras clave que más aparecen en los distintos documentos, "Climate Change" es el más repetido. Sin embargo, en los documentos buscados por las palabras clave "Cualitative Analysis", "Perceptión" y la combinación "Protected áreas AND Mountain Areas", cambio climático tiene poca importancia.
- En los documentos buscados por "Cualitative Analysis" y "Perception", la palabra clave "Risk" aparece con el mismo peso que el "Climate Change"
- Dentro de los espacios protegidos de montaña, el riesgo es el foco de más documentos y en este caso la palabra clave "Biodiversity" es la más repetida.
- En general, la palabra clave "Land use" está poco representada, aunque en los documentos de "Mountai áreas" aparece proporcionalmente en mucha mayor medida
- Buscando la palabra clave "Cartography and Maps" y "Statistics", las palabras clave más representadas en los documentos son las referidas a las tecnologías de la información con mucha diferencia. En los documentos buscados por "Cartography and Maps", las palabras clave relacionadas con el uso del suelo son las más repetidas a excepción las tecnologías de la información.

4. Conclusiones

Esta investigación tiene contribuciones fundamentales: una de carácter metodológico y otra conceptual. Desde el punto de vista metodológico, la aplicación del análisis bibliométrico ha demostrado ser una herramienta eficaz para identificar vacíos en la literatura científica sobre incendios forestales en áreas protegidas de montaña. Esta exploración sistemática ha permitido detectar tendencias y vacíos de forma precisa que no hubiera sido posible con los métodos tradicionales. A

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

partir de estos resultados podemos responder las preguntas de investigación: ¿Existe un sesgo en la investigación hacia los efectos del cambio climático? Sí; ¿Los estudios se centran más hacia técnicas cuantitativas o cualitativas? Cuantitativas ¿Qué presencia tienen los estudios integrales? Limitadas; ¿Son objeto de estudio las áreas de montaña protegidas? Las áreas de montaña poco y las protegidas menos.

Se puede afirmar que, el ámbito principal de investigación es el riesgo y la palabra clave más utilizada es cambio climático. El cambio climático sigue siendo el motor de cambio más destacado, especialmente en lo que respecta a dinámicas de riesgo y vulnerabilidad. Además, se ha puesto de manifiesto que los espacios naturales protegidos no son foco principal de estudio en el campo de los incendios forestales. En general faltan estudios que aborden el problema de forma integral especialmente en las áreas protegidas de montaña. Nuestras conclusiones ponen de manifiesto la necesidad de contar con marcos de investigación más completos que integren las dimensiones ecológica, social y territorial para mejorar la gestión preventiva de los incendios forestales en las regiones montañosas vulnerables. Asimismo, es necesario adoptar una metodología que combine enfoques cualitativos y cuantitativos, lo que permitiría una comprensión más holística del fenómeno de los incendios forestales.

Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos: PID2023-151124NB-I00, Los fuegos holocenos en la configuración de los espacios abiertos de la montaña del Norte peninsular. Herramientas para la gestión de los incendios en áreas protegides (CALIB-FIRE), Proyectos de Generación de Conocimiento, AEI. SGR-Cat 2021 00522 - Geografia Aplicada. Generalitat de Catalunya. AGAUR. 2023 CLIMA 00085 - (Re)pensar la gestió dels espais oberts i de la ramaderia extensiva a l'Alt Pirineu en el context del Canvi climàtic (RePiCa). Ajuts per finançar projectes de recerca per la mitigació i adaptació al canvi climàtic 2023. Generalitat de Catalunya. AGAUR.

5. Referencias bibliográficas

Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Fernandes, P., (2013). Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change. *Landscape and Urban Planning*, 110(1), pp. 175-182. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.014

Page, M. J., Mckenzie, J.E., Bossuyt, P.,M., … Alonso-Fernández, S. (2020). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), pp- 790-799.

Scrhöter, D., Cramer, W., Leemans, R., … Erhard, R. (2005). Ecology: Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752), pp. 1333-1337. https://doi.org/10.1126/science.1115233

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., …Straus, S.E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. https://doi.org/10.7326/M18-0850

Wen Y., Chi Guo, A., Ray, A, Shaw, R. (2024). Improving social resilience to forest fire from community perspective. *Natural Hazards Research*. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2024.08.004

LA DEGLACIACIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADO COROPUNA (SUR DE PERÚ) DESDE MEDIADOS DEL SIGLO XX

MARIANA CÁRDENAS[1]

JOSÉ ÚBEDA[2,3]

RAMÓN PELLITERO[4]

BIJEESH KOZHIKKODAN VEETTIL[5,6]

[1]*Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente, Universidad Católica de Santa María, Urb. San José, San Jose s/n, Yanahuara, Arequipa, Perú, mcardenasgaldos@gmail.com, https://orcid.org/0009-0006-5815-2404*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid, Edificio B, C/ Profesor Aranguren, s/n, Moncloa, 28040 Madrid, España, joseubeda@ucm.es, https://orcid.org/0000-0003-1304-9607*

[3]*Guías de Espeleología y Montaña, Casilla del Mortero, 28189 Torremocha de Jarama, España*

[4]*Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey s/n, 28040 Madrid, España, rpellitero@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0002-0283-379X*

[5]Laboratory of Ecology and Environmental Management, Science and Technology Advanced Institute, Van Lang University, Ho Chi Minh, Vietnam, bkozhikkodanveettil@vlu.edu.vn, https://orcid.org/0000-0003-4158-4578

[6]Faculty of Applied Technology, School of Technology, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

Abstract: Climate change is accelerating the retreat of Peruvian glaciers, reducing solid water resources and threatening both local populations and their economic activities. Nevado Coropuna (16°S, 72°W, 6377 m), a stratovolcano located ~140 km northwest of Arequipa and ~100 km inland from the Pacific coast, hosts the largest tropical glacier on Earth. Its retreat poses a serious risk to the water security of the Ocoña and Majes river basins. This study analyses glacier surface changes and equilibrium line altitude (ELA) dynamics on Coropuna using orthophotos, satellite imagery, and digital elevation models. Building upon established methods (easily understandable by local people and decision-makers) this work also projects future glacier evolution through fitted quadratic regressions, achieving coefficients of determination exceeding 99%. Between 1955 and 2022, glacier area declined by 27% (from 56 km² to 41 km²), at an average rate of −0.3 km²/year. If this trend continues, glaciers are projected to disappear by 2069. Over the same period, the ELA rose 76 m (from 5858 m to 5934 m) and is expected to reach the summit (6377 m) by 2079. After this point, no accumulation zones would remain, and total ice loss would depend on melt rates. Deglaciation has intensified during El Niño events and slowed during La Niña phases. In light of these trends, the study proposes adaptation strategies, including dam construction and ecohydrological management of bofedales (Andean wetlands) to mitigate the impacts of glacier loss on water resources. Finally, methodological weaknesses are noted to guide the planning of future research initiatives.

Keywords: Deglaciation; Nevado Coropuna; ELA (Equilibrium Line Altitude); ENSO; Climate change; Water resources.

1. Introducción

El cambio climático debido a las emisiones de gases de efecto invernadero es uno de los principales desafíos que enfrenta la sociedad contemporánea. Las proyecciones sobre el futuro de los Andes tropicales sugieren que un aumento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación afectarán el tamaño y la distribución de glaciares y humedales, y por tanto también a los ecosistemas y la disponibilidad de agua para el abastecimiento humano, el riego y la producción de energía eléctrica (Urrutia y Vuille, 2009). El impacto de la deglaciación en la sostenibilidad del modelo socioeconómico actual podría ser aún más marcado en la vertiente del Pacífico de los Andes del sur del Perú, donde la transición entre el Altiplano y el borde del océano es una pendiente abrupta que salva entre 6300 y 4200 m de desnivel en algo más de 100 km de distancia (Úbeda, 2011). En esa empinada rampa la aridez se incrementa rápidamente, pasando de alrededor de 600 mm de precipitación total anual en el área de cumbres del Coropuna a menos de 20 mm en la costa del Pacífico (Úbeda et al 2018). A pesar de ser una de las regiones más áridas del planeta, está en el piedemonte de los Andes occidentales, cuya deglaciación durante el Holoceno ha proporcionado los recursos hídricos necesarios para permitir durante milenios actividades agrícolas en los valles proglaciares que drenan la región y desembocan en el océano. Más recientemente, el deshielo también ha servido para abastecer extensos y ambiciosos proyectos de irrigación en la rampa hiperárida que conecta el Altiplano y la costa. Sin embargo, esa disponibilidad hídrica tiene los días contados: terminará si los glaciares desaparecen completamente, como ha sucedido en las áreas de influencia de otras montañas de los Andes peruanos, que hoy están completamente deglaciadas.

El Nevado Coropuna es una de las montañas más altas de Perú y su área cimera está cubierta por el glaciar tropical más extenso del mundo (~46 km² en 2010; Úbeda et al., 2018). Observaciones realizadas en la última década (Úbeda, 2011; Veettil et al., 2015; Kochtitzky et al., 2018) han documentado una deglaciación muy significativa, aunque menos acelerada que la estimada por otros trabajos (e.g. Ames et al 1988) que no diferenciaron con exactitud glaciares y cubierta nival (Úbeda 2011). Hoy en día, al igual que en otras regiones de los Andes peruanos, la deglaciación del Coropuna debe estar fuertemente influenciada por las temperaturas de la superficie del mar (TSM) en el Pacífico tropical (Vuille et al 2008): los balances de masa deben ser más negativos durante El Niño y menos negativos durante La Niña, las fases positiva y negativa del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), respectivamente. La serie de fuertes eventos El Niño 1982/1983, 1997/1998 y 2015/2016 sugiere que el cambio climático está contribuyendo a una intensificación de los episodios ENSO, aunque la observación instrumental del clima es muy reciente (sólo unas décadas) y el registro de ENSO es demasiado limitado para permitir identificar las tendencias del fenómeno a largo plazo (Grothe et al 2019). Sin embargo, simulaciones numéricas (e.g. Liu et al 2014) sugieren una intensificación de la variabilidad de ENSO durante el Holoceno. Por tanto, es posible que el cambio climático influya en la deglaciación del Coropuna a través de las TSM del Pacífico y el fenómeno ENSO. Otras actividades antropogénicas a escala local, e.g. la emisión de carbono negro (Gilardoni et al 2022) también pueden estar acelerando la deglaciación de los Andes tropicales, incluyendo el Coropuna, debido a una disminución del albedo en la superficie del hielo. El objetivo de este estudio ha sido elaborar un modelo simple, basado en la reducción de superficie (km²) y la elevación de la altitud de la línea de equilibrio glaciar (*Equilibrium-Line Altitude, ELA,* m), para proyectar la evolución futura de los glaciares del Nevado Coropuna y generar información sencilla para la sociedad local y los tomadores de decisiones. En este caso de estudio, un déficit a resolver es la transferencia ciencia-

gestión-sociedad. Adicionalmente se han identificado debilidades metodológicas cuya subsanación permitirá fortalecer la investigación en el futuro.

2. Materiales, datos y métodos

Los glaciares del Nevado Coropuna fueron cartografiados utilizando 2 ortofotos y 5 imágenes de satélite que abarcan el periodo 1955-2024, con el objetivo de mejorar la representatividad temporal de Úbeda (2011) para delimitar las masas de hielo y calcular sus superficies (km²) mediante fotointerpretación no automatizada en un SIG. Todas las bases geográficas fueron georreferenciadas utilizando el datum WGS84 (zona 18S) para calcular la superficie glaciar mediante la herramienta de cálculo geométrico del software ArcGIS. Posteriormente el software Minitab se utilizó para realizar una regresión ajustada a un modelo cuadrático, seleccionado por representar mejor los datos obtenidos. La ecuación cuadrática $a = -0.004097\ x^2 + 16.06\ x - 15691$ fue empleada para estimar los años restantes hasta a, el año cuando sucederá la desaparición de la superficie glaciar.

Para reconstruir las altitudes de equilibrio glaciar (ELA) en las 7 fechas analizadas se utilizaron 3 modelos digitales de elevación (MDE) correspondientes a los años 1955, 2013 y 2020, asumiendo el error debido a la diferencia entre las fechas del MDE y la imagen temporalmente más próxima. Las ELAs se calcularon automáticamente ejecutando la herramienta de Pellitero et al (2015), con las capas ráster obtenidas mediante el recorte de cada MDE utilizando como patrón el polígono shapefile que delimita los glaciares en cada fecha. En esta tarea se aplicó el método Area-Altitude Balance Ratio-AABR (Osmaston 2005), utilizando valores de Balance Ratio (BR) entre 1 y 5, con un intervalo de 0.5: BR=1.0; 1.5, 2.0…5.0. La estimación del año en que la ELA superaría la altitud máxima del complejo volcánico Coropuna (6377 m) se realizó siguiendo el mismo procedimiento estadístico que la regresión de la pérdida de área glaciar. Las tasas de deglaciación (TD) se calcularon como función de la reducción de la superficie glaciar (TDS) o el ascenso de la ELA (TDELA), resolviendo las siguientes ecuaciones:

$TDS = \Delta S / R$. Donde TDS es la tasa de deglaciación (km²/año), ΔS la reducción de la superficie glaciar entre dos fechas (km²) y R (años) el intervalo de tiempo entre dichas fechas (inicio y final del periodo analizado).

$TDELA = \Delta ELA / R$. Donde TDELA es la tasa de ascenso de la ELA (m/año), ΔELA el incremento de altitud de la ELA entre dos fechas (m) y R (años) el intervalo temporal entre ambas fechas.

Para contrastar la evolución de los glaciares del Coropuna con ENSO, las fases positivas (El Niño), negativas (La Niña) o neutras se identificaron en la serie 1950-2024 del Oceanic Niño Index (ONI), de la National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA).

3. Resultados

En 2024 la superficie del sistema glaciar Coropuna había disminuido 16 km2 con respecto a 1955, un 29%, que equivale a 0.232 m2/año (Figura 1). La regresión cuadrática de la tendencia negativa de las superficies sugiere que la completa desaparición de los glaciares sucedería en 2067. Los coeficientes de determinación son muy elevados (R2>99%) indicando que el modelo es altamente confiable para describir los datos observados. Durante el periodo 1955-2024 (69 años), la ELAAABR pasó de 5858 m en 1955 a 5945 m en 2024 (Tabla 1) indicando un ascenso de 87 m (1.26 m/año). De acuerdo con la proyección de

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

la tendencia, la ELA alcanzará la cumbre del Nevado Coropuna (6377 m) alrededor del año 2094. A partir de entonces no existirán zonas de acumulación y todo el sistema glaciar será zona de ablación y desaparecerá en el plazo de tiempo que el clima necesite para fundir la masa de hielo restante.

Figura 1. Deglaciación del Nevado Coropuna durante el periodo 1955-2024.

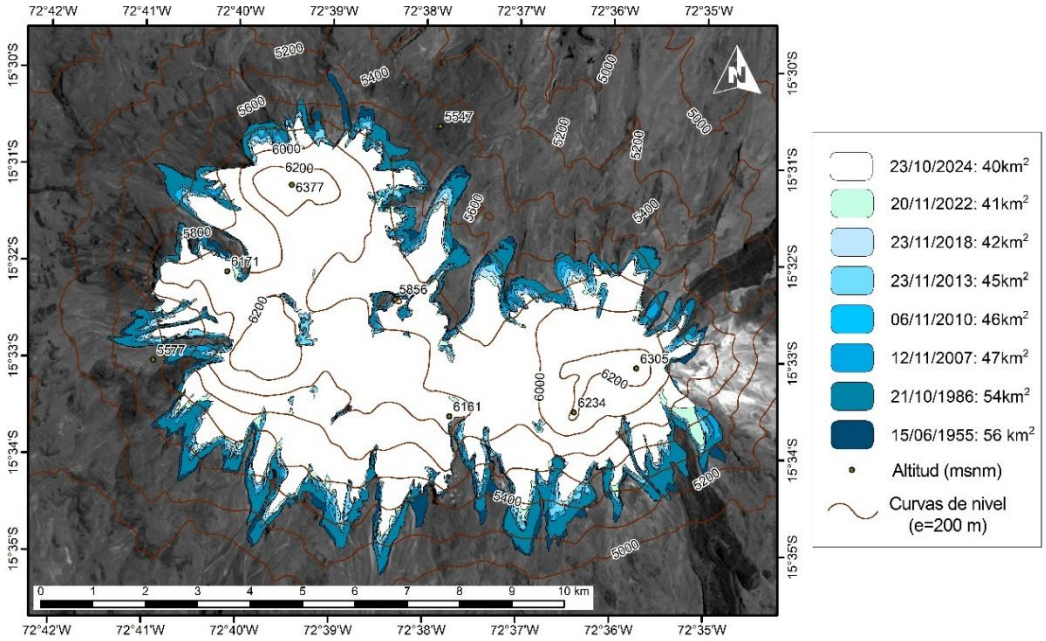


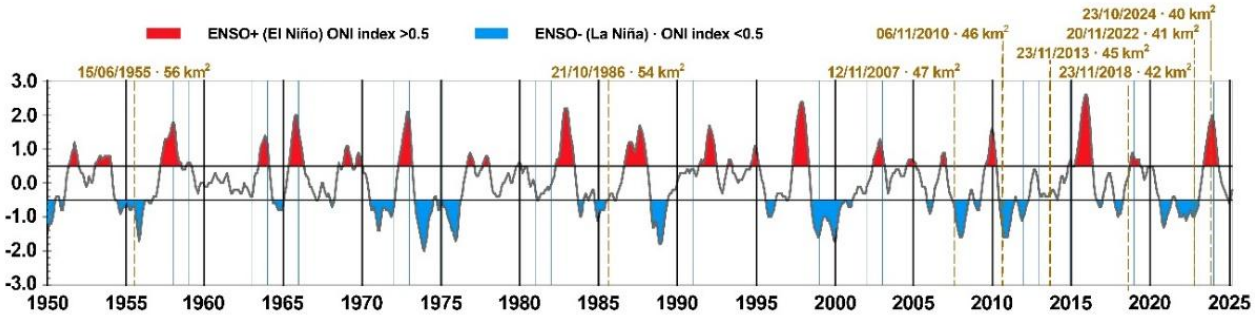
Tabla 1. ELAs 1955-2024 del Nevado Coropuna

Fecha	Modelo Digital de Elevación (MDE)	ELA_{AABR} (BR=1)
23/10/2024	WORLDVIEW 1	5945
20/11/2022	WORLDVIEW 1	5934
23/11/2018	WORLDVIEW 1	5931
23/11/2013	SPOT 6	5917
06/11/2010	SPOT 6	5907
12/11/2007	SPOT 6	5900
21/10/1986	Flight USAF-IGN	5869
15/06/1955	Flight USAF-IGN	5858

Las tendencias de ambas tasas (TD_S y TD_{ELA}) no han sido lineales. Durante los primeros 31 años (1955-1986) la superficie glaciar se redujo 2 km², definiendo una tasa de deglaciación basada en superficies $TD_{S\ 1955\text{-}1986}$=0.06 km²/año. Durante el mismo periodo (1955-1986) la ELA ascendió 11 m, mostrando una tasa de deglaciación $TD_{ELA\ 1955\text{-}1986}$=0.4 m/año. Es un periodo de tiempo extenso (Figura 2), durante el que se suceden 7 fases ENSO+ (El Niño), 1957-1959, 1963-1964, 1966, 1969-1970 y 1982-1983; alternando con 6 fases ENSO- (La Niña), 1955-1956, 1964-1965 y 1967-1968 (muy débiles), 1970-1972, 1973-1976 (fuerte y prolongado) y 1984-1985. Son las menores TD_S y TD_{ELA} de

la serie 1955-2024, sugiriendo que después de 1970, la debilidad de las fases Niño y la fortaleza de las fases Niña han atenuado la deglaciación.

Figura 2. Identificación de periodos ENSO+, El Niño (color rojo), ENSO-, La Niña (color azul) y fases neutras (comprendidas entre las líneas +0.5ªC y -0.5ºC) en la evolución 1955-2024 del Oceanic Niño Index (ONI). Fuente: NOAA (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php).



En los 21 años que sucedieron a 1986, la superficie disminuyó 7 km² (13%, con $TD_{S\ 1986\text{-}2007}$=0.33 km²/año) y la ELA ascendió 31 m ($TD_{ELA\ 1986\text{-}2007}$=1.48 m/año). Superficies y ELAs reflejan una aceleración de la deglaciación que coincidió con el mantenimiento del número de fases Niño (7: 1997-1998, 1991-1992, 1994, 1997-1998, 2002, 2004 y 2006), con balance de masa más negativo, y una disminución en la frecuencia de las fases Niña (4: 1988-1989, 1995-1996, 1998-2001 y 2006), con balance de masa menos negativo.

El resto de la serie también sugiere una relación entre la aceleración/desaceleración del deshielo y la mayor/menor frecuencia y/o intensidad de los eventos Niño/Niña: durante los 6 años que siguieron a 2007, la deglaciación aumentó significativamente. Aunque se mantuvo en ratios parecidas en términos de superficie glaciar, que disminuyó 2 km² (un 4%: con $TD_{S\ 2007\text{-}2013}$=0.33 km²/año), fue mucho más evidente observando la ELA, que ascendió 17 m ($TD_{ELA\ 2007\text{-}2013}$=2.83 m/año). En ese periodo dos fases Niña (2007-2009 y 2011-2012) antecedieron y sucedieron a un evento Niño (2009-2011) de intensidad similar. Los 5 años siguientes (2013-2018) comprendieron el mayor evento Niño (2015-2026) de toda la serie 1955-2024, seguido por sólo dos eventos Niña muy débiles (2016 y 2018). A lo largo de esa fase, con respecto a la etapa anterior, mientras TD_S se aceleró, TD_{ELA} se moderó: la superficie glaciar disminuyó 3 km² (un 7%, con $TD_{S\ 2013\text{-}2018}$=0.60 km²/año) y la ELA ascendió 14 m ($TD_{ELA\ 2013\text{-}2018}$=2.8 m/año). Finalmente, los últimos 6 años (2018-2024) incluyen una Niña y un Niño débiles (2018 y 2019), dos Niñas más intensas y de mayor duración (2020-2023) y un Niño final (2023-2024) mucho más intenso. En relación con la etapa anterior (2013-2028) el periodo 2018-2024 refleja una desaceleración de la deglaciación: la superficie pasó de 42 a 40 km², perdiendo un 5% en 6 años ($TD_{S\ 2018\text{-}2024}$=0.33 km²/año) y la ELA se elevó 14 m ($TD_{ELA\ 2018\text{-}2024}$=2.3 m/año), manteniendo la tasa de deglaciación anterior ($TD_{ELA\ 2013\text{-}2018}$).

4. Conclusiones

Los resultados revelan un hecho incontestable: los glaciares del Nevado Coropuna están retrocediendo y esa tendencia continuará durante las próximas décadas. Sin embargo, algunos datos deben interpretarse con cautela (e.g. la fecha de desaparición de los glaciares), debido a las limitaciones

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

de la metodología. En primer lugar, las fechas observadas están supeditadas a la disponibilidad de fotografías aéreas, imágenes de satélite y MDEs. Además, las superficies se han identificado mediante teledetección y pueden no representar la realidad porque ignoren una parte de los márgenes glaciares cubiertos por derrubios. Y la superficie es uno de los parámetros que influye en la reconstrucción de las ELAs. Por tanto, las investigaciones futuras deben mejorar los métodos utilizando georradar para evaluar la distribución y espesor de las capas de detritos. Además, este trabajo ha detectado una relación entre el ritmo de deglaciación del Coropuna y la frecuencia y/o intensidad de las fases ENSO (El Niño y La Niña). Es una relación esperable, porque se comprobó en la Cordillera Blanca utilizando datos de balance de masa (Vuille et al (2008). Sin embargo, esa información no está disponible para el Coropuna. Por ese motivo futuros estudios deberán emplear diferencias entre MDEs de alta resolución (<2 m) y precisión (georreferenciados con GPS diferencial), para verificar los cambios en el volumen del hielo. Ese es el parámetro clave: permitirá estimar el balance de masa para todo el sistema glaciar (para confirmar las causas de la deglaciación) y evaluar las reservas de agua, para proporcionar información útil para planificar futuras estrategias de adaptación.

5. Referencias bibliográficas

Ames, A., Muñoz, G., Verástegui, J., Zamora, M. & Zapata, M., 1988. Inventario de Glaciares del Perú. Segunda parte. Unidad de Glaciología e Hidrología (UGRH-INRENA), pp. 105.

Gilardoni, S., Di Mauro, B., Bonasoni, P. (2022). Black carbon, organic carbon, and mineral dust in South American tropical glaciers: A review, *Global and Planetary Change*, 213, 103837.

Grothe, P. R., Cobb, K. M., Liguori, G., Di Lorenzo, E., Capotondi, A., Lu, Y., Cheng, H., Edwards, R. L., Southon, J. R., Santos, G. M., Deocampo, D. M., Lynch-Stieglitz, J., Chen, T., Sayani, H. R., Thompson, D. M., Conroy, J. L., Moore, A. L., Townsend, K., Hagos, M.,Toth, L. T. (2020). Enhanced El Niño–Southern Oscillation Variability in Recent Decades. *Geophysical Research Letters*, 47(7).

Kochtitzky, W. H., Edwards, B. R., Enderlin, E. M., Marino, J., y Marinque, N. (2018). Improved estimates of glacier change rates at Nevado Coropuna Ice Cap, Peru. *Journal of Glaciology*, 64(244), 175–184.

Lamantia, K. A., Larocca, L. J., Thompson, L. G., y Mark, B. G. (2018). El Niño enhances snow-line rise and ice loss on the Quelccaya Ice Cap, Peru. *The Cryosphere*, 18, 4633–4644.

Liu, Z., Lu, Z., Wen, X. *et al. (2014)* Evolution and forcing mechanisms of El Niño over the past 21,000 years. *Nature* 515, 550–553.

Osmaston, H. (2005). Estimates of glacier equilibrium line altitudes by the Area×Altitude, the Area×Altitude Balance Ratio and the Area×Altitude Balance Index methods and their validation. Quaternary International, 138–139, 22–31.

Pellitero, R., Rea, B.R., Spagnolo, M., Bakke, J., Hughes, P., Ivy-Ochs, S., Lukas, S., Ribolini, A. (2015). A GIS tool for automatic calculation of glacier equilibrium-line altitudes. *Computers & Geosciences*, 82, 55-62.

Úbeda, J. (2011). El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (Cordillera Occidental de los Andes Centrales) Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

Úbeda, J., Bonshoms, M., Iparraguirre, J., Sáez, L., De La Fuente, R., Janssen, L., Concha, R., Vásquez, P., y Masías, P. (2018). Prospecting Glacial Ages and Paleoclimatic Reconstructions Northeastward of Nevado Coropuna (16° S, 73° W, 6377 m), Arid Tropical Andes. Geosciences, 8(8), 307.

Urrutia,R. y Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 114, D02108.

Veettil, K. B., Bremer, U. F., de Souza, S. F., Maier, É. L. B., y Simões, J. C. (2015). Variations in annual snowline and area of an ice-covered stratovolcano in the Cordillera Ampato, Peru, using remote sensing data (1986–2014). *Geocarto International*, 31(5), 544–556.

Vuille, M., Kaser, G., Juen, I. (2008). Glacier mass balance variability in the Cordillera Blanca, Peru and its relationship with climate and the large-scale circulation. Global and Planetary Change 62, 14–28.

LA INVERSIÓN TÉRMICA DE SUBSIDENCIA EN CANARIAS Y SU RELACIÓN CON LA GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES

JORDAN CORREA GONZÁLEZ[1]

PEDRO DORTA ANTEQUERA[1]

JAIME SALVADOR DÍAZ PACHECO[1]

NEREA MARTÍN RAYA[1]

ABEL LÓPEZ DÍEZ[1]

[1]Filiación institucional: Cátedra de Reducción del Riesgo de Desastres y Ciudades Resilientes. Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, C/ Prof. José Luis Moreno Becerra, s/n. Facultad de Humanidades. Sección de Geografía e Historia. Planta 2, San Cristóbal de La Laguna. jcorreag@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0002-4886-0777; pdorta@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0003-2112-4566; jdiazpac@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0001-7448-5870; ; nmartinr@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0003-4502-8915; alopezd@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0003-3788-7402

Abstract: This study aims to investigate the role of subsidence thermal inversion —STI— in the occurrence of large forest fires —LFFs— in the Canary Islands, with a focus on determining the altitude at which the inversion base occurs on days when these fires begin. The methodology involved analyzing thermal records from 137 altitude levels provided by the ECMWF satellite reanalysis —ERA5—, covering the period from 1983 to 2023, the year of the most recent LFF recorded. The base of the STI was identified for days when LFFs of over 500 hectares were registered, and these results were compared with typical inversion altitude patterns in the region. The main findings reveal that LFFs often occur on days when the STI base is located between 300 and 400 meters above sea level, significantly lower than the annual average of 1 010 meters, and considerably lower than the usual 800 meters observed during the summer months. Since most of the island's forested areas are situated above 500 meters, this suggests that during such events, these areas fall within the dry, warm layer of the STI, which exposes them to heightened fire risks due to temperatures exceeding 30°C and relative humidity below 10%. The study concludes that the altitude of the STI base is a critical factor in fire dynamics in the Canary Islands, with lower-than-usual altitudes aggravating the exposition of the islands' forests to extreme conditions.

Keywords: Canary Islands; Subsidence Thermal Inversion; Wildfire risk; Climate change

1. Introducción

Los territorios con rasgos pluviométricos mediterráneos, es decir, aquellos en los que se produce una coincidencia estacional —durante el verano— entre las máximas temperaturas del año y el período en el que las precipitaciones son escasas o nulas, presentan una especial exposición ante los incendios forestales (Dupuy et al., 2020). Estas condiciones ambientales favorecen la presencia de espacios vegetados con un elevado grado de aridez durante varios meses, lo que implica la existencia de una masa forestal seca y, en muchas ocasiones, altamente inflamable y/o pirófita. Esta realidad convierte a dichos espacios geográficos en áreas con una alta probabilidad de padecer incendios de considerable extensión, máxime considerando el cambio climático como fenómeno amplificador de estas condiciones (Turco et al.,

2018). En concreto, el aumento térmico, la intensificación y mayor recurrencia de las olas de calor, la creciente severidad de las sequías en ciertas áreas o el cambio en los patrones pluviométricos se establecen como alteraciones climáticas preocupantes en relación con los incendios forestales.

Por otra parte, hay que destacar el importante papel del ser humano en los medios forestales y, por extensión, en los incendios forestales que acontecen en estas zonas. Los países mediterráneos no son los que presentan mayores áreas de contacto entre las masas forestales y los espacios urbanos (Modugno et al., 2016). Así, excluyendo el singular caso de Malta, estados como Bélgica, Suiza o Austria registran un mayor porcentaje de territorio asimilable a la interfaz urbano-forestal que España, Francia, Italia o Turquía. Sin embargo, la superficie forestal quemada solo resulta significativa en la Europa meridional, lo que permite afirmar que estas zonas de transición únicamente revisten riesgo desde la perspectiva de los incendios allí donde existen unas condiciones climáticas favorecedoras del inicio y la propagación del fuego. Evidentemente, esta circunstancia no invalida el hecho de que la creciente urbanización en áreas próximas al bosque —o, directamente, dentro de él— constituya un fenómeno que exacerbe la exposición ante el peligro y complejice la gestión del riesgo en su conjunto, tanto desde una óptica preventiva como de intervención durante las emergencias (Galiana-Martín et al., 2011).

En este contexto, las islas Canarias se encuentran entre las comunidades autónomas españolas con mayor afectación por los Grandes Incendios Forestales —en adelante, GIF—. Sus bosques han sido pasto de las llamas en múltiples ocasiones en las últimas décadas; por ejemplo, Tenerife, isla con mayor superficie boscosa, ha sufrido desde 1980 considerables incendios que han devastado la mayor parte de sus áreas de monte (Correa et al., 2025). Asimismo, Canarias es una de las regiones con mayor volumen de inversión en el sector forestal por superficie arbolada (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012), incluyéndose aquí las actuaciones en materia de prevención y extinción de incendios, forestación y restauración de la cubierta vegetal, protección de flora y fauna silvestre, mantenimiento de vías forestales, etc.

A pesar de distar del Mediterráneo en más de mil kilómetros, Canarias ofrece unas características climáticas eminentemente mediterráneas, al menos en lo que concierne a su régimen pluviométrico. De esta manera, entre mayo y septiembre, las precipitaciones en el archipiélago son, por lo general, escasas, especialmente durante julio y agosto. A esta circunstancia se añade durante el estío la presencia de fuertes olas de calor que pueden superar los 35°C, un viento más intenso —que puede tornarse en catabático, recalentado y seco en determinadas vertientes a causa del efecto foehn— y el

descenso altitudinal de la base de la inversión térmica de subsidencia característica de la región (Dorta, 1996), entre otros factores.

Con todo ello, el riesgo de incendios forestales en Canarias se agrava de forma considerable cuando arriban a las islas masas de aire tropical continental procedentes del vecino desierto del Sáhara impulsadas por la presencia de una depresión térmica (Dorta, 2001). Estas masas de aire cálido y seco propician la existencia de unas temperaturas elevadas, una humedad relativa reducida y, en ocasiones, un viento intenso de dirección sureste que afecta particularmente a las laderas de sotavento de algunas islas. Estas situaciones atmosféricas se contraponen a otras —más habituales— determinadas por el predominio de masas de aire tropical marítimo al que se asocia una moderada circulación de los vientos alisios, unos valores térmicos más modestos y una humedad relativa más elevada. En estos últimos casos, el peligro de ignición y propagación del fuego es ostensiblemente inferior.

Partiendo de estas premisas, las advecciones de aire sahariano —que pueden acompañarse de polvo en suspensión— constituyen las situaciones atmosféricas de mayor interés en relación con el riesgo de incendios forestales. Identificables en, aproximadamente, el 22% de los días del año (Dorta et al., 2005), su análisis es esencial para caracterizar climáticamente los incendios forestales en la zona.

De entre todos los rasgos que pueden estudiarse acerca de estas advecciones saharianas, la altitud a la que se emplaza la inversión térmica de subsidencia —en adelante, y por sus siglas en inglés, STI— resulta particularmente útil para detectar los días en los que existe un alto riesgo de incendio forestal. La STI, característica de la estratificación atmosférica de regiones subtropicales bajo influencia del alisio, separa en Canarias durante la mayor parte de los días del año una capa de aire inferior con temperaturas suaves, humedad relativa alta y predominio de vientos del nordeste, de otra capa superior, donde el aire es más seco y cálido y el viento tiende a presentar una componente oeste (Carrillo et al., 2016).

Por ende, las fluctuaciones estacionales de la altitud de la base de la STI —que promedia unos 1 000 m.s.n.m. a lo largo del año, aproximadamente— presentan importantes implicaciones porque de ellas dependen las condiciones higrotérmicas de la superficie en general y de los montes canarios en particular. En otras palabras, si la base de la inversión se sitúa, por ejemplo, a unos 600 m.s.n.m., la mayor parte de la masa forestal de las islas se encontrará expuesta a unas condiciones de temperatura y sequedad más peligrosas que si la base se dispusiese a 1 500 m, situación en la que la mayor parte del combustible se beneficiaría del frescor y la humedad habituales en la capa inferior.

Así pues, este trabajo presenta como objetivo esencial caracterizar la STI en Canarias en relación con los incendios forestales. Para ello, se estudia la altitud de su base durante los días de inicio de los GIF —>500 ha— registrados en Canarias desde 1983. Además, estas condiciones se contextualizan y comparan con el régimen habitual de la STI en el archipiélago, en aras de determinar en qué medida puede considerarse la altitud de la inversión un indicador fiable del riesgo de incendios en la región.

2. Materiales, datos y métodos

Con objeto de identificar diariamente la STI en el entorno de Canarias y analizar la altitud a la que se dispone su base, se han recabado los registros térmicos de los 137 niveles altitudinales del *Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio* —ECMWF, por sus siglas en inglés—. Estos

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

niveles se disponen desde la superficie terrestre hasta alcanzar unos 80 kilómetros de altitud en la atmósfera, de modo que, asumiendo una presión estándar a nivel del mar de 1 013.25 hPa, cada nivel se asocia a una determinada altitud geométrica (ECMWF, 2024). Estos datos, procedentes del reanálisis satelital *ERA5,* han posibilitado el desarrollo en los últimos años de diversos trabajos científicos acerca de la estructura atmosférica en diversas regiones del planeta (Amezcua et al., 2020; Zhang et al., 2022; Hoffmann et al., 2023). Así, se han obtenido los datos de temperatura de todos los niveles altitudinales entre 1983 y 2023, promediando diariamente cuatro observaciones —00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 horas—. La celda tomada como referencia y considerada representativa de las condiciones ambientales de la región presenta 1° de lado, estando comprendida entre las latitudes 27° 50′ N y 28° 50′ N y las longitudes 15° 50′ W y 16° 50′ W. La elección de este espacio responde a su emplazamiento geográfico central en el contexto canario, así como a la disposición en su interior de las dos estaciones desde las que se han efectuado sondeos termodinámicos en las últimas décadas —Santa Cruz de Tenerife (60020) y Güímar (60018)—, lo que permite la comparación de los resultados obtenidos con los hallazgos publicados en trabajos previos basados en la explotación estadística de dichas mediciones. Con todo ello, se ha identificado la primera inversión térmica comprendida entre 1 000 y 500 hPa, es decir, entre algo más de 100 y 5 700 m.s.n.m. En el caso de que, con este criterio, no se identificase una inversión térmica en los días de inicio de los GIF, se ha consultado el sondeo termodinámico realizado a las 00:00 horas de la misma jornada (University of Wyoming, 2025).

Por su parte, los incendios forestales considerados son todos los GIF ocurridos en Canarias desde 1983. Las fechas de inicio de los eventos registrados entre 1983 y 2012 constan en el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Canarias —INFOCA— (BOC núm. 113, de 13 de junio de 2014), mientras que los posteriores proceden del Sistema de Información para la Gobernanza Climática en Canarias (Gobierno de Canarias, 2024).

3. Resultados

Se identifican 28 GIF en las cuatro décadas analizadas —1983-2023— que han comenzado en 26 días diferentes —Tabla 1—. Un total de once incendios han comenzado en el mes de agosto, nueve en julio y cinco en septiembre, registrándose, además, un caso en los meses de abril, mayo y noviembre.

La ejecución de la metodología descrita posibilita la identificación de STI en 20 de ellos, lo que representa, aproximadamente, el 77% de los días de inicio, cifra superior a la frecuencia media de STI registrada entre los casi 15 000 días existentes entre 1983 y 2023 —74%—. En los seis días restantes, los cuatro sondeos termodinámicos disponibles —hay dos fechas sin información— apuntan a una altitud de la base de la STI considerablemente superficial —inferior a 125 m.s.n.m.—. Excluyendo estos últimos casos, la altitud promedio de la base durante los días de inicio se sitúa en 369 m.s.n.m., bastante por debajo de la media general —1 010 m— y también inferior al promedio registrado entre junio y septiembre —792 m—. En todos los eventos analizados, la base de la STI se dispone por debajo de 800 metros de altitud; considerando también las inversiones detectadas por radiosondeo, la media se sitúa en 324 m.s.n.m.

En promedio, la altitud de las inversiones observadas durante los días de inicio de los GIF se encuentra dentro del 13% de las más bajas registradas en todo el período 1983–2023, lo que refleja una clara tendencia a la ocurrencia de incendios bajo condiciones de inversión térmica muy baja.

Asimismo, en el día del comienzo de incendios como los de 1994 en Santa Cruz de La Palma o 2019 en Gran Canaria, la altitud a la que se dispuso la STI se encuentra dentro del 3.5% de niveles más bajos de toda la serie, evidenciando la ocurrencia de situaciones particularmente extremas dentro de la distribución histórica. En cuanto al techo de la inversión, es decir, el nivel al que la temperatura vuelve a descender con la altitud, este se encuentra, durante los inicios de los GIF, a unos 984 m.s.n.m., por debajo del promedio general —1 371 m— y de la media entre junio y septiembre —1 237 m—.

Tabla 1. Grandes Incendios Forestales en Canarias (1983-2023)

CÓDIGO	DÍA DE INICIO	MUNICIPIO	ISLA	SUPERFICIE AFECTADA (ha)	ALTITUD DE LA BASE DE LA STI (*)
TF-09-1983	24/09/1983	Los Realejos	Tenerife	5 895	637.76
GC-09-1988	10/09/1988	San Bartolomé de Tirajana	Gran Canaria	1 000	88*
EH-08-1990	07/08/1990	Valverde	El Hierro	1 260	82*
LP-08-1990	07/08/1990	El Paso	La Palma	1 084	82*
LP-07-1994	12/07/1994	Tijarafe	La Palma	562	287.52
LP-08-1994	07/08/1994	Santa Cruz de La Palma	La Palma	539.6	205.44
LP-08-1994	24/08/1994	Garafía	La Palma	562.3	287.52
TF-07-1995	21/07/1995	Candelaria	Tenerife	931.2	334.24
LP-04-1998	26/04/1998	El Paso	La Palma	1 150	715.02
TF-08-1998	23/08/1998	Vilaflor	Tenerife	1 101.58	334.24
LP-11-1998	10/11/1998	Villa de Mazo	La Palma	575	-
LP-07-2000	29/07/2000	Garafía	La Palma	2 722.31	287.52
LP-09-2005	06/09/2005	Garafía	La Palma	1 351.4	-
EH-09-2006	10/09/2006	Frontera	El Hierro	1 269.14	244.69
GC-07-2007	27/07/2007	Mogán	Gran Canaria	17 916.74	440.61

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

TF-07-2007	30/07/2007	Los Realejos	Tenerife	14 364.1	114*
LP-07-2009	31/07/2009	Villa de Mazo	La Palma	3 037.53	121*
TF-07-2012	15/07/2012	Vilaflor	Tenerife	6 277.8	334.24
LP-08-2012	04/08/2012	Villa de Mazo	La Palma	2 698.18	287.52
LG-08-2012	04/08/2012	Valle Gran Rey	La Gomera	3 961.92	287.52
LP-08-2016	03/08/2016	El Paso	La Palma	4 863.99	798.72
GC-09-2017	20/09/2017	Tejeda	Gran Canaria	2 446.87	385.16
GC-08-2019	17/08/2019	Valleseco	Gran Canaria	9 783.23	205.44
LP-08-2020	21/08/2020	Garafía	La Palma	1 177.99	287.52
TF-05-2021	20/05/2021	Arico	Tenerife	3 087.9	440.61
TF-07-2022	21/07/2022	Los Realejos	Tenerife	2 752.9	244.69
LP-07-2023	15/07/2023	Puntagorda	La Palma	3 301.41	334.24
TF-08-2023	15/08/2023	Arafo	Tenerife	13 977.05	287.52

Fuentes: BOC núm. 113, de 13 de junio de 2014 y Gobierno de Canarias (2024)

* STI identificada mediante sondeo termodinámico

4. Conclusiones

Los Grandes Incendios Forestales —GIF— en las islas Canarias se inician bajo condiciones atmosféricas particulares, dominadas por la presencia de masas de aire tropical continental —cálido y seco— procedentes del desierto del Sáhara. Un rasgo definitorio de estas situaciones sinópticas es el descenso de la inversión térmica de subsidencia —STI—, un fenómeno presente en la mayoría de los días del año en el archipiélago, separando una capa de aire inferior, relativamente fresca y húmeda, de una capa superior más cálida y árida.

El análisis realizado permite concluir que los GIF en Canarias se producen en días en los que la STI se encuentra a altitudes comprendidas entre los 300 y 400 metros sobre el nivel del mar, niveles significativamente más bajos que el promedio general de 1 010 metros y que entre junio y septiembre, cuando la inversión se sitúa en torno a 800 metros. La mayor parte de la superficie forestal canaria se localiza a partir de los 500 metros de altitud, por lo que, durante este tipo de episodios, el bosque se

dispone dentro de la capa cálida y seca de la STI, lo que implica que pasa a estar desprotegida del flujo del alisio. Esta circunstancia incrementa considerablemente el riesgo de incendios forestales, puesto que en estas condiciones las temperaturas suelen superar los 30°C y la humedad relativa puede descender por debajo del 10% en algunas áreas.

Por todo ello, es posible afirmar que la altitud de la base de la STI desempeña un papel clave en la dinámica de los incendios en Canarias. Los GIF se originan en días en los que esta se inserta a altitudes más bajas de lo habitual, de modo que los montes insulares se encuentran expuestos a unas condiciones extremas de temperatura y humedad. La predicción de la altitud de la inversión puede ser, por tanto, determinante en la magnitud del riesgo de incendio forestal en la región.

Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado a través del proyecto *MICROCLI-MAC: Tecnología y gestión inteligente de microclimas para la adaptación a un clima cambiante en la Macro Región Macaronésica y Terceros Países Africanos* (1/MAC/2/2.4/0044). Proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa de Cooperación Interreg VI-D MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2021-2027.

5. Referencias bibliográficas

Amezcua, J., Näsholm, S. P., Blixt, E. M., & Charlton-Perez, A. J. (2020). Assimilation of atmospheric infrasound data to constrain tropospheric and stratospheric winds. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146*(731), 2634–2653. https://doi.org/10.1002/qj.3809

BOC núm. 113, de 13 de junio de 2014. *Decreto 60/2014, de 29 de mayo, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Canarias (INFOCA).* https://www.gobiernodecanarias.org/boc/2014/113/007.html

Carrillo, J., Guerra, J. C., Cuevas, E., & Barrancos, J. (2016). Characterization of the marine boundary layer and the trade-wind inversion over the sub-tropical North Atlantic. *Boundary-Layer Meteorology, 158,* 311–330. https://doi.org/10.1007/s10546-015-0081-1

Correa, J., Boulat, L., & Dorta, P. (2025). Forest Fires, Vulnerability, and Exposure: The Evaluation of What Was Salvaged in the 2023 Fire in Tenerife (Spain). *Fire, 8*(5), 186. https://doi.org/10.3390/fire8050186

Dorta, P. (1996). Las inversiones térmicas en Canarias. *Investigaciones Geográficas,* (15), 109–124. https://doi.org/10.14198/INGEO1996.15.01

Dorta Antequera, P. (2001). Aproximación a la influencia de las advecciones de aire sahariano en la propagación de los incendios forestales en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. En F. Rodríguez- Gutiérrez (Coord.), *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles* (pp. 158-162). https://www.researchgate.net/publication/295075698_Aproximacion_a_la_influencia_de_las_adveraciones_de_aire_sahariano_a_la_propagacion_de_los_incendios_forestales_en_la_provincia_de_Santa_Cruz_de_Tenerife

Dorta, P., Gelado-Caballero, M. D., Hernández-Brito, J. J., Cardona-Castellano, P. J., Collado-Sánchez, C., Mendoza-Rodríguez, S., Rodríguez, M., Siruela-Matos, V. F., & Torres-Padrón, M. E. (2005). Frecuencia, estacionalidad y tendencias de las advecciones de aire sahariano en Canarias (1976-2003). *Investigaciones Geográficas,* (38), 23–45. https://doi.org/10.14198/INGEO2005.38.02

Dupuy, J.-L., Fargeon, H., Martin-StPaul, N., Pimont, F., Ruffault, J., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J., & Fernandes, P. (2020). Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: A review. *Annals of Forest Science, 77*(35). https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5

ECMWF (2024). *L137 model level definitions.* https://confluence.ecmwf.int/display/UDOC/L137+model+level+definitions

Galiana-Martin, L., Herrero, G., & Solana, J. (2011). A Wildland–Urban Interface Typology for Forest Fire Risk Management in Mediterranean Areas. *Landscape Research, 36*(2), 151–171. https://doi.org/10.1080/01426397.2010.549218

Gobierno de Canarias (2024). *Sistema de Información para la Gobernanza Climática en Canarias. Incendios Forestales: Incendios histórico.* https://servicios.sitcan.es/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=362b7b2072884162a785857f86e14eeb&page=INCENDIOS_historico

Hoffmann, L., Konopka, P., Clemens, J., & Vogel, B. (2023). Lagrangian transport simulations using the extreme convection parameterization: An assessment for the ECMWF reanalyses. A*tmospheric Chemistry and Physics*, *23*(13), 7589–7609. https://doi.org/10.5194/acp-23-7589-2023

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Criterios e indicadores de gestión forestal sostenible en los bosques españoles.* https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/informe_castellano_criterios_indicarores_gestion_forestal_sostenible_bosques_2012_tcm30-101191.pdf

Modugno, S., Balzter, H., Cole, B., & Borrelli, P. (2016). Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland–Urban Interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management, 172*(1), 112–126. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.013

Turco, M., Rosa-Cánovas, J. J., Bedia, J., Jerez, S., Montávez, J. P., Llasat, M. C., & Provenzale, A. (2018). Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nature Communications, 9,* Article 3821. https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z

University of Wyoming (2025). *Sounding*. https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding_legacy.html

Zhang, Y., Zhang, B., & Yang, N. (2022). Characteristics of temperature and humidity inversions based on high-resolution radiosonde observations at three Arctic stations. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 61(4), 415–428. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-21-0054.1

ANÁLISIS SOCIO-TERRITORIAL DE LA VULNERABILIDAD AL CALOR EN LA CIUDAD DE SEVILLA

ESTRELLA CANDELARIA CRUZ-MAZO[1]

ANGELA LARA-GARCÍA[2]

CLAUDIA NÚÑEZ-RIVERA[3]

[1]*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla, ecruz@us.es , ORCID: 0000-0003-4668-1801*

[2]*Departamento de Geografía Humana. Universidad de Sevilla. anglargar@us.es , ORCID: 0000-0001-7923-9695*

[3]*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla, cnrivera@us.es, ORCID: 0000-0002-1960-8599*

Abstract: This study analyzes climate vulnerability in disadvantaged urban contexts, using the city of Seville as a case study, where 6 of the 15 poorest neighborhoods in Spain are located. The research stems from the need to understand the territorial dynamics of the most vulnerable areas, considering both the socioeconomic characteristics of the population and their housing, as well as the environmental setting. Specifically, it focuses on the effects of heat waves, a climatic risk responsible for an increasing number of deaths in Europe. According to recent studies, 31.8% of heat-related deaths in Seville is caused by climate change. The main objective is twofold: (I) to characterize the level of heat vulnerability and the adaptive capacity of buildings in response to rising temperatures, and (II) to develop a diagnostic methodology based on statistical indicators that help identify exposure, sensitivity, susceptibility, and adaptive capacity to this phenomenon. To achieve this, advanced statistical techniques are combined with geographic information systems (GIS), enabling the processing of data and its representation through thematic mapping. The results allow for the identification of areas with high thermal risk at the sub-district urban scale, providing a strong technical and spatial foundation for prioritizing energy rehabilitation actions in buildings. This scale is proposed as the most appropriate for guiding public urban adaptation policies, especially those financed through european programs such as the European Union Renovation Programs.

Keywords: climate vulnerability; heat waves; urban poverty; statistical indicators; GIS mapping; Seville

1. Introducción

El cambio climático está intensificando los fenómenos de calor extremo en Europa, afectando de forma creciente a las zonas urbanas, donde la alta densidad de población, la concentración de infraestructuras y el envejecimiento del parque de viviendas agravan la exposición y los impactos. En este escenario, la ola de calor deja de ser una anomalía climática para convertirse en una amenaza sistemática a la salud de las personas (De la Osa, J. (2016). Aunque tradicionalmente las políticas europeas de eficiencia energética han puesto el foco en la reducción del consumo de calefacción en lugares de climas fríos, se hace necesario reequilibrar la mirada hacia el sur del continente, donde la combinación de altas temperaturas, desigualdad socioeconómica y deficiente calidad edificatoria pone en riesgo la vida y el bienestar de miles de personas. Sevilla, ciudad del sur de España, se presenta aquí como un estudio de caso representativo. En ella, los efectos del calor se amplifican por la pobreza energética y la fragilidad del tejido social en muchos de sus barrios (López-Bueno et al. 2020, Domene et al. 2022).

Este estudio parte de la premisa de que la adaptación al cambio climático debe integrarse con urgencia en las políticas de renovación energética de edificios, orientando los esfuerzos hacia las poblaciones más vulnerables. Para ello propone como punto de partida identificar cuáles son los indicadores clave de vulnerabilidad al calor que permiten guiar las intervenciones de renovación energética en edificios bajo una lógica de adaptación.

2. Materiales, datos y métodos

A partir de un enfoque multidisciplinar, se plantea cómo definir y medir la vulnerabilidad al calor desde una perspectiva que combine salud, urbanismo y equidad social. La investigación se desarrolló utilizando un método mixto, que combinó el análisis cuantitativo de datos territoriales con espacios de reflexión cualitativa y colectiva. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión de literatura científica y técnica sobre factores de vulnerabilidad urbana al calor y estrategias de adaptación en edificios. Posteriormente, se organizó un seminario de expertos en Sevilla en enero de 2024, con participación de profesionales del ámbito académico, institucional y social, que permitió contrastar diagnósticos y enriquecer a partir de experiencias regionales y locales la propuesta de indicadores.

Las fuentes de información utilizadas para la creación de la Geo-Database y posterior tratamiento estadístico multivariante garantiza una base de datos sólida y actualizada:

- Las variables de exposición, que abarcan información sobre la antigüedad del parque inmobiliario, la calidad constructiva, la demanda energética, y aspectos morfológicos de las edificaciones, se emplearon a partir de datos proporcionados por la Dirección General de Catastro (2023), Urban 3R (2020) y el Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2021).
- Las variables de sensibilidad, se centraron en características socioeconómicas y demográficas, como el porcentaje de población mayor de 65 años, el nivel educativo, o la renta, y provienen principalmente del Padrón Municipal de Habitantes (INE, 2022), el Atlas de distribución de renta de los hogares (INE, 2021) y el Censo de Población y Vivienda (INE).
- Finalmente, las variables de capacidad de adaptación, que incluyen indicadores de cobertura vegetal (NDVI), presencia de espacios verdes y piscinas, así como la distancia a grandes parques urbanos, se utilizaron datos provenientes de fuentes como Google Earth Engine

(Primavera 2023), el Dirección General de Catastro (2023), el Padrón Municipal de Habitantes (INE, 2022) y los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA, 2023).

Para llevar a cabo el análisis multivariante se ha utilizado como unidad la sección censal del municipio de Sevilla, obteniendo una matriz de 12.552 datos (24 variables para 523 secciones censales). El análisis emplea un proceso iterativo utilizando análisis factorial, específicamente el Análisis de Componentes Principales, que reduce la dimensionalidad de los datos e influye en la selección final de indicadores cruciales para el problema en estudio.

2.1 El caso del municipio de Sevilla

Sevilla, cuarta ciudad más poblada de España (Figura 1), presenta un perfil urbano complejo marcado por contrastes sociales, demográficos y territoriales (Cruz Mazo, 2024). Con una población cercana a los 700.000 habitantes, y una aglomeración urbana que supera el millón y medio, la ciudad se caracteriza por una importante segmentación socioespacial y un parque residencial con elevados déficits de eficiencia energética. Desde el punto de vista demográfico, uno de los rasgos más destacados es el aumento del grupo de mayores de 65 años (más del 20% de la población). Esta tendencia se acentúa en determinados barrios periféricos y vulnerables, donde habitar en soledad, especialmente entre mujeres mayores, constituye un factor de riesgo frente a condiciones climáticas extremas. Así mismo, Sevilla presenta niveles elevados de desigualdad desde un punto de vista económico, con seis de sus quince distritos entre los más pobres de España, dos de ellos calificados con vulnerabilidad crítica (Distrito Sur y Distrito Cerro-Amate). La tasa de desempleo, la baja cualificación educativa y la concentración de hogares unipersonales o monoparentales contribuyen al agravamiento de la desigualdad en la ciudad (Torres, 2005). Desde un punto de vista residencial, muchos edificios son anteriores a la entrada en vigor de normativas relativas al acondicionamiento térmico de los edificios, lo que implica una alta proporción de viviendas mal aisladas, construidas entre los años 50 y 80 del siglo XX. Esta situación se traduce en una baja eficiencia energética, especialmente en barrios construidos durante los procesos de expansión urbana acelerada. (Egea, C., 2008)

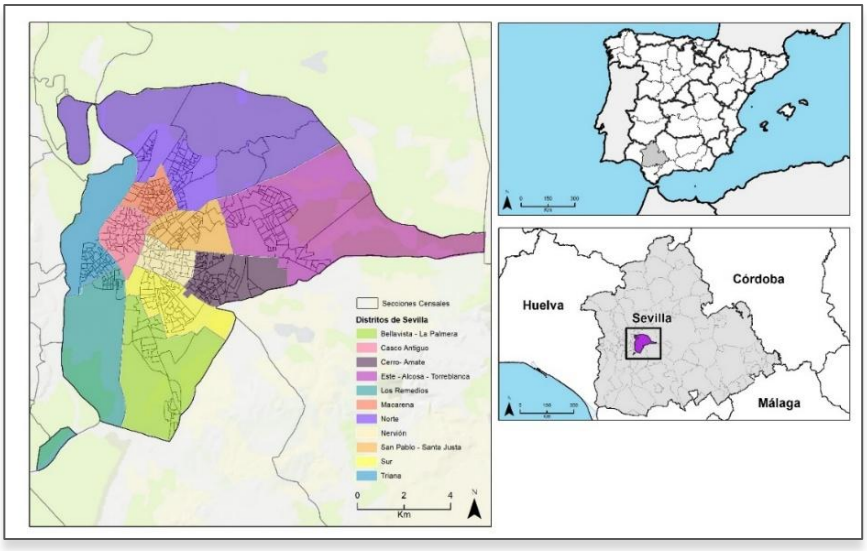


Figura 1. Área de Estudio

Fuente: elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

3.1. El sistema de indicadores de vulnerabilidad al calor

El primer resultado fundamental consiste en la creación de un sistema de indicadores complejo que incorpora el conjunto de factores explicativos del riesgo a las olas de calor en el ámbito socio-residencial (Tabla 1). Los indicadores responden a una triple perspectiva: socioeconómica, ambiental y relacionada con las características de los edificios. El enfoque interdisciplinario de la investigación ha llevado a identificar y ajustar de manera más precisa las variables clave para cada factor de vulnerabilidad al calor.

Tabla 1. Variables seleccionadas para el análisis

CATEGORÍA	FACTOR DE RIESGO AL CALOR	VARIABLES
EXPOSICIÓN	Antigüedad de la edificación	% vvdas <1950 (ZVIV_ANT_50)
		% vvdas 1951-1980 (ZVIV_51_80)
		% vvdas 1981-2007 (ZVIV_81_07)
		% vvdas > 2008 (ZVIV_08_ACT)
	Calidad Edificación	Calidad constructiva (1 a 9) (ZCALIDAD_CONSTRU)
	Eficiencia energética	Demanda energética (ZDEM_ENERGETICA)
	Morfología urbana	Altura media maxima de la edificación (ZALT_MAX_EDIF)
	Concentración/ hacinamiento	% vvdas<30m^2 (ZVVDAS_HAST_30m2)
		Superficie media viviendas (ZSUP_MED_VVDAS)
		Superficie media por ocupante (ZSUP_MED_OCU)
SENSIBILIDAD	Soledad/Edad	% Pob. > 65 años vive sola (ZPOB_MAY65A_UNIP)
	Género/Edad	% Mujeres > 65 años (ZPOB_MAY65_M)
	Pobreza	Renta media hogar (ZRNM_PERS_2021)
		Renta media/persona (ZRNM_HOG_2021)
	Formación	% Pob. Est. Univ (ZPOB_EST_UNIV)
		% Pob. Sin estudios (ZPOB_SIN_ESTUDIOS)
	Hogares	Hogares unipersonales (ZPORC_HOG_UNIP)
		Hogares monoparentales (ZPORC_HOG_MONOP)
	Pob. Extranjera	% pob. Extr. no europea (ZPOB_EXT_NO_EURO)
CAPACIDAD DE ADATACIÓN	Potencialidad autogen. energética	Superficie de cubierta por vivienda (ZSUP_CUB_VIV)
	Régimen de tenencia	% Viviendas en alquiler (ZPORC_VIV_ALQ)
	Presencia de piscinas	Superficie de piscina por habitante (ZSUP_PISC_HAB)
	Infraestructura verde	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) medio (ZNDVI_MED_03_23)
		Porcentaje de Cobertura Vegetal NDVI >0,4 respecto a total (ZCOBVEGNDVI_03_2023)
		Distancia media a los grandes parques urbanos (ZTIEMP_MED_PARQ)

Fuente: elaboración propia

3.2. El análisis multivariante

Los resultados del análisis revelan una clara relación entre la vulnerabilidad al calor y ciertas condiciones estructurales presentes en los barrios más desfavorecidos, tal y como también se constata en otros estudios científicos (Domene, E, 2022, Hernandez, A, 2018, López-Bueno, 2020;) (Tabla 2). Entre los factores que más inciden en se encuentran la renta (ZRNM_PERS_2021), la alta proporción de personas mayores de 65 años (especialmente mujeres que viven solas ZPOB_MAY65A_UNIP y ZPORC_MUJ_65_M), el bajo nivel educativo (ZPOB_SIN_ESTUDIOS), y la antigüedad y mala calidad de las edificaciones (ZVIV_ANT_50, ZCALIDAD_CONSTRU). A ello se suma la escasa presencia de zonas verdes o espacios con sombra (ZNDVI_MED_03_23, ZCOBVEGNDVI_03_2023), que limita la capacidad de adaptación al calor en el entorno urbano.

Estos elementos, además de ser cuantificables, reflejan desigualdades sociales profundamente arraigadas. La llamada "pobreza energética" aparece como una categoría transversal que vincula salud, condiciones de habitabilidad y capacidad económica. Por ello, se propone un conjunto de indicadores que no solo permiten medir la exposición al calor, sino también identificar los obstáculos sociales y estructurales que impiden a ciertas poblaciones acceder a ayudas o implementar medidas adaptativas.

Otro hallazgo relevante es la necesidad de mejorar la calidad y disponibilidad de los datos. Las bases estadísticas actuales presentan vacíos importantes, especialmente en lo relativo al consumo energético real, las condiciones constructivas de los edificios o la trazabilidad de los efectos del calor en la salud.

Tabla 2. Matriz de componentes[a]

	Componentes				
Variables	1	2	3	4	5
ZVIV_ANT_50	,113	,660	-,196	-,062	,385
ZVIV_51_80	-,609	,178	,569	,256	-,272
ZVIV_81_07	,523	-,365	-,407	-,145	,230
ZVIV_08_ACT	,117	-,129	-,298	-,276	-,315
ZCALIDAD_CONSTRU	-,726	-,188	-,050	,169	,071
ZDEM_ENERGETICA	-,166	,704	-,322	,442	-,081
ZALT_MAX_EDIF	,159	-,504	,602	-,313	,014
ZVVDAS_HAST_30m2	,052	,659	-,295	-,125	,246
ZSUP_MED_VVDAS	,780	,208	,060	,288	-,178
ZSUP_MED_OCU	,459	,328	-,068	,024	-,121
ZPOB_MAY65A_UNIP	-,274	,456	,721	,130	-,078
ZPORC_MUJ_65_M	-,015	,371	,740	,326	-,172
ZRNM_PERS_2021	,812	,375	,364	-,042	,045
ZRNM_HOGAR_2021	,889	,224	,242	,047	,031
ZPOB_SIN_ESTUDIOS	-,804	,031	-,172	,275	-,108

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

ZPOB_EST_UNIV	,770	,392	,320	-,146	,084
ZPORC_HOG_UNIP	-,424	,560	,065	-,211	,375
ZPORC_HOG_MONOP	-,801	,197	,138	,059	,198
ZPOB_EXT_NO_EURO	-,633	-,039	,023	-,045	,065
ZSUP_CUB_VIV	,259	,442	-,580	,433	-,157
ZPORC_VIV_ALQ	-,396	,521	-,143	-,264	,310
ZSUP_PISC_HAB	,270	-,012	-,216	,570	,093
ZNDVI_MED_03_23	,139	-,614	,127	,520	,449
ZCOBVEGNDVI_03_2023	,277	-,501	,181	,489	,482
ZTIEMP_MED_PARQ	,038	-,170	-,502	,123	-,326
Método de extracción: análisis de componentes principales.					

a. 5 componentes extraídos.

4. Conclusiones

Reconocer el calor como un riesgo climático de primer orden exige transformar el modo en que se diseñan e implementan las políticas urbanas y de salud. Entendemos que las políticas de renovación energética no deben limitarse a mejorar la eficiencia técnica de los edificios, sino asumir una función de justicia social y protección de la salud, en especial de los colectivos más vulnerables. Para ello, es imprescindible priorizar las intervenciones en función de criterios de vulnerabilidad, entendida como una condición resultante de la interacción entre factores físicos, sociales y económicos. Apostar por una renovación energética con enfoque adaptativo no es solo una cuestión técnica sino una oportunidad para reforzar la cohesión social y garantizar el derecho a una vivienda digna frente al cambio climático.

Agradecimientos

Los resultados de este artículo se desarrollan y financian en el marco de los siguientes Proyectos, por lo que las autoras agradecen el apoyo para la ejecución del mismo:

- "La cuestión de la vivienda: tensiones en el mercado, desigualdades socio-espaciales y vulnerabilidad residencial en ciudades del sur de España - VIVIENDIGNA (Ref. PID2023-151195OA-I00)", financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.
- "ReHABIT-Necesidades de actuaciones de vivienda protegida en Andalucía. Metodología de diagnóstico de áreas prioritarias para la rehabilitación; referencia: US.22-12", financiado por la Junta de Andalucía, a través de la Secretaría General de Vivienda de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda."

5. Referencias bibliográficas

Cruz Mazo, E.C. (2024). Paisajes urbanos periféricos de la desigualdad. Análisis de las causas de su gradiente de fragilidad socio-territorial utilizando como caso de estudio la ciudad de Sevilla. *Paisajes de la desigualdad en las periferias* (147-172). Tirant lo Blanch. ISBN: 9788411832441

Egea, C., Domínguez, J.A., González Rego, A. (2008). *Vulnerabilidad del tejido social de los barrios desfavorecidos en Andalucía. Análisis y potencialidades.* Centro de Estudios Andaluces, Consejería de Presidencia, 2008

Hernández, A., Rodríguez, I., Córdoba, R. (Coord.) (2018). Barrios vulnerables de las grandes ciudades españolas. 1991/ 2001/ 2011. Instituto Juan Herrera. Madrid.

De la Osa, J. (2016). Cambio climático y salud. Actuando frente al cambio climático para mejorar la salud de las personas y del planeta. Observatorio de Salud y Medio Ambiente. DKV Seguros. ECODES.

Domene, E., Lacort, E., Saavedra, B. (Coord.) (2022). El calor en un futuro: Índice de vulnerabilidad al cambio climático (IVAC). Institut Metròpoli. Barcelona.

Torres, F. J. (2005) El análisis territorial aplicado al estudio de zonas urbanas marginadas, el caso de Polígono Sur en Sevilla. Sevilla. Dirección General de Servicios Sociales e Inclusión, 2005. ISBN: 84-689-1983-7

López-Bueno, J. A., Díaz, J., Sánchez-Guevara, C., Sánchez-Martínez, G., Franco, M., Gullón, P., Núñez, M., Valero, I., Linares, C. (2020). The impact of heat waves on daily mortality in districts in Madrid: The effect of sociodemographic factors. Environmental Research, 190, 109993. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109993

PATRONES ESPACIALES DE CORRELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE (NAO), LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (WEMO), Y LA PRECIPITACIÓN EN LA ESPAÑA PENINSULAR

EDUARD CUSCÓ[1], JAVIER MARTÍN-VIDE[2], JOSÉ CARLOS GONZALEZ-HIDALGO[3], M. CARMEN MORENO-GARCIA[4], SANTIAGO BEGUERÍA[5], MJ CORDOBILLA[6], XAVIER BALAGUÉ[7], DHAIS PEÑA-ANGULO[8], MARC LEMUS[9], VÍCTOR TRULLENQUE[10].

[1] *Universitat de Barcelona, Barcelona, 08001, Spain, ORCID ID 0009-0001-7543-7296*

[2] *Universitat de Barcelona, Barcelona, 08001, Spain, ORDIC ID 0000-0002-1179-7380*

[3] *Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 50009, Spain, ORCID ID 0000-0002-8518-9177*

[4] *Universitat de Barcelona, Barcelona, 08001, Spain, ORCID ID 0000-0001-8771-5129*

[5] *EEAD-CSIC, Zaragoza,50059, Spain, ORCID ID 0000-0002-3974-2947*

[6] *Universitat de Barcelona, Barcelona, 08001, Spain, ORCID ID 0000-0002-4524-4848*

[7] *Universitat de Barcelona, Barcelona, 08001, Spain, ORCID ID -*

[8] *Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 50009, Spain, ORCID ID 0000-0001-6249-442X*

[9] *EURAC, Bolzano, 39100, Italy, ORCID ID 0000-0002-0925-3827*

[10] *EEAD-CSIC, Zaragoza, 50059, Spain, ORCID ID 0000-0002-8133-2087*

Abstract

This work analyses the spatial variability of precipitation in Peninsular Spain in relation to two low-frequency atmospheric variability patterns: the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Western Mediterranean Oscillation (WeMO). Using the high-resolution MOPREDAS dataset (10x10 km), Pearson correlation maps between NAOi/WeMOi and monthly precipitation for 1915–2015 are generated. December shows the most significant correlation patterns, with NAO influencing the southwest and WeMO the eastern coast. These correlations are also compared with other rainfall-related variables, including the Concentration Index, Drought Disparity Index, and seasonality. The results demonstrate the complementary roles of NAO and WeMO in explaining the spatial distribution of precipitation and underline the Mediterranean's growing influence in autumn rainfall over central Spain. Findings suggest regional climate responses tied to the teleconnections' variability and support future climate monitoring strategies.

Keywords: North Atlantic Oscillation (NAO); Western Mediterranean Oscillation (WeMO); precipitation; peninsular Spain; spatial pattern.

1. Introducción

La España peninsular se caracteriza por una notable variabilidad espacial y temporal de la precipitación, resultado de: (1) el contraste entre dos zonas climáticas, la de clima marítimo templado de latitudes medias, en una estrecha franja septentrional, y la de clima mediterráneo, en el resto; (2) su compleja orografía y (3) su ubicación geográfica entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Esta investigación explora el papel de dos patrones de variabilidad atmosférica de baja frecuencia —la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO)— en la configuración de los patrones de precipitación en la región. En un contexto de cambio climático, entender la influencia de estos patrones resulta esencial para anticipar eventos extremos como sequías o precipitaciones torrenciales. El clima de la Península Ibérica está fuertemente condicionado por su situación geográfica y por su abrupta topografía. La presencia del Sistema Central, las cordilleras Béticas, el macizo Galaico-Leonés y la Meseta Central genera patrones de precipitación altamente heterogéneos. Esta heterogeneidad se ve amplificada por la influencia de patrones atmosféricos globales y regionales que modulan las trayectorias de las perturbaciones y la advección de masas de aire húmedas. Entre estos patrones, la NAO y la WeMO tienen una importancia fundamental para comprender la distribución mensual y estacional de la precipitación. Las consecuencias de estas variaciones son relevantes tanto desde el punto de vista de los recursos hídricos, como en la planificación territorial y la prevención de riesgos naturales tales como sequías prolongadas o precipitaciones extremas. La presente contribución forma parte de una investigación más amplia de los mismos autores en vías de publicación.

2. Materiales, datos y métodos

Se empleó la base de datos MOPREDAS_century, con una resolución espacial de 10x10 km y cobertura mensual desde 1915 hasta 2015, para calcular las correlaciones entre los índices NAOi y WeMOi y la precipitación. Los valores de correlación de Pearson se determinaron para cada mes y se representaron mediante mapas de isopletas. También se analizaron tres subperíodos (1915–1945, 1946–1980, 1981–2015) para identificar cambios temporales. Estas correlaciones se compararon con variables pluviométricas como el índice de concentración (CI), el índice de disparidad consecutiva (D), el coeficiente de variación interanual (CV), la duración de los periodos secos y la estacionalidad de la precipitación. La interpolación de los datos de precipitación se llevó a cabo mediante "universal kriging" en dos etapas: la probabilidad de precipitación cero y la cuantificación del volumen mensual. Los valores mensuales se normalizaron respecto a la media 1961–2000 y se utilizaron variables como la altitud y la climatología mensual como covariables en el modelo. Los valores de los índices NAOi y WeMOi se correlacionaron píxel a píxel con la precipitación mensual mediante el coeficiente de Pearson, con un umbral de significación estadística de $p<0,05$ ($R > |0.20|$). Los resultados se representaron como mapas de isopletas mediante el software R.

3. Resultados

Los resultados revelan patrones espaciales distintos y casi ortogonales para la NAO y la WeMO. El NAOi presenta correlaciones negativas significativas en el suroeste peninsular, con un patrón diagonal hacia el noreste, mientras que el WeMOi genera un dipolo con correlaciones negativas en el

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

este/sureste y positivas en la costa cantábrica oriental. Diciembre es el mes con correlaciones más intensas para ambos índices, alcanzando R ≈ -0,70 para la NAO y R ≈ -0,55 para la WeMO (figura 1). Estos patrones se mantienen en los tres subperíodos analizados, aunque con ciertas variaciones en intensidad y extensión. En el período 1981-2015, la correlación negativa del NAOi se intensifica hasta la R ≈ -0,80, mientras que la influencia del WeMOi disminuye durante los meses cálidos. El contraste entre la influencia de la NAO y la WeMO es claramente visible en la estacionalidad de la precipitación. Mientras que la NAO domina los patrones invernales del suroeste y centro peninsular, la WeMO explica mejor las precipitaciones torrenciales de otoño en la fachada mediterránea. La comparación con el Índice de Concentración (CI) revela una fuerte coincidencia espacial entre la máxima intensidad diaria y las zonas con mayor correlación negativa con la WeMO. La región con mayor índice D (disparidad de precipitación) coincide con la zona suroeste, coherente con el patrón dominado por la NAO.

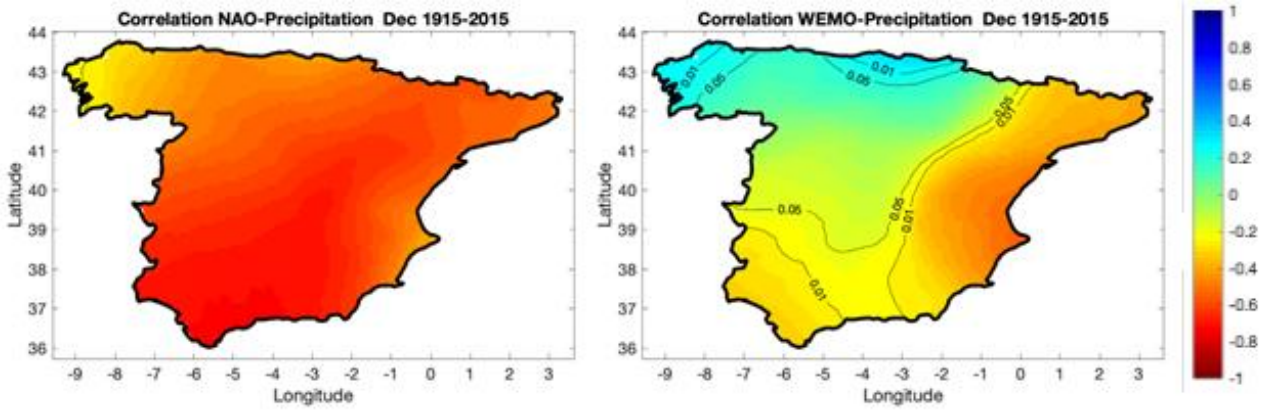


Figura 1. Correlación entre el NAOi (izquierda) y el WeMOi (derecha), y la precipitación en diciembre. Fuente: Elaboración propia a partir de MOPREDAS.

4. Conclusiones

Ambos índices, NAOi y WeMOi, explican gran parte de la variabilidad mensual de la precipitación en la España peninsular, especialmente en invierno y excepto en los meses cálidos. Suponen patrones complementarios: la NAO influye en el suroeste peninsular, mientras que la WeMO tiene su mayor impacto sobre la fachada mediterránea. Existe coherencia entre los patrones de correlación y otras variables como el índice de concentración, disparidad o la estacionalidad, lo que refuerza la utilidad de estos índices para el análisis climático. Este estudio ofrece una visión detallada sobre esta influencia combinada de la NAO y la WeMO en la precipitación peninsular. El hecho de emplear una base de datos tan extensa y refinada como MOPREDAS_century permite identificar patrones robustos y relevantes. Las implicaciones prácticas de estos resultados incluyen la mejora de las predicciones estacionales, una mejor preparación frente a fenómenos extremos, y el ajuste de políticas de gestión hídrica. Los resultados obtenidos también apuntan a la necesidad de integrar indicadores atmosféricos regionales en modelos de cambio climático con el fin de evaluar mejor los efectos sobre la disponibilidad hídrica.

5. Referencias bibliográficas (principales)

Beguería, S., Peña-Angulo, D., Trullenque-Blanco, V., & González-Hidalgo, J.C. (2023). MOPREDAScentury: a long-term monthly precipitation grid for the Spanish mainland. https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/15136

Cortesi, N., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Brunetti, M., & Martin-Vide, J. (2012). Daily precipitation concentration across Europe. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 2799–2810.

González-Hidalgo, J.C., et al. (2024). Seasonal precipitation changes in the western Mediterranean Basin. Int. J. Climatol., 44(5), 1800–1815.

Hurrell, J.W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation. Science, 269, 676–679.

Martin-Vide J. 2004. Spatial distribution of daily precipitation concentration index in Peninsular Spain. International Journal of Climatology 24: 959-971.

Martin-Vide, J., & López-Bustins, J.A. (2006). The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. Int. J. Climatol., 26, 1455–1475.

Martin-Vide J. 2022. Pluviometric diversity in peninsular Spain. In: Spanish Committee of the International Geographical Union (ed.). Spanish Geography at Contemporary Times. State of the Question (1972-2022).

Martin-Vide, J., et al. (under review). Spatial patterns of correlations between North Atlantic Oscillation, Western Mediterranean Oscillation, and precipitation in peninsular Spain.

TURISMO EN ZONAS VULNERABLES: EXPOSICIÓN DE LOS TURISTAS AL RIESGO DE RIADAS. EL CASO DE LA DANA EN VALÈNCIA, 2024

DAVID DE LA OSADA SAURÍ[1]

[1]*Filiación institucional: Geografía, Universitat de València, Avda. Blasco Ibáñez, 28, 3 València 46010, david.osada@uv.es, código ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7066-1670*

Abstract: This study aims to assess the vulnerability of tourists to natural hazards in areas where extreme climatic events occur infrequently and visitors often lack territorial knowledge. The case study focuses on the DANA event that hit southern Valencia in October 2024. The analysis quantifies the number of impacted tourist resources, paying particular attention to accommodation facilities and available beds, given their role as potential victims. It also evaluates the proportion of these resources located in areas designated as flood-prone by the PATRICOVA plan. Spatial data on tourism supply, including accommodation, natural and cultural assets, were intersected with official hazard and flood zones using ArcGIS 10.8. The findings reveal a high level of exposure, particularly in VUTs, which are frequently located in unplanned and vulnerable zones. The study emphasises the importance of implementing emergency protocols that explicitly consider tourists as vulnerable individuals, including the development of multilingual alert systems integrated into tourist spaces.

Keywords: S Vulnerability; Tourism; DANA; PATRICOVA; Valencia; Flood risk

1. Introducción

En el ámbito de la geografía, el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo ante catástrofes naturales constituye una línea de investigación consolidada, orientada a la elaboración de cartografías temáticas y estudios territoriales que favorecen la mitigación y adaptación al riesgo. La vulnerabilidad, pese a su indefinición y múltiples aplicaciones, se refiere, socialmente, al grado de incapacidad de un grupo humano para anticiparse y responder ante amenazas, siendo el resultado de factores internos y externos como la ocupación del suelo o las dinámicas territoriales (Calvo García-Tornel, 1997; Perles et al., 2017). El riesgo, por su parte, se entiende como la interacción entre vulnerabilidad y amenaza (Nebot Meneu et al., 2021). En contextos donde la frecuencia de la amenaza es baja, como ocurre en áreas mediterráneas, la escasez de información incrementa la vulnerabilidad (Camarasa, 2008).

Las inundaciones, por su recurrencia y severidad, representan el fenómeno natural más frecuente y uno de los más destructivos en términos económicos y humanos (Pérez Morales et al., 2021). En Europa, y especialmente en países mediterráneos como España, se ha intensificado su impacto en zonas urbanizadas recientes, lo que ha incrementado la necesidad de estudios específicos.

A pesar de los avances en el análisis de la vulnerabilidad residencial, el turista sigue siendo desatendido, a pesar de que, como señala Perles Roselló (2017), la vulnerabilidad también responde a factores conductuales. Dentro de ellos, el turista el cual es generalmente ajeno al territorio, sin conocimiento de los protocolos ni del idioma local, presenta una mayor exposición al riesgo y una limitada capacidad de respuesta ante emergencias.

Partiendo de la hipótesis de una posible exposición no prevista de turistas a situaciones de riesgo, se plantean dos objetivos: identificar los recursos turísticos y cuantificar la capacidad de alojamiento, y analizar su consideración en el PATRICOVA, destacando que, pese a ello, la afluencia turística continuó en aumento.

2. Materiales, datos y métodos

Para poder estudiar estos objetivos se ha tenido que recurrir a diversos datos:

- Oferta de alojamiento: la tradicional (Hoteles, pensiones, campings, etc.) se ha extraído de la web de turismo, se han escogidos todos los establecimientos que estaban de alta el día de autos. Para el de viviendas de uso turístico (VUT) se ha recurrido al Instituto Nacional de Estadística.
- Recursos culturales: se han extraído las tres figuras más relevantes de patrimonio material, museos, Bienes de Interés Cultural (BIC) y Bienes de Relevancia Local (BRL), todos ellos extraídos de GVA (generalitat Valenciana) e ICV (Instituto Cartográfico Valenciano)
- Recursos Naturales: aquellos parques y parajes naturales (se descarta paisajes al no tener ninguno la zona de estudio) descargados también del ICV.
- Información relativa al PATRICOVA: extraído de ICV las capas de riesgo y peligrosidad.
- Zona de inundación de la DANA: facilitada por Carmen Zornoza y subida durante un tiempo al ICV.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

El análisis se ha realizado mediante el software ArcGIS 10.8, evaluando la ubicación de los recursos y la oferta turística en relación con las zonas afectadas por la DANA y las delimitadas en el PATRICOVA, considerando únicamente aquellos elementos posteriores a su aprobación en 2003. Dado que los datos de viviendas turísticas del INE se presentan por sección censal, y muchas de estas abarcan áreas no residenciales, se procedió a una delimitación específica de los espacios habitados mediante los usos residenciales de CLC (Corine Land Cover), con el fin de precisar su exposición real al riesgo.

2.1. El caso de estudio. La zona de la DANA de València del 29 de octubre de 2025.

El pasado 29 de octubre de 2024, el sector sur del área metropolitana de València fue afectado por una inundación de una magnitud sin precedentes, que ocasionó la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños materiales. Aunque esta área no constituye uno de los principales focos turísticos de la región, alberga una serie de recursos turísticos, como el Parque Natural de la Albufera, espacios rurales, infraestructuras orientadas al turismo de negocios en los polígonos industriales, campos de golf, un circuito de motor y su proximidad tanto al litoral como al núcleo urbano de la capital. Esta dinámica se enmarca en el auge de plataformas digitales, cuyo desarrollo en áreas residenciales con escaso control ha dificultado su gestión pública y ampliado su presencia.

Este evento ocurrió poco antes de un puente festivo de gran afluencia, lo que, de haber coincidido, habría elevado considerablemente la exposición al riesgo. Constituye un claro ejemplo del peligro que las riadas representan para los turistas y evidencia la vulnerabilidad humana y material ante estos fenómenos. Aunque la geografía ya advertía sobre el riesgo desde el siglo pasado, por su localización en una llanura aluvial (Carmona, 1990), el clima torrencial y el urbanismo inadecuado (Camarasa, 2008), persiste la sorpresa ante su recurrencia y la falta de conocimiento y alerta específica para los visitantes.

3. Resultados

3.1 Los recursos turísticos afectados en la DANA.

Los resultados muestran la presencia de diversos establecimientos hoteleros, 23 establecimientos y 2073 plazas, tienden a localizarse en las zonas industriales del sur de la ciudad. De forma análoga, VUT, con 1439 viviendas y 7314 plazas, presentan un crecimiento notable en los municipios situados al sur del Parque Natural de la Albufera y a lo largo del eje industrial meridional (Tabla 1).

Tabla 1. Alojamiento afectado y construido con el PATRICOVA aprobado,

TIPOLOGÍA	Nº ALOJAMIENTOS	PLAZAS	Nº ALOJAMIENTOS EN 2003	PLAZAS EN 2003
TRADICIONALES	23	2073	9	562
VUT	1439	7314	1270	6460

Fuente: Elaboración propia a partir de GVA turismo e INE.

Los espacios culturales (Tabla 2) como los BIC y los museos presentan una distribución limitada, localizándose principalmente en núcleos urbanos mayores como Aldaia y Sueca. En cambio, los Bienes de Relevancia Local (BRL), de designación municipal, son más numerosos y se concentran en zonas interiores y en el entorno de la Albufera.

Tabla 2. Recursos afectados por la DANA

RECURSO TURÍSTICO	Nº/HA AFECTADOS POR LA DANA
Museos	6
BIC	20
BRL	258
Parque Natural	21826,13
Paraje Natural	13, 58

Fuente: Elaboración propia a partir de GVA turismo e INE.

En cuanto a los recursos naturales (Tabla 2), su análisis por hectáreas revela una alta vulnerabilidad derivada de su relación con sistemas acuáticos, como la Albufera o el río Turia. Sin embargo, las playas presentan, en este caso, menor afectación, al actuar la Albufera como barrera natural. En Cullera, la morfología del terreno ha contribuido a reducir el impacto. Destacan por su deterioro el Parque Natural de la Albufera (96 % afectado) y el Paraje Natural de Tabarla (93 %), evidenciando una fuerte presión ambiental.

3.2 Los recursos turísticos que ya se veían en peligro en el PATRICOVA.

Al analizar la coincidencia entre el episodio DANA ocurrido en 2024 y la planificación territorial establecida por el programa PATRICOVA, se puede constatar que una parte significativa del territorio ya se encontraba identificada como zona susceptible de inundación, a pesar de que los indicadores de riesgo percibido por residentes y turistas eran bajos o incluso inexistentes.

Tal como se muestra en la tabla 3, aproximadamente 44.911,36 hectáreas del total de 56.273,96 (lo que representa cerca del 80 % del territorio analizado) ya estaban clasificadas en PATRICOVA como áreas inundables. De ese total, el 50 % corresponde a zonas con una peligrosidad superior al nivel 3, es decir alto o muy alto, teniendo un 20 % los niveles más bajos (niveles 5 y 6) y un 15,45% (nivel 7) peligrosidad morfológica.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 3. Hectáreas afectadas en la DANA y que tenían un nivel de peligrosidad asignado en el PATRICOVA.

NIVEL PELIGROSIDAD	HECTÁREAS EN COMÚN	PORCENTAJE
1	3597,65	8,01
2	9511,99	21,18
3	10271,3	22,87
4	5141,11	11,45
5	1647,81	3,67
6	7801,42	17,37
7	6940,08	15,45
Total	44911,36	100

Fuente: Elaboración propia a partir de PATRICOVA.

Según los datos de la Tabla 4 aunque la mayoría de las plazas turísticas se ubican en zonas con nivel de peligro 0, más de siete establecimientos, con capacidad para 486 personas, se localizan en áreas de peligro máximo (1 y 2). En el caso de las VUT, todas presentan algún nivel de riesgo, destacando el nivel 3, que afecta a más de la mitad de las plazas. Esto implica una alta exposición significativa tanto para turistas como para residentes.

Tabla 4. Alojamientos afectados en la DANA y que tenían un nivel de peligrosidad asignado en el Patricova.

NIVEL PELIGROSIDAD	AT	AT PLAZAS	VUT	VUT PLAZAS
0	7	850	0	0
1	0	0	53	326
2	0	0	31	160
3	4	723	263	1355
4	0	0	19	103
5	1	59	8	35
6	6	255	120	585
7	4	161	2	13
TOTAL	22	1198	496	2577

Fuente: Elaboración propia a partir de PATRICOVA e ICV.

Los recursos culturales y naturales con potencial para atraer turistas también presentan una notable exposición al riesgo (véase Tabla 5). Un total de 24 BIC, 237 BRL y 10 museos se encuentran en zonas con distintos niveles de peligrosidad, incluyendo niveles altos (1 y 2), que afectan a 5 BIC, 39 BRL y 1 museos. En cuanto a los espacios naturales, se registran 16.391,4 hectáreas de parques naturales y 17,33 hectáreas de parajes naturales en áreas de riesgo, con una presencia destacada en niveles de peligrosidad 1 y 2 al ser zonas limítrofes. Estos datos reflejan la vulnerabilidad tanto del patrimonio cultural como de los entornos naturales ante fenómenos extremos.

Tabla 5. Recursos turísticos afectados en la DANA y que tenían un nivel de peligrosidad asignado en el Patricova.

NIVEL PELIGROSIDAD	BIC	BRL	MUSEOS	Parques Naturales	Parajes Naturales
1	0	39	0	16234,80	0,53
2	5	6	1	156,60	10,2
3	2	48	1	0	1,4
4	6	8	2	0	0
5	1	3	0	0	0
6	4	66	6	0	5,13
7	6	67	0	0	0
TOTAL	24	237	10	16391,40	17,33

Fuente: Elaboración propia a partir de PATRICOVA e ICV.

4. Conclusiones

La comunicación revela una alta exposición al riesgo de inundación en recursos turísticos, patrimoniales y naturales, con especial vulnerabilidad en las VUT. A pesar de que el PATRICOVA ya avisaba de esto ha ido desde su aprobación a hoy en día en aumento la exposición. Se destaca la necesidad de regular la exposición turística y disminuir su vulnerabilidad mejorando la información y comunicación de riesgos para turistas, especialmente en varios idiomas y desde los propios espacios de alojamiento.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias bibliográficas

Calvo García-Tornel, F. (1997). Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos. Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 1. https://raco.cat/index.php/ScriptaNova/article/view/55276

Camarasa, A. (2008). Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas: los llanos de Carraixet y Poyo. Cuadernos de Geografía de la Universitat de València, 83, 1–26. https://turia.uv.es/index.php/CGUV/article/view/14364/13155

Carmona, P. (1990). La formació de la plana al·luvial de València: geomorfologia, hidrologia i geoarqueologia de l'espai litoral del Túria (ed. Institució Alfons el Magnànim y Universitat de València. Departament de Geografia (eds.)). Alfons el Magnànim.

Nebot Meneu, S., Pitarch-Garrido, M. D., y Camarasa-Belmonte, A. M. (2021). Análisis de la percepción de la peligrosidad de inundación en el municipio de Tavernes Blanques (Valencia, España). Su papel en la valoración del riesgo. TERRA: Revista de Desarrollo Local, 8(8), 68–97. https://doi.org/10.7203/terra.8.19017

Pérez Morales, A., Gil Guirado, S., y Quesada García, A. (2021). ¿Somos todos iguales ante una inundación? Análisis de la vulnerabilidad social en el litoral mediterráneo español. Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles, 88. https://doi.org/10.21138/bage.2970

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CONFORT TURÍSTICO: APLICACIÓN DEL HOLIDAY CLIMATE INDEX (HCI: URBAN) EN ESPAÑA EN LOS MESES DE VERANO PARA FINALES DE SIGLO (2081-2100)

ALEJANDRO DÍAZ-POSO[1]

DOMINIC ROYÉ[2]

EMILIO MARTÍNEZ-IBARRA[3]

[1]*Departmento de Xeografía, Universidade de huertos urbanos de Compostela, Praza da Universidade 1, 15782, Santiago de Compostela (ES), a.diaz.poso@usc.es, https://orcid.org/0000-0003-2683-8461*

[2]*Misión Biológica de Galicia (MBG) - CSIC, Avda. de Vigo, 15707, Santiago de Compostela (ES), droye@mbg.csic.es https://orcid.org/0000-0002-5516-6396*

[3]*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad de Granada, Campus Universitario de la Cartuja, 18071, Granada (ES), emibarra@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-8987-1931*

Abstract: Tourism is a fundamental pillar of the Spanish economy, representing 11.7% of the national GDP in 2019. Climate is a key factor in the choice of tourist destinations, and in the context of current climate change, it is expected that the environmental conditions that influence the attractiveness of tourist destinations will change. The Holiday Climate Index (HCI) is a bioclimatic indicator that integrates different climatic variables (temperature, precipitation, humidity, wind, and cloudiness) with the aim of determining whether the climatic conditions of a place are optimal for urban-type tourist activities. Through the HCI:Urban index, the evolution of climatic comfort in summer (June, July, and August) has been analyzed for the Peninsula and Balearic Islands (PB) at the end of the century (2081–2100) under the RCP 4.5 and 8.5 scenarios. Taking 1986–2005 as the reference period, the results show a significant increase in climatic comfort at the end of the century in the northern and northwestern autonomous communities (CCAA), where the values reach the 'excellent' rating. Likewise, the progressive loss of comfort as a consequence of climate change is evident in the southern CCAA (Extremadura, Andalusia, Murcia, and Balearic Islands), which will imply changes in the spatial and temporal distribution of tourist flows. Although subject to improvement, the HCI:Urban index provides useful information to administrations to define adaptation strategies for the tourism sector in the face of the climate challenge.

Keywords: HCI (Holiday Climate Index); climate change; climatic comfort; tourism; Spain

1. Introducción

Representando el 11,7% del producto interior bruto (PIB) nacional, el turismo es uno de los sectores económicos más importantes para España, líder mundial en este sector. En 2019, 83,5 millones de turistas viajaron a España, prácticamente el doble de su población (INE, 2022), generando ingresos de 71.237 millones de euros (Turespaña, 2019). Esta tendencia ha aumentado en los últimos años y se espera que continúe en el futuro. Entre los recursos naturales que condicionan el potencial turístico de una región, destacan las condiciones climáticas (Matzarakis, 2006). Dicho potencial se define por 3 facetas, la térmica, la física y la estética (De Freitas, 2003). El cambio climático en curso amenaza con alterar estas condiciones climáticas. Las proyecciones climáticas prevén un aumento de la temperatura media global de 1,5ºC sobre niveles preindustriales antes de 2050 (IPCC, 2023), lo que traerá consigo olas de calor, más intensas, duraderas, y frecuentes, esperándose un impacto mayor en la región mediterránea, y especialmente, en la Península Ibérica, dónde se espera un aumento medio en la intensidad máxima de las olas de calor del 144% en la segunda mitad de siglo (Díaz-Poso et al., 2025). Es importante destacar que existe una relación significativa entre un mayor riesgo de mortalidad y una menor amplitud térmica debido a unas temperaturas mínimas inusualmente altas (Royé et al., 2021). Estas condiciones favorecen la persistencia del estrés térmico, impidiendo el descanso por la reducción de las fases SWS y REM (Okamoto y Mizuno, 2012). Este efecto se amplifica en las ciudades debido al fenómeno "isla de calor". Además de la temperatura, factores como humedad, viento, o la precipitación, influyen en el estrés térmico y, por ende, en la confortabilidad climática y en el desarrollo de las actividades de ocio, motivo por el cual es útil evaluar y clasificar las condiciones bioclimáticas (Matzarakis, 2006; 2010). En la región mediterránea el clima es un atractivo clave en la elección del destino (Gössling et al., 2016). En este contexto, el cambio climático no sólo afectará a la salud humana, a la agricultura o al consumo de energía, sino que también afectará al turismo (Scott, 2011). En Europa y, particularmente en España, se prevé un impacto significativo y diferencial, que podría redistribuir los recursos climáticos, modificando la distribución espacio-temporal de los flujos turísticos y convirtiendo a unas regiones más atractivas como destino turístico frente a otras (Scott et al., 2016). Desarrollado por Tang (2013), el Holiday Climate Index (HCI) es un indicador bioclimático que considera diferentes variables climáticas como temperatura, humedad, nubosidad, precipitación o viento, considerando las preferencias de los turistas, con la finalidad de determinar qué condiciones son adecuadas para las actividades turísticas, considerando todas ellas (y no sólo el turismo de playa), ya que los distintos destinos turísticos tienen diferentes requerimientos climáticos (Scott et al., 2016). Por su diseño, permite ser orientado específicamente en función del tipo de destino: para el turismo urbano (HCI:Urban), tal y como fue formulado originalmente, o para el turismo de playa (HCI:Beach). Uno de sus principales avances es que, tanto las escalas de valoración de sus variables como la manera en la que se ponderan los componentes se basan en la literatura científica que ha abordado las preferencias climáticas de los turistas (Scott, et al., 2016), y en el uso de datos diarios para obtener las calificaciones. El objetivo de este estudio es realizar un análisis, mediante la aplicación del índice HCI:Urban, de cómo el cambio climático afectará a la confortabilidad climática para la práctica del turismo urbano en el conjunto de la Península y Baleares (PB) a finales de siglo (2081-2100) de siglo bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5. Para cuantificar la magnitud de los resultados proporcionados por HCI, se compararán con el periodo de referencia (1986-2005).

2. Materiales, datos y métodos

La rejilla con los datos de HCI:Urban para el territorio europeo está disponible en https://cds.climate.copernicus.eu (Copernicus Climate Change Service, 2019) con una resolución de 0.11º. El dataset cuenta con datos de 6 GCMs. En este estudio se utiliza la media multi-modelo con resolución estacional para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (2081-2100) con 1986-2005 como referencia. El valor climatológico estacional utilizado se corresponde al verano (junio, julio y agosto).HCI:Urban Incorpora las tres facetas del clima que determinan el turismo potencial: el confort térmico (CT), resultado de la combinación de la temperatura máxima para el propio día (º C) y la humedad relativa media (%).La faceta estética (E) corresponde a la cobertura nubosa (%), y la física (F) es el resultado de la combinación de la precipitación (mm) y de la velocidad del viento (km/h). El índice HCI:Urban se calcula de la siguiente forma:

$$\text{HCI: Urban} = 4(\text{CT}) + 2(\text{E}) + (3(\text{precipitacion}) + \text{viento})$$

Cada una de las variables climáticas se califica de 0 a 10. La puntuación global oscilará entre 0 (potencialmente peligroso para los turistas) y 100 (condiciones perfectas para el turismo), correspondiéndose con 8 categorías descriptivas (Hejazizadeh et al., (2019) (Tabla 1):

Tabla 1.

HCI: Urban	
Valor	Niveles de confortabilidad climática
90 - 100	Ideal
80 - 89	Excelente
70 - 79	Muy bueno
60 - 69	Bueno
50 - 59	Aceptable
40 - 49	Marginal
10 - 39	Desfavorable
0 - 9	Peligroso

Si las tres facetas climáticas están dentro del rango de condiciones de mayor preferencia para la mayoría de los turistas, HCI alcanzaría una puntuación "ideal" (≥ 90). Las categorías "excelente" (80–89) y "muy buena" (70–79) pueden incluir alguna faceta dentro del rango de condiciones más altas por la mayoría de los turistas. Un valor ≤ 40 indica condiciones inaceptables para la mayoría de los turistas. Las facetas F y CT ponderan un 40% cada una, garantizando un valor bajo de HCI en presencia de lluvia (30%) o viento (10%). Dicha ponderación también reduce la importancia del CT, que pierde peso cuando las variables físicas (lluvia y viento) dominan. Las valoraciones relativas al CT califican las condiciones como suspensas a partir de los 35ºC para el calor y los 7º C para el frío, lo que recoge la mayor tolerancia térmica declarada por los turistas de ocio. El 20% restante, correspondiente con la componente E, otorga la mayor puntuación, al cielo ligeramente nublado (11-20%) el cual contribuye

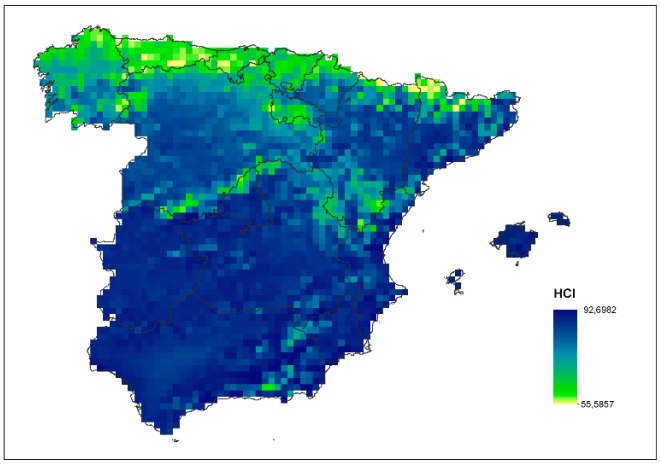
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

una mejor experiencia estética para el turismo urbano, que un cielo completamente despejado (Scott, et al., 2016). Sus valores, de 0 a 100 a los que se asignan clasificaciones cualitativas, lo hacen fácilmente comprensible para planificadores, sistemas de salud y el sector turístico. Los aspectos conceptuales y metodológicos del HCI:Urban se detallan en Scott et al. (2016). Para analizar las diferencias espaciales, se consideran los valores medio de HCI a nivel CCAA (HCImed), máximo (HCImax), mínimo (HCImin), la desviación estándar con un nivel de confianza del 95% (HCIds) y la variación porcentual respecto al periodo histórico.

3. Resultados

Para 1986-2005 los valores de confortabilidad climática para la práctica de actividades de odio-especialmente-en entornos urbanos son "excelentes" (80-89) en la mayoría del país, siendo más elevados en la España meridional (Fig.1). Las Islas Baleares destacan como la única CCAA con un valor de HCImed "ideal" (≥ 90), alcanzándose también dichas condiciones en la Costa Atlántica Andaluza, litoral Mediterráneo y amplias zonas del S peninsular. Las principales zonas montañosas (Pirineos, Sistema Central, Sierra Nevada, etc.) presentan los menores valores. En la costa cantábrica los valores varían entre "buenos" (60–69) y "muy buenos" (70–79), especialmente hacia el E.

Figura 1. Valores de HCI para la PB en el periodo de referencia (1986-2005)

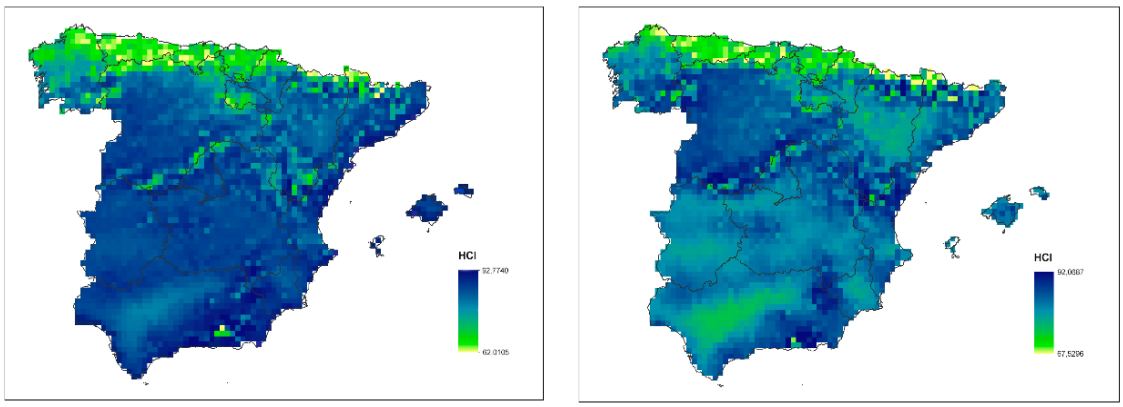


Fuente: Elaboración propia

CCAA con mayor presencia de las variables físicas incluidas en el índice (viento y lluvia) como Asturias, Cantabria, País Vasco cuentan con condiciones "muy buenas", al igual que la Rioja, donde las variables física y estética se ven condicionadas negativamente por la influencia de las condiciones climáticas de su mitad S y especialmente SO (Sierra de la Demanda, y Picos de Urbión). CCAA de grandes contrastes topográficos, como Cataluña, Navarra, Madrid y Aragón muestran un gran rango de condiciones de confortabilidad climática. La figura 2 muestra los resultados de HCI para 2081-2100. En el escenario RCP 4.5 (Fig.2a) se observa una disminución de la calidad de las condiciones climáticas (HCI_{med}), más notoria en Andalucía, Extremadura, Islas Baleares y Murcia (variaciones porcentuales respecto a 1981-2005 del -0,90, -1,21, -1,18 y -0,32, respectivamente). Los mayores aumentos en los

valores de HCImed tienen lugar en Asturias, La Rioja y Cantabria. La zona más septentrional del país mejora considerablemente. Destacan también Cataluña y Madrid con aumentos cercanos al 2%. La mejora de las en las condiciones de confortabilidad turística implica que Aragón, Asturias, Cantabria, Galicia, La Rioja y País Vasco, aumenten sus valores de HCImax en el escenario RCP 4.5. El aumento de la temperatura en superficie que se espera en la PB será mucho más intenso a finales de siglo bajo el escenario RCP 8.5, lo que influirá notablemente la faceta térmica del índice y por ende en la disminución de los valores de HCI (Fig.2b). Se proyecta aun mayor descenso de los valores de HCI en los valles del Guadalquivir, Tajo y Guadiana, así como en la depresión prelitoral de Murcia. Andalucía, Extremadura y Murcia empeorarán sus condiciones de confortabilidad climática con un descenso >3% en sus valores de HCImed con respecto a 1986-2005. Los descensos también son importantes en las Islas Baleares (2,90%) así como en la meseta sur y zonas prelitorales de Alicante y Valencia. Tanto en el interior de Cataluña y Aragón, como en el S de Navarra, se observa una disminución en los valores de HCI considerable, pese a ello, la mejora en los valores de HCI en sus áreas más septentrionales (en torno a los Pirineos) conlleva a que estas CCAA mejoren su valor de HCI_{med}, y, por ende, sus condiciones de confortabilidad turística. Por el contrario, Asturias, Cantabria, La Rioja, Galicia y País Vasco, presentan aumentos respecto a 1986-2005 del 11, 27%, 9,67%, 8,27%, 7,13% y 5,86% respectivamente, lo que da lugar a un aumento a nivel nacional, en términos porcentuales, de HCImed RCP 8.5 2081-2100 con respecto a 1986-2005. Pese a experimentar una considerable disminución en los valores de HCImed, las Islas Baleares continúan siendo la comunidad autónoma con mejor calificación. El resto de CCAA que habían registrado mejores condiciones de confortabilidad climática en 1986-2005 (Extremadura, Murcia y Andalucía) ya no se encuentran para RCP 8.5 2081-2100 entre las 5 CCAA con mejor HCImed. Los valores de HCImax descienden en 10 de las 16 CCAA analizadas y también a nivel nacional (- 0,68%), mientras que en las CCAA cantábricas, Aragón y La Rioja, los valores de HCImax aumentan considerablemente, especialmente en Asturias (85,92), CCAA que en 1986-2005 contaba con el HCImax más bajo (79,45). Los valores de HCImin aumentan más que ningún otro indicador, en un total de 14 CCAA y con un aumento nacional del 21,48%. A nivel nacional, la variación porcentual de la desviación estándar (HCIds) se reduce en más de la mitad (-53,46%), destacando Madrid (-68,23%), La Rioja (-63,77%) y Comunidad Valenciana (-63,12%). Las CCAA con una menor variabilidad en sus valores de HCI son Extremadura (σ = 0,77) e Islas Baleares (σ = 0,94).

Figura 2. Valores de HCI para la PB en el periodo (2081-2100) bajo el escenario RCP 4.5 (a) y RCP 8.5 (b)



Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

- A finales de siglo (2081-2100), los valores de HCI_{med} en el escenario RCP 8.5 muestran un claro deterioro de las condiciones de confortabilidad climática respecto a 1986-2005 en las zonas más meridionales del interior, centro-O peninsular y Archipiélago balear, con variaciones porcentuales que superan (rondan) el -3% en Extremadura, Murcia y Andalucía (Islas Baleares). No existirán condiciones "ideales" para la práctica del turismo urbano en ninguna CCAA.
- CCAA como Asturias, Cantabria, La Rioja. Galicia o País Vasco se postulan con firmeza en el escenario RCP 8.5 2081-2100 como polos de atracción de la actividad turística en el país, al mejorar significativamente sus valores de confortabilidad turística respecto a 1986-2005, con aumentos de 11,26%, 9,68%, 8,27%, 7,13% y 5,86% respectivamente, alcanzando las condiciones "excelentes".
- Se espera por lo tanto que el cambio climático de lugar, a finales de siglo, a una redistribución de los flujos turísticos en temporada estival hacia las regiones más septentrionales del país, especialmente el NO y N peninsular, en detrimento del S del país y del centro-oeste peninsular, las cuales se espera que desplacen progresivamente parte de su temporada alta a otoño.
- Tras su utilización es preciso destacar que HCI muestra algunas inconsistencias considerables. Una revisión de los valores asociados a las temperaturas máximas cuando estas son elevadas, así como una diferente ponderación de las variables físicas (lluvia y viento), y de confort térmico (temperatura máxima y humedad), serían necesarias para convertirlo en una herramienta ciertamente efectiva para analizar la confortabilidad climática del turismo urbano futuro, y que su información pueda ser de mayor utilidad para turistas y agencias de viajes, así como en la elaboración de instrumentos de planificación urbana y regional, concretamente en la gestión de los nuevos flujos turísticos y en sus posibles impactos ambientales.

5. Referencias bibliográficas

Copernicus Climate Change Service. (2019). *ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate*. https://doi.org/10.24381/cds.126d9ce7

De Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology, 48*, 45–54. https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z

Díaz-Poso, A., Lorenzo, N., Martí, A., et al. (2025). Heat and cold wave intensity and spatial extent on the Iberian Peninsula: Future climate projections (2050–2095). *Climate Dynamics, 63*, 222. https://doi.org/10.1007/s00382-025-07699-4

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Movimientos turísticos en fronteras*. https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=23981&L=0

Gössling, S., Bruno, A., & Steiger, R. (2016). "It was raining all the time!": Ex post tourist weather perceptions. *Atmosphere, 7*(1), 1–12. https://doi.org/10.3390/atmos7010010

Hejazizadeh, Z., Karbalaee, A., Hosseini, S. A., & Tabatabaei, S. A. (2019). Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in desert regions and Makran coasts of Iran. *Arabian Journal of Geosciences, 12*, 803. https://doi.org/10.1007/s12517-019-4997-5

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds.). IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Matzarakis, A. (2006). Weather- and climate-related information for tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development, 3*(2), 99–115. https://doi.org/10.1080/14790530600938279

Matzarakis, A. (2010). Climate change and tourism at regional and local scale. In C. Schott (Ed.), *Tourism and the implications of climate change: Issues and actions* (pp. 237–259). *Bridging Tourism Theory and Practice*, 3. Emerald Group Publishing. https://doi.org/10.1108/S2042-1443(2010)0000003017

Okamoto-Mizuno, K., & Mizuno, K. (2012). Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *Journal of Physiological Anthropology, 31*, 1–14. https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-14

Royé, D., Sera, F., Tobías, A., et al. (2021). Effects of hot nights on mortality in Southern Europe. *Epidemiology, 32*(4), 487–498. https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001359

Scott, D. (2011). Why sustainable tourism must address climate change. *Journal of Sustainable Tourism, 19*, 17–34. https://doi.org/10.1080/09669582.2010.539694

Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., & Mantao, T. (2016). An inter-comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe. *Atmosphere, 7*(6), 80. https://doi.org/10.3390/atmos7060080

Tang, M. (2013). *Comparing the 'Tourism Climate Index' and 'Holiday Climate Index' in major European urban destinations* [Master's thesis, University of Waterloo]. CORE. https://core.ac.uk/download/pdf/144146611.pdf

Turespaña. (2019). *Memoria 2019*. https://www.tourspain.es/eses/Conozcanos/MemoriasAnuales/Memoria%20TURESPA%C3%91A%202019.pdf

PRIMERA APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN ORÓFILA EN EL PASADO EN SIERRA NEVADA (GRANADA, ESPAÑA) A PARTIR DEL ANÁLISIS PEDOANTRACOLÓGICO

FRANCISCA FERNÁNDEZ-CASTAÑO[1]

JOSÉ ANTONIO OLMEDO-COBO[1]

RUBÉN PARDO-MARTÍNEZ[1]

JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO[1]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada, Calle del Prof. Clavera, s/n - 18011 Granada (ES)*

franciscafc@ugr.es, https://orcid.org/0009-0005-8654-4301

jaolmedo@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-4457-3594

rubenpardo@ugr.es, https://orcid.org/0000-0003-4457-8536

jgzotano@ugr.es, https://orcid.org/0000-0001-8692-9969

Abstract: This work presents the preliminary findings from the first pedoanthracological study conducted in the Sierra Nevada National Park (Granada, Spain). The applied methodology is grounded in the analysis, taxonomic identification, and radiocarbon dating of charcoal fragments preserved in natural soils. The primary objective is to generate robust paleoecological evidence that sheds light on the composition and dynamics of vegetation throughout the Holocene. In the initial phase, three pedoanthracological samplings were undertaken at three priority sites: Dehesa del Camarate and the upper basin of the Chico river. The results enabled the identification of various arboreal taxa (*Acer*, *Alnus, Betula* and deciduous *Quercus*) occurring above the current upper forest limit at Dehesa del Camarate and the Chico River area. These findings provide a previously unavailable perspective on the historical composition of orophilous vegetation in Sierra Nevada, knowledge that until now has derived almost exclusively from palynological studies conducted in peatlands and alpine wetlands within the massif and its surroundings. Once contextualized with the chronological framework obtained through radiocarbon dating of the most paleoecologically significant samples, this information should inform conservation and adaptive management strategies for the ecosystems at the forest boundary within the National Park.

Keywords: charcoal; paleoecology; pedoanthracology; upper treeline; Sierra Nevada; Holocene.

1. Introducción

El factor tiempo constituye una dimensión clave en Biogeografía, dado que los patrones actuales de distribución de multitud de especies vegetales solo pueden entenderse como el resultado de procesos históricos que operan a lo largo de extensos periodos temporales (Willis & Birks, 2006; Cox et al., 2016). Por ello, incorporar la perspectiva paleoecológica en los estudios biogeográficos es fundamental, pues su análisis e interpretación ofrecen información clave para comprender la distribución actual de buena parte de los taxones vegetales (Willis & Birks, 2006). Además, es bien conocido que, junto al clima, la actividad antrópica sostenida durante milenios ha transformado profundamente el paisaje vegetal de las principales áreas montañosas europeas, caso de los Cárpatos, los Alpes, el Pirineo y diversas cordilleras de la península ibérica (Naveh, & Lieberman, 1994).

En el caso de Sierra Nevada, junto a su larga y compleja historia paleoecológica, conocida esencialmente a través de la palinología, se trata de un territorio que ha experimentado un impacto antrópico prácticamente ininterrumpido desde el Neolítico (Carrión, 2002; Jiménez-Moreno & Scott-Anderson, 2012), que ha provocado cambios muy significativos en la cubierta vegetal, lo que ha podido suponer en determinados casos un drástico descenso altitudinal del límite superior del bosque (Jiménez-Moreno et al., 2023).

En efecto, los estudios palinológicos llevados a cabo en diversas lagunas y turberas de Sierra Nevada (ver Carrión, 2002) reflejan importantes cambios en la vegetación a escala regional a lo largo de buena parte del Pleistoceno, que, sin embargo, no pueden proporcionar información detallada a escala local, como las dinámicas experimentadas por el límite forestal superior o la composición florística de bosques y otras formaciones. Esto se debe a que el polen, como proxy paleoecológico, presenta limitaciones asociadas a su amplia dispersión anemófila, a su dependencia de condiciones ambientales específicas para su preservación y a la necesidad de ambientes favorables para su sedimentación, como lagos, lagunas o turberas (Moore et al., 1991).

Por el contrario, el estudio de fragmentos de madera carbonizada, es decir, de carbón procedente de incendios forestales encontrado en el suelo, sí proporciona información espacial de gran precisión de la distribución de especies leñosas ya que, como se ha demostrado experimentalmente por Whitlock & Larsen (2001), el carbón macroscópico (>125-250 µm) suele depositarse a pocos metros del foco del fuego, una circunstancia que permite garantizar la presencia local de aquellos taxones que son identificados en un determinado punto. Además, el carbón vegetal, debido a su estabilidad química, puede conservarse en el suelo durante milenios y aparecer en una amplia variedad de contextos edáficos (Talon et al., 1998).

Los resultados expuestos en este trabajo corresponden a la implementación, por primera vez, del análisis pedoantracológico para el estudio paleoecológico del macizo de Sierra Nevada. El objetivo es obtener una primera aproximación al conocimiento pretérito de la vegetación orófila de este territorio a través del análisis de carbones vegetales presentes en el registro edáfico. Ello supone, además, una aportación significativa para subsanar la carencia de información paleoambiental existente a escala de detalle en este ámbito.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2. Métodos

2.1. Ámbito de estudio

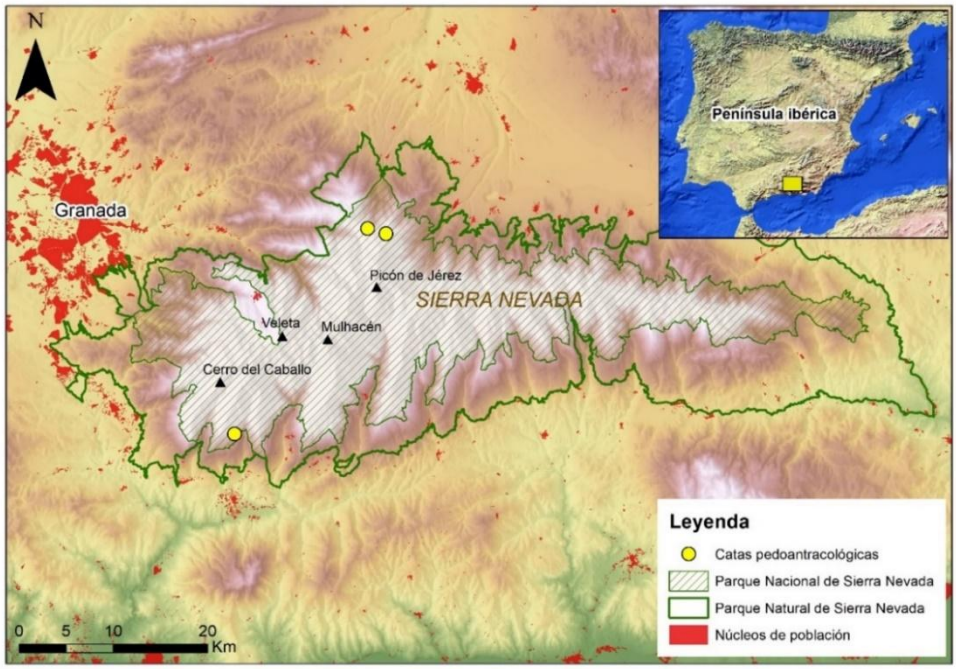
Sierra Nevada presenta una diversidad geográfica que define una notable heterogeneidad ecológica determinante de una amplia gama de pisos de vegetación, concordantes con condiciones bioclimáticas que comprenden los termotipos termo a crioromediterráneo y los ombrotipos semiárido a húmedo (Piñas et al., 2009). Un contexto ambiental que permite que el macizo sostenga la mayor biodiversidad continental del Mediterráneo, con un alto grado de endemicidad, lo que, junto a otros valores, como su geodiversidad y patrimonio sociocultural, justifican que parte de su territorio haya sido declarado Reserva de la Biosfera por la UNESCO (1986), Parque Natural (1989) y Parque Nacional (1999).

2.2. Metodología

La pedoantracología ha constituido la metodología principal empleada para abordar los objetivos planteados en este estudio. Este método consiste en la toma de muestras de suelo para la búsqueda, identificación y tratamiento estadístico de carbones procedentes de incendios forestales, con dos etapas fundamentales de trabajo:

1. Trabajo de campo. Se han llevado a cabo tres catas pedoantracológicas en diferentes localidades de muestreo (Figura 1). Concretamente, dos de las catas, denominadas Haza del Camarate (2223 m s.n.m.) y Loma de las Hoyas (2040 m s.n.m.) respectivamente, se han realizado en la vertiente norte de Sierra Nevada. La tercera de las catas, denominada Berreadero, se ha llevado a cabo en la cuenca alta del río Chico, en la vertiente sur del macizo nevadense, a una altitud de 1926 m s.n.m.

Figura 1. Localización de las catas pedoantracológicas llevadas a cabo durante la presente investigación.



Fuente: elaboración propia a partir de las capas de información del IECA.

2. Trabajo de laboratorio. Análisis antracológico mediante el tamizado con agua de las muestras de suelo recogidas en campo a través de cribas de 5,2 y 0,8 mm. Posteriormente, se ha procedido al triado del carbón —desechando la fracción mineral residual— para su análisis al microscopio. Asimismo, se ha calculado la antracomasa por niveles de muestreo (mg/kg). Finalmente, se ha abordado la identificación taxonómica de los carbones seleccionados mediante el empleo de un microscopio óptico de luz reflejada Olympus BX 51 (50x, 100x, 200x y 500x) y de una lupa binocular C-LEDS, lo que ha permitido –tras la datación de las muestras seleccionadas– la posterior interpretación en clave paleoecológica de la información obtenida.

3. Resultados y discusión

En conjunto, en los 3 muestreos realizados, se han identificado 508 carbones, pertenecientes a 5 familias, 4 géneros y 2 grupos taxonómicos, además de otras muestras que solo se han podido clasificar en angiosperma o gimnosperma (Tabla 1). Respecto a la antracomasa, los valores obtenidos han sido 2148,8 mg/kg en Haza del Camarate; 702,5 mg/kg en Berreadero y 170,7 mg/kg en Loma de las Hoyas.

Tabla 1. Identificaciones taxonómicas de Haza del Camarate, Loma de las Hoyas y Berreadero.

Haza del Camarate							
Alnus sp.	Berberidaceae	*Betula* sp.	Betulaceae	*Juniperus* sp.	Angiosperma	Gimnosperma	Indeterminado
66	2	9	9	40	18	4	1
Loma de las Hoyas							
Acer sp.	Berberidaceae	Fabaceae	*Quercus* caduco	Rosaceae	Angiosperma	Indeterminado	
7	8	36	29	4	61	5	
Berreadero							
Fabaceae	*Juniperus* sp.	Leguminosae	Cf. *Pinus nigra/sylvestris*	*Quercus* caduco	Rosaceae	Angiosperma	
39	5	65	1	63	9	26	

Los datos paleoecológicos obtenidos han permitido obtener una nueva visión sobre la composición vegetal local en diferentes enclaves de Sierra Nevada. La identificación taxonómica de varios fragmentos pertenecientes a diferentes géneros arbóreos, como *Acer*, *Alnus* y *Betula* en la vertiente norte, y *Quercus* caduco y *Pinus* en la vertiente sur, en todos los casos por encima del límite altitudinal

EJE 1. CAMBIO AMBIENTAL https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

actual del bosque, apunta a que las condiciones ambientales holocenas eran más óptimas que en la actualidad para el desarrollo de los bosques en Sierra Nevada, al menos en el límite de los 1.800-2.000 m s.n.m. Bien es cierto que todavía queda por desvelar el papel secular de la explotación antrópica del macizo en la configuración forestal del mismo, y hasta qué punto los bosques actuales atienden a dicho proceso.

Resulta especialmente relevante la identificación de dos betuláceas, *Alnus* y *Betula*, en Haza del Camarate, halladas en un contexto vegetal dominado actualmente por un espinal con sabinas y enebros rastreros. Estos datos evidencian que, en tiempos pasados, el paisaje vegetal de este sector de Sierra Nevada sustentaba diversas especies arbóreas en enclaves en torno a los 2.000 m s.n.m. donde hoy están ausentes, lo que sugiere la existencia de condiciones climáticas más húmedas y frescas que las actuales, tal y como apuntan otros estudios paleoecológicos a partir del análisis de pólenes. En este sentido, autores como Anderson et al. (2011), Jiménez-Moreno & Scott-Anderson (2012) y Manzano et al. (2019) señalan la presencia de *Pinus*, *Quercus* caducifolio*s*, *Betula*, *Alnus* y *Salix* en ambientes orófilos de Sierra Nevada durante el Holoceno Temprano y Medio (~11.500-7.000 años cal BP).

Por su parte, la identificación de *Quercus* caduco en Berreadero (vertiente sur de Sierra Nevada), en cotas superiores a los 1.900 m s.n.m., respaldaría la hipótesis de una distribución altitudinal más elevada del robledal de roble melojo en el pasado en esta parte del macizo nevadense, ya que actualmente alcanza los 1.800 m s.n.m. en este sector. Asimismo, la identificación de un solo fragmento de carbón de Cf. *Pinus nigra/sylvestris* (probablemente *Pinus nigra/sylvestris*, si bien no se puede asegurar con certeza dadas las condiciones de conservación de la muestra analizada), sugiere que este enclave de Sierra Nevada pudo haber albergado un cinturón de coníferas –también apuntado en los análisis palinológicos– que podría haber constituido el límite superior de bosque, acorde a la secuencia conocida en otras montañas mediterráneas, si bien, por el momento, conviene ser prudentes en relación a esta interpretación hasta que se confirme esta hipótesis con nuevos hallazgos.

Finalmente, el hallazgo de carbón en todas las catas realizadas, con diferentes valores de antracomasa, evidencia la ocurrencia de distintos episodios de fuego en el pasado en Sierra Nevada, asociados bien a un uso del fuego intencional (gestión del monte o agricultura) o incidental (fuegos naturales). De manera similar a lo documentado en otros sistemas montañosos del norte de la península ibérica, como la Cordillera Cantábrica y el Pirineo (Bal et al., 2012; Sánchez-Morales et al., 2022), el fuego habría desempeñado un papel muy destacado en la transformación y modelado del paisaje de Sierra Nevada, como también se ha comprobado para otros sectores del Sistema Bético, caso de la Serranía de Ronda, en particular durante los últimos milenios (Anderson et al., 2011; Jiménez-Moreno et al., 2023; Pardo-Martínez et al., 2023).

4. Conclusiones

Los resultados derivados de la aplicación pionera del análisis pedoantracológico en Sierra Nevada aportan una visión sobre la composición vegetal en el pasado de varios sectores orófilos del macizo, constituyendo una valiosa contribución a los esfuerzos existentes por reconstruir la paleoecología de este territorio. El hallazgo de diversos fragmentos de carbón pertenecientes a diferentes taxones arbóreos, como *Alnus*, *Betula*, *Acer, Pinus* y *Quercus* caduco, representa una oportunidad única para reconstruir, con un nivel de precisión espacial sin precedentes hasta la fecha, los cambios en el paisaje

vegetal a escala local a lo largo del Holoceno, con especial atención a la evolución del límite superior del bosque.

Las futuras líneas de investigación deberán centrarse, de forma ineludible, en la datación radiocarbónica de aquellas muestras consideradas como de mayor interés paleoecológico. Las cronologías resultantes, junto con la ampliación de la red de muestreos pedoantracológicos, permitirán obtener nuevas claves para comprender la dinámica de la vegetación orófila en Sierra Nevada durante los últimos milenios, constituyendo así una información de potencial utilidad a implementar en las estrategias de adaptación frente al cambio global en el marco del Parque Nacional.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada con el apoyo institucional y financiero de los proyectos PALEOPINSAPO II (PID2022-141592NB-I00), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER/UE; PALEONIEVES (SPIP2023-03025), financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales; y un contrato predoctoral FPI asociado al proyecto PID2022-141592NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y el FSE+.

5. Referencias bibliográficas

Anderson, R.S., Jiménez-Moreno, G., Carrión, J.S. & Pérez-Martínez, C. (2011). Postglacial history of alpine vegetation, fire, and climate from Laguna de Río Seco, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Science Reviews*, *30*(13-14), 1615-1629. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.03.005

Bal, M.C., Pelachs, A., Pérez-Obiol, R., Julia, R. & Cunill, R. (2012). Fire history and human activities during the last 3300 cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: The case of the Estany de Burg. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *300*(1-4), 179-190. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.12.023

Birks, H.H. & Birks, H.J.B. (2001). Future uses of pollen analysis must include plant macrofossils. *Journal of Biogeography, 27*(1), 31-35. https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00375.x

Carcaillet, C. & Thinon, M. (1996). Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *91*(1-4), 399-416. https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00060-7

Carrión, J.S. (2002). Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*, *21*(18-19), 2047-2066. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00010-0

Carrión, J.S. (2022). *Paleoflora y Paleovegetación Ibérica*. Ministerio de Ciencia e Innovación.

Chen, W., Ding, H., Jiangrong, L., Kang, C. & Wang, H. (2022). Alpine treelines as ecological indicators of global climate change: Who has studied? What has been studied? *Ecological Informatics*, *70*, 101691. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101691

Cox, C.B., Moore, P.D. & Ladle, R.J. (2016). *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Wiley-Blackwell.

Jiménez-Moreno, G. & Scott-Anderson, R. (2012). Holocene vegetation and climate change recorded in alpine bog sediments from the Borreguiles de la Virgen, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Research, 77*(1), 44-53. https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.09.006

Jiménez-Moreno et al. (2023). Laguna Seca sediments reveal environmental and climate change during the latest Pleistocene and Holocene in Sierra Nevada, southern Iberian Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *631*, 111834. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111834

Körner, C. (2012). *Alpine treelines. Functional ecology of the global high elevation tree limits*. Springer.

Manzano, S. et al (2019). A palaeoecological approach to understanding the past and present of Sierra Nevada, a Southwestern European biodiversity hotspot. *Global Planet Change*, *175*, 238-250. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.02.006

Martínez-Labarga, J.M., Peiró, J.M. & Oria de Rueda, J.A. (1990). Abedular relíctico en Sierra Nevada. *Ecología*, *4*, 89-97. https://oa.upm.es/34728/1/INVE_MEM_1990_149080.pdf

Moore, P.D., Webb, J.A. & Collinson, M.E. (1991). *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications.

Naveh, Z. & Lieberman, A.S. (1994). *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer.

Pardo-Martínez, R., Olmedo-Cobo, J.A., Gómez-Zotano, J.A. & Alba-Sánchez, F. (2023). Multiproxy analysis for the paleobiogeographical reconstruction of the relict forests of the Serranía de Ronda during the Holocene (Baetic System, Spain). *The Holocene*, 33(3), 1422-1437. http://dx.doi.org/10.1177/09596836231185835

Piñas, S., López, M. L., & López, M. S. (2009). Andalucía: cartografía y áreas de sus bioclimas, continentalidad, termotipos y ombrotipos. En R. Real & A. L. Márquez (Eds.), *V Congreso Español de Biogeografía: Biogeografía Scientia Biodiversitatis (9–12 de septiembre de 2008, Málaga, España)* (pp. 109–119). Málaga.

Sánchez-Morales, M., Pèlachs, A., Garcia-Codron, J.C., Carracero, V. & Pérez-Obiol, R. (2022). Landscape dynamics and fire regime since 17,550 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, *278*, 107373. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107373

Talon, B., Carcaillet, C. & Thinon, M. (1998). Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocene dans les Alpes Francaises. *Geographie Physique et Quaternaire, 52*(2), 195-208. https://doi.org/10.7202/004875ar

Whitlock, C. & Larsen, C. (2001). Charcoal as a fire proxy. In Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., Bradley, R.S., Alverson, K. (eds), Tracking environmental change using lake sediments (pp. 75-97). Springer.

Willis, K.J. & Birks, H.J.B. (2006). What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science*, 314(5803), 1261-1265. https://doi.org/10.1126/science.1122667

TENDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y FENÓMENOS EXTREMOS EN CIUDADES BRASILEÑAS, MOZAMBIQUEÑAS Y EUROPEAS

DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO[1]

JAVIER MARTÍN-VIDE[2]

[1]*Instituto de Estudios Socioambientales, Universidad Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil (BR), Avenida Esperança s/n, Goiânia, 74690-900, Goiás, Brasil (BR), diego_nascimento@ufg.br, https://orcid.org/0000-0002-0420-3636*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, Laboratorio de Climatología, Climate Change and Landscape Ecology, Montalegre, 6, 08001 Barcelona, jmartinvide@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-1179-7380*

Abstract: Although evidence of climate change can be observed on a global scale, its effects materialize differently, depending on the degree of vulnerability of infrastructures and communities. In the context of an ongoing proposal to develop a governance agenda for Brazilian, African and European cities, this study aims to identify climate change trends and extreme events in Goiânia, Jataí, Itumbiara (Brazil), Maputo and Beira (Mozambique), and Porto, Seville, and Barcelona (Europe). Twelve climate indices proposed by the World Meteorological Organization (WMO) related to the parameters temperature and precipitation were calculated, available on a global scale from the HadEX3 reanalysis product: Gridded land surface extremes indices - v3.0.4, over the period from 1950 to 2018. The positive trends observed in most temperature indices - especially in Brazilian cities - contrast with the greater heterogeneity of precipitation indices, which reveal disparate behaviors between cities. Extreme records of temperature and precipitation also highlight growing risks to human health, infrastructure and ecosystems. These findings emphasize that, while climate change is a global phenomenon, its local manifestations are diverse, requiring context-specific adaptation and mitigation strategies.

Keywords: Extreme Events; Climate Change; Climate Governance; Temperature; Precipitation.

1. Introducción

El cambio climático actual tiene un origen inequívocamente antropogénico, y sus efectos son generalizados, acelerados, irreversibles y sin precedentes históricos (IPCC, 2021). Sin embargo, aunque las evidencias del cambio climático pueden observarse a escala mundial, sus efectos se materializan de forma diferente, según el grado de vulnerabilidad de las infraestructuras y las comunidades.

Marengo (2009) y Hoff (2011) señalan que el cambio climático tiende a intensificar la presión sobre los recursos naturales, exacerbando la vulnerabilidad de las comunidades, las infraestructuras y los ecosistemas, especialmente los menos resilientes. Por esta razón, es esencial que se tomen medidas coherentes y proactivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación) y minimizar los impactos y vulnerabilidades resultantes del cambio climático (adaptación).

En muchos países se han puesto en marcha políticas públicas para aumentar la eficiencia energética, reducir las tasas de deforestación y acelerar la implantación de tecnologías sostenibles, lo que ha permitido disminuir y, en algunos casos, eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero. Ciudades europeas como Rotterdam (Países Bajos), Londres (Reino Unido) y Copenhague (Dinamarca) muestran resultados visibles de las acciones y estrategias puestas en marcha hace poco más de una década. También algunas ciudades españolas y portuguesas están actualmente en proceso de establecer y aplicar planes de acción a escala local, en consonancia con las políticas regionales y nacionales.

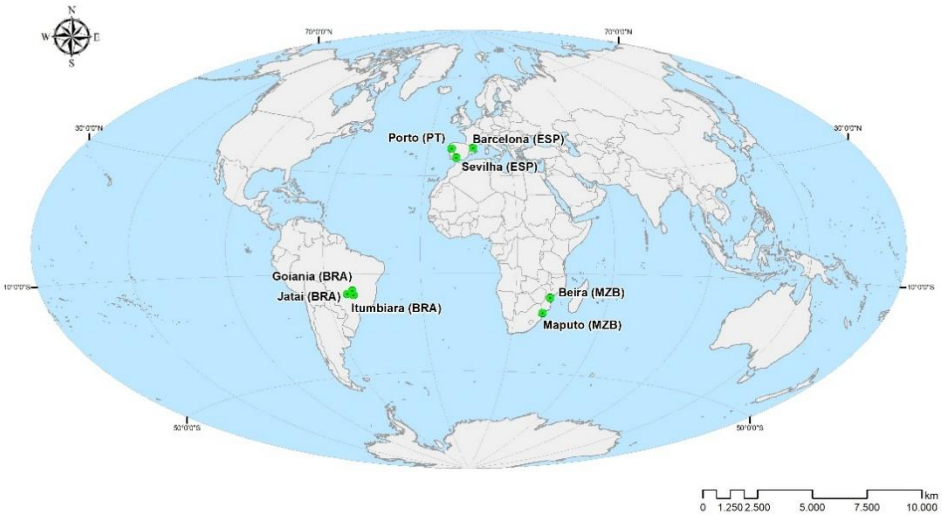
En Brasil, la gobernanza climática aún debe implementarse de manera efectiva, dada la fragmentación de la legislación y la falta de recursos financieros y apoyo técnico (NEVES, CHANG, PIERRI, 2015). Sin embargo, el caso de Mozambique es aún más preocupante, ya que es considerado el país más vulnerable del mundo al cambio climático, dado que los fenómenos meteorológicos extremos han sido recurrentes, afectando a la infraestructura social y económica (OMBE; LIMA, 2017; BERNARDO et al., 2022).

Desde esta perspectiva, destacamos el proyecto de investigación en curso "De la emergencia a la resiliencia climática: propuesta de una agenda de gobernanza en ciudades brasileñas, africanas y europeas", financiado por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil, que pretende contribuir a la resiliencia al cambio climático desde el intercambio de experiencias y la cooperación internacional entre esos países. En este sentido, este trabajo es una investigación inicial destinada a identificar las tendencias del cambio climático y los fenómenos extremos en ciudades brasileñas, mozambiqueñas y europeas.

2. Materiales, datos y métodos

Se definieron como áreas de estudio ocho ciudades, situadas en Brasil (Goiânia, Jataí y Itumbiara), Mozambique (Maputo y Beira), Portugal (Oporto) y España (Sevilla y Barcelona) - Figura 1.

Figura 1 –Ciudades seleccionadas como áreas de estudio en Brasil, Mozambique, Portugal y España



Fuente: elaboración propia

Se seleccionaron doce índices climáticos relacionados con las temperaturas y precipitaciones, propuestos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM): Temperatura máxima más alta (TXx), Temperatura máxima más baja (TXn), Temperatura mínima más alta (TNx), Temperatura mínima más baja (TNn), Días calurosos (TX90p), Noches frías (TN10p), Duración de los periodos calurosos (WSDI), Duración de los periodos fríos (CSDI), Precipitación en 1 día (RX1day), Días con fuerte precipitacíon (R10mm), Días secos consecutivos (CDD) y Precipitación total (PRCPTOT).

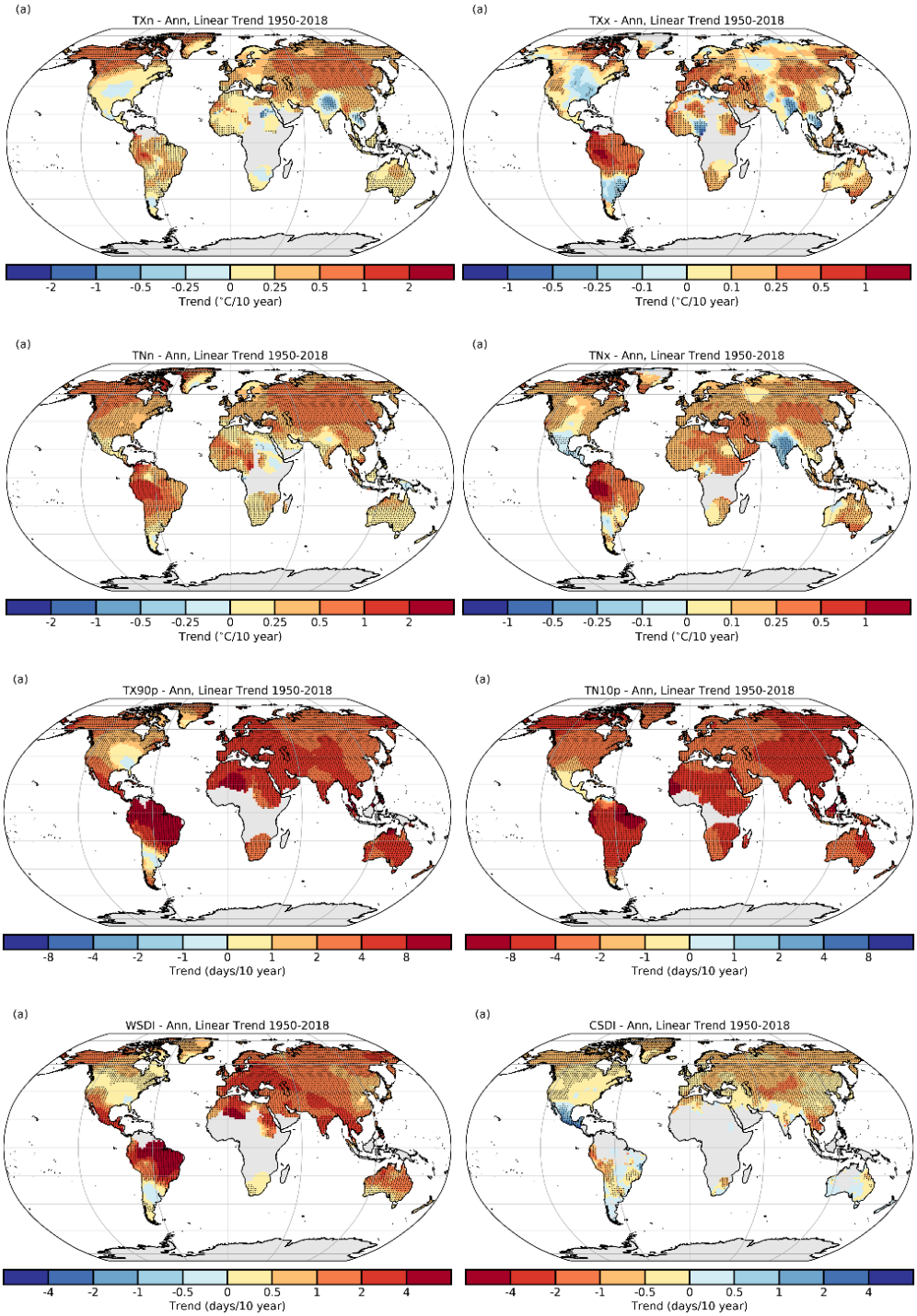
El estudio utilizó datos del producto de reanálisis HadEX3: *Gridded land surface extremes indices* - v3.0.4, que proporciona una base global y homogénea de índices de extremos climáticos para temperatura y precipitación, derivados de datos diarios de estaciones meteorológicas de superficie y calculados utilizando la metodología estandarizada del software Climpact2 (Dunn et al., 2020). El análisis consistió en evaluar las tendencias temporales de los índices a lo largo del periodo de 1950 a 2018, considerando los píxeles correspondientes o más cercanos de las coordenadas geográficas centrales de las ciudades seleccionadas como áreas de estudio.

3. Resultados

Los datos revelan una tendencia positiva en la mayoría de los índices relacionados con la temperatura, con excepción de los índices de noches (TN10p) y periodos fríos (CSDI), que mostraron una tendencia negativa – Figura 2. Se observó significación estadística para la mayoría de esos índices con la excepción de la temperatura máxima más baja (Txn) y las noches frías (TN10p) para las ciudades mozambiqueñas de Maputo y Beira - posiblemente debido a su carácter tropical y a la influencia marítima. En el caso de algunos índices, se observa una mayor tendencia al aumento en las ciudades brasileñas (TNx, TNn, WSDI), en las ciudades brasileñas y europeas (TXx, TX90p) o en las ciudades brasileñas y mozambiqueñas (TN10p).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Índices climáticos de temperatura

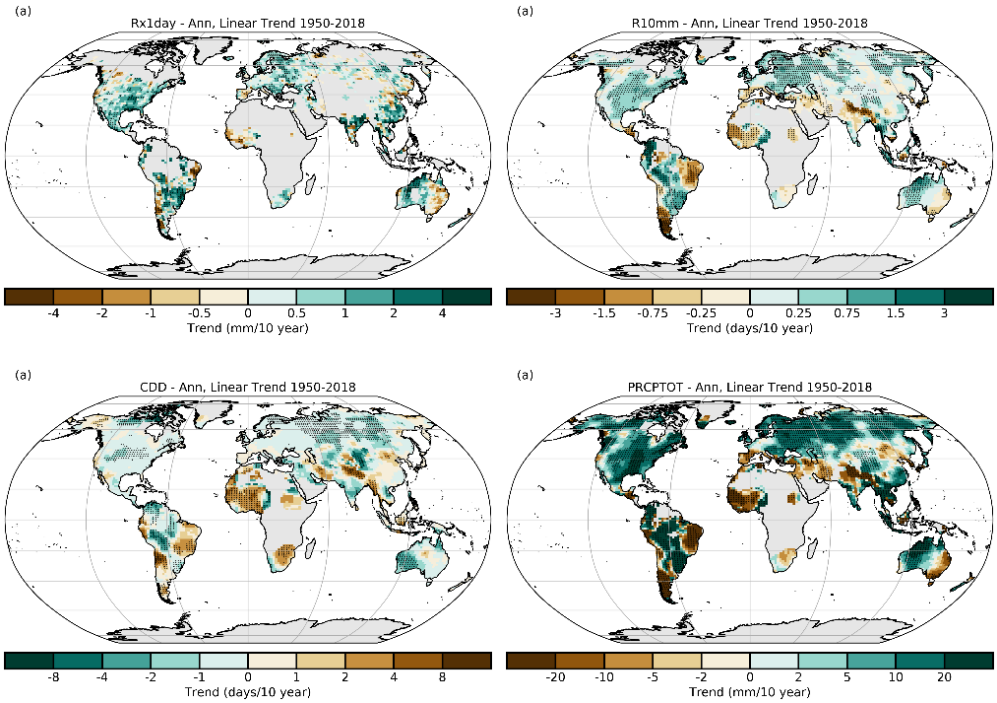


Fuente: HadEX3 (Dunn et al., 2020), disponible en https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadex3/

Los índices relacionados con el parámetro precipitación (Figura 3) no muestran significación estadística que refuerce ninguna tendencia, excepto en el caso de Barcelona, que muestra una tendencia estadísticamente significativa a la baja en las precipitaciones totales (PRCPTOT). Aunque sin significación, el número de días secos consecutivos (CDD) mostró una tendencia al alza en todas las

localidades estudiadas, mientras que las precipitaciones totales (PRCPTOT) mostraron una reducción en la mayoría de ellas.

Figura 3. Índices climáticos de precipitaciones



Fuente: HadEX3 (Dunn et al., 2020), disponible en https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadex3/

Además, a diferencia de lo que ocurre con los índices relacionados con la temperatura (en el que la misma condición de tendencia predomina en todas las ciudades), algunos de los índices de precipitación muestran una gran heterogeneidad espacial. Esto ocurre especialmente en relación con la precipitación máxima en 1 día (RX1día), con una tendencia positiva en las tres ciudades brasileñas, Maputo y Oporto, negativa en las ciudades españolas y sin tendencia en Beira, y también en el caso del índice de días con precipitaciones intensas (R10mm), donde sólo Oporto tiene una tendencia positiva, y las demás son negativas.

En las series temporales analizadas, los eventos extremos de temperatura y precipitación muestran registros significativos en ciudades brasileñas, mozambiqueñas, portuguesas y españolas. Las temperaturas máximas más elevadas (TXx) fueron 46,6 ºC en Sevilla (1995), 44 ºC en Maputo (2024) y 40,4 ºC en Goiânia (2015), mientras que las mínimas más bajas fueron -8 ºC en Barcelona (1962), -5,5 ºC en Sevilla (1956) y -1 ºC en Jataí (1988). En cuanto a las precipitaciones diarias extremas, se destacan 255,6 mm en Beira (1990), 151 mm en Jataí (2005) y 112,6 mm en Barcelona (2005), influenciadas respectivamente por ciclones tropicales en Mozambique y por la intensificación de la evaporación del mar Mediterráneo en España, lo que, a veces, produce efectos catastróficos con la llegada de alguna DANA.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Así, los datos muestran que, aunque el cambio climático es generalizado, sus efectos son variados, lo que refuerza la necesidad de estrategias específicas de adaptación y mitigación a escala regional y, sobre todo, local. Además, los impactos de estos eventos, especialmente de las olas de calor y de frío, afectan desproporcionadamente a los grupos vulnerables, como personas mayores, niños y quienes viven en condiciones precarias (Romanello et al., 2024). Las olas de calor han sido responsables de miles de muertes en Europa en las últimas décadas (Masselot et al., 2023), mientras que las olas de frío y calor y las inundaciones afectan gravemente a poblaciones en situación de pobreza en Mozambique y Brasil (Artaxo, 2020; Bata, Macanzda y Nascimento, 2024). Estas evidencias refuerzan la urgencia de políticas públicas locales y adaptadas a cada contexto (Ryan, 2015), integrando medidas de mitigación y adaptación para la resiliencia al cambio climático, desde la perspectiva de la inclusión social y la justicia climática.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que, si bien el cambio climático es un fenómeno global, sus manifestaciones presentan importantes variaciones espaciales y regionales, lo que refuerza la necesidad de enfoques diferenciados y específicos en las estrategias de adaptación y mitigación. Las tendencias positivas observadas en la mayoría de los índices de temperatura - en especial en las ciudades brasileñas - contrastan con la mayor heterogeneidad de los índices de precipitación, que revelan comportamientos dispares entre las ciudades. Los registros extremos de temperatura y precipitación también evidencian riesgos crecientes para la salud humana, las infraestructuras y los ecosistemas, especialmente en contextos urbanos vulnerables y en países del Sur Global. En este sentido, se destaca la urgencia de políticas climáticas locales, integradas y sensibles a las particularidades socioambientales.

Ante este panorama, es fundamental que se adopten medidas coherentes y proactivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar los impactos derivados del cambio climático, promoviendo una transición justa hacia modelos urbanos y rurales más resilientes. Entre las estrategias de mitigación técnica y económicamente viables se incluyen el aumento de la eficiencia energética, el fortalecimiento de la infraestructura verde urbana, la gestión sostenible de residuos y la conservación de bosques, cultivos y pastizales. Para avanzar en este campo, resulta prioritario superar barreras como la falta de acceso a bases de datos y series climáticas homogéneas y de largo plazo. Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar y actualizar las series temporales, así como incluir un número mayor de ciudades, lo que permitirá una mejor identificación de las variaciones espaciales dentro de cada país y contribuirá al desarrollo de políticas climáticas más precisas y efectivas.

5. Referencias bibliográficas

Artaxo, P. (2020). As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. Estudos Avançados, 34, 53–66. https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005

Bata, E. J., Macandza, M., & Nascimento, D. T. F. (2024). Climate change in Mozambique: From vulnerability to resilience perspectives. In 1st CONGRESS-BRIDGE to AFRICA (pp. 36–40). [ISBN 978-84-9042-527-5]. https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/130793

Bernardo, B., et al. (2022). Impacts of hailstorm on urban agriculture in Northern of Maputo City and Matola (Mozambique) – An analysis in climate change perspective. Cadernos de Geografia, 46, 51–64. https://doi.org/10.14195/0871-1623_46_4

Dunn, R. J. H., et al. (2020). Development of an updated global land in-situ-based dataset of temperature and precipitation extremes: HadEX3. JGR: Atmospheres, 125, e2019JD032263. https://doi.org/10.1029/2019JD032263

Hoff, H. (2011). Understanding the nexus: Background paper for the Bonn 2011 Conference – The water, energy and food security nexus. Stockholm Environment Institute. https://www.sei.org/publications/understanding-the-nexus/

IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

Marengo, J. A., et al. (2009). Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos (Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas). INPE.

Masselot, P., & colaboradores. (2023). Excess mortality attributed to heat and cold: A health impact assessment study in 854 cities in Europe. The Lancet Planetary Health, 7(4), 271–281.

Neves, F. M., Chang, M., & Pierri, N. (2015). As estratégias do enfrentamento das mudanças climáticas expressas nas políticas públicas federais do Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 34, 5–23. https://doi.org/10.5380/dma.v34i0.37739

Ombe, Z. A., & Lima, J. C. M. (2017). As cidades moçambicanas em tempos de mudança: A dupla pressão da globalização e das mudanças climáticas. Espaço Aberto: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, 7(2). https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2017.16318

Romanello, M., & colaboradores. (2024). The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Facing record-breaking threats from delayed action. The Lancet, 404(10465), 1847–1896. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01822-1

Ryan, D. (2015). From commitment to action: A literature review on climate policy implementation at city level. Climatic Change, 131, 519–529. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1402-6

RELACIÓN ENTRE EL NDVI, EL AUMENTO DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES Y LA VULNERABILIDAD A INCENDIOS FORESTALES EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA EN LOS PIRINEOS OCCIDENTALES

DIEGO GARCÍA ZÁRATE[1]

JORDI CRISTÓBAL ROSSELLÓ[2]

[1]*Filiación institucional: Departament de geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona, edifici B, Carrer de la Fortuna, despatx B9, diegogarciaz@autonoma.cat , https://orcid.org/0000-0002-1249-7996*

[2]*Filiación institucional: Departament de geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona, edifici B, Carrer de la Fortuna, despatx B9, Jordi.cristobal@uab.cat , https://orcid.org/0000-0001-6244-4289*

Abstract: High mountain ecosystems are directly impacted by accelerated climate change, which alters vegetation dynamics and increases vulnerability to natural hazards. Wildfires, previously rare in these regions, are becoming increasingly frequent. Therefore, assessing vegetation trends using spectral indices and climatic variables through Remote Sensing offers a quantitative approach to evaluating environmental degradation and wildfire risk in forested areas. This study aims to analyze the spatiotemporal trend of vegetation vigor using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), based on satellite image time series. The objective is to evaluate its relationship with rising temperatures and identify vulnerability patterns linked to wildfire occurrence in high mountain ecosystems. To achieve this, NDVI was calculated using Sentinel-2 and Landsat 8 imagery, complemented by Landsat 5 and MODIS datasets. Statistical trend and correlation analyses were performed using the Pandas, NumPy, and SciPy libraries in Google Colab, as well as RStudio for local data processing. Results show a significant warming trend and a correlated decline in vegetation vigor during summer and autumn months. These findings suggest seasonal alterations in plant dynamics that may be linked to increased fire susceptibility. This research contributes to the understanding of environmental vulnerability in high mountain landscapes and offers a framework for future monitoring strategies in the context of climate-driven disturbances.

Keywords: Vulnerability, high mountain ecosystems, vegetation dynamics, environment monitoring.

1. Introducción

Las actividades humanas han transformado los paisajes montañosos mediterráneos, aunque el abandono agrícola en el siglo XX permitió la recuperación forestal. A esto se suma el impacto del cambio climático, que altera las condiciones ambientales en zonas como los Pirineos, amenazando su biodiversidad, especialmente las especies adaptadas al frío. Por ello, es crucial monitorear estos entornos para comprender la evolución de la biodiversidad frente a estos cambios (Alba-Sánchez et al., 2021; García-Ruiz et al., 2020; Pereira et al., 2022; Lamprecht et al., 2021). (Alba-Sánchez et al., 2021; García-Ruiz et al., 2020; Pereira et al., 2022; Bonsoms et al., 2023; Lamprecht et al., 2021). El monitoreo de la vegetación mediante teledetección permite detectar cambios espaciales y temporales en ecosistemas forestales, superando las limitaciones del muestreo tradicional (Huete, 2012). Los índices espectrales, como el NDVI, se basan en relaciones entre bandas espectrales sensibles a pigmentos, agua y biomasa (Bannari et al., 1995; Ustin et al., 2004). En ambientes mediterráneos, el estrés vegetal es alto por las condiciones climáticas, siendo clave el análisis del pigmento foliar (Hernández-Clemente et al., 2012). La disminución del NDVI afecta la humedad del suelo y del combustible vegetal, influyendo en el riesgo de incendio (Castro et al., 2003).

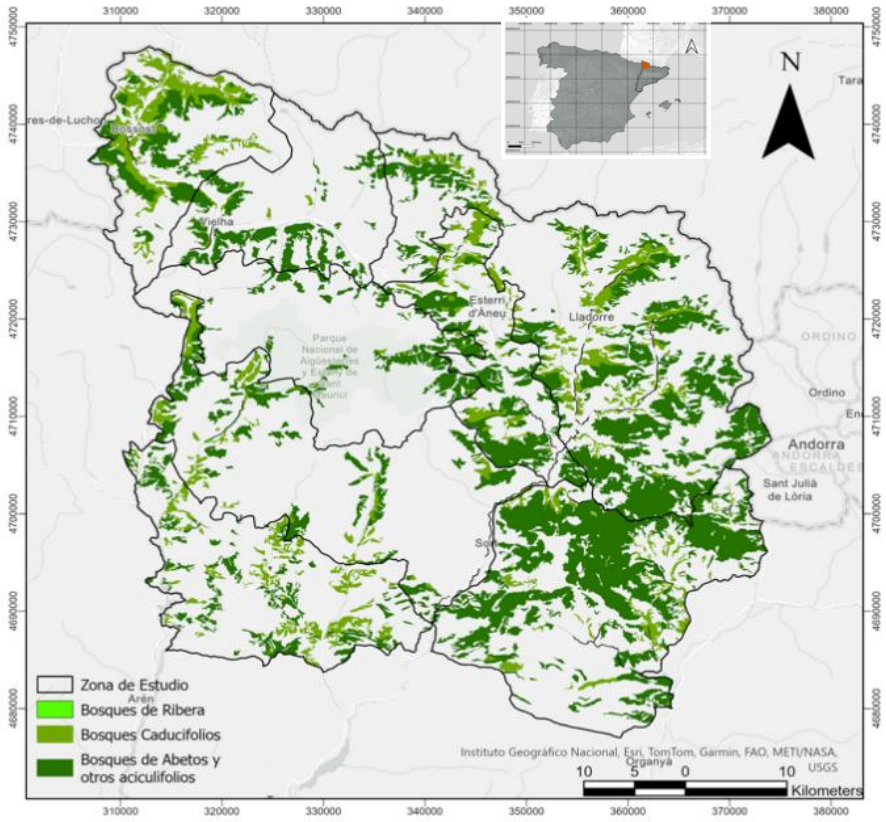
El aumento del estrés vegetal incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales frente a fenómenos extremos, como los incendios, cuya intensidad ha crecido en Cataluña, donde menos del 1% de los fuegos ha causado más del 75% de la superficie quemada (Rodríguez-Carreras et al., 2020). En zonas como los Pirineos, la elevada cobertura forestal y la variabilidad en los regímenes de incendios han intensificado el riesgo, con temporadas más largas y frecuentes de peligro (Moriondo et al., 2006). Ante este contexto, el estudio de la respuesta de la vegetación a eventos climáticos extremos permite identificar sus principales vulnerabilidades. Este trabajo tiene como objetivo analizar los patrones de sensibilidad de las masas forestales frente al aumento térmico y su evolución temporal, empleando series temporales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), así como su relación con la temperatura superficial, la humedad (NDWI) y el índice de sequía SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010).

2. Materiales, datos y métodos

El estudio se desarrolló en la región del *Alt Pirineu i Aran*, en el noreste de Catalunya, cubriendo aproximadamente 3 134 km², centrándose en la delimitación de las unidades de paisaje pertenecientes a la división de Alt Pirineu i Aran (figura 1), especialmente las masas vegetales que comprende: bosques de ribera, bosques de abetos y otros aciculifolios y bosques caducifolios. Está delimitación ha sido elaborada por el Observatorio del Paisaje de Cataluña (Generalitat de Catalunya, 2023). Para evaluar la vulnerabilidad de la vegetación frente al aumento de temperatura, se utilizaron series temporales (2015–2024) obtenidas mediante Google Earth Engine (GEE) en todos los productos se excluyeron imágenes con cobertura de nubes superior al 10%. Se calculo índices como: NDVI (índice de vegetación normalizado), NDWI de Gao (índice de contenido de agua), SPEI (índice de sequía) y la temperatura de la superficie, combinando datos satelitales (Sentinel-2, MODIS) con registros de estaciones meteorológicas (Servei Meteorològic de Catalunya). Posteriormente, se realizó un análisis de correlación utilizando el software R, aplicando la prueba de correlación de Pearson para comparar los datos y comprender la tendencia entre pares de variables específicas. En todos los casos, se consideró un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Delimitación de unidades de paisaje



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OPC.

3. Resultados

Los análisis mostraron un aumento progresivo de la temperatura en todas las estaciones del año (figura 4). El índice de diferencia normalizada NDVI reveló una disminución del vigor vegetal desde 2022(figura 3), especialmente en verano y otoño. El Índice Diferencial de Agua Normalizado de Gao NDWI mostró aumentos leves en humedad aparente, pero con variaciones según estación (figura 4). El índice SPEI identificó una tendencia sostenida hacia la sequía desde 2020 (figura 5). Las correlaciones estadísticas mostraron que, en verano y otoño, el aumento de temperatura se asoció negativamente con el NDVI y positivamente con el NDWI como se muestra en la matriz de correlación (figura 6).

Figura 2. Temperatura promedio por estación desde 1980 - 2024.

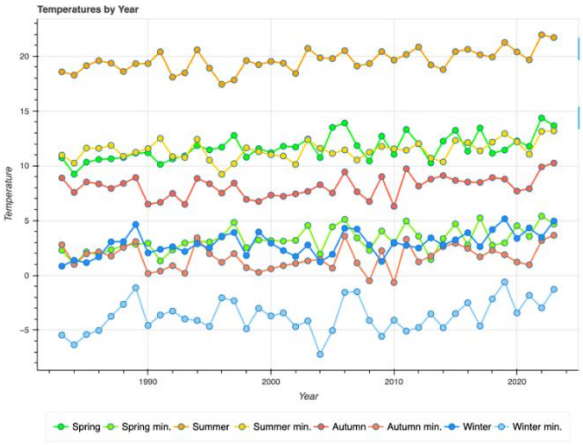


Figura 3. Evolución del NDVI por estación 2015 - 2024.

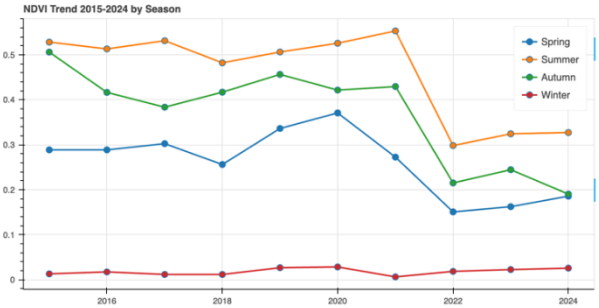


Figura 4. Evolución del NDWI por estación 2015- 2024.

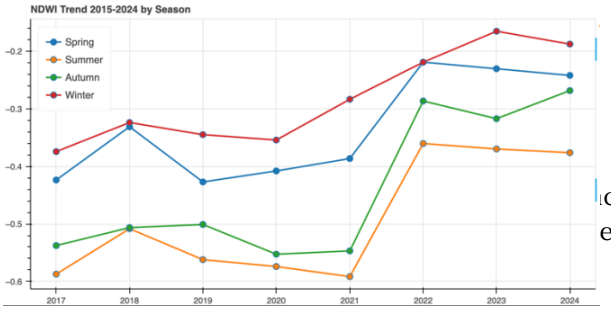
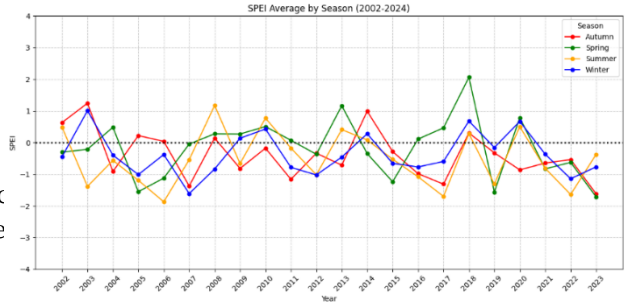
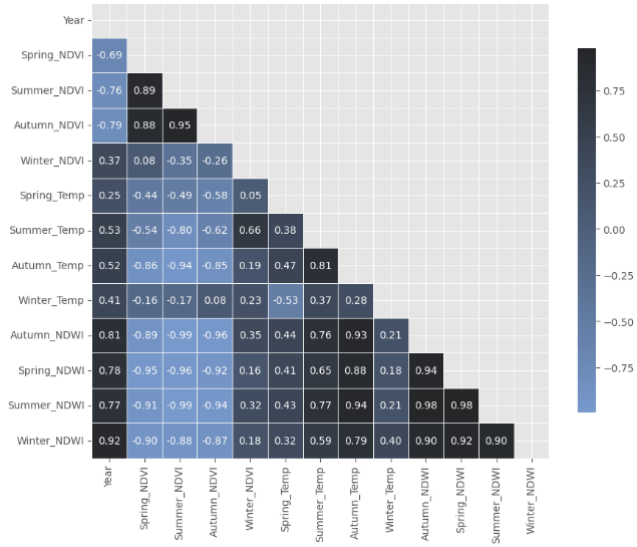


Figura 5. Índice SPEI promedio por estación.





Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

El estudio demuestra que el aumento de la temperatura está afectando negativamente a la vegetación en los Pirineos Catalanes, reduciendo su vigor y aumentando su vulnerabilidad al estrés hídrico y a fenómenos extremos como incendios forestales, especialmente en estaciones del año cercanas al verano.

Agradecimiento

Esta investigación contó con el apoyo de la beca FI-SDUR 2024, financiada por la Generalitat de Cataluña y cofinanciada por la Unión Europea (programa FSE+). Quisiera expresar mi sincero agradecimiento al Departamento de Geografía de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) por el apoyo académico e institucional. Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos: SGR-Cat 2021 00522 - Geografía Aplicada. Generalitat de Catalunya. PID2023-151124NB-I00, Los fuegos holocenos en la configuración de los espacios abiertos de la montaña del Norte peninsular. Herramientas para la gestión de los incendios en áreas protegides (CALIB-FIRE), Proyectos de Generación de Conocimiento, AEI. Asimismo, ha contado con el respaldo de la beca FI-SDUR 2024, financiada por la Generalitat de Catalunya y cofinanciada por la Unión Europea a través del programa FSE+.

5. Referencias bibliográficas

Alba-Sánchez, F., Abel-Schaad, D., López-Sáez, J. A., Sabariego-Ruiz, S., Pérez-Díaz, S., Luelmo-Lautenschlaeger, R., & Garrido-García, J. A. (2021). Early anthropogenic change in western Mediterranean mountains (Sierra Nevada, SE Spain). *Anthropocene*, *33*. https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100278

Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, *13*(1–2). https://doi.org/10.1080/02757259509532298

Bonsoms, J., López-Moreno, J. I., & Alonso-González, E. (2023). Snow sensitivity to temperature and precipitation change during compound cold-hot and wet-dry seasons in the Pyrenees. *Cryosphere*, *17*(3). https://doi.org/10.5194/tc-17-1307-2023

Castro, F. X., Tudela, A., & Sebastià, M. T. (2003). Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain). *Agricultural and Forest Meteorology*, *116*(1–2). https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00248-4

García-Ruiz, J. M., Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., & Álvarez-Farizo, B. (2020). Rewilding and restoring cultural landscapes in Mediterranean mountains: Opportunities and challenges. *Land Use Policy*, *99*. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104850

Generalitat de Catalunya. (2023, November 10). *Resolució ACC/3940/2023*.

Hernández-Clemente, R., Navarro-Cerrillo, R. M., & Zarco-Tejada, P. J. (2012). Carotenoid content estimation in a heterogeneous conifer forest using narrow-band indices and PROSPECT+DART simulations. *Remote Sensing of Environment*, *127*. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.014

Huete, A. R. (2012). Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring. *Geography Compass*, *6*(9). https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2012.00507.x

Lamprecht, A., Pauli, H., Fernández Calzado, M. R., Lorite, J., Molero Mesa, J., Steinbauer, K., & Winkler, M. (2021). Changes in plant diversity in a water-limited and isolated high-mountain range (Sierra Nevada, Spain). *Alpine Botany*, *131*(1). https://doi.org/10.1007/s00035-021-00246-x

Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C., & Corte-Real, J. (2006). Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research*, *31*(1). https://doi.org/10.3354/cr031085

Pereira, J., Revi, A., Rose, S., Sanchez-Rodriguez, R., Lisa Schipper Sweden, E. F., Schmidt, D. U., Schoeman, D., Shaw, R., Singh, C., Solecki, W., & Stringer, L. (2022). Salvador Lluch-Cota (Mexico), Sina Loeschke (Germany). *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Rodríguez-Carreras, R., úbeda, X., Francos, M., & Marco, C. (2020). After the wildfires: The processes of social learning of forest owners' associations in Central Catalonia, Spain. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(15). https://doi.org/10.3390/su12156042

Ustin, S. L., Roberts, D. A., Gamon, J. A., Asner, G. P., & Green, R. O. (2004). Using imaging spectroscopy to study ecosystem processes and properties. In *BioScience* (Vol. 54, Issue 6). https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0523:UISTSE]2.0.CO;2

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, *23*(7). https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1

LA DANA DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024 EN CONTEXTO: VULNERABILIDAD SOCIODEMOGRÁFICA EN EL LITORAL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

ESTER GARCÍA-FERNÁNDEZ[1]

SALVADOR GIL-GUIRADO[2]

ALFREDO PÉREZ-MORALES[3]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, 30001 Murcia, ester.garciaf@um.es, código ORCID 0000-0002-7900-0710*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, 30001 Murcia, salvador.gil1@um.es, código ORCID 0000-0002-3486-7476*

[3]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, 30001 Murcia, alfredop@um.es, código ORCID 0000-0001-7532-8711*

Abstract: The DANA of 29 October 2024 has become one of the most devastating Extreme Weather Events in the recent history of Spain, causing severe flooding that affected 78 municipalities in three autonomous communities, with the province of Valencia being the worst affected, causing 229 fatalities and significant economic losses. Although the Spanish Mediterranean coastline has historically suffered multiple deadly floods, the consequences of the 2024 DANA were extraordinary. To date, several studies have addressed the characterisation of the event or its economic impact, but it is essential to deepen a specific analysis of the human impact, focusing on the socio-demographic profile of the victims. Previous studies (García-Fernández, Gil-Guirado & Pérez-Morales, 2021) have analysed the socio-demographic profile of flood victims in Mediterranean municipalities in the Iberian Peninsula between 1950 and 2020. The aim is to establish relationships with the historical record of flood victims, paying special attention to two particularly tragic episodes in terms of their human consequences: the floods of 1962 and 1973. The results reveal a similar pattern to that of the historical set, with trends that are maintained in terms of gender and other aspects that have experienced an increase (young mortality or foreign immigration) or a slowdown (national immigration) in their trend.

Keywords: Flood; vulnerability; fatalities; sociodemographic profile.

1. Introducción

El litoral mediterráneo español se presenta como un espacio extremadamente expuesto al riesgo de inundación (Gil-Guirado et al., 2019; Pérez-Morales et al., 2018), que ha sido testigo de diversos episodios de intensas precipitaciones que han concluido con dramáticas consecuencias humanas y materiales (Barriendos et al., 2019; Martin-Vide et al., 2021). En nuestra historia reciente (desde 1950) se han vivido 103 eventos de inundación que causaron, al menos, un fallecimiento o una desaparición en los municipios que conforman el litoral mediterráneo de la Península Ibérica (García-Fernández, Gil-Guirado & Pérez-Morales, 2021), consolidando una tendencia preocupante tanto en frecuencia como en severidad.

El episodio del 29 de octubre de 2024 se enmarca en este contexto de exposición y vulnerabilidad que caracteriza a este territorio. No obstante, sus catastróficas consecuencias humanas, con las 229 personas fallecidas y unas elevadas pérdidas económicas, derivadas de la destrucción de infraestructuras y la interrupción prolongada de la actividad económica, lo han convertido en uno de los Eventos Climáticos Extremos (ECE) más devastadores de la historia reciente de España. Esta catástrofe no solo refleja la intensidad con la que los ECE pueden irrumpir en este territorio, sino también las deficiencias persistentes en la gestión del riesgo y la protección de las poblaciones más vulnerables (IPCC, 2022).

2. Materiales, datos y métodos

Con el objetivo de identificar posibles cambios o continuidades en los patrones de vulnerabilidad a lo largo del tiempo, se ha partido de una revisión previa del perfil sociodemográfico de las víctimas por inundaciones en los municipios mediterráneos de la Península Ibérica entre 1950 y 2020 (García-Fernández, Gil-Guirado & Pérez-Morales, 2021) y se han contrastado con los datos correspondientes a la DANA de octubre de 2024, facilitados por el Centro de Integración de Datos del Tribunal Superior de Justicia de Valencia. Cabe mencionar como se ha prestado especial atención a los dos episodios especialmente trágicos por sus consecuencias humanas: las inundaciones de 1962 y 1973.

Posteriormente se ha procedido a un análisis comparativo de las categorías sociodemográficas de las que se disponen datos: género, edad, nacionalidad y estatus migratorio. Este enfoque permite no solo enriquecer la comprensión histórica del riesgo de inundación, sino también orientar políticas públicas más equitativas y eficaces para fortalecer la resiliencia de los territorios y de las poblaciones más expuestas mediante la adaptación y la reducción del riesgo.

3. Resultados

El impacto de la DANA fue catastrófico, afectando a 78 municipios de 4 provincias españolas. Tan solo 3 de ellos (Alhaurín de la Torre en la provincia de Málaga, Mira en la provincia de Cuenca y Letur en la de Albacete) no forman parte la provincia mayormente afectada: Valencia. Globalmente, los municipios afectados concentran una población de 1.074.992 habitantes. Las víctimas se concentraron en 31 municipios, con especial incidencia en las comarcas Hoya de Buñol, Ribera Alta, L'Horta Oest y L'Horta Sud de Valencia. Estas comarcas concentraron el 67'74% de los municipios con víctimas y el 80'43% de las víctimas. No obstante, especialmente dramática fue la situación en la L'Horta Sud, ya que aquí se concentraron el 53,04% de las víctimas. A pesar de que los municipios con víctimas

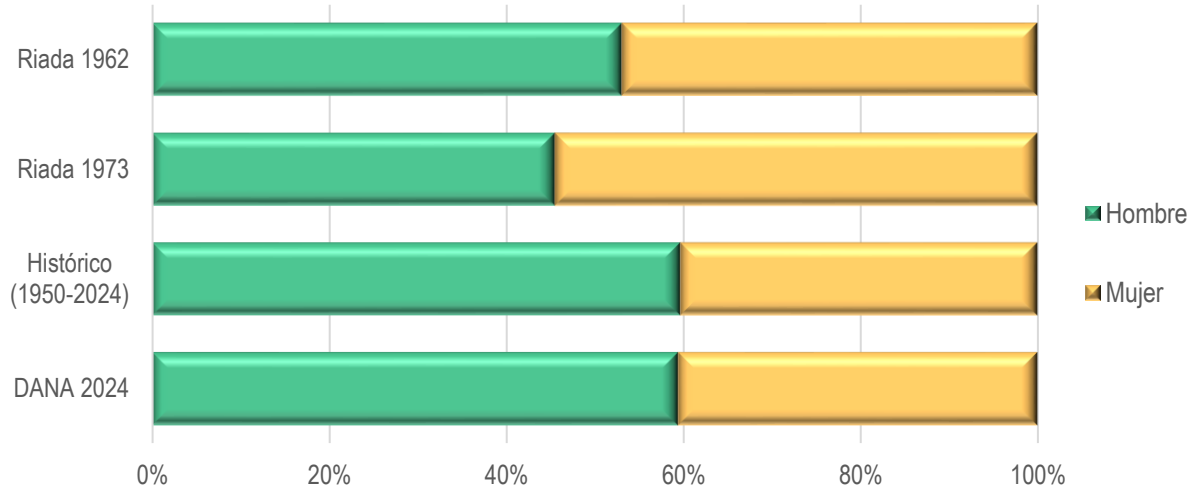
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

mortales suponen menos de 40% del total de los afectados, la población aquí residente es el 57,53% del total de la población afectada. Se trata de un territorio con una alta densidad de población (312,67 habitantes por Km^2) y aún más elevado si ponemos el foco en las comarcas de especial mortalidad (403'79 habitantes por Km^2). De hecho, todos los municipios con más de 10 víctimas la densidad poblacional es superior a los 1.000 habitantes por Km^2, salvo el distrito Pobles del Sud de Valencia. Esta densidad poblacional media es muy superior a la densidad media de España (97 habitantes por Km^2), hecho que pone de manifiesto el desequilibrio demográfico existente.

3.1. Género de las víctimas

El género es un aspecto social de gran relevancia en el análisis de la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales. A pesar de ser un espacio con una población homogénea en cuanto al género (49,36% de hombres frente al 50,64% de mujeres), se encuentra una gran desigualdad en la mortalidad de las víctimas por género en la DANA de 2024, pues el 59,39% son hombres. Esta proporción es muy similar a la tendencia del registro histórico de víctimas por inundación en el litoral mediterráneo español (Figura 1).

Figura 1. Comparación del género de las víctimas del evento de 2024 con el registro histórico



Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Sin embargo, es un dato que difiere de las otras dos grandes inundaciones vividas en esta región. En la inundación de 1962 siguen predominando las víctimas masculinas, pero con una menor proporción entre géneros. Sin embargo, en la riada de 1973, la tendencia es inversa, con una mayoría de víctimas mujeres 54,55%. En ambos momentos, la estructura demográfica era homogénea en cuanto al género, por lo que la diferencia puede responder a otros factores contextuales como el lugar de los fallecimientos (zonas de trabajo o residencias) y los roles sociales predominantes. Conviene recordar que gran parte de las víctimas en la Riada de 1973, fueron sorprendidos por la crecida de la Rambla de Nogalte en Puerto Lumbreras (Murcia), donde en esos momentos se celebraba el mercadillo municipal semanal.

3.2. Edad de las víctimas

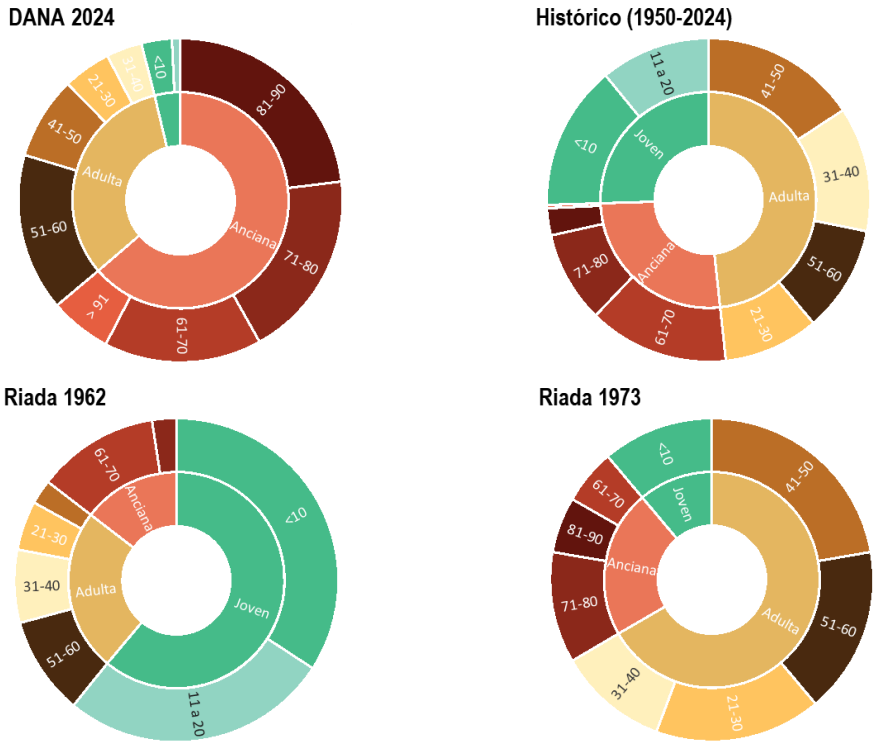
Para el análisis de la edad de las víctimas, se han creado grupos decenales de edad que, a su vez, se han agrupado en tres grandes categorías: población joven (0 a 20 años), población adulta (21 a 60 años) y población anciana (más de 60 años).

En los municipios con víctimas, la estructura poblacional es marcadamente asimétrica, con una clara concentración en la franja adulta (54,97%). Esta proporción se reduce progresivamente hacia los extremos, siendo especialmente baja en las edades más avanzadas: la población mayor de 81 años representa apenas el 5,23% del total. Aun así, la población anciana alcanza el 24,97%, cerca de una cuarta parte del total. Por su parte, la población joven supone un 20,06%.

A pesar de esta distribución demográfica, los datos de mortalidad revelan un patrón desigual. La mayoría de las víctimas pertenecen al grupo anciano, representando el 63,76% del total, lo que evidencia una sobremortalidad muy marcada entre personas mayores. Las víctimas adultas constituyen el 32,31% de las víctimas, situándose ligeramente por debajo de su proporción poblacional, mientras que las víctimas jóvenes apenas alcanzan el 3,93%, muy por debajo de su peso demográfico. Estos datos disciernen considerablemente con el registro histórico de víctimas por inundación en el litoral mediterráneo español (Figura 2), donde la distribución era mucho más equilibrada entre grupos: las víctimas jóvenes representaban el 25,48%, las adultas el 48,29% y las ancianas solo el 26,23%. Del mismo modo, los grandes episodios históricos reflejan perfiles distintos. En la inundación de 1962, las víctimas jóvenes fueron predominantes (60,98%) (gran parte de las víctimas eran familias de bajos ingresos que vivían en infraviviendas en la ribera del Río Llobregat), mientras que en la de 1973 se observa un claro predominio de víctimas adultas (66,67%). Estos datos indican que el patrón observado en 2024 no solo difiere del promedio histórico, sino que también rompe con las tendencias de los eventos más severos del pasado, lo que podría estar relacionado con el envejecimiento poblacional, la vulnerabilidad estructural de las personas mayores y una deficiente gestión de los mecanismos de aviso y gestión de la emergencia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Comparación de la edad de las víctimas del evento de 2024 con el registro histórico



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Estatus migratorio y nacionalidad de las víctimas

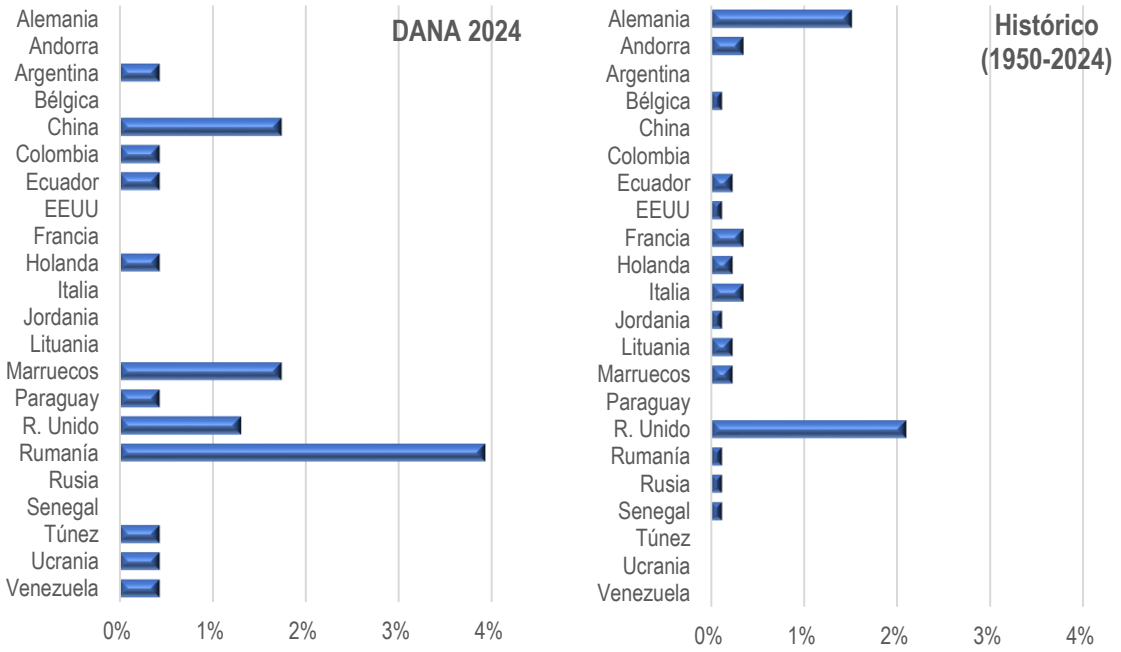
La nacionalidad es un factor determinante en el análisis de la vulnerabilidad frente a inundaciones. A esta variable están arraigados diversos parámetros como el conocimiento o no del espacio, el idioma o las medidas de actuación durante una inundación. Así, diversos factores deben ser tenidos en cuenta, siendo el primero de ellos su nacionalidad, considerada como el carácter nacional o extranjero de las víctimas.

A nivel general, el 87,77% de las víctimas de la DANA de 2024 eran españolas. Las 28 personas restantes corresponden a otras 12 nacionalidades diferenciadas, destacando las procedentes de Rumania (9), Marruecos (4) y China (4). De procedencia británica se han localizado 2 víctimas, mientras que el resto de nacionalidades (Holanda, Ucrania, Líbano, Ecuador, Venezuela, Colombia, Paraguay y Argentina) consta con un fallecido cada uno.

El análisis comparativo de este evento con el registro histórico revela cambios significativos en la distribución de las nacionalidades de las víctimas no nacionales (Figura 3). En primer lugar, se observa la aparición de nuevas nacionalidades no recogidas en el registro histórico, como Ucrania, Túnez, Paraguay, Colombia, China y Argentina, lo que indica una mayor diversificación del perfil de las víctimas. Adicionalmente destaca el gran incremento de las víctimas procedentes de Rumanía y Marruecos (del 0,12% al 3,39% y del 0,23 al 1,75% respectivamente). En contraste, algunas nacionalidades como Alemania y Francia, que anteriormente tenían representación significativa

(1,51% y 0,35% respectivamente), no registran víctimas en este último episodio. Estos cambios podrían reflejan variaciones en los patrones migratorios, diferencias en el perfil económico de las zonas afectadas (zonas turísticas frente a zonas industriales) y la vulnerabilidad de determinados colectivos.

Figura 3. Comparación de la nacionalidad de las víctimas del evento de 2024 con el registro histórico



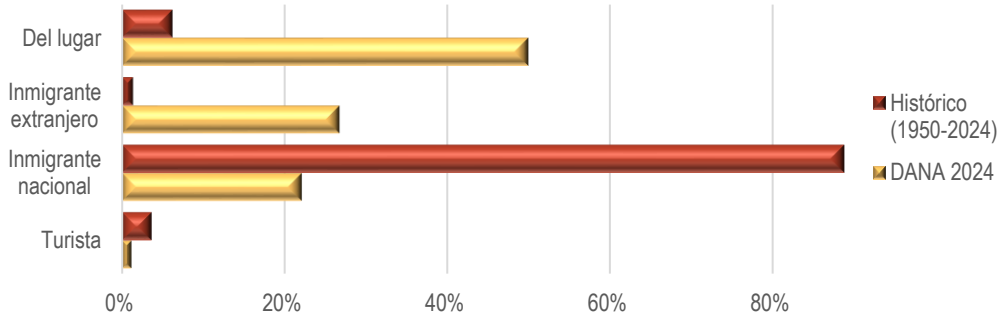
Fuente: Elaboración propia

En relación a lo anterior, también se hace necesario estudiar el estatus migratorio de las víctimas. Para ello, se han establecido cuatro categorías: del lugar, para aludir a víctimas del municipio o provincia donde se produjo la inundación; inmigrante nacional, cuando se trata de víctimas que residen en una provincia española distinta a su lugar de origen; inmigrante extranjero, para referirse a víctimas residen en España pero proceden de otros países diferentes; y turista, para referirse al caso especial de víctimas que se encontraban visitando por placer el lugar de la inundación, cuando se vieron sorprendidos por la mismas.

Para la DANA de 2024, tan solo se conoce este dato para 86 víctimas, es decir, el 37,55% del total, siendo la mitad de ellos del lugar. Este dato difiere considerablemente de la relación registrada en el histórico de víctimas (Figura 4).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 4. Comparación del estatus migratorio de las víctimas del evento de 2024 con el registro histórico



Fuente: Elaboración propia

De esta manera, mientras que el registro histórico muestra un porcentaje muy elevado de inmigrantes nacionales (88,77%), concentrados en su mayoría en un único suceso: la inundación de septiembre de 1962 en Cataluña, en la que la mayor parte de las víctimas eran inmigrantes procedentes de Andalucía. En cambio, en la DANA de 2024, la proporción de inmigrantes nacionales desciende al 22%, un valor muy similar al de los inmigrantes extranjeros (26,74%). Este dato refleja el notable crecimiento de la población extranjera en las últimas dos décadas en la provincia de Valencia, con un aumento del 6,34% (INE, 2024).

4. Conclusiones

El impacto de la DANA de 2024 fue especialmente severo en la provincia de Valencia, que concentró la mayoría de los municipios y víctimas afectadas, destacando la incidencia en la comarca de L'Horta Sud. Esta densidad, muy superior a la media nacional, actuó como un factor amplificador del riesgo, evidenciando la necesidad de incorporar criterios demográficos y territoriales en la planificación del riesgo y la gestión del suelo.

Desde una perspectiva demográfica, las personas mayores fueron el grupo más vulnerable, representando cerca de dos tercios del total de víctimas, en contraste con patrones históricos donde predominaban menores y adultos. Esto supone un cambio en la estructura de vulnerabilidad, que probablemente esté vinculado al envejecimiento poblacional, a la mayor dependencia física de este grupo etario, a su limitada capacidad de respuesta ante emergencias y a los fallos en la comunicación del peligro. Aunque la distribución por género en la población es equilibrada, se registró una sobremortalidad masculina, en línea con tendencias observadas en eventos anteriores. Este fenómeno, coherente con episodios anteriores, podría estar relacionado con factores como la exposición laboral, la movilidad durante el evento o los roles sociales de género en contextos de emergencia. En cuanto a la nacionalidad, se evidenció una mayor diversidad entre las víctimas, con un notable incremento de personas extranjeras, especialmente de Rumanía y Marruecos, posiblemente vinculado a recientes cambios en los flujos migratorios y el tipo de estructura económica de la zona afectada. Por último, el análisis del estatus migratorio muestra una disminución de las víctimas inmigrantes nacionales y un aumento proporcional de inmigrantes extranjeros, lo que sugiere nuevas dinámicas sociales y demográficas en los territorios afectados y plantea desafíos adicionales para la protección civil.

5. Referencias bibliográficas

Barriendos, M., Gil-Guirado, S., Pino, D., Tuset, J., Pérez-Morales, A., Alberola, A., Costa, J., Balasch, J. C., Castelltort, X., Mazón, J., & Ruiz-Bellet, J. L. (2019). Climatic and social factors behind the Spanish Mediterranean flood event chronologies from documentary sources (14th–20th centuries). *Global and Planetary Change, 182*, 102997. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.102997

García-Fernández, E., Gil-Guirado, S., & Pérez-Morales, A. (2021). Dime quién soy. Desigualdad socioeconómica y mortalidad por inundaciones en el litoral mediterráneo español de la Península Ibérica (1950-2020). En J.L. García (Ed.) *Geografía, cambio global y sostenibilidad. Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía. Tomo II. Territorio, desigualdad y enfermedades* (351-370). Asociación Española de Geografía.

Gil-Guirado, S., Pérez-Morales, A., & Lopez-Martinez, F. (2019). SMC-Flood database: A high-resolution press database on flood cases for the Spanish Mediterranean coast (1960-2015). *Natural Hazards and Earth System Sciences, 19*(9), 1955–1971. https://doi.org/10.5194/nhess-19-1955-2019

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2024). Estadística del Padrón continuo / Población por sexo, municipios y nacionalidad: https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=6225&capsel=6232. Fecha de consulta 07 de mayo de 2025

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Martin-Vide, J., Moreno-Garcia, M. C., & Lopez-Bustins, J. A. (2021). Synoptic causes of torrential rainfall in South-eastern Spain (1941–2017). *Geographical Research Letters, 47*, 1–19. https://doi.org/http://doi.org/10.18172/cig.4696

Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., & Olcina-Cantos, J. (2018). Housing bubbles and the increase of flood exposure. Failures in flood risk management on the Spanish south-eastern coast (1975–2013). *Journal of Flood Risk Management, 11*(S1), S302–S313. https://doi.org/10.1111/jfr3.12207

AFECCIÓN DE LA DANA 29-O A LOS SISTEMAS DE REGADÍO HISTÓRICOS DE L'HORTA SUD

JORGE HERMOSILLA PLA[1]

JESÚS GARCÍA PATÓN[2]

JOSÉ VICENTE APARICIO VAYÀ[3]

SANDRA MAYORDOMO MAYA[4]

JAVIER BERENGUER SALA[5]

JOAN CARLES MEMBRADO TENA[6]

[1]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), jorge.hermosilla@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-1125-2556*

[2]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), jesus.garcia-paton@uv.es, https://orcid.org/0009-0006-4482-3326*

[3]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), j.vicente.aparicio@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-4319-4012*

[4]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), sandra.mayordomo@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-5292-3067*

[5]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), javier.berenguer@uv.es, https://orcid.org/0009-0007-0980-8072*

[6]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), joan.membrado@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-6961-1449*

Abstract. On October 29, 2024, an extraordinary rainfall event occurred in the central part of the province of Valencia, with catastrophic consequences mainly in the southern sector of the Metropolitan Area. The objective of the research is to characterize and quantify the impacts produced by the cut-off low on the irrigation system of the Horta Sud region. This landscape was internationally recognized in 2019 by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) as a GIAHS (Globally Important Agricultural Heritage System). The system consists of several irrigation ditches managed, for the most part, by the Vega de València Water Tribunal, an institution declared Intangible Heritage of Humanity by UNESCO in 2009. The methodology was based on combining previous work in the study area, including a proprietary GIS, and the collection of detailed information through field trips for all affected irrigation systems. The territorial analysis focuses on both the irrigation ditch network and the land plots. Representatives from each irrigation ditch (guards, trustees, or secretaries) participated in this analysis. The report details the extent of the damage: 41.1% of the irrigation ditch network (109 kilometers) and 38% of the associated plots (1,273.6 hectares) show significant damage of various types and magnitudes.

Keywords: DANA, hydraulic heritage, irrigation ditches, Horta Sud, territory.

1. Introducción. La DANA y L'horta de València

La DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) del 29 de octubre de 2024 provocó un episodio extraordinario de intensas precipitaciones en el que se llegaron a registrar 771 l/m^2 en Turís en 24 horas. En la Comunitat Valenciana, las inundaciones afectaron a la cuenca del río Magro, al tramo medio-bajo del Turia, y a la cuenca de la rambla del Poyo. El estudio se centra en los efectos causados por el desbordamiento del Turia y del Poyo en el sistema de regadío y parcelario de la comarca de l'Horta Sud.

Las acequias y sus brazales, junto al resto de elementos de captación, conducción y distribución de las aguas, procedentes principalmente del Turia, fueron afectados de forma considerable por la crecida del río. Ocasionó importantes daños a los azudes, elementos de retención y derivación de las aguas, así como a los tramos iniciales de los canales. Sin embargo, fue el desbordamiento de la rambla del Poyo el que provocó mayores y más extensas afecciones al sistema de regadío de gran parte de la comarca de l'Horta Sud, afecciones que son cuantificadas en el presente trabajo.

1.1. L'Horta de València

Se puede definir l'Horta de València como el espacio agrícola histórico irrigado por las acequias que parten del tramo final del río Turia, territorio que se extiende alrededor de la ciudad de València y de las poblaciones de su área metropolitana. Se trata de un espacio funcional y secular que se ha configurado en el tiempo a partir de cuatro elementos: a) la red del sistema de acequias formada por los elementos de captación (especialmente azudes), conducción (acequias y brazales), almacenamiento (balsas) y distribución (partidores, paletas, paradas,…); b) la estructura del parcelario agrícola; c) la presencia de un poblamiento disperso en alquerías o barracas; y d) la existencia de un sistema de caminos de conexión de la huerta con las distintas unidades de poblamiento.

Este espacio hortícola se considera un paisaje simbólico de referencia. La impronta de este sentimiento se ha materializado en el reconocimiento como paisaje histórico, cultural y patrimonial, con declaraciones a nivel internacional. En 2009, el Tribunal de las Aguas de la Huerta de Valencia fue incluido en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad de la UNESCO, y en 2019 el Regadío Histórico de l'Horta de València fue declarado Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM) por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El valor patrimonial de los elementos que forman parte del sistema de regadío también ha sido objeto de reconocimiento y protección. De esta manera, los ocho azudes del tramo final del Turia (algunos de ellos no funcionales), un tramo de la acequia de Mislata, y el acueducto Els Arcs de Manises fueron declarados Bienes de Interés Cultural (BIC) en 2006.

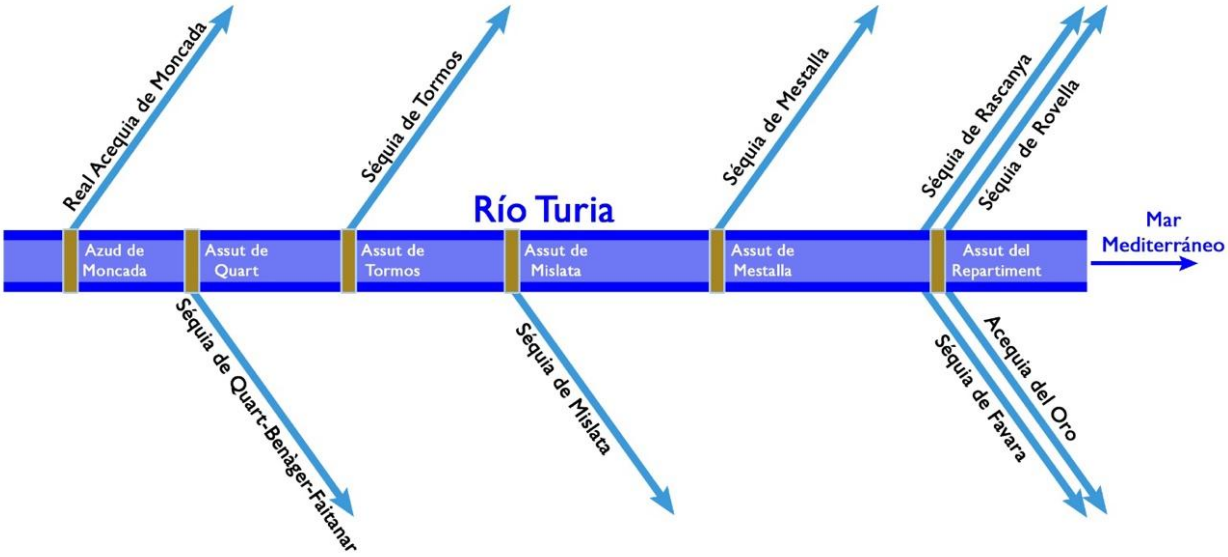
En sentido estricto, la huerta de València viene definida por el espacio irrigado por ocho acequias; la Acequia Real de Moncada y las siete que forman el Tribunal de las Aguas de la Vega de València: Quart-Benàger-Faitanar, Tormos, Mislata-Xirivella, Mestalla, Favara, Rovella, y Rascanya.

El orden de captación de las aguas del Turia y el margen por el que salen las acequias es crucial para entender el sistema. Los azudes desde Tormos a Mestalla se encuentran entre los términos de Manises (margen derecha) y Paterna (margen izquierda). El último de los azudes funcionales, el del Repartiment o Cassola, levantado en los años sesenta del siglo pasado para dar solución al suministro

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

de agua de las acequias tras el desvío del cauce del Turia al adoptar la solución del Plan Sur, se encuentra en el término de Quart de Poblet.

Figura 1. Esquema gráfico de los azudes-presas origen de los sistemas de regadío históricos de l'Horta de València.



2. Metodología

En la elaboración de un plan de trabajo para abordar las salidas de campo se contó con la fuente más directa en el regadío de la huerta de València: el Tribunal de las Aguas. Se estableció una estrecha colaboración entre los Síndicos del Tribunal y el equipo de investigación de la Universitat de València, Estepa-UV, del Departament de Geografia. En las salidas de campo participación los guardas de las acequias que forman el Tribunal, personal que tiene un conocimiento detallado del territorio, así como de las afecciones producidas por la DANA al sistema de regadío de l´Horta. Además, se mantuvo comunicación con las comunidades de regantes que no forman parte del Tribunal de las Aguas. En el caso del Canal de Riego del Río Turia o Acequia del Oro se contactó con el secretario, con el síndico por parte del Comuner del Rollet de Gràcia d'Aldaia, y con el presidente de la Comunidad de Regantes de Manises. Todos ellos acompañaron a los miembros del equipo de ESTEPA-UV en las salidas de campo.

Para poder trasladar el grado de afección de las inundaciones sobre el patrimonio hidráulico vinculado al sistema de regadío de l'Horta Sud a la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Generalitat Valenciana, y ser eficaces en tiempo, se visitaron todas las partes con daños, acompañados de algún representante de la acequia correspondiente, ya fuera guarda, síndico o secretario.

Dadas las condiciones y medios para elaborar el informe, y la amplitud del territorio a reconocer, el trabajo de campo se completó con las valoraciones y estimaciones de los representantes de cada sistema-acequia-comunidad de regantes. Para ello, se diseñaron unos cuadros de detalle de cada sistema, para ser cumplimentados por dichos representantes, asesorados por el personal técnico del

equipo investigador. Los cuadros confeccionados recogen las principales acequias y brazales de cada sistema. De cada uno de ellos, se ha indicado un porcentaje de afección, tanto de la estructura de conducción del agua (sistemas de acequias) como del parcelario (superficie cultivada), de los cuales se extraen la afección total para cada sistema, y del conjunto de l'Horta Sud.

3. Resultados

Los sistemas de regadío tradicionales de l'Horta Sud están formados por más de 265 kilómetros de acequias y brazales. La DANA del 29 de octubre de 2024 provocó afecciones importantes a 109 kilómetros de estas acequias, cifra que representa el 41,1% de la red. Son diversos los impactos producidos en las infraestructuras de transporte del agua: colmatación de cajeros por arenas y gravas, rotura de márgenes de obra, obstrucción de conductos subterráneos, erosión de los márgenes de tierra, obstrucción de canales por cañas y troncos, colapso de caminos sobre las acequias, rotura de acequias entubadas, daños en partidores y aliviaderos, etc. En los peores casos, algunos tramos de acequias han desaparecido, o bien porque la fuerza del agua los arrancó o porque han quedado sepultados bajo un tomo importante de sedimento.

Los sistemas más afectados en cuanto a longitud son la Acequia del Oro, con 44,6 kilómetros dañados; la Acequia de Favara, con 38 kilómetros; y las Acequias de Benàger-Faitanar, con 12,6 kilómetros.

La superficie que alcanza a regar el conjunto de acequias de l'Horta Sud es de 3.354,4 hectáreas (CHJ 2023), de las que 1.273,6 hectáreas presentan algún tipo de afección derivada de la DANA. En términos relativos, el 38% de la superficie cultivable tiene algún tipo de daño provocado por la inundación.

Las afecciones en los terrenos de cultivo son diversas: (a) Acumulaciones de tierra, grava y arcillas. En algunos casos dicha acumulación ha posicionado la superficie regable por encima del nivel de agua de la acequia, motivo que imposibilita el riego. (b) Erosión del suelo por la fuerza del agua. Son numerosos los campos que han perdido suelo cultivable por erosión de la lámina de agua. (c) Volcado de vallados perimetrales de los campos. (d) Restos vegetales esparcidos por los campos, especialmente cañas y carrizos. (e) Acumulación de todo tipo de residuos urbanos. (f) En algunos puntos concretos se ha observado que las labores de recuperación de las zonas afectadas han provocado daños sobre cajeros de acequias y campos al utilizarse como zonas de acopio de residuos o tierras.

EJE 1. CAMBIO AMBIENTAL https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Resumen de las afecciones por sistema de regadío

ACEQUIA	LONGITUD ACEQUIA (m)	LONGITUD AFECCIÓN ACEQUIA (m)	% AFECCIÓN ACEQUIA	SUPERFICIE DE RIEGO (ha)	SUPERFICIE AFECTADA (ha)	% AFECCIÓN PARCELARIO
Canal de Daroqui (riego de Manises)	7.415,8	2.687,5	36,2%	87,6	52,5	60%
Acequia de Quart	16.724,0	3.006,9	18,0%	179,3	26,9	15%
Acequia de Benàger-Faitanar	50.356,0	12.589,1	25,0%	584,7	409,3	70%
Comuner d'Aldaia. Rollet de Gràcia	11.022,1	3.365,6	30,5%	55,0	22,0	40%
Acequia de Favara	76.830,0	38.003,4	49,5%	1.092,5	557,2	45%
Acequia de Mislata	12.994,0	4.117,0	31,7%	47,6	14,3	30%
Acequia de Xirivella	8.533,5	547,9	6,4%	95,4	9,5	10%
Canal de Riego del Río Turia (Acequia del Oro)	81.306,1	44.563,4	54,8%	1.212,4	181,9	15%
TOTAL	**265.181,5**	**108.880,8**	**41,1%**	**3.354,4**	**1.273,6**	**38%**

Fuente: Censo de usuarios. Confederación Hidrográfica del Júcar (2023). Elaboración propia

4. Conclusiones

La investigación realizada tras la Dana del 29-O arroja unas afirmaciones de interés para la sociedad valenciana, dada la naturaleza del territorio estudiado. De forma sintética indicamos:

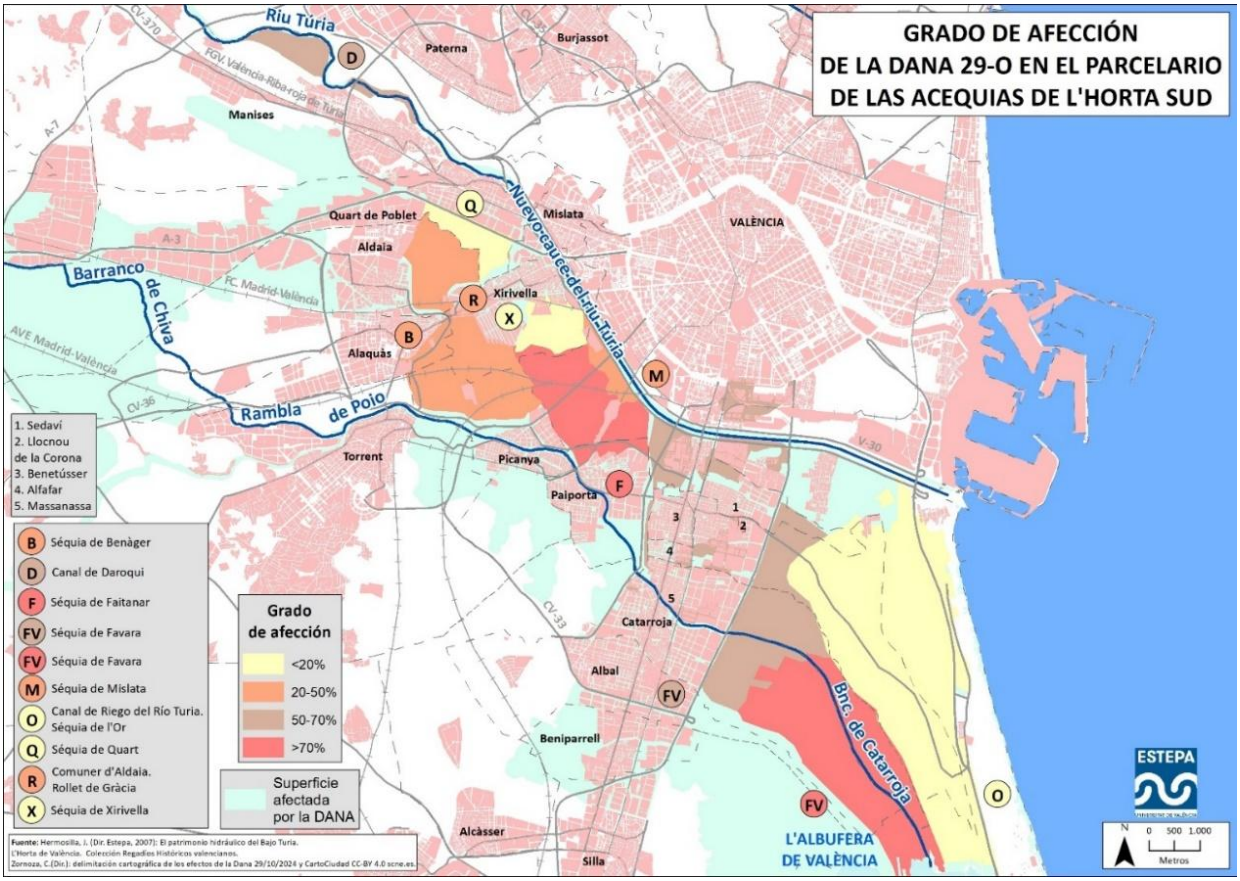
a.- El regadío histórico de l´Horta Sud forma parte del carácter del paisaje de este territorio, cuyo valor patrimonial está reconocido internacionalmente (UNESCO, FAO).

b.- Las afecciones de la Dana en el regadío histórico han adquirido unas dimensiones desproporcionadas, que alcanzan aproximadamente el 40% del sistema de acequias, así como del parcelario.

c.- Las afecciones han sido diversas. Se ha cuantificado dichos efectos para cada uno de los sistemas de regadío, y en tres niveles distintos (acequias madre, acequias y brazales). De la misma manera se han diferenciado las diferentes tipologías de afección, en las acequias y en las parcelas.

d.- Finalmente, es imprescindible que las tareas de reconstrucción abordadas por las administraciones públicas, tanto Estado como Gobierno Valenciano, tengan en consideración los criterios de restitución paisajística y patrimonial.

Figura 2. Grado de afección de la DANA 29-O en el parcelario de l'Horta Sud. Fuente: Elaboración propia



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias

Confederación Hidrográfica del Júcar (2023). *Censo de usuarios 2023*. https://www.chj.es/es-es/Organismo/organoscolegiados/Documents/CensoUsuarios2023_definitivo.pdf

Generalitat Valenciana (2014). *El Tribunal de las Aguas y las acequias valencianas*. https://cultura.gva.es/documents/161634402/163458786/LlibretTRIBUNALcast.pdf/051d0668-526b-44ad-b2e4-60b9272988b4

Hermosilla, J. (2007). *El patrimonio hidráulico del Bajo Turia: l'Horta de València*. Dirección General de Patrimonio Cultural. Generalitat Valenciana. https://www.chj.es/es-es/ciudadano/publicaciones/Paginas/Indice.aspx?Libro=El%20patrimonio%20hidr%C3%A1ulico%20del%20Bajo%20Turia

Hermosilla, J. (2009). *Catálogo de los paisajes de l'Horta Sud*. Universitat de València.

Küster, V. (2020). *El Tribunal de las Aguas de la Vega de València en lectura fácil*. Decanato Autonómico de los Registradores de la Propiedad, Mercantiles y de Bienes Muebles de la Comunitat Valenciana. Centro de Estudios Registrales. https://contenidosl.com/wp-content/uploads/2021/02/Libro_Tribunal-de-las-Aguas_CAST-OK.pdf

Miró, A. (2018). *El Tribunal de les Aigües*. Generalitat Valenciana. https://portalart.antonimiro.com/monografia/tribunal-de-les-aigues-antoni-miro-2018#book/

Sala, D. (2008). *La Acequia del Oro. El Canal de Riego del Río Turia*. Javier Boronat Editor.

Salazar, A., Pons, J. y Vicent, C. (2008). *L'aigua a l'Horta Sud. Avaluació i gestió dels recursos hídrics*. Col·lecció Monografies de l'Horta Sud, 8. Institut d'Estudis Comarcals (IDECO) / Mancomunitat Intermunicipal de l'Horta Sud. Perifèric Edicions.

CARACTERIZACIÓN DE LOS GRANDES INCENDIOS FORESTALES DE CANARIAS (2012-2024)

NEREA MARTÍN RAYA[1]

ABEL LÓPEZ DÍEZ[1]

JAIME DÍAZ PACHECO[1]

JORDAN CORREA GONZÁLEZ[1]

PEDRO DORTA ANTEQUERA[1]

ALEJANDRO DÁVILA PERAZA[1]

[1]Filiación institucional: Cátedra de Reducción del Riesgo de Desastres y Ciudades Resilientes. Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, C/ Prof. José Luis Moreno Becerra, s/n. Facultad de Humanidades. nmartinr@ull.edu.es , https://orcid.org/0000-0003-4502-8915 ; alopezd@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0003-3788-7402 ; jdiazpac@ull.edu.es , https://orcid.org/0000-0001-7448-5870 ; jcorreag@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0002-4886-0777 ; pdorta@ull.edu.es, https://orcid.org/0000-0003-2112-4566; alu0101419909@ull.edu.es

Abstract: In recent decades, factors such as rural depopulation, agricultural land abandonment, and declining forest use have increased the hazard and combustibility of forest ecosystems globally. In the Canary Islands, these processes have been intensified by economic tertiarization and the decline of the primary sector, contributing to the recurrent occurrence of Large Forest Fires —LFFs— since the late 20th century, now one of the archipelago's main natural hazards. Climate change further intensifies conditions conducive to such fires. In response, there is a pressing need for environmental, forestry, territorial, and educational policies tailored to the insular context of the Canary Islands to reduce wildfire risk. Understanding the characteristics and variables influencing LFFs is essential for designing effective prevention and mitigation strategies. This study aims to characterize large-scale forest fires in the Canary Islands between 2012 and 2024 through descriptive statistical analysis. Variables such as affected area, frequency, location, meteorological conditions, and type of vegetation burned are examined. Results identify 13 LFFs that affected 55.167,35 hectares across Tenerife, La Palma, Gran Canaria, and La Gomera. This knowledge helps define critical thresholds and develop geographic information tools to support land-use planning and wildfire risk management.

Keywords: amenazas naturales; incendios forestales; mitigación del riesgo; abandono agrícola.

1. Introducción

El fuego constituye uno de los procesos más transformadores del territorio, tanto por su capacidad para alterar ecosistemas enteros como por las consecuencias que genera sobre la seguridad, el bienestar y la economía de las poblaciones expuestas. Lejos de ser un fenómeno puntual o excepcional, los incendios forestales adquieren creciente centralidad en los debates sobre sostenibilidad y gestión del riesgo, especialmente en regiones que enfrentan profundas transformaciones ecológicas y en el modelo de ocupación del suelo (Tedim et al., 2015). En este contexto, es cada vez más habitual la aparición de incendios de gran escala, caracterizados por su comportamiento extremo, velocidad inusitada e impacto multidimensional. Estas dinámicas no solo están bien documentadas en estudios recientes de alcance global (IPCC, 2022), sino que resultan particularmente significativas en contextos insulares y mediterráneos, como el de Canarias.

La proliferación de estos incendios no puede atribuirse exclusivamente a causas climáticas, aunque el calentamiento global haya creado condiciones más propicias para su desencadenamiento. Variables como la intensificación de las olas de calor, la sequedad acumulada del combustible vegetal o el descenso sostenido de la humedad relativa contribuyen, sin duda, a elevar la peligrosidad (Jones et al., 2022). Sin embargo, sería reduccionista explicar esta realidad sin atender a los factores territoriales, sociales y económicos que configuran la exposición y la vulnerabilidad. Desde esta óptica, el fuego debe entenderse como el resultado de una compleja interacción entre sistemas ecológicos alterados y formas de ocupación del suelo en transformación, lo que exige marcos de análisis integradores y multiescalares (Pausas & Keeley, 2021).

Uno de los elementos clave para comprender la creciente severidad de los incendios es el modo en que ha cambiado el territorio. La desaparición progresiva de los usos tradicionales del suelo, la pérdida de funciones agrícolas y ganaderas, y el avance de modelos urbanísticos dispersos han dado lugar a paisajes más continuos en términos de combustible y menos gestionados desde una lógica preventiva. Este proceso ha favorecido la expansión de una franja especialmente vulnerable, la denominada interfaz urbano-forestal. Esta zona de contacto entre entornos naturales y espacios residenciales se ha convertido en uno de los principales frentes del riesgo, tal y como ha señalado en el trabajo de Schug y colaboradores (2023).

En el caso del archipiélago canario, estas transformaciones se han intensificado bajo una lógica territorial marcada por la insularidad, la presión turística y la regresión del mundo rural (Correa et al., 2025). Las islas presentan un relieve abrupto, una alta concentración de población en cotas intermedias y una coexistencia de áreas forestales protegidas con núcleos habitados de baja densidad. A ello se suma una estructura económica cada vez más alejada del aprovechamiento sostenible del medio, con una agricultura en retroceso y una urbanización que, en muchos casos, no responde a criterios de cohesión territorial ni de gestión del riesgo. Este modelo ha incrementado significativamente la continuidad del combustible vegetal, ha limitado los accesos para labores de extinción y ha situado a miles de viviendas en zonas potencialmente peligrosas.

Casos como el gran incendio forestal de La Gomera en 2012, que arrasó más de 3.000 hectáreas en el Parque Nacional de Garajonay y obligó al desalojo de cientos de personas, ponen de manifiesto el enorme impacto ecológico y social de estos eventos extremos. A esto se suman fenómenos recientes cada vez más complejos, como los denominados incendios de sexta generación —caracterizados por su comportamiento errático, afectar a más de 10.000 ha, capacidad de alterar sus propias condiciones

meteorológicas y dificultad de extinción (Linley et al., 2022)—. En Canarias, claros ejemplos de esta tipología han sido el incendio de Gran Canaria de 2019 y el incendio de Tenerife de 2023, ambos de consecuencias devastadoras y con características que superan los modelos tradicionales de análisis y extinción.

La presente investigación se inscribe en este marco y plantea una reflexión sobre la evolución reciente de los grandes incendios forestales en Canarias. A partir de una caracterización espacial y contextual de los grandes incendios forestales —GIF— registrados en las últimas décadas, se busca aportar claves interpretativas para avanzar hacia un modelo de gestión adaptativa, capaz de integrar conocimiento científico, planificación estratégica y políticas públicas eficaces. Si bien los resultados evidencian una creciente afectación a espacios naturales protegidos, también ponen de relieve el riesgo emergente en zonas de interfaz, donde la exposición humana, la densidad de combustible y la falta de planificación convergen de forma crítica.

2. Materiales, datos y métodos

El análisis de los Grandes Incendios Forestales (GIF) en Canarias se basa en datos georreferenciados proporcionados por el Sistema de Gobernanza Climática del Gobierno de Canarias, que recopila información desde 2012 hasta 2024. A partir de estos datos, se han identificado y caracterizado todos los GIF registrados en el archipiélago, con especial énfasis en la extensión y localización de los incendios. Esta información constituye la base para realizar análisis espaciales que permitan comprender la propagación del fuego en este contexto insular tan complejo.

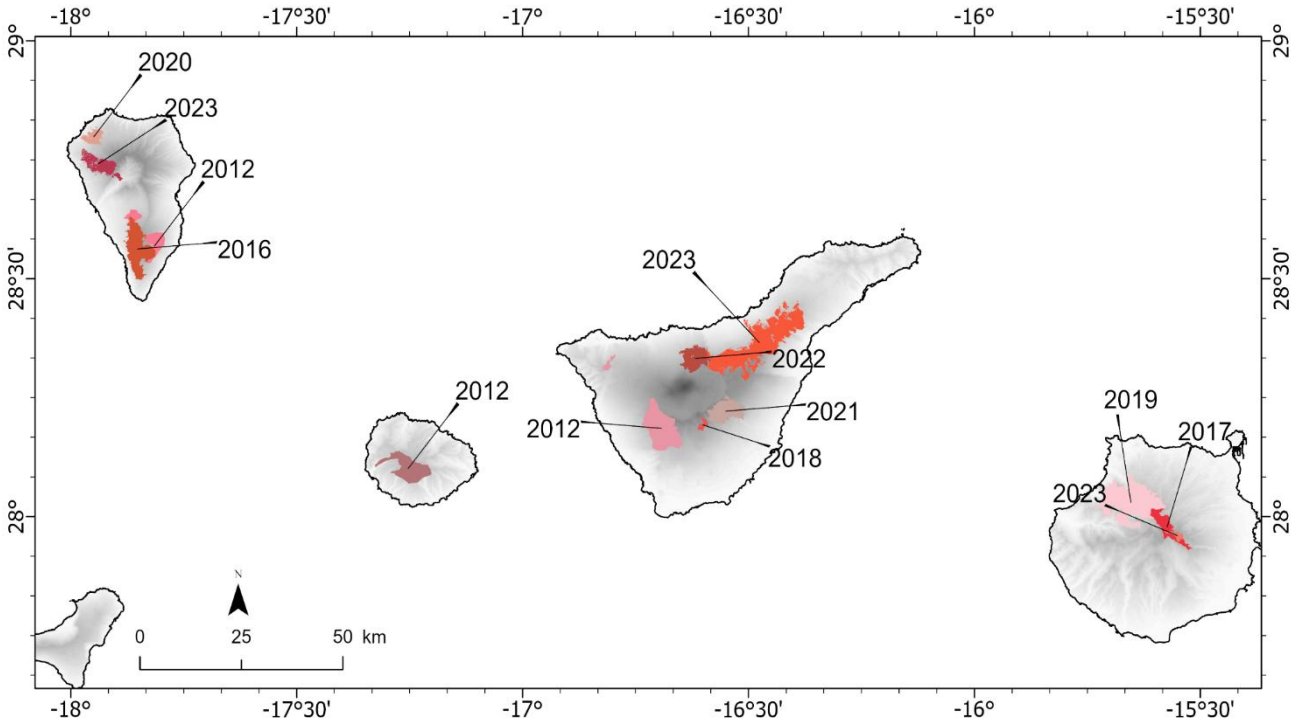
La metodología se organiza en dos ejes: uno administrativo, que identifica las islas y municipios afectados, y otro físico-topográfico, que utiliza variables del Modelo Digital del Terreno (MDT25) del IGN, tales como pendiente, orientación y altitud. Estas variables son esenciales para interpretar cómo las características del terreno influyen en la propagación del fuego y en la planificación de las estrategias de extinción, especialmente en un territorio tan accidentado y vulnerable como el canario. Este enfoque permite contextualizar de manera integral la evolución de los incendios y sus impactos, proporcionando claves para una gestión más adaptativa y eficaz.

3. Resultados

En el periodo 2012-2024 se han registrado en Canarias 13 GIF (Figura 1) que afectaron a las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma y La Gomera, con un total de 55.167,35 hectáreas quemadas, lo que equivale al 7,4 % de la superficie del archipiélago. Estos incendios variaron notablemente en extensión y duración. El de mayor magnitud fue el de Tenerife en agosto de 2023, con 13.977 hectáreas quemadas, afectando a 12 municipios (Tabla 1). Le siguieron en superficie el incendio de Gran Canaria en 2019 —9.783,23 ha — y el de Tenerife en 2012 —6.277,8 ha. En contraste, los incendios más pequeños tuvieron lugar en abril de 2018 en Tenerife —391,89 ha— y en julio de 2023 en Gran Canaria —446,22 ha.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización de GIFs en Canarias (2012-2024)



Fuente: Sistema de Gobernanza Climática de Canarias

En términos de distribución temporal, se observa que el mes de agosto presenta una alta concentración de incendios de gran magnitud, debido a la presencia de condiciones climáticas favorables para la propagación del fuego. En este sentido, el 77 % de estos incendios se han producido entre los meses de julio y agosto coincidiendo con los periodos de temperaturas máximas del archipiélago, con 4 y 6 incendios, respectivamente. Durante estos meses, los incendios son los de mayor extensión en promedio, con una superficie media quemada de 4.924 ha por incendio. En conjunto, ambos meses acumulan la mayor parte de la superficie afectada, alcanzando un total de 49.240,69 ha. No obstante, también se han registrado incendios en los meses de abril, mayo y septiembre a pesar de que estos no corresponden a los periodos más cálidos del archipiélago. Durante el período analizado, se registraron 150 días de GIFs sin controlar, con una duración promedio de 11,5 días y una mediana de 7 días. El incendio más largo fue en La Gomera en agosto de 2012, que duró 52 días, seguido por el de Tenerife en agosto de 2023, con 28 días. El 46 % de los incendios duraron menos de 5 días. Además, la relación entre hectáreas quemadas y duración muestra una correlación casi nula, con un R^2 de 0,14.

Tabla 1. Datos generales sobre los GIFs de Canarias

Incendio	Superficie quemada (ha)	Municipios afectados	Duración (días desde la declaración hasta el control)
TF/7/12	6.277,80	8	7
LG/8/12	3.961,92	6	52
LP/8/12	2.698,18	3	5
LP/8/16	4.863,99	4	9
GC/9/17	2.446,87	7	4
TF/4/18	391,89	1	5
GC/8/19	9.783,23	10	9
LP/8/20	1.177,99	1	5
TF/5/21	3.087,90	2	5
TF/7/22	2.752,90	4	10
LP/7/23	3.301,41	3	8
GC/7/23	446,22	3	3
TF/8/23	13.977,05	13	28

Fuente: Sistema de Gobernanza Climática de Canarias

La Palma ha sido la isla más afectada en términos relativos, con 12.041 hectáreas quemadas en cuatro incendios, lo que equivale al 17,03 % de su superficie, el porcentaje más alto entre todas las islas analizadas. Aunque su superficie afectada es menor que la de Tenerife — 26.487 ha—, el porcentaje de territorio afectado es menor —13,03 %. A estas dos islas le sigue La Gomera con 3.962 ha en un solo incendio —10,8 %— y Gran Canaria con 12.676 ha en tres incendios —8,1 %. A escala municipal, 51 de los 88 municipios del archipiélago se vieron afectados por al menos un incendio. La superficie quemada por municipio varía ampliamente y entre los municipios más afectados se encuentran La Orotava, Artenara, Arico, El Paso o Villa de Mazo. Por su parte, los menos afectados fueron Breña Baja, Buenavista del Norte, Los Llanos de Aridane y Agulo.

Atendiendo a la superficie altitudinal afectada, se observa que la franja altitudinal más afectada se sitúa entre los 1.000 y los 1.500 metros, donde se concentra el 22,95% de la superficie quemada. Los rangos inmediatamente superiores e inferiores —750-1.000 m y 1.500-1.750 m— también presentan una afectación considerable, con 14,78% y 17,10% de la superficie quemada respectivamente. Por

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

otro lado, las áreas situadas por encima de los 2.000 metros apenas han sido afectadas, con solo 5,63% de la superficie quemada, salvo en el caso del incendio de mayo de 2019 en Tenerife, donde el 100% de la superficie afectada se concentró en esta franja.

4. Conclusiones

Durante el periodo 2012-2024, los incendios forestales en Canarias han tenido un impacto significativo sobre el territorio. Con 55.167,35 hectáreas afectadas, se pone de manifiesto la importancia de esta amenaza natural en el contexto insular. Estos eventos no solo suponen una pérdida directa de superficie forestal, sino también un riesgo creciente para poblaciones y actividades económicas situadas en las proximidades.

Aunque la mayoría de los incendios se concentran entre los 1.000 y 1.500 metros de altitud, se observa una expansión hacia cotas más bajas, donde la interfaz urbano-forestal aumenta el riesgo. El riesgo en estos espacios, con alta carga de combustible y elementos vulnerables expuestos, es difícil de gestionar. La terciarización económica, el abandono de usos tradicionales y la escasa planificación forestal han originado paisajes continuos y con alta biomasa, favoreciendo incendios intensos y difíciles de controlar. En este contexto, la escasa correlación entre superficie quemada y duración del incendio ($R^2 = 0,14$) evidencia que la magnitud del daño no depende únicamente del tiempo que el fuego permanece activo. Factores como la inaccesibilidad del terreno, la alta carga de combustible o condiciones meteorológicas adversas pueden dificultar las labores iniciales de extinción, permitiendo que el fuego se propague rápidamente. Este hallazgo refuerza la importancia de anticiparse al riesgo mediante acciones de reducción del riesgo de desastres como prevención y mitigación que faciliten una respuesta más eficaz desde las fases iniciales del incendio.

A ello se suma el papel del cambio climático, que crea condiciones cada vez más propicias para la ignición y propagación del fuego. El aumento de fenómenos extremos, como las altas temperaturas, favorece incendios más peligrosos y alarga el periodo de riesgo más allá de los meses críticos, dificultando las labores de prevención y respuesta. Por último, los resultados obtenidos subrayan la urgente necesidad de integrar el riesgo de incendios forestales en las políticas públicas de prevención, ordenación del territorio y adaptación al cambio climático. Esta integración debe partir de una visión territorial e interdisciplinar del riesgo, que contemple tanto las condiciones naturales como las dinámicas socioeconómicas que definen la realidad del archipiélago canario.

Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado a través del proyecto Planclimac 2, Desarrollo y monitorización de actuaciones coordinadas en la región Macaronesia en materia de riesgos y amenazas del cambio climático (1/MAC/2/2.4/0006). Proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa de Cooperación Interreg VI-D MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2021-2027.

5. Referencias bibliográficas

Correa, J., Boulat, L., & Dorta, P. (2025). Forest fires, vulnerability, and exposure: The evaluation of what was salvaged in the 2023 fire in Tenerife (Spain). *Fire*, 8(5), 186. https://doi.org/10.3390/fire8050186

IPCC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., & Le Quéré, C. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, 60(3). https://doi.org/10.1029/2020RG000726

Linley, G. D., Jolly, C. J., Doherty, T. S., Geary, W. L., Armenteras, D., Belcher, C. M., & Nimmo, D. G. (2022). What do you mean, 'megafire'? *Global Ecology and Biogeography*, 31(10), 1906–1922. https://doi.org/10.1111/geb.13499

Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 19(7), 387–395. https://doi.org/10.1002/fee.2359

Schug, F., Bar-Massada, A., Carlson, A. R., Cox, H., Hawbaker, T. J., Helmers, D., & Radeloff, V. C. (2023). The global wildland–urban interface. *Nature*, 621(7977), 94–99. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06320-0

Tedim, F., Xanthopoulos, G., & Leone, V. (2015). Forest fires in Europe: Facts and challenges. In D. Paton (Ed.), *Wildfire hazards, risks and disasters* (pp. 77–99). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1

SISTEMAS PARA MODERAR EL EXCESO DE CALOR DIURNO EN LAS CIUDADES ESPAÑOLAS. EL CASO DE BARCELONA

JAVIER MARTÍN-VIDE[1]

Mª CARMEN MORENO-GARCÍA[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, Laboratorio de Climatología, Climate Change and Landscape Ecology, Montalegre, 6, 08001 Barcelona, jmartinvide@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-1179-7380*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, Laboratorio de Climatología, Climate Change and Landscape Ecology, Montalegre, 6, 08001 Barcelona, mcmoreno@ub.edu, https://orcid.org/0000-0001-8771-5129*

Abstract: Spanish cities face excessive heat as the main risk due to climate change. This increases morbidity and mortality during heat waves, especially among the elderly, people with chronic illnesses, and those living in energy poverty. This is a public health problem. Eleven procedures or systems have been considered to moderate excessive urban heat in cities, including climate shelters. In the case of the municipality of Barcelona, this is undoubtedly the most notable action compared to other cities, with a network of several hundred shelters in operation. The conversion of some street sections into green axes and so-called superblocks are notable initiatives within a highly compact urban plan. Overall, the greening of our cities and naturalizing their surfaces are the main measures to mitigate excessive heat and improve the environment and citizens' quality of life.

Keywords: climate change; climate shelter; excessive heat; green axis; greening; spanish cities;

1. Introducción

En la evolución térmica de la mayoría de las ciudades españolas al efecto del calentamiento global se añade el plus térmico de las islas de calor (del aire de noche y de la superficie de día) y el extra de temperatura por su localización general en la cuenca del Mediterráneo, considerada un *hot spot*. Así, el aumento de la temperatura del aire en los centros de las ciudades españolas rebasa ampliamente el valor medio global. En Madrid (Retiro) el incremento ha sido de 2,4 ºC en el último siglo (1921-2020).

El exceso de calor, tanto diurno como nocturno, sobre todo durante las olas de calor, es el principal riesgo al que se enfrenta la mayoría de las ciudades españolas en el contexto del cambio climático. Las personas más vulnerables al exceso de calor son las de edad avanzada con enfermedades crónicas, particularmente si viven en condiciones de pobreza energética, es decir, si no disponen de un aparato de aire acondicionado o, aun teniéndolo, no pueden hacer uso por el coste de la electricidad. Se trata de un problema de salud pública (Martín-Vide y Moreno-García, 2024). Se ha constatado un claro aumento de la morbilidad y de la mortalidad del citado grupo poblacional durante las olas de calor (Basagaña, et al, 2016). Este hecho, que constituye un problema de salud pública, no solo viene determinado por las temperaturas diurnas, sino también por las nocturnas, que, aunque inferiores, están adquiriendo valores incompatibles con el descanso nocturno. Como claro reflejo, el número de noches tropicales (temp. mínima ≥ 20 ºC) ha experimentado en las ciudades españolas un marcado aumento a lo largo de las últimas décadas (Olcina et al, 2019). Incluso las llamadas noches tórridas (temp. mínima ≥ 25 ºC) ya no son excepcionales (Martin-Vide y Moreno-García, 2020).

Un editorial de la revista *Nature*, en 2021, era muy explícito sobre esta problemática: "Las ciudades deben proteger a sus moradores del calor excesivo". Se trata de buscar sistemas y soluciones de adaptación a unos veranos cada vez más largos y rigurosos. El presente trabajo tiene por objetivo recopilar y valorar los procedimientos y sistemas para moderar el exceso de calor diurno en el ámbito público de las ciudades españolas, concretándose las estadísticas y el trabajo de campo en el caso del municipio de Barcelona.

2. Materiales, datos y métodos. El caso de estudio: Barcelona

Con el objeto de valorar el efecto "refrescante" de varios sistemas en las horas más cálidas del verano, especialmente durante las olas de calor, se han analizado los procedimientos existentes, se han realizado algunas medidas de temperatura del aire y superficial in situ en Barcelona, mediante termómetros con sonda de ambiente e infrarrojos, y se han consultado las estadísticas oficiales del ayuntamiento barcelonés, matizándose críticamente teniendo en cuenta sus limitaciones. Se han considerado 11 sistemas, incluyendo los refugios climáticos.

Aunque los objetivos del presente trabajo son genéricos para las ciudades españolas, preferentemente las de clima mediterráneo, la aplicación concreta se ha realizado sobre el municipio de Barcelona (1.702.547 hab., enero 2024), inserto en un área metropolitana que sobrepasa los 3 millones de habitantes. Una de las características más destacadas de muchos de los municipios de esta área metropolitana es su alta densidad poblacional por mor de una urbanización compacta. Como ejemplo extremo, el barrio de La Florida, en l'Hospitalet de Llobregat, es el de mayor densidad de población de toda Europa, donde llegan a residir, en un solo kilómetro cuadrado, más de 56.000 personas, según Eurostat.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se han resumido los procedimientos o sistemas para moderar el exceso de calor diurno, sus efectos y beneficios, y su estado en la ciudad de Barcelona. Los valores numéricos existentes en la tercera columna pueden dar lugar a una impresión muy positiva de la respuesta de la ciudad ante el reto del creciente exceso de calor. Sin embargo, hay que indicar que, en algunos casos, como en cubiertas y muros verdes, las estadísticas municipales contabilizan también aplicaciones de escasa relevancia, aparte de que

tales números constituyen porcentajes mínimos del total de edificios e infraestructuras. El listado de parques y jardines es, igualmente, muy largo, pero en la mayoría de los casos se trata de superficies ajardinadas pequeñas. No existe un gran parque en el centro de la ciudad, por la densísima trama urbana, como los que poseen Londres o Nueva York, entre los más conocidos, o incluso Madrid con el parque del Retiro. El parque de la Ciutadella, uno de los más grandes, a pesar de su reconocido efecto de frescor durante las horas nocturnas (Moreno-García y Baena, 2019), ocupa una posición periférica en relación con el Ensanche. Sí que en el caso de los refugios climáticos Barcelona queda muy destacada por encima de las ciudades españolas, con ya más de tres centenares, cubriendo las necesidades de más de un 90% de la población que dispone de un refugio a menos de 10 minutos caminando (figura 1). Aun así, algunos tienen limitaciones de horario y por vacaciones estivales, cuando más se necesitan (con el problema añadido en muchos casos del desconocimiento de su existencia por parte de la población), o algunos al aire libre no ofrecen realmente durante las olas de calor toda la protección necesaria.

Reverdecer nuestras ciudades es fundamental para obtener un "respiro" durante la canícula y en los días muy cálidos. Se impone la promoción del verde en todos los lugares posibles. Además, la naturalización del suelo, sustituyendo las superficies impermeables, sean cementadas, asfálticas o de otro tipo, es una de las medidas más eficaces para reducir la acumulación de calor. Al evaporarse el agua de lluvia o de riego en el nuevo suelo permeable se producirá una pérdida de calor latente y el consiguiente descenso térmico. Los ejes verdes (figura 2) y las supermanzanas ("superilles") (Rueda, 2025), que suponen la transformación de las congestionadas calles y manzanas individuales en espacios de uso preferente para el ciudadano, emplean el verde y una cierta naturalización de las superficies, con todos los beneficios correspondientes (tabla 1). Si su propuesta despertó en un principio respuestas contrarias a su realización, hoy los ciudadanos que habitan sus edificios o quienes pasean por ellos expresan mayoritariamente su satisfacción. La mejora ambiental está produciendo, no obstante, un efecto socioeconómico perverso, como es la subida de precios de la vivienda y la gentrificación.

Tabla 1. Procedimientos y sistemas para moderar el exceso de calor diurno, sus efectos y beneficios, y su estado en la ciudad de Barcelona

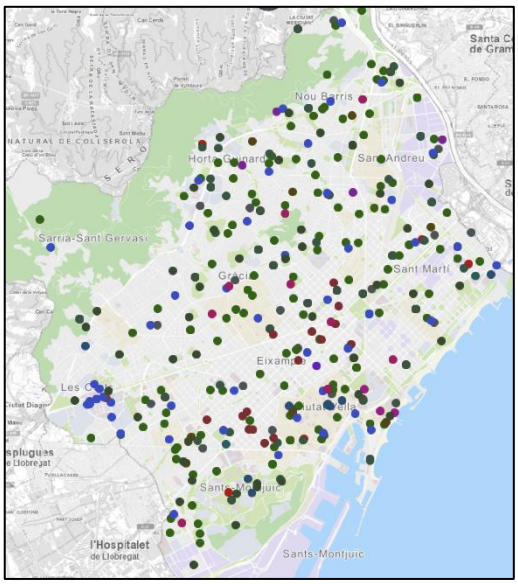
PROCEDIMIENTO	BENEFICIOS	EXISTENCIA EN BARCELONA
Refugios climáticos	Acoger personas en horario diurno, en especial durante los episodios de altas temperaturas, en un ambiente con temperatura agradable y disponibilidad de agua	Red de 369, la más importante de España con diferencia https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/ca/accions-concretes/xarxa-de-refugis-climatics
Reverdecimiento: parques, jardines e interiores de manzana	Atenuación de las islas de calor superficial y del aire. Mejora ambiental	Existen 250, la mayoría muy pequeños. Los parques más extensos son periféricos https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/culturailleure-parcsjardins/resource/b64d32a8-aea5-47a8-9826-479b211f5d46
Reverdecimiento: ejes verdes y supermanzanas	Disminución leve de la temperatura del aire y acusada de ciertas superficies. Disminución del ruido. Disminución de la contaminación atmosférica. Pacificación del tránsito. Mejora ambiental	4 calles del Ensanche se han convertido en ejes verdes en un amplio tramo, más 5 en el barrio de Sant Martí. 6 supermanzanas. https://ajuntament.barcelona.cat/superilles/es#
Reverdecimiento: cubiertas verdes (*green roofs*) y muros verdes (*green walls*)	Ahorro energético. Mejora ambiental	218 cubiertas verdes y 341 muros verdes, la mayoría de una superficie muy reducida https://bcnsostenible.cat/web/explora?icones=g17 https://bcnsostenible.cat/web/explora?icones=g18
Huertos urbanos	Esponjado de la trama urbana. Mejora ambiental	Red de 15 huertos municipales y unos 400 huertos comunitarios y sociales (incluyendo huertos escolares y en jardines privados) https://hortsurbans.bcnregional.com/horts-urbans/tipus-dhorts-urbans/ https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/123407/3/AAFF_Pla%20Natura%20Barcelona%202030ES_WEB.pdf

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Toldos y estructuras que proveen sombra	Atenuación de la radiación solar incidente por sombreado	Toldos prácticamente inexistentes. 3 estructuras que proveen sombra, en prueba, y algunas estructuras permanentes https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/noticia/1340260
Pérgolas	Atenuación de la radiación solar incidente por sombreado. Mejora ambiental	Prácticamente solo existentes en algunos parques
Agua nebulizada	Disminución de la temperatura por evaporación	Únicamente existentes en alguna terraza de bar/restaurante
Cubiertas frías (*cool roofs*) y superficies blancas	Disminución de la temperatura por aumento del albedo (y de la emisividad)	Sin datos. Probablemente, apenas implementados
Naturalización del suelo	Permeabilización del suelo y disminución de la temperatura por evaporación de agua de lluvia o de riego	Vinculados principalmente a los ejes verdes y las supermanzanas
Láminas de agua	Moderación de la temperatura por la elevada capacidad calorífica del agua	Vinculados principalmente a los parques y jardines

Fuente: Diversas y trabajo de campo

Figura 1. Red de refugios climáticos de Barcelona



Fuente: https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/ca/accions-concretes/xarxa-de-refugis-climatics

Figura 2: Tramo de un eje verde en la calle Comte de Borrell (izquierda) y estructura de sombreado, a prueba, en la rambla de Badal (derecha) de Barcelona

Fuente: J. Martín-Vide

4. Conclusiones

Las ciudades españolas, particularmente las de clima mediterráneo, esto es, todas las peninsulares exceptuando la franja septentrional, las de las Baleares y, en otro ámbito climático, las de las Canarias, se enfrentan, como principal riesgo por causa del cambio climático, al exceso de calor, que incrementa la morbilidad y la mortalidad durante las olas de calor, en especial de las personas de edad avanzada, con enfermedades crónicas y en situación de pobreza energética. Es un problema de salud pública.

Se han considerado 11 procedimientos o sistemas para moderar el exceso de calor urbano en las ciudades, incluyendo los refugios climáticos. En el caso del municipio de Barcelona, sin duda, esta es la actuación más destacada respecto a otras ciudades, con una red de varios centenares de refugios operativos. La conversión de algunos tramos de calles en ejes verdes y las denominadas supermanzanas constituyen actuaciones notables en un plano urbano muy compacto.

En conjunto, el reverdecimiento de nuestras ciudades y la naturalización del suelo son las principales medidas para atenuar el exceso de calor, y mejorar el ambiente y la calidad de vida de sus ciudadanos, siendo indispensables, además, para que el clima urbano ideal deje de ser una mera ficción (Moreno- García, 2022).

5. Referencias bibliográficas

Basagaña, X., Martínez, E., Paaijmans, K. y Sunyer, J. (2016). Salut. En: Martín-Vide, J. (Ed.), *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (p.437-464). Barcelona: Generalitat de Catalunya e IEC.

Martín-Vide, J. & Moreno-García, M.C. (2020). La intensidad de la Isla de Calor Urbana, nuevo riesgo en las ciudades. En: J. Farinós (coord.), *Desafíos y oportunidades de un mundo en transición; una interpretación desde la Geografía* (p.41-51). Valencia: Tirant Lo Blanch.

Martín-Vide, J. & Moreno-García, M.C. (2020). Probability values for the Intensity of Barcelona's Urban Heat Island (Spain). *Atmospheric Research*, 240, 104877. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104877

Martín-Vide, J. & Moreno-García, M.C. (2024): Unas notas sobre la emergencia climática: ciudades y salud. *GeoUERJ*, 46, e87631. https://doi.org/10.12957/geouerj.2024.87631

Moreno-García, M.C. (2022). El clima urbano ideal ¿realidad o ficción? En: Martínez Cárdenas, R. et al (coord.), *Leyendo el Territorio. Homenaje a Miguel Ángel Troitiño* (p.112-117). Guadalajara: Universidad de Guadalajara (México).

Moreno-García, M.C. & Baena, I. (2019). The microclimatic effect of Green Infrastructure (GI) in a mediterranean city: the case of the urban park of Ciutadella (Barcelona, Spain). *Arboriculture & Urban Forestry*, 45(3), 100-108. https://doi.org/10.48044/jauf.2019.009

Olcina, J., Serrano-Notivoli, R., Miró, J.J. & Meseguer-Ruiz, O. (2019). Tropical nights on the Spanish Mediterranean coast, 1950-2014. *Climate Research*, 78(3), 225–236. https://doi.org/10.3354/cr01569

Rueda, S. (2025). *503 supermanzanas.* Barcelona: Anagrama.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE FACTORES QUE CONTROLAN LA DISPERSIÓN DE UNA ESPECIE EXÓTICA INVASORA (*NEURADA PROCUMBENS*) EN UN CAMPO DE DUNAS ÁRIDO EXPUESTO A USOS TURÍSTICOS CONTINUADOS

EMILIO MEDINA-LORENZO[1]

ANTONIO IGNACIO HERNÁNDEZ-CORDERO[2]

LEVÍ GARCÍA-ROMERO[3]

LUIS HERNÁNDEZ CALVENTO[4]

Filiación institucional: Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas (ES),
[1] emilio.medina@ulpgc.es, https://orcid.org/0009-0004-1926-0520; [2] hernández.cordero@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-8373-9235; [3] levi.garcia@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-4985-9073; [4] luis.hernandez.calvento@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-4948-7230.

Abstract: The Maspalomas Special Natural Reserve is an arid transgressive dune field located around the main tourist area of Gran Canaria (Spain) and, therefore, subjected to considerable anthropic pressure associated with the uses that come with urban-tourist development. Since the last century, the expansion of an exotic invasive plant species (*Neurada procumbens*) of heliophilous-psammophilous ecology linked to stabilized sand areas and epizoochorous dispersion has been observed. This species was presumably introduced into the system attached to the extremities of dromedaries brought to the south of the island for agricultural work between the late 19th and early 20th centuries. In this regard, a diachronic study conducted in 2023 confirmed a solid invasive behavior manifested by its presence outside its previous distribution area and by the increase in its abundance since 2007, the date of the previous study on the taxon. This work aims to determine the relationships between different eco-anthropic factors and the detected levels of expansion. The methodology was based on to calculate the paths network density, vegetation density, and the sedimentary budgets experienced in the specie's distribution area using geographic information systems. Finally, these variables are statistically related to the levels of expansion obtained between 2007 and 2023. The results suggest that there are correlations between the levels of taxon expansion, the density of existing trails in the natural reserve, sediment dynamics, and vegetation cover.

Keywords: invasive exotic species; informal trails; touristic pressure; arid aeolian sedimentary system; GIS.

1. Introducción

La Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas, ubicada en el extremo sur de la isla de Gran Canaria (España), acoge un campo de dunas transgresivo sectorizado en diferentes unidades, dependiendo de su dinámica sedimentaria eólica, y hábitats y especies fuertemente adaptados a sus condiciones ecológicas. Este espacio, protegido bajo la categoría de Reserva Natural Especial, se encuentra integrado en la Red Natura 2000 como Zona Especial de Conservación (ZEC) y presenta distintos tipos de hábitats de interés comunitario (Hernández-Cordero *et al.*, 2015a). No obstante, el espacio también se haya sometido a una considerable presión antrópica por haber quedado integrado en el crecimiento urbano-turístico experimentado en esa parte de la isla (Hernández-Calvento, 2006; Hernández Cordero et al., 2019). Además de la propia afluencia de turistas, las edificaciones turísticas han interferido en la dinámica natural del sistema, al alterar la dinámica eólica y, con ello, el transporte sedimentario eólico, fuertemente ligados al régimen de vientos alisios provenientes del primer y segundo cuadrantes (Máyer-Suárez *et al*, 2012).

Además del gran número de estudios que se han llevado a cabo en las últimas décadas sobre la problemática socioambiental que afecta a este territorio (García-Romero *et al.*, 2016; Peña-Alonso *et al*, 2019), en lo que respecta específicamente a su medio natural, se han investigado las biocenosis presentes en el espacio (Hernández-Cordero *et al.*, 2015a) y se han realizado estudios corológicos de las especies vegetales nativas e invasoras presentes en la reserva natural (Hernández-Cordero *et al*, 2015b; Medina-Lorenzo *et al.*, 2023), de los que se deriva que el taxón *Neurada procumbens* es el que muestra uno de los comportamientos invasores más consolidados y agresivos.

Este taxón, procedente de la franja desértica subtropical del NE de África y Arabia (Turki, 2008), llegó a la ZEC supuestamente adherido a las extremidades de los dromedarios transportados a la isla para su empleo en labores agrícolas entre finales del s. XIX y principios del XX (Sunding, 1972). Desde entonces, su expansión se ha consolidado en el área de estudio, especialmente en su zona NO, donde el transporte sedimentario eólico se ha visto reducido, lo que ha favorecido la presencia y dispersión de ejemplares (Kadmon, 1997; Hegazy *et al*, 2014). Dada la morfología de sus frutos y semillas, el taxón está adaptado a la dispersión zoócora, por lo que se considera la potencialidad de una dispersión antropocórica en la ZEC.

El presente trabajo parte de la hipótesis de que los distintos niveles de expansión del taxón detectados en el ámbito de estudio pueden estar influidos por el tránsito de visitantes en zonas que, además, están restringidas al uso público, según el plan de gestión de la reserva natural especial. Se pretende, mediante la aplicación de análisis espaciales con sistemas de información geográfica (SIG), contrastar los factores eco-antrópicos que pueden influir en la expansión de la planta hacia nuevas áreas en la ZEC.

2. Materiales, datos y métodos

Para desarrollar esta investigación se realizó: i) estudio corológico de los niveles de abundancia de *Neurada procumbens* entre 2007 y 2023; ii) cartografía de la red senderos utilizados por los turistas y cálculo de su densidad; (iii) cálculo del balance sedimentario experimentado en ese periodo; iv) cálculo de las variaciones experimentadas en la densidad vegetal en el área de distribución del taxón;

v) análisis espacial y correlación de las variables calculadas (evolución de la abundancia del taxon, densidad de caminos, densidad de vegetación y balance sedimentario).

2.1. Estudio corológico según niveles de abundancia de *Neurada procumbens*.

Se realizaron 6 campañas de campo que cubrieron la totalidad de la ZEC y se recogieron los datos de abundancia del taxón en cuadrículas de 100x100 m. conforme a la metodología propuesta por Panareda (2000), que clasifica los valores de abundancia en tres niveles (taxón localizado, frecuente o abundante). Estos niveles de abundancia fueron contrastados con los detectados en un estudio de 2007 sobre la vegetación en la ZEC (Medina Santamaría *et al.*, 2007), realizado con la misma metodología y con las mismas cuadrículas, de modo que las variaciones en la abundancia fueron codificadas en las 9 categorías resultantes de la combinación de los valores obtenidos en ambos estudios para cada cuadrícula.

2.2. Análisis de la densidad de la red de senderos.

En un SIG se digitalizó, mediante una geometría de polilíneas, la red de senderos oficiales e informales (trazados por los usuarios-turistas de forma ilegal), utilizando las ortofotos más próximas a los años en los que se realizaron los estudios corológicos de referencia (2006 y 2023). Estas ortofotos tienen una resolución de 10 cm/píxel (Grafcan, 2023). Finalmente se calculó la densidad de senderos y de nodos entre éstos mediante el método de Kernel, y se desarrollaron sendos modelos de diferencias entre sus densidades.

2.3. Análisis de la dinámica sedimentaria.

Se utilizaron las hojas coincidentes con la zona de expansión del taxón correspondientes con los vuelos LiDAR obtenidos del centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) disponibles para las fechas más próximas a la realización de las cartografías corológicas (2009 y 2023). A partir de ambos productos, se obtuvieron los modelos digitales de elevaciones (MDE, filtrando por el código 2: ground) con una resolución espacial de 1m^2/píxel. Finalmente, con ambos MDEs se generó un modelo digital de diferencias de altitud (DoDs, por sus siglas en inglés), que se utilizó como indicador de la dinámica sedimentaria eólica.

2.4. Análisis de la densidad de la vegetación.

Dada las características heliófilas y psamófilas del taxón se calculó la densidad de vegetación (en 2007 y 2023) aplicando el método para el cálculo de la densidad de vegetación en sistemas eólico-sedimentarios áridos (García-Romero *et al*, 2018). Finalmente, a partir de ambos modelos digitales de densidad de vegetación se realizó también un modelo digital de diferencias para el análisis de la evolución de la densidad de la vegetación. Análisis espacial y estadístico.

Solo se utilizaron en esta investigación las cuadrículas que se encuentran completamente dentro de la ZEC (109), dadas las diferentes condiciones ecológicas de las áreas contiguas por la intensa antropización del territorio. Para asignar a nivel espacial un valor de las variables analizadas a cada

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

cuadrícula se calcularon estadísticas zonales (tabla 2). Se analizaron los valores de densidad máximos, mínimos, sus medias y sus desviaciones estándar mediante el software de análisis estadístico SPSS. Se correlacionaron mediante análisis bivariados mediante el método Pearson's todos los estadísticos de cada variable analizada por parcela, mostrándose en la tabla 2, únicamente aquellas correlaciones obtenidas.

3. Resultados

3.1. Distribución de Neurada Procumbens a través de estudio corológico.

De las 417 cuadrículas en las que se dividió la ZEC, el taxón se identificó en 149, lo que supone un incremento de 60 cuadrículas entre 2007 y 2023. La expansión se produce principalmente en sentido meridional, si bien se ha identificado al taxón en las proximidades de un ambiente singular como es la laguna costera presente en la ZEC, así como en ambas playas (Maspalomas y playa de El Inglés). La diferencia entre los valores de abundancia se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Codificación de la variación de los niveles de abundancia en relación con el número de cuadrículas.

Abundancia 2007	Abundancia 2023	Codificación	Número de cuadrículas
0	1	1	34
1	1	2	4
2	2	3	12
1	2	4	13
2	3	5	30
0	2	6	19
1	3	7	6
3	3	8	21
0	3	9	7

Fuente: elaboración propia.

Tan solo se ha identificado una cuadrícula con descenso de la abundancia en el periodo de estudio (de 1 a 0), coincidente con una zona en la que se ha producido uno de los tres mayores avances de dunas.

3.2. Evolución de la red de senderos.

Para el año 2006, se detectaron 111.681 metros de senderos con 13.261 bifurcaciones a una media de 16,5 metros entre ellas, mientras que, para el año 2023, frente a los 6.406 metros de recorrido oficiales, se han cartografiado aproximadamente 97.500 metros de sendas informales, con un total de 103.900 metros de sendas. Se han generado un total de 10.710 bifurcaciones, con recorridos medios entre ellas en torno a 17 metros, lo cual deja patente la gran proliferación de itinerarios alternativos.

3.3. Comportamiento de la dinámica sedimentaria.

La mediana obtenida del DoD es de 0,04 metros de diferencia, lo que indica que la mayor parte del área de estudio es estable en cuanto al balance sedimentario. No obstante, se han identificado dos grandes áreas y una menor, en las cuales se identifican geoformas propias de sistemas móviles, en las que se han producido balances sedimentarios mayores a 9 metros. Las zonas donde se supera una diferencia de 0,5 metros de altitud suponen aproximadamente una cuarta parte del total, correspondiéndose la mayor parte con balances negativos.

3.4. Evolución de la densidad de vegetación.

Se han producido cambios significativos de la densidad vegetal en un 14,3% de la zona de expansión de *Neurada procumbens*. Solo en un 6,7% se han producido incrementos de la densidad, mientras que en un 10% se han producido reducciones de la cobertura vegetal.

3.5. Análisis estadístico.

A partir de la selección de las cuadrículas en las que se han producido incrementos en la abundancia de *N. procumbens* (60 cuadrículas), se obtuvo una correlación significativa entre los valores de incremento de la densidad, la máxima densidad de senderos en los dos años de análisis por cuadrícula, los valores mínimos de dinámica sedimentaria eólica y los valores mínimos de densidad de vegetación (tabla 2).

Tabla 2: análisis de correlación de Pearson de las variables analizadas con los valores de incremento de densidad de *N. procumbens*. El asterisco indica que la correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

	Máximo de senderos	Mínima dinámica sedimentaria	Mínima densidad de vegetación
Correlación de Pearson	,270*	,309*	,278*
Significancia (bilateral)	0,34	0,14	0,29
Nº de cuadrículas	62	62	62

Fuente: elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Se ha detectado que las cuadrículas en las que se produce un incremento de la abundancia superan a aquellas en las que las poblaciones de *N. procumbens* se mantienen estables, mientras que solo se ha detectado un descenso de la abundancia en una cuadrícula, ubicada en una zona en la que se produce mayor transporte sedimentario eólico. Se han obtenido correlaciones significativas entre los valores de incremento de la abundancia del taxón exótico invasor y los valores máximos de sendas por cuadrícula, los mínimos de transporte sedimentario eólico y las mínimas densidades de vegetación. Se considera oportuno realizar en el futuro análisis desglosados según valores de incremento y que analicen también las parcelas en las que las poblaciones de *N. procumbens* se mantienen estables.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2021-124888OB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación/Agencia Estatal de Investigación/10.13039/501100011033 y por "FEDER Una manera de hacer Europa" y del proyecto de convocatoria pública precompetitiva PRECOMP01 SD-24/03, financiado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Emilio Medina-Lorenzo es estudiante predoctoral con un contrato financiado por la Consejería de Universidades, Ciencia e Innovación y Cultura del Gobierno de Canarias y cofinanciado por el Fondo Social Europeo Plus. L. García-Romero es contratado postdoctoral Catalina Ruiz (APCR2022010005).

5. Referencias bibliográficas

García-Romero, L., Hernandez-Cordero, A. I., Hernández-Calvento, L., Espino, E. P. C., & López-Valcarcel, B. G. (2018). Procedure to automate the classification and mapping of the vegetation density in arid aeolian sedimentary systems. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42(3), 330-351.

García-Romero, L., Hernández-Cordero, A. I., Fernández-Cabrera, E., Peña-Alonso, C., Hernández-Calvento, L., & Pérez-Chacón, E. (2016). Urban-touristic impacts on the aeolian sedimentary systems of the Canary Islands: conflict between development and conservation. *Island Studies Journal*, 11(1), 91-112. GRAFCAN (2023). *Cartográfica de Canarias S.A*. Gobierno de Canarias. https://www.idecanarias.es/listado_servicios/ortofoto-territorial.

Hegazy, A. K., Alatar, A. A., Khan, M. A., & Lovett-Doust, J. (2014). Interaction between “safe sites” and “safe sides” for germination of Neurada procumbens (*Neuradaceae*) in the Middle East. *Folia Geobotanica*, *49*, 175-192.

Hernández Calvento, L. (2006): *Diagnóstico sobre la evolución del sistema de dunas de Maspalomas (1960-2000)*. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria.

Hernández-Cordero, A. I., Gracia Prieto, F. J., Hernández-Calvento, L., Pérez-ChacónEspino, E. & Alonso, I. (2015a). Proposal for new EU habitats associated with coastal dune fields of the Macaronesian region. A case study in the Canary Islands (Spain). *Journal of Coastal Conservation*, 19, 213-225.

Hernández-Cordero, A. I., Pérez-Chacón Espino, E. & Hernández-Calvento, L. (2015b). Vegetation, distance to the coast, and aeolian geomorphic processes and landforms in a transgressive arid coastal dune system. *Physical Geography*, 36(1), 60-83.

Hernández-Cordero, A. I., Peña-Alonso, C., Hernández-Calvento, L., Ferrer-Valero, N., Santana-Cordero, A. M., García-Romero, L. & Pérez-Chacón Espino, E. (2019). Aeolian sedimentary systems of the canary islands. En J. A. Morales (ed.), *The Spanish Coastal Systems: Dynamic Processes, Sediments and Management*, 699-725.

Kadmon, R. (1997). Neighbor competition modifies demographic responses of desert dune annuals to gradients in sand stability. *Journal of Arid Environments*, *36*(4), 557-564.

Máyer Suárez, P., Pérez-Chacón Espino, E., Cruz Avero, N., & Hernández-Calvento, L. (2012). Características del viento en el campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, islas canarias, España). *Nimbus (*Almería*)*.

Medina Lorenzo, E. J., Martínez Pérez, M. & Hernández-Cordero, A. I.,(17-21 de julio de 2023). *Estudio corológico de los taxones Maireana brevifolia y Neurada procumbens en la ZEC Dunas de Maspalomas aplicado a la gestión y control de especies exóticas invasoras*. Actas de Congreso SEBiCoP, 2023.

Medina Santamaría, R., Camus Braña, P., Requejo Landeira, S., Luque Escalona, A., Alonso Bilbao, I., Hernández Calvento, L., Hernández Cordero, A., Sánchez Pérez, I., Martín García, J. A., Hernández Zerpa, H., Sentís Hernández, M. & Bustos León, R. (2007). *Estudio integral de la playa y dunas de Maspalomas (Gran Canaria)*. Universidad de Cantabria, Universidad de Las Palmas de Gran canaria y Dirección General de Costas.

Panareda, J. M. (2000). Cartografía y representación fitogeográfica. In *Metodología y práctica de la Biogeografía* (pp. 273-316).

Peña-Alonso, C., García-Romero, L., Hernández-Cordero, A. I., & Hernández-Calvento, L. (2019). Beach vegetation as an indicator of human impacts in arid environments: Environmental conditions and landscape perception in the Canary Islands. *Journal of environmental management*, *240*, 311-320.

Sunding, P. (1972). The vegetation of Gran Canaria. Skr. Norske Vidensk. Akal., Oslo. I. Mate.-*Naturv. Kl., Suplemment* 29. 186 pp.

Turki, Z. (2008). Neuradaceae JG Agardh in Egypt. *Acta Botanica Hungarica, 50*(3-4), 417-422.

PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO-DESASTRE: APRENDIZAJES A PARTIR DE LA DANA DEL 29 DE OCTUBRE

CARME MELO ESCRIHUELA[1]

LUÍS DEL ROMERO RENAU[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universitat de València e Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, carme.melo@uv.es, https://orcid.org/0000-0002-4288-0478*

[2]*Departamento de Geografía, Universitat de València e Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Av. Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), luis.romero@@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-5620-9979*

Abstract: This research analyzes the territorial impacts of the floodings resulting from the DANA (acronym for high-altitude isolated depression) which, on 29th October 2025, devastated some of the Southern neighbourhoods of the city of Valencia, Spain, as well as its metropolitan area. The study develops an innovative conceptual and theoretical framework combining a political ecology perspective with the notion of socio-natural metabolism and the thesis of the social construction of space. From this approach, a territorial diagnosis is made in order to undertake a genealogy of social vulnerability that explains the dramatic consequences of the DANA in the *Horta Sud* region and the way these relate to social inequalities. Afterwards, using discourse analysis, the focus is placed on what is produced by the disaster and the social process of construction of the risk-disaster process in order to identify which actors have emerged or been transformed as a result of such process and what kinds of solutions and positions have been advocated by them. This research highlights the different forms of solidarity and mutual aid spontaneously emerged in civil society, outside the state mechanisms. Finally, a proposal based on the degrowth paradigm is made to mitigate the impacts of the floodings and prevent future similar phenomena.

Keywords: Valencia, DANA floods, political ecology, socionatural metabolism, risk, disaster.

1. Introducción

El 29 de octubre la provincia de Valencia fue golpeada por una DANA de consecuencias devastadoras en cuanto a daños y número de víctimas. Se trata de un episodio hidro-meteorológico sin precedentes en términos de intensidad, en un territorio que históricamente ha experimentado múltiples riadas, inundaciones y avenidas. Las lluvias extremas que, según datos registrados por las estaciones meteorológicas de AEMET y AVAMET, superaron en buena parte del territorio los 550mm, llegando a alcanzar los 722mm en el municipio de Turís, provocaron el desbordamiento de las cuencas de la rambla del Poio y los ríos Magre y Túria. En este trabajo nos centramos en la comarca de *l'Horta Sud*, en el área metropolitana de Valencia, por ser uno de los territorios afectados donde mayores daños se han producido debido a la extraordinaria crecida de la rambla del Poio y donde ha habido un mayor número de víctimas mortales. La hipótesis de la que partimos y que nos ha motivado a realizar este estudio es que las dinámicas urbanas y territoriales implementadas en *l'Horta Sud* desde la década de 1970 han hecho que un territorio de por sí expuesto a sufrir fenómenos naturales extremos como las inundaciones, haya aumentado su vulnerabilidad ante los riesgos naturales y climáticos y, por tanto, la de sus habitantes. Más concretamente, nuestro trabajo desarrolla la idea de que el modelo de desarrollo impuesto sobre este territorio densamente poblado y conurbado, con grandes infraestructuras logísticas y de transporte, polígonos industriales y centros comerciales, y que presenta altos niveles de pobreza y desigualdades sociales, ha producido un espacio de riesgo-desastre. El objetivo de esta investigación es mostrar cómo se ha creado ese espacio de riesgo-desastre mediante una geohistoria, en términos de Braudel, que incluye el análisis de su evolución natural desde las últimas glaciaciones y su íntima relación con la producción social de espacios. Para ello se realiza un análisis geomorfológico y de la evolución de la ocupación y los usos del suelo, y una cartografía de la vulnerabilidad pre-DANA y post-DANA.

2. Marco teórico: ecología política del riesgo-desastre y metabolismo socionatural

Para diagnosticar cómo se ha construido geohistóricamente el espacio de riesgo-desastre y cómo se han desarrollado las condiciones de vulnerabilidad que determinan la magnitud de las consecuencias de fenómenos naturales como las inundaciones, se adopta una perspectiva propia de la ecología política urbana según la cual "los desastres son el resultado de la acumulación sociohistórica de determinadas condiciones de vulnerabilidad socioambiental, que junto a las amenazas naturales o antropogénicas, hacen posible el riesgo y el desastre" (Castillo, 2018: 5). Bajo esta óptica, los desastres no son eventos excepcionales que se dan a gran escala y de manera aislada, sino que son producto de un contexto histórico concreto, el "resultado predecible" (Claus et al, 2017: 293) de un determinado sistema económico, social y político. Así, los desastres son "acontecimientos reveladores" (Claus et al, 2017: 291) que ponen de manifiesto las relaciones subyacentes entre medio ambiente, cultura, política y poder, rompiendo la dicotomía naturaleza-cultura que informa las epistemologías dominantes en el Norte Global y que retrata los desastres como factores naturales independientes de la intervención humana.

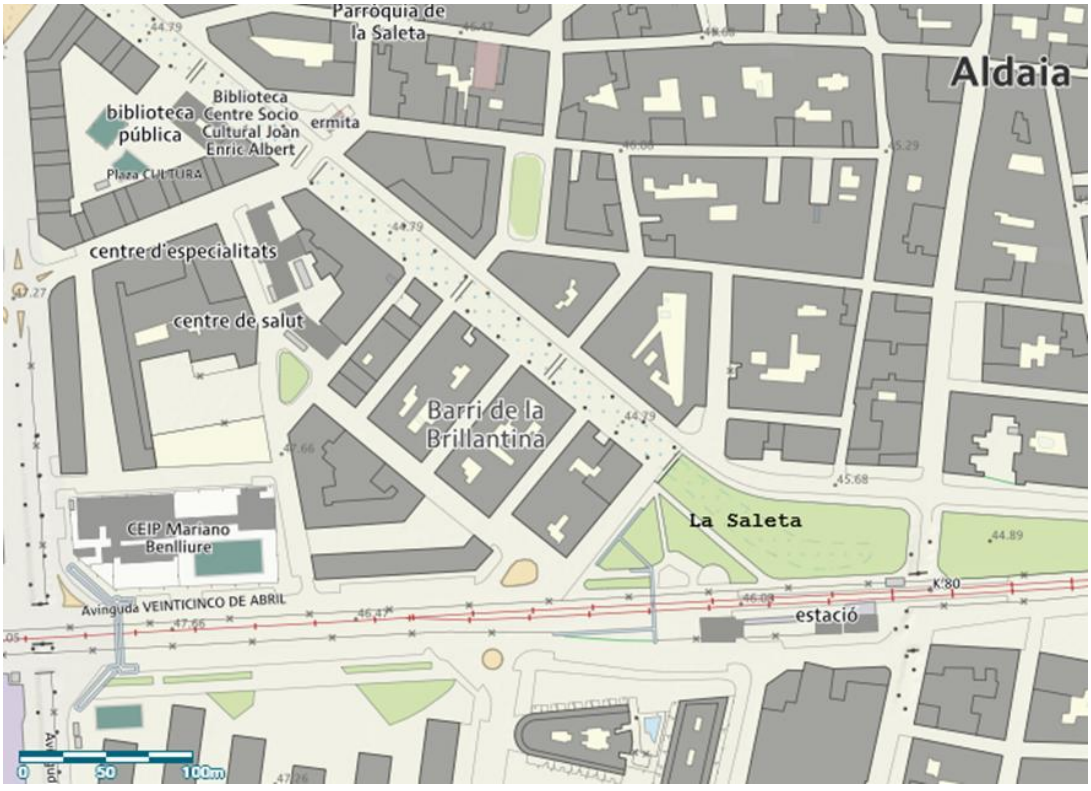
Para completar nuestro análisis del proceso de riesgo-desastre en el caso concreto de la DANA y en relación con nuestra área de estudio, los municipios afectados en la comarca de *l'Horta Sud*, en el área metropolitana de Valencia, consideramos pertinente introducir un concepto propio de la ecología política urbana: el metabolismo socionatural. Este término alude al vínculo entre los humanos y la naturaleza, consecuencia de la ocupación del espacio, las actividades productivas y la producción de desechos

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

(Cartagena, 2008). Este vínculo estaría constituido por el intercambio de flujos físicos, de materia y energía, entre una sociedad y su medio ambiente, es decir, las acciones mediante las que los seres humanos "se apropian, producen, circulan, transforman, consumen y excretan, productos, materiales, energía y agua, provenientes del mundo natural" (Toledo et al, 2002: 22, en Cartagena, 2008: 85). El concepto de metabolismo socionatural nos permite conectar la visión del riesgo-desastre propia de la ecología política con las ideas que este enfoque ha desarrollado acerca de la producción del espacio urbano.

Según el geógrafo belga, Erik Swyngedouw, "la ciudad y lo urbano son una red de procesos entrelazados que son al mismo tiempo humanos y naturales, reales y ficticios, mecánicos y orgánicos"; constituyen un "híbrido socionatural…lleno de contradicciones, tensiones y conflictos" (1996). La urbanización del agua es para Swyngedouw un ejemplo de metabolismo socionatural. En primer lugar, porque el embalse, trasvase, canalización y contaminación del agua son acciones fundamentales para su mercantilización y consumo. En segundo lugar, porque se aprovecha para construir en territorios históricamente "robados" al agua, lo que se traduce en un aumento de la exposición al riesgo debido a esos procesos de urbanización. Un ejemplo de metabolismo socionatural del ciclo del agua y, al mismo tiempo, producción social en términos lefebvrianos de territorios de riesgo-desastre es el caso del barranco de La Saleta, cuya rápida crecida generó algunos de los mayores impactos de la DANA. Este barranco atraviesa los municipios de Quart de Poblet, Aldaia, Alaquàs y Xirivella. En Aldaia su cauce se pierde, por lo que termina desembocando en una densa área urbana, tal como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1: Mapa topográfico del núcleo urbano de Aldaia en la desembocadura del Barranc de La Saleta.



Fuente: Elaboración propia.

En línea con los estudios críticos sobre desastres, la parte final de este trabajo atiende a la dimensión "discursiva" (Claus et al, 2017: 292) y "subjetiva" (De Alba y Castillo, 2014) de los desastres: ¿quién determina qué es un desastre?, ¿quiénes son las víctimas y cómo se ha de actuar para reparar las consecuencias?, ¿cómo perciben y definen el riesgo-desastre los distintos grupos y actores y cómo responden al mismo? Como señalan Claus et al (2017), los desastres evidencian preocupaciones, valores y percepciones comunes a los distintos grupos sociales; a menudo son puntos de inflexión que pueden desencadenar cambios en las prioridades y objetivos sociales. De este modo los desastres producen acción y agencia política. Las conclusiones de esta sección final del trabajo ponen de manifiesto las relaciones de poder presentes en los procesos de gestación del riesgo-desastre objeto de estudio.

3. Materiales, datos y métodos

El área de estudio incluye los 18 municipios de la comarca de *l'Horta Sud* afectados por la DANA. Según datos del censo de 20024, la población del área estudio supera los 490.000 habitantes. El diagnóstico de la evolución de la construcción del riesgo se basa en un análisis geomorfológico de la construcción natural del territorio objeto de estudio y en una aproximación cartográfica a la evolución de los usos del suelo. Para ello, se toman como punto de partida los mapas geomorfológicos de la rambla del Poio publicados en trabajos sobre avenidas acaecidas con anterioridad en esta cuenca (Camarasa, 1990). A partir de esta cartografía, se analizan los impactos de la evolución de los usos del suelo mediante Sistemas de Información Geográfica y el análisis de cartografías temáticas de usos del suelo, teniendo en cuenta las investigaciones existentes sobre los usos del suelo y las transformaciones en las cubiertas superficiales en el área metropolitana de Valencia (Pascual, 2004).

El análisis de la vulnerabilidad pre-DANA y post-DANA introduce el factor socioeconómico en este estudio. Para el diagnóstico de las condiciones sociales y económicas del área de estudio se emplea un enfoque cartográfico con el objetivo de identificar indicadores de vulnerabilidad social. El enfoque utilizado se basa en los estudios que muestran cómo las catástrofes no tienen lugar en el vacío, sino que se producen en espacios en los que se ya se verificaban procesos de desigualdad acumulada (Gutiérrez-Montes et al, 2012; Ge, Dou y Liu, 2017). Partiendo de la literatura sobre vulnerabilidad climática, se han seleccionado las siguientes variables: renta neta media por hogar, porcentaje de personas mayores de 65 años, densidad demográfica, proporción de población extranjera, nivel educativo, tasa de desempleo y hogares unipersonales. Utilizando los datos del Instituto Nacional de Estadística se realiza una representación cartográfica de la vulnerabilidad frente al riesgo climático a escala de sección censal.

La investigación acerca de la vulnerabilidad post-DANA se basa en datos obtenidos a partir de artículos de prensa e información compartida en diversos canales de *telegram* y grupos de *whatsapp* y un análisis y depuración de miles de mensajes de personas afectadas de uno u otro modo por la DANA. A partir de estos datos se realiza una aproximación cartográfica a las zonas desde donde se hicieron llamadas para pedir ayuda durante y después de la DANA y a las zonas en las que ha habido más víctimas mortales. Asimismo, se analizan los perfiles de las víctimas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Resultados

El análisis exploratorio de la vulnerabilidad pre-DANA confirma que nos encontramos ante un territorio densamente urbanizado y muy desigual desde el punto de vista social y económico, donde existen municipios que presentan niveles bajos y medios de renta y que se no se encuentran dentro de la cromatografía oficial del riesgo del Plan de Acción Territorial frente al Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA). Ello pone de manifiesto la dimensión territorial de la vulnerabilidad y nos indica que la producción del espacio de riesgo-desastre no responde solamente a características físicas del territorio sino que depende de factores sociales, económicos y culturales que han de ser analizados en perspectiva histórica.

En cuanto a la vulnerabilidad post-DANA, el trabajo muestra que existen ciertos patrones espaciales y sociales sobre los daños y víctimas de la DANA: personas mayores viviendo en bajos residenciales, adultos que fueron a buscar su coche, personas atrapadas en sus coches cuando regresaban del trabajo. Por otra parte, se han identificado personas de edad avanzada, personas con diversidad funcional, enfermas, extranjeras/migrantes, que ya acumulaban diversas vulnerabilidades con anterioridad a la DANA. Así, el análisis cartográfico realizado superpone el mapa de localización de víctimas con los mapas de vulnerabilidad socioeconómica, completando de este modo el retrato de un territorio, el de la cuenca baja del barranco del Poio, que presenta diversas vulnerabilidades históricas acumuladas.

Aplicando una perspectiva discursiva y subjetiva de la producción del riesgo-desastre, la investigación identifica qué actores emergen, prestando especial atención a los actores gubernamentales (alcaldes y alcaldesas de los municipios afectados, representantes del gobierno autonómico, Confederación Hidrográfica del Júcar), ciudadanía y sociedad civil autoorganizada, y atendiendo a las relaciones entre el Estado y la ciudadanía. Se recogen las distintas formas de intervención institucional, entre ellas, las soluciones técnicas de infraestructura gris, como el desvío del barranco de la Saleta hacia el canal del nuevo cauce del Túria, una medida que, previsiblemente, tendrá futuros impactos y profundizará aún más en la depredación territorial y la artificialización, creando nuevos metabolismos urbanos.

La investigación muestra cómo el desastre de la DANA ha hecho emerger distintas formas de solidaridad y ayuda mutua (como el voluntariado espontáneo no organizado, los grupos de vecinos y vecinas organizados a pie de calle y las plataformas que ponen en contacto a personas y escuelas afectadas por la DANA con necesidades materiales y de prestación de servicios con personas y empresas que pueden ofrecerlos) y cómo ha resultado en nuevas formas de activismo, ciudadanía y empoderamiento social (por ejemplo, mediante la creación de Comités Populares de Reconstrucción y Emergencia (en localidades como Benetússer, Catarroja, La Torre y el Parque Alcosa).

Por otra parte, utilizando la perspectiva de la ecología política, se indaga acerca de para quién ha sido, y sigue siendo, útil el desastre. Por ejemplo, para minimizar el riesgo de futuras avenidas del barranco de la Saleta, se propone desde las instituciones una solución técnica, de infraestructura gris: su desvío hacia el canal del nuevo cauce del Túria. Esta medida previsiblemente tendrá futuros impactos y profundizará aún más en la depredación territorial y la artificialización, creando nuevos metabolismos urbanos.

5. Conclusiones

A partir de una concepción del riesgo-desastre como fenómeno socio-político, más allá de las transformaciones ambientales, el presente trabajo muestra cómo las inundaciones son fenómenos complejos, resultado de una multiplicidad de factores espaciales, sociales, políticos, ambientales y culturales. La investigación resalta el modo en que la DANA afectó principalmente a áreas densamente pobladas y subraya la conexión entre sus impactos y las condiciones preexistentes de vulnerabilidad acumulada. La construcción de territorios densos y con esquemas urbanísticos totalmente ajenos a la normativa sobre el riesgo de inundación hizo que, precisamente, en barrios en los que se verifican los atributos a los que se refieren las variables utilizadas en este estudio hubiera un calado alto de la inundación.

6. Referencias bibliográficas

Camarasa, A. (1990). Génesis de avenidas en pequeñas cuencas semiáridas. *Cuadernos de Geografía,* 48. https://doi.org/10.7203/CGUV.14904

Cartagena, R. (2008). Apuntes sobre el metabolismo socio-natural y los conflictos ambientales. *Revista Centroamericana de Ciencias Sociales (RCCS)*, 5 (2): 81-107.

Castillo, O. A. (2018). *"Al filo del agua" Hacía una ecología política urbana de las inundaciones: los casos de Ecatepec de Morelos y de Nezahualcóyotl*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Claus, C.A. et al. (2017). Disaster, degradation, dystopia. En R.L. Bryant (Ed.), *The International Handbook of Political Ecology* (pp. 291-304). Edward Elgar.

De Alba, F. y Castillo, O. A. (2014). *Revista de Direito da Cidade*, 6 (1). https://doi.org/10.12957/rdc.2014.10967

Ge, Y., Dou, W., & Liu, N. (2017). Planning resilient and sustainable cities: Identifying and targeting social vulnerability to climate change. *Sustainability*, 9(8). https://doi.org/10.3390/su9081394

Gutiérrez-Montes, I.A. et al (2012). Vulnerabilidad social ante el cambio climático: retos y propuestas de políticas desde un enfoque de equidad social. *Policy Brief*, 38. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8613

Pascual, J.A. (2004). Dinámica reciente de usos del suelo en el continuo metropolitano de Valencia (1956-1998). *Cuadernos de Geografía*, 76. https://doi.org/10.7203/CGUV.14415

Swyngedouw , E. (1996). The city as a hybrid—on nature, society and cyborg urbanisation. *Capitalism, Nature, Socialism*, 7 (1): 65 – 80.

Visor GVA (2025). Mapa topográfico de la Comunitat Valenciana. https://visor.gva.es/visor/

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA Y REDES SOCIALES. LA DANA DE VALÈNCIA DEL 29/10/2024

JOAN CARLES MEMBRADO-TENA[1]

JAVIER BERENGUER-SALA[2]

JORGE HERMOSILLA-PLA[3]

[1]*Filiación institucional: Profesor titular, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), joan.membrado@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-6961-1449*

[2]*Filiación institucional: Investigador Predoctoral, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), javier.berenguer@uv.es, https://orcid.org/0009-0007-0980-8072*

[3]*Filiación institucional: Catedrático, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), jorge.hermosilla@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-1125-2556*

Abstract: Thematic maps are very effective tools for conveying any type of relevant geographical information, such as the Cold Drop in València on 29/10/2024. This extraordinary weather event particularly affected the region of Horta Sud, both in terms of fatalities and material damage. In order to understand the volume of precipitation, the structure of the river basins, and the material and human damage caused, a series of thematic maps were produced during the first days after the Cold Drop, which were widely disseminated on social media. This was an exercise in knowledge transfer with the aim of transforming academic complexity into practical and applied knowledge through cartographic solutions that are easily understandable to society. Cartography, which is the main methodological option for geography, powerfully stimulates rational thinking in readers and enables both the analysis and synthesis of the information it contains. On the other side, social media allows the immediate dissemination of maps and, with it, a rapid response from users based on the stimuli provoked by reading them. The aim of this communication is to show the early thematic cartography of this Cold Drop which, based on data on precipitation, river basins, and land use, tried to explain the extreme phenomenon that had occurred, through its diffusion on social media.

Keywords: thematic map, social media, Cold Drop, València.

1. Introducción

Estrechamente ligada a la geografía, la cartografía es la ciencia que expresa visualmente cualquier fenómeno en su dimensión territorial. Un mapa almacena y organiza la información, estimula el pensamiento racional del lector, y posibilita tanto el análisis como la síntesis de la información, ayudando así a la toma de decisiones (Membrado-Tena, 2015). Los mapas ofrecen muchas posibilidades a los usuarios, ya que entre ambos se entabla un diálogo que permite descubrir matices y formular hipótesis, siempre que el cartógrafo haya sido capaz de representar adecuadamente el mapa desde el punto de vista didáctico y el lector haya sabido interpretar correctamente la información cartográfica relevante.

Como se ha dicho, los mapas permiten mostrar la compleja realidad de cualquier tema en su vertiente espacial: aunque no puede englobar todos los matices de los hechos reales, la cartografía sigue siendo el método más válido para mostrar los fenómenos territoriales (Sancho-Comins & Olcina-Cantos, 2021) y, por lo tanto, es la principal opción metodológica para la geografía.

La transposición de la realidad a una imagen cartográfica es el propósito que persigue el geógrafo cuando elabora un mapa. El itinerario habitual del proceso cartográfico se inicia con un viaje de ida desde la realidad al mapa y otro de vuelta desde el mapa al hecho real (Sancho-Comins, 2019). En el primer viaje, el geógrafo detecta el tema de interés y concibe una primera idea cartográfica que aplica mediante un rigor científico derivado de una determinada composición morfológica (proyección cartográfica, escala, título, leyenda, fuente) que facilita la lectura a quien lo usa, pero con un lenguaje visual que también está abierto a la creatividad del cartógrafo. En el viaje de vuelta es el usuario quien, mediante una lectura exhaustiva, asimila el mapa e, incluso, lo puede llegar a reinterpretar, detectando matices que le habían pasado desapercibidos al cartógrafo. Gracias a la agilidad de las redes sociales, dichos detalles pueden ser transmitidos velozmente al cartógrafo, que puede enmendar sus mapas si lo considera pertinente.

Para que el lector del mapa pueda comunicarse con el cartógrafo y expresarle su satisfacción por la estimulante información cartográfica recibida o, por el contrario, sus dudas y sugerencias para posibles mejoras a realizar en la representación y didáctica del mapa, las redes sociales suponen un marco eficaz y rápido de intercambio de ideas. El intercambio de información online es actualmente parte integrante de la nuestra vida y ha devenido una actividad recurrente en las redes sociales. En particular, las plataformas de redes sociales como Facebook, X (antigua Twitter), Instagram, Youtube o TikTok se han extendido por todo el mundo, atrayendo a una proporción significativa de la población mundial. Toda esta difusión virtual de la producción e intercambio de información tiene implicaciones muy específicas para la sociedad contemporánea, tanto positivas al estar informada al minuto de cualquier fenómeno, como negativas, ya que la información puede ser sesgada o falsa (Petsch et al., 2023). El uso de las redes sociales permite que las opiniones, los discursos políticos y también los mapas se difundan más rápido y más ampliamente

que nunca, sin que necesariamente se verifique la veracidad de la información (Kent, 2017).

Más allá de que cada usuario deba discernir su mayor o menor fiabilidad, no se puede negar que los mapas online en redes sociales son una excelente estrategia para difundir el conocimiento geográfico y la comprensión del espacio por parte de usuarios no necesariamente especializados. Robinson (2019) destaca que las redes sociales son un vector a través del cual las personas ahora se comunican con ideas, opiniones y noticias sobre nuestro mundo, y que los mapas juegan un papel

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

especial debido a su poder para simplificar fenómenos complejos y proporcionar contexto espacial para eventos actuales. Kent (2017) complementa esta idea al destacar que los mapas son herramientas idóneas para su difusión y consumo en redes sociales debido a su formato gráfico, que proporciona un impacto visual inmediato.

Los cambios en la tecnología cartográfica y en la disponibilidad de datos espaciales han facilitado la creación y difusión de más información en formato cartográfico y han permitido que un mayor número de personas no profesionales de la cartografía pueda realizar y subir a redes sociales sus propios mapas (Membrado-Tena, 2017; Griffin, 2020).

Este tipo de mapas de rápida difusión en redes recibe el nombre de *mapa viral* o *cartografía viral*. Robinson (2019) considera que un mapa es viral cuando alcanza una rápida popularidad a través de la difusión en las redes sociales. Para definir cuál es el límite que establece si un mapa es popular o viral hay que tener en cuenta los valores métricos en redes sociales, como por ejemplo la cantidad de comentarios en línea, y el número de visitas, reacciones y redifusiones en redes sociales (Shannon & Walker, 2020). En esta comunicación se describirán este tipo de métricas para definir el grado de viralidad de los mapas sobre la DANA del 29/10/2024 elaborados y difundidos por sus autores.

2. Materiales, datos y métodos

Los materiales para confeccionar la cartografía que aquí se presenta y analiza provienen de diversos organismos. Los datos de precipitación se han obtenido de AVAMET (2025) y de AEMET (2024). El detalle de las cuencas hidrográficas proviene de una capa cartográfica del IGN (2025). Los mapas topográficos proceden de la cartografía en línea del ICV (2025). La capa de la zona inundada por la DANA es la provisional que diseñó el Departamento de Geografía de la Universitat de València, que fue la primera que se publicó. Se obtuvo también a través de una descarga del ICV (2025).

Los métodos utilizados en esta comunicación derivan de la revisión bibliográfica y de la cartografía, mediante el programa ArcGIS de ESRI. Uno de los autores de esta comunicación, a partir de la combinación de las capas mencionadas, diseñó y difundió en redes sociales los mapas que se muestran y analizan en el capítulo de resultados.

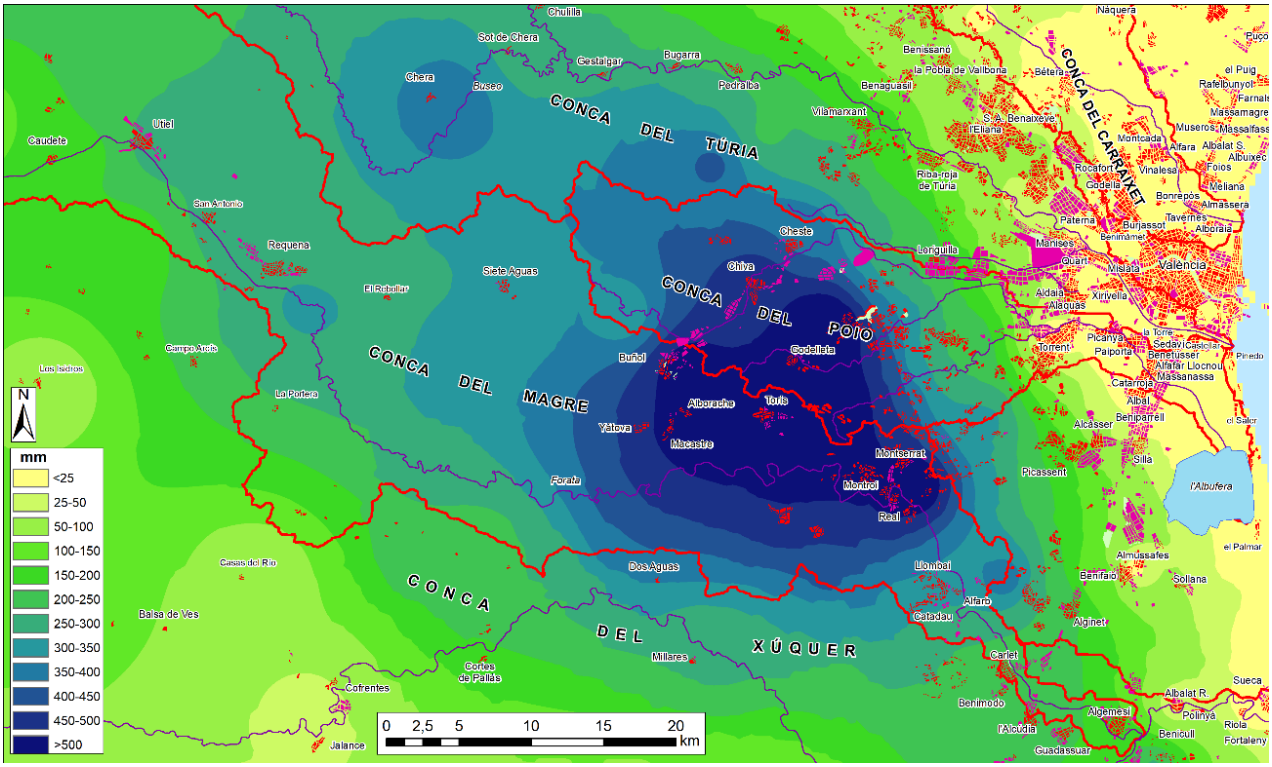
2.1. Caso de estudio

La DANA del 29/10/2024 afectó gravemente a diversos municipios que forman parte de las cuencas del Túria, Possalet-Saleta, Poio-Torrent i Magre-Xúquer. La figura 1 de esta comunicación muestra la cuenca afectada por la DANA en territorio valenciano. La figura 2 se centra especialmente en la comarca de l'Horta Sud, que fue la que sufrió más daños materiales y pérdida de vida humanas. L'Horta Sud, con 492.000 habitantes en 2024, es la tercera comarca valenciana más poblada, después de València ciudad (826.000) y l'Alacantí (521.000). Además, con 1.591 hb/km2, l'Horta Sud es también la tercera comarca más densamente poblada, después de València ciudad (6.140 hb/km2) y l'Horta Nord (1.794 hb/km2). Por otro lado, l'Horta Sud es la primera comarca valenciana por número de afiliados en la Seguridad Social dentro de la actividad industrial, con cerca de 31.700 personas empleadas en 2024. De las 228 víctimas de la DANA, 3/4 partes eran de l'Horta Sud. La figura 3 muestra la comarca de la Ribera del Xúquer, una comarca menos densa que l'Horta Sud, pero con una

notable población: 316.000 habitantes (232.000 en la Ribera Alta y 84.000 en la Ribera Baixa) y 256 hab/km2 (PEGV, 2025).

3. Resultados

Figura 1. Episodio de precipitación de la DANA 29/10/2024

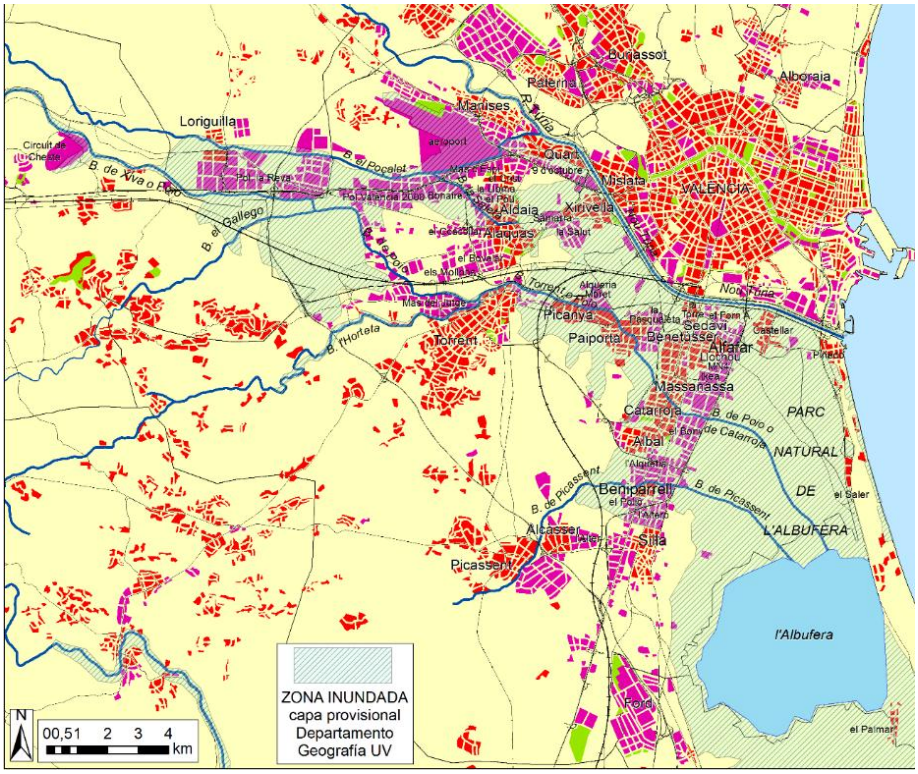


Fuente: AVAMET (2025), AEMET (2024), IGN (2025) e ICV (2025). Elaboración propia

Los tres mapas temáticos más virales en redes sociales por sus elevadas métricas corresponden a las figuras 1, 2 y 3. La figura 1 representa el volumen de precipitación caída el 29/10/2024. Fue publicada en X el 6/11/2024. Recibió 42.000 visualizaciones, 304 me gusta, 124 republicaciones, 83 preferidos y 9 comentarios (https://x.com/joan_membrado/status/1854107821089947935). La figura 2 muestra la zona inundada por la DANA en la Horta Sud. Fue publicada en X el 11/11/2024. Recibió 13.500 visualizaciones, 136 me gusta, 50 republicaciones, 25 preferidos y 8 comentarios (https://x.com/joan_membrado/status/1856054658961445116). La figura 3 cartografía la zona inundada por la DANA en la Ribera del Xúquer. Fue publicada en X el 14/11/2024. Recibió 21.100 visualizaciones, 177 me gusta, 73 republicaciones, 29 preferidos y 7 comentarios (https://x.com/joan_membrado/status/1857092438306754806).

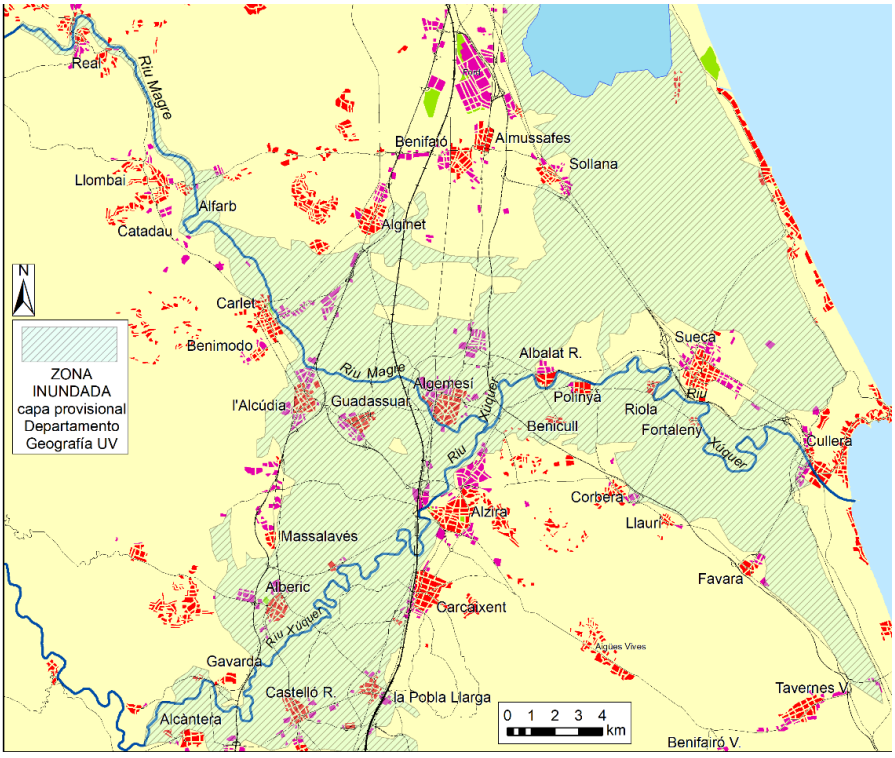
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Horta Sud. Zona inundada por la DANA del 29/10/2024.



Fuente: IGN (2025) e ICV (2025). Elaboración propia

Figura 3. La Ribera del Xúquer. Zona Inundada por la DANA del 29/10/2024



Fuente: IGN (2025) e ICV (2025). Elaboración propia

Sorprende que la figura 3 se hiciera más viral que la figura 2, teniendo en cuenta que l'Horta Sud fue mucho más afectada que la Ribera del Xúquer. Esto pudo deberse al hecho de que toda la atención mediática se centró –y sigue centrada– en l'Horta Sud, mientras que la Ribera quedó en un segundo plano. Al ver el mapa en las redes sociales de la zona afectada por la DANA en la Ribera, sus habitantes viralizaron el mapa para hacer ver en redes sociales que ellos también sufrieron graves daños materiales y humanos.

Estos tres mapas temáticos recibieron menos atención en Facebook, donde el logaritmo de difusión de republicaciones es menos eficaz que en X. Con todo, la figura 1 recibió 89 reacciones, 19 comparticiones y 28 comentarios; la figura 2 obtuvo 92 reacciones, 24 comparticiones y 11 comentarios; y la figura 3 se llevó 62 reacciones, 10 comparticiones y 1 comentario. En Instagram, usado por un público más joven interesado por la imagen y la estética y menos atento a los mapas y a las noticias de actualidad, la figura 1 recibió 43 *me gusta* y 5 comentarios, la figura 2 obtuvo 50 *me gusta* y 2 comentarios, y la figura 3 llegó a 35 *me gusta* con ningún comentario.

La lengua usada para difundir estos novedosos mapas fue el valenciano/catalán que, a pesar de ser un idioma minorizado, no fue un obstáculo para lograr una extraordinaria viralidad, ya que el lenguaje cartográfico se lee a partir de unos códigos universales que funcionan igual en todo el mundo.

4. Conclusiones

Los mapas permiten el análisis y la síntesis de la información gráfica que transmiten. El avance tecnológico de la cartográfica y la enorme disponibilidad de datos espaciales en Internet posibilitan actualmente la creación y difusión inmediata de mapas a través de las redes sociales. La peor catástrofe climática del siglo XXI en Europa por número de víctimas mortales y de daños materiales (DANA de València del 9/11/2024) fue descrita y difundida a través de algunos mapas –descritos en esta comunicación– y obtuvieron cierto grado de viralidad por redes sociales, contribuyendo a que una parte del público interesado pudiera entender mejor la causa y magnitud de la catástrofe. La viralidad de dichos mapas está lejos de alcanzar las métricas de los tuits divulgados por los influencers habituales, pero supusieron un ejercicio de transmisión de conocimiento que permitía transformar la complejidad académica al ámbito aplicado a través de soluciones cartográficas inteligibles para la sociedad.

5. Referencias bibliográficas

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) (2024): Informe sobre el episodio meteorológico de precipitaciones torrenciales y persistentes ocasionadas por una DANA el día 29 de octubre de 2024. https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/informe_episodio_dana_29_oct_2024_.pdf

AVAMET Associació Valenciana de Meteorologia (2025): https://www.avamet.org/mx-meteoxarxa.php?id=2024-10-29

Griffin, A. L. (2020). Trustworthy maps. *Journal Of Spatial Information Science*, 20. doi: https://doi.org/10.5311/JOSIS.2020.20.654

ICV (Institut Cartogràfic Valencià) (2005). https://visor.gva.es/visor/

IGN (Instituto Geográfico Nacional) (2025). *Mapa de cuencas hidrográficas*. https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/hidrografia

Kent, A. (2017). Trust Me, I'm a Cartographer: Post-truth and the Problem of Acritical Cartography. *The Cartographic Journal*, 54 (3). https://doi.org/10.1080/00087041.2017.1376489

Membrado-Tena, J. C. (2015). El lenguaje cartográfico en los mapas temáticos. *Estudios Geográficos*, 76(278), 177-201. https://doi.org/10.3989/estgeogr.201506

Membrado-Tena, J. C. (2017). La Geografía Académica frente a la Neogeografía. In *Naturaleza, Territorio y Ciudad en un Mundo Global*, Proceedings of the XXV Congreso de la AGE, Madrid, Spain. https://www.researchgate.net/publication/320892505_LA_GEOGRAFIA_ACADEMICA_FRENTE_A_LA_NEOGEOGRAFIA#fullTextFileContent

PEGV (Portal Estadístic de la Generalitat Valenciana) (2025). https://bdt.gva.es/bdt/res_optimo.php

Petsch, C., Lampert Batista, N., Altermann, F. A., Castilho, A. M., Delevati Bem, F., Kiefer, A. P., Vieira Habowski, J. T., & Borges Fernandes, J. (2023). Maps on social networks: A case study of the Viral Cartography project on Facebook and Instagram. *Revista de geografía Norte Grande*, (85), 1-18. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022023000200110

Robinson, A. C. (2019). Elements of Viral Cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 46. https://doi.org/10.1080/15230406.2018.1484304

Sancho-Comins, J. (2019). De la realidad al mapa: ¿Un proceso creativo más allá de la técnica? *Estudios Geográficos*, 80(286), 1-13. https://doi.org/10.3989/estgeogr.201922.002

Sancho-Comins, J., & Olcina Cantos, J. (2021). La cartografía temática como recurso idóneo para el conocimiento de la pandemia COVID-19: ejemplo de aplicación en España. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 91. https://doi.org/10.21138/bage.3141

Shannon, J. & Walker, K. E. (2020). Ventures into Viral Cartography: Waffle House, Educational Attainment, and the Social Life of Maps. *The Professional Geographer*, 72. https://doi.org/10.1080/00330124.2019.1653774

REVISIÓN NORMATIVA, ACTORES IMPLICADOS, MECANISMOS Y TIPOS DE PARTICIPACIÓN EN LA RESPUESTA A LA EMERGENCIA CLIMÁTICA EN REGIONES INSULARES. EL CASO DE CANARIAS

LORENA NARANJO ALMEIDA[1]

CAROLINA PEÑA ALONSO[2]

BRIANA BOMBANA[3]

ARIDANE G. GONZÁLEZ[4]

[1,2] *Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas, España, lorena.naranjo@fpct.ulpgc, https://orcid.org/0000-0001-9203-0933; carolina.pena@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-8589-0553*

[3] *LabCiutats, Estudis de Dret i Ciències Polítiques, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla de Poblenou 156, 08018 Barcelona, bbombana@uoc.edu, https://orcid.org/0000-0002-6044-3116*

[4] *Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas, España, aridane.gonzalez@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-5637-8841*

Abstract:

The Canary Islands archipelago is characterized by its outermost regional condition and the convergence of multiple scales of government and competencies. The coordination of different territorial adaptation and mitigation plans in insular territories like the Canary Islands, where the effects of the climate emergency are more intense, is of particular importance. Given the crucial role of citizen participation in the development of effective public policies, it is essential to analyze the various forms of participation involved in the formulation of these policies. This study aims to identify potential duplications and/or gaps in the European, national, and regional regulations related to climate change in the Canary Islands, as well as to analyze the presence and types of citizen participation mechanisms included in these regulations. The methodology applied is based on the search and analysis of current regulations and plans, and the identification of different types of participation and mechanisms implemented. The goal is to evaluate the degree of citizen involvement in the co-design of public policies on the climate emergency through consultations with representatives from various administrations. By identifying duplications and gaps in the regulations and territorial plans, the study seeks to clarify whether the principle of environmental democracy is being upheld to achieve adaptation and mitigation goals, ultimately aiming to optimize climate governance along the Canary Islands' coast through more active citizen participation aligned with the challenges posed by the climate emergency.

Keywords: public policies, coastal zone, citizen participation, climate emergency, governance.

1. Introducción

Ante las tendencias y proyecciones climáticas mundiales, que reflejan un aumento en la frecuencia e intensidad de desastres relacionados con el clima como grandes incendios forestales, inundaciones o sequías prolongadas (Ripple et al., 2021), numerosas organizaciones e instituciones, como Naciones Unidas y el IPCC, así como diferentes niveles de gobiernos, han declarado la Emergencia Climática. Este reconocimiento subraya la urgencia de actuar frente al desafío climático (Ruiz-Campillo, 2021) con vistas a responder eficazmente a sus riesgos e impactos. Así, ha impulsado la adopción integrada y coordinada de una estructura normativa y de instrumentos de planificación para la adaptación y la mitigación en diferentes escalas políticas y territoriales (en España: internacional, europea, estatal, autonómica y local) (Alda-Fernández, M. et al., 2024). Para ello, cobra sentido la consolidación de un sistema de gobernanza multinivel; un modelo en el que las políticas de emergencia climática son fruto de la coordinación y cooperación entre los distintos niveles de gobierno, así como entre múltiples actores implicados (Alda-Fernández et al., 2024). Se trata, por tanto, de una jerarquía formal con una red de responsabilidades compartidas que exige coherencia, coordinación e instrumentos de colaboración efectivos. Para fortalecer la gobernanza climática y el cumplimiento progresivo de los objetivos establecidos, esta coordinación debe estar integrada a la promoción de la información, la sensibilización y la participación activa de actores no gubernamentales (ONG, academia, empresas y ciudadanía) (Plaza Martín, C., 2022). De esta forma, la participación se convierte en un componente central, ya que facilita la integración de intereses desde perspectivas diferentes, asegurando una acción coordinada y legitimada. Aunque puede entenderse como un espectro que integra distintos niveles de implicación (desde la información/consulta hasta el empoderamiento pleno), esta estrategia es necesaria porque permite aunar esfuerzo, generar consensos y optimizar la implementación de políticas climáticas respondiendo a las necesidades reales de los distintos territorios y comunidades.

Por tanto, la coordinación normativa en materia de cambio climático dispone de una dimensión vertical (entre actores políticos-administrativos de distintos niveles territoriales) y horizontal (afectando a diversas políticas sectoriales, tales como, gestión costera, medio ambiente, energía o territorio) (Alda-Fernández, M. et al. 2024). En España, tanto el Gobierno Nacional (fecha de aprobación el 21 de enero de 2020) como el Gobierno Autonómico en Canarias (fecha de aprobación el 30 de agosto de 2019) aprobaron la declaración de Emergencia Climática. Con esta aprobación, el Estado Español impulsó un paquete de treinta medidas, entre las que destaca, la aprobación de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, el Segundo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, y el refuerzo de los mecanismos de participación ciudadana en la toma de decisiones a través del establecimiento de la Asamblea Ciudadana del Cambio Climático. Además, como Estado de las Autonomías, otorga a las Comunidades Autónomas competencias claves en materias como medio ambiente y ordenación territorial. En este contexto, el Estatuto de Autonomía de Canarias (Ley Orgánica 1/2018) integra la cuestión climática entre sus competencias, y, como Región Ultraperiférica de la Unión Europea, Canarias cuenta con competencias medioambientales reforzadas. Efectivamente, la Comunidad Autónoma de Canarias ha desarrollado su propio cuerpo normativo, incluyendo modificaciones y reformas, además de fortalecer los instrumentos de Planificación Estratégica a diferentes escalas (regional, insular y local).

Canarias, como territorio insular, presenta una vulnerabilidad particular frente al cambio climático, no solo por su exposición a los efectos globales del mismo, sino también por la alta concentración de actividades económicas y asentamientos humanos en zonas costeras, lo que incrementa los riesgos

asociados al aumento del nivel del mar, la erosión costera y la intensificación de eventos meteorológicos extremos (López Díez, 2020). Las zonas costeras, además, funcionan como "laboratorios naturales" donde se manifiestan de forma compleja las interacciones entre los procesos ecológicos y sociales, convirtiéndose en espacios estratégicos para el desarrollo de soluciones de adaptación y mitigación basadas en el conocimiento científico y aplicado (Glavovic, 2015). Desde esta perspectiva, resulta especialmente relevante la identificación de las competencias en la materia climática para comprender la estructura de esta gobernanza y facilitar la coordinación interadministrativa necesaria para gestionar eficazmente la emergencia climática. Por ello, este trabajo propone identificar y comparar la normativa estatal y autonómica, así como los planes nacionales y autonómicos de adaptación al cambio climático, con el fin de identificar duplicidades, vacíos, oportunidades y el grado de participación en la formulación de las estrategias. De este modo, se busca analizar cómo se abordan los desafíos de la adaptación climática en las zonas costeras canarias y contribuir a fortalecer su resiliencia frente al cambio climático.

2. Material, datos y métodos

Para alcanzar el objetivo mencionado, se han seguido 5 fases: 1. Delimitación del objeto de análisis, 2. Identificación de elementos clave, 3. Identificación de duplicidades, 4. Identificación de lagunas y vacíos, y 5. Identificación y análisis de mecanismos de participación pública; detalladas en la Figura 1.

Figura 1: Fase de trabajo desarrolladas para la consecución de su objetivo.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

3.1. El marco normativo de la gobernanza climática para el litoral de Canarias: Duplicidades y Lagunas

El marco normativo para la gobernanza climática en Canarias se estructura principalmente en torno a la Ley 6/2022, y al Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático (PCACC), instrumento que consolida el enfoque territorializado y sectorizado a las particularidades insulares. Ambas escalas normativas, tanto la estatal como la autonómica, contemplan instrumentos similares (planes de adaptación, estrategias sectoriales, sistemas de indicadores), sin establecer una jerarquía funcional clara ni procedimientos de articulación efectiva entre niveles. Esta superposición genera posibles conflictos de implementación, al no existir un mecanismo formal de reparto de responsabilidades en la dimensión vertical de la materia. Por otro lado, la modificación de la Ley 6/2022, presenta lagunas operativas relativas a la concreción financiera, ya que no acompaña sus objetivos con un sistema específico de dotación presupuestaria o incentivos para su ejecución. Además, no delimita con precisión el marco de competencias estatales en el litoral, lo cual puede provocar interferencias con la Ley 22/1988 de Costas en relación con medidas de adaptación en zonas marítimo-terrestres. En este contexto, el Decreto Ley 5/2024, que modifica parcialmente el PCACC, introduce un instrumento clave: las Directrices de Ordenación del Litoral, que deberán formularse y aprobarse en un plazo máximo de cinco años desde la entrada en vigor de la ley. Estas directrices buscan liberar de presión urbanística la franja costera, recuperar ecosistemas y paisajes naturales, y fomentar infraestructuras verdes adaptadas al cambio climático. Además, persiguen garantizar la sostenibilidad del turismo, motor económico del archipiélago, al tiempo que reducen los riesgos sobre la población costera. No obstante, para su implementación efectiva, deberán ajustarse a la Ley del Suelo de Canarias (Ley 4/2017) y respetar las competencias estatales en materia de puertos de interés general y marina mercante, lo cual vuelve a evidenciar la necesidad de una coordinación normativa más sólida y un reparto claro de competencias entre niveles de gobierno. El PCACC, aunque más desarrollado que el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en su orientación territorial y con una mayor apertura participativa que documentos estratégicos anteriores en el ámbito regional canario en cuanto a la promoción de mecanismos participativos y de gobernanza, también presenta lagunas de implementación, al depender de la activación de recursos y estructuras de gobernanza aún en proceso de consolidación, lo que puede ralentizar la ejecución efectiva de sus medidas.

3.2. Hacia una mejor gobernanza climática en el litoral de Canarias: Mecanismos y tipos de participación.

Los distintos instrumentos jurídicos de lucha contra la emergencia climática han incluido disposiciones para promover la participación pública garantizando de forma estructurada la participación ciudadana en la toma de decisiones en la adaptación de medidas. Pese a ello, solo se ha promovido la constitución de la Asamblea Ciudadana del Cambio Climático a nivel nacional. A nivel regional, tanto en el PCACC como la Estrategia Canaria de Acción Climática (instrumento que tras la modificación del Ley 6/2022, se suprime), se contempló un proceso de participación pública, sobre todo entendida como una consulta pública. Es decir, en la elaboración de propuesta de la Ley 6/2022, se recibieron 154 sugerencias, tanto de particulares, como de empresas, asociaciones y organizaciones (Gobierno de Canaria, s.f.), y para la Estrategia Canaria de Acción Climática, se recibieron un total de 10 escritos de alegaciones u observaciones, donde buena parte de las alegaciones fueron incluidas en

los documentos resultantes. Asimismo, el PCACC en su documento borrador no se indica que, para el desarrollo del mismo, se haya contado con algún tipo de mecanismo o tipo de participación reglada. Pero sí, contemplan mecanismos para que los ciudadanos, las organizaciones públicas y privadas, así como movimientos sociales pueda contribuir de manera activa en su desarrollo, estableciendo varias medidas de gobernanza encaminadas a la formación, sensibilización y mejora en el conocimiento para facilitar una visión amplia de la emergencia climática. Además, de forma paralela, a través de un portal web habilitado para informar y recoger todas las aportaciones de los ciudadanos, se establece una vía directa donde la sociedad civil pueda estar informada y realizar aportaciones, teniendo la obligación de ser revisadas en las reuniones de la Comisión Canaria de Acción Climática y Energía. El tipo de mecanismo de participación ciudadana utilizado en todos los casos analizados ha sido la consulta pública (expuesta en la página web de las instituciones promotoras) que tienen por objetivo recabar la opinión de ciudadanos, organización y asociaciones antes de la elaboración de un proyecto normativo o un documento de planificación estratégico. Sin embargo, si consideramos el análisis cualitativo obtenido (Tabla 1), se detectaron otros mecanismos de participación posibles (según nivel de conocimiento y percepción de cada participante) – como espacios de diálogo y herramientas digitales -, más allá de barreras para esta participación. Esto evidencia que, aunque la consulta pública puede ser útil para recopilar información y sensibilizar, no garantiza una gobernanza climática efectiva. Por ello, es necesario cambiar hacia modelos más inclusivos y vinculantes, que prioricen la transparencia, el seguimiento continuo y la integración activa de las aportaciones ciudadanas en la acción climática.

Mecanismos de participación existentes	Barreras identificadas para la participación
Procesos percibidos como mera consulta sin posibilidad de derivar en toma de decisiones proactivas	Falta de conocimiento e información sobre los procesos existentes.
	Falta de motivación o cultura participativa. Los procesos se perciben esporádicos y sin dinamismo.
Los procesos de participación se perciben positivamente en la recopilación de la información y sensibilización social, aunque con gran dependencia de la motivación y conocimiento de la comunidad	Aspectos organizativos y burocráticos que limitan la implementación de las acciones y los acuerdos alcanzados en estos procesos. Los equipos técnicos observan excesivas barreras burocráticas y una falta general de comprensión de los procedimientos administrativos.
Espacios y canales de diálogo (foros, grupos de trabajo, talleres o proyectos, aunque sin suficiente difusión y continuidad	Problemas de representación e intereses divergentes. Desequilibrio en la representación de sectores y conflicto entre intereses económicos y ambientales, generando tensiones y dificulta consensos
Las herramientas digitales son herramientas ágiles, pero con un uso limitado por la falta de acceso y conocimiento sobre ellas	Falta de seguimiento y conexión. Procesos consultivos sin resultados ni consecuencias concretas en la planificación, la toma de decisiones e implementación de las mismas.
	La falta de financiación y de recursos socavan el establecimiento de una gobernanza eficaz. Los resultados no se presentan adecuadamente, limitando las oportunidades de evaluación y reflexión

Tabla 1. Resultados obtenidos del análisis cualitativo del workshop "Exploring to horizon" Blue Green Governance.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

La concreción del marco normativo para la gobernanza climática en el litoral de Canarias muestra que, actualmente, ya se cuenta con un andamiaje político-administrativo para su ejecución. Sin embargo, la comparación entre los marcos normativos y estratégicos estatal y autonómico evidencia cómo, a pesar de los avances en la definición de objetivos climáticos y en la incorporación del enfoque territorial en las zonas costeras Canarias, aún persisten debilidades estructurales en la articulación entre niveles de gobernanza. Entre los principales hallazgos no se detectan duplicidades significativas entre los instrumentos normativos analizados. Esto se debe a que las normas y planes de rango inferior tienden a asimilar y armonizar sus contenidos con respecto a los documentos y directrices de rango superior, lo que muestra una adecuada integración vertical en el sistema normativo. Sin embargo, sí se identifican lagunas relevantes a nivel de integración horizontal del cambio climático, es decir, entre las políticas sectoriales. Además, los aspectos organizativos y burocráticos dificultan los procedimientos administrativos, y el marco competencial en las zonas litorales de Canarias puede generar interferencias y descoordinación entre administraciones. Con respecto a la participación pública, los mecanismos utilizados muestran una desigual implementación y efectividad. Las evidencias revelan que los actores técnicos y académicos perciben positivamente la existencia de foros, talleres y herramientas digitales, pero también señalan su escasa difusión, falta de continuidad y limitado impacto en la toma de decisiones reales. La participación vinculada a instrumentos normativos se percibe como un trámite consultivo más que como un proceso deliberativo, muestra de ello son las consultas públicas o participativas a través de medios digitales, situación que alimenta la desmotivación y una cultura participativa débil. Esta realidad evidencia que, en la práctica, predominan mecanismos formales de participación básica, como las consultas digitales, generando desinterés y una cultura participativa frágil, por lo que avanzar hacia modelos deliberativos y colaborativos resulta crucial para fortalecer la gobernanza, promover compromiso ciudadano activo y construir legitimidad colectiva. Además, se detectan problemas de sobrerepresentación de ciertos sectores, tensiones entre intereses sectoriales (económicos sobre medioambientales), falta de seguimiento, y barreras burocráticas y técnicos que debilitan la confianza en la utilidad de los procesos de participación y gobernanza. Estas carencias sumadas a las limitaciones financieras dificultan el potencial de los instrumentos de planificación climáticos. En conclusión, se evidencia la necesidad de clarificar el reparto de competencias entre los distintos niveles de gobierno, donde la participación, en modelos más inclusivos y vinculantes, debería consolidarse como una dimensión transversal en todas las fases de la planificación climática, lo que exige no solo ajustes normativos, sino una profunda reforma en los métodos, recursos y cultura institucional que sustenta la gobernanza climática.

Agradecimientos

La investigación se desarrolla en el marco del Proyecto BlueGreen Governance (2024-2027), financiado por la Unión Europea, programa Horizonte Europa (101086091).

5. Bibliografía

Alda-Fernández, M., & Ramos, J. A. (2024). Las políticas de clima en contextos de gobierno multinivel: relaciones intergubernamentales a nivel subnacional en España. Gestión y Análisis de Políticas Públicas, 56-73.

Decreto-ley 5/2024, de 24 de junio, por el que se modifica la Ley 6/2022, de 27 de diciembre, de cambio climático y transición energética de Canarias, núm. 275, de 14 de noviembre de 2024, páginas 146371 a 146420.

Glavovic, B. C., et al. (2015). Living on the Margin in the Anthropocene: engagement arenas for sustainability research and action at the ocean–land interface. Current Opinion in Environmental Sustainability, 14, 232-238.

Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Boletín Oficial del Estado (BOE), núm. 121, de 21 de mayo de 2021, páginas 62884 a 62927.

Ley 6/2022, de 27 de diciembre, de cambio climático y transición energética de Canarias. Boletín Oficial del Estado (BOE), núm. 30, de 4 de febrero de 2023, páginas 16179 a 16252.López Díez, A., Dorta, P., Febles, M., & Díaz, J. (2016). Los Procesos de Adaptación al Cambio Climático en Espacios Insulares: El Caso de Canarias. Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio, 535-544.

Plaza Martín, C. (2022). Gobernanza y participación pública frente al cambio climático. Estudios sobre cambio climático y transición energética: Estudios conmemorativos del XXV aniversario del acceso a la cátedra del profesor Íñigo del Guayo Castiella (pp. 633-654). Ediciones Jurídicas y Sociales.

Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., & Moomaw, W. R. (2020). World scientists' warning of a climate emergency. BioScience, 70(1), 8-100.

Ruiz-Campillo, X., Castán Broto, V., & Westman, L. (2021). Motivations and intended outcomes in local governments' declarations of climate emergency. Politics and Governance, 9(2), 17-28.

DATOS PRELIMINARES SOBRE EL NUMERO DE PISCINAS EN ANDALUCIA 2022: FUENTES DE DATOS Y GEOVISUALIZACIÓN WEB

JOSÉ OJEDA ZÚJAR[1]

ESPERANZA SÁNCHEZ RODRÍGUEZ[2]

JUAN PEDRO PÉREZ ALCÁNTARA[3]

ANTONIO PRIETO CAMPOS[4]

[1,2,3,4] *Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla. C/ Mª de Padilla s/n. 41004 Sevilla (ES),*

[1] zujar@us.es, https://orcid.org/0000-0002-4672-064X

[2] esanchez@us.es, https://orcid.org/0000-0001-7446-4236

[3] jpperezalcantara@us.es, https://orcid.org/0000-0002-3062-2893

[4] pcampos@us.es, https://orcid.org/0000-0001-6946-9622

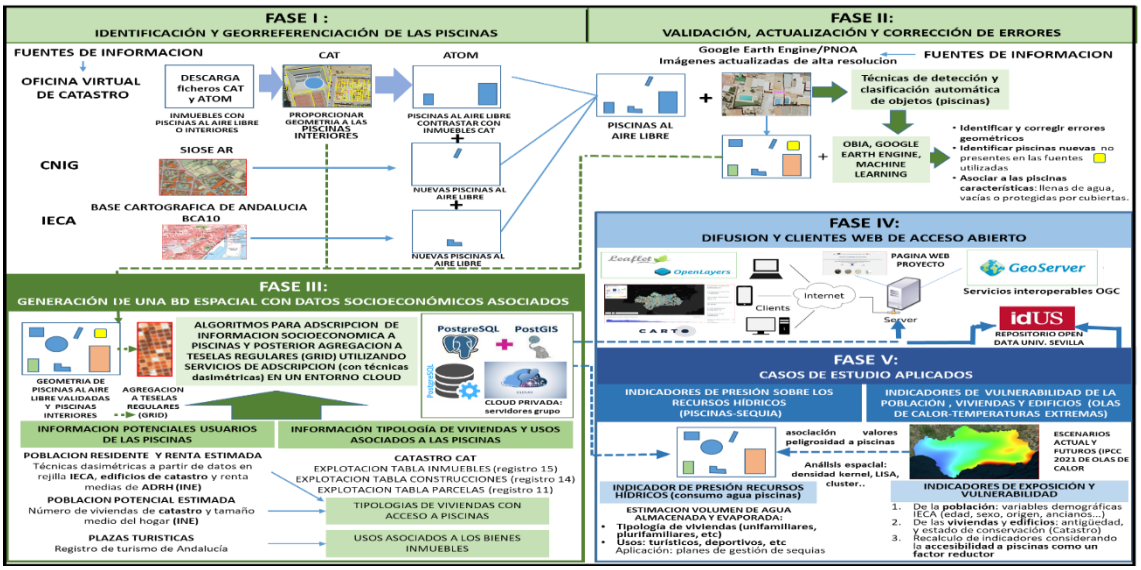
Abstract: The generation of a spatial database focused on swimming pools in Andalucia is the main objective of the project: PID2023-151346NB-I00. This communication presents preliminary results and uses cadastral data (in both CAT and ATOM formats) for the entire Andalusian territory in 2022 as the main data source. Information was extracted from these data on both open air and indoor swimming pools, and were related to their use (residential, tourist, sport facilities, etc.). To obtain an estimate of the data on swimming pools not registered in the Cadaster, a preliminary comparison was made with another source of information (the Andalusian Cartographic Database -BCA- of the IECA). Although this database contains only outdoor pools obtained by photointerpretation of the reference ortophotographs (2010, 2011, 2013, and 2016), it provides us with some preliminary data (pending more detailed studies, quality control, and exhaustive validation) on the magnitude of this phenomenon. Additionally, the methodology for the validation phase has been tested in a 500-hectare test area with 808 outdoor pools identified in the previous process and using object-oriented techniques (OBIA) and neural networks (Machine Learning) for classification and error detection. The database containing both sets of pools has been used to feed a web application (developed with ArcGIS Online – Experience-) that allows the spatial visualization of preliminary results and real time aggregated statistical data of the variables used, as well as their spatial and thematic filtering.

Keywords: swimming pool, spatial database, cadastral register, Andalusian Cartographic Database, machine learning, web clients.

1. Introducción

No existe un registro oficial único, actualizado y exhaustivo de piscinas (al aire libre o interior de edificios) de acceso abierto que lleve información estructurada asociada de los potenciales usuarios (privados, públicos, residentes, turistas, etc.). Aunque existen varias fuentes de información públicas con información sobre piscinas (catastro, SIOSE, mapas topográficos, etc.) se centran en su identificación a efectos impositivos o cartografía, pero no llevan información socioeconómica asociada de potenciales usuarios y usos, suelen estar asociadas a diferentes fechas y presentan problemas de omisión y actualización (Llausas et al, 2018). La georreferenciación detallada y actualizada de las piscinas, junto a la integración espacial en sus polígonos del resto de información socioeconómica (potenciales usuarios, tipologías constructivas, usos residenciales, etc.), constituye el objetivo principal del proyecto PID2023-151346NB-I00 y un enorme reto científico y computacional para una región del tamaño de Andalucía (Figura 1). Esta comunicación se centra en los resultados preliminares las fases I y II del mismo.

Figura 1. Esquema metodológico del proyecto (PID2023-151346NB-I00)



2. Materiales, datos y métodos

Las fases I y II se centran en la generación de una base de datos espacial (PostgreSQL/PostGis) cuya unidad espacial básica para la integración del resto de información socioeconómica es la geometría de las piscinas. La metodología aplicada para identificación y georreferenciación de estas unidades espaciales (piscinas al aire libre y piscinas cubiertas) es la siguiente:

2.1. Fase I: Identificación y georreferenciación de las piscinas.

2.1.1. Se parte de la información catastral de 2022 (ficheros CAT y ATOM):

- Del fichero CAT se seleccionan todos los registros que en el fichero 14 ("construcciones") cuentan con un destino KPS (piscina) o K (deportivo) cuando, en este último caso, su tipología constructiva

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

sea piscina descubierta o piscina cubierta, a nivel de parcela. Se extrae la dirección de acceso al inmueble o parcela que lo contiene y se georreferencia puntualmente con la dirección postal del inmueble.

- Del fichero ATOM (OtherConstruction) se extraen los polígonos de todas las piscinas al aire libre (polígono openAirPool) junto con la información asociada (geometría poligonal, superficie, parcela catastral, fecha de inscripción, etc.)
- Finalmente, se genera un primer conjunto de piscinas identificadas en la información catastral compuesto por: **(a)** Piscinas al aire libre georreferenciadas con la geometría poligonal de los ficheros ATOM y que, además, aparecen en el registro del fichero 14 en el formato CAT correspondiente a la parcela**; (b)** Otras piscinas que solo aparecen en los ficheros CAT (imposibles de asociar a polígonos ATOM). Se georreferencian por la dirección postal del inmueble o parcela catastral al que se adscriben, y se representan como un círculo proporcional a la superficie registrada en el fichero 14 del formato CAT. Estos son los únicos datos disponibles para la identificación de las *piscinas cubiertas o en el interior de edificios.*

2.1.2. De la Base Cartográfica de Andalucía –BCA- (escala 1:10000) se extraen todos los polígonos catalogados en su modelo de datos como "piscinas". Se trata de piscinas al aire libre georreferenciadas por fotointerpretación en un rango de años correspondientes a los vuelos fotogramétricos de 2010, 2011, 2013 y 2016, realizada por el IECA (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía). A ellas se les asocia la "parcela catastral de 2022" en la que se ubican.

2.1.3. Integración de ambas bases de datos (Catastro y BCA):

- Se intersectan espacialmente ambos conjuntos de datos y se seleccionan las piscinas BCA que no intersectan los polígonos de las piscinas procedentes de Catastro, como candidatas a *potenciales nuevas piscinas al aire libre no recogidas en Catastro.*
- Se implementan sentencias SQL para la validación de este último conjunto de datos. Dado que ambos conjuntos de datos comparten un campo común (parcela catastral de 2022), es posible diferenciar dos conjuntos de potenciales nuevas piscinas al aire libre no registradas en catastro: **(a)** aquellas piscinas del BCA en cuya parcela catastral asociada no aparezca ningún registro de piscinas en las bases de datos catastrales, se asignan como "*nuevas piscinas potenciales no registradas en catastro*" a falta de la validación final (fase II: validación, actualización y corrección de errores). **(b)** Aquellas piscinas del BCA en cuya referencia catastral de la parcela aparezca algún registro de piscina en los datos catastrales se catalogan como "*nuevas piscinas potenciales problemáticas"*, también a validar en fase II (validación, actualización y corrección de errores)
- Por lo tanto, la *base de datos preliminar de piscinas* estará constituida por:
    - Las *piscinas registradas en catastro* (formato CAT y ATOM) a las que se les asocian dos geometrías: **(a)** Piscinas al aire libre registradas asociadas a *polígonos* en el formato ATOM, a los que se le asocian nuevas variables procedentes del inmueble al que se le asocia en la parcela catastral (uso, tipología constructiva, viviendas asociadas, etc.); **(b)** Otras piscinas solo encontradas en ficheros CAT (incluidas las potenciales cubiertas o de interior) asociadas a *la dirección postal* (*círculos proporcionales al área*) a las que se le asocia la información temática del inmueble (uso, tipología constructiva, viviendas asociadas, etc.)

- Solo las *nuevas piscinas potenciales no registradas en catastro*, pero que fueron identificadas en el BCA se incluyen en la *base de datos preliminar*. A ellas se le asocia la fecha de fotointerpretación, así como nuevas variables asociadas a la *parcela catastral* en las que se inserta (tipos de usos, número de viviendas, etc.)

2.2. Fase II: validación, actualización y corrección de errores

Se ha ensayado la metodología en una zona test de 500 has con 808 piscinas al aire libre, identificadas en el proceso anterior (un sector costero de Marbella), para la fase de validación. Se han utilizado técnicas de detección orientadas a objetos (OBIA) y redes neuronales (*machine learning*) para la clasificación y detección de errores (Figura 2).

Figura 2: A: Área de estudio con 808 piscinas al aire libre de Catastro+BCA. B: 715 piscinas de la segmentación y redes neuronales (ML). C: piscinas clasificadas ML (azul: claras; verde: turbias verdosas, marrón: turbias).

Como fuente de datos se utilizan las ortofotos del PNOA de 2022 (bandas azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) con 25 cm. de resolución espacial. Para la fase de segmentación se ha utilizado el paquete SUPERCELLS en el lenguaje R (Nowosad et al, 2022). Se ha creado un procedimiento en Python que permite dividir el área de estudio en regiones de 250x250 metros sobre las que realizar este procedimiento paralelizando en los distintos núcleos disponibles la CPU (en el futuro sobre GPUs). Esta segmentación constituye la base del algoritmo de clasificación de *Machine Learning* (ML), ya que los resultados contienen los valores radiométricos medios para cada "supercelda" en las 4 bandas de la imagen. El método de clasificación elegido es *una red neuronal desarrollada en base a la librería Python PyTorch.* El set de entrenamiento para la red neuronal está constituido por las "superceldas" de 172 piscinas que coinciden con las diferentes tipologías de piscinas buscadas (no presencia de agua en piscinas, con agua transparente, con agua turbia verdosa, con agua turbia marrón). La red neuronal entrenada tiene una topología de 4 neuronas en la capa de entrada (una para cada valor radiométrico infrarrojo, rojo, verde y azul), dos capas ocultas de 32 y 16 neuronas y una única capa de 4 neuronas de salida que determina la probabilidad de pertenecer a cada tipología del agua en las piscinas. Esta metodología nos permitirá: (i) identificar piscinas nuevas (no registradas en catastro, ni recogidas en BCA) y (ii) asociar a las piscinas bien clasificadas una serie de características de interés en la fecha de la imagen: aguas transparentes, turbias verdosas o turbias marrones.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.3. Desarrollo de la aplicación web de acceso abierto

Los elementos que integran la aplicación permiten no solo la geovisualización (geovisores) de los datos masivos integrados en la base de datos preliminar de piscinas generada para toda Andalucía (2022), sino también, y esto es quizás más importante, su exploración interactiva a través de *widgets* que permiten el filtrado por el usuario y el cálculo real de variables derivadas y agregadas en tiempo real (*dashboards*). El volumen de datos asociado a la base de datos preliminar sobre piscinas exige de estas nuevas herramientas como método de exploración interna de los datos antes de tomar nuevas decisiones de carácter metodológico y proceder a la corrección de errores. Es decir, la aplicación cumple una doble función: (i) como herramienta de exploración de los datos, control de calidad y detección de errores en el proceso de desarrollo del proyecto y (ii) como medio de difusión en abierto de los resultados del proyecto. En este caso se ha desarrollado mediante la herramienta *Experience* de ArcGis Online.

3. Resultados

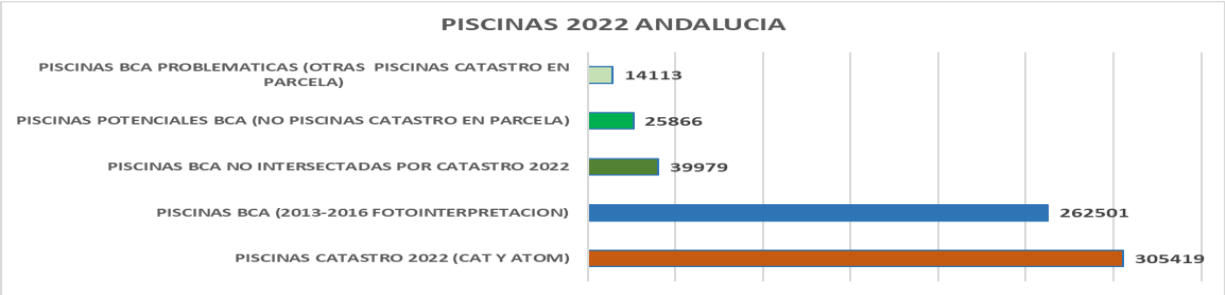
3.1. Fase I: Identificación y georreferenciación de las piscinas.

El principal resultado de esta esta fase es la generación de la *base de datos preliminar de piscinas* implementada en PostgreSQL/PostGis (con 331.285 piscinas), la cual contiene:

- Las *piscinas registradas en catastro* 2022 (formato CAT y ATOM) a las que se les asocian dos tipos de geometrías: **(a)** Piscinas al aire libre registradas como *polígonos* en el formato ATOM, a las que se le asocian nuevas variables procedentes del inmueble (CAT) al que se le asocia en la parcela catastral; **(b)** Piscinas solo recogidas en el formato (CAT) -incluidas las cubiertas o de interior- georreferenciadas como *círculos (proporcionales a su área)* ubicados en la dirección postal del inmueble en la parcela catastral, a las que se les asocian variables del inmueble.
- *Nuevas piscinas potenciales no registradas en catastro*, pero identificadas en la BCA. A ellas se les asocia información de la fecha de fotointerpretación, así como nuevas variables asociadas a la parcela catastral en las que se inserta (tipos de usos, viviendas, etc.)

La explotación cuantitativa de esta base datos revela (Figura 3) como el total de piscinas identificadas en catastro (tanto al aire libre como en el interior de edificios o cubiertas) asciende a 305.419.

Figura 3: Número de piscinas identificadas por fuente de información



El contraste (intersección) con las piscinas procedentes de BCA nos aporta los siguientes datos: **(i)** Un total de 39,979 nuevas piscinas del BCA no intersectan espacialmente con ninguna piscina procedente de los datos catastrales. Esto supone un 13% de las registradas en catastro a falta de la validación exhaustiva de la fase II del proyecto**; (ii)** De ellas al menos 25.866 piscinas (un 8.5%) pueden ser catalogadas como *nuevas piscinas potenciales no registradas en los datos catastrales* y 14.113 piscinas (un 4.5 %) se catalogarían como *piscinas potenciales problemáticas* que habría que validar en profundidad. **(iii)** Es decir, el número de piscinas potenciales nuevas no registradas en catastro, pero recogidas en la BCA podría oscilar entre un 8.5% y un 13% a falta de una validación exhaustiva prevista en la fase II del proyecto

3.2.- Fase II: validación, actualización y corrección de errores)

De la base de datos preliminar se seleccionaron las 901 piscinas (catastro+BCA) que se ubicaban en la zona test para la validación. De ellas, se filtraron las cubiertas recogidas en el formato CAT, quedando un total de *808 piscinas al aire libre*, que son las únicas que la metodología permite testar. Los procesos de segmentación y clasificación con redes neuronales (*ML*) han arrojado los resultados preliminares para la zona de estudio que se muestran en la Tabla 1 (para más detalle ver en la aplicación web). Como refleja el cuadro, la metodología de validación ha permitido identificar 86 piscinas nuevas que suponen un 10,5 % del total registrado (808). Asimismo, ha permitido cualificar éstas, más las 613 piscinas bien clasificadas (un 76% de acierto), con el color de las aguas de las mismas. Adicionalmente se han fotointerpretado en el área de estudio 46 piscinas no detectadas (errores de omisión).

Tabla 1. Resultados preliminares de la validación

PISCINAS AL AIRE LIBRE CATASTRO+BCA	PISCINAS CLASIFICADAS CON ML	ACIERTOS ML COINCIDENTES CON PISCINAS AL AIRE LIBRE	% ACIERTOS SOBRE PISCINAS (CATASTRO+BCA)	% ACIERTOS SOBRE PISCINAS CLASIFICADAS CON ML	POTENCIALES PISCINAS NUEVAS ML	FALSOS POSITIVOS ML	NUEVAS PISCINAS ML	% NUEVAS PISCINAS ML SOBRE TOTAL CATASTRO+BCA	PISCINAS NO ENCONTRADAS (NI CAT+BCA, NI ML) OMISION	% NO ENCONTRADAS SOBRE PISCINAS CATASTRO+BCA
808	715	613	75.87	85.73	102	16	86	10.64	46	5.69

3.3. Desarrollo de la aplicación web de acceso abierto

El volumen de datos asociado a la base de datos preliminar sobre piscinas generada (331.285) exige de estas nuevas herramientas como método de exploración interna de los datos antes de tomar nuevas decisiones de carácter metodológico. En este caso se ha utilizado para su desarrollo la herramienta *Experience* de ArcGis Online y solo se han incluido las piscinas procedentes de Catastro (formatos CAT y ATOM), más las *nuevas piscinas potenciales* procedentes de la BCA (305.419+25.266=331.285 piscinas). Es por ello que constituyen el principal resultado de esta comunicación ya que estos clientes se convierten en verdaderas herramientas de trabajo para cualquier usuario interno o externo (investigadores, técnicos o ciudadanos) pudiendo acceder a su geovisualización y obtener valores agregados del número de piscinas, superficie media y superficie total para cualquiera de los filtros incorporados como *widgets* (por fuentes, provincia, municipio, fecha de identificación, usos, cuenca hidrológica, etc.), así como un enlace a los resultados de la validación en la zona test seleccionada. El enlace es: https://experience.arcgis.com/experience/eeddbaff17754a84ba0ed161ea8e9c7c

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Como conclusión esencial de los resultados obtenidos se podría afirmar, en primer lugar, que el número de piscinas en Andalucía generalmente utilizado por la administración y gestores (las procedentes de Catastro) minusvalora el número de piscinas, pues del solo contraste con los datos del BCA se ha obtenido un número importante de *nuevas piscinas potenciales* ausentes de este registro (25.867 nuevas piscinas que suponen un 8.5 % de las registradas en Catastro). A estos datos habría que sumar las que no se recogen en las fuentes utilizadas que será el objetivo de la Fase II del proyecto en el que se enmarca esta comunicación. En la zona test utilizada se identificaron 86 nuevas piscinas – un 10,5 % sobre las 808 registradas- y todavía quedaron 46 piscinas no identificadas por ningún método que suponen otro 5,6% adicional. La aplicación web desarrollada con geovisores y *dashboards* supone un avance significativo, convirtiéndose no solo en herramientas para la difusión y geovisualización de los datos, sino en verdaderas herramientas de análisis y trabajo para los potenciales usuarios (ciudadanos, administración o científicos) que facilitan las necesarias fases de identificación de errores y su tipificación de forma previa a adoptar nuevos enfoques metodológicos para su corrección.

Agradecimientos

La presente comunicación es parte del proyecto PID2023-151346NB-100, financiado por AEI/10.13039/501100011033.

5. Referencias bibliográficas

Llausàs, A., Hof, A., Wolf, N., Saurí, D., & Siegmund, A. (2018). Applicability of cadastral data to support the estimation of water use in private swimming pools. *Environment and Planning B*, *46*(6), 1165-1181. https://doi.org/10.1177/2399808318756370

Nowosad, J., Stepinski, T. F. & Iwicki, M. (2022). A method for universal supercells-based regionalization (preliminary results). *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, *XLVIII-4/W1-2022*, 337–344. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-337-2022

MACHINE LEARNING PARA EL CÁLCULO DE SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA EN ISLAS VOLCÁNICAS: COMPARACIÓN CON METODOLOGÍAS HEURÍSTICAS MULTICRITERIO

SERGIO PARRA ALFAYA[1]

JAIME DÍAZ PACHECO[2]

NEREA MARTÍN RAYA[3]

Filiación institucional: Grupo de Estudios en Ordenación Territorial y Riesgos (GEORIESGOS), Departamento de Geografía e Historia. Universidad de La Laguna. C/ Prof. José Luis Moreno Becerra, s/n. Apartado 456. San

Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife (ES)

[1] alu0101436739@ull.edu.es

[2] jdiazpac@ull.edu.es

[3] nmartinr@ull.edu.es

Abstract: Landslide susceptibility mapping is essential for risk mitigation and territorial planning in geologically complex regions. This study applies a machine learning approach—Random Forest regression implemented in ArcGIS Pro—to model landslide susceptibility across the Canary Islands. A geospatial dataset was compiled using key predictive variables including slope, elevation, vegetation (NDVI), extreme rainfall (99th percentile), and geological units (from the official Geotechnical Map). The model was trained using the BDMOVES landslide inventory from IGME, which contains 1,144 documented events across the archipelago, categorized by velocity. An additional 2,288 randomly generated absence points were included, resulting in a dataset of 3,432 geolocated points. Internal validation of the model yielded a coefficient of determination (R^2) of 0.95, and external validation using 100% of the data produced an R^2 of 0.90, indicating excellent predictive performance. The results were then compared to a previously published heuristic multicriteria model applied to La Palma Island, demonstrating that the Random Forest model significantly improves the spatial precision and statistical robustness of susceptibility assessments. By leveraging BDMOVES—an extensive and standardized national landslide inventory—this study represents a substantial methodological advance in landslide susceptibility modeling for the Canary Islands, and underscores the value of integrating official datasets with machine learning techniques for enhanced geohazard analysis.

Keywords: Machine Learning; Landslides; Canary Islands; Geographic Information Systems; Geohazard analysis.

1. Introducción

Los movimientos de ladera constituyen una de las amenazas geodinámicas más frecuentes y destructivas a nivel global, afectando tanto a zonas rurales como urbanas, con importantes repercusiones económicas, sociales y ambientales (Ado et al., 2022). La necesidad de anticipar su ocurrencia ha llevado al desarrollo de modelos de susceptibilidad, cuyo objetivo es identificar las zonas del territorio con mayor propensión a experimentar este tipo de procesos. Tradicionalmente, estos modelos se han basado en metodologías heurísticas o estadísticas empíricas, que requieren un conocimiento experto y dependen de la calidad y disponibilidad de la información geoespacial (Li et al., 2023). Sin embargo, los avances recientes en el campo del aprendizaje automático (Machine Learning) han permitido generar modelos más robustos, replicables y precisos para la cartografía de riesgos naturales (Lu et al., 2023; Wen et al., 2025).

Entre los algoritmos de machine learning, el modelo Random Forest (RF) ha destacado por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos heterogéneos, modelar relaciones no lineales entre variables ambientales y reducir el riesgo de sobreajuste (Romeo Jiménez et al., 2025). Su aplicación en estudios de susceptibilidad a deslizamientos ha demostrado resultados significativamente superiores respecto a enfoques tradicionales, tanto en términos de precisión como de capacidad de generalización (Moradpour et al., 2023; Richardson et al., 2023).

Los archipiélagos de origen volcánico, como es el caso de las islas Canarias, se suelen caracterizar por una alta complejidad geológica y presentan, en general, relieves montañosos y abruptos que implican una variabilidad climática territorial, por ello, la generación de modelos predictivos de movimientos de ladera resulta especialmente relevante. Entre estos modelos y, concretamente en Canarias, tradicionalmente se emplean enfoques heurísticos multicriterio (Martín-Raya et al., 2024). Suelen producir resultados razonablemente buenos y generalmente clasifican bastante bien el terreno en cuanto a su susceptibilidad a movimientos de ladera, sin embargo, carecen de una validación estadística robusta y del uso de inventarios sistemáticos a gran escala. El presente trabajo realiza una propuesta para realizar una estimación de movimientos de ladera basada en *machine learning*, concretamente empleando el modelo Random Forest con datos oficiales del BDMOVES, el inventario nacional de movimientos de ladera publicado por el IGME. A partir de una base geoespacial sólida —incluyendo variables como pendiente, cobertura vegetal (NDVI), precipitación extrema y unidades geotécnicas— se ha entrenado y validado un modelo predictivo para todo el archipiélago, evaluando su rendimiento y comparándolo con los resultados producidos por los métodos heurísticos mencionados.

El propósito principal de este trabajo es, por tanto, evaluar el potencial del aprendizaje automático para mejorar los esfuerzos de cartografía de susceptibilidad a deslizamientos son aplicación en archipiélagos de origen volcánico, y proponer una metodología que combine la potencia predictiva de los modelos de *machine learning* con la disponibilidad de datos geoespaciales públicos y estandarizados.

2. Materiales, datos y métodos

Este trabajo se desarrolló a partir de un conjunto de datos geoespaciales compilados y procesados en un entorno SIG, con el objetivo de generar un modelo predictivo de susceptibilidad a movimientos

de ladera mediante aprendizaje automático. La variable dependiente empleada fue la presencia de deslizamientos registrados en la Base de Datos de Movimientos de Ladera (BDMOVES), elaborada por el IGME y actualizada por última vez en 2016. Se utilizó un total de 1.144 eventos registrados en el archipiélago, los cuales fueron recategorizados en una escala ordinal de 1 a 6 según su velocidad, como indicador proxy de su impacto.

Para el modelado, se seleccionaron cinco variables predictoras clave, siguiendo los requerimientos mínimos establecidos en el método heurístico (Martín-Raya et al., 2024): pendiente y altitud (derivadas del MDT 25 × 25 m de GRAFCAN), índice de vegetación NDVI (calculado a partir de imágenes Sentinel-2 de enero de 2025 sin nubosidad), precipitación extrema (percentil 99 de datos diarios de AEMET entre 1990 y 2024, interpolado mediante IDW), y litología (a partir del Mapa Geotécnico de Canarias, rasterizado para el análisis). Adicionalmente, se generaron 2.288 puntos aleatorios para representar ausencia de eventos, siguiendo una proporción 2:1 respecto a los puntos de presencia (Li et al., 2023; Lu et al., 2023; Ado et al., 2022), y asegurando su distribución uniforme y sin superposición con registros reales. Así, el conjunto final constó de 3.432 puntos, todos normalizados a una resolución común de 25 metros.

La modelización se llevó a cabo mediante regresión con el algoritmo Random Forest, implementado a través de la herramienta Forest-based Classification and Regression en ArcGIS Pro. Este algoritmo fue seleccionado por su capacidad para representar relaciones no lineales, su resistencia al sobreajuste y su utilidad para evaluar la importancia relativa de las variables predictoras. El entrenamiento del modelo incluyó una validación interna automatizada, en la que se excluyó el 10 % de los datos para evaluar el rendimiento. Este proceso permitió ajustar parámetros clave como el número de árboles, la profundidad máxima de los nodos y el tamaño mínimo de hoja, asegurando una configuración óptima del modelo.

3. Resultados

Una vez establecida la configuración óptima, se procedió a aplicar el modelo sobre la totalidad del archipiélago, generando un mapa continuo de susceptibilidad mediante regresión. A continuación, se efectuó una segunda validación, esta vez manual, utilizando el 100 % de los puntos del conjunto de datos (*Figura I*). Esta evaluación adicional permitió confirmar que el modelo mantenía un nivel alto de ajuste también en condiciones de predicción masiva, con un nuevo valor de $R^2 = 0{,}9019$. La estrecha proximidad entre ambos valores de R^2 sugiere que el modelo no está sobreajustado y es capaz de generalizar adecuadamente sus resultados.

El valor p obtenido en ambas validaciones fue inferior a 0,001, lo cual indica una alta significancia estadística y descarta la posibilidad de que la relación entre predictores y variable dependiente sea producto del azar. En conjunto, los resultados de validación interna y externa confirman que el modelo generado no solo es estadísticamente robusto, sino también operacionalmente confiable para su aplicación en estudios de susceptibilidad a movimientos de ladera en el archipiélago canario.

En comparación, la aplicación del modelo heurístico previamente desarrollado para la isla de La Palma por Martín-Raya et al. (2024) al conjunto del archipiélago arroja un valor de $R^2 = 0{,}0245$ cuando se contrasta con los datos de presencia proporcionados por la base de datos BDMOVES (*Figura II*). Este

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

resultado resalta la mejora sustancial alcanzada mediante la integración de un inventario de alta densidad y cobertura como BDMOVES en un modelo basado en machine learning.

Las cartografías generadas a partir del modelo Random Forest propuesto en este estudio representan un avance significativo en el análisis espacial de riesgos geodinámicos en Canarias (*Figuras III y IV*). Su capacidad para identificar zonas con mayor susceptibilidad a movimientos de ladera las convierte en una herramienta valiosa para la gestión territorial sostenible, especialmente en lo que respecta a la planificación urbanística, la protección civil y la toma de decisiones informadas en escenarios de riesgo natural.

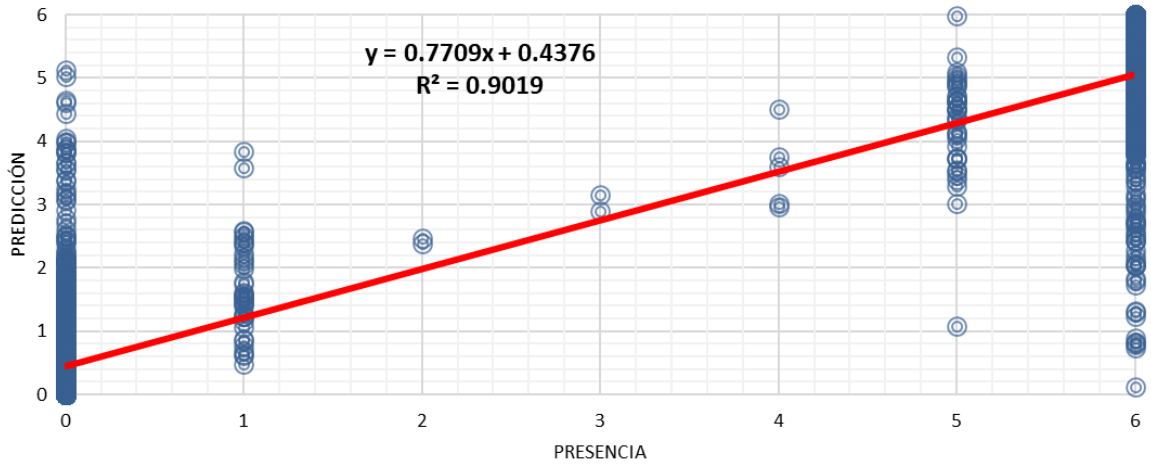


Figura I. Validación del modelo basado en machine learning

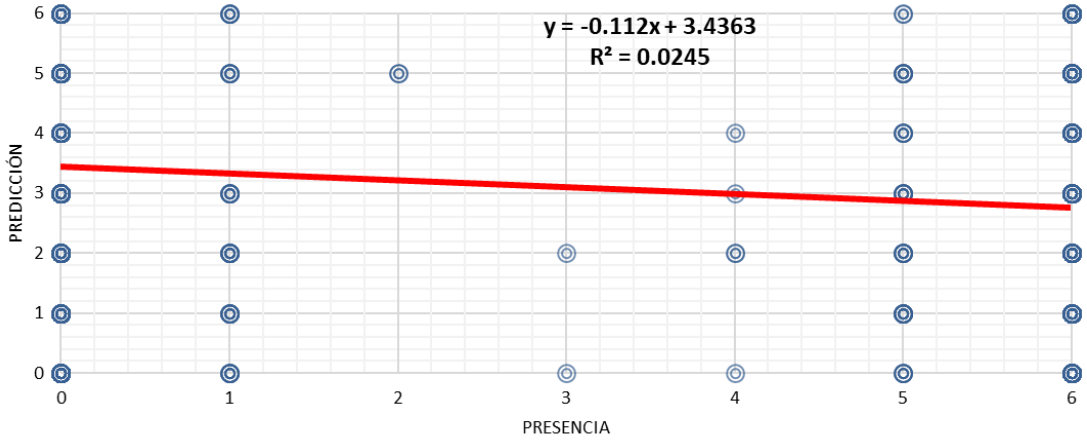
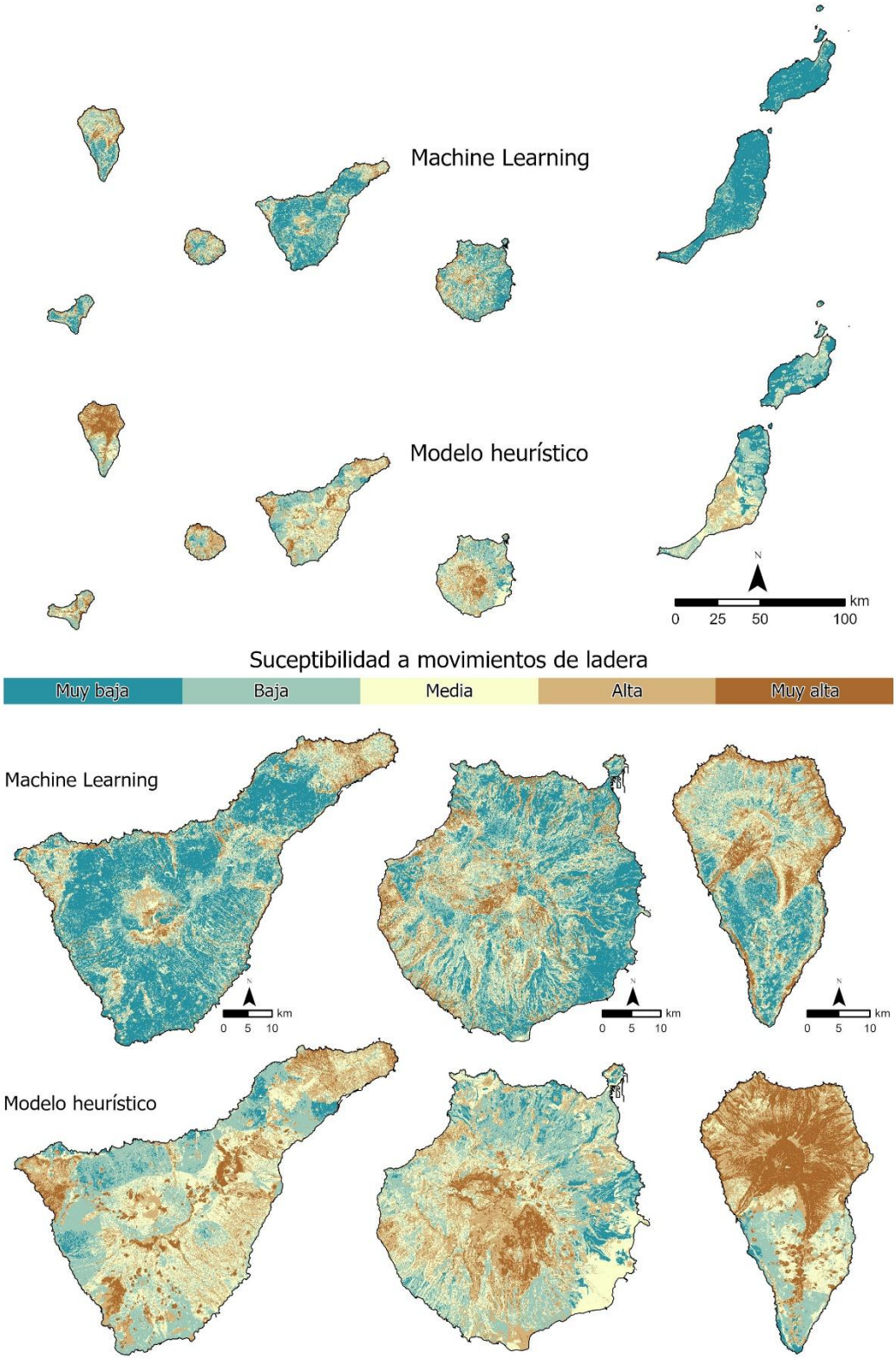


Figura II. Validación del modelo heurístico

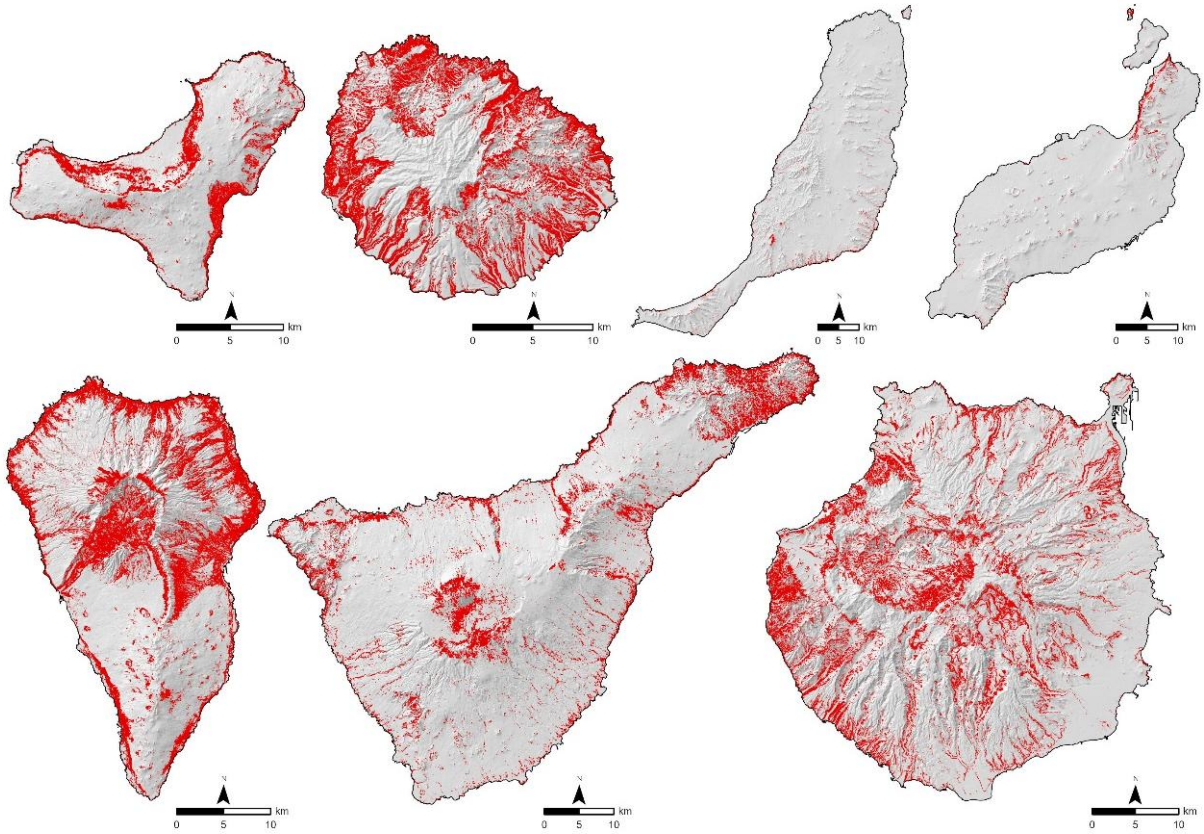
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura III. Comparación de ambos modelos



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura IV. Zonas de alta y muy alta susceptibilidad a movimientos de ladera según modelo Machine Learning



4. Conclusiones

Este trabajo ha demostrado que la aplicación de modelos de Machine Learning, concretamente mediante el algoritmo Random Forest, permite mejorar sustancialmente la precisión y validez estadística de los análisis de susceptibilidad a movimientos de ladera en el archipiélago canario. A partir de un conjunto de datos geoespaciales integrados y el uso del inventario nacional BDMOVES, se ha generado un modelo con alto poder predictivo, superando ampliamente los resultados obtenidos con enfoques heurísticos aplicados previamente. Los mapas resultantes ofrecen una herramienta sólida para la planificación territorial y la gestión de riesgos, y evidencian el potencial de combinar datos oficiales con técnicas avanzadas de análisis para fortalecer la resiliencia frente a amenazas geodinámicas en territorios insulares complejos.

5. Referencias bibliográficas

Ado, M., Amitab, K., Maji, A. K., Jasińska, E., Gono, R., Leonowicz, Z., & Jasiński, M. (2022). Landslide susceptibility mapping using machine learning: A literature survey. Remote Sensing, 14(13), Article 3029. https://doi.org/10.3390/rs14133029

Li, M., Wang, H., Chen, J., & Zheng, K. (2024). Assessing landslide susceptibility based on the random forest model and multi-source heterogeneous data. Ecological Indicators, 158, 111600. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111600

Lu, Z., Liu, G., Song, Z., Sun, K., Li, M., Chen, Y., Zhao, X., & Zhang, W. (2024). Advancements in technologies and methodologies of machine learning in landslide susceptibility research: Current trends and future directions. Applied Sciences, 14(21), Article 9639. https://doi.org/10.3390/app14219639

Martín-Raya, N., Díaz-Pacheco, J., & López-Díez, A. (2024). Multi-hazard risk assessment analysis in La Palma: An approach for risk mitigation. Geoenvironmental Disasters, 11(1), 33. https://doi.org/10.1186/s40677-024-00296-3

Moradpour, S., Entezari, M., Ayoubi, S., Karimi, A., & Naimi, S. (2023). Digital exploration of selected heavy metals using random forest and a set of environmental covariates at the watershed scale. Journal of Hazardous Materials, 455, 131609. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131609

Richardson, H. J., Hill, D. J., Denesiuk, D. R., & Fraser, L. H. (2017). A comparison of geographic datasets and field measurements to model soil carbon using random forests and stepwise regressions (British Columbia, Canada). GIScience & Remote Sensing, 54(4), 573–591. https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1302181

Romeo Jiménez, V. M., Notario del Pino, J. S., Fernández-Guisuraga, J. M., & Mejías Vera, M. Á. (2025). Prediction of some soil properties in volcanic soils using random forest modeling: A case study at Chinyero Special Nature Reserve (Tenerife, Canary Islands). Ecological Informatics, 86, 103054. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103054

Wen, H., Yan, F., Huang, J., & Li, Y. (2025). Interpretable machine learning models and decision-making mechanisms for landslide hazard assessment under different rainfall conditions. Expert Systems with Applications, 270, 126582. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.126582

LOS EPISODIOS DE CALOR EXTREMO EN ASTURIAS: UNA PROPUESTA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MUNICIPAL

LUIS PÉREZ-GARCÍA[1]

CRISTINA GARCÍA-HERNÁNDEZ[1]

JESÚS RUIZ-FERNÁNDEZ[1]

MIRELLA OCHOA-ÁLVAREZ[1]

FERNANDO FRESNEDO-GUILLEM[1]

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Amparo Pedregal, s/n - 33011 Oviedo, Asturias (ESP), uo296491@uniovi.es, https://orcid.org/0009-0005-2109-4856

Abstract: This paper analyzes the municipal-scale spatial distribution of vulnerability to extreme heat in Asturias using a composite index. Twenty-one variables across demographic (population density, %<5 years, %>65, dependency ratio), socioeconomic (unemployment, single-person households, social income recipients, unsupported adults, low education, social exclusion risk, low income), health (smoking, inactivity, obesity, poor diet, CV-respiratory mortality), and environmental domains (housing age, healthcare access, air quality, poor residential quality) were normalized (0-1 scale) from recent municipal data (INE, SADEI, Asturian Health Observatory). Expert judgment weighted key variables (65% for 11 factors vs. 35% for others). Results show high/very high vulnerability in 25 of 78 municipalities (31.7% of Asturias).

Keywords: heatwave; vulnerability index; health risk; socioeconomic; municipal scale; Asturias.

1. Introducción

Las olas de calor son un riesgo natural prioritario por sus impactos devastadores en salud, economía y medio ambiente (Barriopedro et al., 2023). Estas han quintuplicado la mortalidad en dos décadas debido a su mayor frecuencia/intensidad (Luthi et al., 2023), causando >166,000 muertes globales (2000-2017) y exponiendo a 125 millones de personas (Pascaline y Rowena, 2018), además de agravar patologías previas como enfermedades respiratorias (Royé et al., 2021). Sin embargo, la exposición y vulnerabilidad ante temperaturas extremas varía poblacionalmente. La vulnerabilidad climática (IPCC, 2021) implica predisposición a daños por baja adaptación y susceptibilidad. En el caso de las olas de calor, esta depende de características poblacionales (Wolf et al., 2013). Este estudio analiza la distribución espacial municipal de la vulnerabilidad al calor extremo en Asturias, hipotetizando que las áreas más densas y envejecidas son más vulnerables. Concretamente, se centra en diseñar un índice transferible para identificar vulnerabilidad socio-territorial latente, no en cuantificar daños causados por episodios concretos documentados.

2. Materiales, datos y métodos

Se ha elaborado un índice de vulnerabilidad a escala de municipios o de concejos de Asturias. Para ello se han seleccionado 21 variables en total, de las cuales cinco son demográficas, siete de ámbito socioeconómico, cinco referidas a la salud humana y cuatro ambientales (Tabla 1). Se ha utilizado el dato más reciente disponible para cada variable (2019-2022) y se presupone que todas ellas (consideradas a partir de la consulta de bibliografía específica) muestran una correlación positiva con la vulnerabilidad.

Tabla 1. Variables empleadas en la construcción del índice de vulnerabilidad por concejos de Asturias, con fecha y fuente de los datos.

Categoría	Variable (Año - Fuente)
Demográficas	% niños 0-4 años (2022 - SADEI/INE) % >65 años (2022 - SADEI/INE) Índice dependencia (2022 - SADEI) % hogares unipersonales (2021 - INE) Densidad poblacional (2022 - SADEI/INE)
Socioeconómicas	Tasa desempleo (2019 - Obs. Salud) Benef. salario social (2019 - Obs. Salud) % bajo nivel educativo (2019 - Obs. Salud) % riesgo exclusión social (2019 - Obs. Salud) % ingresos bajos (2019 - INE) Índice Gini renta (2021 - INE) Adultos sin soporte social (2019 - Obs. Salud)

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Categoría	Variable (Año - Fuente)
Salud	Actividades sedentarias (2019 - Obs. Salud) Dieta inadecuada (2019 - Obs. Salud) Fumadores (2019 - Obs. Salud) Sobrecarga ponderal (2019 - Obs. Salud) % mortalidad CV-respiratorias (2021 - SADEI)
Ambientales	Edad media viviendas (2021 - INE) Calidad residencial mala (2019 - Obs. Salud) Disponibilidad equipos sanitarios (2022 - Astur Salud) Contaminación aire (2019 - Obs. Salud)

Fuente: elaboración propia

Respecto a las variables demográficas, la proporción de ancianos y niños es clave por su mayor afectación fisiológica al calor extremo (Bao et al., 2015) y dificultades termorreguladoras que elevan la mortalidad (Ebi et al., 2004). Las enfermedades crónicas (Schwartz, 2005), el aislamiento social -especialmente en personas solas sin apoyo (Uejio et al., 2011)- y la alta densidad poblacional -que incrementa el riesgo en entornos urbanos (Romero-Lankao et al., 2012)- son factores añadidos. En cuanto a las variables socioeconómicas, el poder adquisitivo determina la calidad térmica de viviendas (Uejio et al., 2011) y acceso a refrigeración (Romero-Lankao et al., 2012). Un bajo nivel educativo reduce la conciencia del riesgo (Rinner et al., 2010; Hondula et al., 2012; Aubrecht et al., 2013; Maier et al., 2014). Nota: Variables como % bajos ingresos tienen secreto estadístico en municipios <1000 habitantes. En las variables de salud, patologías previas (especialmente cardiovasculares) y estilos de vida aumentan morbilidad/mortalidad (Rocklov et al., 2014; Nitschke et al., 2013; Rinner et al., 2010). Por último, en las variables ambientales, la antigüedad de viviendas reduce su aislamiento térmico, aumentando vulnerabilidad (Uejio et al., 2011). La mala calidad residencial (ej. falta de zonas verdes que mitigan calor) (Stone et al., 2010), la lejanía a equipamientos sanitarios -crucial para atención urgente (He et al., 2019)- y la contaminación atmosférica -vinculada a enfermedades respiratorias/cardiovasculares (Nitschke et al., 2013)- son factores críticos.

Las variables consideradas se han normalizado entre 0 y 1 con el fin de hacerlas comparables entre sí, posibilitando la construcción del índice, procedimiento común en estudios similares (Bao et al., 2015). Para ello, a cada dato (D) de cada variable, se le ha restado el valor mínimo de su serie (D min), dividiéndolo después entre la diferencia del valor máximo (D max) y mínimo del conjunto de datos (Ecuación 1). Tras normalizar las 21 variables, se construyó un índice ponderado mediante criterio experto basado en estudios sobre vulnerabilidad climática (Rinner et al., 2010; Uejio et al., 2011; Romero-Lankao et al., 2012; Wolf et al., 2014; Bao et al., 2015; Nayak et al., 2018; Russo et al., 2019; Niu et al., 2021). Las primeras 11 variables (Tabla 1) recibieron un peso del 65% por su mayor influencia en vulnerabilidad a olas de calor, y los 10 restantes un 35% (Ecuación 2).

Ecuación 1. Fórmula empleada para la normalización inicial de las variables que integran el índice de vulnerabilidad.

(D - D min) / (D máx - D min)

Ecuación 2. Fórmula empleada para la ponderación de los factores que integran el índice.

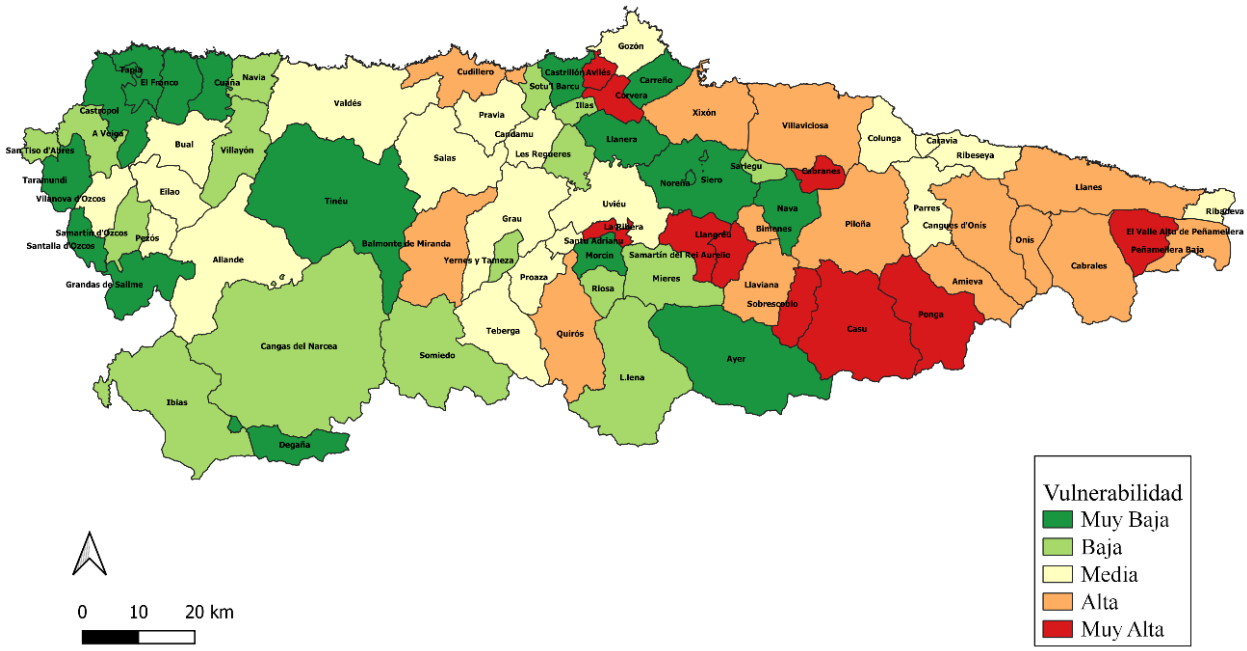
[(V1+V2+V3+….V11) *0,65]+ [(V12+V13+V14….V21)*0,35]

Los resultados del índice se plasmaron en un mapa municipal de los 78 concejos de Asturias, clasificando la vulnerabilidad en cinco niveles (muy baja, baja, media, alta, muy alta) mediante el algoritmo de Jenks (1967).

3. Resultados

De los 78 concejos asturianos, el 31.7% (25) presenta vulnerabilidad alta/muy alta, frente al 44.3% (33) baja y 24.0% (20) media (Figura 1). Con 5 categorías: en 17 concejos es muy baja (20.5% superficie), en 16 baja (23.8%), 20 media (24.0%), 15 alta (22.8%), y en 10 muy alta (8.9%). El oriente concentra el 86.4% de su área (13/18 concejos) en alta/muy alta vulnerabilidad, incluyendo el 75.4% de la categoría muy alta (24.7% de la superficie regional). El occidente alberga el 72.4% de vulnerabilidad baja y el 55.5% de muy baja (categoría inexistente en oriente), mientras el área central acoge el 24.7% de muy alta vulnerabilidad y el 44.5% de muy baja.

Figura 1. Índice de vulnerabilidad ante episodios de calor extremo por concejos, en Asturias.



Fuente: Elaboración propia

.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

La vulnerabilidad ante el calor extremo en Asturias está marcada por la interacción de factores socioeconómicos, demográficos y ambientales, con importantes diferencias entre áreas y, dentro de ellas, entre concejos. En el oriente de Asturias, la alta vulnerabilidad predomina, mientras que en el área central y especialmente en el occidente, la mayor parte de la superficie tiene baja o muy baja vulnerabilidad gracias a las buenas condiciones económicas, ambientales y de salud predominantes en la mayor parte de los concejos, aunque con excepciones. En el área central, la vulnerabilidad es baja o muy baja en el 50% del territorio, con concejos como Llanera y Siero destacando por sus buenos indicadores demográficos y socioeconómicos. Sin embargo, Avilés (que presenta los peores indicadores) y la Cuenca del Nalón, tienen alta vulnerabilidad debido a sus altos índices de desempleo, baja calidad residencial y alta densidad de población. El oriente de Asturias es el sector más vulnerable, con Casu como el concejo con peores datos. Factores como el bajo nivel educativo, las altas tasas de dependencia y el sedentarismo, contribuyen a esta situación. El índice propuesto es una herramienta preventiva que prioriza intervenciones en salud pública y adaptación urbana. Su correlación con factores socioeconómicos y demográficos documentados internacionalmente lo valida para anticipar riesgos en escenarios de aumento térmico proyectado por el IPCC. Sería muy interesante disponer de un índice de vulnerabilidad de mayor sensibilidad territorial, a una escala parroquial en lugar de municipal, que permitiera extraer conclusiones más precisas para la toma de decisiones de adaptación para reducir la vulnerabilidad de la población. Sin embargo, la falta de disponibilidad de datos a escala parroquial hace que este índice por concejos sea el más adecuado a pesar de no ofrecer tanto nivel de detalle.

5. Referencias bibliográficas

Aubrecht, C., y Ozceylan, D. (2013). Identification of heat risk patterns in the U.S. National Capital Region by integrating heat stress and related vulnerability. *Environmental International*, 56, 65–77.

Bao, J., Li, X., y Yu, C. (2015). The Construction and Validation of the Heat Vulnerability Index, a Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 7220-7234. doi:10.3390/ijerph120707220

Barriopedro, D., García-Herrera, R., Ordóñez, C., Miralles, D. G., y Salcedo-Sanz, S. (2023). Heat waves: Physical understanding and scientific challenges. *Reviews of Geophysics*, 61, e2022RG000780. https://doi.org/10.1029/2022RG000780

Ebi, K.L., Teisberg, T.J., Kalkstein, L.S., Robinson, L., y Weiher, R.F. (2004). Heat watch/warning systems save lives: Estimated costs and benefits for Philadelphia 1995–1998. *Bulletin of American. Meteorological. Society*, 85, 1067–1073.

He, C., Ma, L., Zhou, L., Kan, H., Zhang, Y., Ma,W., y Chen, B. (2019). Exploring the mechanisms of heat wave vulnerability at the urban scale based on the application of big data and artificial societies. *Environmental International*, 127, 573–83. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.057

Hondula, D.M., Davis, R.E., Leisten, M.J., Saha, M.V., Veazey, L.M., y Wegner, C.R. (2012). Fine-scale spatial variability of heat-related mortality in Philadelphia County, USA, from 1983–2008: A case-series analysis. *Global Environmental Health*, 11. doi:10.1186/1476-069X-11-16

IPCC (2021). Resumen para responsables de políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O.

Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (Eds)]. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf

Jenks, G. F. (1967). The choice of class intervals in class interval maps. *The Journal of the American Statistical Association*, 62(320), 1173-1182

Lüthi, S., Fairless, C., Fischer, E. M., Scovronick, N., Armstrong, B., De Sousa-Zanotti-Stagliorio-Coelho, M., Leon-Guo, Y., Guo, Y., Honda, Y., Huber, V., Kyselý, J., Lavigne, E., Royé, D., Ryti, N., Silva, S., Urban, A., Gasparrini, A., Bresh, D.N., y Vicedo-Cabrera, A. M. (2023). Rapid increase in the risk of heat-related mortality. Nature communications, 14 (1), 4894.

Maier, G., Grundstein, A., Jang, W., Li, C., Naeher, L.P., y Shepherd, M. (2014). Assessing the performance of a vulnerability index during oppressive heat across Georgia, United States. *Weather, Climate and Society*, 6, 253–263.

Nayak, S.G., Shrestha, S., Kinney, P.L., Ross, Z., Sheridan, S.C., y Pantea, C.I. (2018). Development of a heat vulnerability index for New YorkState. *Public Health*, 161, 127–137. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.09.006.

Nitschke, M., Hansen, A., Bi, P., Pisaniello, D., Newbury, J., Kitson, A., Tucker, G., Avery, J., y Dal Grande, E. (2013). Risk factors, health effects and behavior in older people during extreme heat: A survey in south Australia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 6721–6733.

Niu, Y., Li, Z., Gao, Y., Liu, X., Xu, L., Vardoulakis, S., Yue, Y., Wang, J., y Liu, Q. (2021). A systematic review of the development and validation of the heat vulnerability index: major factors, methods, and spatial units. *Current Climate Change Reports*, 7, 87–97. https://doi.org/10.1007/s40641-021-00173-3

Pascaline, W., y Rowena, H. (2018). Economic losses, poverty and disaster 1998–2017. In Report for the United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, and Center for Research on the Epidemiology of Disasters, Brussels, 33 https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35610.08643

Rinner, C., Patychuk, D., Bassil, K., Nasr, S., Gower, S., y Campbell, M. (2010). The role of maps in neighborhood-level heat vulnerability assessment for the city of Toronto. *Cartography and Geography Information Science*, 37, 31–44.

Rocklov, J., Forsberg, B., Ebi, K., y Bellander, T. (2014). Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Global Health Action*, 7(1). doi:10.3402/gha.v7.22737

Romero-Lankao, P., Qin, H., y Dickinson, K. (2012). Urban vulnerability to temperature-related hazards: A meta-analysis and meta-knowledge approach. *Global Environmental Change*, 22, 670–683.

Royé, D., Tobías, A., Figueiras, A., Gestal, S., Taracido, M., Santurtun, A., y Iniguez, C. (2021). Temperature-related effects on respiratory medical prescriptions in Spain. *Environmental Research*, *202*, 111695 https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111695.

Russo, S., Sillmann, J., Sippel, S., Barcikowska, M.J., Ghisetti, C., Smid, M., y O'Neill, B. (2019). Half a degree and rapid socioeconomic development matter for heatwave risk. *Nature Communications*, 136 (10). https://doi.org/10.1038/s41467-018-08070-4

Schwartz, J. (2005). Who is sensitive to extremes of temperature? A case-only analysis. *Epidemiology*, 16, 67–72.

Stone, B., Hess, J.J., y Frumkin, H. (2010). Urban form and extreme heat events: Are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? *Environmental Health Perspectives*, 118, 1425–1428.

Uejio, C.K., Wilhelmi, O.V., Golden, J.S., Mills, D.M., Gulino, S.P., y Samenow, J.P. (2011). Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: The role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability. *Health Place*, 17, 498–507.

Wolf, T., McGregor, G., y Analitis, A. (2014). Performance assessment of a heat wave vulnerability index for greater London, United Kingdom. *Weather, Climate and Society*, 6(1), 32–46.

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LAS INUNDACIONES EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA A PARTIR DE LA BASE DE DATOS AMARNA (1258-2025)

ALFREDO PÉREZ-MORALES[1]

SALVADOR GIL-GUIRADO[1]

JOSEP BARRIENDOS[2]

MARIANO BARRIENDOS[3]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Santo Cristo 1, 30001, Alfredo Pérez-Morales: alfredop@um.es, https://orcid.org/00000001-7532-8711; Salvador Gil-Guirado: salvador.gil1@um.es, https://orcid.org/0000-0002-3486-7476*

[2]*CREAF (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales), Edifici C Facultad de Ciencias y Biociencias, 08193 Bellaterra, Barcelona, j.barriendos@creaf.uab.cat, https://orcid.org/0000-0002-5762-4178*

[3]*Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua - CSIC, Jordi Girona, 18-26, 08034 Barcelona, mariano.barriendos@idaea.csic.es, https://orcid.org/0000-0001-9220-1245*

Abstract: This study analyses the spatio-temporal evolution of floods in the Segura River Basin District using the AMARNA database, which records flood episodes from the year 1035 to the present. Within the study area and period, 2042 cases caused by 664 rainfall episodes have been identified. Based on this information, the main objectives are: a) to identify flood-prone periods; b) to detect trends; c) to locate areas of high hazard exposure; and, above all, d) to assess the role of increased exposure in the rising flood risk. To this end, statistical and cartographic tools are employed. Specifically, to explain the observed trends and their relationship with exposure, AMARNA is combined with long-term land use change datasets. The results reveal a rising trend in the frequency of recorded episodes and cases, which, since the past century, appears to be driven more by increasing exposure than by any significant change in precipitation patterns. This dynamic is particularly evident in coastal areas and urban centres, where the occupation of flood-prone zones has become more pronounced in recent decades.

Keywords: Flood risk; Historical climatology; Exposure; Urban growth.

1. Introducción

De acuerdo con el último informe del IPCC, existe un consenso bajo en el tipo de cambio de tendencia de episodios de precipitación torrencial (Arias, *et al.*, 2022). Sin embargo, uno de los estudios más recientes e importantes sobre frecuencia de episodios de inundación en Europa (Blöschl et al., 2020), concluye que las últimas tres décadas han sido uno de los periodos más ricos en inundaciones en Europa durante los últimos 500 años. ¿Estamos asistiendo entonces a un incremento de los episodios de inundación que ocasionan pérdidas con motivo de la alteración de la variabilidad atmosférica? Para responder a lo anterior, una última publicación (Barriendos et al., 2019) señala que la tendencia de las inundaciones catastróficas en la vertiente mediterránea española es solo significativa en aquellos núcleos donde ha crecido la población en los últimos siglos. En otras palabras, este aumento de las pérdidas asociado a las inundaciones no está completamente relacionado, por el momento, con una mayor frecuencia de lluvias intensas motivadas por el cambio climático, sino, más bien, al crecimiento demográfico y urbano. Si bien es cierto que este estado de contribución de los factores físicos y humanos se podría degradar de materializarse las proyecciones del cambio climático.

Para profundizar en lo anterior, son necesarios estudios regionales y a escala de cuenca hidrográfica. A este respecto, en el sureste de la Península Ibérica y más concretamente, en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS), se observa un aumento de las pérdidas económicas en los últimos sesenta años debido a eventos de inundación (Gil-Guirado et al., 2019), a pesar de que, como se ha mencionado anteriormente, la tendencia en la frecuencia de episodios de inundación torrenciales todavía no es clara en la región mediterránea (Arias et al., 2022). Este hecho lo confirma el CEDEX (2021) en su último informe sobre el impacto del cambio climático en las precipitaciones en el levante español para el periodo 1971-2000 y un trabajo más reciente de Vicente-Serrano et al. (2025), en el que se afirma que los registros de precipitación de los últimos 150 años en la cuenca mediterránea no muestran tendencias vinculadas a un cambio climático, sino, simplemente, una fuerte irregularidad pluviométrica propia del clima predominante.

Teniendo en cuenta de lo anterior, factores como el sellado de suelos (Pérez-Morales et al., 2021) y la expansión del espacio edificado (Pérez-Morales et al., 2018), serían los principales responsables del aumento de las pérdidas económicas detectadas. Además, como ya se ha señalado, esta situación será probablemente más dramática si se cumplen algunas previsiones climáticas (Arias et al., 2022), y si el modelo económico no adopta medidas adaptativas eficientes.

En los apartados que vienen a continuación se argumenta este proceso de forma secuencial en tres partes. En primer lugar, se analiza la evolución de los episodios; en segundo, los cambios espaciales; por último, se estudia el aumento de la exposición como principal detonante del aumento del riesgo.

2. Materiales, datos y métodos

Para el estudio del riesgo de inundación en cuencas mediterráneas, es fundamental contar con series históricas amplias que permitan analizar episodios extremos más allá del período instrumental. En esta línea, la base de datos AMARNA (Multidisciplinary Database for Natural Risk Analysis) (Tuset et al., 2022) ha sido desarrollada para preservar y clasificar información sobre inundaciones en cuencas hidrográficas españolas. Esta base de datos se definió inicialmente en el marco de los proyectos de investigación PREDIFLOOD y MEDIFLOOD, y está diseñada para integrar información cualitativa

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

sobre eventos de inundación y otros riesgos climáticos a partir de fuentes documentales manuscritas, bibliográficas y hemerográficas, transformándola en índices cuantitativos útiles para el análisis histórico y climático. En el caso específico de la DHS, se ha optado por combinar los datos de AMARNA con los registros de SMC-Floods (Gil-Guirado et al., 2019), para de esta manera ampliar y enriquecer la cobertura histórica de eventos extremos al ámbito de dicha demarcación dentro de las tareas comprometidas en el proyecto EVISEGURA.

De forma resumida, la metodología empleada para la confección de AMARNA se centra, en primer lugar, en la identificación de episodios y casos de inundación. Por episodio se entiende, un evento de lluvia capaz de causar al menos una inundación en un municipio o localidad, que sería el registro de la base que representa el caso. Es decir, los episodios pueden ir desde uno a varios casos dependiendo de la severidad del evento y la información que haya generado en el momento de los hechos.

A partir de lo anterior, cada uno de esos casos se clasifica siguiendo un sistema de variables cualitativas que se convierten en índices numéricos. Esta aproximación permite estandarizar la información de eventos pre-instrumentales y compararla con los registros instrumentales modernos. Para dicha clasificación el sistema considera tres variables principales, cada una evaluada en una escala de 0 a 3:

a) El comportamiento hidrológico del evento, que clasifica el tipo de inundación según su origen (inundaciones pluviales causadas por lluvias intensas y repentinas, crecidas fluviales simples, e inundaciones fluviales resultantes del desbordamiento de ríos y desbordamientos de cuerpos de agua, que incluyen fenómenos de mayor escala como avenidas de gran magnitud).

b) El impacto en infraestructuras, que evalúa los daños materiales asociados al evento, desde afectaciones menores hasta la destrucción de estructuras constructivas permanentes.

c) La vulnerabilidad humana, que considera las consecuencias para las personas, desde las interrupciones en la movilidad y el transporte hasta las evacuaciones y pérdida de vidas humanas.

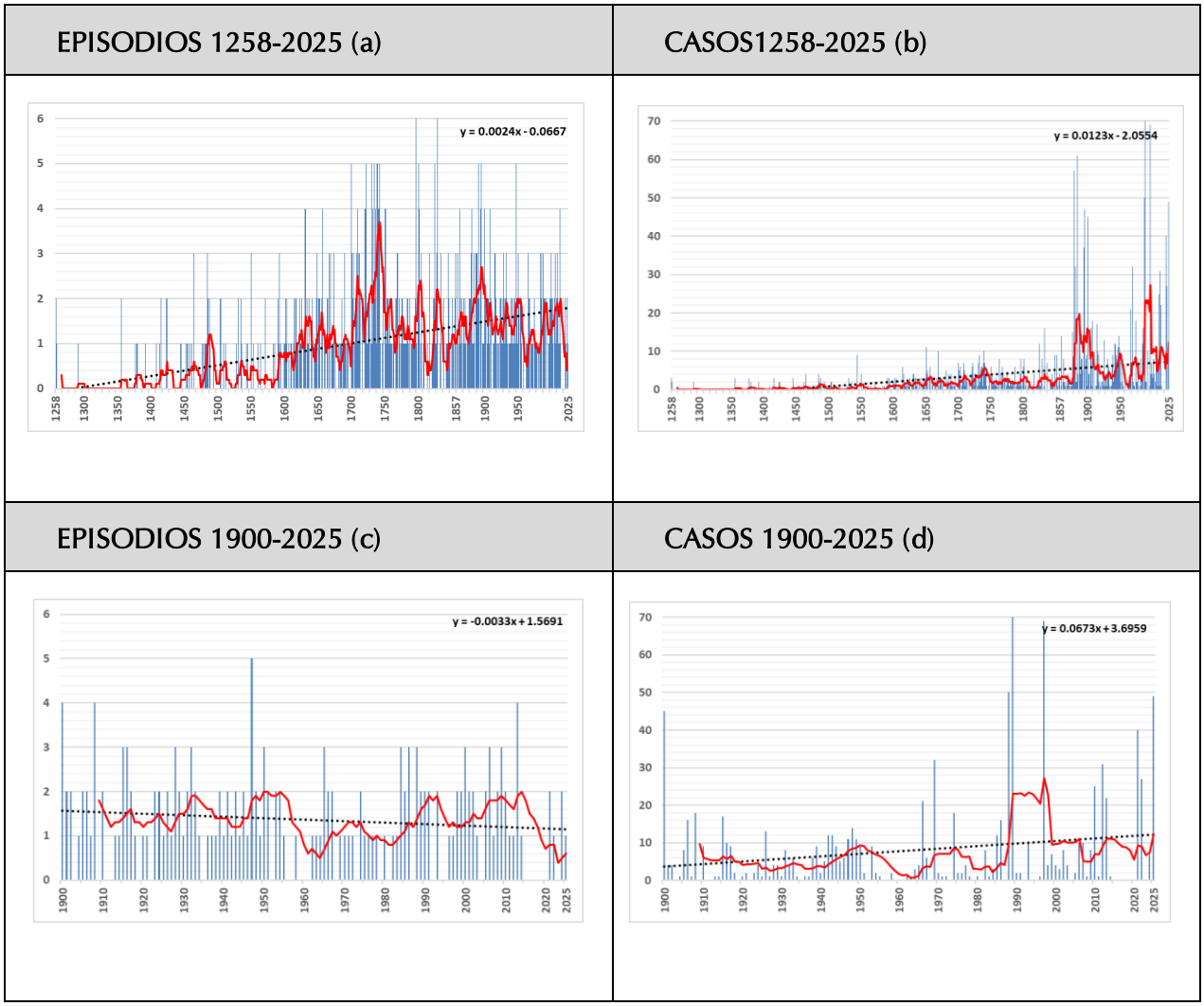
Los datos integrados se representan gráficamente, permitiendo una visualización precisa de los episodios de inundación en diferentes periodos históricos, y cartográficamente, mediante herramientas de SIG a nivel municipal, lo que facilita la identificación de áreas recurrentemente afectadas y apoya la planificación de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.

3. Resultados

Los resultados obtenidos reflejan tendencias espacio-temporales diferenciadas en la ocurrencia de inundaciones en la DHS. A escala secular (1258-2025), se aprecia una tendencia general al alza en el número de episodios y casos registrados, en aparente consonancia con las proyecciones de aumento de eventos extremos bajo un clima más cálido (Figura 1a). Sin embargo, este incremento agregado se ve matizado cuando los datos de inundaciones se combinan con datos disponibles sobre el factor exposición (población y datos catastrales). En ese sentido, al concentrar el análisis en el periodo posterior a 1900 (cuando los registros de población y catastro son más fiables), se aprecia un descenso ligero en la frecuencia de episodios en las últimas décadas (Figura 1c). Este hallazgo concuerda con estudios regionales que no detectan una tendencia clara en las precipitaciones extremas recientes del sureste ibérico (CEDEX, 2021; Vicente-Serrano et al., 2025). No obstante, pese a este descenso de

episodios, el número de casos se mantiene al alza en ambos intervalos (Figura 1b y 1d). Es decir, bajo cualquiera de los dos periodos analizados, se detecta que los eventos de inundación concentran un número mayor de casos de inundación.

Figura 1. Número de eventos de inundación en la DHS (columna EPISODIOS) y ratio de los casos por evento en la DHS (columna CASOS). En línea roja, media móvil de 11 años.

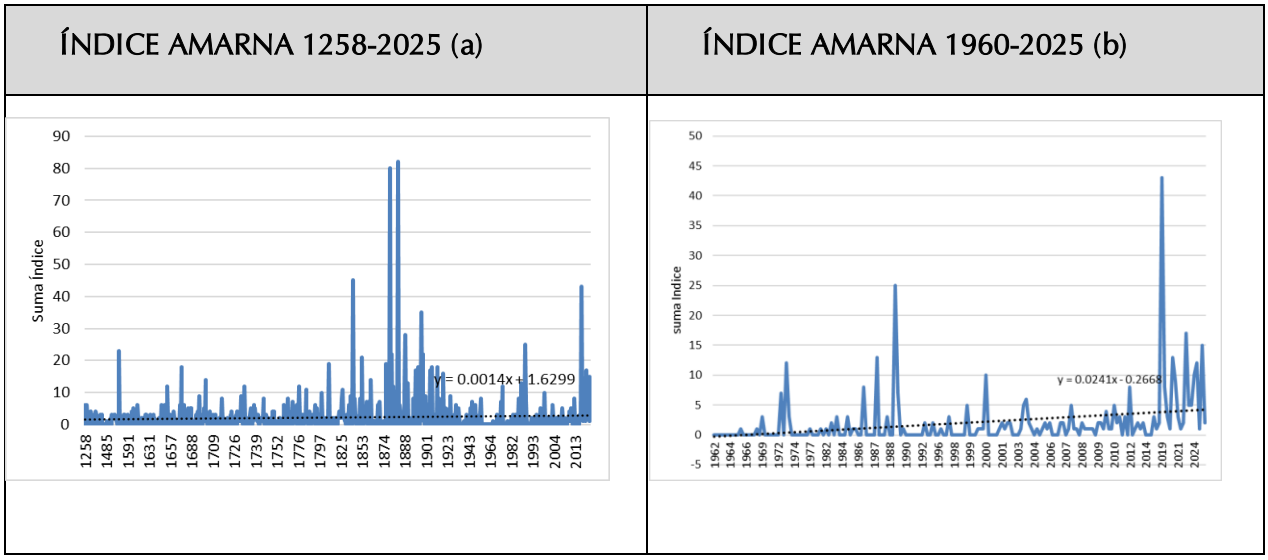


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de AMARNA.

¿Quiere decir esto que los episodios son menos frecuentes, pero más dañinos? Gracias a la combinación de las dos variables de AMARNA referidas a daños para categorizar los casos, se puede responder a estar pregunta. Pese a que el impacto espacial, medido en número de municipios afectados (casos por evento), es mayor, no lo son tanto los perjuicios que ocasionan los mismos de forma agregada, los cuales, permanecen estables para el total de la serie desde 1258 (Figura 2a). Sin embargo, no sucede lo mismo, si el cálculo se hace desde 1960 que es cuando se experimentan los mayores crecimientos socioeconómicos en el área de estudio. Estos resultados son coherentes con Gil-Guirado et al., (2019) (Figura 2b).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

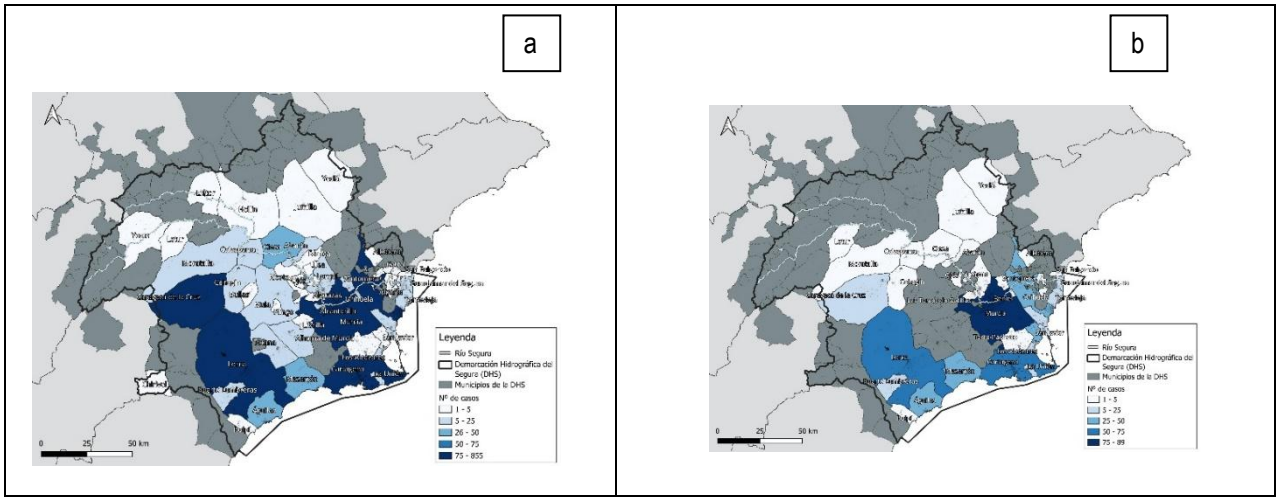
Figura 2. Evolución del índice de AMARNA



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de AMARNA. El índice es resultado del sumatorio de las variables "impacto de las infraestructuras" y "vulnerabilidad humana" para todos los casos del mismo episodio.

Desde una perspectiva espacial, los municipios más castigados para el periodo y área estudiados (Figura 3a), son los núcleos históricamente más poblados: Murcia, Cartagena, Orihuela, Lorca y Caravaca. El crecimiento demográfico de Murcia, Orihuela y Lorca se hizo sobre el fondo de valle, lo que dificulta su drenaje por los ríos Segura y Guadalentín debido a la débil pendiente dominante. Por su parte, las poblaciones de Caravaca y Cartagena cuentan con varios ejemplos de ramblas o cauces de funcionamiento efímero que atraviesan su callejero sin solución de continuidad espacial hasta que, hace unas décadas, se construyeron las infraestructuras necesarias de canalización. Un segundo grupo que ha alcanzado, más recientemente, especial protagonismo en el balance de las pérdidas, es el del litoral de la DHS (Figura 3b). A este respecto, sobresalen los municipios costeros de Águilas, Mazarrón, Lorca en su sector costero, Cartagena en su vertiente hacia el Mar Menor, San Javier y, especialmente preocupante es la situación de Los Alcázares. Estos, por su ubicación ribereña, integraron de forma forzada en sus callejeros las desembocaduras de cauces de ramblas a medida que fueron creciendo en la segunda mitad del siglo XX y primera década del XXI con el consiguiente aumento del riesgo.

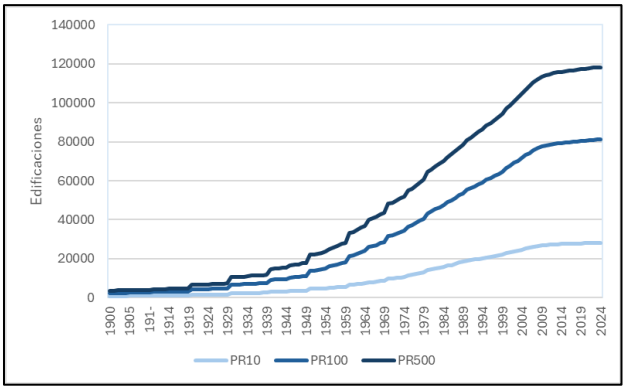
Figura 3. Número de casos de inundación desde 1258 (a) y posteriores a 1960 (b).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de AMARNA.

El análisis espacial de la exposición territorial corrobora la influencia determinante del factor antrópico en esta propagación del riesgo y, sobre todo, su litoralización. El crecimiento urbanístico en zonas inundables, aunque generalizado en toda la DHS (Figura 4), ha sido significativamente mayor en el litoral que en el interior de la cuenca, tanto en términos absolutos, como en términos proporcionales. Es necesario subrayar que los municipios costeros duplican en términos proporcionales a los del interior en expansión inmobiliaria sobre suelos inundables desde 1900 hasta la actualidad. En otras palabras, el boom edificatorio de finales del siglo XX e inicios del XXI en zonas de riesgo ha sido mucho más intenso en la franja litoral, ligado al desarrollo turístico-residencial. Consecuentemente, este mayor parque de viviendas expuestas se ha traducido en un incremento de los casos de inundación reportados en las áreas costeras. Como cifra reveladora, en el periodo reciente, los 12 municipios litorales presentan, en conjunto, una incidencia de inundaciones aproximadamente 1,5 veces superior a la de los 115 municipios interiores (diferencia que sería aún más acusada excluyendo a Murcia dada su gran influencia en las estadísticas al ser el municipio más poblado).

Figura 4. Evolución de las edificaciones construidas en zona inundable (PR10, 100 y 500) desde 1900 en la DHS



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del Catastro.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

La frecuencia de episodios de inundación muestra un incremento sostenido a lo largo del periodo analizado (1258-2025), en consonancia con las proyecciones climáticas que anticipan una mayor recurrencia de lluvias torrenciales. No obstante, tanto la bibliografía especializada (Blöschl et al., 2020) como los resultados obtenidos indican que dicho aumento responde, en mayor medida, al crecimiento de la exposición. Esta interpretación se refuerza a partir de los datos registrados desde 1900, donde se observa que, pese a una leve disminución en el número de episodios, el número de municipios afectados (casos) por episodio y la magnitud de los impactos asociados se incrementan de forma clara, especialmente a partir de la década de 1960.

El análisis histórico-catastral consolida la conclusión anterior. El parque inmobiliario de la cuenca ha crecido notablemente sobre zonas inundables, especialmente en municipios costeros. En la actualidad, cerca del 19% de las edificaciones de la DHS se localizan en la llanura de inundación del periodo de retorno 500 años (127 municipios), de las cuales, el 6% corresponde al litoral (12 municipios). Desde mediados del siglo XIX, la superficie edificada en áreas de riesgo se duplicó en términos relativos en el litoral frente al interior, reflejando el patrón de urbanización orientada al turismo y segunda residencia en las costas. Como consecuencia, las inundaciones contemporáneas tienden a causar más casos incluso sin que hayan aumentado necesariamente los extremos de lluvia. Es decir, en las últimas décadas el epicentro del riesgo de inundación en la cuenca del río Segura se ha desplazado desde el interior hacia la costa, confirmando el proceso de litoralización del riesgo.

Agradecimientos

Esta comunicación es parte del proyecto EVISEGURA (22670/PI/24), financiada por la Fundación Séneca de la Región de Murcia (FSRM/10.13039/100007801).

5. Referencias bibliográficas

Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, et al. (2021) In: Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144. doi:10.1017/9781009157896.002.

Barriendos, M., Gil-Guirado, S., Pino, D., Tuset, J., Pérez-Morales, A., Alberola, A., ... & Ruiz-Bellet, J. L. (2019). Climatic and social factors behind the Spanish Mediterranean flood event chronologies from documentary sources (14th–20th centuries). Global and Planetary Change, 182, 102997.

Blöschl, G., Kiss, A., Viglione, A., Barriendos, M., Böhm, O., Brázdil, R., ... & Wetter, O. (2020). Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. Nature, 583(7817), 560-566.

CEDEX (2021). Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España (2021, 2022, 2024). Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Gil-Guirado, S., Pérez-Morales, A., & Lopez-Martinez, F. (2019). SMC-Flood database: a high-resolution press database on flood cases for the Spanish Mediterranean coast (1960–2015). Natural Hazards and EarthSystemSciences, 19(9), 1955-1971.

Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., & Olcina-Cantos, J. (2018). Housing bubbles and the increase of flood exposure. Failures in flood risk management on the Spanish south-eastern coast (1975–2013). *Journal of Flood Risk Management, 11*, S302-S313. https://doi.org/10.1111/jfr3.12207

Pérez-Morales, A.; Gil-Guirado, S.& García, A. Q. (2021). ¿Somos todos iguales ante una inundación?: Análisis de la vulnerabilidad social en el litoral mediterráneo español. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (88), 6.

Tuset, J., Barriendos, M., & Barriendos, J. (2022). Historical Floods on the Spanish Mediterranean Basin: A Methodological Proposal for the Classification of Information at High Spatio–Temporal Resolution—AMICME Database (CE 1035–2022). Land, 11(12), 2311.

Vicente-Serrano, S.M., Tramblay, Y., Reig, F. *et al.* (2025) High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation. *Nature* 639, 658–666.https://doi.org/10.1038/s41586-024-08576-6

ALUDES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MACIZO ASTURIANO: SU IMPRONTA EN EL PAISAJE DE LA MEDIA MONTAÑA ATLÁNTICA

MIGUEL ÁNGEL POBLETE PIEDRABUENA[1]

SALVADOR BEATO BERGUA[2]

JOSÉ LUIS MARINO ALFONSO[3]

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), mpoblete@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0003-1030-5310

[2]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), beatosalvador@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-5538-7685

[3]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), marinojose@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-6213-407X

Abstract: Snow avalanches are one of the most active and intense nivoperiglacial processes that occur on the slopes not only in the high mountains of the Asturian Massif but also in the mid-mountains, where they have hardly been documented until very recently, and whose importance and relevance we have had the opportunity to clarify. Avalanche activity depends, among other factors, on the variability of snow, meteorological conditions and their interactions with the topography. Consequently, ongoing climate change may modify avalanche dynamics. For this reason, the aim of this work focuses on the analysis between climate change and the behaviour of avalanches in mid-mountain environments. To this end, the methodology used consisted of field work, i.e. observations and identification of shapes, deposits and even impacts on vegetation, as well as the analysis of climatic variables corresponding to several thermo-pluviometric stations. Although it is true that there has been a decrease in precipitation in the form of snow in recent decades, it has nevertheless been noted that it is still significant and sufficient to trigger avalanches between 1,600 and 1,000 m altitude, especially when storms are associated with polar storms from the north. On the other hand, the increase in air temperature both in winter and spring favours the wetting of the snowpack and, consequently, a predominance of wet snow avalanches in the mid-Asturian mountains. Despite global warming, avalanches are still frequent and represent a serious risk to infrastructure and vehicles travelling in the mid-mountains, and preventive measures are needed to mitigate them.

Keywords: Snow avalanches; climate change; Atlantic mid-mountain; Asturian Massif

1. Introducción

Los aludes son uno de los procesos nivoperiglaciares más activos e intensos que participan de forma decisiva no sólo en la dinámica del modelado de las montañas, sino también en la configuración y evolución del paisaje de tales medios en todo el mundo. En concreto, juegan un papel fundamental en las zonas árticas y en los ámbitos de montaña de las latitudes templadas especialmente en las vertientes con pendientes comprendidas entre 30 y 50º de inclinación, que favorecen, por un lado, la acumulación de un manto nival significativo y, por otro, facilitan su desencadenamiento y movilización. Además, la rápida movilidad y virulencia de los aludes incrementan, más aún si cabe, la capacidad morfogenética de la dinámica de vertientes, convirtiéndose así las canales de aludes en verdaderos cordones umbilicales que encauzan la nieve y los derrubios de las franjas alpinas a los fondos de los valles, donde se concentran las vías de comunicación y las actividades antrópicas (Butler et al., 1992).

Recientemente, Poblete et al. (2016, 2019, 2020, 2021) y Beato et al. (2017, 2018, 2019a, 2019b) han constatado la relevancia que los aludes desempeñan también en la morfodinámica de las vertientes de las montañas medias del Macizo Central Asturiano, cuyas huellas morfológicas se plasman en las canales y conos de aludes labrados en ellas, al tiempo que revelan sus efectos sobre las formaciones vegetales. Por otra parte, las avalanchas de nieve constituyen un riesgo natural que depende, fundamentalmente, de la intensidad y persistencia temporal de las nevadas, la disposición orográfica y la inclinación de las vertientes de la media montaña asturiana, así como la presencia en estos sectores de infraestructuras y otros elementos de las actividades humanas (Poblete et al. 2016, 2019). En este sentido, cabe señalar la relevancia del análisis de los efectos que el proceso de calentamiento global puede producir en la región (Anadón, 2009), más aún, teniendo en cuenta la interrelación de dicho proceso con la dinámica del paisaje y la distribución espaciotemporal y potencia de las precipitaciones en forma de nieve (Poblete et al. 2020, 2021; Beato et al. 2019a, 2019b).

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es llevar a cabo una aproximación preliminar sobre el cambio climático en las montañas medias del Macizo Asturiano y cómo está afectando en la dinámica y el comportamiento de los aludes, así como sus repercusiones e impronta en la evolución del paisaje de estos sectores de altitud media de las montañas cantábricas.

2. Materiales, datos y métodos

La metodología utilizada para dar repuesta a los dos objetivos principales formulados en este trabajo se basa en el empleo de los métodos y técnicas de análisis habituales, a saber, trabajo de campo y fotointerpretación de imágenes aéreas que permitan la caracterización del medio físico de las montañas medias. Para realizar tales cometidos se utilizan las fotografías aéreas en blanco y negro a escala 1:30.000 del Instituto Geográfico Nacional (1980-1986) y a escala 1:18.000 del Principado de Asturias (1994-1996) y las ortofotos digitales en color del PNOA (2020) del Instituto Geográfico Nacional correspondientes a los tres sectores del Macizo Asturiano (occidental, central y oriental). Por otro lado, también se analizan los datos meteorológicos relativos a la nieve recopilados por la Agencia Estatal de Meteorología. Los criterios tenidos en consideración para la selección de las estaciones meteorológicas son básicamente los siguientes: la resolución temporal y los factores geográficos de longitud y altitud. En concreto, se han elegido aquellas estaciones meteorológicas, por un lado, con series temporales lo más completas posible y, por otro, que estén situadas en los tres sectores de la zona de estudio, a una altitud comprendida entre 1200 y 700 m, que tuviesen registros de meteoros.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Así pues, las estaciones seleccionadas se corresponden con Genestoso (sector occidental a 1170 m), Cuevas-Felechosa (sector central a 750 m), Amieva (Restaño, a 730 m) y Tresviso (sector oriental a 900 m). Por último, se ha efectuado el seguimiento de los temporales de nieve acontecidos en los últimos diez años, consultando en tiempo real los datos horarios de las estaciones meteorológicas de Cuevas de Felechosa (750 m) y Pajares-Valgrande (1480 m) para conocer si se alcanza la cifra de 30 mm de nieve en 24 horas, considerada por algunos especialistas como el umbral a partir del cual pueden desencadenarse aludes (McClung y Schaerer, 1993; Ancey y Charlier, 1998).

2.1. El caso de estudio

El estudio se circunscribe a las montañas medias del Macizo Asturiano, dispuesto de forma paralela al litoral cantábrico a lo largo de más de 200 km, cuyas cumbres tienen una altitud comprendida entre los 1000 y 1700 m, aunque algunas alineaciones se sitúan incluso por debajo de esta franja altitudinal (Fig. 1). Se trata, en concreto, de cordales y macizos que presentan el típico paisaje de media montaña atlántica, esto es, caracterizado por un relieve intrincado y agreste formado por crestas y fuertes pendientes, unas condiciones climáticas oceánicas, esto es, templadas y húmedas, un escalonamiento de las formaciones vegetales y una secular explotación agro-silvo-pastoril, cuya actividad decreciente ha favorecido la irrupción y desarrollo de otros usos: turístico, recreativo, cinegético.

Desde el punto de vista geomorfológico, las montañas medias del Macizo Asturiano se distinguen por carecer de depósitos y huellas morfológicas que indiquen que hayan estado glaciadas durante el Último Máximo Glaciar (LGM). Por otro lado, la dinámica del modelado en estos ámbitos está básicamente controlada, debido a las fuertes pendientes del relieve, por una activa dinámica de laderas y una fuerte escorrentía superficial. Entre los procesos de ladera más frecuentes cabe destacar, entre otros, fenómenos de creeping o reptación, desprendimientos, solifluxiones, deslizamientos de tipo rotacional y traslacional, y en menor medida flujos de derrubios o debris flow. Si bien es cierto que los procesos ligados al frío y a la nieve, dominantes en la alta montaña, pierden aquí eficacia y frecuencia temporal, no obstante, también están presentes y su función no es meramente testimonial.

Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones meteorológicas analizadas

Fuente: elaboración propia

En líneas generales Asturias disfruta de un clima templado oceánico caracterizado por unas temperaturas benignas, esto es, muy poco contrastadas, con inviernos suaves y veranos frescos; así como abundantes y persistentes precipitaciones, con una cuantía superior a 900 mm, bien repartidas a lo largo del año. Estas condiciones climáticas responden a una dinámica atmosférica regida en las latitudes medias por el dominio de la circulación general del Oeste, responsable de la llegada sucesiva de masas de aire tropicales (cálidas y húmedas) y polares (frías y húmedas), o ambas a la vez en forma de frentes fríos y cálidos. La innivación en las montañas medias no es un fenómeno accidental poco trascendente, sino que representa un elemento climático normal (Poblete et al. 2019). Muñoz Jiménez (1982) estimó que la cantidad media anual de agua recibida en forma de nieve alcanzaba los 900 l/m^2 a 1500 m de altitud, equivalentes al 50% de la pluviosidad total y con intensidades del orden de 11 a 16 mm/ día. No obstante, estas cifras deben ser revisadas a tenor de las nuevas situaciones climáticas y en función de los datos de las últimas décadas.

Por otro lado, la vegetación en las montañas medias del Macizo Asturiano presenta el típico mosaico atlántico, resultante de la acción conjunta de los condicionantes naturales y de la secular actividad agrosilvopastoril.

3. Resultados

El cambio climático afecta ya a la totalidad del territorio de Asturias incluido, por supuesto, las zonas de montaña. Dicho proceso se constata sobre todo a través del calentamiento atmosférico que, en Asturias, ha sido estimado en un incremento medio de la temperatura del aire de 0,21ºC por década en los últimos 60 años (Álvarez et al., 2009), por lo que esta ha ascendido un total de 1,26ºC. No obstante, el cambio climático también repercute sobre otros meteoros, máxime, en la nieve caída en las montañas. En la actualidad, la cantidad de precipitaciones en forma de nieve en las montañas medias del Macizo Occidental (según los datos de Genestoso correspondientes a la serie 1991-2020) es de 546 mm de media anual, en tanto que el número de días de nieve al año alcanza un promedio de 41,2. Estas cifras revelan que en los últimos 30 años se ha producido un descenso tanto en la cuantía media de las nevadas como en el número medio de días de nieve, de 89 mm y 13 respectivamente. Sin embargo, se aprecia un ligero incremento en la intensidad de 11,7 a 13,25 mm/día. En las montañas medias del Macizo Central sólo disponemos de datos recientes, en concreto, la serie temporal completa de 1994-2023 de la estación de Cuevas-Felechosa (750 m). Las cifras obtenidas son una media anual de 267,5 mm de nieve y 14,3 días de nieve al año, con una intensidad de 18,7 mm/día. La tendencia lineal que se aprecia en las precipitaciones de nieve es ligeramente ascendente, no así en el número de días, lo que explica que la fuerza de las nevadas sea elevada. En las montañas medias del Macizo Oriental, las nevadas alcanzan 234,7 mm de media y los días de nieve 10,9, lo cual implica una pérdida en los últimos 30 años de 126,8 mm y 6,6 días de media. Sin embargo, la magnitud de las nevadas en el mismo período de tiempo se ha incrementado de 20,6 a 21,5 mm/día, que constituye una cifra ya muy relevante. Así pues, en las montañas medias del Macizo Occidental y Oriental se confirma una clara disminución de las precipitaciones en forma de nieve y de los días de nieve. Ahora bien, hay excepciones como es el caso que hemos visto en Cuevas de Felechosa en el Macizo Central y en Tresviso, en los Picos de Europa, donde se aprecia en los últimos 14 años un incremento tanto de la cantidad de nieve caída como del número de días, a saber, 174,3 mm y 5,4 días respectivamente. Al mismo tiempo tiene lugar un incremento de la intensidad, ya de por sí bastante alta, de 22,3 a 24 mm/día. La razón de esta tendencia creciente en las cuantías de las nevadas tanto en Cuevas (en el

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Macizo Central) como en Tresviso (en el Oriental) reside en los factores orográficos, al tratarse de sendas alineaciones montañosas que actúan como barreras dispuestas de forma perpendicular a las borrascas polares, frías y húmedas, procedentes del Norte de Europa, forzando sobreacumulaciones en las vertientes meridionales.

En puridad, es más que evidente que las nevadas que acontecen en la actualidad en el ámbito de la media montaña del Macizo Asturiano se producen, como reflejan las cifras ya mencionadas, en episodios de una elevada magnitud que superan a veces los 30 mm en 24 h, sobresaliendo las acaecidas en la estación de Cuevas-Felechosa, donde se han registrado: 35,2 mm (18-01-2015), 40,4 mm (06-11-2016), 38,4 mm (01-11-2017), 54,6 mm (25-03-2018), 76,6 mm (15-11-2019), 57 mm (08-12-2020), 64,4 mm (28-11-2021) y 32,4 (09-12-2024); también en Pajares-Valgrande situada a 1480 m de altitud se han alcanzado en 24 horas: 35 mm (07-11-2016), 38 mm (12-03-2017), 64,5 mm (27-10-2018), 60,3 mm (16-12-2019), 32,3 mm (16-03-2020), 83,1 mm (24-11-2021), 32.9 mm (19-04-2022), 44 mm (18-01-203) y 67,8 mm (09-12-2024).

Como consecuencia de las copiosas nevadas se forman, según las observaciones directas, mantos nivales de gran espesor (cercanos al metro) que, sin duda, contribuyen al desencadenamiento de aludes. En la actualidad, en las montañas medias asturianas predominan los aludes de nieve húmeda favorecidos por el incremento de la temperatura del aire tanto en invierno como en primavera, lo cual facilita la humectación del manto nival y el aumento de la densidad de la nieve. Tales aludes siguen siendo frecuentes y de gran magnitud en las montañas medias del Macizo Asturiano y modelan, sobremanera, en las vertientes meridionales y surorientales multitud de canales y conos de aludes. Además, los efectos de los aludes dejan su impronta en el tapiz de la cubierta forestal de los pisos montanos, pues se hallan aclarados debido a la apertura de corredores lineales o se hallan amplias zonas desarboladas convertidas en pastizales o colonizadas por matorrales de bajo porte. Así pues, la reiteración de los aludes y sus impactos son los responsables parciales de la deforestación que muestran las vertientes meridionales y surorientales y además explican en buena medida su lenta regeneración natural, frente a la rápida reforestación de las septentrionales.

4. Conclusiones

El cambio climático en las montañas medias se manifiesta en la disminución de las cuantías de las nevadas y de los días de nieve que alcanzan del orden de 89 mm y 13 de media en el Macizo Asturiano Occidental y 126,8 mm y 6,6 de media en el Macizo Asturiano Oriental. No obstante, pese a tal descenso, la intensidad de las nevadas prácticamente se ha duplicado de los 11,7 a 13,25 mm/día de la década de los 80 del siglo pasado, hasta los 21,5 a 24 mm/día registrados, actualmente, en el Macizo Oriental. Así pues, las nevadas son menos frecuentes en las montañas medias, pero más copiosas e intensas, lo que explican que los aludes sean muy virulentos, en tanto que su periodo de retorno está muy condicionado a la llegada de potentes borrascas polares. Los aludes predominantes son los de nieve húmeda debido, en parte, al aumento de la temperatura del aire y su impacto afecta mayoritariamente a las vertientes meridionales y surorientales, cuyo tapiz vegetal se halla muy desmantelado. En efecto, los aludes de nieve húmeda son en gran parte responsables de la deforestación que aún hoy, pese a la regeneración natural, perdura en la faz de algunas vertientes meridionales y suorientales de las montañas medias asturianas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación *Paisajes de Interés Cultural en riesgo de desaparición (NO de España): su documentación y digitalización*, que tiene como referencia PID2023-147884NB-I00. Igualmente, queremos expresar nuestra gratitud a la Delegación Territorial en Cantabria de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) por su labor y por aportar los datos meteorológicos necesarios para llevar a cabo esta contribución.

5. Referencias bibliográficas

Álvarez, M.Á., Castro, M. de, Cruz, R., Gómez, A., Pérez, V., & Stöll, H. (2009). Clima. En R. Anadón (Coord.), *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias* (pp. 30-65). Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Oviedo.

Anadón, R. (Ed.) (2009). *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Oviedo.

Ancey, C., & Charlier, C. (1998). Les avalanches. En C. Ancey (Ed.), *Guide Neige et Avalanches: Connaissances, Pratiques, Sécurité* (pp. 87-126). Édisud.

Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (25-27 de octubre de 2017). *El efecto de los aludes de nieve en las formaciones vegetales de la vertiente oriental de la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano).* [Presentación]. XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españole*s*, Madrid. http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/44606.

Beato, S., Poblete, M.A., & Marino, J. L. (2018). Snow avalanche susceptibility in the eastern hillside of the Aramo Range (Asturian Central Massif, Cantabrian Mountains, NW Spain). *Journal of Maps*, *14*(2), 373-381. https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1480974.

Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (2019a). La dinámica del paisaje en la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano): procesos naturales y antrópicos. *Pirineos*, *174*, 1-16. https://doi.org/10.3989/pirineos.2019.174001.

Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (2019b). Snow avalanches, land use changes, and atmospheric warming in landscape dynamics of the Atlantic mid- mountains (Cantabrian Range, NW Spain). *Applied Geography*, *107*, 38-50. https://doi. org/10.1016/j.apgeog.2019.04.007.

Butler, D. R., Malanson, G. P., & Walsh, S. J. (1992). Snow-avalanche paths: conduits from the pe- riglacial alpine to the subalpine depositional zone. En A. Abrahams, A. y Dixon, J. (Eds.), *Periglacial Geomorphology* (pp.185-202). Wiley.

McClung, D., & Schaerer, P. (1993). *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers.

Muñoz Jiménez, J. (1982*). El relieve, el clima y las aguas. Geografía de Asturias.* Ayalga Ediciones.

Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2016). Los aludes de nieve en el Alto Aller: su incidencia en la carretera AS-253 del Puerto de San Isidro (Macizo Central Asturiano) en J. J. Durán, M. Montes, A. Robador y A. Salazar (Eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro* (pp. 751-758). Instituto Geológico y Minero de España.

Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2019). El riesgo de aludes en el Alto San Isidro (Macizo Central Asturiano): la vulnerabilidad de la carretera AS-253. *Cuaternario y Geomorfología, 33*(3-4), 79-104. https://doi.org/10.17735/cyg.v33i3-4.72057.

Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2020). La cubierta vegetal y los aludes en las montañas medias del Macizo Central Asturiano (Montaña Cantábrica): la dinámica bionival. En V. Carracedo, J. C. García-Codron, C. Garmendia y V. Rivas. (Eds.), *Conservación, Gestión y Restauración de la Biodiversidad* (pp. 651-660). Asociación de Geógrafos Españoles.

Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2021). Snow Avalanches in the Middle Mountains of the Asturian Central Massif (Cantabrian Mountains, NW of Spain: An Active Nivoperiglacial Process. En R. M. Reale (Ed.), *Recent Developments in Geomorphology*, (pp. 35-58). Nova Science Publishers.

LA INTERFAZ URBANO-FORESTAL EN EL GRAN VALPARAÍSO: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A GRANDES INCENDIOS FORESTALES

PRISCILA RAMÍREZ ALIAGA[1]

OSCAR ERASO TERÁN[2]

ANNA BADIA PERPINYÀ [3]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universitat Autònoma de Barcelona, Fortuna s/n, Edificio B, 08193 Cerdanyola del Vallès, priscila.ramirez@uab.cat, https://orcid.org/0009-0001-9379-4780*

[2]*Filiación institucional: Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Ibarra 100105, Ecuador. oheraso@utn.edu.ec, https://orcid.org/0000-0002-2716-1387*

[3]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universitat Autònoma de Barcelona, Fortuna s/n, Edificio B, 08193 Cerdanyola del Vallès, anna.badia@uab.cat, https://orcid.org/0000-0001-9660-9811*

Abstract: In recent years, very extreme and difficult to control fires have been reported in various regions of the world. In Chile, the Valparaíso region due to its topography, mediterranean climate, and disorderly urban growth, has become a territory particularly vulnerable. The Valparaíso region has been a recurring scene of forest fires, which have generated significant environmental, social and economic impacts, mainly in peripheral areas, that is, in the Wildland-Urban Interface (WUI), which is presented as a critical area where human settlements and natural ecosystems converge, increasing exposure to risk. The research focuses on the "Gran Valparaíso" (Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana) and the objective is to identify and analyze the vulnerability situation of the WUI against wildfires, based on the analysis of changes in land uses and land covers, as well as the characterization of wildfires, which allows for a diagnosis of the territory. There is an increase in the area affected by fires, as well as a growth of forested areas, plantations, and urban areas. These transformations, combined with the prolonged drought, have increased the amount of dry fuel, favoring the spread of fire. The increase in irregular occupation of at-risk land, where houses have been built in unsuitable locations next to forested areas, increased the population's exposure, complicates the work of fire control, and creates a much more vulnerable WUI.

Keywords: wildfires; land use and land cover changes; Wildland–Urban Interface; vulnerability.

1. Introducción

Desde su formación, la Tierra ha experimentado transformaciones ambientales impulsadas por fenómenos naturales como la radiación solar, la actividad volcánica y la circulación oceánica global, generando cambios en la biósfera (Equihua et al., 2015). En este contexto, surge el concepto de cambio global, que se refiere a las alteraciones ambientales causadas por la actividad humana. Este incluye cinco componentes clave: cambio climático, cambios en los usos y cubiertas del suelo (CUCS), pérdida de biodiversidad, alteraciones atmosféricas y del ciclo del nitrógeno (Duarte et al., 2006). Entre estos, el cambio climático y los CUCS son especialmente relevantes en la ocurrencia de incendios forestales. Este estudio se enfoca en la caracterización de los incendios forestales y en los CUCS y es parte de una investigación más amplia que también considera la influencia del cambio climático.

Desde mediados del siglo XX, la intensificación de fenómenos climáticos extremos (olas de calor, lluvias intensas y el ascenso del nivel del mar) se ha atribuido principalmente a la actividad humana (IPCC et al., 2014). El cambio climático, impulsado por las emisiones de gases de efecto invernadero, se refleja en el aumento de temperaturas, mayores concentraciones de CO_2, y alteraciones en los ciclos de humedad y sequía (Pachauri & Reisinger, 2007). Los efectos del cambio climático en relación con temperatura y precipitación han afectado el balance hídrico, generando condiciones más cálidas y secas, lo que ha traído como consecuencia la ampliación de las temporadas de incendios y la pérdida de humedad del material combustible incrementando la probabilidad de ocurrencia de incendios de mayor intensidad, número y extensión (Jolly et al., 2015) (Moreno et al., 2015) y en muchas ocasiones megaincendios de difícil control (Boer et al., 2020).

A lo largo del tiempo, las actividades humanas han transformado el paisaje mediante los CUCS, adaptando el entorno a sus necesidades y generando impactos significativos (Turner II & Robbins, 2008). Uno de los principales efectos de estas transformaciones es la expansión de la zona de Interfaz Urbano-Forestal (IUF), área donde convergen las zonas urbanas con la vegetación y que presentan un mayor riesgo de ignición por causas humanas, incrementando los conflictos socioambientales y la vulnerabilidad ante incendios forestales (Schug et. al, 2023; Badia & Valldeperas, 2015). La vulnerabilidad, se entiende como la predisposición de los sistemas a sufrir daños ante eventos peligrosos y está determinada por factores sociales, ambientales y de planificación (Pörtner et al., 2022). Esta condición está relacionada con las características específicas que determinan cómo los grupos sociales se ven afectados por las amenazas, así como en su capacidad de resiliencia frente a dichos eventos (Cutter et al., 2008). Así, una mayor vulnerabilidad suele asociarse a una menor capacidad de respuesta, por lo que es esencial integrar la gestión del riesgo en la planificación territorial para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia ante incendios forestales (Serra et al., 2019).

Chile presenta una alta vulnerabilidad a los desastres, debido a sus características geográficas y geológicas, que lo exponen a múltiples amenazas de origen natural, antrópico y socionatural (Cima, 2024). Los incendios forestales ocurren de manera recurrente, especialmente en primavera y verano, concentrándose en la zona centro-sur del país (CONAF, 2025a). El aumento de las temperaturas y la persistente megasequía han favorecido su propagación, generando un alza significativa en su frecuencia y extensión, con graves impactos en la infraestructura, al medioambiente y la pérdida de vidas humanas (González et al., 2020). Los incendios forestales son particularmente problemáticos en la IUF, donde causan pérdidas de casas y vidas (Calkin et al., 2016). En Chile, las zonas que tienen mayor riesgo de incendios forestales son donde conviven los ecosistemas vegetales y las poblaciones

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

humanas. La IUF abarca un 5 % del territorio nacional, sin embargo, concentra un 80 % de la población y alrededor de un 60% de los incendios que ocurren en el país (González et al., 2020). La región de Valparaíso presenta una alta vulnerabilidad frente a desastres, destacando los megaincendios como uno de los fenómenos más recurrentes y destructivos. Eventos como el incendio de Valparaíso en 2014, y los ocurridos en Viña del Mar, Valparaíso y Quilpué en 2024 evidencian esta problemática. Geográficamente, los incendios se concentran en sectores adyacentes a cerros y quebradas, donde la topografía, la acumulación de material combustible y la dificultad de acceso aumentan el riesgo de propagación (Castillo et al., 2009). El crecimiento de las áreas urbanizadas exacerba el riesgo, ya que el daño se concentra especialmente en sectores habitacionales ubicados en la IUF, donde la destrucción de viviendas y las afectaciones directas a la población generan repercusiones de gran magnitud y difícil dimensionamiento (Curt & Frejaville, 2018; Castillo, 2013). La IUF de Valparaíso es una de las más críticas debido a su topografía accidentada, la vegetación combustible continua y el crecimiento urbano informal, en quebradas y cerros, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a incendios forestales. Este estudio se realizó en cuatro comunas de la región: Valparaíso, Viña del mar, Quilpué y Villa Alemana, que forman parte del Gran Valparaíso, la zona con mayor problemática asociada a incendios forestales.

Frente a este escenario, surgen las siguientes interrogantes: ¿Qué factores influyen en la ocurrencia de incendios forestales? ¿En qué medida influyen la ocurrencia de incendios y los CUCS en la vulnerabilidad de la IUF frente a los incendios forestales? El objetivo es caracterizar los incendios forestales y determinar qué variables inciden en la generación de incendios forestales y analizar los CUCS que hacen más vulnerable la IUF en la región de Valparaíso.

2. Materiales, datos y métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizaron datos proporcionados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Para la caracterización de los incendios forestales, se utilizaron los puntos de ignición desde el año 2010 al 2024 y para el análisis de los CUCS, se utilizó el catastro de recursos vegetacionales, analizándose los cambios ocurridos entre los años 1995-2019.

El análisis de los incendios forestales se realizó mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG). Se analizaron los incendios forestales ocurridos en la región de Valparaíso, realizándose una superposición de los puntos de ignición con diferentes variables: pendiente, altitud, proximidad a las redes viales y la cercanía a áreas silvestres protegidas. El análisis de los CUCS se realizó mediante combinación analítica de capas, para generar las distintas matrices de cambios.

3. Resultados

3.1 Caracterización de los incendios forestales 2010-2024

Entre los años 2010 y 2024, el área de estudio registró un total de 3.651 incendios forestales, los que afectaron una superficie total de 37.132,2 hectáreas. De estos, sólo el 0,63 % de los eventos correspondía a incendios de magnitud (incendios que superan las 200 ha.) y fueron responsables del 78,2 % de la superficie total quemada durante el periodo de análisis, lo que evidencia el importante impacto que representa en términos de superficie afectada.

Los datos evidencian una tendencia a la disminución en el número de incendios al largo del periodo analizado y un aumento en la superficie afectada. En el año 2010, se registró el 2,5 % de los incendios total del periodo, mientras que en el año 2024 este valor disminuyó a un 1,5 %. Sin embargo, la superficie afectada evidenció un comportamiento opuesto, pasando de un 1,9 % de superficie quemada en el año 2010 a un 28,1 % en el año 2024.

Estacionalmente, la mayor concentración de incendios se evidenció durante el verano, estación en la que se registró el 49,9 % de los incendios y el 60,4 % de la superficie afectada.

En cuanto a las características geográficas del área de estudio, 99,1 % de los incendios se registraron a menos de 500 m. de altitud, el 16,5 % en orientación suroeste, el 98,2 % en pendientes menores a 25º, el 86,8 % a menos de 500 m. de una red vial y el 34,8 % de los incendios forestales en el intervalo de distancia entre 10.000 y 15.000 m de un área silvestre protegida.

El análisis de los incendios ocurridos en el área de estudio muestra una tendencia hacia la proximidad a las áreas urbanizadas. El 95,6 % de los incendios se registraron una distancia menor a 5.000 m. de los límites de las zonas urbanas, lo que evidencia el papel predominante de las actividades antrópicas en la ocurrencia de incendios forestales.

3.2 Cambios de usos y cubiertas del suelo

Durante el periodo analizado, entre los años 1995-2019, se registraron importantes transformaciones en las cubiertas del suelo en la región de Valparaíso. En primer lugar, se observó una tendencia de conversión de praderas y matorrales por bosque nativo, que representa el 29,7 % de la superficie total. En segundo lugar, se identificó una conversión desde praderas y matorrales hacia plantaciones forestales, que alcanzó un 5,2 % del área total. Finalmente, se registró un cambio de praderas y matorrales a áreas urbanas e industriales, con un 4,6 %.

El análisis de los cambios de usos del suelo permitió determinar que el 36,6 % de los incendios se registró en áreas clasificadas como urbanas e industriales, lo que evidencia una alta concentración de incendios en zonas de desarrollo humano. Con relación a la superficie total afectada, se observó que el mayor porcentaje corresponde a bosque nativo, con un 34 % del total del área quemada. Esto evidencia la importancia de los cambios de usos y cubiertas del suelo en la ocurrencia de incendios, al influir sobre las condiciones del territorio, la disponibilidad de combustible y la interacción entre factores naturales y humanos.

4. Conclusiones

La región de Valparaíso es una de las zonas más vulnerables a los incendios forestales en Chile, debido a la combinación de factores climáticos, geográficos, ecológicos y humanos. La prolongada megasequía, junto con olas de calor y vientos intensos, ha generado condiciones favorables para la propagación del fuego. Su topografía accidentada y el crecimiento de la ocupación irregular, especialmente en zonas periféricas colindantes con vegetación, dificultan el control de los incendios y aumentan el riesgo para la población. Esto ha llevado a una expansión de las zonas de IUF, donde se concentra una alta exposición al fuego y una mayor vulnerabilidad. Esto, evidencia la necesidad de

una gestión territorial que priorice la prevención en estas áreas, a través de planificación, conservación ambiental y fortalecimiento de la resiliencia comunitaria.

Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos: SGR-Cat 2021 00522 - Geografía Aplicada. Generalitat de Catalunya. PID2023-151124NB-I00, Los fuegos holocenos en la configuración de los espacios abiertos de la montaña del Norte peninsular. Herramientas para la gestión de los incendios en áreas protegides (CALIB-FIRE), Proyectos de Generación de Conocimiento, AEI. Además, ha contado con el respaldo de la beca FI-SDUR 2022 y ANID BECAS/Doctorado, Becas Chile/72220135.

5. Referencias bibliográficas

Badia, A. & Valldeperas, N. (2015). El valor histórico y estético del paisaje: claves para entender la vulnerabilidad de la interfaz urbano-forestal frente a los incendios. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, *19* (521).

Boer, M., Resco de Dios, V. & Bradstock, R. (2020). Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change*, *10*, 171-172. https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1.

Calkin, D., Cohen, J., Finney, M. & Thompson, M. (2014). How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface. *Proc. Natl Acad.* Sci. USA 111, 746–751.

Castillo, M. (2013). *Integración de variables y criterios territoriales como apoyo a la protección contra incendios forestales. Área piloto: Valparaíso-Chile central*. [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba].

Castillo, M., Quintanilla, V. & Julio, G. (2009). Análisis del riesgo y vulnerabilidad contra incendios forestales en áreas de interfaz, Provincia de Valparaíso. *Territorium*, *16*.

Cima, M. (2024). Vulnerabilidad del área metropolitana de Valparaíso ante incendios: riesgos conocidos, aprendizajes y oportunidad para el cambio. *Planeo*, *58*. https://doi.org/10.7764/plan.058.135.

CONAF. (2025a). Corporación Nacional Forestal. *Estadísticas de incendios forestales*. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de https://www.conaf.cl/incendios/

Curt, T. & Frejaville, T. (2018). Wildfire policy in Mediterranean France: how far is it efficient and sustainable? *Risk Anal.* 38 (3), 472–488. https://doi.org/10.1111/risa.12855.

Cutter, S., Barnes, l., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, *18* (4), 598-606. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R. & Valladares, F. (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Equihua, M., Hernández, A., Pérez, O., Benítez, G. & Ibáñez, S. (2015). Cambio global: el Antropoceno. *Ciencia ergo-sum*, *23* (1), 67-75.

González, M., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J., Carrasco, C., Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. (2020). *Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile. Recuperado el 15 de mayo de 2024. https://www.cr2.cl/incendios/

IPCC (2014). Summary for policymakers. En C. Field, V. Barros, D. Dokken, K. Mach & M. Mastrandrea (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability, Part A: Global and sectoral aspects* (pp. 1–32). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379.

Jolly, W., Cochrane, M., Freeborn, P., Holden, Z., Brown, T., Williamson, G. & Bowman, D. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, *6*, 7537. https://doi.org/10.1038/ncomms8537.

Moreno, V., Chuvieco, E., & Pezzatti, G. (2015). Evolución del régimen de incendios forestales en España. *Investigación y Ciencia, 464*, 10-12.

Pachauri, R. & Reisinger, A. (2007). *Climate Change 2007*: *Synthesis report*. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

Pörtner, O., Roberts, D., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbe, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S. Löschke, S., Möller, V., Okem, A. & Rama, B. (2022). *Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://doi.org/10.1017/9781009325844.

Schug, F., Bar-Massada, A., Carlson, A. (2023). The global wildland–urban interface. *Nature, 621*, 94–99. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06320-0.

Serra, M., Plana, E., & Cerdan, R. (2019). La integración del riesgo de incendios forestales en el urbanismo. Una aproximación normativa, analítica y práctica para el caso de Cataluña. *Seminario internacional de investigación en urbanismo*. https://doi.org/10.5821/siiu.6567.

Turner II, B., & Robbins, P. (2008). Land-Change Science and Political Ecology: similarities, differences, and implications for sustainability Science. *Annu. Rev. Environ*, *33*, 295-316. https://doi.org/DOI:10.1146/annurev.environ.33.022207.104943.

IMPACTO DEL ABANDONO AGRÍCOLA EN LA EXPOSICIÓN A INCENDIOS FORESTALES EN LA COMARCA DEL MATARRAÑA (TERUEL)

MARCOS RODRIGUES[1]

ISABEL GÓMEZ[2]

MINIA BLANCO[3]

CARMEN BENTUÉ MARTÍNEZ[4]

[1]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, c/Pedro Cerbuna 12, - 50009 Zaragoza (ES), rmarcos@unizar.es, https://orcid.org/0000-0002-0477-0796*

[2]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, c/Pedro Cerbuna 12, - 50009 Zaragoza (ES), isabelgolain@gmail.com,*

[3]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, c/Pedro Cerbuna 12, - 50009 Zaragoza (ES), 420563@posta.unizar.es*

[4]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, c/Pedro Cerbuna 12, - 50009 Zaragoza (ES), cbentue@unizar.es, https://orcid.org/0000-0002-7213-1718*

Abstract: Land cover change influences vulnerability and exposure to disturbances, with wildfires emerging as a growing threat, intensified by climate change. The main objective of this work is to evaluate the change in fire exposure resulting from the abandonment of agricultural lands. The study focuses on the Matarraña region in Teruel (Aragón), a typically Mediterranean area with significant territorial and environmental contrasts, where abandonment and rural exodus have been the primary agents of landscape transformation. The proposed methodology combines fire spread simulation algorithms with probabilistic models of fire ignition (natural and anthropogenic) and suppression capacity. These models are calibrated using geographic information on topography, land use, climatic conditions, and fuel types. This modeling strategy allows for extrapolating fire exposure by calculating the annualized burn probability, i.e., the likelihood that a specific location will be affected by a fire, annually. To achieve this, thousands of plausible fire seasons are simulated to obtain the spatial pattern of burn probability. The spatial overlay of this information with the location of resources and infrastructure enables the estimation of potential fire exposure. This evaluation has been conducted under current conditions and also shifting the simulation to the situation prior to abandonment, based on available mapping of abandoned parcels. Results evidence a clear increase in burn probability resulting from land abandonment, particularly in the western and southern ends of the region. The effect is also patent in terms of returning intervasl, with a shortening of 843 years on average, from 1770 to 927 years.

Keywords: land abandonment; wildfire risk; Matarraña (Aragon); spread simulation; burn probability.

1. Introducción

El abandono de tierras agrícolas, iniciado durante la segunda mitad el siglo XX, es una de las transformaciones más relevantes del paisaje y los usos del suelo en España. Este proceso es uno de los actores principales en la creciente incidencia de incendios forestales en el ámbito mediterráneo debido a la homogenización del paisaje, que redunda en una mayor continuidad y disponibilidad de combustible. Esta mayor abundancia de combustible, sumada a los efectos del calentamiento global, favorece la ocurrencia de incendios fuera de capacidad de extinción, aumentando el riesgo de incendio forestal . Dentro del amplio abanico de enfoques para la evaluación del riesgo, dos destacan como los más frecuentemente implementados. El más prolífico se centra en evaluaciones a corto plazo basadas en índices de riesgo que integran el peligro y la vulnerabilidad. Este enfoque forma parte actualmente del marco de evaluación de riesgos de la UE desarrollado por el Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (CEU. JRC., 2022), o del proyecto H2020 FirEUrisk (Chuvieco et al., 2023). En el otro extremo del espectro se encuentran las evaluaciones cuantitativas basadas en técnicas de simulación de la propagación y el comportamiento del fuego dirigidas a la mitigación a medio plazo (Finney et al., 2011). Este enfoque ha sido adoptado, por ejemplo, en la "*cohesive strategy*" de los Estados Unidos (Haas et al., 2013). Este trabajo sigue esta segunda aproximación, proponiendo una estrategia para la evaluación del riesgo que combina modelos empíricos (es decir, basada en datos históricos) y estocásticos (por ejemplo, algoritmos de simulación de propagación del fuego). Esta combinación permite evaluar la exposición al fuego de recursos naturales, infraestructuras o comunidades humanas, dada su capacidad para integrar la variabilidad en la ubicación de la ignición de incendios (modelos empíricos de ignición y capacidad de contención del fuego) y las condiciones meteorológicas que modulan el comportamiento del fuego y la propagación (simulación estocástica del comportamiento del fuego). El objetivo principal de este trabajo es evaluar el cambio en la exposición al fuego como consecuencia del abandono de tierras agrícolas.

2. Materiales, datos y métodos

La propuesta metodológica se fundamenta en evaluar el cambio en la probabilidad de quema (probabilidad de que una localización determinada se vea afectada por un incendio) derivado del abandono de tierras agrícolas.

2.1. El caso de estudio

El trabajo se desarrolla en la comarca turolense del Matarraña (Aragón), una región típicamente mediterránea con importantes contrastes territoriales y ambientales, en la que el abandono y el éxodo rural han sido los principales agentes transformadores del paisaje. El auge del sector servicios, la despoblación y el envejecimiento han contribuido al abandono de tierras de cultivo que se viene exponiendo, aumentando así el potencial del paisaje para experimentar grandes incendios. A este respecto, la Comarca del Matarraña viene sufriendo, a lo largo de los años que se tiene registro, incendios de forma reiterada. Los más frecuentes son de alta activación, causados tanto por agentes naturales (principalmente en las estribaciones montañosas al sur) como por accidentes y negligencias vinculadas a actividades antrópicas en zonas agrícolas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.2. Datos y fuentes de información

2.2.1. Parcelas abandonadas

Se ha utilizado la cartografía elaborada por el Banco de Tierras del Matarraña (Ric Sorinas & Ibarra Benlloch, 2015). Esta cartografía identifica parcelas abandonadas utilizando técnicas de fotointerpretación a partir de ortofotografías disponibles (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de 2009 a 0,5 m y Comarca del Matarraña de 2008 a 0,25 m). Posteriormente, se compararon estas parcelas con fotografías aéreas de 1984 (vuelo del Instituto Geográfico Nacional, escala 1:30.000) para diferenciar aquellas cultivadas en 1984 de las abandonadas ostensiblemente antes de esa fecha.

2.2.2. Probabilidad de ocurrencia de incendios

En este trabajo, la probabilidad de ocurrencia de incendio se define como la probabilidad de que se inicie un incendio por cualquier causa y que éste escape al ataque inicial de extinción. A efectos prácticos, esta probabilidad se calcula como:

$$P_o = (P_a \cup P_n) \cap P_e$$

Donde P_o es la probabilidad de ocurrencia; P_a es la probabilidad de ignición de incendios de origen antrópico (Gelabert et al., 2025); P_n es la probabilidad de ignición por causa natural (Rodrigues et al., 2023); y P_e es la probabilidad de que un incendio escape a los medios de extinción (Rodrigues et al., 2019).

2.2.3. Modelos de combustible e información del paisaje

Los algoritmos de simulación requieren una serie de informaciones relativas al relieve (elevación, pendiente y orientación), los tipos de combustible (Scott & Burgan, 2005) y los parámetros del dosel arbóreo (altura, recubrimiento, densidad del dosel y altura de la primera rama). Esta información se compone en ficheros ráster en el denominado fichero de paisaje o *landscape file*. En este trabajo se ha utilizado la información disponible en el *Pan-European fuel map server* (Kutchartt et al., 2024), espacializada a una resolución de 100x100 metros.

2.3. Cálculo de la probabilidad de quema

Se han realizado simulaciones de propagación del fuego mediante el algoritmo FConstMTT. Las simulaciones se han realizado con los modelos de combustible originales (abandono de cultivos) y también emulando un escenario en que las parcelas conservan su uso agrícola en el presente. Se han simulado un total de 68000 incendios (n), en condiciones extremas de propagación (percentil 5 de humedad del combustible y percentil 95 de velocidad del viento) en 4 escenarios sinópticos extraídos de los incendios históricos ocurridos en el periodo 2000-2016. Los incendios se han distribuido proporcionalmente a la probabilidad de ocurrencia (P_o). Los 68000 eventos simulados suponen una superficie total afectada equivalente a un total de 10000 años (y). A partir de estos incendios se ha calculado, para cada píxel de 100x100 metros dentro del área de estudio:

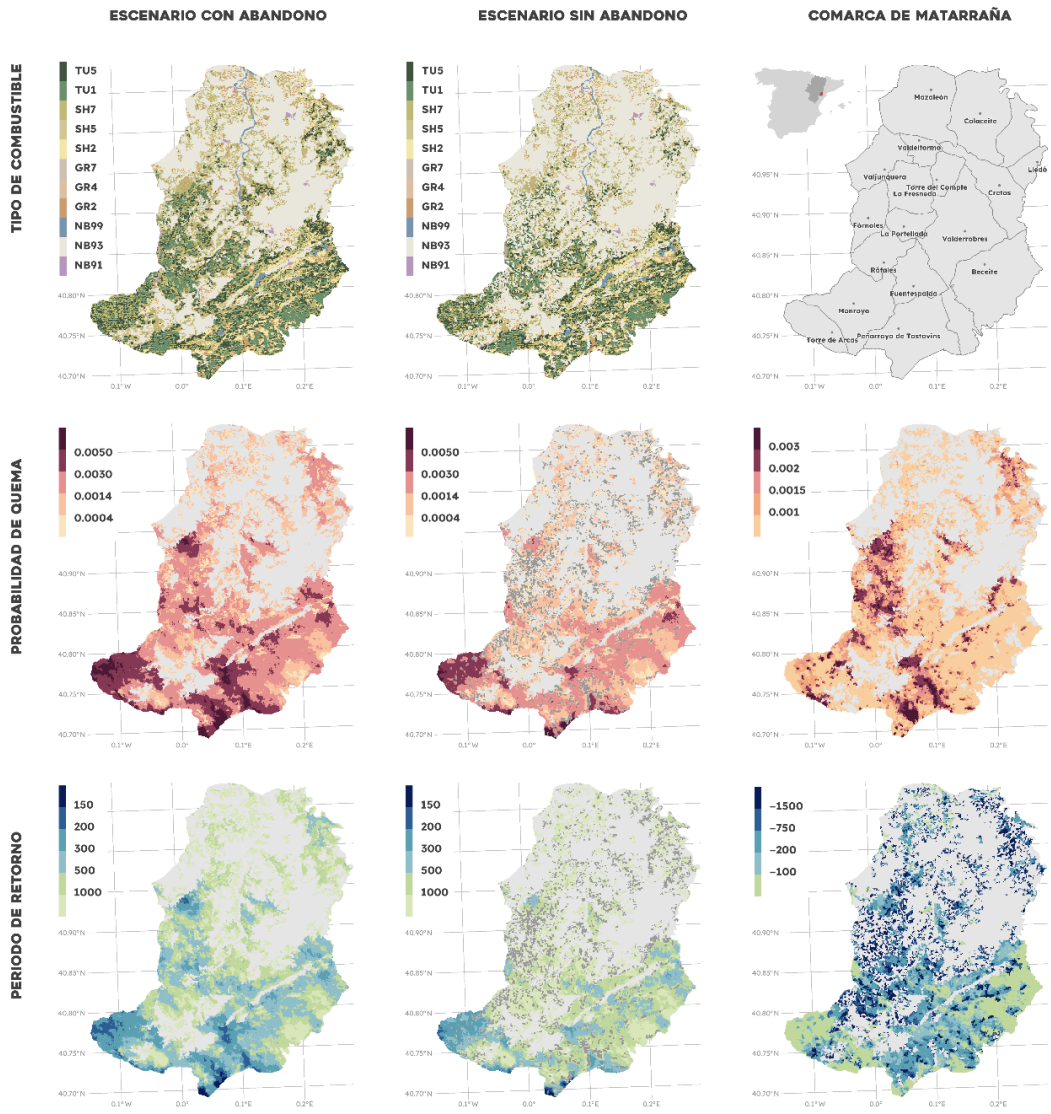
$$BP_a = \frac{N_p}{n} * y$$

Donde BP_a es la probabilidad anual de quema; N_p es el número de perímetros de incendio simulados que afectan al pixel p; n es el número total de simulaciones, e y es el número de años efectivos simulados, calculado como el cociente entre el área quemada promedio anual en la zona de estudio y la superficie total de los incendios simulados.

3. Resultados

La figura 1 sintetiza los resultados obtenidos tras las simulaciones con (columna izquierda) y sin (columna central) abandono. Se aprecian agrupaciones claras de aumento en la BPa principalmente en la zona este y sur. Esta zona recoge algunas de las parcelas abandonadas de mayor tamaño, siendo además las que se encuentran en enclaves de mayor disponibilidad de combustible. El promedio de BPa tras el abandono de tierras es de 0.0013, reduciéndose a 0.0006 en el escenario sin abandono. Se aprecia una disminución notable de las zonas con periodos de retorno inferiores a los 200 años (azul oscuro) derivado de la recuperación de las parcelas abandonadas. Evidentemente, el mayor cambio se produce en las propias parcelas. No obstante, el efecto es perceptible también en su entorno inmediato, con alargamientos de hasta 700 años en el retorno del fuego. En términos de promedio, el periodo de retorno se acortaría en 843 años en el escenario sin abandono, pasando de 927 años a 1770.

Figura 1. Distribución espacial de la probabilidad de quema (izquierda), el periodo de retorno (centro) y su variación (derecha) con y sin abandono de tierras en la comarca del Matarraña, Aragón.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Nuestra propuesta metodológica se centra en evaluar el cambio en la probabilidad de quema (la probabilidad de que una ubicación sea afectada por un incendio) como resultado del abandono de tierras agrícolas. Las simulaciones de propagación del fuego, realizadas con el algoritmo *FConstMTT*, comparan escenarios con y sin abandono de cultivos (Missoula Fire Sciences Laboratory, 2024). Se simularon 68.000 incendios en condiciones extremas de propagación y en 4 escenarios sinópticos históricos. Se observa un claro aumento en la probabilidad anual de quema (BPa), especialmente en las zonas este y sur del Matarraña. Estas áreas coinciden con las parcelas abandonadas de mayor tamaño y con una alta disponibilidad de combustible. Además, se observó una notable disminución de las zonas con periodos de retorno de incendios inferiores a 200 años al simular la recuperación de las parcelas. El efecto más significativo se produce directamente en las parcelas abandonadas, pero también es perceptible en su entorno inmediato, con un alargamiento de hasta 700 años en el retorno del fuego, lo que subraya el impacto del abandono en la dinámica de los incendios.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos FIREPATHS (PID2020-116556RA-I00; MCIN/AEI /10.13039/501100011033) y FireCycle (CNS2023-144228; MICIU/AEI/10.13039/501100011033/; "European Union NextGenerationEU/PRTR").

5. Referencias bibliográficas

CEU. JRC. (2022). *Pan-European wildfire risk assessment.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2760/9429

Chuvieco, E., Yebra, M., Martino, S., Thonicke, K., Gómez-Giménez, M., … Viegas, D. (2023). Towards an Integrated Approach to Wildfire Risk Assessment: When, Where, What and How May the Landscapes Burn. Fire, 6(5), 215. https://doi.org/10.3390/fire6050215

Finney, M. A., McHugh, C. W., Grenfell, I. C., Riley, K. L., & Short, K. C. (2011). A simulation of probabilistic wildfire risk components for the continental United States.

Gelabert, P., Jiménez-Ruano, A., Ribalaygua, J., Torres, L., & Rodrigues, M. (2025). Human-caused ignition pathways under climate change scenarios in Eastern Spain. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 16(1), 2472864. https://doi.org/10.1080/19475705.2025.2472864

Haas, J. R., Calkin, D. E., & Thompson, M. P. (2013). A national approach for integrating wildfire simulation modeling into Wildland Urban Interface risk assessments within the United States. *Landscape and Urban Planning*, *119*, 44-53. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.06.011

Kutchartt, E., González-Olabarria, J. R., Aquilué, N., Garcia-Gonzalo, J., Trasobares, A., Botequim, B., Hauglin, M., Palaiologou, P., Vassilev, V., Cardil, A., Navarrete, M. Á., Orazio, C., & Pirotti, F. (2024). Pan-European fuel map server: An open-geodata portal for supporting fire risk assessment. *Geomatica*, *76*(2), 100036. https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100036

Missoula Fire Sciences Laboratory. (2024). *Command Line Applications for Fire Behavior and First Order Fire Effects Calculations*. https://www.firelab.org/ (or specific software URL if available)

Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M. C., … Fernandes, P. M. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, *15*(1), 011001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e

Ric Sorinas, O., & Ibarra Benlloch, P. (2015, septiembre). La cartografía de cultivos abandonados y de selección de áreas prioritarias de recuperación como instrumento eficaz del proyecto Banco de tierras de la Comarca del Matarraña. *XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles*.

Rodrigues, M., Alcasena, F., & Vega-García, C. (2019). Modeling initial attack success of wildfire suppression in Catalonia, Spain. *Science of the Total Environment, 666*, 915-927. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.323

Rodrigues, M., Jiménez-Ruano, A., Gelabert, P. J., de Dios, V. R., Torres, L., Ribalaygua, J., & Vega-García, C. (2023). Modelling the daily probability of lightning-caused ignition in the Iberian Peninsula. *International Journal of Wildland Fire*. https://doi.org/10.1071/WF22123

Scott, J. H., & Burgan, R. E. (2005). Standard Fire Behavior Fuel Surface Fire Spread Model Set for Use with Rothermel's Models: A Comprehensive. En *Department of Agriculture, Forest Service* (June; Vol. 76, p. 72 p.). https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2017.11.007

EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ÉXITO EN PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES: PRÁCTICAS INTELIGENTES EN LA PROVINCIA DE JAÉN, ESPAÑA

FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ-SEGURA[1]

JAVIER LIÑÁN-CHACÓN[2]

MARINA FROLOVA[3]

[1]*Filiación institucional: Dpto. de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, s/n., 39005, Santander (ES), rodsegurafj@unican.es, https://orcid.org/0000-0002-3076-7515*

[2]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Pl. Campus Universitario, s/n, 47011 Valladolid (ES), jlinan@uva.es, https://orcid.org/0000-0001-6403-3571*

[3]*Filiación institucional: Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada, Calle del Prof. Clavera, s/n, Beiro, 18011, Granada (ES), mfrolova.es, https://orcid.org/0000-0002-4614-5809*

Abstract: The transition towards a sustainable energy model requires renewable energy projects that go beyond the mere adoption of clean technologies. This study explores "smart practices" in renewable energy initiatives in Jaén, Spain, through semi-structured interviews with environmental officers from the Provincial Council. Projects were assessed based on the success criteria proposed by Frantál et al. (2018), which consider social, technical, and environmental dimensions. The methodology, inspired by the Delphi method, involved a structured debate among the officers to identify key strengths, weaknesses, and challenges facing energy transition projects in the province. Findings reveal that while the projects demonstrate technological innovation, they face significant issues related to social acceptance and integration into the local territory. Examples such as the Sierra del Trigo wind farm and biomass plants in Villanueva del Arzobispo illustrate tensions between energy development and local concerns about environmental impacts and proximity to urban areas. Although these projects comply with environmental regulations and provide indirect economic benefits, limited citizen involvement hinders public support. The study concludes that the success of smart practices depends not only on technical performance but also on effectively addressing social and environmental factors. Enhancing citizen participation and ensuring transparency throughout all project stages are crucial. It is recommended that future projects prioritise sites that reduce land-use conflicts and align more closely with the local context. Such an integrated approach may improve project outcomes and contribute more effectively to climate objectives.

Keywords: Renewable energy; Smart practices; Energy transition; Social Acceptance; Territorial integration

1. Introducción

En un contexto global cada vez más consciente de la urgencia de reducir las emisiones de carbono y frenar el cambio climático, los proyectos de energías renovables se han consolidado como pilares fundamentales de la transición energética. Sin embargo, su implementación no garantiza por sí sola un impacto positivo y duradero, el éxito de estos proyectos depende de la adopción de "*smart practices*" o prácticas inteligentes en español, entendidas como estrategias capaces de abordar de forma integral los desafíos técnicos, financieros y sociales (Faller, 2016).

Tradicionalmente, el concepto de prácticas inteligentes ha sido abordado desde disciplinas técnicas o económicas, priorizando la eficiencia tecnológica y la rentabilidad (Skjølsvold, Ryghaug y Berker, 2015). No obstante, en los últimos años las ciencias sociales han contribuido a enriquecer este enfoque, aportando una visión más holística que considera la integración contextual de las instalaciones, su percepción social y la importancia de la aceptación ciudadana (Rochlin, 2014).

Aunque la literatura sobre prácticas inteligentes ha crecido notablemente en los últimos años, sigue estando dominada por enfoques tecnológicos centrados en la integración eficiente de energías renovables en las redes eléctricas (gestión de la demanda, almacenamiento, microrredes) y por análisis económicos sobre principios de economía circular. En cambio, los estudios aplicados que aborden estos criterios desde una perspectiva social siguen siendo escasos. No obstante, investigaciones como las de Ugwoke et al. (2021), centradas en áreas rurales, han demostrado que la participación comunitaria, la transparencia, la equidad en la distribución de beneficios y la implicación ciudadana son claves para garantizar el éxito y la aceptación social de los proyectos energéticos.

Este estudio contribuye a dicho enfoque ampliado mediante entrevistas semiestructuradas a técnicos ambientales de la Diputación de Jaén. Las entrevistas giraron en torno a tres cuestiones clave: i) proyectos que consideran representativos de prácticas inteligentes; ii) los criterios utilizados para definirlos como tales; y iii) las peculiaridades asociadas a dichos proyectos. Posteriormente, se contrastaron estos casos con los criterios propuestos por Frantál et al. (2018) para validar su aplicabilidad en diferentes contextos y tecnologías. Finalmente, se les solicitó una reflexión conjunta sobre las debilidades actuales de los proyectos renovables en la provincia en el marco del proceso de transición energética.

Los resultados y conclusiones de este estudio buscan ofrecer aportaciones útiles para la planificación y diseño de futuros proyectos energéticos en la provincia. Proyectos concebidos bajo los principios de "prácticas inteligentes" y basados en una comprensión del contexto en el que se insertan tendrán mayores probabilidades de éxito, contribuyendo así a acelerar la necesaria transición energética para cumplir con los objetivos climáticos acordados. Además, los hallazgos de esta investigación contribuyen al cuerpo de literatura orientado a dinamizar los proyectos de energías renovables mediante la promoción de prácticas inteligentes. Concretamente, aportan al ámbito de los estudios geográficos que, desde una perspectiva social, avanzan hacia nuevas formas de comprender y teorizar la transición energética en España.

2. Materiales, datos y métodos

Se empleó un enfoque metodológico secuencial, caracterizado por dos fases de recogida, procesamiento y análisis de datos. A través de entrevistas semiestructuradas con expertos, se

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

identificaron proyectos de energías renovables que, según su criterio técnico, podían considerarse ejemplos representativos de "prácticas inteligentes" en la provincia. Posteriormente, se procedió a su caracterización conforme a la categorización propuesta por Frantál et al. (2018) para el estudio de casos de prácticas inteligentes.

Se optó por entrevistas semiestructuradas por ofrecer un equilibrio entre flexibilidad y uniformidad, lo que garantiza que las interpretaciones se alineen con los objetivos del estudio (Díaz-Bravo et al., 2013). Este tipo de entrevista es común en investigaciones sobre transiciones energéticas (Stuhldreher y Morales Olmos, 2018), especialmente cuando se busca explorar el significado atribuido por los informantes. A diferencia de dichos estudios, centrados en actores sociales o ciudadanía, el presente trabajo se enfoca en expertos técnicos. Con este propósito, se contactó con el equipo técnico de la Diputación de Jaén responsable de la aprobación de proyectos de energías renovables en la provincia. La entrevista se ejecutó con un técnico ambiental para cada una de las tres fuentes de energía renovable elegidas: eólica, solar fotovoltaica y biomasa. Para su selección se consideraron dos criterios: i) peso significativo de estas tecnologías en la matriz energética provincial; ii) potencial técnico relevante para su desarrollo futuro. Para ello, se consultaron estudios técnicos previos sobre el tema (Ruiz-Arias et al., 2012).

Las tres entrevistas se realizaron presencialmente en abril de 2022 en las instalaciones de la Diputación. Tras una contextualización inicial sobre el concepto y clasificación de "prácticas inteligentes", la entrevista se desarrolló en dos fases:

1. Primera fase: Se formularon tres preguntas generales para extraer información desde una perspectiva técnica: i) "¿Qué proyectos de energías renovables considera más representativos como 'prácticas inteligentes' en la provincia?"; ii) "¿Qué criterios considera a la hora de definir un proyecto como 'práctica inteligente'?"; iii) "¿Qué peculiaridades presentan estos proyectos?" Este formato se adaptó a la diversidad tecnológica del territorio, donde, por ejemplo, solo existe un caso representativo de energía eólica.
2. Segunda fase**:** Una vez identificados los proyectos considerados más representativos, se realizó una actividad de caracterización utilizando un cuestionario basado en los criterios establecidos por Frantál et al. (2018). Se completó una ficha para cada proyecto, lo que permitió contrastar su adecuación con los indicadores definidos por la literatura especializada.

2.1. El caso de estudio

La provincia de Jaén, situada en el noreste de Andalucía (España), cuenta con 97 municipios agrupados en diez comarcas. Tiene una superficie de 13.484 km² (el 15,5 % del territorio andaluz) y una población de 620.242 habitantes. Destacan sus 304.175 hectáreas de espacios naturales protegidos y 550.000 hectáreas de olivares, base de la economía local. De hecho, Jaén produce el 50 % del aceite de oliva español y el 20 % del mundial.

En 2023, Jaén contaba con 564,7 MW de capacidad instalada en energías renovables, lo que representa el 4,8 % del total andaluz, con una producción bruta de electricidad de 607 GWh (Agencia Andaluza de la Energía, 2023). El *mix* renovable incluye un único parque eólico (15,2 MW), tres plantas de biomasa (16, 15 y 6 MW) y más de 50 plantas fotovoltaicas que suman 299,2 MW. La mayoría tienen entre 2 y 10 MW, aunque la más reciente alcanza los 200 MW. Sin embargo, esta

producción solo cubre alrededor del 30 % del consumo eléctrico provincial, ya que Jaén no cuenta con centrales térmicas ni hidroeléctricas, lo que la hace dependiente de recursos y electricidad externos. En este contexto, el gran potencial de las energías renovables en la provincia podría ser clave para avanzar hacia el autoabastecimiento energético dentro del marco de la transición energética.

3. Resultados

Esta sección presenta los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a técnicos de la Diputación Provincial de Jaén, centrándose en aquellos proyectos que fueron identificados como buenas prácticas en energías renovables. Se analizaron instalaciones representativas de tres tecnologías: energía eólica, biomasa y energía solar fotovoltaica. Para cada caso se realizó una ficha técnica de la instalación, un resumen de las principales aportaciones extraídas de las entrevistas y la aplicación de los criterios de buenas prácticas definidos por Frantál et al. (2018).

3.1. Energía eólica: Parque Eólico Sierra del Trigo

El parque eólico de Sierra del Trigo, ubicado en el municipio de Noalejo, fue el primero de su tipo en la provincia, lo que lo convierte en un proyecto experimental con carácter innovador. Con 23 aerogeneradores y una potencia total instalada de 15 MW, su desarrollo impulsó mejoras en infraestructuras viales y eléctricas. A pesar de su impacto visual y la mortalidad de aves asociada, se considera ambientalmente compatible al cumplir con la normativa vigente, incluido el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La ocupación del suelo es reducida y permite usos compartidos como pastoreo y caza, favoreciendo su reversibilidad. Aunque no satisface la demanda energética local ni implicó participación ciudadana, se valora positivamente por su papel pionero en la transición energética provincial.

3.2. Plantas de biomasa

En la provincia de Jaén operan tres plantas de biomasa: en Villanueva del Arzobispo, Linares y Andújar. Todas utilizan tecnologías de combustión con ciclo Rankine, y su ubicación en zonas industriales periféricas minimiza conflictos de uso del suelo e impactos visuales. Estas instalaciones permiten valorizar residuos del olivar, como el orujo y la poda, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO_2. Además, se han mejorado infraestructuras y se generan subproductos como cenizas reutilizadas en la agricultura. No obstante, la escala de las plantas limita el co-uso del suelo y no se ha promovido la participación ciudadana. Solo la planta de Andújar incluyó mano de obra local durante su construcción y la planta de Linares sirve como centro de formación universitaria.

3.3. Energía solar fotovoltaica

a) Instalaciones sobre cubiertas

Se analizaron dos ejemplos ubicados en edificios públicos: el recinto ferial IFEJA en Jaén y el CEIP Juan Carlos I en Torredelcampo. Ambas instalaciones son de pequeña escala, ambientalmente compatibles, y no generan impacto visual ni conflictos de uso del suelo. Destacan por su carácter

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

innovador y educativo: IFEJA fue un proyecto piloto con módulos de alta eficiencia y el centro escolar forma parte de una estrategia provincial para fomentar la conciencia ambiental. Sin embargo, no proporcionan beneficios económicos directos a la ciudadanía ni implicaron participación pública.

3.4. Instalaciones en suelo

Se examinaron dos plantas solares en suelo: una en el campo de fútbol municipal de Los Villares y otra de gran escala, la Huerta Solar Los Olivares, en Jaén. Ambas se integran visualmente en espacios urbanos o industriales preexistentes, evitando la creación de nuevos hitos paisajísticos. La planta de Los Villares reutiliza el espacio como cubierta para aparcamientos, mientras que Los Olivares se construyó en suelo no urbanizable, lo que facilitó su tramitación. Aunque representan mejoras tecnológicas y son fácilmente reversibles, tampoco generaron beneficios locales ni procesos participativos.

3.5. Consideraciones generales

El análisis de los proyectos considerados como prácticas inteligentes por los técnicos ambientales de la Diputación de Jaén revela una visión centrada principalmente en la innovación tecnológica y el carácter pionero de las instalaciones, sin incorporar de forma sustantiva criterios socioambientales más allá de los legalmente exigidos. Ninguno de los proyectos analizados contempla la participación ciudadana ni incorpora valores ambientales adicionales a los evaluados en los procedimientos de impacto ambiental. Esta desconexión con el territorio y la población local genera, en algunos casos, contestación social, especialmente en proyectos próximos a núcleos urbanos, como las plantas de biomasa.

La ubicación emerge como un factor clave y a la vez problemático: el territorio de Jaén está altamente condicionado por la presencia de espacios protegidos, el olivar y la orografía accidentada, lo que limita notablemente la disponibilidad de suelo apto para este tipo de instalaciones. Además, las limitaciones de capacidad de la red eléctrica dificultan el desarrollo de nuevos proyectos a gran escala.

Los técnicos identifican también como reto la escasa implicación ciudadana en el diseño y ejecución de los proyectos. Aunque desde la Diputación se han impulsado acciones formativas y campañas informativas, la percepción social dominante sigue vinculando las renovables a beneficios empresariales y administrativos, más que al bienestar local. Esta desconfianza se acentúa en los proyectos de biomasa, donde la falta de colaboración voluntaria por parte del sector agrícola para el suministro del residuo orgánico —sin contraprestación económica— ha impedido la viabilidad de algunas propuestas, evidenciando la necesidad de nuevos mecanismos de gobernanza colaborativa.

4. Conclusiones

El análisis de las entrevistas realizadas a técnicos ambientales de la Diputación de Jaén revela una serie de tensiones conceptuales y operativas en torno a la identificación de prácticas inteligentes en el ámbito de las energías renovables. En primer lugar, se constata una interpretación predominantemente tecnocrática del concepto, en la que se considera que cualquier proyecto que haya superado con éxito los trámites administrativos y las evaluaciones técnicas y ambientales debe ser entendido como una

buena práctica. Esta visión contrasta con enfoques académicos más integradores, como el propuesto por Frantál et al. (2018), que enfatizan la necesidad de considerar criterios adicionales como la participación pública, los beneficios territoriales o la integración paisajística.

En segundo lugar, se observa una desconexión entre la innovación tecnológica promovida por las instituciones y la aceptación social de los proyectos. Casos como la planta de biomasa de Villanueva del Arzobispo, valorada positivamente por su aporte técnico a la transición energética, se encuentran actualmente sometidos a una fuerte contestación social por parte de la población local, que percibe impactos negativos sobre la calidad del aire y el entorno inmediato. Este tipo de conflictos pone de manifiesto la relevancia de factores como la proximidad de las instalaciones a núcleos urbanos, la visibilidad de las infraestructuras o el uso del suelo afectado, todos ellos condicionantes claves en la construcción de la aceptación social.

En tercer lugar, los resultados subrayan la importancia de la confianza en los actores implicados: autoridades locales y promotores, como un factor determinante para la aceptación de los proyectos, tal como han señalado también trabajos recientes (Bragolusi y Righettini, 2022). La ausencia de procesos participativos, la escasa transparencia en la planificación y el limitado acceso a información de calidad por parte de la ciudadanía pueden convertirse en barreras significativas para la implementación efectiva de políticas de transición energética.

En conjunto, estos resultados apuntan a la necesidad de redefinir el concepto de prácticas inteligentes desde una perspectiva más contextualizada y multidimensional. Para que un proyecto pueda ser considerado una práctica inteligente, no basta con que cumpla criterios técnicos o normativos: es indispensable que se diseñe con sensibilidad hacia el entorno socio-territorial, que genere impactos positivos para la comunidad local y que minimice los efectos negativos sobre el paisaje y la calidad de vida. Solo así será posible avanzar hacia una transición energética justa, sostenible y verdaderamente integrada en el territorio.

5. Referencias bibliográficas

Agencia Andaluza de la Energía. (2023). *Informe de Infraestructuras Energéticas. Provincia de Jaen*. Recuperado el 10 de mayo de 2025, de: https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Infraestructuras/20231231%20Informe_Prov_JA_MIEA.pdf

Bragolusi, P., & Righettini, M.S. (2022). Dimensions of social acceptance in energy transition. En F. Calabrò, L. Della Spina & M.J Piñeira (Eds.) Mantiñán, *New Metropolitan Perspectives* (1780-1789). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_172

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, *2*(7), 162-167. https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es

Faller, F. (2016). A practice approach to study the spatial dimensions of the energy transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *19*, 85-95. https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.09.004

Frantál, B., Van der Horst, D., Martinát, S., Schmitz, S., Teschner, N., Silva, L., Golobic, M., & Roth, M. (2018). Spatial targeting, synergies and scale: Exploring the criteria of smart practices for siting renewable energy projects. *Energy policy*, *120*, 85-93. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.031

Rochlin, G. I. (2014). Energy research and the contributions of the social sciences: a retrospective examination. *Energy Research & Social Science*, *3*, 178-185. https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.04.013

Skjølsvold, T.M., Ryghaug, M., & Berker, T. (2015). A traveler's guide to smart grids and the social sciences. *Energy Research & Social Science*, *9*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.08.017

Ruiz-Arias, J.A., Terrados, J., Pérez-Higueras, P., Pozo-Vázquez, A.D., & Almonacid, G. (2012). Assessment of the renewable energies potential for intensive electricity production in the province of Jaen, southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(5), 2994-3001. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.006

Stuhldreher, A., & Morales Olmos, V. (2018). Energías renovables en el Uruguay en el contexto del MERCOSUR. ¿Un aporte al desarrollo sustentable? *XVII Jornadas de Investigación: a 70 años de la Declaración Universal de Derechos Humanos ¿libres e iguales? Montevideo, septiembre 2018*. https://hdl.handle.net/20.500.12008/22497

Ugwoke, B., Sulemanu, S., Corgnati, S. P., Leone, P., y Pearce, J.M. (2021). Demonstration of the integrated rural energy planning framework for sustainable energy development in low-income countries: Case studies of rural communities in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *144*, 110983. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110983

ANÁLISIS DEL EPISODIO DE LLUVIAS DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024 EN LAS COMARCAS DE LA SIERRA DEL SEGURA (ALBACETE) Y DEL NOROESTE (MURCIA)

VICTOR RUIZ ÁLVAREZ[1]

MARCOS RUIZ ÁLVAREZ[2]

JUAN ANTONIO AMOR JIMÉNEZ[3]

JAVIER MARTÍ TALAVERA[4]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia, Doña María Padilla s/n-, 41004 Sevilla (ES)* vruiz4@us.es https://orcid.org/0000-0002-6630-4571

[2]*Filiación institucional: Profesor IES Europa,, C. de Miguel Ángel Blanco 11, 30880 Águilas (ES)* marcos.ruiz1@um.es https://orcid.org/0000-0001-5556-1313

[3]*Filiación institucional: Geógrafo, Universidad de Murcia, Murcia (ES)* Juanamor_94@hotmail.com https://orcid.org/0000-0003-3925-9944

[4]*Filiación institucional: Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig, s/n,03690, San Vicente del Raspeig (ES)* javier.marti@ua.es https://orcid.org/0000-0002-1624-2843

Abstract: On October 29, 2024, a very intense episode of torrential rainfall was recorded in in the southeast and east of the Iberian Peninsula, with a particular impact on parts of the provinces of Valencia, Málaga, Almería, Murcia, and Albacete. This episode was associated with a DANA located near the Strait of Gibraltar and caused the advection of a very humid southeasterly flow. This, along with the rugged orography, favored the formation of severe convective trains in the areas best oriented to this flow. This paper analyzes this DANA in the regions of Sierra del Segura (Albacete) and Noroeste (Murcia), which were the most affected geographical areas in southeastern Spain. To carry out the analysis, precipitation data were obtained from official agencies, amateur meteorological station networks and manual rain gauges. The most affected areas were concentrated in the municipalities of Moratalla and Caravaca (Murcia), with accumulated rainfall of 200/300 mm in less than 24 hours. These significant events caused severe flooding in rivers and ravines in both regions, the most significant being the Letur stream (Albacete), which caused the deaths of six people near the town of Letur and significant material damage. Furthermore, this study highlights the importance of amateur station networks, whose are essential to improving flood risk management and planning.

Keywords: DANA, amateur station networks, torrential rainfall

1. Introducción

Las precipitaciones torrenciales son comunes en el ámbito mediterráneo español, ya que la llegada de masas de aire frío en altura junto con un cada vez más cálido mar Mediterráneo (Pastor et al., 2020) favorecen el desarrollo de fuertes tormentas con precipitaciones intensas (Millán et al., 1995; Sánchez Laulhé et al. (2017)). A ello habría que sumar un aumento del número de depresiones aisladas en niveles altos (Muñoz et al., 2020) y de otros fenómenos similares, que están contribuyendo a episodios torrenciales más recurrentes (Serrano et al., 2018), pero también más intensos, tal y como se demuestra en la continua superación de los valores extremos de precipitación (Oria Iriarte, 2021).

En los últimos años se han registrado numerosos episodios de precipitación extrema a lo largo de toda la fachada mediterránea que en menor o mayor medida han afectado a las comarcas del Noroeste de Murcia y Sierra del Segura de Albacete, área de estudio del presente trabajo, que se sitúa entre los 50 y 150 km respecto del mar y que por lo tanto se ve menos afectada por los episodios de lluvias torrenciales que otras zonas de la fachada mediterránea más cercanas al mar. Es el caso de la DANA de septiembre de 2019 (Martí et al., 2021) o de la DANA del 29 de octubre de 2024, que dejó entre 200 y 300 mm en menos de 24 horas en la comarca del Noroeste de Murcia y cuyo análisis en las dos comarcas citadas anteriormente será el objetivo de este trabajo. Dichos acumulados quedaron lejos de la zona de mayor precipitación en dicha DANA (interior de la provincia de Valencia), pero si fueron los mayores acumulados de todo el sureste peninsular.

Una particularidad del episodio derivado de la DANA analizada en este trabajo fue el carácter local de las precipitaciones. Esto junto a que ambas comarcas están poco pobladas, hace que la red de pluviómetros de los organismos oficiales sea insuficiente para cuantificar el impacto real de la situación meteorológica derivada de dicha DANA. De ahí el interés por incluir en el estudio observatorios meteorológicos propios y de la red Suremet, una red creada por la asociación meteorológica FrostSE que complementa las redes oficiales y ayuda a conocer de forma más fehaciente la dimensión del episodio.

2. Metodología

Para analizar el episodio de precipitaciones ocurrido en las comarcas del Noroeste y de la Sierra del Segura durante el 29 de octubre de 2024 y obtener un mapa que muestre su distribución espacial, se han utilizado 133 pluviómetros, distribuidos espacialmente por ambas comarcas y por sus zonas limítrofes. Los datos proceden de 3 organismos públicos (Agencia Estatal de Meteorología- AEMET, Sistema de Información Agrario de Murcia- SIAM y Demarcación Hidrográfica del Segura), de la red Suremet y de pluviómetros Hellmann y totalizadores artesanales propios que fueron calibrados previamente. Para la realización del citado mapa se ha utilizado el método "Inverse Distance Weighted" (IDW), ya que es el método más eficaz para cartografiar eventos pluviométricos con gran irregularidad espacial, como es el caso analizado.

3. Resultados

A primeras horas del 29 de octubre de 2024, una depresión aislada en niveles altos (DANA) se sitúo sobre la vertical de la costa norte marroquí, que, junto a otros factores, dio lugar a la formación de una baja presión en superficie sobre el mar de Alborán. Dicha baja intensificó la circulación de viento de

componente sureste sobre la fachada mediterránea y por lo tanto el aporte de humedad a dicha zona. Además, el chorro en altura de componente suroeste provocó en la mitad oriental peninsular un importante forzamiento dinámico que contribuyó al ascenso de la masa de aire húmedo de procedencia mediterránea y a la organización de la convección desarrollada tras estos ascensos (AEMET, 2024).

La comarca del Noroeste fue la primera en recibir las lluvias el 29 de octubre de 2024, ya que desde primera horas de la madrugada se formaron tormentas en el entorno de sierra Espuña que, gracias al flujo del sureste, fueron desplazándose por una estrecha franja que abarcó las sierras del sur de Cehegín (Lavia, Burete y Quípar), el entorno del casco urbano de Caravaca y la sierra del Gavilán en el municipio de Caravaca y el Campo de Béjar, Benamor, la sierra del Frontón, el Campo de San Juan y la cabecera del arroyo de Létur en el municipio de Moratalla. En esta primera parte del episodio, en la estación de AEMET del casco urbano de Caravaca (la estación más antigua del área de estudio con datos desde 1933) se recogieron 94.4 mm en el día pluviométrico del 28 de octubre de 2024, una cifra, que se quedó muy cerca del récord diario de dicha serie (104 mm del 28/09/2012 y del 21/10/1948).

Sobre las 12:50 las precipitaciones se intensificaron sobre la cabecera del arroyo de Letur, que, junto a las abundantes precipitaciones registradas en las horas anteriores, provocó una histórica crecida de dicho arroyo sobre las 14:00 en el casco urbano de Letur, provocando cuantiosos daños materiales en su casco antiguo y el fallecimiento de 6 personas. En la estación de Suremet del Rincón de los Huertos (Moratalla), situada en la citada cabecera, hasta las 12:50 se recogieron 137 mm, 47 mm en los siguientes 45 minutos y un total de 230 mm durante todo el día. Un poco más tarde, se intensificaron también las precipitaciones en la comarca de la Sierra del Segura, donde hasta esa hora no habían sido muy abundantes.

En la comarca del Noroeste, la actividad tormentosa prácticamente cesó desde las 14:30 hasta las 18:00, hora en la que comenzó a ser atravesada por un nuevo sistema convectivo que dejó de nuevos intensas precipitaciones y que se fue desplazando hacia la comarca de la Sierra del Segura. Las precipitaciones derivadas de este último sistema convectivo fueron cesando de sur a norte en el área de estudio entre las 19:30 y las 21:00 y provocaron una segunda crecida del arroyo de Letur, aunque mucho menos importante que la primera.

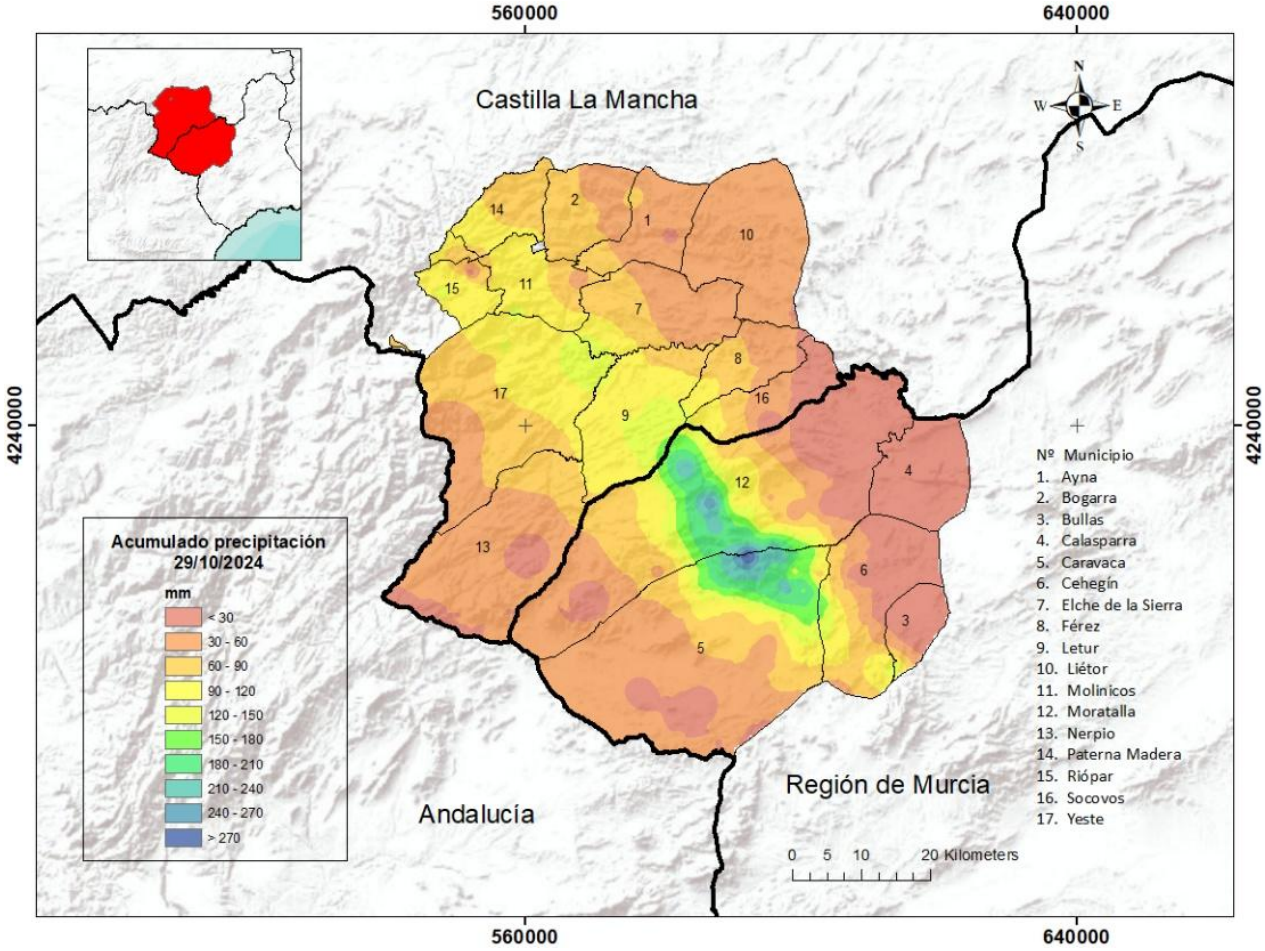
En la Tabla 1 se recogen los principales acumulados registrados en las dos comarcas analizadas durante el 29 de octubre de 2024, mientras que en la Figura 1 se muestra un mapa con la distribución espacial de dichas precipitaciones. En dicha tabla y en la citada figura, se muestra como las precipitaciones del 29 de octubre de 2024 superaron los 100 mm en una estrecha franja que se extendió desde el municipio de Cehegín hasta el de Riopar y los 200 mm en la sierra del Frontón, en el campo Béjar, en la cabecera del arroyo de Letur, en zonas del casco urbano de Caravaca y en su entorno más próximo y en la sierra del Gavilán, donde el totalizador propio instalado en las inmediaciones del paraje de Gollaín registró 299.5 mm, la cifra más alta de todos los observatorios recogidos en este trabajo. En la estación de AEMET de Caravaca se registraron 156.5 mm desde las 19:40 del 28 de octubre hasta las 19:40 del día siguiente, una cifra que es la más alta registrada en su serie (1933-2025) en un periodo de 24 horas y que en 48 horas solo es superada por los episodios del 20 y 21 de abril de 1946 (168 mm), del 20 y 21 de octubre de 1948 (161 mm) y del 5 y 6 de marzo de 2025 (193 mm), un episodio ocurrido tan solo 4 meses después del analizado en el presente trabajo y que también estuvo protagonizado por un intenso flujo del sureste, una DANA situada en el sur peninsular y por precipitaciones persistentes y muy abundantes.

Tabla 1. Principales acumulados del 29 de octubre de 2024 en el área de estudio

Paraje y Municipio	Fuente	Precipitación (mm)	Paraje y municipio	Fuente	Precipitación (mm)
Gollaín (Caravaca)	Propia	299.5	El Aceniche (Cehegín)	Suremet	150
Collado de la cruz (Caravaca)	Propia	284	Riopar (Riopar)	Suremet	125
Sierra del Frontón (Moratalla)	Suremet	254.5	Cañada del Provencio (Molinicos)	Suremet	118
Rincón de los Huertos (Moratalla)	Suremet	230	Fuente la Sabina (Letur)	Suremet	108
Caravaca este (Caravaca)	Propia	216	Yeste (Yeste)	Suremet	107
Benamor (Moratalla)	Suremet	193	Campo de San Juan (Moratalla)	Suremet	103
Cañada Riquelme (Cehegín)	Suremet	169	Alcaraz (Alcaraz)	Suremet	86
Caravaca oeste (Caravaca)	Aemet	150	Cehegín (Cehegín)	Aemet	83
Embalse de la Fuensanta (Yeste)	Aemet	150	Benizar (Moratalla)	Aemet	79

Además de la catastrófica crecida del arroyo de Letur, el presente episodio provocó crecidas extraordinarias de numerosos ríos y barrancos en los municipios de Caravaca y Moratalla que derivaron sobre todo en cuantiosos daños materiales en caminos. Dichas crecidas están siendo protagonistas desde la primavera de 2022 en la comarca del Noroeste, siendo un ejemplo el río Argos, que el 2 de mayo de 2022 (Ruiz Álvarez et al., 2023) y el 21 de junio de 2023, tuvo crecidas extraordinarias provocadas por tormentas que apenas duraron una hora, pero que alcanzaron intensidad torrencial en buena parte de su cuenca alta y que en el presente episodio y el 6 de marzo de 2025, tuvo otras 2 crecidas extraordinarias debido a precipitaciones persistentes y muy abundantes. Estas 4 crecidas son remarcables ya que de acuerdo con Juan David Pérez (observador meteorológico de AEMET en Cehegín) en el periodo 1955-2021 solo alcanzaron una magnitud similar 3 crecidas (17/08/1965, 19/08/1974 y 04/10/1995).

Figura 1. Distribución espacial de las precipitaciones registradas en las comarcas del Noroeste y de la Sierra del Segura el 29 de octubre de 2024



Fuente: Elaboración propia a partir de datos pluviométricos de diferentes organismos públicos, de la red Suremet y de pluviómetros manuales propios

4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha descrito como afectó la DANA del 29 de octubre de 2024 a las comarcas del Noroeste y de la Sierra del Segura, una DANA que será recordada por las catastróficas inundaciones ocurridas en la provincia de Valencia. La realización de trabajos como este es muy importante para la divulgación, la modelización y en general para la mejora del conocimiento de unos episodios de precipitación extrema que cada vez son más frecuentes e intensos a nivel global y que tienen especial incidencia en la vertiente mediterránea de la península ibérica.

Por otra parte, este episodio tanto en Valencia como en las comarcas analizadas en este trabajo ha puesto en evidencia la necesidad de contar con una extensa red de observatorios que cubra especialmente las cabeceras de los ríos y barrancos con el fin de poder estimar lo más rápido y preciso posible sus crecidas y evitar la pérdida de vidas humanas y mitigar las pérdidas materiales. Además, facilitaría la realización de posteriores modelizaciones de dichas crecidas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

En el episodio analizado, la estación del Rincón de los Huertos de la red Suremet fue el único observatorio que registró precipitaciones a tiempo real en la cabecera del arroyo de Letur. Con el fin de evitar que esto vuelva a ocurrir, es muy importante mejorar las redes de observatorios en el sureste y para ello será fundamental la colaboración entre las 3 importantes redes de observatorios Suremet, MeteoSE y Avamet (creadas por las asociaciones meteorológicas FrostSE, Ametse y Avamet), las confederaciones hidrográficas, ayuntamientos y organismos como la Mancomunidad de Canales de Taibilla.

En futuros estudios se debe abordar la adaptación de nuestra sociedad ante los citados episodios de precipitación extrema, incluyendo temas como la mejora de los sistemas de avisos meteorológicos e hidrológicos a la población o la formación sobre cómo actuar antes los citados episodios. Para la adquisición de este conocimiento, es muy importante que todo lo relacionado con la meteorología, climatología, ordenación del territorio y en general con la geografía esté mucho más presente en las diferentes etapas educativas. Con ello se contribuiría también a que en episodios futuros se minimicen las numerosas teorías conspirativas que surgieron en esta DANA.

5. Bibliografía

AEMET (2024). *Estudio sobre la situación de lluvias intensas, localmente torrenciales y persistentes, en la península ibérica y Baleares entre los días 28 de octubre y 4 de noviembre de 2024*. https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/episodio_dana_oct_nov24

Martí Talavera, J., Amor Jiménez, J.A., Giménez García, R., Ruiz-Álvarez, V. & Biener Camacho, S. (2021). Episodio de lluvias torrenciales del 11 al 15 de septiembre de 2019 en el sureste de la Península Ibérica: Análisis meteorológico y consecuencias de las transformaciones en los usos del suelo. *Finisterra* 2021, 56, 151–174. https://doi.org/10.18055/Finis18993

Millán, M., Estrela, M. J., & Caselles, V. (1995). Torrential precipitations on the Spanish east coast: the role of the Mediterranean Sea surface temperature. *Atmospheric Research*, 36(1-2), 1-16. https://doi.org/10.1016/0169-8095(94)00048-I

Muñoz, C., Schultz, D., & Vaughan, G. (2020). A midlatitude climatology and interannual variability of 200-and 500-hPa cut-off lows. *Journal of Climate*, 33(6), 2201-2222. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1

Oria Iriarte, P. (2021). *¿Está aumentando la frecuencia o la intensidad de las precipitaciones extremas en el Mediterráneo?*. Aemet blog. https://aemetblog.es/2021/05/02/esta-aumentando-la-frecuencia-o-la-intensidad-de-las-precipitaciones-extremas-en-el-mediterraneo/

Pastor, F., Valiente, J. A., & Khodayar, S. (2020). A Warming Mediterranean: 38 Years of Increasing Sea Surface Temperature. *Remote Sensing*, 12(17), 2687. https://doi.org/10.3390/rs12172687

Ruiz Álvarez, V., Martí Talavera, J., Sánchez Almodóvar, E. & Amor Jiménez, J.A (2023). *Análisis de la incidencia pluviométrica de la primavera de 2022 en la Demarcación Hidrográfica del Segura*. XXVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía, p. 51-59. https://28congresoage.unirioja.es/files/AGE_2023_Actas%20Congreso.pdf

Sánchez Laulhé, J.M. & Lara Jaén, M. (2017). Lluvias mediterráneas orográficas. *Revista de la Asociación Española de Meteorología*, 5(55), p. 37-40. https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/issue/view/83

Serrano Notivoli, R., Beguería, S., Saz Sánchez, M.A, De Luis, M. (2018). Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology* 38: 4211–4224. https://doi.org/10.1002/joc.5562

EL PAPEL DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS EN EL DECAIMIENTO POR SECA EN QUERCOIDEAS

LEIRE RUIZ PICAZO[1]

MARIO CORRAL RIBERA[2]

ROSA CAÑADA TORRECILLA[3]

CONCEPCIÓN FIDALGO HIJANO[4]

[1]*Filiación institucional: Universidad Autónoma de Madrid. Investigadora de Máster en Ecología. leire.ruizp@estudiante.uam.es, https://orcid.org/0009-0008-1343-3581*

[2]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, mario.corral@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-9349-4051*

[3]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, rosa.canada@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-9312-6697*

[4]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, concepcion.fidalgo@uam.es, https://orcid.org/0000-0003-0265-2793*

Abstract: The term 'oak decline' refers to the processes of decay and death that affect different species of the genus Quercus, with holm oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. (= *Quercus rotundifolia* Lam) being the formations with the highest incidence. Although the species has functional adaptations to multiple climatic stresses, the trend towards a climatic situation of long periods of drought, rising temperatures and the abrupt transition between wet and dry climatic phases, result in the unprecedented extension of the dryness of Mediterranean holm oak formations. Among the climatic elements that act as triggers for dryness, precipitation and temperatures stand out. Thus, in recent years, a correlation has been detected between long periods of drought and subsequent oak decline. The aim of the research is to analyses the relationship between periods of drought and the evolution of dryness in holm oak formations in the interior of the Iberian Peninsula. The case studies of the Boyal Dehesa of Colmenarejo (Manzanares el Real), in the province of Madrid and at a time scale of the last 40 years (1978-2024) have been selected. In order to achieve the proposed objective, individuals with apparent symptoms will be identified in situ. Remote sensing techniques will be used, in particular photo-interpretation to study the evolution of the disease in the established period. For the climatic analysis, different methods will be used to characterise climatic droughts with the data available in the study area. Dry months and drought intensity will be identified and long-term sequences will be studied by applying the Standardised Index of Pluviometry Drought (IESP).

Keywords: decline; holm oak forests; climate change; forest transformation; silviculture.

1. Introducción

Los bosques planoesclerófilos de encinares y alcornocales están sufriendo desde los años 80 del siglo XX un deterioro y una regresión significativa, debido a la afección, el decaimiento y la posterior muerte del arbolado a causa de la denominada *Seca* de *Quercoideas*. Esta enfermedad fitosanitaria se desarrolla cada vez con más virulencia, afectando a una mayor extensión boscosa de *Quercoideas* en la región mediterránea peninsular (Tuset & Sánchez, 2004; Cobos et al., 1993).

El término seca, entendido como los daños sobre encinas y alcornoques, alude, por un lado, al decaimiento lento caracterizado por la caída gradual del follaje y la presencia de ramas total o parcialmente defoliadas; por otro, a la muerte súbita de ramas y hojas, las cuales quedan un tiempo adheridas al árbol adquiriendo un color marrón claro (Sánchez & Prieto, 2004). Entre las principales características de la *Seca*, destaca, la inexistencia de un patrón claro de desarrollo y distribución, conviviendo árboles de diferente porte aparentemente sanos con otros debilitados o muertos (Fürher, 1998). Si bien, unas investigaciones correlacionan la enfermedad con periodos de sequías prolongadas (Mesón & Montoya, 1993a; Mesón & Montoya, 1993b; Manrique & Fernández, 2000; Fernández et al., 2001). Otras aluden a la vinculación con la de la enfermedad con la topografía deprimida en pequeñas vaguadas, permitiendo la aparición temporal de suelos hidromorfos (Mesón & Montoya, 1993a; Mesón & Montoya, 1993b; Corral et al., 2018; Corral, 2022).

Bajo el paraguas de la enfermedad, se establecen cuatro factores que explicarían el decaimiento y posterior muerte de formaciones de *Quercoideas* (Brasier et al., 1996; Cobos et al., 1993; Montoya & Mesón, 1994; Tuset et al., 1996). i) predisposición que preparan al individuo a sufrir la acción de agentes que posibilitan su muerte (senescencia, inadecuada densidad o espesura de la formación vegetal). ii) detonadores que se asocian con aspectos ambientales aleatorios, destacando incidencias meteorológicas (sequias intensas y prolongadas o heladas excepcionales). iii) catalizadores que se relacionan con elementos ambientales no aleatorios, y que potencian la enfermedad. Se diferencian los elementos espaciales (topografía, edafología o microclimas) y temporales (crecimiento o floración de la vegetación, cambio brusco y puntual de las temperaturas). Por último, iv) ejecutores son elementos bióticos y/o abióticos que causan la muerte de los individuos. Entre los bióticos destacan organismos patógenos como *Phytophthora cinnamomi, Hypoxylon mediterraneum, Platipus cilindrus.* Entre los abióticos, como se destacan las sequías y las heladas (Montoya & Mesón, 1994).

Aludiendo a la importancia que tienen los elementos climáticos para la *Seca* de *Quercoideas* el objetivo de la investigación es analizar la posible relación entre periodos de sequía y la evolución de la seca en formaciones de encinar en el interior de la península Ibérica a fin de corroborar el papel de los elementos climáticos en su génesis. Se ha seleccionado el caso de estudio de la dehesa Boyal de Colmenarejo (Manzanares el Real), en la provincia de Madrid y a una escala temporal de los últimos 40 años para los aspectos climáticos (1978-2024) y los años 2006, 2011 y 2025 para el análisis evolutivo (condicionado por la calidad y resolución de las fotografías aéreas).

2. Materiales, datos y métodos

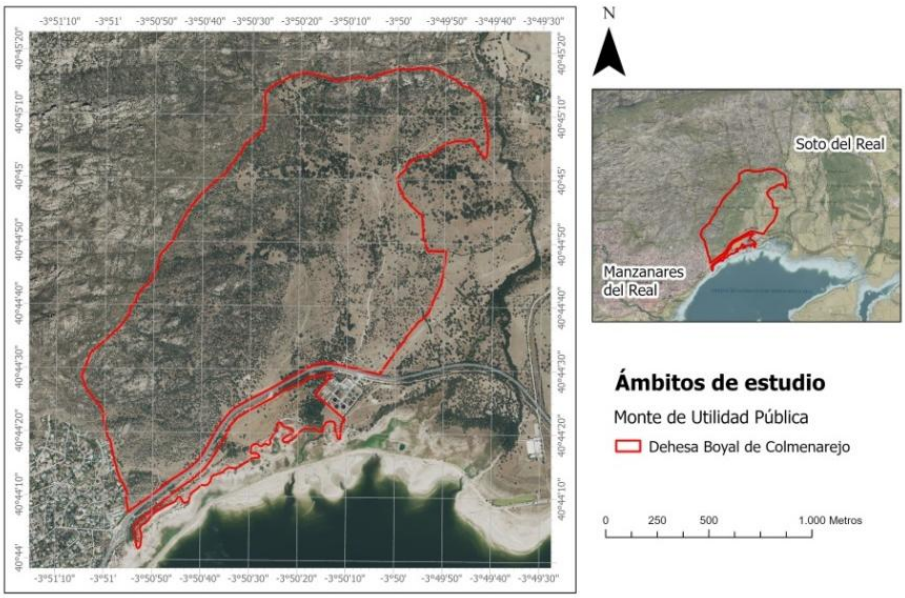
Para llegar al objetivo planteado, en primer lugar se caracterizan las sequías climáticas con los datos disponibles en la zona de estudio. Se identificarán los meses secos y la intensidad de la sequía y se estudiarán secuencias de larga duración mediante la aplicación del Índice Estandarizado de Sequía

Pluviométrica (IESP). Posteriormente, se identificarán in situ los individuos con sintomatología aparente de seca. Por último, se usarán técnicas de fotointerpretación para estudiar la evolución de la enfermedad.

2.1. Caso de estudio

La dehesa Boyal de Colmenarejo (Manzanares el Real) (figura 1) se localiza en el piedemonte sur de la Sierra del Guadarrama (Madrid), entre los términos municipales de Manzanares del Real y Soto del Real.

Figura 1. Localización del ámbito de actuación.



Fuente: Elaboración propia

La Sierra de Guadarrama forma parte del Zócalo hercínico ibérico y constituye la divisoria natural entre Madrid y Castilla-León. Su construcción litológica es fundamentalmente paleozoica y está dominada por rocas silíceas metamórficas y plutónicas. Aparecen zonas con restos de las cubiertas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas que fueron desmanteladas en la orogenia alpina. La climatología deriva del efecto barrera del sistema central, sólo en las partes altas de la Sierra se concentran las precipitaciones más elevadas, como en el puerto de Navacerrada (1300 mm anuales). En el piedemonte meridional, a 900 m de altitud, se alcanza 700 o 750 mm. Ocupada por el bosque Mediterráneo y corresponde a los pisos bioclimáticos meso y supramediterráneo, integrados por comunidades de la serie de los encinares carpetanos con enebro (*Junipero oxicedri-Quercetum rotundifoliae*). Es un ámbito muy afectado por la influencia antrópica quedando tan solo restos de los antiguos encinares junto a enebrales, carrascales arbustivos y sus matorrales acompañantes jarales, cantuesares y tomillares. Los suelos son poco profundos y pobres en nutrientes y tienen una dedicación fundamentalmente ganadera. El paisaje ha evolucionado hacia formaciones de monte alto, matorral, pastizal, o mosaicos en las dehesas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.2. Métodos para el análisis de los elementos climáticos

Se pone énfasis en el déficit de precipitación, en concreto, de la sequía pluviométrica. Los métodos para estudiarla son muy variados, el que se ha incluido en este trabajo, el Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) (Pita, 2000), que permite precisar mejor las características de las secuencias secas de larga duración. Se basa en el cálculo y posterior estandarización de las anomalías pluviométricas acumuladas mensuales, permitiendo establecer con precisión el inicio y final de la secuencia seca.

3. Resultados

3.1. Elementos climáticos analizados

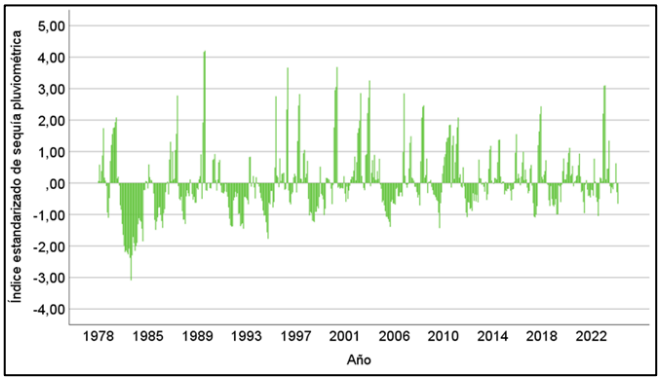
De los 528 meses analizados, 300 meses experimentan algún tipo de sequía (56,8%). Existen 237 meses (44,9%) con sequía leve, 45 meses con sequía moderada (8,5%), 8 meses con sequía severa (1,5%) y 10 meses con sequía extrema. En la tabla 1 se muestran las características de cada una de las secuencias secas de larga duración acaecidas en Colmenar Viejo durante el período 1978-2024 y en el gráfico el IESP (figura 2).

Tabla 1. Secuencias secas de duración superior a un año en Colmenar Viejo (1978-2024)

SECUENCIA	INICIO	FINAL	DURACIÓN	INTENSIDAD MÁXIMA	TIPO DE SEQUÍA
S1	Enero 1983	Diciembre 1984	24	-3,10	Extrema
S 2	Agosto 1985	Octubre 1986	15	-1,49	Moderada
S 3	Mayo 1991	Septiembre 1993	29	-1,45	Moderada
S 4	Junio 1994	Noviembre 1995	18	-1,77	Severa
S 5	Noviembre 2004	Septiembre 2006	23	-1,39	Moderada
S 6	Noviembre 2011	Febrero 2013	15	-1,08	Moderada
S 7	Diciembre 2018	Marzo 2020	16	-0,99	Leve

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Evolución del Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) en Colmenar Viejo 1978-2024.



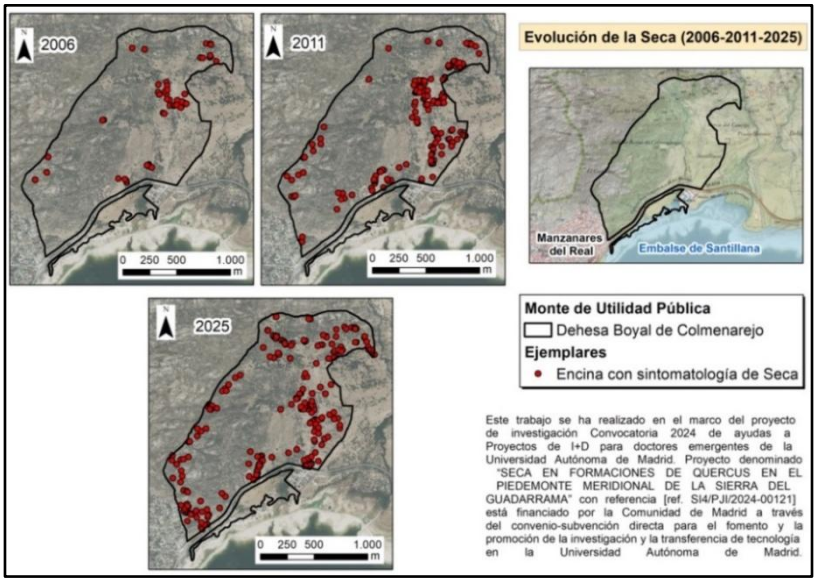
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del IESP.

En total se han contabilizado 7 secuencias secas de duración superior a un año, con 140 meses implicados, lo que supone un 26,5% del total de meses analizados. La duración media es de 20 meses, la intensidad máxima ha sido de -3,1 registrada en octubre de 1983.

3.2. Evolución de la Seca de Quercoideas en el ámbito de estudio

Se ha detectado un incremento significativo de encinas con sintomatología aparente de Seca desde el año 2006 hasta la actualidad (figura 3).

Figura 3. Evolución de la Seca en *Quercoideas* (*Quercus ilex L.* subsp. *ballota (Desf.) Samp*) en el ámbito de estudio (periodo temporal 2006-2011-2025). Los putos rojos corresponden con ejemplares con sintomatología aparente de Seca.



Fuente: Elaboración propia a partir de los trabajos de fotointerpretación, teledetección y trabajo de campo

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Para el año 2006, el índice de IRG y la fotografía aérea permiten detectar un total de 52 ejemplares dañados. En su mayoría son individuos de porte arbóreo con una distribución heterogénea. Si bien, al NE se aprecia una masa compacta de 26 encinas.

En el 2011 el número de individuos con seca aparente es de 164, triplicándose con respecto al 2006. En cuanto a la distribución, la masa identificada en el 2006 ha crecido considerablemente y comienza a expandirse en dirección sur.

Por último, en el año 2024 se han identificado un total de 254 encinas con sintomatología aparente, por lo que se ha quintuplicado con respecto al año 2006 y ha incrementado en un 65% con respecto al 2011. En referencia a la distribución espacial, sigue la tendencia del 2011 y aparecen nuevos focos al SO de la Dehesa de Colmenarejo.

4. Conclusiones

En relación con el objetivo de la investigación, analizar la posible relación entre periodos de sequía y la evolución de la seca en formaciones de encinar en la dehesa Boyal de Colmenarejo (Manzanares el Real), se ha detectado un incremento significativo en el número de encinas con sintomatología aparente por seca para el periodo temporal 2006, 2011 y 2025. A esta escala temporal, el índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica establece sequías moderadas para los periodos Noviembre 2004 a septiembre 2006 y Noviembre 2011 a Febrero de 2013 con valores de intensidad máxima de -1,39 y 1,08 respectivamente y sequía leve para la etapa diciembre 2018 a marzo 2020 (valor de intensidad -0,99). La sequía más extrema se produce en la década de los ochenta, donde existen 39 meses secos y el déficit pluviométrico arroja valores del 57,7% respecto al promedio.

Con todo lo anterior, la *Seca* de *Quercoideas* en el ámbito de estudio pudiera estar relacionada con periodos de sequía que si bien no es una clara interrelación si manifestaría una influencia de la sequía que sería coadyuvante de la influencia del patógeno si esté es detectado en análisis de laboratorio por realizar.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación Convocatoria 2024 de ayudas a Proyectos de I+D para doctores emergentes de la Universidad Autónoma de Madrid. Proyecto denominado “SECA EN FORMACIONES DE QUERCUS EN EL PIEDEMONTE MERIDIONAL DE LA SIERRA DEL GUADARRAMA” con referencia [ref. SI4/PJI/2024-00121] está financiado por la Comunidad de Madrid a través del convenio-subvención directa para el fomento y la promoción de la investigación y la transferencia de tecnología en la Universidad Autónoma de Madrid

5. Referencias bibliográficas

Brasier, C.M. (1996). Phytophthora cinnamomi and oak decline in Southern Europe. Environmental contraints including climate change. *Annals of Forest Science 53*: 347-358

Cobos, J. M.; Montoya, R. & Tuset, J. J. (1993). New damage to the Quercus woodlands in Spain. Preliminary evaluation of the possible implication of Phytophthora cinnamomi. Proc. Int. Congress. *Recent Advances in Studies on Oak Decline* (pp. 163-169) Dipart. di Patología Vegetóle, Universitá degli Studi, Bari (Italia).

Corral, M. (2022). Seguimiento de la "seca" de la encina ("Quercus ilex" ssp. "ballota") en el interior de la península ibérica. En S. Beato, M.A. Poblete & C. Rodríguez (Eds.), *La naturaleza atlántica: hábitats, patrimonio y vulnerabilidad: Actas del II Congreso Iberoamericano y XII Congreso Español de Biogeografía.* Delallama Editorial.

Corral, M., Fidalgo, C. y Peco, B. (2018). Factores ambientales en la distribución de la seca en la encina (Quercus ilex subsp. ballota). *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía., 11*, 107-120. http://dx.doi.org/10.5944/etfvi.11.2018.21777

Fernández, A., Sardinero S., Pereira I., Gil P. M. y Manrique, E. (2001). Modificación de los pisos bioclimáticos españoles debido a un conjunto de escenarios previsibles de Cambio Climático. *Actas del III Congreso Forestal Español., 1,* 457-464.

Führer, E. (1998). Oak decline in Central Europe: a synopsis of hypotheses. En: McManus, M. & Liebhold, A. (Eds.), *Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects,* (pp. 7-24). USDA Forestry Service, General Technical Report NE-247

Manrique, E & Fernández, A. (2000). Extreme climatic events in dendroclimatic reconstructions from Spain. *Climatic Change., 44*, 123-13. https://doi.org/10.1023/A:1005458018568

Meson, M. & Montoya, J. (1993a). La Seca de encinas y alcornoques. *Alvear. 3.*

Meson, M. & Montoya, J.M. (1993b). Factores desencadenantes de la seca de los Quercus en España. *Quercus*, *92*: 30-31.

Montoya, J. & Mesón, M. (1994). El modelo explicativo global. En: Tuset, J.J. & Sánchez. G. (Eds.), *La seca: El decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España*, (pp.173-194). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Pita, M.ª F. (2000). Un nouvel indice pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (sudouest de l'Espagne). *l'Association Internationale de Climatologie*, *13*, 225-233.

Sánchez, G & Prieto, M. (2004). Procesos de decaimiento en el género *Quercus*: el síndrome de la *Seca*. En: Tuset, J.J. & Sánchez. G. (Eds.), *La seca: El decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España*, (pp.19-25). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Tuset, J. & Sánchez, G. (2004). *La Seca: El descaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Tuset, J., Hinarejos, C., Mira, J. & Cobos J. (1996). Implicación de Phytophthora cinnamomi en la enfermedad de la seca de encinas y alcornoques. *Boletín de sanidad vegetal, Plagas 22(3)*:491-499.

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A OLAS DE CALOR A ESCALA INTRA-URBANA DE MÁXIMO DETALLE.

JUAN FRANCISCO SORTINO BARRIONUEVO [1]

MARÍA JESÚS PERLES ROSELLÓ [2]

JESÚS VARGAS MOLINA [3]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos*

E-29071 Málaga (España), francis.sortino@uma.es https://orcid.org/0000-0002-3643-4228

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos*

E-29071 Málaga (España), mjperles@uma.es, https://orcid.org/0000-0002-1123-852X

[3] *Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos*

E-29071 Málaga (España), jvarmol@uma.es, https://orcid.org/0000-0001-5964-8192

Abstract: The main objective of the study is to propose a methodology for the cartographic assessment of the vulnerability of cities to heat waves. The mapping discriminates vulnerability at the most detailed intra-urban scale, using the building as the basic unit of measurement and data collection. It addresses conditioning aspects of vulnerability to heat and analyses the vulnerability of the dwelling itself, due to intrinsic construction factors of the building. The methodology foresees an initial literature review phase for the identification of suitable vulnerability indicators in this context. Sources of maximum precision are used in the development of the research: virtual cadastre (alphanumeric data), among the most prominent. On the other hand, various spatial geoprocessing tools are used through Geographic Information Systems (GIS), to elaborate the available data and obtain cartographic results of maximum detail. The research is carried out in the city of Malaga and within the framework of the Citizen Science and GIT for the assessment of composite drought-heatwave risks (CITOSEQ) project funded by the Ministry of Science and Innovation of the Government of Spain. The results obtained demonstrate the importance of the development of this type of cartographic methodologies, their usefulness for citizens and, above all, an aid for decision-making by the competent public administrations in terms of civil protection and the management of extreme heat episodes and heat waves.

Keywords: Heatwaves; Vulnerability; Intraurban; GIS.

1. Introducción

El impacto de las olas de calor sobre la población no es sólo una cuestión de bienestar, sino que constituye un riesgo sobre la salud física y mental (López-Bueno et al., 2022). Autores como Follos et al. (2022) dan testimonio de la incidencia directa de las olas de calor sobre la mortalidad y las tasas de ingreso hospitalario de la población. El problema es especialmente acuciante y creciente en el contexto andaluz, que es señalado en el atlas de regiones especialmente sensibles frente a los fenómenos extremos (VI Informe del IPCC) por su exposición a las olas de calor (IPCC, 2022). En un contexto de crisis climática, las olas de calor son un fenómeno de severidad y probabilidad creciente (Olcina et al., 2019). La superación de récords históricos de temperatura y la frecuencia de las "noches tropicales" han pasado a ser noticia diaria durante el periodo estival. Autores como Olcina et al. (2019) muestran su incremento en frecuencia y severidad de este fenómeno en la costa mediterránea desde 1950. Cabe desatacar que el tratamiento de los extremos de calor ha sido abordado por diferentes disciplinas desde diversas perspectivas, como el medio ambiente (Disher et al., 2021) o la salud (Ballester et al., 2022). Contribuciones específicas sobre el riesgo por olas calor han sido aportadas por Olcina et al. (2019), López-Bueno et al. (2022) o Follos et al. (2022), entre otros. En relación a la vulnerabilidad de la población frente al calor y extremos climáticos, diferentes investigaciones han identificado la influencia de factores sociales, como edad, género, salud, nivel de dependencia, tipo de convivencia o ingresos, en el grado de vulnerabilidad de la población ante eventos de calor extremo (Navas Martín et al., 2023). En lo referente a la adaptación y mitigación frente al calor en entornos urbanos, investigaciones como las desarrolladas por Gutiérrez y Le Prevost (2016) han resaltado la influencia de los factores ambientales en entornos urbanos y rurales, tanto por las condiciones de los propios entornos (densidad urbana, grado de edificación, cobertura vegetal, contaminación del aire o existencia de servicios sanitarios), como de las viviendas (materiales, diseño, aislamiento, equipamientos, etc.). El objetivo principal que aborda la investigación es diseñar una propuesta metodológica específica para la evaluación cartográfica de la vulnerabilidad frente a olas de calor a escala intraurbana. Para ello el estudio se centra a una escala de trabajo de máximo detalle, es decir a nivel de edificación y de tipologías de hábitat que integran estas edificaciones.

2. Materiales, datos y métodos

Se parte en la investigación de la hipótesis que considera que el riesgo de la población frente a extremos de calor es muy variable en el contexto de la ciudad, y depende de una serie de características intrínsecas de la población expuesta, así como del entorno urbano en el que la población habita y desarrolla su actividad, factores que definen una mayor o menor vulnerabilidad. La metodología plantea evaluar cartográficamente la vulnerabilidad frente al calor mediante un análisis multicriterio de los factores de vulnerabilidad concurrentes en cada zona urbana, con datos a escala de edificación.

2.1 Caso de estudio y fuente de datos

La zona de estudio seleccionada para la investigación y aplicación de resultados es la ciudad de Málaga. La elección de este territorio radica en el carácter complejo de su modelo urbano, que incluye una casuística variada tanto en lo que se refiere a los condicionantes ambientales de la temperatura (carácter litoral, topografía heterogénea, etc.), como en las condiciones de vulnerabilidad del medio

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

humano vinculadas a la edificación y entorno urbano (diferentes tipologías constructivas y morfología urbana). Estos factores permiten presumir una diversidad de escenarios suficiente para la validación de resultados y extrapolación de hallazgos y criterios a otros entornos urbanos. Además, se ha hecho un aprovechamiento de las fuentes estadísticas existentes y se han obtenido datos geográficos de fuentes muy diversas, entre las más destacadas: Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM,) Instituto Nacional de Estadística (INE), Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA), Catastro Virtual y Servicios INSPIRE de Cartografía Catastral, Instituto Geográfico Nacional, Plan Nacional Ortofotografía Aérea (PNOA) y Open Street Map.

2.2. Selección de variables predictoras de la vulnerabilidad frente al calor en entornos urbanos

A) Posibilidad de ventilación (número de viviendas medio por planta edificatoria)

La hipótesis plantea que los edificios con mayor número de viviendas por planta edificatoria tendrán más problemas de ventilación ya que muchas ventanas tendrán salidas a ojos de patios interiores y/o ventilaciones laterales. Esto supone una menor ventilación cruzada, y peor refrigeración de la vivienda.

Los pasos metodológicos son:

-Obtención del número de viviendas por edificación y número de plantas por edificación.

-Cálculo del número medio ponderado de planta edificatoria por edificación.

-Obtención del número medio de vivienda por planta edificatoria a través de la división del número de viviendas de la edificación por el número medio ponderado por planta edificatoria.

B) Volumen construido (metros cúbicos construidos de edificación por área)

La acumulación de material de construcción (hormigón, cemento, etc.) sobre el territorio supone una fuente de incremento de temperatura y almacenamiento de energía calórica por la propia respuesta física del material. Genera además inercia térmica que prorroga el calor en el entorno durante las horas nocturnas. Para estimar en detalle este factor agravante de la vulnerabilidad se ha calculado como indicador el total de metros cúbicos construido de toda la edificación sobre el terreno que ocupa. Los pasos metodológicos son:

-Medición de los metros cúbicos existente para cada elemento constructivo de la edificación y sumar por referencia catastral sus resultados (se estima 3 metros de altura por piso sobre rasante).

-División del volumen total de cada edificio por unidad de área (100 metros cuadrados).

C) Conservación y calidad (estado de conservación y calidad de los materiales constructivos del edificio)

La hipótesis de trabajo considera que un buen estado de conservación y calidad constructiva de la edificación permite presumir unas condiciones de aislamiento de la vivienda y calidad de los materiales que la protegen del calor y el frio. Los pasos metodológicos son:

-Se establecen el grado de conservación en dos categorías, “decline” que es en estado deficiente y “Functional” un estado normal de conservación (criterios de catastro).

- Se procesa la calidad de la tipología constructiva de la vivienda. Esta se mide en valores que van de 1 a 9, siendo 1 la calidad más baja y 9 la mejor calidad o A, B, C para calidades constructivas más elevadas, siendo "A" las mejores y "C" las más modesta dentro de las mejores. Estos criterios derivan de catastro y se propone la siguiente puntuación: 0 para "decline", 12 puntos para la letra A (máxima calidad), 11 para letra B y 10 puntos para letra C, las puntuaciones de 1 a 9 de calidad se mantienen.

D) Tamaño de la vivienda (tamaño medio ponderado de la vivienda por edificación)

La hipótesis se fundamenta en el hecho de que la aglomeración de personas en la vivienda dificulta el confort térmico frente a altas temperaturas. Los pasos metodológicos son:

-Sumar los metros cuadrados residenciales totales en la edificación (nivel 15 de catastro alfanumérico)

-Coeficiente de ponderación de la vivienda con respecto al total de metros construidos de la edificación.

-Multiplicación de la superficie real de cada vivienda por el coeficiente de ponderación.

-Suma, por referencia catastral, obtención del tamaño medio ponderado de vivienda por edificación.

2.3. Clasificación, puntuación y unificación de las variables

A) Eliminación de valores atípicos para el cálculo de estadísticos básicos (*outliers*)

Las variables son sometidas a eliminación de sus valores extremos o atípicos para realizar los estadísticos básicos, utilizando el método del rango intercuartílico (IQR) y su fórmula: <Q1-1.5*IQR y >Q3+1.5*IQR"

A) Normalización de las variables

Las variables se normalizan entre los valores 0 y 1, de esta forma el valor mínimo es el valor 0, para todas las variables, salvo "Conservación y calidad" (C) que toma el valor 1.82. El valor máximo está referenciado a los valores estadísticos liberados de valores atípico, es la media +2,5 desviaciones estándar (x+2,5 σ), adquiriendo el valor 1. Todos los valores por encima de este valor quedan topados y puntuados con el valor máximo de 1.

B) Aplicación del algoritmo de unificación de variables

En esta fase de la investigación no se otorga pesos a las variables. Las variables "Posibilidad de ventilación" (A) y "Volumen construido" (B) mantiene su puntuación directamente proporcional, a mayor valor mayor de vulnerabilidad. Por el contrario, las variables "Conservación y calidad" (C) y Tamaño de la vivienda (D) se puntúan de manera inversamente proporcional; a menor valor mayor vulnerabilidad. Finalmente, se realiza una sumatoria lineal (invirtiendo el recorrido de las variables C y D) y se divide por 4. El resultado final y la clasificación se realiza por medio de intervalos regulares de clases, a razón de 0,2 puntos.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

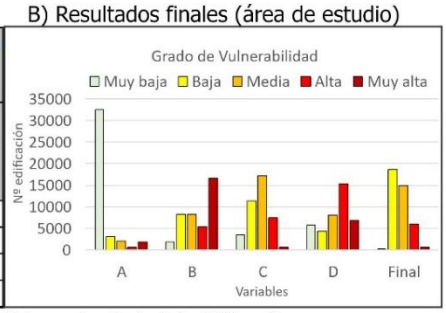
En la Figura 1, en su apartado A, se pueden observar resultados relacionados con el propio tratamiento estadístico de los datos. Puede apreciarse la liberación de valores atípicos de la distribución estadística de cada una de las variables implicadas y el cálculo posterior de los estadísticos básicos de valores medios y desviaciones estándar, así como la construcción del límite máximo para poder normalizar los resultados. En el apartado B, se aprecian los resultados estadísticos de vulnerabilidad obtenidos para toda la ciudad de Málaga. Se ha trabajado con un total de 51.479 edificaciones, de las cuales 40.242 cuentan con uso residencial, que son las que finalmente se han seleccionado para este estudio (78%).En los gráficos que representan las tendencias de la vulnerabilidad en el conjunto de la ciudad proporcionadas para cada variable, se puede observar una fuerte vulnerabilidad relacionada con la variable B con más de 16.000 edificaciones en condiciones muy vulnerables, así como valores de vulnerabilidad marcada igualmente para la variable D. En el caso de la variable C, la mayor parte de las viviendas presentan valores de vulnerabilidad moderada. La variable A registra los valores de vulnerabilidad más bajos, lo que refleja un modelo urbano con elevada presencia de viviendas unifamiliares. En cuanto a la vulnerabilidad final, obtenida de la sumatoria de casos precedentes, se observa una distribución estadística cercana a la normal, con tendencia a la concentración en los valores moderados y bajos de vulnerabilidad. Son escasos los valores de alta vulnerabilidad y casi nulos o poco significativos los casos de vulnerabilidad muy baja.

Figura 1.

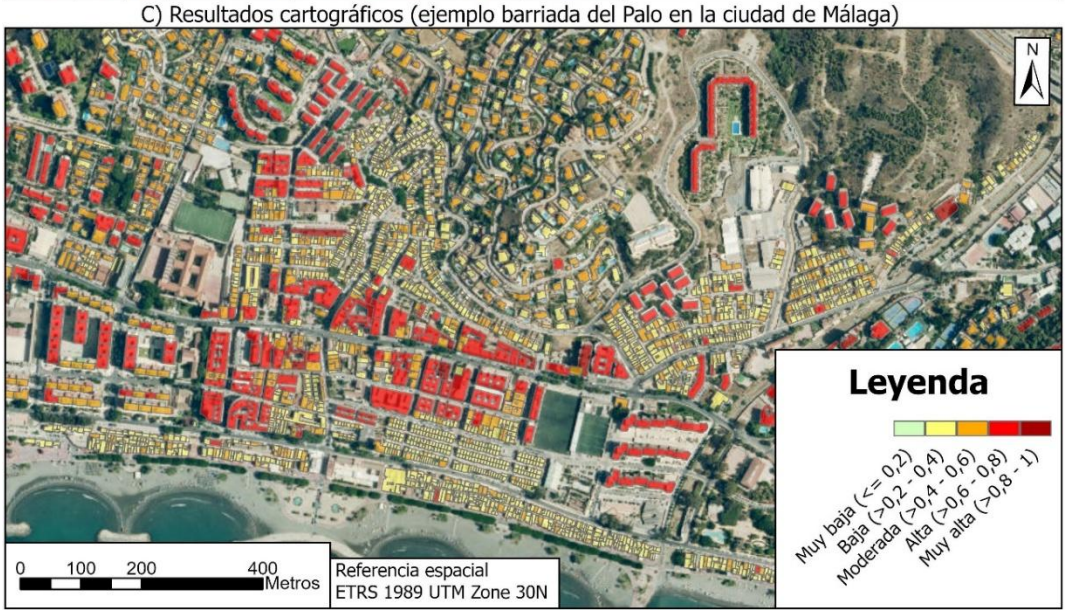
A) Resultados de aplicación de la metodología

Variables	Eliminación valores atípicos					Estadísticos básicos libre de valores atípicos (outliers)		Construcción de valor máximo
	Q1	Q3	IQR (Q3-Q1)	> Q1-1,5*IQR	>Q3+1,5* IQR	Media ($\bar{x}$)	Desviación estándar (σ)	Media+2,5 desviaciones estándar ($\bar{x}$ + 2,5 σ)
A	1,53	4,47	2,94	-2,88=0	8,88	2,85	1,9	7,6
B	3,74	12,7	8,96	-9,7=0	26,14	4,4	2	9,4
C	4,33	6	1,67	1,82	8,5	5,13	0,92	7,43
D	93	233	140	-117=0	443	159,92	90,41	385,94

B) Resultados finales (área de estudio)



C) Resultados cartográficos (ejemplo barriada del Palo en la ciudad de Málaga)



Fuente: Catastro y Plan Nacional Ortofotografía Aérea (PNOA). Elaboración propia.

En el apartado C de la Figura 1 se muestra, a modo de ejemplo, un detalle de los resultados cartográficos obtenidos, dada la dificultad para mostrar el conjunto de la ciudad a la escala de detalle del trabajo. El extracto se centra en la barriada de El Palo, situada en Málaga Este. En el mapa se puede apreciar la alta variabilidad de los grados de vulnerabilidad de las edificaciones. En los grados más bajos de vulnerabilidad se sitúan las viviendas unifamiliares de una doble tipología: procedentes de autoconstrucción y distribuidas en la propia línea de costa, junto a las situadas en la zona norte, correspondientes con chalet adosados y/o exentos. Por el contrario, las zonas de edificaciones plurifamiliares de alturas elevadas que integran la zona central de la Barriada de El Palo, destacan valores de vulnerabilidad alta a muy alta en muchas de sus edificaciones.

4. Conclusiones

La investigación desarrollada hasta el momento ha demostrado buenos resultados en cuanto a la aplicación de la metodología de trabajo diseñada a través de datos catastrales de máximo detalle. Los resultados iniciales permiten confirmar la hipótesis que afirma que existe una distribución heterogénea de la vulnerabilidad frente al calor en el entramado urbano; esto es, que, a igual peligrosidad, el riesgo de afección por eventos extremos de calor será desigual, y se distribuirá en la ciudad en razón de la distribución espacial de factores de vulnerabilidad. La delimitación de intervalos de gravedad se ha realizado mediante una distribución estadística de umbrales y utilizando como referencia los máximos y mínimos presentes en la zona de estudio. En próximos avances de la investigación se propondrán grados de vulnerabilidad basados en datos absolutos (no relativos al área de estudio), que permitan un mejor vínculo entre la circunstancia de la vivienda y el nivel de confort climático y habitabilidad que estas circunstancias propician.

La metodología avanzada en este estudio se centra únicamente en indicadores de confort climático relacionados con las características físicas de la vivienda y la edificación (amplitud, material, ventilación, etc.). Se observa la necesidad de complementar estos indicadores con otros relacionados con la distribución de la población habitante, su grado de ocupación de las viviendas y el nivel de hacinamiento en las mismas o la evaluación de la vulnerabilidad biofísica de la población (edad, enfermedades, otros). Los resultados obtenidos apuntan sobre la necesidad de analizar otros factores de vulnerabilidad vinculados al entorno habitado de las edificaciones, como la accesibilidad a zonas verdes, refugios climáticos, zonas de refresco, playas y/o piscinas, la densidad de vegetación del entorno habitado o, por el contrario, la densidad constructiva del entorno habitado de las diferentes zonas interurbanas.

5. Referencias bibliográficas

Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R. F., Pegenaute, F., Herrmann, F. R., Robine, J. M., Basagaña, X., Tonne, C., Antó, J. M., & Achebak, H. 2023. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nature medicine*, *29*(7): 1857-1866. DOI: 10.1038/s41591-023-02419-z

Disher, B., Edwards, B., Lawler, T., Radford, D. 2021. "Measuring Heatwaves and Their Impacts", en M. E. Goodsite et al. (eds.), *Air Pollution Sources, Statistics and Health Effects*. Springer Nature. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-0716-0596-7_1102

Follos F., Linares C., López, J.A., Navas, M., Culqui, D., Vellón, J., Luna, Y., Sánchez, G., Díaz J. 2022. Evolution of the minimum mortality temperature (1983-2018): Is Spain adapting to heat? *Science of the Total Environment*, 25 (784):147233. Doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147233

Gutierrez, K. S., & LePrevost, C. E. (2016). Climate Justice in Rural Southeastern United States: A Review of Climate Change Impacts and Effects on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(2), 189. https://doi.org/10.3390/ijerph13020189

IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

López-Bueno, J.A., Navas-Martín, M.A., Díaz, J., Mirón, I.J., Luna, M.Y., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., Linares, C. 2022. Analysis of vulnerability to heat in rural and urban areas in Spain: What factors explain Heat's geographic behavior? *Environmental research*, 207, 112213. Doi: 10.1016/j.envres.2021.112213

Navas Martín, M. Ángel, López Bueno, J. A., Follos, F., Vellón, J. M., Mirón, I., Luna, Y., Sánchez Martínez, G., Díaz, J., & Linares, C. (2023). La adaptación al calor y las desigualdades sociales en salud en función del género, la edad y el territorio: Revisión de estudios en España (1983-2018). *Revista De Salud Ambiental*, *23*(1), 49–55.

Olcina Cantos, J., Serrano-Notivoli, R., Miró, J.; Meseguer-Ruiz, O. 2019. Tropical nights on the Spanish Mediterranean coast, 1950-2014. *Climate Research, 78*: 225-236. https://doi.org/10.3354/cr01569

RIESGO ASOCIADO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN EL MUNICIPIO DE ARUCAS (ISLAS CANARIAS, ESPAÑA)

CARLOS AVIGDOR SUÁREZ PÉREZ[1]

ABEL SANROMUALDO-COLLADO[2]

PABLO MÁYER-SUÁREZ[3]

LEVÍ GARCÍA-ROMERO[4]

[1]Filiación institucional: Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas (ES), avigdor.suarez@ulpgc.es, https://orcid.org/0009-0006-2248-6787

[2]Filiación institucional: Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas (ES), abel.sanromualdo@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0001-5368-9604

[3]Filiación institucional: Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas (ES), pablo.mayer@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0003-1229-1477

[4]Filiación institucional: Grupo de Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Parque Científico Tecnológico Marino de Taliarte, 35214 Telde, Las Palmas (ES), levi.garcia@ulpgc.es, https://orcid.org/0000-0002-4985-9073

Abstract: This study presents a spatio-temporal geographic analysis of flood risk along the coast of Arucas, Gran Canaria (Canary Islands, Spain), based on projections from the IPCC's Fifth Assessment Report (AR5). The research is motivated by the presence of buildings outside the legal framework of the Coastal Law, which are located within servitude areas and public maritime-terrestrial domains. This phenomenon suggests an elevated degree of vulnerability. A specific assessment of hazard, exposure, and vulnerability identifies key risk factors affecting these structures. Using Representative Concentration Pathway (RCP) scenarios from AR5, ranging from the RCP4.5 to the RCP8.5, flood projections are developed for 2050 and 2100. Results include total flood risk mapping, highlighting critical coastal zones in Arucas, reflecting the cumulative impact of sea level rise and storm conditions. This tool is vital for future urban planning and siting climate-resilient municipal infrastructure. The study emphasizes the urgent need for adaptation measures, as some buildings are already experiencing flooding during extreme weather events, with impacts worsening under future sea level rise scenarios.

Keywords: flood risk; sea level rise; climate change; vulnerability; coastal management; Canary Islands.

1. Introducción

El cambio climático a nivel global constituye una amenaza significativa para las zonas costeras, especialmente en regiones insulares como las islas Canarias, donde uno de sus efectos, como es el aumento del nivel medio del mar (NMM), muestra un alto el riesgo debido a las inundaciones que se podrían producir (IPCC, 2022). Según la Organización Meteorológica Mundial (2021), las temperaturas globales han aumentado entre 1,5 y 4,5 °C desde 1850, impulsando un incremento del NMM que afecta a ecosistemas y asentamientos humanos (IPCC, 2022). En Canarias, la alta densidad demográfica, la dependencia económica del turismo y la singularidad de sus ecosistemas amplifican esta vulnerabilidad (Fraile et al., 2014). Este trabajo analiza el riesgo de inundación costera en el litoral de Arucas, municipio del norte de Gran Canaria. Se trata de un ámbito en el que predominan acantilados, playas rocosas y núcleos urbanos cercanos al mar: El Puertillo, Quintanilla y San Andrés (Figura 1). Para ello, se evalúan la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad ante escenarios de cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5) para los períodos 2026-2045 y 2081-2100, con el objetivo de estimar el riesgo total por parcela catastral y proponer medidas de adaptación.

2. Materiales, datos y métodos

Figura 1. Área de estudio

Fuente: elaboración propia.

La zona costera objeto de estudio tiene una longitud de 3,1 km, y se ha seleccionado por su alta exposición a procesos costeros y su clasificación como zona de riesgo acumulado (PIMA Adapta Costas, 2021). La metodología combinó herramientas SIG y análisis cuantitativo para calcular el riesgo

de inundación, definido como: **R = P * E * V**; donde **R**, riesgo; **P**, peligro; **E**, exposición; **V**, vulnerabilidad. Se elaboró un Modelo Digital de Terreno (MDT) con datos LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA-2015), con densidad de 0,5 ptos/m² y una resolución espacial de 2 m. Las cotas de inundación (cotas de inundación de valor medio (CIm) y de valor extremo (CI99%)) se determinaron integrando el nivel del mar compuesto (NMC) y la altura de ola significante (Hs), ajustadas a escenarios RCP4.5 y RCP8.5 (IHCantabria, 2020; IPCC, 2014).

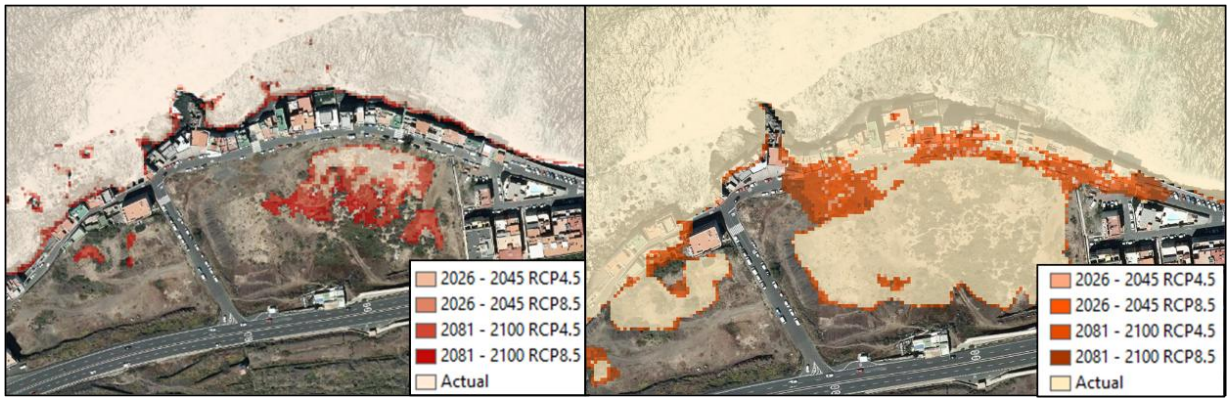
La exposición se evaluó seleccionando las parcelas catastrales coincidentes con las cotas de inundación, clasificándolas en totalmente inundadas, centroide inundado, parcialmente inundadas y no inundables. La vulnerabilidad económica consideró antigüedad de las edificaciones, superficie construida, número de plantas y uso de las parcelas. Por su parte, la vulnerabilidad social se basó en el número de habitantes por núcleo poblacional. Todos los factores se normalizaron (0-1) y se sumaron para obtener la vulnerabilidad total. Finalmente, el riesgo total se calculó multiplicando los valores normalizados de los tres factores, clasificándose como bajo (≤0,25), medio (0,26-0,50) o alto (≥0,51).

3. Resultados

3.1 Peligrosidad

Se generaron dos cotas de inundación a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT), considerando distintos escenarios y horizontes temporales (Figura 2). En primer lugar (Figura 2, izquierda) se muestra la cota de inundación de valor medio (CIm) para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 en los períodos 2026-2045 y 2081-2100. En segundo lugar (Figura 2, derecha), se exponen las zonas con inundación donde los valores son más extremos correspondiendo al escenario más pesimista (CI99%).

Figura 2. MDT de CIm (izquierda) y de CI99% (derecha) en la unidad poblacional de El Altillo (Moya, Gran Canaria).



Fuente: elaboración propia.

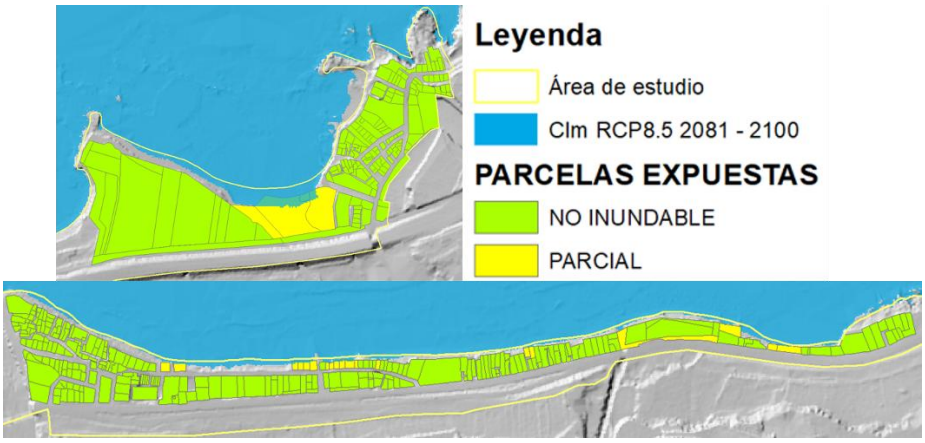
3.2 Exposición en cotas de inundación de valor medio (CIm)

El Puertillo contiene cuatro parcelas que se encuentran expuestas parcialmente a procesos de inundación costera, todas ellas sin edificar, por lo que la exposición social y económica es baja. En Quintanilla-San Andrés la exposición es mayor, ya que se trata de una zona moderadamente

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

urbanizada, y donde 19 parcelas se encuentran expuestas a ser parcialmente inundadas, de las cuales la mayoría son residenciales y algunas se encuentran sin edificar (Figura 3).

Figura 3. Zonas de exposición en el Puertillo (arriba) y San Andrés-Quintanilla (abajo).

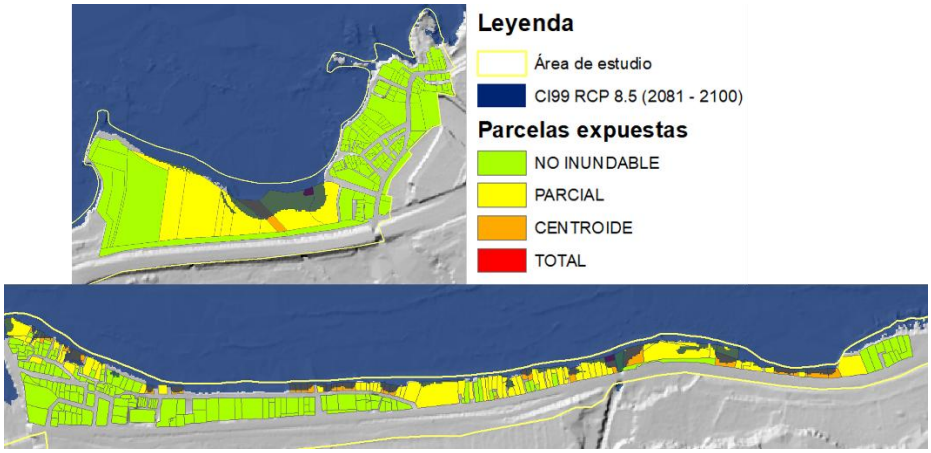


Fuente: elaboración propia.

3.3 Exposición en cotas de inundación de valor extremo (CI99%)

La exposición en El Puertillo, bajo el escenario correspondiente al percentil 99% (valores extremos o pesimistas), aumenta de 4 a 11 parcelas, mostrando una mayor variedad respecto al análisis anterior. De estas, 9 parcelas presentan una inundación parcial, una tiene su centroide afectado, y otra se considera completamente expuesta, por lo que se da por perdida. La mayor parte de las zonas inundadas son suelos sin edificar, aunque cabe destacar que se encuentran expuestas dos parcelas de uso comercial y una de uso residencial. En los barrios de Quintanilla y San Andrés se detectan 64 parcelas expuestas: 51 de uso residencial y 13 suelos sin edificar parcialmente expuestas, 22 de uso residencial y 12 suelos sin edificar con su centroide inundado y, por último, hay una sola parcela totalmente expuesta. Cabe destacar que la parcela totalmente expuesta es de uso residencial. (Figura 4).

Figura 4. Zonas de exposición en el Puertillo (arriba) y San Andrés-Quintanilla (abajo).



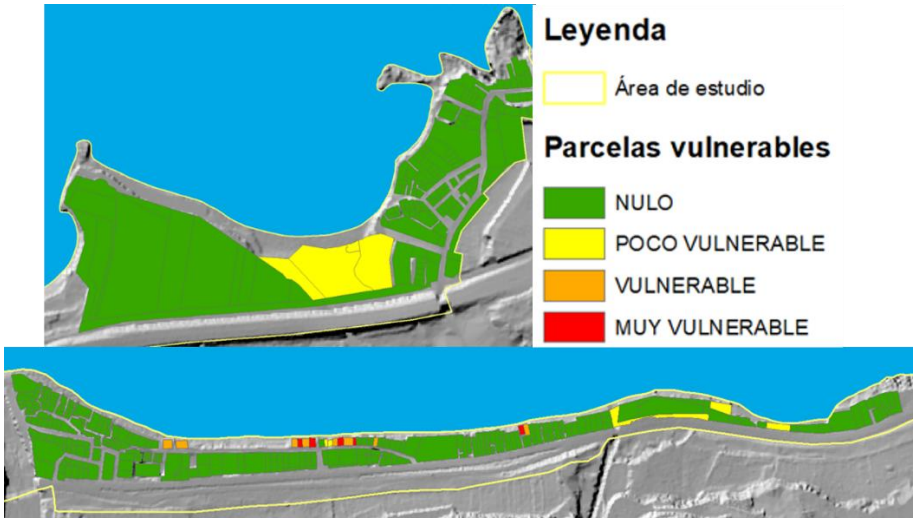
Fuente: elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.4 Vulnerabilidad total en cotas de inundación de valor medio (CIm)

En El Puertillo se puede observar que solo existen cuatro parcelas catastrales con bajos valores de vulnerabilidad, pues se trata de suelos sin edificar. En cuanto a San Andrés y Quintanilla existen al menos cuatro parcelas, todas de uso residencial, con el nivel de vulnerabilidad máxima, mientras que hay siete que son vulnerables (residenciales), y finalmente el resto de las parcelas apenas tienen vulnerabilidad (Figura 5).

Figura 5. Zonas vulnerables en El Puertillo (arriba) y San Andrés-Quintanilla (abajo).



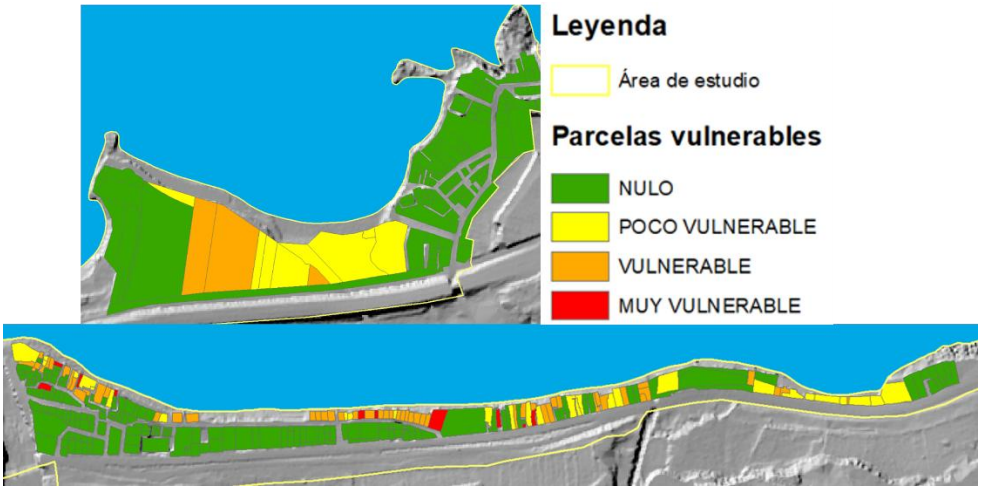
Fuente: elaboración propia.

3.5 Vulnerabilidad total en cotas de inundación de valor extremo (CI99%)

Con este escenario aumenta la vulnerabilidad de las parcelas de El Puertillo, afectando a 11 de estas. La mayoría son suelos sin edificar, pero dos de ellas son de uso industrial y comercial. Aquellas parcelas con un nivel de vulnerabilidad alto son mayoritariamente residenciales y suelos sin edificar, aunque cabe destacar que dos de ellas son de uso comercial e industrial. En el ámbito de San Andrés-Quintanilla también aumenta la vulnerabilidad, incluso con algunas parcelas que se identifican como muy vulnerables debido a su uso residencial y, sobre todo, comercial e industrial (Figura 6). Estas parcelas comerciales e industriales reciben un mayor peso en la vulnerabilidad económica debido a su importancia funcional para la economía local y su mayor sensibilidad a los daños por inundación.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 6. Zonas vulnerables en El Puertillo (arriba) y San Andrés-Quintanilla (abajo).



Fuente: elaboración propia.

3.6 Riesgo total

El nivel de riesgo de todo el ámbito de estudio para ambas cotas de inundación (CIm y CI99%) se clasifica como bajo. Sin embargo, a pesar de esta valoración general y de la variabilidad en los factores de riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad), el análisis revela que existen parcelas específicas que enfrentan amenazas significativas debido a su alta exposición o vulnerabilidad. En particular, parcelas con su centroide inundado o parcialmente inundadas, como las identificadas en Quintanilla-San Andrés, presentan un riesgo potencialmente mayor (Figuras 4, 5 y 6), lo que subraya la necesidad de medidas de adaptación focalizadas en estas áreas.

4. Discusión y conclusiones

En líneas generales, el litoral de Arucas enfrenta un riesgo de inundación costera bajo que podría estar siendo beneficiado por las características geomorfológicas de este (acantilado y rocoso). Estos resultados coinciden con el índice de riesgo acumulado de 3,5 por hectárea reportado por PIMA Adapta Costas (2021), destacando la amenaza sobre asentamientos residenciales y la carretera GC-2 (Figura 1). La metodología, basada en SIG y análisis por parcela, ofrece una aproximación detallada, aunque limitada por la escasez de datos sociales (e.g., distribución por edades). Se recomiendan medidas no estructurales, como el traslado de urbanizaciones al interior (Plan Territorial Parcial de Ordenación del Litoral del Norte), evitando soluciones como diques que podrían agravar el oleaje (Pilkey y Cooper, 2014). Futuras investigaciones deberían integrar más indicadores sociales como la distribución por edades, índices de dependencia o niveles de ingresos, para mejorar la precisión del análisis de vulnerabilidad a escala de barrio o unidad poblacional, permitiendo una mejor identificación de las necesidades específicas de la población y una respuesta más efectiva ante los riesgos de inundación asociados al cambio climático.

5. Referencias bibliográficas

Fraile Jurado, P., Sánchez Rodríguez, E., Fernández Díaz, M., & Pita López, M. F. (2014). Estimación del comportamiento futuro del nivel del mar en las Islas Canarias a partir del análisis de registros recientes. Geographicalia, 66, 79-98.

IHCantabria. (2020). Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.

Pilkey, O. H., & Cooper, J. A. G. (2014). The Last Beach. Duke University Press.

PIMA Adapta Costas Canarias. (2021). Plan de Impulso al Medio Ambiente Adapta Costas Canarias. GRAFCAN.

REFUGIOS CLIMÁTICOS EN ANDALUCÍA: INVENTARIO Y ANÁLISIS TERRITORIAL DE SU ALCANCE Y UTILIDAD PARA LA POBLACIÓN FRENTE AL CALOR EXTREMO

JESÚS VARGAS MOLINA[1]

JUAN FRANCISCO SORTINO BARRIONUEVO[2]

HUGO CASTRO NOBLEJAS[3]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, Bulevar Louis Pasteur, 35. Málaga (España), jvarmol@uma.es, , https://orcid.org/0000-0001-5964-8192*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, Bulevar Louis Pasteur, 35. Málaga (España), francis.sortino@uma.es, https://orcid.org/0000-0002-3643-4228*

[3]*Departamento de Geografía Humana, Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja 18071. Granada (España), hugocastro@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-8975-7506*

Abstract: Extreme temperature events are increasing in both frequency and intensity, particularly during the summer months. Recent years have shown a marked rise in heat-related excess mortality, especially during prolonged periods—three or more consecutive days—of abnormally high temperatures, with urban areas being the most affected. In response, the concept of climate shelters has emerged as a key public health and urban resilience strategy. These shelters are defined as indoor or outdoor spaces that offer thermally comfortable conditions during extreme heat episodes. Examples include air-conditioned public buildings (e.g., libraries, community centers) and shaded outdoor areas with abundant vegetation, provided they remain accessible to the public during heatwaves. Climate shelters play a critical role in mitigating the health impacts of extreme heat, particularly among vulnerable populations such as the elderly, children, and individuals with pre-existing health conditions. This study aims to: (1) develop a georeferenced repository of climate shelters in Andalusia (southern Spain), and (2) conduct a preliminary spatial analysis of population coverage, with a focus on vulnerable demographic groups. To this end, a comprehensive spatial database was constructed using the Spatial Reference Data of Andalusia (DERA) cartographic repository, enriched with additional public datasets. Spatial geoprocessing and network analysis techniques were applied to assess accessibility and coverage, considering both total and vulnerable populations. The study presents the first regional inventory of climate shelters in Andalusia and provides a spatial assessment of coverage patterns. Preliminary results highlight areas with limited access to shelters, offering critical insights for future adaptation strategies in the context of increasing climate-related risks.

Keywords: accessibility; climate shelter; extreme temperature; network analysis; vulnerable population.

1. Introducción

El aumento de temperaturas extremas y la frecuencia de las olas de calor constituye ya uno de los principales retos de adaptación al cambio climático (IPCC, 2022), especialmente en entorno urbanos y para los colectivos más vulnerables, como personas mayores, niños y personas con enfermedades crónicas (Hondula et al., 2015; IPCC, 2022). Como medida de adaptación, algunas ciudades están identificando y promoviendo redes de refugios climáticos, entendidos como espacios públicos accesibles, que ofrecen un confort térmico donde la ciudadanía puede resguardarse en condiciones de calor extremo (Ayuntamiento de Barcelona, 2020; Amorin *et al.*, 2023). Sin embargo, a pesar de que Andalucía es una de las regiones más vulnerables a los impactos del cambio climático —en especial a los episodios de calor extremo—hasta la fecha no existen inventarios sistemáticos ni políticas públicas específicas orientadas a la definición, creación y gestión de refugios climáticos. El objetivo de este trabajo es, por un lado, crear la primera red potencial de refugios climáticos de Andalucía, que sirva de base técnica y cartográfica para estudios de mayor detalle en ámbitos urbanos. Por otro, realizar un primer análisis exploratorio sobre la accesibilidad de la población de Andalucía a estos refugios, con el fin de identificar el grado de cobertura poblacional que ofrecen.

2. Metodología

1) Creación de la red de refugios climáticos: a partir de algunas experiencias nacionales e internacionales (Ayuntamiento de Barcelona, 2023 y Ville de Paris, 2017) se han seleccionado los equipamientos públicos exteriores e interiores que, por sus características tipológicas, pueden funcionar como refugios climáticos. Como fuente de información se han utilizado: el conjunto de Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), del Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía; el Modelo Digital de Vegetación 2,5 metros, del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y Geofabrik, datos de Open Street Map. Una vez generada la capa puntual de refugios climáticos, esta ha sido depurada: se eliminaron falsos refugios climáticos y se incorporaron aquellos que faltaban. Además, se ajustaron las ubicaciones de algunos de los puntos para que coincidieran con las entradas a los diferentes equipamientos. Además, los tipos de refugios se han agrupado en tres categorías, en función de la utilidad que pueden dar a la población: 1) refugios de alivio: aquellos equipamientos cuya principal utilidad como refugio es la de aliviar en un momento de calor extremo, sin posibilidad de desarrollar actividades o con una actividad muy limitada; 2) refugios de actividad: aquellos equipamientos que, además cumplir la función de refugio de alivio, permiten realizar actividades, lo que facilita una estancia más prolongada en situaciones de calor extremo.; 3) refugios de asistencia en desastres: aquellos que pueden funcionar como centros de acogida de desplazados en caso de desastre, o habilitarse como refugios climáticos en situaciones de olas de calor o frío para personas sin hogar.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Categorías, tipología y criterios particulares de exclusión e inclusión de refugios climáticos.

Categoría	Tipo de refugio (General)	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
De alivio	Paradas/estaciones de transporte	Estaciones activas que sean cubiertas o subterráneas.	Apeaderos y paradas al aire libre.
	Edificios religiosos	Centros con horario de apertura al público de al menos 10 horas diarias.	Casas hermandad, cementerios y centros que solo abren en horario litúrgico.
	Mercados de abastos	Mercados cubiertos, cerrados y con climatización interior.	Rastros y mercados al aire libre.
	Centros educativos	Edificios públicos pertenecientes a universidades o sedes locales universitarias (excepto bibliotecas).	Centros educativos (públicos o privados) de primaria, secundaria o FP con acceso restringido al público general.
De actividad	Playas	Línea de playas urbanas, con un punto generado por cada acceso habilitado.	
	Piscinas municipales	Piscinas municipales al aire libre y de acceso público.	Piscinas cubiertas o no dedicadas al uso recreativo.
	Bibliotecas	Bibliotecas municipales o públicas de libre acceso, incluidas las de facultades universitarias con condiciones diferenciadas de acceso y horario respecto a los centros educativos.	Bibliotecas privadas o con acceso restringido.
	Espacios verdes con agua potable	Espacios verdes públicos > 0,3 ha, con al menos 50 % de cobertura vegetal, altura media de 3 m, y presencia de fuente de agua potable.	Espacios que no cumplen los criterios de superficie, cobertura, altura o que carecen de fuente de agua potable.
	Espacios verdes de alta calidad sin agua potable	Espacios verdes públicos > 0,3 ha, con al menos 50 % de cobertura vegetal, altura media de 3 m, y sin presencia de fuente de agua potable.	Espacios que sin tener fuente de agua potable no cumplen los criterios de superficie, cobertura o altura.
	Museos	Museos públicos o privados de acceso libre y gratuitos.	Museos con entrada de pago o acceso restringido.
	Centros comerciales	Grandes superficies que disponen de baños, agua y áreas de restauración.	Centros sin dotaciones mínimas o de acceso limitado.
De asistencia en desastres	Polideportivos	Equipamientos deportivos cubiertos que cuentan con baños.	Instalaciones descubiertas o sin servicios básicos.

Fuente: elaboración propia

2) Construcción de *Network Dataset*: se ha construido una *Network Dataset* para el conjunto de Andalucía, utilizando como fuente de información los datos de la red viaria extraídos de *OpenStreetMap (Geofabrik),* a la que se ha realizado una revisión y corrección topológica. Los datos han sido procesados y estructurados para su uso como red de análisis en *ArcGIS Pro.*

3) Análisis de cobertura: a partir de la red de refugios climáticos generada y de la *Network Dataset* creada para el conjunto de Andalucía, se han realizado 4 geoprocesamientos mediante la herramienta *Service Area,* tomando como *falicities* cada uno de los puntos de la red, clasificados en función de cada una de las categorías y uno más con el conjunto de los refugios climáticos. Cada uno de los *Service Area* se ha configurado para medir el tiempo de repuesta caminando, a razón de 4 km/h., desde los refugios con isócronas (break) de 3, 6, 9, 12 y 15 minutos.

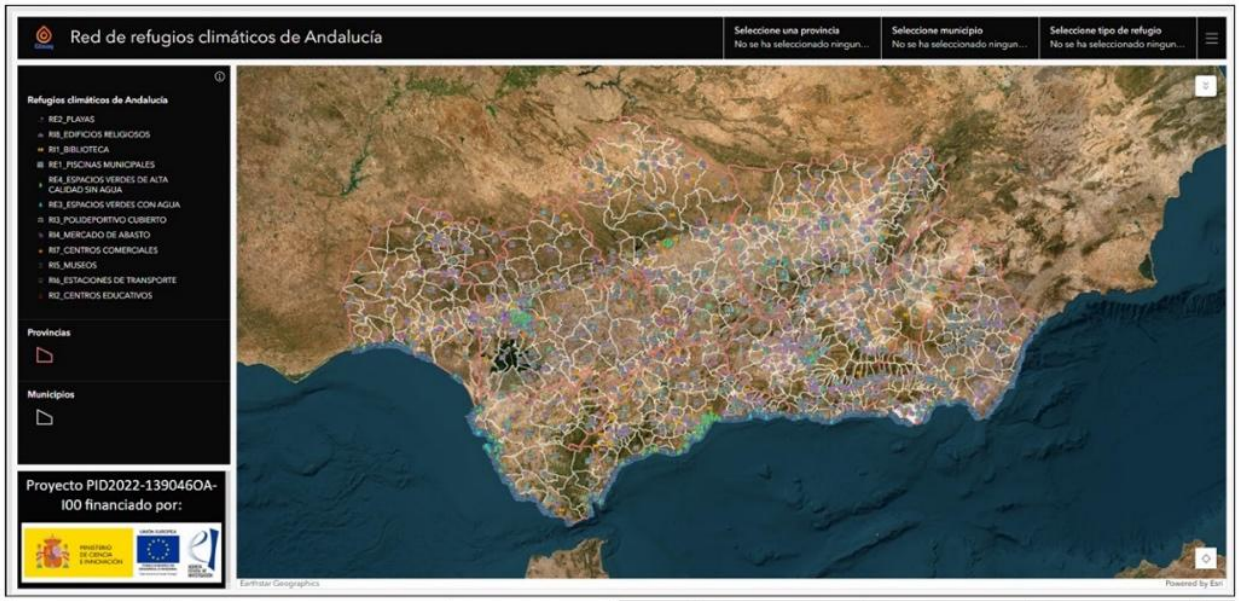
4) Por último, los polígonos resultantes de cada uno de los *Service Area* generados, se han cruzado con los datos de la malla estadística de población de Andalucía, específicamente los centroides de cada celda (250x250) con el fin de conocer el grado de cobertura de la población, tanto para cada categoría de refugios, como para su conjunto. Así, se han obtenido resultados de población total y población mayor de 65 años que vive a más de 15 minutos o a cualquiera de las distancias establecidas en los *breaks*.

3. Resultados

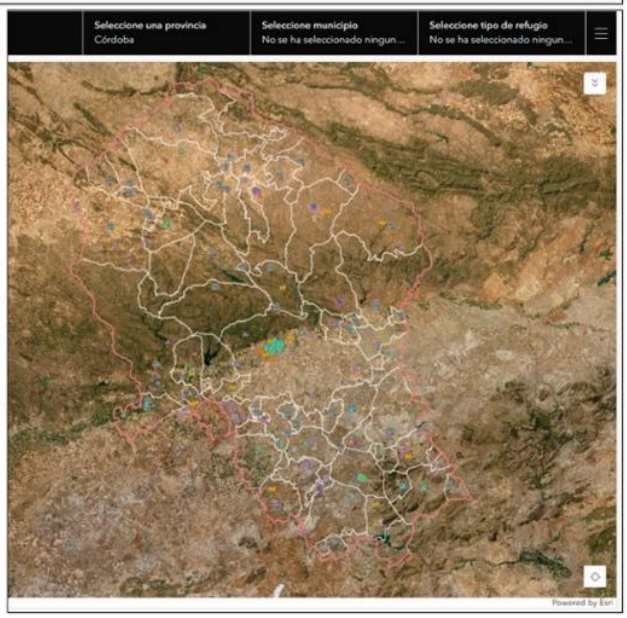
En la Figura 1 se presentan los resultados de la red potencial de refugios climáticos generados. En la parte superior de la imagen, un cuadro de mandos (*Dashboard*) que contiene todos los refugios climáticos y un grupo de selectores para filtrar por provincia, municipio y tipo de refugio. En la parte inferior derecha, a modo de ejemplo, se muestra una imagen de detalle de los refugios climáticos correspondiente a la provincia de Córdoba. Finalmente, en la parte inferior izquierda, se ofrece un recuento del número de refugios totales por tipología para todo el territorio de Andalucía. De estos últimos datos destacan el elevado número de acceso a la playa (6.105) con la que cuenta Andalucía, seguido de edificios religiosos (1.680) y Bibliotecas (928). Un dato destacable, y menos positivo, es el elevado número de espacios verdes que no cuenta con punto de agua (337), frente a espacios verdes que sí cuentan con estos recursos (295).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Cuadro de mando de la Red de refugios climáticos de Andalucía



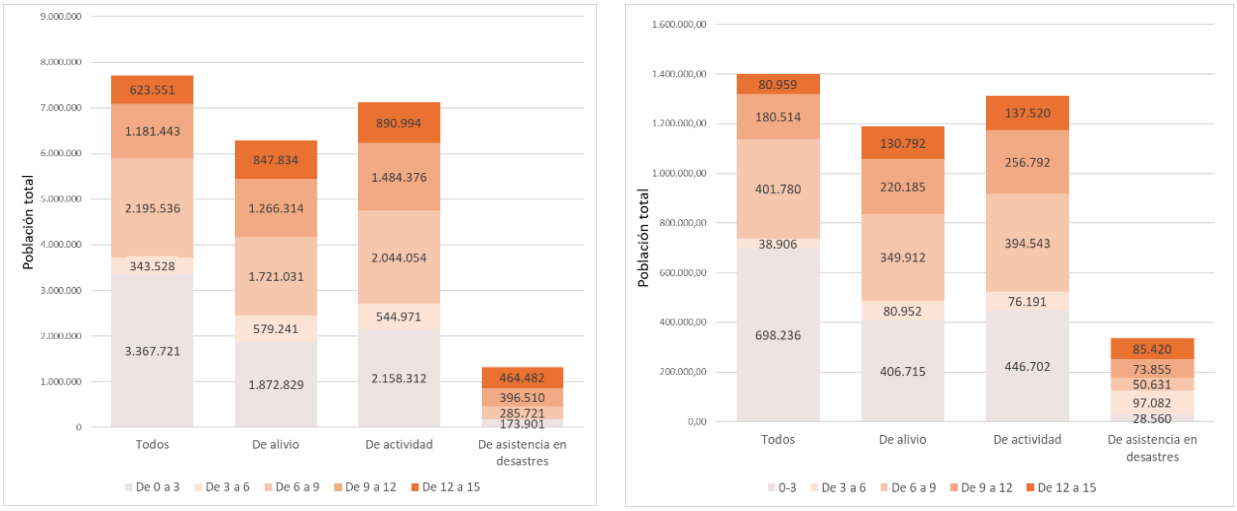
Categoría	Tipo (General)	Nº refugios
De alivio	Paradas/estaciones de transporte	136
	Edificios religiosos	1680
	Mercados de abastos	246
	Centros educativos	51
De actividad	Playas	6105
	Piscinas municipales	438
	Bibliotecas	928
	Espacios verdes con agua potable	295
	Espacios verdes de alta calidad sin agua potable	337
	Museos	171
	Centros comerciales	246
De asistencia en desastres	Polideportivos cubiertos	281



Fuente: elaboración propia

De los resultados del análisis de accesibilidad se obtiene que cerca del 10% de la población (825.437 personas) está fuera de cobertura general. Estos datos se agravan al analizar los resultados por categoría de refugios, ya que el 26,35% quedaría fuera de cobertura para refugios de alivio y el 16,57% quedaría fuera de los refugios de actividad. El porcentaje se reduce significativamente en el caso de personas mayores de 65 años: el 4,5% fuera de cobertura general, el 19,0% fuera de cobertura para los refugios de alivio y el 10,6% fuera de cobertura para los refugios de actividad. En la Figura 2 se presentan los datos obtenidos para el grado de cobertura de menos de 3,6,9, 12 y 15 minutos caminando.

Figura 2. Población total (izda.) y población mayor de 65 años (Dcha.) que reside a menos de 3,6,9,12, y 15 minutos de un refugio climático, según categoría de refugio.



Fuente: elaboración propia

Si se analizan los datos de cobertura por tramos, se observa que el conjunto de población total que reside a más de 9 minutos caminando es muy superior: el 21,4%, para el conjunto de refugios, del 24,1% para los refugios de alivio y del 27,8% para los refugios de actividad. En el caso de las personas mayores de 65 años estos porcentajes se sitúan en el 17,8%, para el conjunto de refugios, en el 23,9% para los refugios de alivio, y en 26,8% para los refugios de actividad.

4. Conclusiones

La metodología planteada ha permitido establecer la primera red potencial de refugios climáticos de Andalucía. Debido a la gran superficie que abarca la Comunidad Autónoma de Andalucía, este repositorio no puede ser ni exhaustivo ni excluyente, pero sí supone una base de datos a partir de la cual los municipios andaluces pueden afinar la creación de su red de refugios climáticos municipal a una escala más adecuada y en base a los criterios y contextos particulares de cada municipio y, por tanto, servir de referencia para mejorar las estrategias de planificación urbana para la adaptación al calor extremo. Por otro lado, de forma preliminar, el análisis de redes ha permitido estimar el grado de cobertura espacial de los refugios climáticos y evaluar la accesibilidad peatonal desde las distintas zonas de Andalucía para la población total y la población mayor de 65 años. Sobre la distribución espacial, se observa un mayor grado de cobertura en entornos urbanos, algo que parece lógico pues es en los entornos urbanos donde existe una mayor concentración de población y también de dotación de los equipamientos que se han considerado refugios climáticos. Los resultados muestran cómo la selección de la distancia que se considera accesible resulta clave para afinar los resultados de accesibilidad. En este sentido, el Ayuntamiento de Barcelona plantea como objetivo que todos los residentes vivan a no más de 5 minutos a pie de un refugio climático para 2030 (Ayuntamiento de Barcelona, 2020) y en especial la elección sobre la tipología de los refugios, puede influir mucho en la cobertura espacial de una red de refugios climáticos. En este caso, el ejemplo sobre si considerar o

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

no los edificios religiosos, es determinante, por el elevado número existente (1.680), que sin considerar aumentaría el porcentaje de población total fuera de cobertura del 10% al 18,7%. Estos resultados invitan a seguir trabajando en esta línea, desarrollando la investigación de redes de refugios climáticos a otras escalas, de mayor detalle, y que, por tanto, puedan mostrarse más adecuadas y adaptadas a cada contexto territorial.

5. Referencias bibliográficas

Amorim-Maia, A. T.; Anguelovsk, I; Connolly, J. & Chu, E. (2023). Seeking refuge? The potential of urban climate shelters to address intersecting vulnerabilities. *Landscape and Urban Planning*, 238 (104836). https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104836

IPCC. 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Ayuntamiento de Barcelona (2020). *Red de Refugios climáticos de Barcelona* https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/es/acciones-concretas/red-de-refugios-climaticos

Ville de París (2017). *Ilots de fraîcheur à Paris.* https://www.paris.fr/en/pages/where-to-cool-off-in-paris-when-it-s-hot-28052

LA INVERNADA Y REPRODUCCIÓN DE LAS AVES ACUÁTICAS EN LA PROVINCIA DE TOLEDO (PERIODO 1995-2020)

TOMÁS VELASCO TEJADA[1]

PEDRO MOLINA HOLGADO[2]

FERNANDO ALLENDE ÁLVAREZ[3]

[1] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), tomas.velasco@estudiante.uam.es,*

[2] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), pedro.molina@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-6129-5648*

[3] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), fernando.allende@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-9941-8022*

Abstract: The wintering and breeding waterbird community in the province of Toledo during the period 1995-2020 is studied, with data from 374 different wetlands. 105 wintering species and 65 breeding species have been detected, with more than 121000 birds and almost 22000 pairs on average, respectively. In both seasons, Ducks was the dominate group and Mallard the most numerous species. Most of the wetlands visited support fewer than 100 wintering birds and fewer than 25 breeding pairs. Reservoirs, Rivers and Ponds are the most important habitat in winter and Rivers, Reservoirs, Freshwater Lagoons and Ponds in the breeding season. Waterbirds prefer artificial wetlands in winter (55%) and natural ones in the breeding season (53%). Globally, the abundance decreases at both times of the year in the period 1995-2020, while the richness increases.

Keywords: Waterbirds; Evolution; Wetlands; Rivers; Toledo; Waterbirds Census

1. Introducción

La provincia de Toledo alberga humedales de especial importancia para las aves acuáticas, tanto en el conjunto de la península ibérica como a escala europea. Esta provincia es uno de los territorios más valiosos y reputados de la región mediterránea para este grupo de aves, además de ser un área clave en especial interés en el sector central de la península ibérica para anátidas, limícolas, garzas y otros grupos afines ligados a las zonas húmedas. Estos espacios son zonas húmedas naturales, seminaturales o artificiales de diverso origen y tipología: lagunas dulces, lagunas salinas, prados encharcados, cursos fluviales, graveras, embalses, charcas y depuradoras.

En el actual contexto de crisis climática, las aves acuáticas se encuentran entre las especies más amenazadas, en gran medida debido a la reducción de los espacios necesarios para su supervivencia. En esta situación de riesgo evidente para la conservación de este grupo de vertebrados, el conocimiento de la evolución de sus poblaciones y la identificación de áreas clave es de especial importancia para garantizar su conservación a corto, medio y largo plazo. En efecto, la información relativa a la distribución y tamaño de la población de especies es especialmente necesaria para monitorizar la evolución de sus dinámicas, así como para favorecer la identificación de áreas clave para su conservación (Boere, Galbraith & Stroud, 2006; Mikander, 2017).

El conocimiento de las características generales y la evolución de las poblaciones de los seres vivos es imprescindible para crear estrategias enfocadas a la gestión sostenible del territorio y de la biodiversidad (Coreau, 2018). Por este motivo, son de especial interés y valor los trabajos dedicados a la geolocalización y cuantificación de las poblaciones de especies, aunque lamentablemente resultan cada vez más escasos. Es posible que esta circunstancia se deba en gran medida a la minuciosidad y larga continuidad temporal requerida en el desarrollo de los trabajos de campo, la única fuente válida para la obtención de datos útiles y relevantes (Lindenmayer et al., 2012; Onrubia, 2015; Cano & Cano, 2020; Molina et al., 2024).

Precisamente en esta línea temática se sitúa este trabajo, que presenta y analiza una breve síntesis de los resultados de extenso y prolijo estudio dedicado a la composición, distribución y evolución de las poblaciones de aves acuáticas en la provincia de Toledo.

2. Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolla empleando como fuente primaria de datos la información obtenida exclusivamente a partir de censos propios, realizados de manera continuada en el intervalo temporal 1995-2020, durante los ciclos de invernada y reproducción, en un conjunto de 374 localidades en la provincia de Toledo.

Para la obtención de datos se ha empleado la técnica tradicional del conteo directo (Tellería, 1986; Koksimies & Poysa, 1989; Koskimies & Vaisanen, 1991; Bibby et al., 1992; Sutherland, 1996), combinando los puntos fijos de observación con recorridos a pie en determinados tramos de las orillas. Siempre en función del tipo y tamaño del humedal a censar, de la vegetación palustre y ribereña existente y de la visibilidad desde los puntos de observación elegidos. Básicamente se trata de intentar cubrir la superficie completa de los humedales visitados desde una serie de puntos de observación, cuyo número y ubicación es muy diferente de acuerdo a la extensión (o longitud en el caso de los cauces fluviales) y estructura particular de cada uno de ellos. La metodología se basa en la detección de todos los individuos

presentes en un espacio concreto y se utiliza de forma mayoritaria en los estudios generales, tanto a nivel nacional como internacional, sobre el grupo de las aves acuáticas tanto.

Estos sistemas de conteo (transectos y puntos fijos) son los más habituales para este grupo de aves ya que ofrecen unas estimaciones fiables del número de ejemplares de cada especie presentes en el área de estudio, son fáciles de aplicar, están ampliamente extendidos (permitiendo las comparaciones) y se obtienen resultados aceptables con un esfuerzo relativamente bajo.

3. Resultados

3.1. Características generales

Desde 1995 hasta 2020 se han detectado 105 especies invernantes y 65 especies nidificantes, con más de 121000 ejemplares y casi 22000 parejas en promedio, respectivamente. En ambas épocas dominan las Anátidas y el Ánade azulón es la especie más numerosa. La mayoría de los humedales mantienen menos de 100 aves invernantes y menos de 25 parejas reproductoras. Embalses, Ríos y Charcas son los medios más importantes en invierno y Ríos, Embalses, Lagunas Dulces y Charcas en la época de cría. Las aves acuáticas prefieren los humedales artificiales en invierno (55%) y los naturales en época de cría (53%). De manera global la abundancia disminuye en ambas épocas del año en el período 1995-2020, mientras que la riqueza aumenta.

3.2. La comunidad invernante

Entre las 105 especies detectadas, 49 se consideran como invernantes habituales, 12 como raras (con menos de 15 individuos detectados de media global) y las restantes 44 especies resultan esporádicas.

Por grupos, se trata de una especie de colimbo, 3 de somormujo, 1 cormorán, 1 pelícano, 12 garzas y similares, 3 flamencos, 37 anátidas, 3 rapaces, 3 rálidos, 1 focha, 1 grulla, 28 limícolas y 11 gaviotas y similares. Las anátidas y las limícolas son los dos grupos representados por un mayor número de especies (35% y 27%, respectivamente). Una síntesis de los valores medios la abundancia de las especies invernantes más comunes puede observarse en la Figura 1.

La variabilidad específica por tipo de hábitat es muy acusada para la mayoría de las especies analizadas (para 45 de las 57, el 79% del total), excepto para algunas de las que aparecen con menores efectivos. Así, de las 12 especies con menor variabilidad, 10 se califican como raras en esta época a nivel provincial (menos de 15 ejemplares en promedio) y las otras dos (Aguja colinegra y Zarapito real), aunque están catalogadas como habituales, presentan efectivos globales reducidos (menos de 30 y menos de 20 ejemplares, respectivamente).

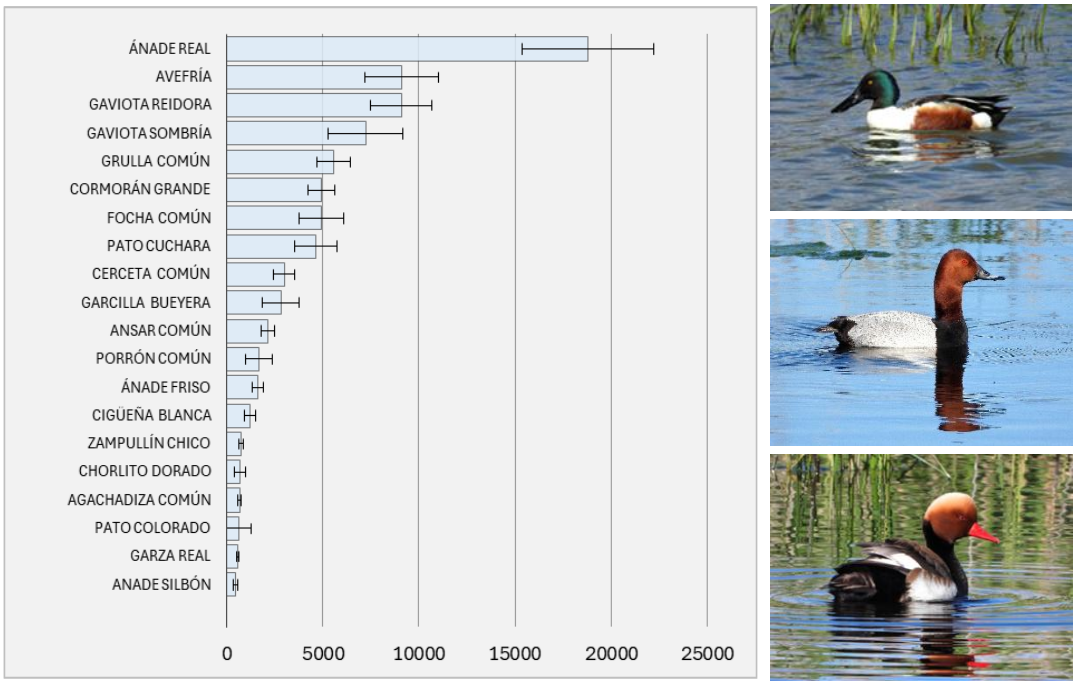
Ocurre algo similar, aunque más acentuado todavía, al analizar la variabilidad específica interanual: los contrastes entre años para la práctica totalidad de las especies analizadas son grandes, salvo para dos de ellas (Agachadiza Chica y Porrón Pardo) que aparecen de manera regular, aunque siempre con pocos o muy pocos efectivos.

Un análisis estadístico simple de algunos atributos de la comunidad invernante indica una clara asociación entre las variables Frecuencia e Índice de Presencia (agrupado en cinco categorías ordinales) ($X^2_8=48.673$, $p<0.055$, $n=106$), siendo la magnitud de la asociación moderada (*V de Cramer*

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

0.479, p<0.055, n=106). Es decir, las especies que aparecen invernando un mayor número de años también son las que se distribuyen en un mayor número de localidades. La asociación entre Frecuencia y Abundancia (agrupada en 10 categorías) es también evidente (X^2_{18}*=65.816, p<0.005, n=102),* con una magnitud de asociación entre ambas variables también moderada (*V de Cramer 0.668, p<0.055, n=102*). Por tanto, las especies que invernan un mayor número de temporadas son también las más numerosas en el conjunto de la comunidad.

Figura 1. Poblaciones invernantes medias (nº ejemplares) de las especies de aves acuáticas más numerosas en la provincia de Toledo en el período 1995-2020. Imágenes de Cuchara común, Porrón común y Pato colorado.



Fuente: datos, Velasco Tejada (2025). Imágenes, © Los autores (2025).

3.3. La comunidad reproductora

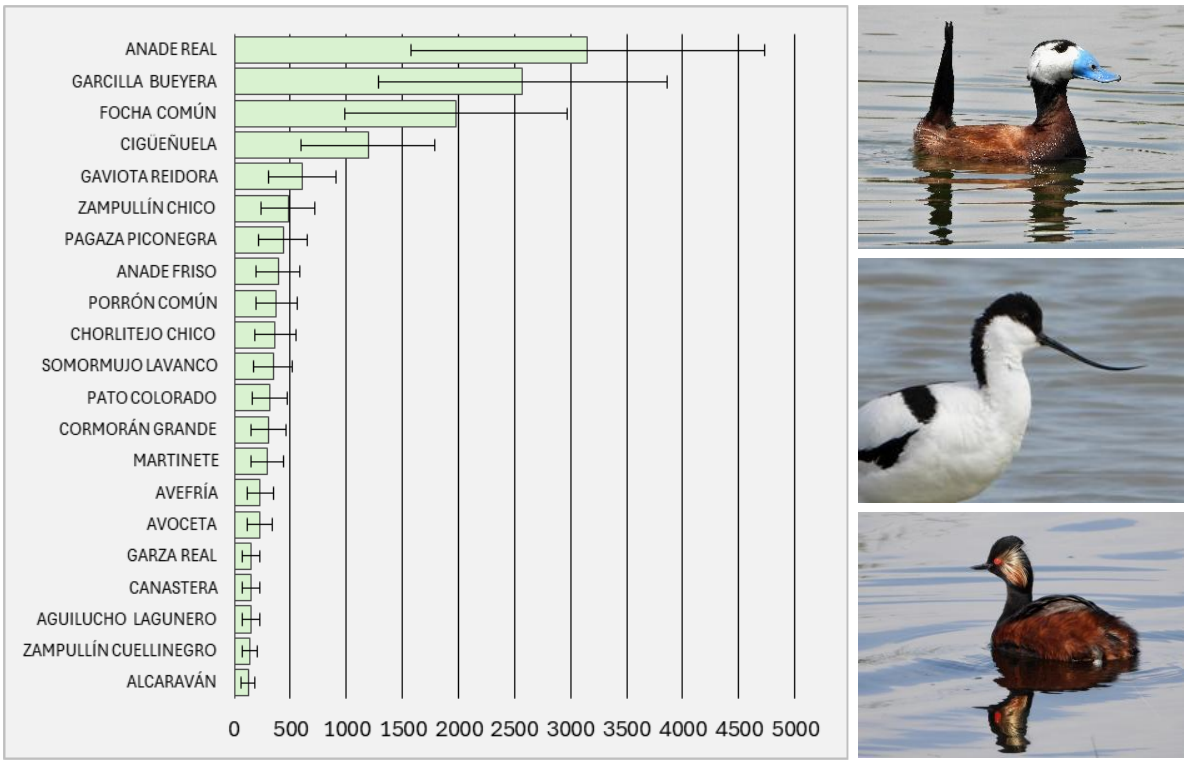
En el período estudiado se han localizado 65 especies de aves acuáticas reproductoras, totalizando una media anual de casi 22 000 parejas. Además, se ha observado un caso de hibridación (Porrón pardo x Porrón europeo). De ellas, 36 especies se consideran como nidificantes habituales, 14 como raras (con menos de 10 parejas de media global) y 15 resultan esporádicas. En tres casos no ha podido comprobarse la reproducción (Agachadiza común, Polluela pintoja y Zarapito real), ya que no se han observado nidos ni pollos, considerándose sólo como probable.

Por grupos, se han identificado tres especies de somormujos, 1 cormorán, 13 garzas y similares, 1 flamenco, 17 anátidas, 1 rapaz, 6 rálidos, 2 fochas, 12 limícolas y 9 gaviotas y similares. Las anátidas, las garzas y las limícolas son los tres grupos con un mayor número de especies (con el 16%, 20% y 18% del total, respectivamente). Una síntesis de los valores medios de la abundancia de las especies nidificantes más comunes puede observarse en la Figura 2.

La variabilidad específica por tipo de hábitat es muy acusada para la mayor parte de las especies (para 31 de las 45 analizadas, el 69% del total), excepto para algunas de las que aparecen con menores efectivos. Así, de las 14 especies con menor variabilidad 11 se califican como raras en esta época a nivel provincial (menos de 10 parejas nidificantes en promedio). Las otras tres (Charrancito común, Fumarel cariblanco y Tarro Blanco) presentan como reproductores una distribución restringida a unas pocas localidades y a un tipo de medio muy exclusivo (Embalses, Lagunas Dulces y Lagunas Salinas, respectivamente). Ocurre algo parecido, más acusado todavía, al analizar la variabilidad específica interanual: los contrastes entre años para la práctica totalidad de las especies analizadas son grandes (para 39 de 45, el 87% del total).

El análisis de algunas variables en la comunidad reproductora indica una cierta asociación entre Frecuencia e Índice de Presencia (agrupado en cinco categorías) ($X^2_8=12.317$, $p=0.055$, $n=56$), siendo la magnitud de la asociación moderada (*V de Cramer* 0.332, $p=0.055$, $n=56$). Es decir, aquellas especies que se reproducen un mayor número de temporadas tienden también a estar más ampliamente distribuidas. La asociación entre la Frecuencia y la Abundancia (agrupada en 10 categorías) resulta más evidente ($X^2_{16}=44.406$, $p<0.005$, $n=56$), con una fuerte magnitud de asociación entre ambas (*V de Cramer* 0.638, $p=0.055$, $n=56$). Esto indica que las especies que nidifican durante un mayor número de temporadas son también las más numerosas.

Figura 2. Poblaciones reproductoras medias (nº ejemplares) de las aves acuáticas más numerosas en la provincia de Toledo en el período 1995-2020. Imágenes de Malvasía cabeciblanca, Avoceta común y Zampullín cuellinegro.



Fuente: datos, Velasco Tejada (2025). Imágenes, © Los autores (2025).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones: la importancia de los humedales de la provincia de Toledo para las aves acuáticas

Durante la invernada 17 especies de aves acuáticas presentan efectivos en el conjunto de la provincia de Toledo que tienen importancia internacional, destacando Grulla común, Ánade azulón, Ánade friso, Garza real, Chorlitejo chico, Garcilla bueyera y Cormorán grande (2-4% cada una de ellas). A escala nacional, 12 especies presentan poblaciones importantes, destacando Zampullín común, Avetorillo común, Ánsar careto, Chorlitejo chico, Porrón pardo y Ánade friso (todas entre el 16 y el 27% del total nacional). En el ámbito regional los efectivos de al menos 16 especies tendrían importancia en el contexto castellano-manchego, aunque esta valoración resulta poco real, al ser muy bajas las cifras obtenidas en los censos de la comunidad autónoma.

En la época invernal (y de acuerdo con las referencias utilizadas) no habría humedales en la provincia de Toledo con importancia internacional en función de sus poblaciones de aves acuáticas, un 7% de las 361 localidades visitadas serían importantes a escala nacional y otro 7% tendrían importancia regional.

Durante la época reproductora las poblaciones nidificantes de 11 especies en la provincia de Toledo tienen importancia internacional, pudiendo destacarse principalmente la Malvasía cabeciblanca (11%), y en otro nivel la Pagaza piconegra, la Garcilla bueyera, la Cigüeñuela común, la Canastera común y el Pato Colorado (entre el 2% y el 5% cada una de ellas). A escala nacional 36 especies presentan efectivos superiores al 1% del total español (según los datos disponibles), y 10 de ellas tienen poblaciones importantes, destacando la Cerceta carretona (43% del total nacional), el Ánsar común (40%), la Avefría europea (25%), el Cormorán grande y el Ánade friso (17% cada una de ellas) y el Aguilucho lagunero occidental (15%). A escala regional, y de acuerdo con las estimaciones disponibles, 16 especies presentan en el conjunto de la provincia de Toledo poblaciones importantes, pudiendo destacarse los efectivos de Garza imperial (85% del total), Ánade friso (81%), Aguilucho lagunero occidental (78%) y Garza real (72%).

En época reproductora un 2% de los 374 humedales estudiados en la provincia de Toledo tendrían importancia internacional en función de sus poblaciones nidificantes de aves acuáticas, un 5% serían importantes a escala nacional y el 6% tendrían importancia regional.

5. Referencias bibliográficas

Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. (1992). *Bird Census Techniques*. Academic Press.

Boere, G.C., Galbraith, C.A. y Stroud, D.A. (Eds). (2006). *Waterbirds around the world*. The Stationery Office.

Cano, C. & Cano, J. (2020). El importante papel de las series largas en fenología. En *Calendario Meteorológico 2020* (pp.322-328). AEMET.

Coreau, A., Guillet, F. y Rabaud, S. (2018). The influence of ecological knowledge on biodiversity conservation policies: A strategic challenge for knowledge producers. *Journal for Nature Conservation*, 46, 97-105.

Koskimies, P. y Poysa, H. (1989). Waterfowl censusing in environmental monitoring: a comparison between point and round counts. *Ann. Zool. Fennici*, 26, 201-206.

Koskimies, P. y Vaisanen R.A. (1991). *Monitoring Bird Populations.* Finish Museum of Natural History.

Lindenmayer, D.B., Likens, G.E., Andersen, A., Bowman, D., Bull, C.M., Burns, E., Dickman, C.R., Hoffmann, A.A., Keith, D.A., Liddell, M.J., Lowe, A.J., Metcalfe, D.J., Phinn, S.R., Russell-Smith, J., Thurgate, N. & Wardle, G.M. (2012). Value of long-term ecological studies. *Austral Ecol*. 37, 745–757.

Mikander, N. (5-8 diciembre, 2017). *AEWA International Species Action and Management Plans. Update on current issues*. 6th Meeting of the Group of Experts on the Conservation of Wild Birds, Sliema (Malta). Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats.

Molina-Holgado, P., Allende, F. & López-Estébanez, N. (9-11 octubre, 2024). *La distribución y densidad del género Persicaria Mill. en la ribera urbana del río Manzanares (Madrid): un ejemplo del valor de la información obtenida en campo para el análisis y conservación de la biodiversidad*. XVIII Coloquio Ibérico de Geografía. Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa.

Onrubia, A. (2015). *Patrones espacio-temporales de la migración de aves planeadoras en el Estrecho de Gibraltar*. Tesis doctoral inédita. Universidad de León, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental.

Sutherland, W.J. (Ed.) (1996). *Ecological Census Techniques: a handbook*. Cambridge University Press.

Tellería, J.L. (1986). *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Editorial Raíces.

Velasco Tejada, T. (2025). *Las aves acuáticas en la provincia de Toledo (1995-2020): distribución, uso del hábitat y evolución de sus poblaciones*. Tesis doctoral inédita. Universidad Autónoma de Madrid.

CARTOGRAFÍA DE EMERGENCIA ANTE DESASTRES NATURALES: INUNDACIÓN TRAS LA DANA DE VALENCIA DE 29 DE OCTUBRE DE 2024

CARMEN ZORNOZA-GALLEGO[1]

JAVIER SERRANO-LARA[2]

ANA BELÉN RUESCAS-ORIENTE[3]

[1] *Departamento de Geografía- Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Universitat de València, Avda. Blasco Ibáñez, 28, carmen.zornoza@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-9680-4983*

[2] *Departamento de Geografía- Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Universitat de València, Avda. Blasco Ibáñez, 28, j.javier.serrano@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-0349-4176*

[3] *Departamento de Geografía, Universitat de València, Avda. Blasco Ibáñez, 28, ana.b.ruescas@uv.es, https://orcid.org/0000-0002-0843-7288*

Abstract: The DANA of October 29, 2024, triggered extreme rainfall in the province of Valencia, causing severe flooding. Given the impossibility of conducting immediate fieldwork, a methodology was developed to produce emergency mapping by combining satellite imagery and citizen participation. Satellite images, data from the Copernicus EMS program, and products generated by local research centers were used. Additionally, a structured process of citizen participation was implemented with residents from the affected municipalities, who provided key information to improve the delineation in urban areas—particularly challenging to analyze through remote sensing. The integration of these sources within a GIS environment enabled the creation of an accurate map of the flooded areas, which was published on November 8 and used by public institutions and media outlets. This experience highlights the value of combining Earth observation technologies with supervised collective intelligence to generate useful and accurate cartographic information in emergency contexts. It also underscores the key role of professionals with territorial knowledge in producing high-value social products. This methodology, adaptable to other contexts, demonstrates the relevance of applied geography in the management of natural disasters.

Keywords: Emergency mapping; Remote sensing; Citizen participation; Disaster management.

1. Introducción

El aumento en frecuencia e intensidad de los desastres naturales en el planeta se revela como uno de los retos más importantes que la sociedad debe aprender a afrontar y a gestionar de la mejor manera posible.

Ante esta realidad, la disponibilidad de información geoespacial actualizada y precisa es un componente crítico para dicha gestión, que tiene enorme importancia tanto en la prevención, como en la respuesta inmediata al desastre, así como en la recuperación posterior. En algunos de los desastres más recientes la inexistencia o inaccesibilidad de datos territoriales oficiales ha impulsado movimientos ciudadanos que generan información crítica, dando lugar a nuevas formas de cooperación en emergencias.

La cartografía colaborativa se ha consolidado en los últimos años como una herramienta clave ante la respuesta a desastres naturales. Tras el terremoto de Haiti (2010) un grupo de 600 voluntarios cartografió en remoto, a partir de imágenes satélite, el mapa base de la isla (Zook et al, 2010; Soden y Palen, 2014). En este caso no existía prácticamente cartografía digital previa, por lo que este conocimiento fue fundamental para organizar la ayuda humanitaria proveniente de la Cooperación Internacional. Este mapeo colaborativo, sin precedentes, mostró la enorme importancia de la respuesta ciudadana cuando los sistemas tradicionales fallan. Ejemplos posteriores, como el huracán Sandy en EE.UU. (2012), también ilustran cómo las iniciativas ciudadanas se articularon a través de redes sociales y plataformas colaborativas para mapear infraestructuras dañadas y necesidades básicas (Chan et al, 2013). En el caso del tifón Haiyan en Filipinas (2013), se activó OpenStreetMap y otras plataformas para proporcionar información geoespacial sobre el evento en cuestión de horas (Meier, 2015). El caso de las inundaciones de Pakistán también es un ejemplo a señalar. En las inundaciones de 2013 el mapeo colaborativo se centró en imágenes satelitales, mientras que en las inundaciones de 2022 se integraban las imágenes satelitales con datos provenientes de redes sociales (Akhtar et al., 2023). Este enfoque se basa en incorporar la inteligencia colectiva, muy importante para recopilar datos, pero también para evaluar necesidades y daños.

En el caso de las inundaciones en Valencia, causadas por la DANA el 29 de octubre de 2024, la necesidad de cartografía no se refería a la información de base ya que, en España, y tras la Directiva 2007/2/CE sobre la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE), existe una amplia disponibilidad de datos geográficos de alta calidad. Por tanto, la emergencia no se centraba en cartografiar el territorio preexistente, sino en delimitar las zonas afectadas por la inundación para localizar las infraestructuras básicas afectadas y cuantificar las personas que potencialmente se encontraban en situación de vulnerabilidad. La imposibilidad de acceder físicamente al área junto a la afección a las comunicaciones incrementó la gravedad del suceso, imposibilitando conocer desde un primer momento la dimensión territorial y social de la catástrofe.

El objetivo del trabajo se centra en mostrar la metodología empleada en Valencia para generar la cartografía de la emergencia en los días posteriores.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio

La DANA del día 29 de octubre de 2024 afectó intensamente a la provincia de Valencia, generando precipitaciones extremas que afectaron a diversas cuencas hidrográficas, especialmente a Rambla del

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Poyo, el río Magro y el Río Turia. El drenaje de esta enorme cantidad de agua desbordó de su cauce en múltiples puntos, produciendo extensas inundaciones.

La magnitud del evento atmosférico puede apreciarse, entre muchos otros indicadores, considerando que en un solo día se superaron las precipitaciones medias por año en muchos de los municipios afectados o que, en uno de ellos, Turís, se batió el récord español de lluvia en una hora. Por otro lado, la magnitud de la inundación puede evaluarse teniendo en cuenta que superó los límites de los modelos de zonas inundables establecidos en el área. La Comunidad Valenciana tiene su propio instrumento para la prevención de riesgo de inundaciones, que es el Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA), donde se incluye cartografía de las zonas inundables por niveles de riesgo. A nivel nacional, el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), promovido por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, establece también las zonas de riesgo. El ámbito conjunto de ambas cartografías, en sus peores escenarios, se vieron superadas en este episodio (Camarasa et al, 2025, en prensa).

2.2. Metodología y Fuentes

La metodología para realizar la cartografía de la emergencia para la inundación del 29 de octubre en Valencia se planteó teniendo en cuenta las características del suceso. Principalmente, había que considerar tres factores: la gran amplitud de área afectada, la imposibilidad de realizar trabajo de campo y la premura en la obtención de resultados. Teniendo en cuenta estas condiciones se emprendió una estrategia basada en la integración de técnicas de teledetección y procesos participativos estructurados. Las fases fueron las siguientes:

1. *Adquisición y procesamiento de imágenes satélites:*

La detección remota de las áreas anegadas se fundamentó en el uso combinado de imágenes satelitales provenientes de diferentes fuentes:

- Landsat 8 (resolución espacial: 30 m), imagen del 30 de octubre de 2023
- Sentinel-2 MSI (resolución espacial: 10 m), imagen del 31 de octubre de 2023
- Sentinel-2 superresolucionado a 2,5 m (espectro visible), cedido por la empresa Tracasa Global
- Sentinel-2 superresolucionado a 2,5 m (todo el espectro), proporcionado por el Laboratorio de Procesamiento de Imágenes de la Universitat de València.

2. *Integración de productos derivados de otras fuentes:*

- El mapa de zonas inundadas de Copernicus EMS Rapid Mapping Activation (publicado el 2 de noviembre)
- El "mapa del barro", generado por la Unidad de Cambio Global de la Universitat de València (autor: Yves Julien), generado por primera vez el 1 de noviembre de 2024, actualizado en cinco ocasiones.

3. Incorporación de participación ciudadana

El proceso estructurado de participación ciudadana se basó en contactar de forma directa (vía WhatsApp, correo electrónico y teléfono) con personas residentes en los municipios afectados, con conocimientos básicos de cartografía, incluyendo egresados y estudiantes del Grado en Geografía y Medio Ambiente de la Universitat de València, técnicos municipales y profesionales del ámbito privado. En el caso de que las personas de contacto no tuvieran esta formación daban información sobre calles afectadas y enviaban videos y documentos gráficos donde apoyar la delimitación.

4. Elaboración de la cartografía para la emergencia

Toda la información anterior se fue centralizando, validando e incorporando paulatinamente a la delimitación dentro de un entorno SIG. Esta forma de proceder supone un aumento de la fiabilidad del resultado, ya que se eliminan los errores que puedan introducir en la misma informantes no expertos en cartografía.

3. Resultados

El mapa de la emergencia de la inundación se elaboró durante los días inmediatamente posteriores a la catástrofe (entre el 31 de octubre y el 8 de noviembre) y constituyó la primera delimitación del área anegada.

La primera imagen satélite disponible fue la Landsat del día 30 de octubre que, tras el trabajo de aproximación inicial, se descartó ya que la resolución espacial (30m) resultó insuficiente y además estaba altamente afectada por efecto de la nubosidad. La imagen Sentinel-2 del día siguiente, 31 de octubre, con una resolución de 10m y menor nubosidad, permitió la reclasificación espectral y unos primeros resultados.

El 1 de noviembre, desde la Unidad de Cambio Global de la Universitat de València nos cedieron su "mapa del barro", que era un ráster sobre el que habían detectado cambios de humedad en comparación con momentos anteriores. Los resultados comenzaban a mostrar una primera aproximación a las dimensiones de la inundación, aunque se observaba una deficiencia en las zonas urbanas, debido a: el tamaño del píxel, la reflexión de las cubiertas de los edificios enmascaraba la reflexión de las calles inundadas, especialmente en los cascos históricos, donde las calles son más estrechas.

El 2 de noviembre la misión Copernicus EMS Rapid Mapping Activation publicó una primera delimitación de zona inundada. La evaluación de la zona señalada como inundada presentaba los mismos problemas en áreas urbanas que se habían observado hasta el momento. Es por ello que se decidió comenzar con una campaña de participación pública supervisada con el fin de poder obtener la información necesaria, especialmente sobre zonas urbanas, para poder realizar una delimitación precisa del alcance del evento.

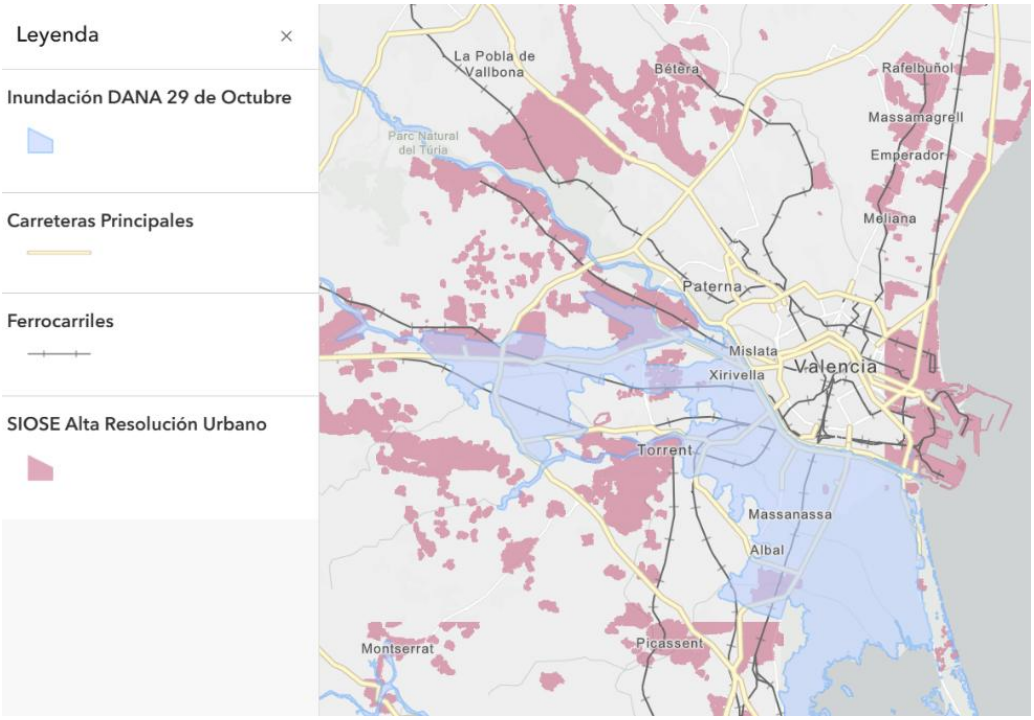
El día 3 de noviembre se inició la participación ciudadana, en la que colaboraron 57 personas de 21 municipios afectados. En algunos casos los ayuntamientos aportaron información, aunque en la mayoría fue la ciudadanía la fuente más habitual. En todos los casos la información fue validada e integrada en la cartografía.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Durante este periodo también se incorporó nueva información para mejorar la detección sobre imágenes satélite. La empresa Tracasa Global cedió las imágenes S2 superresolucionadas a 2,5 m, en el espectro del visible, que mejoraron significativamente la fotointerpretación de la zona. El Laboratorio de Procesamiento de Imágenes de la Universitat de València trabajó en el mismo sentido, pero ofreciendo la información de todas las bandas electromagnéticas.

A partir de la integración de toda la información recabada y generada, el día 8 de noviembre, se publicó la cartografía de la emergencia[1]. El resultado puede observarse en la figura 1.

Figura 1. Mapa de la emergencia publicado en el servidor web



Fuente: [Elaboración propia]

A su vez la información se puso a disposición del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), quien el día 9 de noviembre la publicó en el visor oficial, dentro de un apartado especial dedicado a la DANA. Esta información estuvo disponible hasta el día 5 de febrero, momento en el que la administración pública aportó una delimitación oficial a partir de mediciones realizadas en campo.

La cartografía de la emergencia fue solicitada y cedida por múltiples instituciones públicas para que pudiera ser utilizada para la gestión de la crisis. El resultado fue empleado por múltiples medios de comunicación nacionales e internacionales para informar sobre el evento[2].

[1] https://uveg.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=8e6c1d2b364f41c79d27e4dcfdf5475a.

[2] https://elpais.com/espana/2024-11-12/los-datos-evidencian-la-magnitud-extrema-de-la-riada-solo-debia-ocurrir-cada-1000-anos.html
https://www.rtve.es/play/videos/la-hora-de-la-1/mapa-dana-valencia-marcamos-exactamente-area-inundacion/16330352/

4. Conclusiones

La experiencia vivida en Valencia ha puesto de relieve que, para una gestión eficaz de situaciones de emergencia, es necesario tener un buen conocimiento de las zonas afectadas. Esta información permite la evaluación inicial de las necesidades más urgentes.

Uno de los principales desafíos metodológicos fue la detección de áreas inundadas en entornos urbanos densos, debido al fenómeno de mezcla espectral entre cubiertas artificiales y el barro. Se considera que la combinación de fuentes satelitales junto con la información aportada por participación ciudadana ha sido un factor clave en este caso. Se pone de manifiesto, al igual que en catástrofes anteriores, la potencia de la cartografía colaborativa. Aunque en este caso, a diferencia de lo ocurrido en Haití, Pakistán, EEUU o Filipinas, no se ha canalizado a través de plataformas abiertas, sino que se ha seguido un proceso supervisado. Esto, por un lado, reduce la cantidad de información, pero, en contrapartida, asegura la calidad de la cartografía generada. Otro factor clave ha sido contar con profesionales de la geografía y la cartografía, con conocimiento del territorio, lo que ha permitido detectar necesidades y transformarlas en un producto útil y de servicio público.

En síntesis, la metodología adoptada ha demostrado ser altamente efectiva para la producción de información cartográfica en tiempo reducido, lo cual resulta crucial ante una emergencia. Esta aportación ha puesto de relieve la importancia de la ciencia geográfica para la sociedad, siendo empleada tanto desde las distintas instituciones implicadas en la reconstrucción como para la cobertura mediática, facilitando la difusión de información veraz y ajustada a la realidad.

5. Referencias bibliográficas

Akhtar, Z., Qazi, U., Sadiq, R., El-Sakka, A., Sajjad, M., Ofli, F., & Imran, M. (2023, April). Mapping Flood exposure, damage, and Population needs using remote and social sensing: a case study of 2022 Pakistan floods. In Proceedings of the ACM Web Conference 2023 (pp. 4120-4128).

Camarasa-Belmonte, A., Zornoza-Gallego, C., Sanchis-Ibor, C. y Serrano-Lara, J.J. (2025, en prensa): ¿Cómo de efectiva es la cartografía de peligro de inundación para la gestión de la emergencia? Evaluación a partir del mapa de las inundaciones de Valencia de octubre de 2024. Ingeniería del Agua.

Chan, J., Crowley, J., Elhami, S. et al. (2013). Aerial Damage Assessment Following Hurricane Sandy. GISCorps. https://www.giscorps.org/sandy_109/

Meier, P. (2015). Digital Humanitarians: How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response. CRC Press. https://www.routledge.com/Digital-Humanitarians/Meier/p/book/9781482248402

Soden, R., y Palen, L. (2014, June). From crowdsourced mapping to community mapping: The post-earthquake work of OpenStreetMap Haiti. In COOP 2014-Proceedings of the 11th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 27-30 May 2014, Nice (France) (pp. 311-326). Springer International Publishing.

Zook, M., Graham, M., Shelton, T., y Gorman, S. (2010). Volunteered geographic information and crowdsourcing disaster relief: A case study of the Haitian earthquake. World Medical & Health Policy, 2(2), 7-33. https://doi.org/10.2202/1948-4682.1069

PAISAJE, PATRIMONIO Y BIODIVERSIDAD

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

PATRIMONIO ETNOGRÁFICO, TERCIARIZACIÓN Y PAISAJE: UN CASO DE ESTUDIO EN GRAN CANARIA

MÉLANI ALMEIDA VERA [1]

AARÓN MOISÉS SANTANA CORDERO [2]

[1] *Grupo Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica (GEOTIGMA), Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, melani.almeida101@alu.ulpgc.es, código ORCID: 0009-0000-1304-8757*

[2] *Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, aaron.santana@usal.es, código ORCID: 0000-0003-2210-1980*

Abstract

This study deals with cultural heritage assets (CHAs) as both an object and a source of information. The heritage assets analyzed were of various types (commercial, agricultural, hydraulic, transportation and so on) and they corresponded to the municipalities of Santa María de Guía and Moya. In either case, hydraulic and agricultural assets predominated, both associated with agricultural economic activity. Through the study and analysis of censuses, FEDAC's ethnography chart and fieldwork along with GIS work, it has been possible to determine the state of use/abandonment of the studied CHAs. These situations of abandonment must be justified not only by socioeconomic changes in the history of the Canary Islands, but also by the new trend of second residences and part-time agriculture.

Keywords: landscape, socioeconomic changes, land uses, cultural heritage assets.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

1. Introducción

Los cambios de los sistemas socioeconómicos pueden llevar vinculados múltiples y profundos cambios territoriales. Entre ellos se encuentran los bienes patrimoniales, testigos territoriales de antiguas actividades, algunos de los cuales han llegado hasta la actualidad y otros han sido abandonadas.

Nuestra área de estudio contiene 132 bienes patrimoniales de distinto tipo. Buena parte de ellos (55; 41,67%) fueron creados en el siglo XIX mientras que otros fueron creados en el siglo XX (77; 58,32%). Un factor que influye en estos números es la fluctuación demográfica. En nuestro caso, en el periodo 1857-1877 se vive un auge de la población, seguido por un periodo de emigración y otro de recuperación de población vinculado, este último, al establecimiento del cultivo de la cochinilla en torno a 1845 (Martín Ruiz, 1989). No obstante, entrando en el siglo XX se introduce el cultivo del plátano que permite una recuperación de la demografía y de la actividad agrícola, descendiendo la emigración. Muchas obras hidráulicas tales como presas o embalses deben su construcción a cultivos como el plátano, que exigía bastante cantidad de agua. Este cultivo junto a otros de exportación y de tipo tropical se ubica en la zona de costa (Miranda, 2004). Otro factor que puede influir en la conservación, en las últimas décadas, de los bienes patrimoniales es la existencia de espacios naturales protegidos en el área de estudio. En este caso se observa la existencia del Parque Rural de Doramas en la zona oeste.

Para entender la relevancia que tiene en esta zona de estudio los bienes de tipo hidráulicos es necesario conocer las condiciones ambientales de la zona (Miranda, 2004), pues la zona norte de Gran Canaria recibía lluvias en el siglo XIX, pero su distribución territorial era desigual. Ejemplo de ello es que la costa es el sector con menos precipitaciones donde la necesidad de paliar la escasez de agua propició un mejor desarrollo de las construcciones hidráulicas.

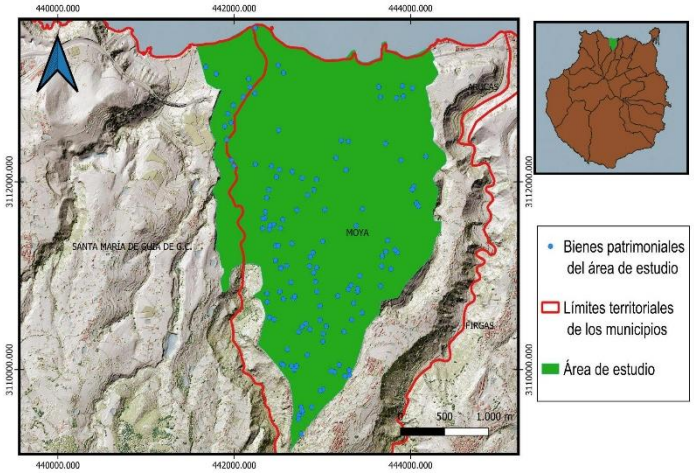
Gran parte del siglo XX en el norte de la isla de Gran Canaria está caracterizado por el auge demográfico, pero hay que tener en cuenta que los mismos movimientos poblacionales suceden dentro de los municipios, dirigidos desde las zonas altas o medias hacia la costa, para dedicarse al cultivo del plátano. Este cultivo como ya se indicó anteriormente motivó la construcción y el uso de otros bienes patrimoniales como pueden ser los bancales (bienes agrícolas) o la edificación de almacenes de plátanos (bienes industriales).

Fenómenos actuales como la proliferación de segundas residencias y la agricultura a tiempo parcial en entornos rurales, y los cambios de percepción social sobre el patrimonio (histórico, cultural y natural) pueden conllevar a una vuelta de las actividades tradicionales, tanto en su práctica como en forma de protección y conservación de ciertos bienes patrimoniales y rasgos culturales intangibles.

2. Materiales, datos y métodos

El área de estudio, al norte de la isla de Gran Canaria (España), abarca dos municipios: Moya y Santa María de Guía. Actualmente, Moya cuenta con 7987 habitantes, registra una temperatura de 17ºC y precipitaciones anuales de 245 mm. En cuanto al municipio de Santa María de Guía, este alberga 14135 habitantes, su temperatura media es de 17 °C y las precipitaciones de 269 mm. Ambos municipios muestran una disposición territorial de costa a cumbre, alcanzando sus cotas máximas altitudes de 1770 m el municipio de Moya y 1542 m Santa María de Guía.

Figura 1. Mapa de situación del ámbito de estudio



Fuente: Elaboración propia

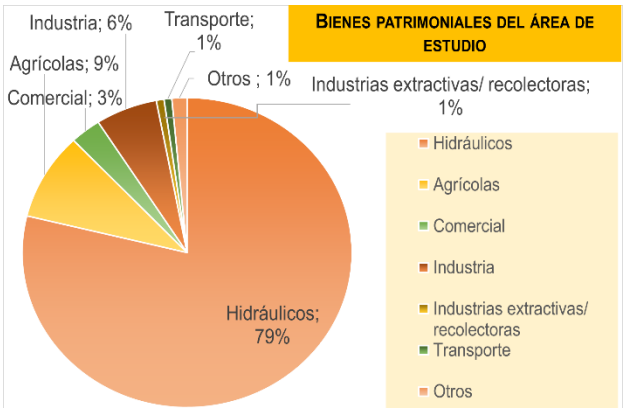
2.1. Materiales

La fuente principal de este trabajo ha sido la base de datos de la FEDAC (Fundación para la Etnografía y el Desarrollo de la Artesanía Canaria), la cual contiene una serie de datos sobre los bienes etnográficos registrados y es accesible desde su web. Otras fuentes consultadas han sido los censos poblacionales de los siglos XIX y XX de los municipios implicados. Por otro lado, se han consultado también las capas SIG del CORINE Land Cover (CLC), de donde se han derivado los datos sobre áreas de coberturas que se encuentran en el apartado de Resultados.

2.2. Datos

Los bienes etnográficos se pueden dividir en los siguientes tipos: agrícolas, hidráulicos, comercial, industria, industrias extractivas/recolectoras, transporte y otros (Figura 2). De estos, destacan por su cantidad los agrícolas y los hidráulicos, los cuales guardan una fuerte relación, ya que los bienes hidráulicos en su mayoría tenían como finalidad la captación y distribución del agua para el riego de los cultivos.

Figura 2. Clasificación y distribución de los tipos de bienes etnográficos.



Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Entre los bienes agrícolas destacan el alpendre (establo), almacén de plátanos y bancales; mientras que los bienes hidráulicos comprenden un amplio abanico: presas, estanques, cantoneras, acueductos, acequias, lavaderos, minas, pozos y pilares. En cuanto a los bienes comerciales se incluyen carpinterías, bares y barberías. Los bienes industriales contienen molinos (destinados a la industria agroalimentaria), hornos de pan, molinos de agua y la fábrica de bizcochos (dulces artesanos de Moya). Los bienes referidos como "otros" incluyen bienes patrimoniales de carácter religioso o simbólico, tales como cruces y monumentos funerarios. Solo hay un único bien patrimonial de industrias extractoras-recolectoras que es un molino de tejas y, por último, los bienes de actividad "transporte" se refieren a puentes.

2.3. Métodos

Para este trabajo se ha utilizado un enfoque mixto. Por una parte, se ha realizado un registro de información de los bienes patrimoniales desde la base de datos de la FEDAC en una base de datos propia, vinculada a una capa de puntos que contiene la localización de cada elemento etnográfico junto a una serie de atributos. Esta incluye datos como el estado de conservación de los bienes, la tipología (actividad con que está relacionada), el siglo de creación del bien patrimonial, y si se encuentra en estado de abandono o en uso.

El trabajo con SIG y ortofotos (QGIS y Google Earth) ha permitido hacer un reconocimiento de campo mediante foto-interpretación así como trabajar con las capas del CLC para extraer y editar polígonos así como calcular el área de estos. La realización de trabajo de campo fue crucial para tratar de manera directa los bienes patrimoniales. Las labores de trabajo de campo incluyeron la visita al archivo histórico de Moya para acceder a los censos municipales y el análisis in situ de los distintos bienes patrimoniales. Esto último se complementa con un estadillo, en el cual se atendió a cuestiones como el uso actual, el estado de conservación, la fecha de revisión y otros detalles considerados a registrar. Por último, se ha realizado una revisión de bibliografía referida al pasado económico de la zona así como a sus cualidades medioambientales.

3. Resultados

Los datos de coberturas del suelo indican que estamos ante un paisaje predominantemente agrícola, si bien es cierto que las áreas agrícolas han disminuido notablemente entre el año 1990 y el 2018 (casi un 20% en superficie).

Tabla 1. Evolución de las coberturas del suelo (1990-2018)

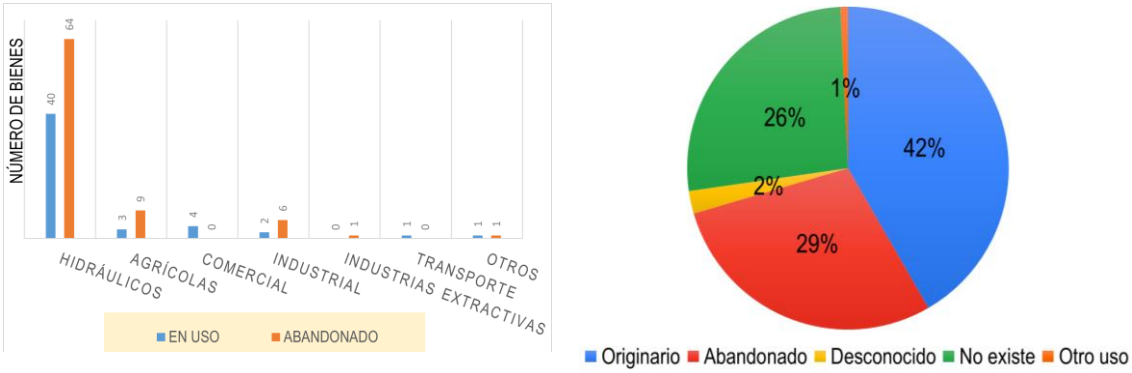
CÓDIGO	CLASE	1990	2018	% 1990	% 2018
1	Superficies artificiales	0	85,614	0,00	11,33
2	Zonas agrícolas	500,944	362,537	66,08	47,96
3	Zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos	257,11	307,781	33,92	40,72
Total		758,054	755,932	100	100

Fuente: Elaboración propia

Según los censos del municipio de Moya, en el año 1970 se produce un auge de la población dedicada a la construcción. Teniendo en cuenta que Moya era y es un municipio con una base económica predominantemente agrícola, y que la construcción encontraba su zona de desarrollo en la capital y el sur de la isla, debe suponerse que esa población que se dedicaba a la agricultura cambiase su trabajo por los sectores en auge fuera del municipio. Además, en los censos se recogen otras profesiones vinculadas a trabajos fuera del municipio, como el comercio ultramarino, obras de puerto, factoría de pescado, etc.

Los bienes patrimoniales estudiados presentan una tasa de abandono (en torno al 61%) superior a los que continúan en uso (39%). Respecto a las actividades económicas, estas incluyen: agricultura (bienes agrícolas e hidráulicos), industria (bienes industriales e industrias extractivas/recolectoras) y comercio; y, a su vez, si se dividiesen según el sector económico, se puede apreciar que el sector primario y secundario tienen una mayor cantidad de bienes en situación de abandono que los bienes patrimoniales asociados al sector servicio. Este abandono de los bienes patrimoniales dedicados y asociados con el sector primario, evidencia una conexión con el cambio del modelo económico hacia el turismo, que conllevó una despoblación del noroeste de la isla y la consecuente migración hacia la capital, Las Palmas de Gran Canaria, y el sur de la isla.

Figura 3 y Figura 4. Situación actual de los bienes patrimoniales.



Fuente: Elaboración propia

Sobre el estado de conservación de los bienes patrimoniales, del total de 132 bienes patrimoniales, 102 se encuentran en buen estado de conservación, 28 en estado de conservación regular y únicamente 2 en un mal estado.

Es importante señalar la cantidad de bienes patrimoniales de tipo hidráulico que se encuentran actualmente en situación de abandono. Si bien algunos bienes eran de esperar su abandono, tales como lavaderos o cantoneras; otros como estanques o presas se han visto condicionados por la escasez de lluvia para su uso. Ejemplo de ello es la presa de Moreto en Moya, que en la carta etnográfica de la FEDAC aparece como abandonada, empero hace 9 años volvió a usarse tras un período de lluvias.

De igual manera, tras labores de trabajo de campo se ha comprobado que algunos estanques se encuentran en situación de uso frente a otros colindantes que estaban abandonados. Estos bienes que presentan un uso actual aparecen también como abandonados en la base de datos de la FEDAC, ello

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

puede vincularse con la agricultura a tiempo parcial o la proliferación de segundas residencias. La titularidad de los bienes patrimoniales, las condiciones ambientales (lluvia, recolonización vegetal y el salitre), junto al paso del tiempo ha condicionado el estado de los bienes patrimoniales.

4. Conclusiones

El estudio de la situación actual de los bienes patrimoniales ha mostrado cómo estos interactúan con los cambios de modelos económicos, las condiciones ambientales y la tipología de la propiedad. Asimismo, el trabajo de campo introdujo mejoras, pues en la carta etnográfica no se recogían algunos bienes patrimoniales colindantes a otros registrados, e incluso para corroborar y corregir la ubicación de los ya registrados. Por otra parte, este estudio evidenció la necesidad de igualar el sistema de evaluación sobre el estado de conservación de los bienes patrimoniales registrados para su gestión y, en consecuencia, su conservación y protección.

5. Referencias bibliográficas

Cabrera García, V. M. (2024). El paisaje molinar canario. El ocaso de una tecnología artesanal. *Liño, 30,* 167-178. https://doi.org/10.17811/li.30.2024.167-177

Climate-data.org (s.f.). *Clima Moya: Temperatura, Climograma y Temperatura del agua de Moya.* Recuperado de https://es.climate-data.org/europe/espana/canarias/moya-656516/

Climate-data.org (s.f.). *Clima Santa María de Guía de Gran Canaria: Temperatura, Climograma y Temperatura del agua de Santa María de Guía de Gran Canaria.* https://es.climate-data.org/europe/espana/canarias/santa-maria-de-guia-de-gran-canaria-48912/

Florido Castro, A.(1998). El patrimonio arquitectónico industrial de la capital grancanaria. Un tesoro por valorar. En *XIII Coloquio de Historia Canario Americana* (2901-2910). Cabildo Insular de Gran Canaria.

Hamrita, A., Mata-Olmo, R., López Estébanez, N. & Rejeb, H. (2021). Paisaje agrario en contextos periurbanos mediterráneos: el caso del Gran Sousse (Túnez). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 90*. https://doi.org/10.21138/bage.3143

IDECANARIAS (2006). *Pisos de vegetación*. https://www.idecanarias.es/resources/Vegetacion/2006/Memoria_MapaVegetacion.pdf

Instituto Canario de Estadística (ISTAC) (s.f.). *Banco de datos. Población*. https://www3.gobiernodecanarias.org/istac/statistical-visualizer/visualizer/data.html?resourceType=indicator&resourceId=POBLACION&measure=ABSOLUTE&geo=ES70#visualization/table

Martín Ruiz, J. F. (1989). *El Noroeste de Gran Canaria: Recursos hídricos, agricultura y población*. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria.

Romero Martín, L. E., González Morales, A., Máyer Suárez, P., Ruiz Flaño, P., Pérez-Chacón Espino, E. & Hernández Calvento, L. (2014). Propuesta metodológica para la valoración, conservación y recuperación del patrimonio de bancales: un ensayo en la cuenca del Guiniguada (Gran Canaria, islas Canarias, España). En *II Congreso Internacional de Terrazas* (302-315). ITLA.

Santana Ramírez, J. I. (2020). *La cultura del agua en Canarias a través de la historia (1a ed.).* Cabildo de Gran Canaria, Casa-Museo León y Castillo.

CAMBIOS PAISAJÍSTICOS EN EL ENTORNO DE CIÑERA (LEÓN) Y LA VALORIZACIÓN DEL PATRIMONIO INDUSTRIAL

RAÚL BARRIENTOS ANTÓN[1]

IVÁN CUENDE DE LERA[2]

[1]*Contratado predoctoral: Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León, rbara@unileon.es, https://orcid.org/0000-0002-6981-2184*

[2]*Doctorando: Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León, icuend00@estudiantes.unileon.es, https://orcid.org/0009-0004-5038-3246*

Abstract: This work proposes the analysis of the landscape and industrial heritage in the Leonese town of Ciñera after the mining development linked to the Hullera Vasco-Leonesa. Pozo Ibarra is a key element since it is one of the oldest mining settlements in the province, whose origin dates back to 1930. The objective is to detect the main landscape changes during the last 80 years, both in urban and orographic areas, and to assess the state of conservation of the inherited industrial heritage. The methodology will be based on photo-interpretation tasks and comparison of old aerial photographs (American Flight Series A) with current orthoimages (PNOA 2020). A qualitative method will also be applied, which consists of consulting heritage inventories and specific legislation on the protection of cultural and especially industrial heritage. In this way, results are obtained that allow us to interpret the transformation of the environment up to the present day. This comprehensive knowledge of the environment and its historical-territorial significance will make it possible to articulate a series of strategies that will make it possible to enhance the value of the environment. The main results refer to the great changes generated by mining, both in the natural environment and in socioeconomic development, and to the capacity of this activity to develop a series of infrastructures that have now become part of the industrial heritage, which has sufficient capacity for territorial promotion, since it has not been given the value it really possesses.

Keywords: Mining; landscape; industrial heritage; evolution; strategies.

1. Introducción

El paisaje ha experimentado transformaciones constantes a lo largo del tiempo como resultado de las variaciones climáticas (Iriarte et al., 2015). Sin embargo, en los últimos años, la intervención humana ha provocado modificaciones más drásticas y aceleradas (Serra et al., 2008). Entre las actividades que generan un mayor impacto, la minería destaca por desmantelar el relieve original y por la construcción de grandes infraestructuras para extraer el mineral y su posterior laboreo (Redondo, 1988). Las alteraciones de esta actividad dependerán del método empleado, de forma subterránea o de cielo abierto. El cielo abierto elimina la topografía original, zonas boscosas y suelos; en cambio, la minería subterránea genera escombreras alrededor del yacimiento donde destacan también la construcción de diversos edificios (Cuende et al. 2023).

Pero la actividad minera no solo transforma los espacios y el paisaje, sino que también genera una estructura industrial que tras el declive económico de estos territorios queda abandonado, y aunque tradicionalmente ha sido considerado como un residuo de la industrialización, en la actualidad ha evolucionado hasta ser parte esencial de la identidad cultural y territorial como patrimonio industrial (Benito del Pozo, 2002). Recientes trabajos aplican el enfoque de revalorización del patrimonio, el cual pasa a ser un recurso con potencial revitalizador a través de adecuadas políticas públicas e intervenciones que permiten su reutilización a través de programas para generar turismo alternativo u ofertas de ocio diferenciadas (Benito y Barrientos, 2023).

La adecuada interpretación de la evolución del territorio y de los cambios paisajísticos, así como la adecuada utilización de los recursos locales, en este caso el patrimonio industrial puede contribuir al desarrollo sostenible de las comarcas y a la resiliencia territorial, e incluso, puede contribuir a la consecución de los ODS. En este sentido, Cañizares Ruiz et al. (2020) explican que la valorización del patrimonio industrial y territorial a través de políticas públicas que integren la conservación de este patrimonio en las estrategias de desarrollo para promover la resiliencia socioterritorial a través de la participación ciudadana y la colaboración entre los agentes territoriales. De esta manera, el objetivo es analizar los cambios paisajísticos, de usos y coberturas del suelo durante las últimas ocho décadas y valorar la conservación del patrimonio industrial en áreas urbanas y montañosas.

2. Materiales, datos y métodos

El análisis de la evolución de los usos del suelo se hizo a través de fotointerpretación. Para ello se utilizaron las fotografías aéreas en blanco y negro del Vuelo Americano Serie B (1957) y se compararon con la ortoimagen PNOA 2020 para identificar los antiguos y nuevos usos del suelo, ajustándonos a la leyenda del SIOSE. Además, para la revisión de los nuevos enfoques con el patrimonio industrial se ha recurrido a la búsqueda de estudios y publicaciones que refuercen la idea de reutilizar y valorizar los espacios industriales abandonados como una estrategia para revitalizar espacios que han sido transformados por las actividades mineras previas.

2.1. El caso de estudio.

La localidad de Ciñera, con 679 habitantes en 2024, se ubica en el municipio leonés de La Pola de Gordón, en plena Montaña Central (vertiente sur de la Cordillera Cantábrica), que a su vez contaba en 2024 con una población total de 2.856 habitantes (INE, 2024), lo que significa que nuestro núcleo de referencia acumula el 23,8% de la población municipal. En sus inmediaciones localizamos el conjunto

industrial del Pozo Ibarra o Grupo Ciñera (Figura 1), explotación minera subterránea perteneciente a la empresa Sociedad Anónima Hullera Vasco-leonesa y enclavado en la cuenca carbonífera de Ciñera-Matallana (Anés y Tascón, 1993). De él se extraía carbón que se utilizaba como fuente de calor en las viviendas de miles de personas de la zona, en la siderurgia vasca y, más tarde, como generador de electricidad en centrales térmicas, como es el caso de La Robla (Fernández-Martínez et al., 2011).

La explotación de carbón en esta zona ya había comenzado a mediados del siglo XIX, pero este conjunto industrial inició su actividad en el año 1930, cuando se terminó de perforar el pozo y tomó el nombre del Presidente de la HVL de entonces: Francisco Ibarra. Además, estaba compuesto por oficinas, vestuarios, almacenes, enfermería, viales, y por supuesto, el emblemático castillete con 31,5 m de altura. Tras más de 65 años cesó su actividad a finales de 1996.

Figura 1. Conjunto industrial del Pozo Ibarra

Fuente: imágenes propias.

En reconocimiento de sus valores históricos y culturales el Pozo Ibarra fue declarado Bien de Interés Cultural (BIC) en 2011 con categoría de Conjunto Etnológico. A pesar de este reconocimiento jurídico y de esta figura de protección, se encuentra en un avanzado estado de abandono y desmantelamiento, por lo que tanto su valor patrimonial como testimonio de la cultura y formas de vida de una comunidad como su calidad arquitectónica esta en peligro. Lo que hace también que las estrategias de desarrollo que pudiesen utilizar este recurso como elemento diferenciador para crear valor añadido estén en riesgo.

3. Resultados

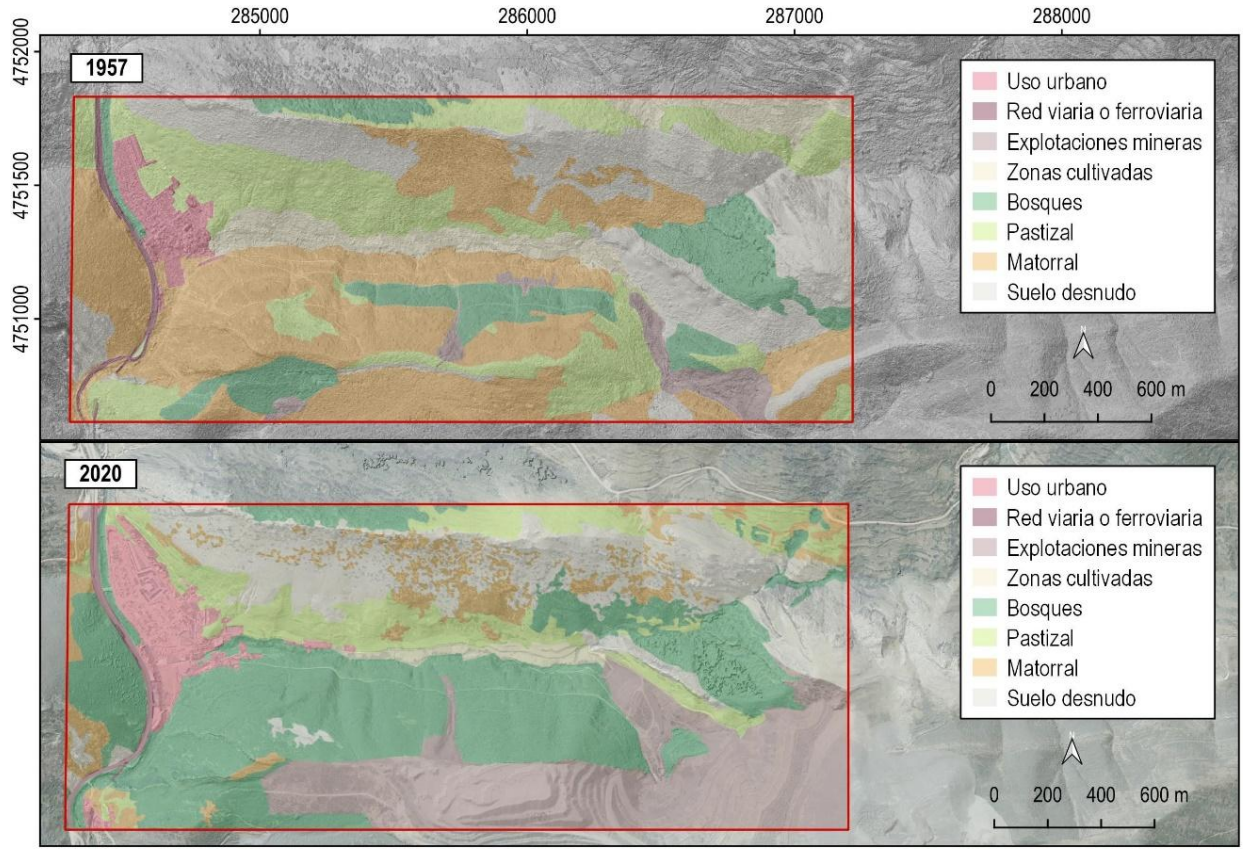
En 1957 ya se visualizan pequeños cambios en la explotación minera del Pozo Ibarra y su entorno más próximo, se identifican varias edificaciones pertenecientes a este grupo y diversas escombreras (9,83 ha). Aún persisten campos agrícolas (23,10 ha) y pastizales (74,32 ha), observando así una notable transformación del paisaje agrario tradicional (Figura2).

En el año 2020, las zonas cultivadas y los pastos se han reducido hasta 6,55 y 39,70 ha respectivamente, debido al fuerte desarrollo minero de Ciñera y sobre todo por el cielo abierto de Santa Lucía, cuyas zonas de tajo y escombreras colindan con el Pozo Ibarra. Además, la propia localidad de Ciñera creció rápidamente (de 9,55 a 18,53 ha), para dotar de viviendas y servicios a los mineros que

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

trabajaban tanto en la explotación minera de interior como a cielo abierto (Figura 2). Cabe mencionar, que esta localidad es de origen minero, ya que Ciñera era un núcleo diseminado de La Vid que constaba con una veintena de casas aproximadamente antes de la llegada de la minería.

Figura 2. Cambios en los usos del suelo entre 1957 y 2020 en el entorno de Ciñera



Fuente: CNIG, 2024. Elaboración propia.

Este paisaje, como muchos otros, con el paso del tiempo sufre también un proceso de colonización de vegetación, especialmente al aumentar las superficies de bosques (de 42,56 a 123,24 ha) y al disminuir los espacios de matorrales (de 119,35 a 21,88 ha). Este proceso se debe al abandono del campo y al cese de la actividad minera, generando un continuo crecimiento de vegetación (Figura 2).

Según el catalogo elaborado por la JCyL sobre el patrimonio industrial de la provincia de León, este conjunto pertenece a la categoría A, nivel que, paradójicamente, el propio inventario define como bienes clave, aquellos cuya conservación será integral, lo cual difiere totalmente con la realidad (Figura 1). En cuanto a su clasificación sectorial dentro del patrimonio industrial, se etiqueta como “minería” y con una caracterización de complejo. Este elemento no aparece aislado en el territorio, sino que se encuentra en una zona con una intensa actividad minera y se integra en un conjunto mucho más grande como es la cuenca Ciñera-Matallana (Tabla 1).

Tabla 1. Relaciones funcionales con otros elementos del inventario y datos técnicos

CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
24 114 001400 05	Se incluye en el conjunto de la minería del carbón de la cuenca Ciñera-Matallana
24 114 001400 04	Vinculado al plano inclinado y cargadero de Santa Lucía
24 115 002803 02	Vinculado al Pozo Eloy Rojo
Datos técnicos: 150 m de profundidad en 1930. Tras los destrozos de la Guerra Civil se profundiza hasta los 255 m.	

Fuente: Inventario de Patrimonio Industrial de la Provincia de León, JCyL

3.1. Propuesta de estrategias para la protección integral del entorno y su puesta en valor

Tres programas de actuaciones con acciones destacables:

a. *Programa paisajístico*: restauración del entorno del conjunto industrial del Pozo Ibarra. Reconstrucción de la topografía asemejándose al medio natural y reforestación de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas para rescatar la biodiversidad y la vegetación previa; todo ello para ocultar los residuos generados por la explotación minera.

b. *Programa patrimonial*: en el que se prioriza la conservación y mantenimiento de los elementos en peores condiciones y se apuesta por la restauración de los elementos mejor conservados y singulares. En cuanto a los espacios más adecuados se propone la utilización de los mismos como centro de interpretación no solo del propio pozo minero, si no del conjunto paisajístico que se ha creado a partir de esta explotación y de la historia sociocultural que ha forjado.

c. *Programa integral de turismo alternativo*: en él se combinaría la parte paisajística con la patrimonial, con el objetivo de crear un entorno agradable y atractivo que a su vez complemente a la oferta turística local con elementos como el Faedo de Ciñera. En este sentido se propone crear un "campamento base" que permita establecer alojamientos en naturaleza en este conjunto, en el que se podrían instalar servicios básicos en sus diferentes espacios como parte de la conservación activa y en otros fomentar el conocimiento de la cultura local a través de un centro de interpretación de la dilatada historia del elemento y su entorno.

4. Conclusiones

Las explotaciones mineras generan cambios en el paisaje y en los usos del suelo, además de alterar el relieve original, tanto de forma subterránea como a cielo abierto. Este nuevo paisaje industrial se compone de escombreras donde se desechan los materiales sobrantes, tajos, nuevas edificaciones e infraestructuras como castilletes, viviendas, economatos, instalaciones deportivas, almacenes, vestuarios, salas de máquinas, etc. Los cambios en los usos del suelo son significativos al disminuir pastos y campos agrícolas, además de un creciente proceso de colonización de vegetación causado por el abandono de actividades agrarias y el cese del laboreo minero.

Para que este paisaje y sus elementos patrimoniales no caigan en el absoluto abandono, camino en el que se encuentra actualmente, es necesario una coordinación de las diferentes entidades administrativas con el objetivo de preservar los valorares de las comarcas que una vez le dieron tanto a este país. Al igual que la explotación de estos recursos permitió el desarrollo de otras zonas, creemos que es justo que en la actualidad se realizan esfuerzos para aprovechar estos elementos.

En este sentido, la preservación activa de este entorno, tanto del paisaje para aumentar su amabilidad como del conjunto patrimonial para respetar sus valores, podría permitir elaborar estrategias de desarrollo local basadas en el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos. De este modo se generaría una actividad de calidad que crearía valor añadido en este territorio tan diezmado por el cierre total de la minería casi hace una década y podría reactivar la situación demográfica a través del asentamiento de jóvenes que aprovechasen las oportunidades de estos proyectos.

5. Referencias bibliográficas

Anés Álvarez, R., y Tascón Fernández, L. J. (1993). *Hullera Vasco-Leonesa: los cien primeros años de su historia (1893-1993*). S. A. Hullera Vasco-Leonesa.

Benito del Pozo, P. (2002). Patrimonio industrial y cultural del territorio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (34), 213-228.

Benito del Pozo, P. y Barrientos Antón, R. (2023). Actividades alternativas en espacios rurales desfavorecidos. Una propuesta para La Robla (León). En ÁMEZ, José et al., (Eds.) *Actas del XXVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía. Geografía: Cambios, Retos y Adaptación* (pp. 1355-1364). Universidad de La Rioja.

Cañizares Ruiz, Mª. Del C., Benito del Pozo, P. y López Patiño, G. (2020). El patrimonio industrial en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la resiliencia territorial: de la teoría a la práctica. *Anales de geografía de la Universidad Complutense, 40*(2), 323-344.

Centro Nacional de Información Geográfica (2024). *Instituto Geográfico Nacional*. Recuperado el 8 de diciembre de 2024, de: http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp

Cuende de Lera, I., Redondo-Vega, J. M. y González Gutiérrez, R. B. (2023). Cambios de los usos del suelo en la minería del hierro en el norte de España desde la segunda mitad del s. XX: la explotación del Coto Wagner (León). En J. Arnáez, P. Ruiz-Flaño, N. E. Pascual-Bellido, N. Lana Renault, J. Lorenzo-Lacruz, A. Díez Angulo, N. Martín-Hernández, T. Lasanta y E. Nadal-Romero (Eds.), *Geografía: Cambios, Retos y Adaptación: XXVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía* (pp. 433-442). AGE y Universidad de La Rioja.

Fernández-Martínez, E., Alonso Herrero, E., Castaño de Luis, R., Cortizo Álvarez, J., Fuertes Gutiérrez, I., Redondo Vega, J. M., y Santos González, J. (2011). *Guía del Patrimonio Geológico de la Reserva de la Biosfera del Alto Bernesga*. Ilustrísimo Ayuntamiento de La Pola de Gordón.

Iriarte Chiapusso, M.J., Muñoz Sobrino, C., Gómez Orellana, L., Hernández Beloqui, B., García Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A.F., y Ramil Rego, P. (2015). Reviewing the Lateglacial–Holocene Transition in NW Iberia: A *Palaeoecological Approach Based on the Comparison Between Dissimilar Regions. Quaternary International*, 403, 211-236. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.029.

Junta de Castilla y León (2011). *Inventario del Patrimonio Histórico Industrial de la Provincia de León*. Valladolid, Consejería de Cultura y Turismo

Redondo Vega, J. M. (1988). *Las minas de carbón a cielo abierto en la provincia de León: transformación del medio y explotación de recursos no renovables*. Universidad de León, Servicio de Publicaciones.

Serra, P., Pons, X., y Saurí, D. (2008). Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography*, 28(3), 189-209. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.02.001

EVALUACIÓN DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO FRENTE AL CAMBIO GLOBAL: EL CASO DE PIEDRABUENA EN EL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO 'VOLCANES DE CALATRAVA. CIUDAD REAL' (CASTILLA-LA MANCHA, ESPAÑA)

RAFAEL BECERRA-RAMÍREZ[1,2]

DARÍO GUEVARA[1],

CARMEN P. SÁNCHEZ[3],

JOSÉ Mª ROMERO[3],

JAVIER LOBERA[3],

YAGO ORTÍZ[3],

ÁLVARO GARCÍA[3],

ALONSO SOLERA[3],

ALEJANDRO SALAS[3],

RALUCA M. TODOR[3]

[1]*GEOVOL, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real,* Rafael.Becerra@uclm.es, https://orcid.org/0000-0001-7778-4892; y Dario.Guevara@uclm.es, https://orcid.org/0000-0001-9417-7832

[2]*Instituto Volcanológico de Canarias, c/ Irlanda 2, 38400 Puerto de la Cruz.*

[3]*Estudiante de Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad, Facultad de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha.*

Abstract: This work presents the results obtained by students in the subject *Project Work. Geomorphological Heritage and Tourism* of the Universidad de Castilla-La Mancha, that provides content on geomorphological heritage to analyze territorial resources and sustainable development strategies, to understand the uses they have received, their risk of degradation and the geoconservation and sustainable management actions for their evaluation. The subject proposes a project work applied to the municipality of Piedrabuena linked to the UNESCO Global Geopark *Calatrava Volcanoes. Ciudad Real* (Castilla-La Mancha, Spain), which shares geological and geomorphological structures of volcanic origin and international relevance with 39 other municipalities. A semi-quantitative methodology of geomorphological heritage assessment has been used to inventory and evaluate 15 geomorphosites and propose 5 georoutes of geotourism interest with a double function: to connect the geomorphosites with each other, with the urban centre of Piedrabuena, and with other georoutes of

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

the geopark; to promote endogenous development through geotourism in a territory with a strong depopulation in the last two decades.

Keywords: Calatrava Volcanoes; geomorphological heritage; geotourism; Unesco Global Geopark; volcanoes.

1. Introducción, metodología y área de estudio

La enseñanza y evaluación del patrimonio geomorfológico (Geomorfología aplicada y cultural) en las aulas universitarias es esencial en la formación de geógrafos y geógrafas, para analizar y evaluar los recursos abióticos del territorio (geodiversidad y geopatrimonio), claves para entender los usos que han recibido, su riesgo de degradación y las acciones de geoconservación y gestión sostenible, frente al cambio global. Estos recursos son la base del paisaje en el que se plasman las dinámicas naturales y sociales, que forman parte del patrimonio natural y cultural, amenazado por la dinámica del cambio global. Por ello, es vital la propuesta de estrategias de uso y gestión sostenibles para su geoconservación, su protección y promoción del desarrollo económico a través del geoturismo, especialmente en los geoparques mundiales, para la consecución de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* 2030 – ODS – de Naciones Unidas.

Esta comunicación presenta el resultado obtenido por estudiantes de la asignatura *Trabajo Proyectual: Patrimonio Geomorfológico y Turismo* del grado de *Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad* de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM, s.f.). Se ha aplicado al municipio de Piedrabuena, incluido en el Geoparque Mundial UNESCO *Volcanes de Calatrava. Ciudad Real* (Castilla-La Mancha) (UNESCO, 2024; Diputación de Ciudad Real, s.f.), por su patrimonio geológico y geomorfológico de origen volcánico y de relevancia internacional, para promover el desarrollo endógeno a través del geoturismo en un territorio con una fuerte despoblación, y hacer frente a los cambios ambientales de las últimas décadas.

El método empleado se enmarca en el área de Geografía Física, donde se ha realizado un análisis de la cartografía impresa y digital (geológica y topográfica) y ortofotografías aéreas del área de estudio (hojas MTN 735, 758, 759 y 784) obtenidas en servidores oficiales (CNIG, s.f.; IGME, s.f.). Se ha hecho una revisión bibliográfica de estudios de geología, geomorfología, paisaje y otros aspectos humanos del territorio. El trabajo de campo ha sido vital a la hora de contrastar los resultados obtenidos en laboratorio y para identificar y seleccionar Lugares de Interés Geomorfológico (LIGm) o geomorfositios y georrutas.

Las herramientas de trabajo para análisis espaciales y la cartografía final han sido *ArcGIS Pro* (licencia de la UCLM), *QGIS (versión 3.40 Bratislava)*, y el análisis estadístico a partir de MS Excel. Para evaluar el patrimonio geomorfológico se ha empleado una metodología semicuantitativa, que ayuda a inventariar y evaluar los geomorfositios (LIGm), en la que se evalúan 3 conjuntos de criterios (González-Trueba, 2006; Becerra-Ramírez, 2013): *intrínsecos* (científicos), *añadidos* (culturales) y de *uso-gestión y protección*.

Para el desarrollo y presentación de los resultados del trabajo proyectual se han seguido los trabajos de García y Martínez (2014) y Serrano *et al.* (2020). Se presenta una memoria final que recoge la

caracterización geográfica del municipio, especialmente la geomorfología, la selección de los geomorfositios con su descripción detallada en fichas individuales, y la propuesta de varias georrutas.

El área de estudio, el municipio de Piedrabuena, se localiza en el cuadrante noroccidental de la provincia de Ciudad Real, a caballo entre la comarca histórico-cultural de Campo de Calatrava y la comarca "Montes Norte" o "Entreparques", y sólo una parte queda dentro de la delimitación del geoparque (Figura 1). La topografía y paisaje se configura en un conjunto serrano con altitudes por encima de 900 m y depresiones externas que apenas alcanzan los 500 m. El clima mediterráneo típico (Csa, según la clasificación de Köppen), con 14-15ºC de temperatura media y entre 560-650 mm de precipitación media anual, favorece la aparición de extensas formaciones de bosque mediterráneo en las zonas serranas (encinares, rebollares, quejigos y alcornoques, junto con brezos, madroños, jarales, lentiscares y acebuchares), bosquetes de ribera asociados a la red hidrográfica y, en las zonas llanas, predominan los cultivos de cereal y olivar principalmente (Guevara, 2020). La población alcanza 4.345 habitantes en 2024 (según el INE) y ha acusado un notable descenso, especialmente en las últimas tres décadas, según atestigua su pirámide poblacional regresiva. La dedicación de la población muestra la importancia del sector primario, donde los empleos agrícolas alcanzan el 12,84% (siendo el 19,78% de empresas totales del municipio dedicadas a este sector), la industria y la construcción suman el 32,06% y los servicios el 52,55% de los empleos (un 2,55% no aparece asociado a ningún sector).

2. Resultados

La caracterización del municipio de Piedrabuena realizada en el trabajo proyectual se apoya en trabajos previos (García, 1994; Guevara, 2020). Geológicamente el territorio queda comprendido en el extremo suroriental de la zona centroibérica del antiguo macizo Hespérico con rocas del Precámbrico superior (pizarras y grauvacas) y principalmente del Paleozoico inferior y medio (areniscas, conglomerados, cuarcitas y pizarras); geomorfológicamente se trata de un macizo anticlinorio (Solanazo-Valronquillo) delimitado por cuencas sinclinales (la de Alcoba-Porzuna al N, cubeta de Piedrabuena al E, y la cuenca sinclinal del Guadiana al S). La sucesión de zonas elevadas y zonas deprimidas sobre roquedo paleozoico configura un relieve apalachense, muy afectado por procesos erosivos posteriores a su plegamiento y fracturación, dando lugar a un paisaje de formas suavizadas de carácter montano y escasa altitud, rematado por formas de acumulación en las laderas (pedrizas) y en los piedemontes con la formación de extensas rañas aterrazadas por la acción fluvial del Guadiana, el Bullaque, el Bullaquejo y Río Frío. El relieve está matizado, a modo de "relieve postizo", por el volcanismo reciente neógeno-cuaternario de Campo de Calatrava en los sectores central y oriental del municipio (García, 1994; Becerra-Ramírez, 2013).

La caracterización física del territorio ha sido la base para la elaboración de la cartografía que acompaña al trabajo proyectual (topográfica, geológica, hidrográfica). La más importante ha sido el mapa geomorfológico de la zona de estudio (Figura 1), en la que se identifican diferentes morfologías agrupadas en 4 unidades geomorfológicas:

-Sierras: Sierras paleozoicas, cumbres sobre cuarcitas, macizos.

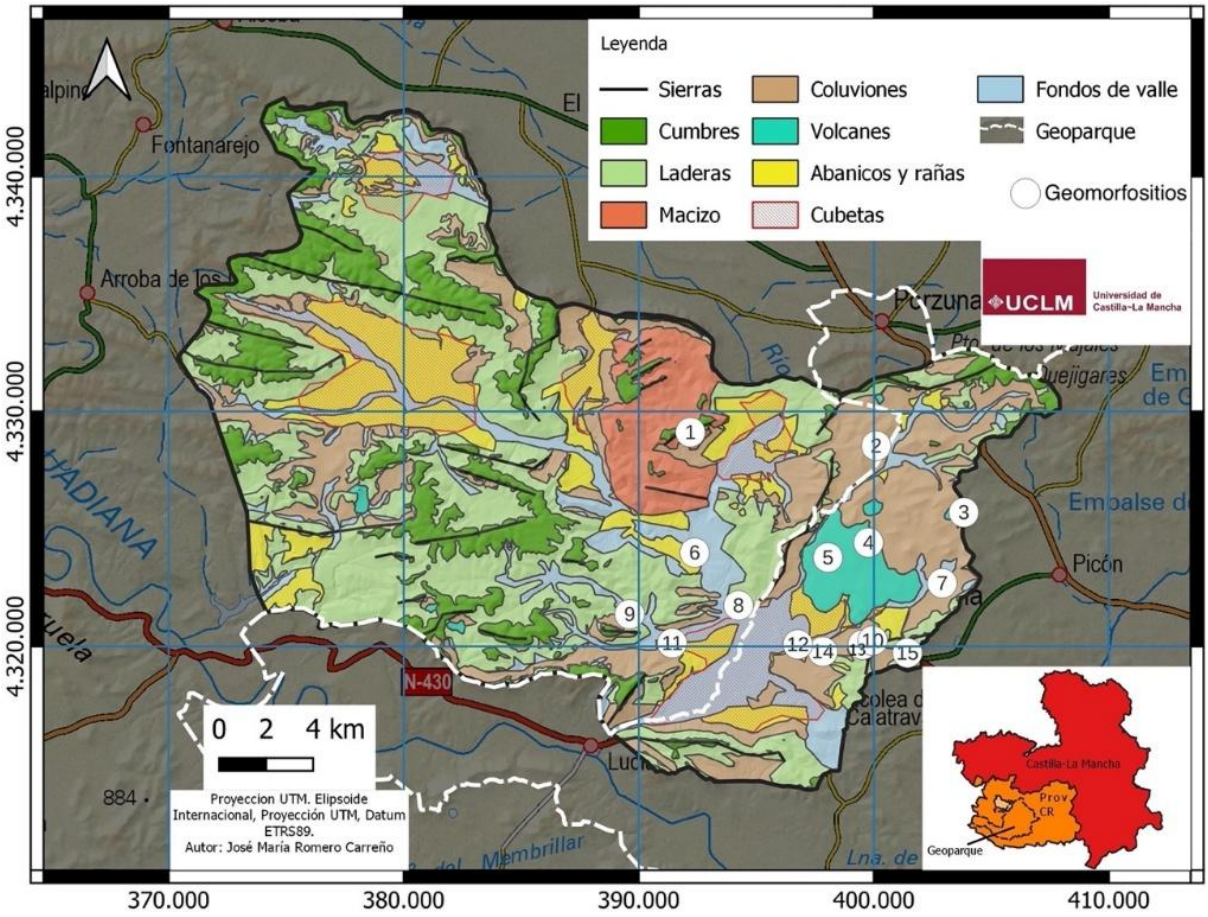
-Laderas y piedemontes: laderas, superficies coluvionares (coluviones), abanicos aluviales y rañas.

-Depresiones o valles: Cubetas y fondos de valle aluviales.

-Volcanes: conos, coneletes, coladas y maares.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Mapa geomorfológico simplificado y geomorfositios del municipio de Piedrabuena, y su localización espacial. Los números corresponden a la numeración de geomorfositios de la Tabla 1. Elaboración propia.



Tras la elaboración del mapa geomorfológico, se han seleccionado 15 geomorfositios o LIGm (Tabla 1, Figura 2) que cumplen dos requisitos: son representativos de las unidades geomorfológicas de Piedrabuena; y son accesibles a través de vías públicas desde el núcleo urbano (caminos, vías pecuarias, pistas forestales, carreteras) con el fin de conectarlos con este, y entre sí, a través de georrutas de interés geoturístico. De entre los 15 geomorfositios seleccionados, 3 son sierras, 3 son laderas o piedemontes, 5 son depresiones o valles y 4 son volcanes, siguiendo el agrupamiento en unidades geomorfológicas.

Como se menciona anteriormente, la finalidad es conectar los geomorfositios entre sí y con el núcleo urbano de Piedrabuena para implementar el desarrollo endógeno a través del geoturismo en un territorio que ha sufrido una fuerte despoblación y recesión en las últimas décadas. También, se ha intentado que estas georrutas aprovechen otras que ya existían previamente sobre el territorio (de visita al Monumento Natural), rutas turísticas y senderos oficiales del geoparque. Para ello, se han propuesto hasta 5 georrutas o geoitinerarios de interés geoturístico, con el requisito de que sean vías públicas de libre circulación de personas (a pie, MTB o a caballo) y vehículos (aunque sería lo menos recomendable por ser una actividad sostenible que hace frente al cambio ambiental). Las georrutas propuestas son:

-Sierra de la Cruz – Lucianego – La Chaparra (7,46 km), conecta con la ruta Trail-Running Center "Entre Volcanes" (TRC-018). Se visitan los geomorfositios 10, 13 y 15, y se observa una panorámica de los geomorfositios número 1, 4, 5 y 6, en diferentes paradas.

-Tabla de la Yedra – Fuente Agria y Baño (15,7 km), conecta con el sendero PR-CR59. Se visitan los geomorfositios 1, 2, 6, 8, 11 y 12, y se observa una panorámica de los geomorfositios 4, 5, 7, 9, 10 y 14.

-Monumento Natural del volcán de Piedrabuena – volcán La Encebra y ZEC Sierra de Picón (19 km), conecta con los senderos oficiales PR-CR26, PR-CR40 y PR-CR11 (que pertenece al tramo 2 del GR-162) que discurre por la Cañada Real Segoviana. Se visitan los geomorfositios 3, 4 y 7, y se tiene una panorámica de los números 1, 2, 5, 10 y 13.

-Canteras de Piedrabuena-Castillo de Miraflores (6,15 km), conecta con el PR-CR59. Se visitan los geomorfositios 1, 2, 5, 6 y 8, con una panorámica de los números 4, 7, 10, 13 y 14.

-Cubeta de Piedrabuena - Sierra de las Hornias - confluencia hidrográfica (16,4 km), conecta con el PR-CR59. Se visitan los geomorfositios 1, 2, 5, 6 y 8, y panorámica de los números 4, 7 y 10.

Tabla 1. Geomorfositios (LIGm) de Piedrabuena seleccionados y evaluados.

GEOMORFOSITIOS (LIGm)		UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	VALORACIÓN*		
			V_c	V_a	V_{ugp}
1.	Sierra de las Hornias	Sierras	5,0	5,1	9,0
2.	Volcán de Peñas Negras**	Volcanes	3,4	1,8	3,5
3.	Volcán de La Encebra**	Volcanes	3,5	2,9	4,5
4.	Volcán de Piedrabuena**	Volcanes	5,2	6,7	9,5
5.	Cubeta de Piedrabuena	Depresiones o valles	4,9	6,4	4,5
6.	Red hidrográfica-Llanura de inundación	Depresiones o valles	3,9	4,6	6,0
7.	Sierra de Picón-Piedrabuena	Sierras	5,9	7,1	9,5
8.	Valle del río Bullaque	Depresiones o valles	4,5	7,1	8,0
9.	Bonal arroyo Valdelamadera	Depresiones o valles	2,5	5,6	5,5
10.	Sierra de La Cruz	Sierras	5,5	7,0	6,5
11.	Raña del Espino	Laderas o piedemontes	2,7	2,9	5,0
12.	Fuente Agria y casa de baños	Depresiones o valles	3,5	4,2	6,5
13.	Pedrizas Sierra de La Cruz	Laderas o piedemontes	2,2	2,6	4,5
14.	Abanicos aluviales de la cubeta	Laderas o piedemontes	2,6	2,5	3,0
15.	Maar Laguna del Lucianego	Volcanes	3,5	4,6	6,5

***** V_c, valores científicos; V_a, valores añadidos; V_{ugp}, valores de uso-gestión y protección. Puntuaciones ponderadas sobre 10 puntos. ****** Puntuaciones obtenidas de Becerra-Ramírez (2013). Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Geomorfositios seleccionados y evaluados en Piedrabuena. Los números corresponden a la numeración de los geomorfositios de la Tabla 1.

Las georrutas propuestas, al tener como punto de inicio el núcleo urbano, van a coincidir con la georruta de geoturismo urbano de Piedrabuena propuesta por Guevara (2020: 96) y que parte de una experiencia previa realizada por geógrafos del grupo de investigación GEOVOL de la Universidad de Castilla-La Mancha en el evento científico-divulgativo de *La Noche de los Volcanes* 2015 (al amparo de la *European Researchers' Night*). Esta georruta urbana interpreta el patrimonio geomorfológico del municipio, especialmente el vinculado al volcán de Piedrabuena, y ofrece la posibilidad de entender cómo el núcleo urbano se ha adaptado a la topografía de las coladas de lava del volcán, el uso que se ha hecho de la roca volcánica en la construcción de viviendas y edificios monumentales, el adoquinado de las calles, la presencia de cuevas y otros usos (agrarios en negrizales volcánicos…).

3. Consideraciones finales

La introducción al estudio y gestión del patrimonio geomorfológico, como parte del patrimonio natural y cultural y base del paisaje, en los estudios universitarios de Geografía, permite la formación de los futuros geógrafos y geógrafas en el diseño de estrategias de uso y gestión sostenibles para la geoconservación y la protección de ese patrimonio frente al cambio global, y la promoción del desarrollo endógeno y sostenible de los territorios a través del geoturismo. Estas estrategias están vinculadas a los ODS de Naciones Unidas (ONU, s.f.) que: "*constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo… como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*". Los ODS a los que puede contribuir la formación universitaria en patrimonio geomorfológico, su inventario y evaluación en territorios como el Geoparque Mundial UNESCO Volcanes de Calatrava, podrían ser: nº 4. *Educación de Calidad*; nº 10. *Reducción de las desigualdades*; nº 11. *Ciudades y comunidades sostenibles*; nº 13. *Acción por el clima*; y nº 15. *Vida de ecosistemas terrestres*. En este sentido, la selección y evaluación de 15 geomorfositios junto con las georrutas propuestas en el municipio de Piedrabuena, supone la ampliación los recursos geoturísticos del territorio del geoparque a un área con elevada geodiversidad y relevancia nacional e internacional, y unas posibilidades de

aprovechamiento local de los mismos para el desarrollo endógeno, a través del geoturismo, en un territorio que ha sufrido una fuerte despoblación y recesión en las últimas décadas.

Por último, desde el punto de vista académico y siguiendo a García y Martínez (2014), el trabajo proyectual de la asignatura pretende alcanzar unos claros objetivos de aprendizaje: poner en práctica los conocimientos de geomorfología general y aplicada en base al patrimonio natural, orientados a la ordenación territorial; aprender técnicas de preparación y ejecución del trabajo de campo en geomorfología; realizar un mapa geomorfológico; inventariar, catalogar y evaluar los geomorfositios; realizar una propuesta de itinerarios geoturísticos; participar en la dinámica y decisiones de grupo.

4. Referencias

Becerra-Ramírez, R. (2013). *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la región volcánica del Campo de Calatrava* [Tesis Doctoral]. Universidad de Castilla-La Mancha. https://hdl.handle.net/10578/3606

CNIG - Centro Nacional de Información Geográfica (s.f.). *Centro de Descargas del CNIG*. https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home

Diputación de Ciudad Real (s.f.). *Geoparque Unesco Volcanes de Calatrava. Ciudad Real*. https://geoparquevolcanesdecalatrava.es/

García, J.L. (1994). *Mapa Geomorfológico de la comarca de Montes Norte – Campo de Calatrava* [incluida cartografía 1:200.000]. Universidad de Castilla-La Mancha.

García, A.J. y Martínez, L.C. (2014). El aprendizaje-servicio como propuesta didáctica para la enseñanza práctica de la geografía. Una experiencia de puesta en valor del patrimonio natural. *Íber, Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, 77*, 57-62.

González Trueba, J.J. (2006): El Macizo Central de los Picos de Europa: Geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica [Tesis Doctoral]. Universidad de Cantabria.

Guevara, D. (2020). *Geoturismo en la Región Volcánica de Campo de Calatrava. El caso de Piedrabuena y su entorno* [Trabajo Fin de Máster]. Universidad de Castilla-La Mancha. https://hdl.handle.net/10578/26950

IGME – Instituto Geológico y Minero de España (s.f.). *Cartografía geológica digital continua a escala 1:50.000* [cartografía]. https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Geode.aspx

UCLM (s.f.). *Plan de Estudios de Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad*. Recuperado el 4 de marzo de 2025 de https://www.uclm.es/estudios/grados/geografia-desarrollo-territorial-sostenibilidad

ONU (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 5 de marzo de 2025 de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

UNESCO (2024, 27 de marzo). *La UNESCO designa 18 nuevos geoparques*. https://www.unesco.org/es/articles/la-unesco-designa-18-nuevos-geoparques

Serrano, E., González-Amuchastegui, M.J. y Ruiz, R. (2020). *Patrimonio Natural y geomorfología. Los lugares de interés geomorfológico del Parque Natural del Cañón del río Lobos*. Universidad de Valladolid.

ITINERARIO DE PAISAJE EN LA CUMBRE DE LA DEHESA (EL HIERRO, I. CANARIAS): UNA PROPUESTA GEOGRÁFICA PARA IDENTIFICAR SU PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL

ESTHER BELTRÁN-YANES[1] BEATRIZ I. DÍAZ FERIA[1] JAVIER DÓNIZ-PÁEZ[1,2]

CAYETANO GUILLÉN-MARTÍN[1,2]

[1]Departamento de Geografía e Historia, C/ Prof. José Luis Moreno Becerra, s/n. Facultad de Humanidades. Sección de Geografía e Historia, CP38200, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife (ES). estyanes@ull.edu.es Orcid.org/0000- 0002-2080-4415; jdoniz@ull.edu.es, Orcid.org/0000-0002-7789-772; bdiazfer@ull.edu.es cguillen@ull.edu.es

[2]Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN), C/ Irlanda,2 CP 38400, Puerto de la Cruz, Tenerife (ES)

Abstract: In recent decades, nature has become a prominent leisure and tourism alternative in today's society. For this reason, landscape itineraries are becoming a popular option among the activities offered in protected areas. The aim of this work is to present the results of a landscape route through volcanic mountain of La Dehesa, on the island of El Hierro, where recent volcanism is a fundamental factor in its territorial organisation (this study is linked to the European project VOLTURMAC 2/4.6c, 2020-2024). The methodology used to create this itinerary includes an initial phase of geographical study of the landscape and a second phase centred on the design of a route to characterise the formal configurations exclusive to this territory and the identification of the most representative elements of its natural and cultural heritage. This volcanic mountain located in the western sector of El Hierro between 650 and 800 m.a.s.l, is distinguished by the presence of cones of diverse morphology, generated by fissure eruptions of basic magmas, associated with a juniper forest *(Juniperus canariensis).* This sclerophyllous forest is one of the best examples of its kind in the archipelago, although its characteristics are conditioned by the traditional livestock uses that this island has experienced since aboriginal times. The development of this route allows the discovery and interpretation of some of the most unique landscapes of Hierro and reinforces the value of the contributions of geographical knowledge for the generation of new products that promote territorial development.

Keywords: juniper forest *(Juniperus canariensis*); volcanic field; landscape route; natural and cultural heritage; territorial development; sustainable tourism.

1. Introducción, objetivo y área de estudio

En las últimas décadas, la Naturaleza constituye una alternativa destacada dentro de las formas de ocio y de turismo en la sociedad actual. Desde esta perspectiva, la creación de rutas para el descubrimiento e interpretación del paisaje en los espacios protegidos se están consolidando como propuesta geográfica para generar nuevos productos vinculados a turismo sostenible, que contribuyen a impulsar el desarrollo territorial de muchos espacios de montaña (Muñoz, 2008). El trabajo que se presenta tiene como objetivo dar a conocer una síntesis de los resultados de la realización de un itinerario de paisaje en las cumbres de La Dehesa (El Hierro), una isla joven con edad máxima de 1,2 Ma (Guillou *et al* 1996), en el que el volcanismo reciente constituye un condicionante fundamental en su organización territorial. Los paisajes objeto de este trabajo forman parte de los más representativos de la naturaleza volcánica de esta pequeña isla occidental del archipiélago canario. El itinerario recorre aproximadamente seis km de las originales configuraciones territoriales de las cumbres de La Dehesa, y se vinculan al campo volcánico de edad reciente localizado al oeste de la isla entre 650 y 800 m.s.n.m. (Guillén y Romero, 2023). La ruta parte de

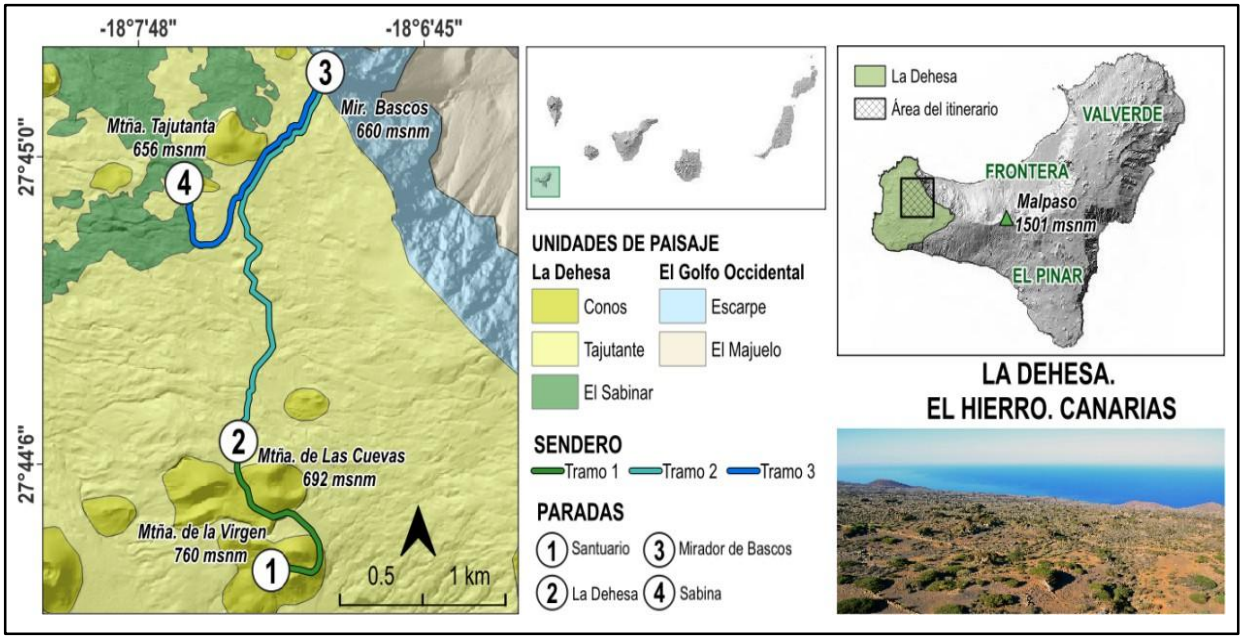
un lugar muy próximo al Santuario de Nuestra Señora de la Virgen de los Reyes, centro devocional por excelencia de la isla, y transcurre por una meseta volcánica salpicada por conos de piroclastos, que presenta uno de los mejores sabinares (*Juniperus canariensis*) conservados de las Islas Canarias, en el que llama la atención el porte aerodinámico de los árboles debido al azote frecuente de los vientos en esta cumbre (Fdez.-Palacios *et al* 2024). El bosque se asocia a la única dehesa comunal que se mantiene activa en las islas, por lo que ofrece además un valioso paisaje cultural, fruto del antiguo uso pastoril que ha experimentado esta montaña durante los últimos siglos. La ruta culmina más al norte, en el Mirador de Bascos, desde el que se puede disfrutar de unas impresionantes vistas de otra unidad de paisaje principal del norte de la isla, El Golfo (Fig.1).

2. Metodología

La metodología utilizada incluye una primera fase de estudio geográfico del paisaje en el que se analizan los elementos que componen la fisonomía de esta montaña y sus exclusivas combinaciones territoriales a variadas escalas (Martínez de Pisón, 2009), y una segunda centrada en el diseño de una ruta que permite el descubrimiento y explicación de las configuraciones originales de este territorio. La ruta se organiza en tramos del recorrido, que corresponden a las unidades de paisaje, y en paradas numeradas georreferenciadas, para visiones panorámicas de las unidades o la identificación de los elementos más representativos de su patrimonio natural y cultural (Beltrán-Yanes *et al.*, 2021). Para este trabajo se han llevado a cabo tareas de fotointerpretación de imágenes de satélite y salidas de campo para la identificación de las comunidades vegetales, elementos geomorfológicos y de usos tradicionales. La cartografía ha sido realizada mediante el Software QGIS y se ha utilizado el servicio *wms* de ortofotos y mapas de sombras de la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDE Canarias).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Área de estudio, mapa del itinerario e imagen de La Dehesa



Fuente: Mapa de Sombras (IDE Canarias), Imagen aérea (fotosdecanarias.com). Elaboración propia.

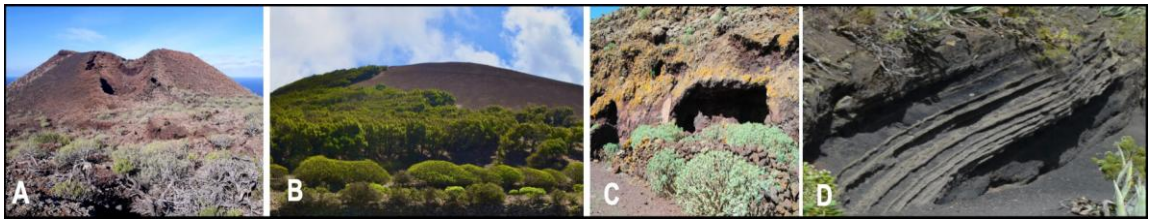
3. Resultados. Los paisajes de las cumbres de La Dehesa

3.1. Unidad de paisaje principal: El Campo volcánico de la Dehesa

Tramo 1. Las Montañas de Las Cuevas y del Caracol

Este primer tramo de la ruta comienza en el sector suroccidental del campo lávico, en el que se localizan los conos volcánicos de mayor altitud de esta unidad de paisaje, como la Montaña Tembárgena (900 m), Montaña del Caracol (760 m) y Montaña de Las Cuevas (748 m). Estos volcanes se formaron a partir de erupciones de dinámicas explosivas de magmas básicos, en el que se emitieron importantes volúmenes de piroclastos de diferente granulometría (cenizas, lapilli, escorias, bombas volcánicas, etc.). Los centros de emisión presentan morfologías variadas en función del tipo de fractura, la evolución de la dinámica eruptiva y el número de bocas eruptivas, y en su interior se descubren originales morfologías de detalle como los cráteres o embudos de explosión (Guillén y Romero, 2023) (Fig.2). Sobre estas montañas progresan sabinas dispersas (*Juniperus canariensis*) que se alternan con rodales de pinar repoblado (*Pinus canariensis* y *radiata*), que recubren parte de estas elevaciones cónicas de tonos rojizos y oscuros. Acompañan a estos elementos arbóreos un matorral abierto de *Euphorbia lamarckii* (tabaiba amarga) *Artemisia thuscula* (incienso), *Kleinia neriifolia* (verode), *Rubia fruticosa* (tasaigo), *Echium aculeatum* (ajinajo) y *Micromeria hyssopifolia* (tomillo), entre otras (Beltrán-Yanes y Esquivel-Sigut, 2023).

Figura 2. Elementos geomorfológicos presentes en el itinerario. A y B. Conos de piroclastos. C. Cuevas volcánicas. D. Acumulaciones de lapilli



Fuente: los autores

Parada 1. El santuario de la Virgen de los Reyes. 27.730104, -18.121161

En este lugar se rinde culto a la patrona de la isla, la Virgen de Los Reyes, que tradicionalmente es llevada en procesión cada cuatro años desde 1745 hasta la capital de la isla, Valverde. La importancia patrimonial de la fiesta de La Bajada de la Virgen y de este sendero en la historia isleña, ha llevado al Cabildo Insular a promover la declaración de Bien Interés Cultural para Las Cuevas del Caracol, El Santuario y el propio camino de la Virgen en la categoría de conjunto histórico, y de la denominación de Paisaje cultural (Dóniz- Paez, 2021). El santuario presenta un edificio propio de la arquitectura popular canaria con tejado a dos aguas, de color blanco, que destaca armoniosamente entre las montañas de piroclastos y la vegetación circundante. La cumbre se presenta además con frecuencia envuelta por el ambiente brumoso del alisio que desciende desde la cumbre, y que le concede aún más belleza a este paisaje de montaña volcánica. En su interior, un sencillo retablo del siglo XVII contiene las imágenes de la Virgen y de los tres Reyes Magos (García *et al* 2018) (Fig.3).

Figura 3. Elementos culturales y de uso ganadero. A. Santuario de Nuestra Señora de La Virgen de Los Reyes. B. Cuevas-Habitáculos de piedra. C. Bebederos

Fuente: los autores

Tramo 2. El Valle Tajutante o Valle Quemado

Esta unidad de paisaje corresponde a una amplia rampa lávica originada por la superposición de emisiones lávicas generadas por las erupciones de este campo volcánico. La pobreza del suelo por la juventud del sustrato y el ambiente semiárido dominante, dificultan el uso agrícola y, por tanto, este sector ofrece sólo suelo de pasto para desarrollar una ganadería extensiva, heredada de la que practicaban los aborígenes de esta isla, los bimbaches. El paisaje ganadero de La Dehesa corresponde

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

a pastos áridos de zonas altas de sotavento, fruto de una secular actividad pastoril comunal, que concede a esta unidad un indudable valor patrimonial cultural (Martín, 2023). Las estructuras de largos muros de piedra seca basáltica que delimitan amplias parcelas con ganado, y las vías pecuarias son elementos característicos de este lugar. A lo largo de la ruta se reconocen también otros componentes del paisaje vinculados a los usos pastoriles tradicionales (enrejes, cercados, goros, bebederos, cuevas, etc.) (Fig.3). La acción sostenida del pastoreo y de otros aprovechamientos madereros han determinado una notable reducción de la superficie original ocupada por el bosque de sabinas. Junto a estas prácticas, los incendios también se cebaron con el bosque y, de ahí, la toponimia local de "Valle Quemado".

Parada 2. La Dehesa. 27.736341, -18.123346

En esta parada se contempla la rampa lávica creada por los centros de emisión circundantes. El parcelario de muros de piedra seca, característicos de estos pastos de uso comunal, se alterna con otros espacios abandonados recolonizados por un joven sabinar.

3.2. Unidad de paisaje principal de El Golfo. Mirador de Bascos. Parada 3. 27.7545210, -18.118496

Una vez alcanzado el mirador, se tiene una vista imponente de otra unidad principal de la isla que corresponde a una cicatriz del gran deslizamiento gravitacional más joven localizado al norte de El Hierro (~ 87-39 ka) (Carracedo, 2008), y que alcanza una cota máxima de 1.501 m.s.n.m en Malpaso. El Golfo corresponde a un espectacular anfiteatro topográfico abierto al NO, delimitado por un escarpe en forma de arco de unos 27 km de largo que da a esta isla la peculiar planta de media luna. Una vez producido el deslizamiento, el volcanismo basáltico monogenético reciente afectó a varios puntos del valle de El Golfo (Hernández *et al.*, 2023). Las características geomorfológicas de esta unidad determinan una organización altitudinal principal del paisaje con variaciones internas introducidas por el volcanismo reciente monogénico. Desde este mirador se descubren las siguientes subunidades de paisaje que se señalan a continuación: A. Escarpe culminante con monteverde. B. El majuelo, que comprende depósitos detríticos de ladera localizados al pie del elevado relieve vertical, recubiertos por sabinar y cultivos de secano y C. El Volcán de Sabinosa, con bocas eruptivas de piroclastos y derrames lávicos, que presentan éstos últimos originales formas de lavas escoriáceas y pequeñas dehesas sobre los derrames pahoehoe.

Tramo 3. El sabinar

Tras visitar el Mirador de Bascos, el itinerario se dirige hacia una de las mejores expresiones del sabinar de la Dehesa. Se sitúa en Letime, sobre el Verodal, y ocupa aproximadamente unas 30 hectáreas, entre 300-400 y 600 msnm. Este sabinar constituye la expresión más seca de este tipo de bosque. La formación forestal abierta se alterna con matorrales de jara (C*istus monspeliensis*), tabaiba amarga (*Euphorbia lamarkii*) vinagreras o calcosas (*Rumex lunaria*), incienso (*Artemisia thuscula*) y tomillo (*Micromeria hyssopifolia*) (Fig.4). En líneas generales, se trata de un sabinar castigado por el uso ganadero, pero a pesar de ello, se distingue por ser una de las expresiones de mayor extensión y, en algunos sectores, mejor conservados de los sabinares canarios. El uso pastoril que ha experimentado

durante los últimos siglos condiciona la actual regeneración, biodiversidad y estructura del bosque (Fdez. Pello *et al*. 2006).

Parada 3. La sabina 27.748916, -18.1270359

En esta parada se puede disfrutar de unos de los ejemplares más emblemáticos de este bosque con su característica forma retorcida que refleja la acción deformadora de los regulares vientos alisios cargados de humedad sobre la vegetación de esta cumbre. La singular silueta de esta conífera la ha convertido en el símbolo más representativo de la naturaleza y los paisajes de El Hierro.

Figura 4. Elementos de la vegetación presentes en el itinerario. A. *Juniperus canariensis.* B. *Echium aculeatum.* C. *Euphorbia lamarckii D. Kleinia neriifolia.* E. *Pinus radiata.*

Fuente: los autores

4. Conclusiones

Los paisajes de esta cumbre volcánica que atesoran este original sabinar conviviendo con una dehesa representan unas de las configuraciones territoriales más emblemáticas de esta pequeña isla canaria. La forma aerodinámica de la sabina puede constituir la mejor expresión de la estrecha relación que existe entre los componentes de este paisaje (agua, vegetación, suelo), y que refuerza la imprescindible función que tienen los vientos oceánicos del alisio en la generación de los recursos naturales en esta isla volcánica joven. Esta interdependencia es tal que, aún hoy, siguen identificándose pastores que conducen sus rebaños ladera abajo siguiendo la dirección de las brumas, igual que estas sabinas, en busca de pastos en estas montañas.

La creación de este itinerario a partir de contenidos globales e interrelacionados del paisaje refuerza el valor que puede tener esta especialidad geográfica en la generación de nuevos productos en la modalidad de turismo sostenible, para el desarrollo territorial local y la concienciación de la población con la conservación del patrimonio natural y cultural de los paisajes

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto europeo "VOLTURMAC, Fortalecimiento del volcanoturismo en la Macaronesia" (MAC2/4.6c/298-2020-2024)

Referencias bibliográficas

Beltrán-Yanes, E.; Dóniz-Páez, J. y Esquivel-Sigut, I. (2021). Propuesta metodológica para itinerarios turísticos de paisaje en espacios protegidos: aplicaciones en la Reserva natural especial del Chinyero (Tenerife, Canarias). En García, J.L. (coord.) *Libro de resúmenes de los trabajos del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía*. A.G.E.

Beltrán-Yanes, E. y Esquivel-Sigut, I. (2023). The Vegetation Landscapes of an Oceanic Recent Volcanic Island. En Dóniz, J. y Pérez. N (Eds.). *El Hierro Island Global Geopark. Diversity of Volcanic Heritage for Geotourism*, 53 - 63. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5

Carracedo, J. (2008). *Los volcanes de las islas Canarias. IV la Palma, La Gomera, El Hierro*. Rueda, Madrid.

Fernández-Pello, L.; González, M.L. y Quirantes González, F. (2006). La influencia de los factores geográficos en la organización interna de un bosque residual: el Sabinar de la Dehesa (El Hierro, Islas Canarias). *Actas III Coloquio Intern. sobre sabinares y enebrales*, 263-271. Soria Ed. Comunidad de Madrid

Fernández-Palacios et. al, 2024: *Los bosques termófilos* Macaronesia editorial

Guillén, C. y Romero, C. (2023). Volcanic Geomorphology in El Hierro Global Geopark. En Dóniz, J. y Pérez. N (Eds.), En *El Hierro Island Global Geopark. Diversity of Volcanic Heritage for Geotourism*, 33 - 42. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5

Guillou H, Carracedo JC, Torrado FP, & Badiola ER (1996) K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research,* 73(1-2), 141-155.

García, J.L. Zapata, V. García, F. J. Castilla, C. (2018). Los paisajes efímeros del Camino de la Virgen en la isla del Hierro". en Molinero, F. y Tort, J (coord): *Paisajes Patrimoniales de España*. Tomo III Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.1474-1491

Hernández, W., Ortega, V., Przeor, M., Pérez, N. y Hernández, P. (2023). Volcanology of Recent Oceanic Active Island. En Dóniz, J. y Pérez. N (Eds.), En *El Hierro Island Global Geopark. Diversity of Volcanic Heritage for Geotourism*, 25- 31. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5

Martín, V. (2023). Rural Landscapes in an Oceanic Volcanic Island. En Dóniz, J. y Pérez. N (Eds.), En *El Hierro Island Global Geopark. Diversity of Volcanic Heritage for Geotourism* 75 - 85. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5

Martínez de Pisón, E. (2009). Los paisajes de los geógrafos. *Geographicalia.*, *55*, 5–25. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.200955798

Muñoz Flores, J.C. (2008). El turismo en los espacios naturales protegidos españoles, algo más que una moda reciente. *Boletín de la A.G.E.*, 46, 291-304

ITINERARIO DE PAISAJE EN EL VOLCÁN DE LA ARENA (FUERTEVENTURA, I. CANARIAS): UNA PROPUESTA GEOGRÁFICA PARA IDENTIFICAR SU PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL

ESTHER BELTRÁN-YANES[1] BEATRIZ I. DÍAZ FERIA[1] JAVIER DÓNIZ-PÁEZ[1,2]
CAYETANO GUILLÉN-MARTÍN[1,2]

[1]Departamento de Geografía e Historia, C/ Prof. José Luis Moreno Becerra, s/n. Facultad de Humanidades. Sección de Geografía e Historia, CP38200, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife (ES). estyanes@ull.edu.es Orcid.org/0000- 0002-2080-4415; jdoniz@ull.edu.es Orcid.org/0000-0002-7789-772; bdiazfer@ull.edu.es; cguillen@ull.edu.es

[2]Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN), C/ Irlanda,2 CP 38400, Puerto de la Cruz, Tenerife (ES)

Abstract: This paper presents the results of the design of a landscape route in the Malpaís de La Arena Natural Monument on the island of Fuerteventura. The methodology used comprises an initial phase of geographical study of the landscape and a second phase aimed at creating a route to characterise the formal expressions of this territory and identify the most representative elements of its natural and cultural heritage. The La Arena volcano covers an area of 870.8 hectares and is the last Holocene volcanic manifestation on Fuerteventura. Its importance in the landscape lies in the excellent state of conservation of its volcanic features, including pyroclastic cones, craters, lava channels, hornitos or jameos (lava tubes) and lava flows. The vegetation of the badlands is a good example of tabaibales (*Euphorbia regis-jubae*) adapted to the island's desert climate, associated with a dense carpet of lichens and mosses. The main traditional use of the volcano has been for grazing, which took place on the lava flows from aboriginal times until a few years ago. The eruptive morphology, the features of the vegetation and the traces of livestock farming give the landscape a unique beauty in the environment of Fuerteventura, which stands out for its natural and cultural importance. This route, which is part of new forms of leisure and sustainable tourism in nature, contributes to the geographical knowledge of the landscapes and to the strengthening of territorial development.

Keywords: landscape route; volcanic field; tabaibal; natural and cultural heritage; territorial development; sustainable tourism.

1. Introducción, objetivo y área de estudio

Desde hace algunas décadas el paisaje se ha convertido en una valiosa fuente para la identificación y valoración de la calidad de los recursos y productos turísticos. Su concepción global le permite abarcar la totalidad de los componentes físicos, biológicos y culturales del territorio, lo que lo convierte en una referencia indispensable para identificar los lugares más adecuados para el desarrollo de las actividades turísticas (Picazo, 2012; Santos-Pavón, *et al*. 2016). La realización de esta ruta de paisaje se vincula a la generación de nuevos productos dentro de modalidades de ocio y turismo sostenible en la naturaleza y, en este sentido, constituye una contribución del conocimiento geográfico al fortalecimiento del desarrollo territorial. En este trabajo se presenta una síntesis de los resultados del diseño de una ruta de paisaje de 2,5 km en el espacio protegido Monumento Natural del Malpaís de La Arena, situado en el norte de la isla de Fuerteventura. El volcán de La Arena ocupa una superficie de 870,8 Ha y constituye la última manifestación volcánica de edad Holocena en la isla. Su relevancia en el paisaje se centra en el excelente estado de conservación de sus formas volcánicas, en las que se pueden reconocer la construcción cónica de materiales de proyección aérea que alcanza 422 m.s.n.m. y sus extensos derrames lávicos. La vegetación del malpaís constituye un buen ejemplo de los tabaibales (*Euphorbia regis-jubae*) adaptados al clima desértico que distingue a la isla. La morfología eruptiva, los llamativos rasgos del paisaje vegetal y las huellas del antiguo aprovechamiento pastoril dotan al paisaje de una gran singularidad en el entorno de Fuerteventura, por lo que este espacio protegido destaca por su relevancia natural y cultural.

2. Metodología

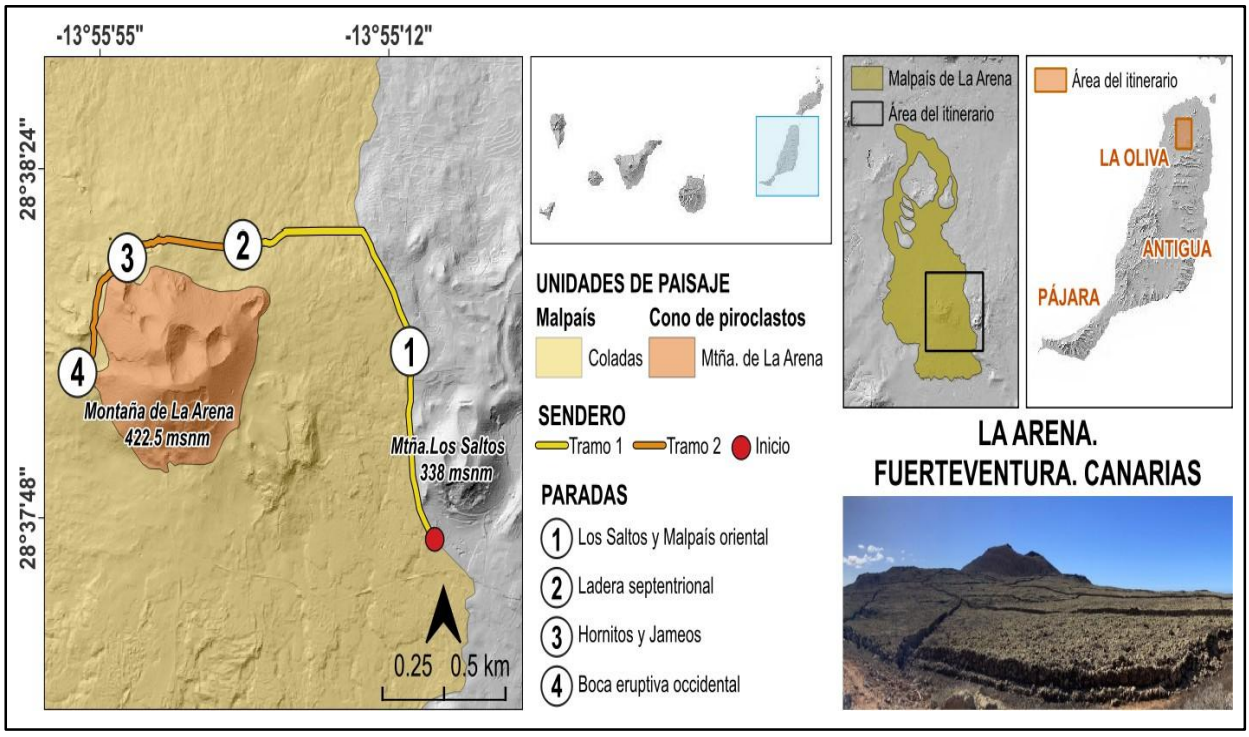
La metodología utilizada para la realización de este itinerario incluye una primera fase de estudio geográfico del paisaje en el que se disocian y estudian los componentes de su configuración espacial (formas del relieve, vegetación y aprovechamientos tradicionales), y con posterioridad se establecen sus exclusivas combinaciones territoriales (Martínez de Pisón, 2009). En una segunda fase se diseña una ruta que permite el descubrimiento e interpretación sus aspectos formales de forma interrelacionada a variadas escalas. La ruta se organiza en tramos del recorrido, que corresponden a las unidades de paisaje, y en paradas numeradas georreferenciadas que facilitan visiones panorámicas o la identificación de los elementos más representativos de su patrimonio natural y cultural (Beltrán-Yanes *et al*., 2021). Para este trabajo se han llevado a cabo tareas de fotointerpretación de imágenes de satélite y salidas de campo para la identificación de las comunidades vegetales, elementos geomorfológicos y de usos tradicionales. La cartografía ha sido realizada mediante el Software QGIS y el servicio *wms* de ortofotos, y mapas de sombras de la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDE Canarias).

3. Resultados. Los paisajes del Volcán de La Arena

Este conjunto eruptivo de edad holocena se distingue por presentar formas volcánicas relacionadas con una erupción monogénica de naturaleza basáltica. Sobre este entorno volcánico se desarrolla un paisaje vegetal característico de los malpaíses recientes canarios y que se distingue por un matorral abierto de adaptaciones fisonómicas a un ambiente semiárido. A lo largo de este sendero atravesaremos desde el sureste las coladas que conforman el Malpaís de La Arena hasta llegar al sector noroeste en la montaña volcánica central. En este recorrido se reconocen coladas aa y pahoehoe, cráteres, hornitos, canales lávicos y jameos. También destacan elementos florísticos representativos de los matorrales de

Fuerteventura, y restos de construcciones de piedra seca resultado de la sabia adaptación de la población en el pasado a los escasos recursos naturales, propios de una isla volcánica de ambiente desértico (Fig.1).

Figura 1. Área de estudio, mapa del itinerario e imagen del Volcán de La Arena



Fuente: Mapa de Sombras (IDE Canarias). Elaboración propia.

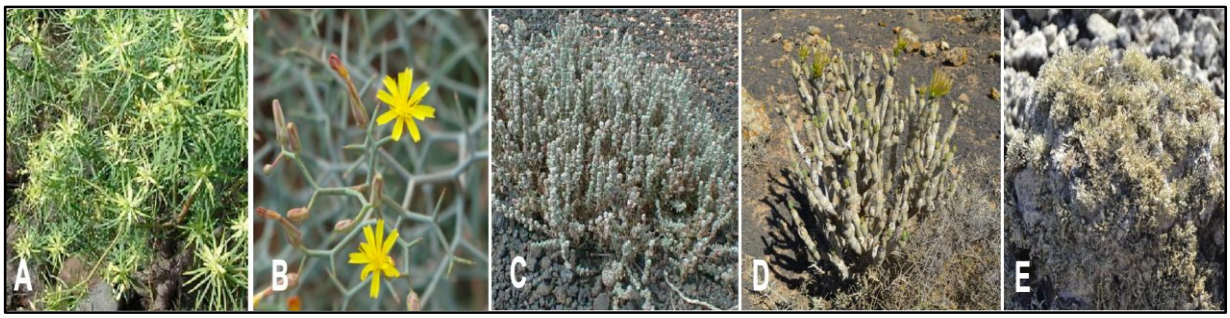
Tramo 1. El Malpaís

Esta unidad de paisaje principal corresponde a las coladas de La Arena que partieron desde los cráteres principales y fisuras radiales situadas en la base del cono. A partir de estas bocas eruptivas se derramaron coladas de diferentes morfologías, principalmente aa y en bloques de superficies escoriáceas, y emisiones más fluidas, tipo pahoehoe, con sustratos más continuos y regulares. En cuanto a la vegetación, presenta un tabaibal en el que predomina la tabaiba amarga (*Euphorbia regis-jubae)*, que constituye un matorral abierto de elementos de ramas suculentas, con hojas reducidas y, a veces con espinas, con presencia de algoaera (*Chenoleoides tomentosa*), tomillo marino pardo (*Frankenia capitata*) y brusquilla (*Suaeda mollis*) y aulagas (*Launaea arborescens*), adaptadas a un clima local semiárido, con precipitaciones escasas y muy irregulares (Fig.2). También se pueden identificar tabaibas dulces (*Euphorbia balsamifera*) en la zona norte, espinos (*Lycium intricatum*) y una especie rara protegida, conocida como cuernúa (*Caralluma burchardii*) (Del Arco, 2006 y Torres y Lillo, 1995). Además, llama la atención el extenso manto de líquenes (*Ramalina bourgeana* y *Xanthoria resendei*), adaptados a las superficies rocosas recientes y favorecidos por la exposición a la humedad del alisio del noreste que le concede una coloración blanquecina general al malpaís. La colonización de talófitos constituye un rasgo diferenciador de la colonización vegetal tras las perturbaciones volcánicas, pues es uno de los tipos de vegetación mejor adaptados a prosperar directamente sobre el roquedo

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

volcánico, con preferencia en coladas de lava (Beltrán-Yanes y Dóniz-Paez 2009). Respecto a la fauna, se reconocen aves como la curruca tomillera (*Sylvia conspicillata*), cuervos (*Corvus corax*), y otras como las corujas o lechuzas majoreras (*Tyto alba gracilirostris*) y pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), que encuentran en este espacio protegido zona de residencia y cría (Torres y Lillo, 1995). Los usos agrarios tradicionales desarrollados en esta unidad han dejado huella en el paisaje. En algunas zonas los restos de muros de piedra seca -recintos-, recuerdan el importante uso ganadero desarrollado en los derrames lávicos. Antiguamente era habitual ver los rebaños de cabras recorriendo este espacio en los que destacaban las cabras autóctonas de raza majorera (*Capra aegagrus hircus*). El ganado cabrío tuvo tradicionalmente una densidad notable en esta isla deprimida económicamente por la falta de lluvias hasta la llegada del turismo el siglo pasado.

Figura 2. Elementos de la vegetación presentes en el itinerario. A. *Euphorbia regis-jubae.* B. *Launaea arborescens.* C. *Chenoleoides tomentosa.* D. *Kleinia neriifolia.* E. *Ramalina bourgeana.*



Fuente: NaturalistaCo, Biocan y autores.

Parada 1. Montaña de los Saltos y malpaís oriental. 28.634664, -13.919198

Desde este lugar tenemos un bello panorama del flanco este del cono principal y de todas las coladas con su característica parcelación agroganadera. La Montaña de Los Saltos situada al este del sendero, pertenece a una erupción previa al de La Arena. Este volcán posee una altitud de 338 m.s.n.m, tiene planta subcircular alargada hacia el NE y varias bocas alineadas según fracturas de rumbo NNE-SSO. El cráter sumital posee una forma calderiforme sin salideros de lava, que evidencia su actividad fundamentalmente explosiva (Criado, 1991).

También se pueden observar con detalle las coladas que bordean por el este y hacia el norte el cono de La Arena. Se trata de lavas en su mayoría de morfología aa y en bloques que integran mayoritariamente este malpaís -denominación canaria de estos sustratos lávicos muy irregulares, caóticos y fragmentados, de difícil tránsito para los isleños- (Fig. 3). En otros sectores aparecen coladas cordadas de tipo pahoehoe, de superficies más continuas y regulares que corresponden a primeras emisiones más fluidas. La cobertura liquénica de las coladas constituyó un alimento singular para los rebaños de cabras en este ambiente tan árido, adverso para la vida (Bruquetas y Gaviño, 2011). La parcelación del malpaís para fines ganaderos y delimitación de propiedad supuso el levantamiento de largos muros de piedra seca sobre los derrames de lava, que dibujan llamativas cuadrículas sobre el paisaje volcánico original.

Tramo 2. La Montaña de La Arena

Se trata de la otra unidad de paisaje en que se organiza este conjunto eruptivo y es fruto de un dinamismo explosivo preferente durante la erupción; está formado por escorias, lapilli y bombas volcánicas estratificadas. Sus dimensiones llaman la atención frente a otros edificios volcánicos de la misma tipología en la isla. Presenta un diámetro en su base comprendido entre 700-840 m y una altitud máxima de 422

m.s.n.m. Se trata de un volcán basáltico monogénico de morfología múltiple formado por varios edificios y bocas eruptivas. En su cúspide aparecen dos cráteres anulares principales en forma de embudo y otra boca-canal lávico abierta hacia al oeste de actividad principalmente efusiva; estos puntos de emisión se presentan siguiendo una alineación principal E-O (Fig.3). Se pueden reconocer otras bocas eruptivas de diferente morfología en el perímetro basal de este edificio volcánico (Criado, 1991).

Figura 3. Elementos geomorfológicos presentes en el itinerario. A. Coladas aa; B. Coladas pahoehoe; C. Cono de piroclastos, cráteres y salideros de derrames lávicos. D. Hornito. E. Jameo.

Fuente: C. Bruquetas y Gaviño (2011) y autores

Parada 2. Ladera septentrional de Montaña de La Arena. 28.637758, -13.926107

En esta parada llama la atención los recintos circulares de piedra seca. Se trata de construcciones realizadas para proteger los frutales de secano, como las higueras, del ganado (Fig 4). Asimismo, desde aquí se reconocen algunas morfologías asociadas a centros de emisión del volcán de la Arena entre los que destaca un pequeño cono de escorias soldadas tipo "spatter", construido por jirones y plastrones de lava -fragmentos muy fluidos- que se han acumulado en torno a un cráter cuya actividad debió ser muy fluida, tipo fuente de lava (Dóniz-Paez *et al.*, 2020).

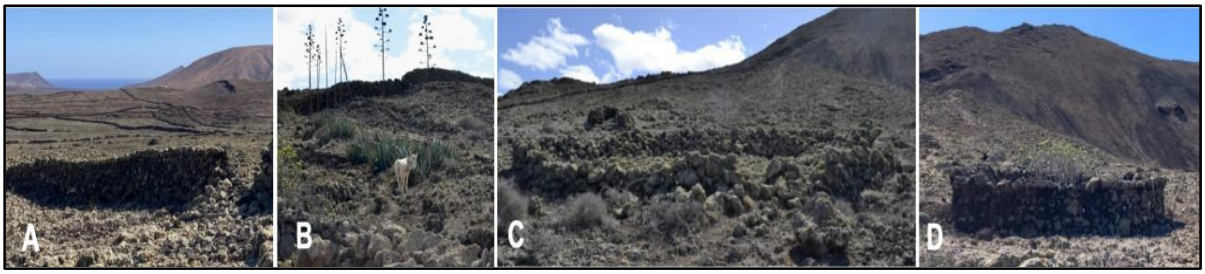
Parada 3. Los hornitos y jameos. 28.637440, -13.930916

Siguiendo el sendero que discurre hacia el oeste aparecen varios hornitos volcánicos que se distinguen con claridad sobre las corrientes lávicas (Fig.3). En este caso, se trata de hornitos sin raíz que son resultados de procesos de desgasificación de las coladas de lava y en torno a los cuales se acumulan algunos materiales escoriáceos. También en algunos puntos de esta zona norte se reconocen algunos tubos volcánicos por donde fluyó la lava, y en los que se identifican algunos jameos -aberturas formadas por el derrumbe del techo de estos túneles lávicos-. Muchos de estos jameos y hornitos fueron

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

utilizados como refugio y habitáculo aborigen durante sus actividades ganaderas trashumantes (Torres y Lillo, 1995).

Figura 4. Elementos relacionados con el uso pastoril y agrícola. A. Parcelación del malpaís. B Antiguas áreas de cultivo de secano con higueras, tuneras y piteras. C y D. Espacios circulares delimitados por muros de piedra



Fuente: los autores

Parada 4. Boca eruptiva occidental. 28.634163, -13.933017

El sendero continúa dirigiéndose hacia el suroeste, bordea al volcán hasta llegar a la boca eruptiva occidental. Se trata de un centro de emisión-canal lávico alargado y abierto, más pequeño que los cráteres principales de la cima. En este lugar podremos familiarizarnos con las características morfológicas del material piroclástico, que corresponde a componentes sueltos y muy fragmentados, fruto de la dinámica eruptiva de tipo estromboliano, y en los que se reconocen lapilli, escorias y bombas volcánicas. Si está permitido subir a la cima del volcán, desde ese punto se podrá disfrutar de una visión panorámica de 360º de toda la zona norte de la isla (El Cotillo, Corralejo, Tindaya, La Oliva, Villaverde, Dunas de Corralejo, la isla de Lobos, Lanzarote); una de las mejores vistas de Fuerteventura. Esta parada pone fin al sendero por el Volcán de La Arena y se recomienda regresar por el mismo camino hasta el comienzo de la ruta.

4. Conclusiones

El análisis de los paisajes del Volcán de La Arena permite conocer las singulares expresiones formales de este territorio de Fuerteventura, características de erupciones monogénicas recientes de naturaleza basáltica. El diseño de esta ruta descubre no sólo sus llamativas fisonomías volcánicas y de paisaje vegetal, en el que llama la atención la alta cobertura de líquenes en las coladas, sino también revela la sabia convivencia que mantenían los antiguos majoreros, habitantes de esta isla desértica, con los recursos naturales muy limitados de los volcanes. La presencia de superficies eruptivas rocosas sin suelo sólo permitía un pastoreo extensivo en el malpaís, espacio con mejor potencial ecológico para la colonización vegetal. Así, llama la atención la existencia de parcelas de muros de piedra sólo en los abanicos lávicos.

La creación de rutas de paisaje en espacios protegidos desde el conocimiento geográfico se centra en una manera de mirar la naturaleza con perspectiva global e interrelacionada, más cercana a la identidad de los territorios, que el senderista y el turista puede buscar y demandar con más interés que la visión exclusiva de sus elementos constituyentes aislados, desde la geología, biología y etnografía.

Por tanto, la creación de itinerarios con contenidos desde esta especialidad puede contribuir a la generación de nuevos productos turísticos que consoliden novedosas modalidades de turismo sostenible y desarrollo territorial local.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto europeo "VOLTURMAC, Fortalecimiento del volcanoturismo en la Macaronesia" (MAC2/4.6c/298-2020-2024)

6. Referencias bibliográficas

Beltrán-Yanes, E. y Dóniz Páez, J. (2009). 8320 Campos de lava y excavaciones naturales. En (VV. AA) *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Red Natura 2000.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Beltrán-Yanes, E.; Dóniz-Páez, J. y Esquivel-Sigut, I. (2021). Propuesta metodológica para itinerarios turísticos de paisaje en espacios protegidos: aplicaciones en la Reserva natural especial del Chinyero (Tenerife, Canarias). En García, J.L. (coord.) *Libro de resúmenes de los trabajos del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía*. A.G.E. 479-480

Bruquetas De Castro, F. y Gaviño De Franchy, C. (2011). *La Oliva: La Historia de un pueblo de Fuerteventura*. Ayuntamiento De La Oliva.

Criado Hernández, C. (1991). *La Evolución del Relieve de Fuerteventura*. Servicio De Publicaciones del Cabildo Insular de Fuerteventura. Puerto Del Rosario.

Del Arco, M. *et al.* (2006). *Mapa de Vegetación de Canarias.* Grafcan. Santa Cruz de Tenerife.

Dóniz-Páez, J; Beltrán-Yanes, E; Becerra-Ramírez, R.; Pérez, N. Hernández, P. A. and Hernández, W. (2020). Diversity of volcanic geoheritage in the Canary Island, Spain. *Geociencias* 10 (10) 390 https://doi.org/10.3390/geosciences10100390

Martínez de Pisón, E. (2009). Los paisajes de los geógrafos. *Geographicalia.*, *55*, 5–25. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.200955798

Picazo, H. (2012). ¿Por qué viajamos donde viajamos? Una Introducción a la estrecha relación entre Turismo y Paisaje. *Revista Eubacteria*, *29*, 1-5. Universidad de Murcia,

Santos-Pavón, E., Fernández-Tabales, A. y Muñoz-Yules, O. (2016). La incorporación del paisaje a la planificación turística. Análisis de la estrategia de turismo sostenible de Andalucía. *Cuadernos de Turismo*, 37, 175-202. https://doi.org/10.6018/turismo.37.256201

Torres Cabrera, J.M. y Lillo Puig, Patricia. (1995). *Guía de Campo del Malpaís de La Arena y su entorno: La Oliva, Villaverde, Cañada De Melián, Lajares y Calderón Hondo*. Cabildo Insular de Fuerteventura.

CAMINANDO EL LITORAL: ENTREVISTAS EN MOVIMIENTO PARA COMPRENDER EL LITORAL CATALÁN EN EL CONTEXTO DEL ANTROPOCENO

BRIANA BOMBANA[1]

GABRIELA FAUTH[1]

PEP VIVAS-ELIAS[2]

[1]LabCiutats, Estudis de Dret i Ciències Polítiques, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla de Poblenou 156, 08018 Barcelona, bbombana@uoc.edu, ORCID: 0000-0002-6044-3116; gfauth@uoc.edu, ORCID: 0000-0002-0650-4221

[2]LabCiutats, Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla de Poblenou 156, 08018 Barcelona, pvivasi@uoc.edu, ORCID: 0000-0003-1099-0784

Abstract: This research explores the Anthropocene, marked by rapid socio-economic and ecological changes intensifying the socio-ecological crisis. It addresses challenges like climate change and biodiversity loss, and examines the gap between anthropocentrism, which centers humans in decision-making, and ecocentrism, which recognizes the interdependence of all ecosystem elements. The study focuses on the Catalan coastline, exploring relationships between human and non-human processes, and aims to identify ecocentric and anthropocentric perceptions of space. Through "walking interviews" in 2025, the study seeks to understand the meanings, values, and connections coastal residents and users assign to their environment. This method captures place-based experiences and fosters authentic interactions, emphasizing the environment's influence on sense-making. Interviews are organized into four sections: 1) Perception of the environment, 2) Perception of changes, 3) Perception of policies, and 4) Vision of the future. Preliminary results show that walking interviews effectively capture situated narratives, revealing a living territory marked by conflicts, care, and disputes. The study also highlights alternative, non-catastrophic perspectives on the current moment. Nevertheless, future developments are needed to improve representativity and explore human relationships and the complexity of the Anthropocene within anthropocentric-ecocentric frameworks.

Keywords: Global change; socioecological relations; ecocentrism; coastal systems; mobile interviews; Catalonia.

1. Introducción

Propuesto inicialmente como nueva época geológica (Crutzen & Stoermer, 2000), el Antropoceno ha trascendido su origen disciplinar para convertirse en un marco crítico que evidencia cómo la acción humana transforma, irreversiblemente, los sistemas planetarios (Lorimer, 2017). Aunque aún no ha sido reconocido oficialmente por la geología, el concepto ha ganado centralidad en debates sobre las crisis contemporáneas, al señalar ciertos impactos acelerados -como urbanización, turismo masivo o sobreexplotación hídrica- que agravan el cambio climático y provocan el colapso de ecosistemas a ritmos incompatibles con la resiliencia del planeta (Steffen et al., 2015).

Más allá de esto, el Antropoceno visibiliza desigualdades estructurales, abusos en contextos extractivos y jerarquías entre especies (Kotzé & French, 2018; Svampa, 2019). Este nuevo régimen planetario cuestiona los enfoques de gestión centrados en el control y la previsibilidad, y demanda miradas más relacionales y complejas (Vieira & Florêncio, 2022). Diversos estudios subrayan la necesidad de repensar el vínculo humanidad-naturaleza desde perspectivas no antropocéntricas, que reconozcan nuestra interdependencia con el resto de la trama vital (Bombana et al., en prensa). Frente a la lógica dominante del desarrollo, el ecocentrismo propone una ética basada en el valor intrínseco de todos los elementos del socioecosistema (Naess, 1973; Vieira & Florêncio, 2022). Sin embargo, este enfoque se enfrenta a limitaciones prácticas y desafíos culturales, especialmente debido a la invisibilización de saberes locales y ontologías alternativas, a menudo opacadas por los discursos científicos globales (Naess, 1973; Taddei et al., 2022).

En este marco, los sistemas costeros se perfilan como territorios clave: altamente vulnerables, ecológicamente ricos y en transformación intensa que, a su vez, pueden funcionar como laboratorios para comprender las dinámicas críticas y anticipar ciertas respuestas socioecológicas. Este estudio se sitúa en el litoral catalán (Mediterráneo noroccidental) y lo aborda desde una perspectiva situada (Haraway, 1995) que asume la territorialidad como dimensión política. Mediante entrevistas en movimiento con actores locales - técnica basada en diálogos itinerantes que vinculan espacios subjetivos durante recorridos (Di Masso et al., 2025)-, se exploran vínculos socioecológicos, afectivos y agencias no humanas. Este enfoque permite que el territorio "se exprese", revelando experiencias espaciales usualmente invisibilizadas (Di Masso et al., 2025) y activando saberes que entrelazan lo humano y no humano para iluminar matices socioecológicos emergentes.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de Estudio

Con 700 km de costa, Cataluña (Mediterráneo noroccidental) alberga una gran diversidad de paisajes y ecosistemas, incluyendo más de 70 hábitats marino-costeros en la interfaz tierra-agua (Departament de Territori i Sostenibilitat - GenCat, 2018). Su geografía combina calas rocosas, playas, humedales y deltas (LIM/UPC, 2010). Este valor natural y paisajístico sostiene destinos turísticos clave como la Costa Brava y la Costa Daurada, posicionando a Cataluña entre los principales destinos de España, con más de 18 millones de visitantes internacionales en 2023 (Gencat, 2023). Desde el siglo XX, el paso de actividades primarias, como la pesca, a un modelo turístico ha intensificado la presión sobre el litoral, con densidades que alcanzan los 10.500 hab/km² y picos estivales ligados al turismo de sol y playa (Serra & Foz, 2015). Aunque fuertemente cuestionado por movimientos sociales (por. ej. Massó & Solé, 2019), este proceso ha provocado degradación de dunas, erosión, masificación, etc. Cataluña es hoy una de las comunidades autónomas con mayor proporción de litoral degradado en

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

España (Greenpeace, 2013), lo que refuerza la urgencia de una gestión costera integrada (Sardá et al., 2015). A su vez, la complejidad socioecológica convierte, al litoral catalán, en un caso representativo para analizar las tensiones entre sociedad y naturaleza.

2.2. Metodología

2.2.1. Planificación de las entrevistas en movimiento

Teniendo en consideración el contexto del Antropoceno -un marco que reconoce el peso de procesos históricos en la aceleración de los impactos ambientales actuales y sus proyecciones futuras (Bonneuil & Fressoz, 2016)- se diseñó un guion de entrevistas con enfoque temporal y territorial. Este se estructuró en cuatro bloques: percepción del entorno (presente), políticas y gestión, cambios percibidos (pasado) y visión de futuro. Se seleccionaron personas con una relación sostenida -profesional y/o personal- con el mar o el litoral catalán, mediante un muestreo intencional centrado en la diversidad territorial y relacional. A partir de contactos previos, se conformó una muestra que, por un lado, reflejara distintas problemáticas del litoral (como la pesca artesanal, proyectos de infraestructura como el parque eólico marino o la presión urbanística de los paseos marítimos) y, por otro lado, estuviera geográficamente distribuida en las tres provincias costeras: 1. Girona -con la Costa Brava, conocida por sus calas rocosas; 2. Barcelona -área metropolitana, Maresme y Garraf, con muchas playas arenosas y urbanizadas; 3. Tarragona -Costa Daurada y Delta del Ebro, con litorales amplios, ecosistemas diversos e infraestructuras de soporte a Barcelona. La selección buscó recoger formas diversas de vínculo con el entorno costero desde una perspectiva situada (Haraway, 1995). Se obtuvo el consentimiento informado y se pidió, a cada participante, elegir un punto significativo para iniciar la entrevista en movimiento. La planificación incluyó coordinación y verificación de dispositivos de grabación y georreferenciación.

2.2.2. Aplicación y análisis de las entrevistas en movimiento

Al inicio de cada entrevista se recordó el protocolo a la persona participante. Las caminatas transcurrieron como conversaciones espontáneas, en estrecha relación con el entorno. La trayectoria se registró mediante la app Wikiloc (.gpx) y se visualizó en Google My Maps, lo que permitió trabajar sobre una interfaz georreferenciada. El audio fue transcrito con otranscribe.com. El análisis cualitativo se realizó a partir de una lectura interpretativa reiterada de las transcripciones, sin software especializado. Se aplicó una codificación temática inicial con categorías predefinidas -actividades en el litoral, actores/instituciones, normativa, elementos no humanos, naturaleza como sujeto, motivación, bienestar humano, fuerzas motrices y relaciones humano–no humano-, ajustadas inductivamente conforme surgían nuevos elementos. Este enfoque favoreció una categorización flexible y reflexiva. Aunque no se utilizó validación intercodificadores formal, las autoras discutieron las categorías emergentes para asegurar coherencia interpretativa. Durante la revisión se identificaron referencias explícitas o implícitas a lugares del recorrido, que fueron geolocalizadas manualmente en Google My Maps, señalando puntos de interés -como espigones o espacios simbólicos- acompañados de fragmentos textuales o anotaciones. La triangulación combinó datos empíricos, fuentes bibliográficas, materiales técnicos y visualización cartográfica, fortaleciendo la validez analítica. En 2025 se realizaron ocho entrevistas en el litoral catalán; se prevé ampliar la muestra a 15–20 casos para aumentar la variabilidad y avanzar hacia la saturación discursiva, entendida como el punto en que nuevos casos no aportan dimensiones analíticas sustanciales.

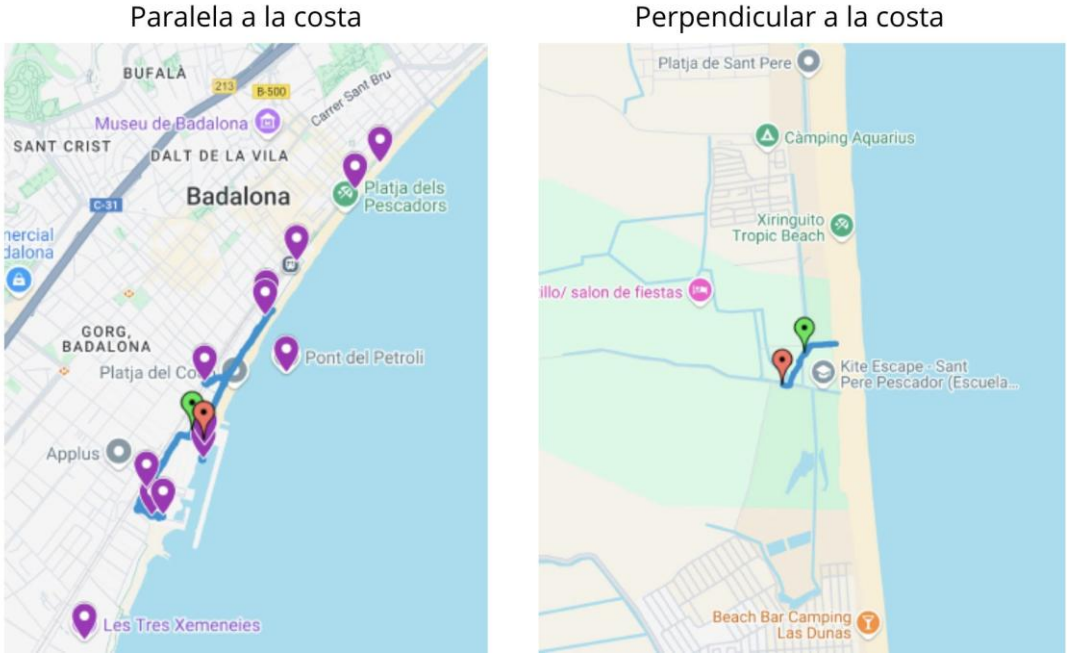
3. Resultados y Discusión

3.1. Perfil de las personas entrevistadas y de las rutas recorridas

Se entrevistaron 8 personas con perfiles diversos, predominando los hombres (7), con una distribución etaria heterogénea: 2 entre 31-45 años, 4 entre 46-60 y 2 mayores de 60. En cuanto a su adscripción institucional, 4 pertenecen a colectivos de la sociedad civil, 3 al sector público y 1 al sector privado. Las entrevistas se distribuyen geográficamente en las tres provincias costeras de Cataluña: 2 en Barcelona, 3 en Girona y 3 en Tarragona. Esta diversidad territorial e institucional posibilita abordar retos como el turismo, la presión urbanística, la transformación de la pesca o las infraestructuras energéticas.

De las rutas realizadas (Figura 1), cinco siguieron trazados paralelos al litoral, aprovechando infraestructuras urbanas o semiurbanas como paseos marítimos; y dos fueron perpendiculares, en áreas con figuras de protección ecológica; y una entrevista se realizó de forma estática desde un punto ligeramente elevado del paseo marítimo, lo que favoreció una narrativa más contemplativa. Un hallazgo relevante fue la frecuente mención a elementos extraterritoriales -como impactos provenientes de otras zonas de la cuenca hidrográfica- y marinos no visibles desde tierra, como las praderas de Posidonia oceanica. Estas referencias reflejan una percepción multiescalar del litoral, articulando conexiones tierra-mar y cuestionando la invisibilización del medio marino. Tal comprensión territorial y ecológica refuerza la necesidad de una gestión integrada y multiescalar del litoral, capaz de considerar las interdependencias entre escalas locales, regionales y marinas, así como entre actores diversos y sectores de actividad.

Figura 1. Modelos de rutas recorridas (línea azul) con inicio (punto verde) y final (punto rojo), y puntos morados que representan localizaciones mencionadas en las entrevistas, mostrando conexiones espaciales y narrativas del entorno.



Fuente: Las autoras.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.2. Análisis Temático de las Relaciones Socioecológicas en el Litoral Catalán

Para comprender la relación de las personas con el litoral, se les preguntó por sus actividades. Las respuestas abarcaron desde prácticas recreativas (caminar, nadar, pescar) hasta científicas, educativas, de conservación y económicas, como la pesca o el turismo. A partir de estas menciones, las entrevistas avanzaban con fluidez, revelando conexiones entre el bienestar humano -material (dependencia económica) e inmaterial (el mar como espacio trascendente)- y una variedad de vínculos con el litoral: conflictivos (desarrollo vs. conservación), identitarios ("L'Escala sin mar no sería nada"), extractivos (pesca industrial), espirituales ("la tramuntana es equilibrio") o simbióticos (protección de dunas), lo que evidencia la complejidad de esta relación. Según IPBES (2022), estas formas de vinculación se agrupan en cuatro modos generales: vivir de la naturaleza (uso de recursos), con ella (valoración de procesos vitales), en ella (reconocimiento de su papel en la vida cotidiana y cultural) y como naturaleza (sentirse parte integral de ella). En Cataluña predominan los tres primeros, coherentes con las cosmovisiones occidentales, aunque también aparecen expresiones del cuarto, menos habitual, como en los discursos de carácter espiritual.

Durante las entrevistas, se identificaron impactos socioecológicos recurrentes, como la erosión costera, cambios en la biodiversidad y contaminación plástica, atribuibles principalmente al turismo masivo y la urbanización. También se señalaron presiones específicas de proyectos como el parque eólico marino en Girona y la industria petroquímica en Tarragona. A estos factores locales se suman dinámicas globales como el capitalismo y la especulación inmobiliaria. Aunque el cambio climático se mencionó menos, se vinculó con fenómenos como la erosión y la proliferación de nuevas especies. Esta menor referencia podría reflejar una desconexión entre la experiencia local, más concreta y diversa, y la agenda ambiental dominante, centrada en el cambio climático, principalmente a través de la reducción de emisiones (Pereira et al., 2023). Los desafíos del Antropoceno superan nuestra capacidad de comprensión, dificultando la identificación de causas sistémicas como el cambio climático. Sin embargo, las percepciones locales parecen ofrecer una visión integrada y material de los problemas socioambientales, apoyando la crítica al enfoque monotemático de la agenda dominante (Pereira et al., 2023).

Algunas personas entrevistadas expresaron nostalgia por paisajes previos a la urbanización, mientras que otras aceptaron la alteración como parte de la realidad actual. Un ejemplo clave fue la transformación del litoral de Barcelona, donde la conversión de polígonos industriales en espacios públicos fue vista positivamente, pero se lamentó el deterioro de "la mar". Esto refleja la idea de que hay tanto avances como retrocesos. A pesar de las preocupaciones, se identificaron mejoras, como el aumento de la conciencia ciudadana y acciones locales como la regulación de actividades náuticas, la regeneración de dunas y la creación de áreas protegidas. Se destacó la importancia de luchas colectivas, como la preservación de Els Muntanyans en Torredembarra, señalando que estas dinámicas de cuidado podrían ofrecer alternativas frente a una visión catastrofista del Antropoceno. En cuanto a la gobernanza, se mencionaron diversos actores, como la competencia entre administraciones públicas (Generalitat de Catalunya y municipios), la lucha de las organizaciones ecologistas (Ecologistes en Acció, GEPEC) y las demandas del sector privado (turismo e industria). La gestión pública fue vista como ineficiente, con dificultades en la aplicación de normativas y falta de coordinación interadministrativa.

Por último, se reconoció la agencia de lo no humano. Por ejemplo, los temporales fueron interpretados como respuestas de la naturaleza y el mar fue descrito como entidad autónoma ("la mar se cuida sola") y terapéutica. Las motivaciones para preservar el entorno se enmarcaron en dos grandes

ejes: el socio-altruismo, vinculado a la justicia social y la educación ambiental, y el altruismo biocéntrico, orientado a la conservación de ecosistemas por su valor intrínseco, lo que, al menos en el discurso, destaca una evolución hacia motivaciones menos antropocentradas.

4. Conclusiones

Este estudio preliminar destaca el litoral catalán como un territorio vivo, marcado por conflictos, cuidados y disputas, tanto locales como globales. Los discursos iniciales recopilados reflejan diversas percepciones sobre los retos de la gobernanza y los impactos socioecológicos, mostrando preocupación por la degradación socioecológica, pero también reconocimiento de iniciativas locales de adaptación y conservación. Surgen opiniones que cuestionan una visión simplista y antropocéntrica, reconociendo la agencia de los elementos naturales y una ética ecocéntrica latente, evidenciada en motivaciones altruistas hacia la conservación. Fenómenos como los temporales son interpretados como respuestas de la naturaleza, y el mar se presenta como una entidad autónoma y transformadora. La metodología de entrevistas en movimiento ayudó a capturar las narrativas situadas y las relaciones socioespaciales (Haraway, 1995). Sin embargo, se requieren desarrollos futuros para mejorar la representatividad y, sobre todo, explorar puntos clave como las diversas relaciones humanas y la manera en que se aborda la complejidad de la condición del Antropoceno, así como su conexión con los desafíos de la gobernanza costera en este contexto.

5. Agradecimientos

Briana Bombana desea expresar su agradecimiento a la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) por el financiamiento de su proyecto de investigación posdoctoral, del cual este estudio forma parte.

6. Referencias

Bombana, B., Fauth, G., & Vivas-Elias, P. (s. f.). *Reframing Environmental Governance in the Anthropocene: A Review of Biocentric and Ecocentric Alternatives.* Aceptado para publicación derivada de la International Conference «The Crossroad of International Environmental Law Enforcement», Barcelona.

Bonneuil, C., & Fressoz, J. B. (2016). *The Shock of the Anthropocene*. Verso.

Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *IGBP Newsletter*, 41, 17-18.

Departament de Territori i Sostenibilitat - GenCat. 2018. *Manual dels hàbitats de Catalunya: catàleg dels hàbitats naturals reconeguts en el territori català d'acord amb els criteris establerts pel CORINE biotopes manual de la Unió Europea.*

Di Masso, A., Santoro Lamelas, V., Vivas i Elias, P., Pradillo-Caimari, C., Aleu-Barnadas, L., Berroeta, H., & Solano-Molina, R. (2025). What is so good about walking interviews? Expanding the geo-indexical virtues of making meaning on the move. *Qualitative Research in Psychology*.

Greenpeace. 2013. *Destrucción a toda costa 2013: análisis del litoral a escala municipal*. https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/DTC%202013.pdf

Haraway, D. (1995). *Ciencia, cyborgs y mujeres: la reinvención de la naturaleza* (Vol. 28). Universitat de València.

IPBES. (2022). *Summary for policymakers of the methodological assessment of the diverse values and valuation of nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).* https://doi.org/10.5281/ZENODO.7410287

Kotzé, L. J., & French, D. (2018). The Anthropocentric Ontology of International Environmental Law and the Sustainable Development Goals: Towards an Ecocentric Rule of Law in the Anthropocene. *Global Journal of Comparative Law*, 7(1), 5-36. https://doi.org/10.1163/2211906X-00701002

LIM/UPC. (2010). *Llibre verd de l'Estat de la zona costanera a Catalunya*. https://www.icgc.cat/ca/Dades-i-productes/GeoDades/Bases-de-dades-i-catalegs/Llibre-verd-de-lEstat-de-la-zona-costanera-Catalunya-2010-Acces

Lorimer, J. (2017). The Anthropo-scene: A guide for the perplexed. *Social Studies of Science*, 47(1), 117-142. https://doi.org/10.1177/0306312716671039

Massó, L., & Solé, L. (2019). Al rescat d'una Costa Brava en perill. *La Directa*. https://directa.cat/al-rescat-duna-costa-brava-en-perill/

Naess, A. (1973). The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement. *Inquiry*, 16, 95-100.

Pereira, C. C., Negreiros, D., Barbosa, M., Goulart, F. F., Dias, R. de L., Melillo, M. C., Camarota, F., Pimenta, M. A., Cruz, M., & Fernandes, G. W. (2023). Has climate change hijacked the environmental agenda? *Nature Conservation*, 53, 157-164. https://doi.org/10.3897/natureconservation.53.110961

Sardá, R., Valls, F., Pintó, J., Ariza, E., Lozoya, J. P., Fraguell, R. M., Martí, C., Rucabado, J., Ramis, J., & Jimenez, J. A. (2015). Towards a new Integrated Beach Management System: The Ecosystem-Based Management System for Beaches. *Ocean and Coastal Management*, 118, 167-177.

Serra, A., & Foz, J. (2015). *L'avantprojecte de llei sobre l'ordenació del litoral Català*. En: La governança i la gestió integrada del litoral a Catalunya, 82-89.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

Svampa, M. (2019). *Antropoceno. Lecturas globales desde el Sur* (E. C. de la F. de F. y H. de la U. N. de Córdoba, Ed.).

Taddei, R., Shiratori, K., & Bulamah, R. C. (2022). *Decolonizing the Anthropocene*. En: The International Encyclopedia of Anthropology (pp. 1-12). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118924396.wbiea2519

Vieira, P. F., & Florêncio, R. D. (2022). Reverência pela vida: por uma contracultura ecocêntrica no antropoceno. Revista Internacional Interdisciplinar *INTERthesis*, 19(1), 1-21.

PATRIMONIO COMUNITARIO DE NAHUELBUTA (CHILE): "ARCHIVO" DE UN IMAGINARIO TERRITORIAL COLECTIVO DE UNA MONTAÑA TENSIONADA

CARLOS CORNEJO NIETO[1]

SADY MORA GALLARDO[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Concepción, Campus Concepción Víctor Lamas 1290, Concepción (Chile), carlcornejo@udec.cl, https://orcid.org/0000-0002-1021-5000*

[2]*Artista y docente del Programa Acciona del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio (Chile), sadymora@gmail.com*

Abstract: The prevailing heritage perception of the Nahuelbuta Mountain Range (south-central Chile) is shaped by its biogeographical particularities, its spectacular landscapes, and a conservation-oriented lens. These conventional perspectives, encapsulated by the protection status of a national park, have diminished the possibility of interpreting Nahuelbuta as a living mountainous territory, infused with the complexity of locals' memories and ways of inhabiting. In dialogue with recent debates within critical cultural geography on geographical imaginations, this contribution aims to present a Mapuche-Lavkenche indigenous communities' territorial memory of the Cayucupil Valley (in Cañete, close to the main summits of the mountain range), and thus reveal the imagery of a socio-territorial heritage strained by the park's policies and the forestry industry. Through participatory action research and the conceptual language of contemporary photography, the article shows the main result of the narrative and visual information gathering of this memory, condensed into an exhibition of collective curatorship between the researchers and the community members. The exhibition emerged as part of a community heritage archive of knowledge, memories, and collective experiences in relation to the mountain and the valley, revitalizing the value of a social narrative linked to territory. Likewise, it witnessed a native biodiversity, a human landscape, and an ancestral heritage harmed by different modes of aggressive exploitation of communities' livelihoods, portraying a damaged mountain range at risk of losing its extraordinary qualities of communion between natural environment, social organization, and cultural practices.

Keywords: Nahuelbuta Mountain Range; territorial imaginary; community heritage; Mapuche people; participatory action research; conceptual photographic archive.

1. Introducción

Las montañas han ocupado un lugar predominante en la construcción de imaginarios geográficos de diversa índole. Articulan territorios de una significativa construcción sociocultural, cuya fisonomía e historicidad se complementan con elementos de carácter identitario, patrimonial y simbólico (Cosgrove & della Dora, 2008; Debarbieux & Rudaz, 2015). De igual modo, el concepto de imaginarios geográficos cuenta con una extensa trayectoria en la geografía cultural, revitalizándose recientemente por constituir una categoría de análisis capaz de vehicular y tensionar narrativas, imágenes y metáforas en continua resignificación sociocultural, no exenta de conflicto (Harvey, 2005; Zusman, 2013). No en vano, este tipo de construcciones simbólicas han sido, con frecuencia, cómplices de las conceptualizaciones geográficas de los grandes proyectos imperiales y sus relatos coloniales. La materialización de unos determinados imaginarios dominantes en grandes corpus o archivos de representaciones territoriales han permitido perpetuar intereses colonialistas a través de distintas herramientas geográficas, colecciones cartográficas e, incluso, literatura académica (Cornejo Nieto & Contreras Véliz, en prensa; Gieseking, 2017). En este contexto, los imaginarios geográficos funcionan como "un componente cultural de las formas de dominación" (Said 2020, p. 258) sobre territorios disputados, invisibilizando aquellas otras memorias, relatos y representaciones de las propias comunidades locales. Dicha complicidad colonial también ha atravesado las interpretaciones culturales imperantes de la montaña, llegando a configurar unas particulares "narrativas ortodoxas" de las cumbres (Anderson, 2012, p. 155) y una "geografía histórica maravillosa de la verticalidad" (Hunt, 2019).

Los imaginarios predominantes de la cordillera de Nahuelbuta, en el centro-sur de Chile, no están exentos de esta normalización en la medida en que habitualmente han transmitido un discurso patrimonial de tipo natural y estético constituido sobre sus endemismos biogeográficos, la belleza de los paisajes contemplados desde sus cumbres y las políticas conservacionistas de la naturaleza (Smith-Ramírez, 2004; Wolodarsky-Franke & Díaz Herrera, 2011). De este modo, la figura de protección del Parque Nacional Nahuelbuta, creado en 1939, ha tenido un papel protagónico en la definición de criterios patrimoniales de la cordillera, basados en "la protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y la fauna de importancia nacional" (CONAF). Por otra parte, la intensa actividad extractivista de la industria forestal, implementada desde hace décadas en Nahuelbuta, ha generado una imagen paralizante y servil de un territorio montañoso colonizado por el monocultivo de pino y eucalipto, cuyas comunidades apenas parecieran ejercer resistencia alguna. La difusión de este tipo de miradas científicas, estéticas, conservacionistas y desarrollistas ha perpetuado aquellos imaginarios ortodoxos eurocéntricos de la montaña. En el caso del sector central de Nahuelbuta, dichas interpretaciones redundan en la idea de montaña como una isla de biodiversidad, en la espectacularidad visual del paisaje, en la asimilación del ideal mítico de la montaña y en la explotación desmedida de sus recursos. Así, el discurso normativo sobre Nahuelbuta se ha conformado a partir de patrones culturales exógenos de la montaña que hacen de esta cordillera periférica un objeto de deseo para las ciencias naturales, las políticas de protección medioambiental y la actividad económica extractivista.

Sin embargo, se ha prestado poca atención a las dimensiones cultural, social, política y espiritual que emanan de las comunidades indígenas de Nahuelbuta en su relación de vida con el territorio de la montaña. La urgencia de interpretar la cordillera como un territorio montañoso vivo y dinámico, permeado por la complejidad de memorias, sentires y formas de habitar, ha sido normalmente desatendida. Desde ahí, esta ponencia tiene por objetivo presentar un imaginario territorial colectivo

de comunidades indígenas mapuche del valle de Cayucupil (Cañete), en el sector central de la cordillera, tensionado por los discursos mencionados anteriormente; un nuevo imaginario, y su correspondiente archivo, que quedaron materializados en una exposición fotográfica de curaduría colectiva entre el equipo investigador y la comunidad participante.

2. Materiales y métodos

La exploración de un imaginario comunitario sobre el territorio de Cayucupil, en Nahuelbuta, se llevó a cabo mediante la interacción metodológica entre la investigación-acción participativa y el lenguaje de la fotografía contemporánea conceptual. Ambos se desarrollaron bajo la perspectiva de la interculturalidad crítica, posicionamiento que comprende un compromiso ético-político tanto de la comunidad participante como del equipo investigador, todos sujetos activos de la investigación. Se trata de un proyecto inacabado de transformación con un marcado carácter descolonizante y social, donde se imbrican distintos conocimientos en permanente proceso, siempre en condiciones de respeto, simetría e igualdad. Su propósito es generar espacios de reconocimiento intersubjetivo y coexistencia, así como promover saberes distintos del modelo epistémico-cultural eurocéntrico, con sus dinámicas de racionalización de la vida, colonialidad del saber y explotación de la naturaleza (Viaña, Tapia & Walsh, 2010).

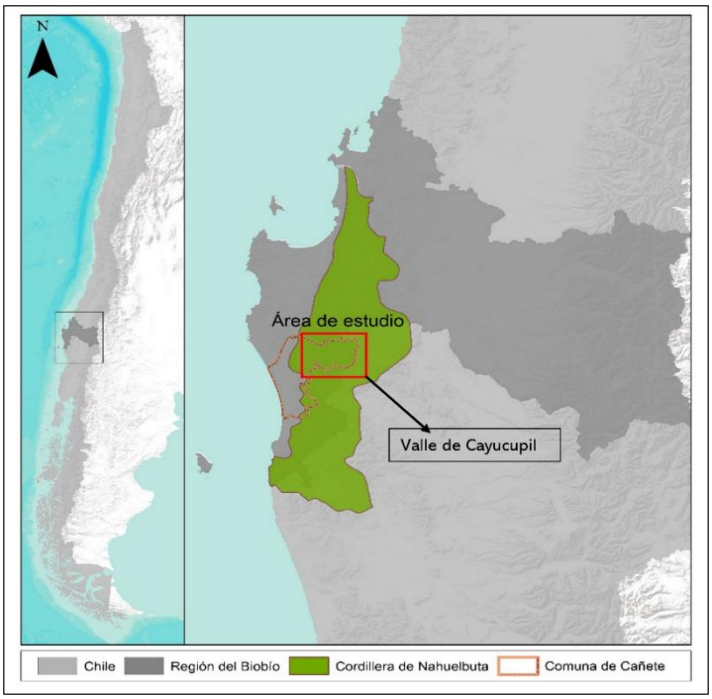
Bajo esta perspectiva, se siguieron varias fases metodológicas, articuladas en campañas de trabajo de campo y etnografía para el levantamiento de información, trabajo analítico de gabinete e instancias participativas con los miembros de la comunidad. En primer lugar, se tuvieron conversaciones con la comunidad participante, o *tragün* en lengua mapudungun, en torno a los ejes temáticos de trabajo que los y las participantes decidieran relevar desde las problemáticas propias del territorio. En la mayoría de los casos, estas conversaciones tuvieron lugar en el marco de ceremonias y rogativas. En segundo lugar, se hicieron entrevistas semiestructuradas en profundidad a miembros de la comunidad participante con el fin de sistematizar sus memorias, vivencias y relatos más significativos sobre el habitar en Nahuelbuta. En tercer lugar, se llevaron a cabo varios recorridos asistidos por algunos miembros de la comunidad con el fin de tomar registros fotográficos de aquellos lugares del territorio de significación relevante que habían sido destacados en los encuentros y entrevistas previos. Más adelante, se volvió eventualmente a las zonas recorridas para tomar fotografías más detalladas sobre cualquier aspecto relevante en base a lo conversado y compartido en sucesivos encuentros. En una cuarta fase de trabajo, esta vez de gabinete, se procedió a la sistematización, análisis e interpretación del material fotográfico, siempre en diálogo con todas las conversaciones tenidas en terreno, y en base a los ejes temáticos acordados, con el fin de articular un discurso pertinente que fuera vislumbrando el imaginario y la narrativa emanados de la comunidad. Una vez que el equipo de investigación logró revelar una propuesta discursiva a partir de las imágenes y los relatos obtenidos del trabajo de campo, se celebró una última instancia con la comunidad participante. Se trató de un taller de trabajo donde se presentó a la comunidad el corpus fotográfico-narrativo elaborado previamente, simulando la estructura y el discurso expositivo de la muestra fotográfica, a fin de que los miembros participantes llevaran a cabo su revisión y eventual validación. En el taller, se consensuaron las fotografías que se incluirían en la exposición y las partes en que se estructuraría la muestra. Se le incentivó a la comunidad a que escribieran las anotaciones que consideraran oportunas debajo de las fotografías, para lo cual fueron presentadas en formato 18x25 y grapadas, cada una de ellas, en una hoja DIN A4.

2.1. Área de estudio

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La cordillera de Nahuelbuta forma parte de la cordillera de la Costa, en Chile, elevándose entre los ríos Biobío e Imperial a lo largo de unos 100 km de extensión en dirección norte-sur y 70 km en dirección este-oeste (Figura 1). Es en las zonas más altas (cota máxima de unos 1400 m.s.n.m.) donde se encuentra el Parque Nacional Nahuelbuta, que alberga los únicos bosques de araucaria que crecen fuera de los Andes. Muy próximo al parque se encuentra el área de trabajo de la investigación, el valle de Cayucupil, perteneciente a la comuna de Cañete, al sur de la región del Biobío. Posee un entorno privilegiado para la agricultura, que ha marcado el estilo de vida de sus habitantes, razón por la cual el carácter de ruralidad está aún muy presente. Actualmente, Cayucupil concentra gran parte de la población indígena de la comuna con 15 comunidades mapuche, que representan casi el 20% de un total de 80 existentes en Cañete.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: elaboración propia.

Las particularidades socioculturales de esta cordillera están vinculadas con los acontecimientos sufridos en su historia más reciente: incremento de situaciones de exclusión social, aumento de respuestas violentas y apuesta estatal por el copamiento militar de la zona. Como territorio en permanente tensión con el proyecto moderno-colonial, Nahuelbuta ha encarnado uno de los centros de la "cuestión territorial indígena" en Chile (Martínez Berríos, Sepúlveda y Palomino-Schalscha, 2015). Constituye, por un lado, una montaña colonizada y representada por visiones externas, y, por otro, un territorio crítico y resistente por parte de sus habitantes, representando un núcleo geográfico esencial de dicho problema territorial debido a la profunda alteración de sus paisajes por medio de la agresiva implementación de la industria forestal, amparada por la Ley de Fomento Forestal (Ley N°701), cuyas plantaciones ocupan un 45% del territorio de la cordillera. Esta transformación del territorio originario se ha visto reflejado en una fragmentación del tejido social y las expresiones culturales de las comunidades que lo habitan. Como resultado, Nahuelbuta ha perdido en torno al 70% de su

vegetación original, contando con unas 19.000 ha. de bosque nativo, cuya protección bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado supone solo el 3,5% de su superficie (Wolodarsky-Franke & Díaz Herrera, 2011). Estas circunstancias hacen que, aún hoy, se piense en Nahuelbuta como un territorio de conflicto social, medioambiental, político y cultural.

3. Resultados

El imaginario resultante de la investigación se presentó en forma de exposición fotográfica. Con el título de *Nahuelbuta: un imaginario territorial silenciado. Narraciones de una geografía intercultural de resistencia*, la muestra tuvo lugar en la Casa del Arte José Clemente Orozco de Concepción entre el 27 de junio y el 25 de agosto de 2024 (Figura 2). Reunió 81 fotografías de un total de más de 400 imágenes tomadas en las campañas de trabajo en el valle de Cayucupil y las cumbres de Nahuelbuta, favorecidas, validadas y comentadas por los miembros de la comunidad implicados en el proceso investigativo. Las salas acogieron, por tanto, ese otro imaginario territorial colectivo de la cordillera, constituyendo parte de un archivo creado participativamente mediante un proceso intercultural de trabajo, y representando un discurso narrativo de expresión simbólica y multidimensional, cuyas imágenes evocaron una memoria territorial tensionada por narrativas y visiones externas (Mora Gallardo y Cornejo Nieto, 2024) (https://pinacoteca.udec.cl/expos_pinacoteca/nahuelbuta-un-imaginario-territorial-silenciado/). Este nuevo archivo, plasmado en los muros de la exposición, transitó por tres dimensiones o ejes temáticos: Habitar, Conflicto y Espiritualidad. Las impresiones de la comunidad sobre los asuntos más relevantes que afectan a su territorio tomaron protagonismo en la exposición, trasladándose a los textos de los muros que comentaban cada serie de imágenes. De este modo, como resultado del taller participativo de validación, los textos de la muestra emanaron de los pensamientos, inquietudes y anhelos de la comunidad, de sus propios sentires e interpretaciones acerca del territorio, en base a las imágenes generadas en cada una de estas tres amplias temáticas.

Figura 2. Imágenes de las salas de la exposición *Nahuelbuta: un imaginario territorial silenciado.*

Fuente: fotografías de los autores.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La primera dimensión temática de la muestra, Habitar, estuvo conformada por 26 fotografías, articuladas en distintas series que reflejaban ausencias socioculturales, recuperaciones territoriales y resiliencia comunitaria con respecto a los problemas socioterritoriales más relevantes (Figura 2a). Las series fueron: El abandono forzado de la montaña, El habitar tensionado entre plantaciones forestales, Recuperación territorial y cultural de la montaña, y Agricultura y reivindicación del uso de suelo (Figura 2b). Como se ha mencionado anteriormente, las voces de los miembros de la comunidad dialogaron con las imágenes, expresando ideas como "Ruinas y despojo. Abandono del estado a los pueblos de Nahuelbuta", "Resiliencia y sobrevivencia cultural", "Sitios de memoria: hostigamiento y violencias históricas y presentes", "Lucha y organización comunitaria del pueblo mapuche ante la agresividad y el poder de la propiedad del territorio", y "Despertar cultural y espiritual del territorio: una mirada hacia el futuro para nuestra cosmovisión" (miembros de la Comunidad Ignacio Llancapán y del territorio de Cayucupil, abril de 2024).

La dimensión Conflicto estuvo constituida por 23 fotografías, distribuidas en diferentes series de imágenes que mostraban la devastación de los recursos naturales originarios de la montaña y elementos simbólicos de resistencia del propio territorio (Figura 2c): La violencia del monocultivo sobre la montaña, subdividida a su vez en Huellas de los inicios de la industria forestal, La ocupación territorial de la forestación industrial y La degradación del suelo de la montaña; La intervención y afectación del agua; y Resistencia de la biodiversidad nativa. Los comentarios de los miembros de la comunidad frente a estas problemáticas que tensionan el territorio de Nahuelbuta estuvieron marcados por "La ocupación territorial de la forestación industrial", los "Vestigios de la intervención en humedales y transformación del ecosistema fluvial", las "Heridas en la profundidad de la madre tierra" y "Después de la cosecha, devastación para la vida de los pueblos originarios". Sin embargo, hubo también espacio para ideas de esperanza y lucha colectiva, como así lo expresaron con frases como "Sobrevivencia nativa en tensión con su territorio degradado" y "Resistencia de la biodiversidad nativa al proyecto arrasador del monocultivo" (miembros de la Comunidad Ignacio Llancapán y del territorio de Cayucupil, abril de 2024).

El último eje temático estuvo reservado al ámbito de la Espiritualidad mapuche, muy vinculado a la madre tierra o *Ñuke Mapu*. Incluyó 32 fotografías, organizadas en series de imágenes que expresaban la comunión entre mundo natural, organización social y prácticas culturales del mundo mapuche (Figura 2d): Comunión espiritual entre montaña y comunidad; La ontología de la montaña, subdividida a su vez en Agua, Viento, Bosque y Cumbres. En esta ocasión, los miembros de la comunidad manifestaron ideas más conceptuales en su propia lengua acorde con lo que ofrecían las imágenes, principalmente escenas de distintas ceremonias y elementos del territorio con un alto significado sagrado para la cosmovisión del pueblo mapuche. De este modo, "Cumbres. *Ad Mapu* de Nahuelbuta. Majestuosidad. Luz en la oscuridad. *Wenu Mapu*", "Pidiendo permiso a los *gnen mapu* (espíritus guardianes de Nahuelbuta) para ingresar a la montaña. Humildad y respeto a la *Ñuke Mapu*" fueron los textos de la comunidad que acompañaron a estas series fotográficas (miembros de la Comunidad Ignacio Llancapán y del territorio de Cayucupil, abril de 2024). La muestra concluyó con un epílogo visual de 3 fotografías de alto valor simbólico. En sintonía con su naturaleza poética, la comunidad, en sus comentarios, reveló la posibilidad esperanzadora de un renacer transformador: "*Pun may Wallontu Mapu*. Retiro al descanso para renacer. *Tain Waglen*. Llegada de la noche con la esperanza de un mañana de rebrotes y cambios del caminar mapuche".

4. Conclusiones

Frente al imaginario dominante de naturaleza científica, estética, medioambientalista y desarrollista con el que habitualmente se identifica Nahuelbuta, y en el contexto de su degradación y sus tensiones socioterritoriales, resultaba pertinente articular el testimonio visual de una nueva narrativa que representara la cordillera como un territorio montañoso más complejo, atravesado por las continuas disputas con miradas exógenas pero, al mismo tiempo, crítico desde sus propias comunidades mapuche. Mediante un trabajo de curaduría colectiva, elaborado bajo una pluralidad de miradas críticas, la exposición fotográfica develó el imaginario de una importante comunidad mapuche del Valle de Cayucupil, en pleno corazón de Nahuelbuta. Emergió como un imaginario patrimonial comunitario de resistencia a los discursos y representaciones anteriores, generador de una conciencia territorial colectiva. De esta forma, la muestra se constituyó como parte de un nuevo archivo comunitario de relatos, memorias y experiencias en relación al territorio de la montaña, reactivando la riqueza de una narrativa en comunidad. Por un lado, presentó experiencias colectivas y formas de habitar el territorio de la montaña y el valle, develando así un discurso territorial comunitario. Por otro, fue testigo de un paisaje humano degradado por distintos modos de explotación agresiva de sus medios de vida, retratando una montaña violentada hasta el agotamiento y el riesgo de total pérdida de su extraordinario patrimonio socioterritorial y cultural. Sin embargo, asumiendo la función crítica y reflexiva de las imágenes y las palabras, también quiso subrayar los caminos abiertos para la esperanza de una recuperación del mundo mapuche en territorios de montaña.

Reconocimientos: los autores desean agradecer al *peñi* Francisco Maricura; la *lamngen* Gicelle Lepillán; Diego Benavente, la comunidad Ignacio Llancapán, el *Lov* Cayucupil y la Corporación Mapuche Nahuelbuta por su impagable asistencia en terreno y su afectuosa acogida territorial. Esta investigación ha sido financiada por la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Concepción a través del proyecto VRID Nº220.183.004-INI.

5. Referencias bibliográficas

Anderson, B. M. (2012). The construction of an alpine landscape: building, representing and affecting the Eastern Alps, c. 1885–1914. *Journal of Cultural Geography, 29*(2), 155-183. https://doi.org/10.1080/08873631.2012.683288.

CONAF. *Parques de Chile*. Recuperado 29 de marzo de 2020, de https://www.conaf.cl/parques-nacionales/parques-de-chile/.

Cornejo Nieto, C. y Contreras Véliz, C. (en prensa). Re-territorializando los imaginarios geográficos: imaginación política, agencia y transformación social en la creación colectiva de imaginarios territoriales otros. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*.

Cosgrove, D., y della Dora, V. (Eds.). (2008). *High places: cultural geographies of mountains, ice and science*. IB Tauris.

Debarbieux, B., y Rudaz, G. (2015). *The mountain: a political history from the Enlightenment to the present* (J. M. Todd, trad.). The University of Chicago Press.

Gieseking, J. J. (2017). The Geographical Imagination. En D. Richardson, N. Castree, M. Goodchild, A. Jaffrey, W. Liu, A. Kobayashi y R. Martson (Eds.), *International Encyclopedia of Geography: people, the earth, environment and technology*. Wiley-Blackwell and the Association of American Geographers. https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg1171.

Harvey, D. (2005). The sociological and geographical imaginations. *International Journal of Politics, Culture, and Society 18*(3-4), 211-255. https://doi.org/10.1007/s10767-006-9009-6.

Hunt, R. (2019). Historical geography, climbing and mountaineering: route setting for an inclusive future. *Geography Compass, 13*(4), e12423. https://doi.org/10.1111/gec3.12423.

Martínez Berríos, N., Sepúlveda, B. & Palomino-Schalscha, M. (2015). La cuestión territorial indígena en América Latina: algunas perspectivas desde Chile y Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, *62*, 5-9. https://doi.org/10.4067/S0718-34022015000300001.

Mora Gallardo, S., y Cornejo Nieto, C. (2024). *Nahuelbuta: un imaginario territorial silenciado* [cat. exp.]. Dirección de Pinacoteca. Universidad de Concepción.

Said, E. W. (2020). *Poder, política y cultura. Entrevistas a Edward W. Said*. G. Viswanathan (ed.). Penguin Random House.

Smith-Ramírez, C. (2004). The Chilean Coastal Range: A vanishing center of biodiversity and endemism in South American temperate rainforests. *Biodiversity and Conservation*, *13*, 373-374.

Viaña, J., Tapia, L., y Walsh, C. (Eds.). (2010). *Construyendo interculturalidad crítica*. Instituto Internacional de Integración del Convenio Andrés Bello.

Wolodarsky-Franke, A., & Díaz Herrera, S. (2011). *Cordillera de Nahuelbuta. Reserva Mundial de Biodiversidad*. WWF.

Zusman, P. (2013). La geografía histórica, la imaginación y los imaginarios geográficos. *Revista de geografía Norte Grande, 54,* 51-66. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022013000100004.

EVOLUCIÓN PAISAJÍSTICA Y CAMBIOS DE USOS DEL SUELO DEBIDO A LA EXPLOTACIÓN MINERA EL CHARCÓN (LEÓN), DESDE LA SEGUNDA MITAD DEL S. XX

IVÁN CUENDE DE LERA[1]

ROSA BLANCA GONZÁLEZ GUTIÉRREZ[2]

JOSÉ MARÍA REDONDO VEGA[3]

[1]*Doctorando: Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León, icuend00@estudiantes.unileon.es, https://orcid.org/0009-0004-5038-3246*

[2]*Profesor Titular de Universidad: Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León, blanca.gonzalez@unileon.es, https://orcid.org/0000-0002-6863-8495*

[3]*Profesor Emérito: Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León, jmredv@unileon.es*

Abstract: Mining is an economic activity that generates major changes in the territory, both in terms of land use and relief. The aim of this study is to characterise land use and analyse the transformation of the current landscape at the El Charcón mining operation. It was a coal mine located in Tremor de Arriba (León), whose activity began underground in the middle of the 20th century. At the end of the 1970s, it was combined with open-cast methods to meet the demand for coal for the thermal power stations built after the oil crisis. Using techniques such as photo-interpretation and photogrammetry plus the use of old aerial photographs and orthoimages, the changes produced by mining at three points in time are compared: 1956, 1983 and 2020. The results refer to changes in land use in terms of urban use, mining, forests, scrubland, pastureland, cultivated areas and lagoons. We highlight the loss of cultivated areas (from 425 to 8 ha) and pastureland (from 170 to 67 ha) and the increase of wooded areas (from 398 to 567 ha) and scrubland (from 323 to 361 ha), caused by the start of a new economic activity, the colonisation of vegetation and the cessation of traditional agro-livestock activities. The area used for mining exceeded 300 ha, including cuttings, waste dumps and lagoons. Finally, we observe the transition from a traditional rural landscape to an abandoned industrial one, where the recolonisation of vegetation and the beginning of mining restoration is hiding the effects of mining.

Keywords: coal mining; open-pit mining; developments; land-use changes; landscape

1. Introducción

El paisaje siempre ha evolucionado de manera continua con el paso del tiempo debido a las condiciones cambiantes del clima (Iriarte et al., 2015), pero recientemente la actividad humana genera cambios más acusados y rápidos (Serra et al., 2008). Una de las actividades más irrespetuosas con el medio por el alto grado de impacto es la minería, al utilizar equipos pesados y desmantelar el terreno a gran escala (Redondo, 1988). Las alteraciones de esta actividad dependerán del método empleado, destacando el cielo abierto. Este transforma el territorio al eliminar la topografía original (creación de huecos y escombreras), zonas boscosas, suelos y generar cambios en sus usos, contaminar recursos hídricos… (Cuende et al. 2023).

En la segunda mitad del siglo XX, la metodología de cielo abierto se impone respecto a la minería subterránea tradicional por ser más rentable económicamente al extraer mayor cantidad de material y en menos tiempo (Arranz, 2004).

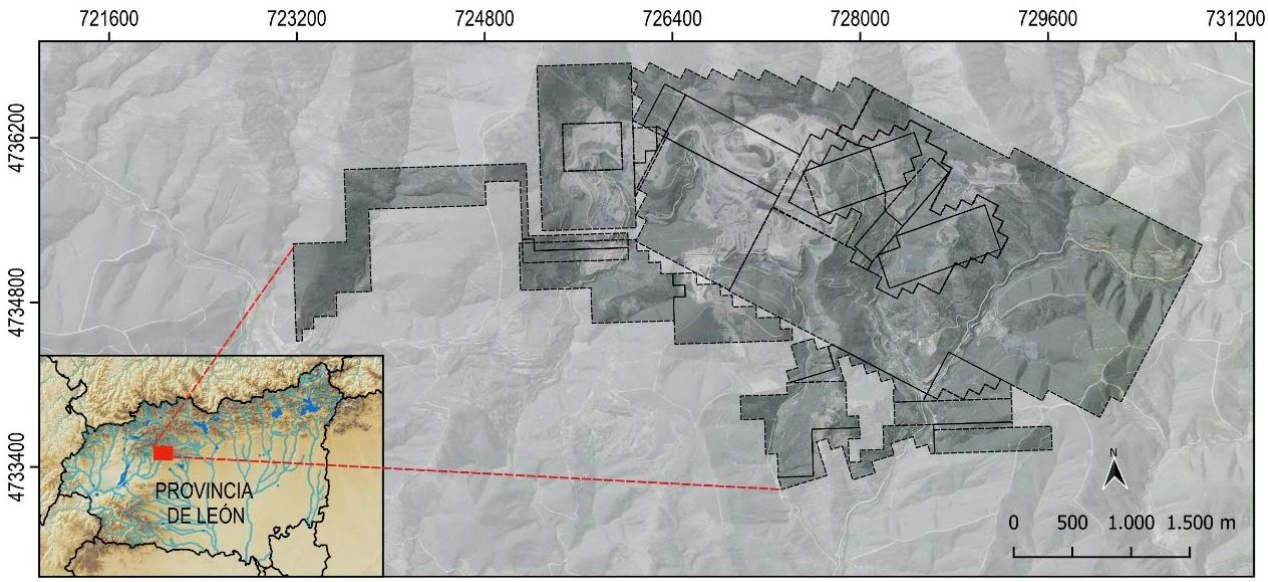
El objetivo de este estudio consiste en analizar los cambios en los usos del suelo y la evolución de la explotación minera El Charcón, desde una etapa anterior al inicio del laboreo hasta su estado actual. Además, se van a identificar zonas de excavación y de relleno, gracias al calcular la diferencia altitudinal de la superficie entre la etapa preoperativa y el presente.

1.1 El caso de estudio

La explotación minera El Charcón, también conocida como Mina Casilda, se localiza en la localidad de Tremor de Arriba (municipio de Igüeña), específicamente al noreste de la comarca leonesa del Bierzo. Dicha mina se enclava en la subcuenca de Tremor-Igüeña, perteneciente a su vez a la cuenca carbonífera del Bierzo (Roiz, 1973).

La actividad minera en Tremor de Arriba consistía en la extracción de antracita, material perteneciente a la época del Carbonífero Estefaniense (Matas y Fernández, 2008). Las primeras excavaciones fueron a mediados del siglo XX de forma subterránea (Pozo Casares). A finales de los años 70 se combinó con metodología de cielo abierto por el abaratamiento de los costes y la utilización de nueva maquinaria. Definitivamente, en 2014, tanto la poca actividad del Pozo Casares (explotación de interior) como el cielo abierto terminaron su actividad, siendo el fin de la empresa Alto Bierzo (Rojo, 1999). En 2022 la Junta de Castilla y León proporciona una partida presupuestaria para la restauración de este espacio. Su objetivo es la recuperación de la biodiversidad, la reestructuración del cierre de la mina y sus instalaciones de forma segura y la promoción de actividades alternativas (Junta de Castilla y León, 2022).

Figura 1. Localización área de estudio



Fuente: CNIG, 2024; IDECYL, 2024. Elaboración propia.

2. Materiales, datos y métodos

El paso inicial ha sido delimitar el área de estudio, donde elegimos las concesiones mineras donde se enclava la explotación El Charcón. El análisis de este espacio se ha centrado en la utilización de dos técnicas: fotointerpretación mediante ArcGis Pro y fotogrametría gracias al software Agisoft Metasahpe.

La fotointerpretación ha sido fundamental para caracterizar los cambios en los usos del suelo y la evolución de la superficie afectada por el laboreo minero en su totalidad. Para ambas caracterizaciones se utilizaron la ortoimagen a color (PNOA 2020), y las ortofotografías en blanco y negro correspondientes al Vuelo Americano Serie B (1956) y al Vuelo Interministerial (1983). Estas imágenes nos proporcionan un análisis detallado y comparado de las transformaciones en los usos del suelo durante la fase preoperativa, el período de mayor actividad y la etapa de cierre-abandono. Respecto a la etapa previa a la actividad no se utilizó la foto de la Serie A del año 1945 por su baja calidad.

La fotogrametría se ha utilizado para recrear los Modelos Digitales del Terreno (MDT) del Vuelo Americano Serie B y Vuelo Interministerial para compararlo a su vez con el MDT actual cuya resolución es de 2 m. Este proceso nos permite calcular la diferencia altitudinal de la superficie anterior y posterior de la actividad minera, donde hemos distinguido zonas de tajo y relleno, escombreras, lagunas, etc.

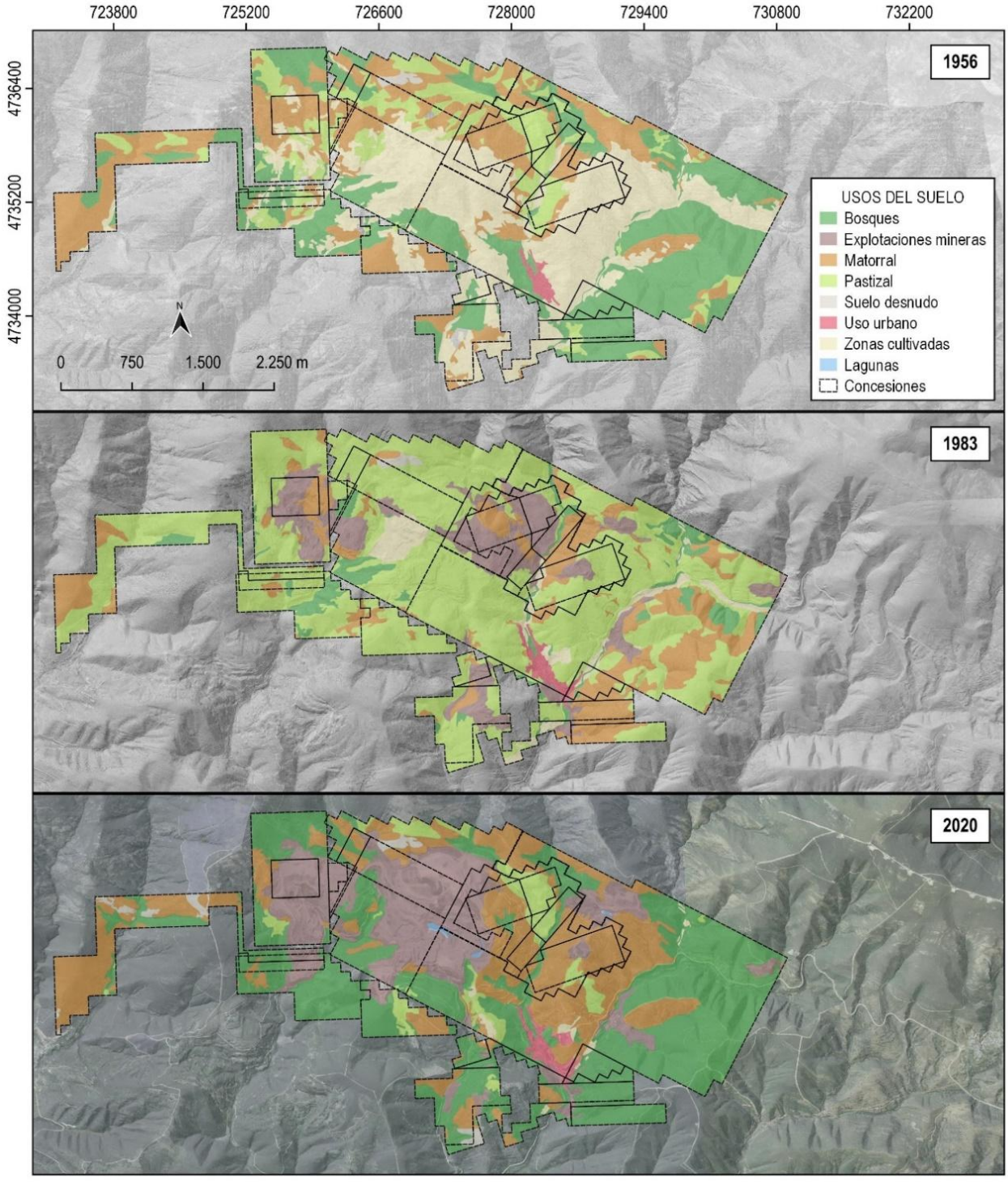
Toda esta información se sintetiza mediante diversas cartografías de usos del suelo (leyenda ajustada al SIOSE) y de la evolución de la propia explotación desde su comienzo hasta la actualidad. A mayores, se efectuaron varias salidas de campo para verificar los usos de suelo actuales y las principales formas del relieve de la explotación.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

3.1 Cambios en los usos del suelo provocados por la minería

Figura 2. Cambios en los usos del suelo entre 1956 y 2020



Fuente: CNIG, 2024; IDECYL, 2024. Elaboración propia.

Los cambios originados por la extracción de carbón en la explotación El Charcón son (figura 2):

1.- En el año 1956, ya había comenzado la actividad minera de forma subterránea, aunque en la fotografía aérea de ese año aún no se aprecian cambios significativos. El área de estudio en su conjunto se caracteriza por contener grandes extensiones de zonas cultivadas con más de 425 ha, catalogando así el paisaje como rural. También destacamos amplias zonas de bosques de frondosas y coníferas (398 ha), matorral (323 ha) y pastizal (170 ha). De esta manera, identificamos que a mediados del siglo XX la actividad económica principal correspondía al sector primario.

2.- La fotografía aérea de 1983 muestra grandes transformaciones en la zona de trabajo. En primer lugar, la mina a cielo abierto ya está desarrollada, localizándose al norte, noroeste, oeste y este de la localidad de Tremor de Arriba. También se identifica el Pozo Casares al visualizar sus propias instalaciones y escombreras a su alrededor. Todas las zonas dedicadas al uso minero ocupan 163 ha.

En segundo lugar, observamos una brusca disminución de superficie arbolada, de superar las 398 ha a no llegar a las 75 ha en apenas tres décadas, debido a la deforestación y el cambio de uso a grandes pastizales, superando estos las 797 ha.

En tercer lugar, los campos agrícolas redujeron su superficie hasta las 50 ha y el uso urbano (12 ha) del área de estudio aumentó casi el doble de su tamaño, para albergar viviendas y gran variedad de edificios que dotaron de servicios necesarios a los trabajadores de la mina. De esta manera confirmamos el cambio de actividad económica principal, pasando del sector agrícola al sector minero.

3.- En el 2020, podemos ver el crecimiento total del cielo abierto, ocupando hasta 296,5 ha, aunque cesó su actividad en el año 2014. Los varios espacios mineros dispersos que veíamos en la etapa anterior al noroeste de Tremor de Arriba llegaron a unificarse, siendo así donde se extraía la gran parte de mineral. En algunos fondos aparecen pequeñas lagunas debido a la profundización de los tajos hasta interceptar el nivel freático, anegándose estos de agua (Redondo-Vega et al., 2021). Estas son de escaso tamaño: la más grande tiene un área de 1,44 ha, las otras ocupan 4.788 y 2.949 m. En general se identifica un proceso de colonización de vegetación, donde las zonas arbustivas (361 ha) y arbóreas (567 ha) aumentaron, respecto a los pastizales y campos agrícolas que se redujeron hasta 67 y 8 ha respectivamente.

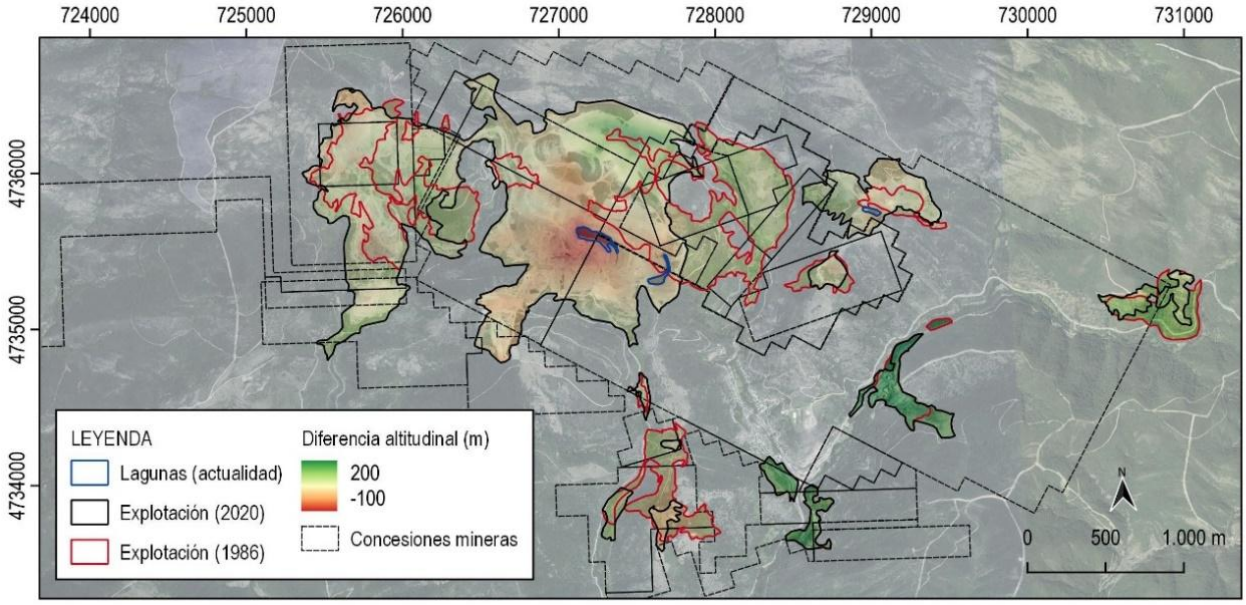
3.2. Evolución del cielo abierto El Charcón

En la figura 3 visualizamos la evolución de la explotación minera, tanto en superficie como su diferencia altitudinal entre 1983 y 2020. Entre ambas fechas, la mina pasó de tener 175 a 303 ha. En 1983, la mina se componía de tajos y taludes de trabajo esencialmente, pero en 2020 aparecen nuevas formas como lagunas, escombreras y zonas parcialmente restauradas debido al fin del laboreo. También identificamos partes de la mina ubicadas fuera de los derechos mineros otorgados.

Además, analizamos la diferencia altitudinal desde la época de desarrollo del cielo abierto y su estado actual. Gracias a ello nos permite identificar fácilmente las zonas donde se ha depositado el material sobrante, las zonas que se han profundizado para la extracción de carbón y las lagunas manadas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 3. Evolución de la explotación minera El Charcón



Fuente: CNIG, 2024; IDECYL, 2024. Elaboración propia.

4. Conclusiones

La explotación de minerales mediante minería a cielo abierto altera drásticamente la topografía original y provoca cambios significativos en el uso del suelo y el paisaje. Estas modificaciones son irreversibles, impidiendo que el entorno recupere su estado original anterior a la actividad minera.

La topografía resultante de la mina El Charcón se compone primordialmente de cortas sin relleno, algunas de ellas ocupadas por pequeñas lagunas, y escombreras donde se depositaron los materiales excedentes de las excavaciones.

Los cambios en los usos del suelo son significativos al desaparecer parte de las zonas cultivadas debido al comienzo de la actividad minera. También mermaron las superficies destinadas a bosques y matorrales, aumentando en gran parte los pastizales y sobre todo las zonas de explotación durante el desarrollo del laboreo. Con el fin de la extracción de carbón, la vegetación fue colonizando algunas zonas correspondientes a cortas y sobre todo escombreras. Además, aparecieron varias lagunas originadas al interceptar el fondo de las cortas con el nivel freático, inundando estos de agua.

5. Referencias bibliográficas

Arranz González, J. C. (2011). Suelos mineros asociados a la minería de carbón a cielo abierto en España: una revisión. *Boletín Geológico y Minero, 122*(2), 171-186.

Centro Nacional de Información Geográfica (2024). *Instituto Geográfico Nacional*. Recuperado el 8 de diciembre de 2024, de: http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp

Cuende de Lera, I., Redondo-Vega, J. M. y González Gutiérrez, R. B. (2023). Cambios de los usos del suelo en la minería del hierro en el norte de España desde la segunda mitad del s. XX: la explotación del Coto Wagner (León). En J. Arnáez, P. Ruiz-Flaño, N. E. Pascual-Bellido, N. Lana Renault, J. Lorenzo-Lacruz, A. Díez Angulo, N. Martín-Hernández, T. Lasanta y E. Nadal-Romero (Eds.), *Geografía: Cambios, Retos y Adaptación: XXVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía* (pp. 433-442). AGE y Universidad de La Rioja.

IDECYL (2024). *Catálogo Información Geográfica*. Recuperado el 8 de diciembre de 2024, de https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/SPAGOBCYLCITDTSMRCMD

Iriarte Chiapusso, M.J., Muñoz Sobrino, C., Gómez Orellana, L., Hernández Beloqui, B., García Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A.F., y Ramil Rego, P. (2015). Reviewing the Lateglacial–Holocene Transition in NW Iberia: A Palaeoecological Approach Based on the Comparison Between Dissimilar Regions. *Quaternary International*, *403*, 211-236. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.029.

Junta de Castilla y León. (2022). *La Junta destina más de 70 millones de euros para la restauración ambiental de espacios mineros en la provincia de León*. Recuperado el 6 de marzo de 2025, de https://comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100Detalle/1284877984309/ConsejoGobierno/1285224827401/Comunicación

Matas J. y Fernández, L. (2008). *Memoria de la Hoja nº 127 (Noceda)*. Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA), Segunda Serie, Primera edición. IGME, 27 pp. Depósito legal: M-25289-1982.

Redondo Vega, J. M. (1988). *Las minas de carbón a cielo abierto en la provincia de León: transformación del medio y explotación de recursos no renovables.* Universidad de León, Servicio de Publicaciones.

Redondo-Vega, J. M., Melón Nava, A., Peña-Pérez, S. A., Santos-González, J., Gómez-Villar, A., y González-Gutiérrez, R. B. (2021). Coal pit lakes in abandoned mining areas in León (NW Spain): characteristics and geoecological significance. *Environmental Earth Sciences, 80*(792). https://doi.org/10.1007/s12665-021-10037-6

Roiz, M. (1973). Urbanismo y hábitat en la zona minera de León. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, (16), 49–66. https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/80453

Rojo, T. (1999). *El futuro de las cuencas mineras de Castilla y León*. Sociología Regional Prospectiva. Fundación Santa Bárbara.

Serra, P., Pons, X., y Saurí, D. (2008). Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography*, *28*(3), 189-209. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.02.001

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PAISAJES AGROBIODIVERSOS EN LA COMARCA MONTAÑA ALAVESA

NAGORE DÁVILA CABANILLAS[1]

ORBANGE ORMAETXEA ARENAZA[2]

ITZIAR AGUADO MORALEJO[3]

[1]*Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, c/ Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz, nagore.davila@ehu.eus, ORCiD: 0000-0002-4185-928X*

[2]*Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, c/ Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz, orbange.ormaetxea@ehu.eus, ORCiD: 0000-0001-8573-2806*

[3]*Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, c/ Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz, itziar.aguado@ehu.eus, ORCiD: 0000-0003-2166-065X*

Abstract: The abandonment of agricultural operations has led to an environmental crisis and the loss of cultural landscapes in Spanish mountain areas. Despite this, these areas still preserve a great biocultural diversity that must be understood and valued. Thus, the main goal of this study is to present a methodology for identifying the agrobiodiverse landscapes of the Montaña Alavesa region (Basque Country).This study area was selected because it represents a mid-mountain zone with significant historical and cultural heritage and a wide diversity of ecosystems, including the Izki Natural Park. Through the analysis of EUNIS digital cartography, complemented by other geospatial resources (such as the Spatial Data Infrastructure of Euskadi and SIGPAC), landscape units are delineated and land uses identified, with the aim of recognizing agrobiodiverse landscapes.This preliminary identification will be linked to the existing territorial and landscape planning instruments in the region to establish connections between agrobiodiverse landscape units and what is recorded and implemented in the relevant territorial and landscape planning instruments for this area. In this way, critical areas with high natural and/or cultural value can be defined, providing an empirical basis for formulating recommendations aimed at improving these instruments. This work is part of a broader project that aims to provide a characterization of these mountain landscapes in Spain, representing the first step toward achieving that more territorially comprehensive goal. The study reveals the need to implement new intervention strategies for the preservation and planning of agricultural landscapes, offering a replicable methodological framework for territories with similar characteristics.

Keywords: agrobiodiverse landscape units; Basque Country; conservation; territorial planning.

1. Introducción

España cuenta con sistemas agrarios cuyas prácticas favorecen una importante biodiversidad. Los sistemas extensivos en particular constituyen a menudo hábitats seminaturales de alto valor natural (MITECO, 2007). Sin embargo, la intensificación, especialización, gestión inadecuada y el proceso de desagrarización han acelerado la pérdida de biodiversidad, afectando a la conservación del valor ambiental y del paisaje rural en diversas regiones de Europa y España (Alberdi, 2019; Molinero, 2019). Este proceso está ligado a un descenso significativo del número de explotaciones agrícolas. En el caso de España, la reducción corresponde a un 7,6% entre 2009 y 2020 (INE, 2022), siendo este decremento aún mayor en la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), donde, para ese periodo alcanzó un 21,8%, con una reducción de la superficie agrícola utilizada (SAU) del 5,4% (Eustat, 2022). La pérdida de estos espacios agrarios, y, en consecuencia de los paisajes que configuran, al tratarse de territorios multifuncionales, desencadena una serie de impactos no sólo económicos, sino también ecológicos, culturales y patrimoniales (Wehn et al., 2018; Allende et al., 2021; López et al., 2024; Silva, 2009 & 2022).

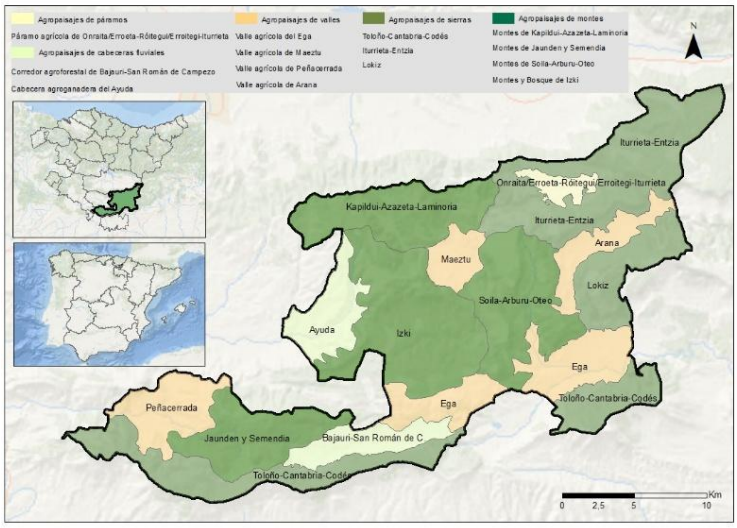
En este contexto, el objetivo de esta investigación es analizar los paisajes agrobiodiversos de la comarca Montaña Alavesa y su relación con los actuales instrumentos de planificación territorial y paisajística, formulando recomendaciones para mejorar su integración y gestión. Este estudio es parte de un proyecto más amplio (BIOFOODSCAPE[3]) que busca diseñar una metodología integradora para identificar y valorizar los sistemas agroalimentarios, los valores bioculturales y el patrimonio de las áreas de montaña españolas con el fin de promover modelos innovadores que fortalezcan la agrobiodiversidad, el paisaje y el desarrollo sostenible de estos territorios.

2. Materiales, datos y métodos

La investigación se desarrolla a partir de un estudio de caso centrado en la comarca Montaña Alavesa, representativa de los paisajes agroganaderos de montaña media. Para el análisis de la agrobiodiversidad, se han utilizado como referencia las unidades de paisaje definidas en el Catálogo de Paisaje del Área Funcional de Álava Central dirigido por el Gobierno Vasco, al que pertenece la comarca. No obstante, se han realizado modificaciones en la cartografía de algunas unidades y en su denominación con el fin de adecuarlas al enfoque general del estudio (Figura 1).

[3] Esta comunicación se enmarca en el proyecto Paisajes agroalimentarios en las montañas españolas. Diversidad biocultural, innovación social y desarrollo territorial (BIOFOODSCAPE) (PID2023-146662OB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional – Unión Europea (FEDER-UE).

Figura 1. Unidades de agropaisajes de la Montaña Alavesa.



Fuente: elaboración propia a partir de Geoeuskadi (2025)

Para identificar la agrobiodiversidad en las distintas unidades de paisaje, se seleccionaron variables utilizadas en estudios previos y experiencias de referencia, todas ellas con cartografía propia y que permitió su análisis espacial en un SIG. Las variables empleadas han sido: tipos de uso del suelo del SIGPAC, presencia de Hábitats de Interés Comunitario vinculados a la actividad agroganadera y presencia de elementos del paisaje, de atribución de subvenciones por sostenibilidad y tipos de cultivo. Para garantizar su comparabilidad con otros estudios de caso del proyecto solo se utilizaron indicadores con datos accesibles a escala estatal. Además, a partir de la identificación y caracterización de las unidades de la comarca en función de su agrobiodiversidad, se utilizaron los instrumentos de planificación territorial y paisajística vigentes en el territorio y se analizó mediante un SIG la correspondencia con lo documentado cartográficamente en ellos. También se incorporó la zonificación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) de Izki, que ocupa aproximadamente el 17% del total de la comarca, para evaluar su papel en la regulación de usos del suelo y conservación de sus paisajes agrobiodiversos.

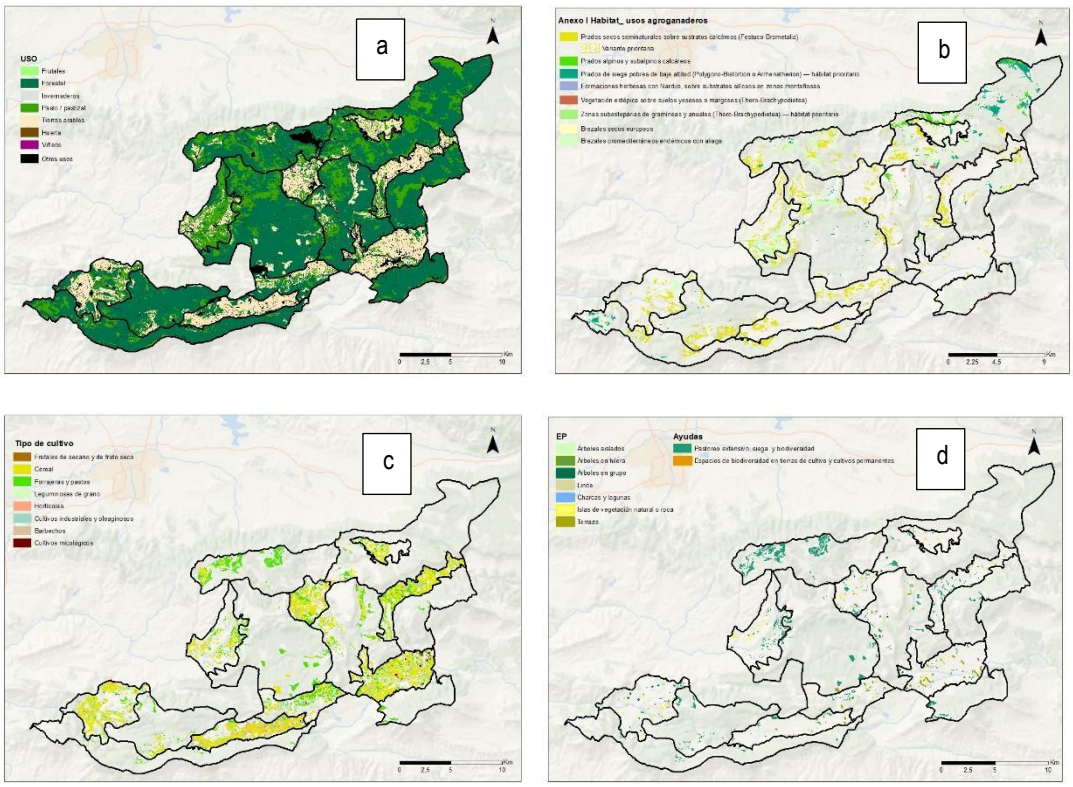
3. Resultados

A pesar de la variedad de tipos de paisaje presentes en el área de estudio, todas las unidades analizadas comparten un denominador común: una amplia superficie agrobiodiversa. Esta riqueza es el resultado de la interacción entre las características físicas del territorio y una gestión agroganadera que, en buena parte, mantiene prácticas tradicionales claves para su conservación.

3.1. La cualidad agrobiodiversa de Montaña Alavesa

El análisis de los tipos de uso del suelo (Figura 2a) revela tres grandes categorías que conforman un mosaico agroecológico clave para el mantenimiento de una alta diversidad biológica: unidades con dominio forestal, que abarcan el 71 % del área total; unidades con dominio agrícola, que representan el 20 %; y unidades de transición agroforestal, que comprenden el 8 %.

Figura 2. Tipo de uso del suelo (a); hábitat de interés comunitario en relación con el uso agroganadero (b); tipo de cultivos (c); ayudas vinculadas con la agrobiodiversidad y elementos del paisaje (d) en las unidades de paisaje.



Fuente: elaboración propia a partir de Geoeuskadi (2025)

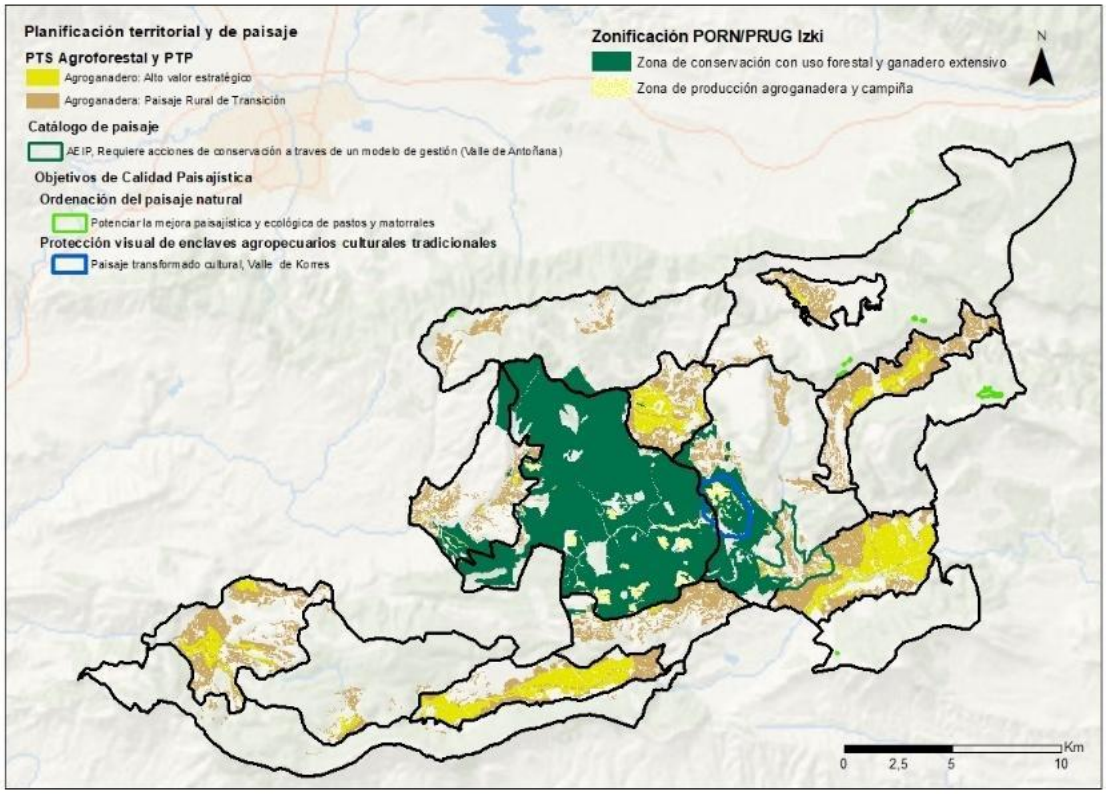
Los hábitats de interés comunitario identificados (Figura 2b) como brezales, matorrales, prados alpinos y de siega, así como formaciones herbosas de montaña, se distribuyen ampliamente (aproximadamente el 10 % del total de la comarca) en los distintos tipos de agropaisaje, evidenciando su estrecha dependencia con prácticas como la siega y el pastoreo extensivo. Esta correspondencia entre hábitats y unidades paisajísticas subraya la importancia de mantener dichas prácticas para conservar la funcionalidad ecológica y la riqueza biológica del territorio. La distribución de cultivos (Figura 2c) expresa la relación de condiciones ambientales y adecuación del cultivo, desde los sistemas cerealistas en páramos hasta los mosaicos agrosilvopastorales en sierras y montes, configurando un espacio favorable para el mantenimiento de redes tróficas y procesos ecológicos (Magrach et al., 2022). Por su parte, la amplia implantación de la ayuda *Pastoreo, Siega y Biodiversidad* (Ecorrégimen de la PAC), destinada lógicamente a zonas de pastos, pone de manifiesto, al menos en buena parte del territorio, una clara alineación entre las políticas de fomento y las prácticas agroganaderas que sostienen la agrobiodiversidad local. Finalmente, la existencia de elementos del paisaje (Figura 2d) como árboles aislados o en hilera, linderos vegetados y charcas, son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y conectividad de estos sistemas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.2 La planificación del territorio en estos sistemas y paisajes

La zonificación de la categoría de ordenación *Agroganadera y de campiña*, incluida en las Directrices de Ordenación Territorial de la CAPV, se apoya en el Plan Territorial Sectorial Agroforestal (Figura 3). Este establece un régimen de usos que prioriza las actividades agrarias y ganaderas, garantizando su continuidad y adaptación a los retos contemporáneos. Este modelo de protección, orientado a la compatibilidad con usos complementarios, es coherente con el mantenimiento de la estructura paisajística y funcional de las zonas agrarias de la CAPV. El marco normativo contempla una cierta flexibilidad, permitiendo usos recreativos, infraestructurales y edificatorios bajo condiciones específicas. Aunque esto puede dinamizar la economía rural, conlleva el riesgo de fragmentación paisajística y pérdida de coherencia territorial si no se gestionan adecuadamente.

Figura 3. Zonificación de la categoría de Agroganadera y Campiña, Áreas de especial interés paisajístico y Objetivos de calidad paisajística del Catálogo de Paisaje de Álava Central.



Fuente: elaboración propia a partir de Geoeuskadi (2025)

Desde la política paisajística, el Catálogo de Álava Central adapta los principios generales del Decreto de Paisaje de la CAPV a su contexto territorial mediante la formulación de objetivos estructurados en torno a los tres niveles de intervención: protección, gestión y ordenación; priorizando la preservación de *Enclaves agropecuarios culturales tradicionales*, la mejora del paisaje agrícola y la integración visual de infraestructuras. Se fomenta la modernización agraria con criterios paisajísticos y la conservación de paisajes de alto valor. Sin embargo, tal y como se puede observar en la figura 3, tan solo un enclave de Montaña Alavesa (el Valle de Antoñana dentro de la unidad de paisaje del Ega)

ha sido identificado como Área de Especial Interés Paisajístico (AEIP) por estar caracterizado por la percepción del paisaje agrario tradicional de alto valor visual, reconociéndose en este caso la necesidad de su conservación mediante un modelo de gestión específico. El PORN de Izki refuerza este modelo, compatibilizando los usos tradicionales con la conservación de la biodiversidad y estableciendo normas para asegurar la compatibilidad entre producción y protección en áreas agroganaderas.

4. Conclusiones

Los resultados de la aplicación del método aquí propuesto evidencian que los paisajes de la comarca Montaña Alavesa mantienen una notable cualidad agrobiodiversa, derivada en gran medida del mantenimiento de prácticas agroganaderas tradicionales como la siega de prados, el pastoreo extensivo o la conservación de estructuras como linderos y pastos húmedos. Esta relación se manifiesta tanto en la riqueza de hábitats detectados como en la configuración en mosaico del territorio y en la coincidencia espacial entre estas prácticas y áreas reconocidas por su valor ambiental y cultural. La metodología empleada ha mostrado utilidad para su aplicación en otras áreas de montaña. No obstante, la planificación vigente reconoce de forma parcial y genérica la protección de la agrobiodiversidad y la flexibilidad normativa permite usos que podrían comprometer su integridad si no se gestionan con rigor. La designación de AEIP es aún limitada, por lo que se plantea avanzar hacia una zonificación de las categorías de ordenación más precisa que priorice la conservación activa. Asimismo, se propone reforzar la ganadería extensiva y las prácticas tradicionales como ejes de la estrategia territorial vasca, y desarrollar un plan específico adaptado, en línea con el Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2030.

Se destaca positivamente la inclusión de los enclaves agropecuarios tradicionales como elementos clave en las políticas paisajísticas, con especial énfasis en el concepto de Enclave agropecuario cultural tradicional en los documentos del paisaje de la CAPV como categoría AEIP. Esta propuesta, también respaldada por estudios previos realizados en la CAPV (Mentxaka & Dávila, 2025), debería ampliarse a otros enclaves con valores biológicos y culturales evidentes. En este sentido, el PORN del Espacio Natural Protegido de Izki, con una zonificación más detallada y ajustada a la realidad del Parque Natural, podría servir como modelo en la planificación territorial y paisajística.

5. Referencias bibliográficas

Alberdi, J. C. (2019). El paisaje atlántico vasco ante la marginalización ganadera: Claves para su conservación. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 80*, 2605, 1–32. http://dx.doi.org/10.21138/bage.2605

Allende, F., Gómez, G., & López, N. (2021). Environmental, demographic and policy drivers of change in Mediterranean hedgerow landscape (Central Spain). *Land Use Policy, 103*, 105342. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105342

Euskal Estatistika Erakundea/Instituto Vasco de Estadística (Eustat). (2022). *Censo agrario, 2020. Nota de prensa*. https://www.eustat.eus/estad/id_260/ti_censo-agrario/ultima-nota-prensa.html

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Censo agrario, 2020. Nota de prensa*. https://www.ine.es/prensa/cea_2020.pdf

López, N., Molina, P., & Allende, F. (2023). Uso, gestión y conservación de la biodiversidad en el sistema agroganadero del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. In Palomar Anguas (Ed.), *Gestión y uso de los espacios naturales protegidos españoles* (pp. 75–112). Tirant Humanidades.

Magrach, A., Giménez, A., Allen, A., Garibaldi, L. A., & Bartomeus, I. (2022). Increasing crop richness and reducing field sizes provide higher yields to pollinator-dependent crops. *Journal of Applied Ecology, 60*, 77–90. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14305

Mentxaka, G., & Dávila, N. (2025). La campiña atlántica vasca: gestión, protección y ordenación de su paisaje. *Investigaciones Geográficas*. Advance online publication. https://doi.org/10.14198/INGEO.28278

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2007). *Informe nacional sobre el estado de la cuestión de la biodiversidad en el medio agrario*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/informe_final_301106_tcm30-195897.pdf

Molinero, F. (2019). El espacio rural de España: evolución, delimitación y clasificación. *Cuadernos Geográficos, 58*(3), 19–56. http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i3.8643

Silva, R. (2009). Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 49*. https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786

Silva, R. (2022). Paisajes culturales agrarios. Una reflexión desde sus consideraciones por la UNESCO y la FAO en sus concreciones españolas. *Erph. Revista Electrónica de Patrimonio Histórico, 30*, 48–75. https://doi.org/10.30827/erph.vi30.24111

Wehn, S., Burton, R., Riley, M., Johansen, L., Hovstad, K. A., & Rønningen, K. (2018). Adaptive biodiversity management of semi-natural hay meadows: The case of West-Norway. *Land Use Policy, 72*, 259–269. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.063

ANÁLISIS TERRITORIAL A TRAVÉS DE LAS MÉTRICAS DEL PAISAJE: EL ESTUDIO DE CASO DE LA SIERRA DE BÉJAR Y CANDELARIO

JOSÉ DELGADO ÁLVAREZ[1]

AARÓN MOISÉS SANTANA CORDERO[2]

MÉLANI ALMEIDA VERA[3]

[1]Cátedra de Población, Vinculación y Desarrollo, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Calle San

Torcuato, 43, - 49014, Zamora (ES), jdelgado@zamora.uned.es, ORCID: 0000-0002-4729-3678

[2]Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/Cervantes s/n, 37002, Salamanca (ES), aaron.santana@usal.es, ORCID: 0000-0003-2210-1980

[3]Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, C/ Pérez del Toro 1, 35004, Las Palmas de Gran Canaria (ES), melani.almeida101@alu.ulpgc.es, ORCID: 0009-0000-1304-8757

Abstract: This study presents a methodological proposal for the analysis of landscape structure, land-use change, and the quantification of territorial transformations in a mountainous area of the province of Salamanca: the Sierra de Béjar and Candelario. Through the implementation of physiographic metrics, cartographic development, and the use of Geographic Information Systems (GIS), the spatial evolution of the territory is examined in contexts characterized by pronounced processes of depopulation, population aging, and abandonment of agricultural activities. These dynamics—widespread across much of inland Spain—have increased territorial vulnerability, particularly in areas with unique geographic constraints, which, while promoting conservation measures, simultaneously limit agricultural mechanization and intensification. The analysis employs a cross-tabulation matrix and landscape ecology metrics that allow for the quantitative assessment of spatial configuration based on the number, size, shape, and distribution of landscape units. The integration of these metrics with a cartographic approach enables precise modeling of land cover and land-use changes. Results analyzed over the period 1980–2023 reveal significant transition patterns, providing insight into ongoing landscape change trends. This methodological framework demonstrates high applicability and effectiveness as a tool for territorial planning, landscape management, and the identification of emerging environmental risks, contributing to a more comprehensive understanding of rural spatial dynamics in geographically complex regions.

Keywords: Geographical Information Systems; Tabulation Matrix; Landscape; Diversity Metrics.

1. Introducción

La visión del paisaje como un sistema complejo, una conjunción de elementos interconectados e indisolubles, ha adquirido relevancia en los estudios territoriales en las últimas décadas, destacando la Ecología del Paisaje (EP) como mecanismo de análisis funcional y morfológico del territorio. Su versatilidad como herramienta de estudio de la estructura integral del paisaje y las transformaciones espaciales a lo largo del tiempo ha fomentado su utilización (Forman y Godron, 1986; Farina, 2006). La EP se consolidó en los años 80 gracias a la contribución de Forman y Godron, "*Landscape Ecology*", que ayudó a sentar las bases para un enfoque metodológico riguroso basado en métricas fisiográficas (Vila et al., 2006). A su vez, se ha incorporado la matriz de tabulación cruzada, desarrollada por Pontius et al. (2004), que permite analizar transiciones entre coberturas o usos del suelo en distintos momentos temporales, fijándose como técnica de conocimiento de las dinámicas acaecidas a lo largo del tiempo (Silva y Rubio, 2014).

Con base en este marco teórico-metodológico, la presente investigación propone aplicar de forma integrada las métricas de la EP y la matriz de tabulación cruzada para analizar la estructura territorial, identificar transformaciones en el uso del suelo, establecer patrones de cambio y anticipar futuras transiciones. Asimismo, se complementará con el desarrollo de una cartografía detallada a través de la fotointerpretación implementada a través de los SIG. El uso combinado de métricas paisajísticas, matrices de cambio y herramientas SIG se presenta como un enfoque eficaz para captar la complejidad de las dinámicas territoriales. Posibilitan respectivamente descomponer el paisaje en unidades funcionales, aporta una base cuantitativa a la evolución temporal y mejora la precisión cartográfica al tiempo que se fortalece la capacidad predictiva de los modelos territoriales, apuntando a una gestión territorial más informada y coherente con los desafíos socio-ambientales actuales.

El presente estudio se centra en el área de la Sierra de Béjar y Candelario (Salamanca, España), un territorio serrano de alto valor ecológico y cultural, localizado al sur de la provincia, históricamente organizado en torno a sistemas agrarios adaptados al medio físico. Entre 1980 y 2023, fechas de estudio, este territorio ha experimentado intensos procesos de transformación vinculados a la industrialización, el desarrollo urbano, el cambio climático y el avance tecnológico. El abandono del modelo de subsistencia y su reemplazo por dinámicas de consumo global han generado fenómenos como la despoblación, la pérdida de prácticas agrícolas tradicionales y el abandono de tierras, lo que comparten gran parte de las áreas montañosas del interior peninsular. Estas dinámicas han desestructurado el paisaje rural y aumentando su fragilidad ecológica, constituyendo una de las principales fuentes de vulnerabilidad territorial (Jaraíz, 2011).

2. Materiales, datos y métodos

La metodología de análisis empleada en esta investigación se fundamenta en una integración sistemática de métricas específicas de la EP y la construcción de una matriz de tabulación cruzada, con el objetivo principal de detectar patrones de cambio, explorar las tendencias temporales y analizar las interrelaciones entre las distintas categorías que estructuran el paisaje, en vistas a establecer hipótesis de evolución futura. El análisis morfológico del paisaje se sustenta teóricamente en las investigaciones de Forman y Godron (1986), quienes conceptualizan el territorio como un mosaico conformado por tres unidades fundamentales: la matriz, las teselas y los corredores, representando respectivamente el uso dominante que estructura el paisaje, unidades discretas, diferenciadas morfológica y elementos lineales que comunican teselas. La caracterización fisiográfica de los

polígonos —incluyendo su tamaño, forma, extensión, densidad, distribución, conectividad, diversidad y disposición espacial—, se realizó implementando los índices propios de la EP a través del programa FRAGSTATS[4]. El procedimiento y los resultados dependen intrínsecamente de los usos del suelo predominantes en cada región, así como de su configuración espacial, aspectos que exigen una base cartográfica precisa como punto de partida. La elaboración de esta cartografía se sustentó en la fotointerpretación de imágenes aéreas ortorrectificadas, provenientes principalmente del Vuelo Interministerial (1973–1986) y del Vuelo PNOA de 2023, y complementada a través de la comparativa de otras bases cartográficas (SIOSE, CORINE Land Cover, SIGPAC, Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España, Mapa Forestal de España, Inventarios Forestales Nacionales, MDT, etc.) y los correspondientes trabajos de campo.

La matriz de cambio, inspirada en el enfoque propuesto por Pontius et al. (2004), permitió cuantificar la superficie asociada a cada clase de uso del suelo o cobertura en dos momentos temporales distintos[5]. Su construcción requirió de un geoprocesamiento específico, "unión", que integra los datos espaciales correspondientes a los dos periodos analizados a través de los SIG. A partir de la información recopilada se procedió también a una modelización predictiva. Para ello, se recurrió a un modelo estocástico discreto, basado en la extrapolación de la tendencia observada entre 1980 y 2023. Considerando este intervalo, se proyectó la evolución esperada del territorio hasta el año 2065. La probabilidad de transición entre clases (Pij) se calculó conforme a la formulación de Scherer (1972), mediante el cociente entre la superficie de cambio (Sij) y el total de superficie original de la clase (j), representada en la fecha inicial del análisis.

Más allá de la cuantificación de los cambios, se abordó también su interpretación cualitativa, en base a una clasificación de las transiciones según su naturaleza funcional. Así, se identificaron procesos de fenómenos de artificialización, intensificación agraria, cambios de uso vinculados a una alteración en la actividad agrícola o ganadera, abandono rural con posterior regeneración de la vegetación natural, procesos de naturalización intensiva y degradación ecológica.

3. Resultados

3.1 Análisis evolutivo: la matriz de transición

Desde la década de 1980, el 39,7% de la superficie de la Sierra de Béjar, 9.714,9 ha, ha experimentado modificaciones en su cobertura, mientras que el 60,3% restante ha permanecido estable (ver tabla 1). La dinámica de cambio, analizada a través de la matriz de tabulación cruzada, refleja tres líneas de evolución: regresión del espacio agrario, expansión de coberturas naturales y artificialización localizada, ejemplo de una reconfiguración funcional determinada por factores físicos, socioeconómicos y demográficos.

Una de las principales variaciones registradas se corresponde al incremento de 2.723,5 ha cuantificado por las coberturas bióticas, representación del 11,1% del área de la comarca, en detrimento del espacio agrario, mostrando una tendencia hacia la renaturalización. Las coberturas agrarias no labradas, correspondientes con los usos de pasto, independientemente de la carga arbustiva

[4] Véase la relación de índices y métricas en: Mcgarigal, K.; Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Pacific Northwest research Station, Portland.

[5] Véase la metodología de la matriz de transición o cambio en Pontius, R. Jr.; Shusas, E.; Mceachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystemes and Environment*, 101, 251-268.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

y arbórea, han sufrido una de las alteraciones más notables. En conjunto, han cuantificado una reducción de 2.675,2 ha, respondiendo, principalmente, al abandono ganadero y la recolonización vegetal natural. Al mismo tiempo, pero con una intensidad mucho más reducida, han ocupado terrenos antes dedicados a los cultivos, aquellos cuyas condiciones físicas presentan cualidades más favorables para la labor agraria (59 ha), y han sumado 420 ha propias de la roturación del bosque tras su aprovechamiento maderero.

También es de destacar el crecimiento registrado por el uso urbano, a pesar de que la comarca ha perdido cerca del 25% de su población desde 1980. Este fenómeno responde a una demanda turística en alza, que ha impulsado la construcción de alojamientos rurales y viviendas vacacionales asociadas a la práctica del turismo de nieve y montaña. Junto a ello, la creación de otras infraestructuras, como la autovía A-66 o la estación de esquí de La Covatilla, ha intensificado la artificialización del paisaje, sustituyendo superficies naturales y de pastos por usos improductivos y urbanos, afectando a un total de 737,9 ha.

3.2 Análisis fisiográfico

Los resultados de las métricas del paisaje reflejan que La Sierra de Béjar presenta una elevada fragmentación, sin una matriz dominante, a pesar de que históricamente esta ha estado representada por el uso de pasto. Los valores de diversidad (SHDI >2,2, SHEI ≈0,88) confirman la elevada heterogeneidad fisiográfica, si bien esta podría verse reducida si la sucesión ecológica y el turismo intensivo conducen a una homogeneización del territorio. El elevado número de clases que componen el paisaje (22 y 24 en cada año de estudio), evidencian una elevada diversidad. El número de parches y su tamaño medio varía según el tipo de cobertura, siendo más numerosos, pero de reducido tamaño en el caso de los usos pratenses y agrícolas. Sirva de ejemplo lo registrado en el año 1980 por la cobertura de pasto (685 fragmentos y 10,3 ha de superficie media) y terreno arable (233 fragmentos y 2,1 ha de superficie media). Por el contrario, las formaciones naturales reflejan cierta concentración espacial, siendo este el caso de los usos de matorral (86 fragmentos y 24,1 ha de superficie media) y bosque de coníferas (18 fragmentos y 59,2 ha de superficie media). El paso de los años, asociado al proceso de regeneración natural propia del abandono agrario, se cuantifica en los índices de la EP señalados, viendo cómo se reducen el número de fragmentos y su superficie media en el caso del espacio agrario al tiempo que los usos bióticos cuantifican, por lo general, lo contrario.

Los índices métricos de la forma de los fragmentos muestran mayor complejidad en coberturas naturales, hecho que responde a los condicionantes físicos de su localización y su carácter de espontaneidad y mínima planificación. Por el contrario, los artificiales conservan formas más regulares, hecho que responde a una mayor organización y la búsqueda de mejorar la labor agraria. A pesar de todo, y con el transcurrir de los años, la tendencia avoca a la homogeneidad. Las métricas de la distancia de nuevo ponen de manifiesto la transición hacia la naturalización. La distancia media al vecino más cercano (índice MNN) en la primera de las fechas de estudio presenta valores reducidos en los usos agrarios (terreno arable: 91,0 m.; frutales: 505,5 m.; pasto: 29,8 m.), al tiempo que las coberturas bióticas cuantifican distancias más elevadas (matorral: 129,4 m.; bosque de coníferas: 457,7 m.; bosque de frondosas: 143,7 m.). El año 2023 registra importantes variaciones que responden, como ya se ha señalado, a la regeneración de la vegetación propia del abandono de la actividad. En consecuencia, las distancias de los usos agrarios se han visto incrementadas al tiempo que aquellas

clases bióticas se han reducido significativamente (terreno arable: 1.262,8 m.; frutales: 2.063,1 m.; pasto: 60,8 m.; matorral: 122,5 m.; bosque de coníferas: 146,0 m.; bosque de frondosas: 63,1 m.)

Tabla 1. Variación de superficie de usos y coberturas del suelo (en ha). Sierra de Béjar 1980-2023.

Uso del suelo	Ganancia	Pérdida	Total de variación	Persistencia
Terreno arable	9,8	623,8	-614,0	8,1
Huerta	11,4	120,2	-108,8	7,6
frutales	1,8	13,8	-12,0	1,4
Viñedo	8,3	192,6	-184,3	20,0
Pasto	756,2	3.990,3	-3.234,1	3457,3
Pasto matorral	870,2	2.104,6	-1.234,4	1.015,2
Pasto arbolado	645,5	729,2	-83,7	397,1
Dehesa	752,0	206,9	545,1	1.062,1
Pasto arbolado matorral	1.883,8	530,3	1.353,5	1.061,2
Camino	59,4	58,9	0,5	106,8
Carretera	91,8	17,6	74,2	72,3
Autovía	105,9	0,0	105,9	0,0
Vía férrea	0,1	0,1	0,0	20,6
Improductivo	242,5	2,1	240,4	6,3
Industrial	83,8	6,0	77,8	19,1
Zona urbana	334,2	11,6	322,6	270,2
Matorral	1.492,3	506,2	986,1	1.558,3
Matorral arbolado	144,1	46,0	98,1	28,2
Bosque abierto	394,3	198,9	195,4	59,9
Bosque conífera	234,2	115,9	118,3	732,6
Bosque frondosas	1.525,0	199,4	1.325,6	2.450,9
Curso fluvial	0,0	0,0	0,0	20,4
Masa fluvial	63,3	0,0	63,3	0,0
Afloramiento rocoso	5,0	40,5	-35,5	2378,8

Fuente: elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.2 Proyección futura

La proyección para el año 2065 sugiere un modelo territorial en el que el paisaje agrario tradicional da paso a un mosaico dominado por masas forestales, matorrales y desarrollos turísticos, impulsado por transformaciones socioeconómicas de largo alcance. Si persisten las tendencias observadas entre 1980 y 2023, se anticipa una reducción del 18,4% del espacio agrario, con una pérdida proyectada de 2.256 ha. El espacio labrado quedaría prácticamente residual. Las coberturas no labradas, hoy mayoritarias, sufrirían la mayor pérdida absoluta, cediendo terreno a las coberturas bióticas como pasto, matorral y bosque. Entre los crecimientos más notables destacarán el matorral (798,2 ha) y el bosque de frondosas (1.328,9 ha), este último consolidándose como la cobertura dominante a escala comarcal. El bosque de coníferas mantendría una expansión leve (62,9 ha), vinculada a ciclos de tala y repoblación. El grupo de usos artificiales sería el de mayor crecimiento relativo (137,7%), alcanzando 1.267 ha. Esta expansión estaría asociada a la ampliación de infraestructuras turísticas, particularmente en torno a La Covatilla, complementado con su correspondiente aumento de usos urbanos e improductivos ligado a lo señalado.

4. Conclusiones

La metodología adoptada en este estudio se configura como una herramienta analítica de alta eficacia para la interpretación del paisaje y del territorio. Su valor radica en la capacidad para facilitar una gestión espacial integral y coherente, permitiendo no solo la delimitación de unidades paisajísticas y la detección de cambios espaciales significativos, como así se ha llevado a cabo en la comarca de la Sierra de Béjar (Salamanca), sino también la identificación temprana de riesgos asociados al deterioro ambiental y patrimonial. En este contexto, resulta esencial comprender la evolución de los procesos de expansión vegetal descontrolada, dado su impacto potencial en la ocurrencia de eventos naturales adversos como incendios forestales, inundaciones, deslizamientos o desprendimientos. Asimismo, dicho conocimiento es clave para diseñar políticas de intervención rural.

La sinergia entre los principios de la EP y la técnica de tabulación cruzada ha posibilitado un enfoque metodológico robusto, de carácter cuantitativo, objetivo e integrador. A partir del análisis detallado de las métricas fisiográficas aplicadas, así como de la interpretación de las matrices de transición generadas, se ha logrado una caracterización precisa de la estructura espacial, la dinámica evolutiva y las proyecciones de transformación del territorio analizado. A su vez, el empleo de los SIG, esenciales en la generación cartográfica de usos del suelo mediante técnicas de fotointerpretación, y la implementación del programa Fragstats, reafirman el valor de estos recursos tecnológicos en la evaluación de patrones y procesos paisajísticos.

5. Referencias bibliográficas

Aguilera, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía, 30 (2),* 9-29.

Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of the Landscape*. Springer, Londres.

Forman, R. T. T.; Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Jaraíz Cabanillas, F. J. (2011). *Nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de uso del suelo en la Raya Central Ibérica* [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. Dehesa Repositorio Institucional

Pontius, R. Jr.; Shusas, E.; Mceachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystemes and Environment, 101*, 251-268.

Scherer, W. (1972). Aplicación de cadenas de Markov a la sedimentación cíclica de la formación oficina. *Boletín de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarbones, Special Publication, 3*, 1.785-1.822.

Silva, A. M.; Rubio, M. L. (2014). Análisis de cambios de uso del suelo en la Delegación Municipal de Ingeniero White (Buenos Aires, Argentina): aplicación de geotecnologías. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía,* 23 (1). 133-146.

Vila, J.; Varga, D.; Llausàs, A.; Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Documents d'anàlisi geogràfica, 48, 151-166.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

ANÁLISIS DE LA FILIACIÓN COROLÓGICA Y EL ESTATUS DE LOS TAXONES VASCULARES DE LOS PRADOS SUBALPINOS DEL MONTE ORY (NAVARRA)

MARÍA CRISTINA DÍAZ SANZ[1]

PEDRO JOSÉ LOZANO VALENCIA[2]

GUILLERMO MEAZA RODRIGUEZ[3]

[1]Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad Autónoma de Madrid, Camous Cantoblanco, C/ Freud 10, Fuencarral-El Pardo, Madrid, 28049, cristina.diazs@uam.es, 0000-0002-9830-9545

[2]Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, C/ Tomás y Valiente S/N 01006 Vitoria-Gasteiz, pedrojose.lozano@ehu.eus, 0000-0002-1345-5704.

[3]Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, C/ Tomás y Valiente S/N 01006 Vitoria-Gasteiz, Guillermo.meatza@gmail.com, 0000-0002-2120-0719.

Abstract: In the Navarre Pyrenees from 1600-1800 m to the highest altitudes there is a bioclimatic band characterized by cold temperatures and high snowfall from early autumn until well into spring and cool temperatures and guaranteed rainfall in the summer season. These conditions give rise to a landscape dominated by open pine forests of black pine (*Pinus uncinata*) and wide extensions of subalpine meadows, which are precisely the objective of this study. The aim is to biogeographically characterize the subalpine meadow landscape, as well as to analyze the chorological affiliation and status of its constituent species. For this purpose and during the years 2023 and 2024, 10 plots of 20 x 20 m were determined using a stratified random method with the help of Sigpac. The plots are visited regularly at different times of the year to avoid phenological or seasonal bias; not only the taxa but also their general coverage is determined and classified. Subsequently, their chorological ascriptions and status are determined. The results show high levels of specific diversity and many taxa, the most relevant chorological affiliations being the boreoalpine and Eurosiberian, while there is also a large group of very rare, rare and scarce species that give this landscape a relevant conservation value.

Keywords: Distribution of taxa, threatened species, biogrography, endemic species; Monte Ory.

1. Introducción

El presente trabajo se adscribe a una línea de investigación y puesta en valor de un método de valoración de los servicios ecosistémicos de las formaciones o paisajes vegetales. Cuenta con más de 35 años de empírea y ha sido aplicado a más de 250 formaciones vegetales a escala global.

En este caso el objetivo fundamental pasa por analizar dos parámetros básicos y muy geográficos de los ecosistemas de los prados subalpinos del Pirineo navarro y, en concreto, los del monte Ory: su filiación corológica y su estatus de conservación.

Se parte de la hipótesis de que, al tratarse de una zona de transición entre la región eurosiberiana y la mediterránea, pero, a la vez, a una altitud relevante (por encima de los 1800 m), dominarán los taxones correspondientes a estas adscripciones biogeográficas y también a las relacionadas con la flora típica de estos entornos montañosos e incluso de áreas boreales mucho más al norte.

Por otra parte, al tratarse de ambientes secularmente ocupados por actividades agrosilvopastoriles (fundamentalmente prados de diente de ganado ovino, vacuno y equino-) existe una cierta cantidad de taxones con amplias distribuciones (subcosmopolitas, circunboreales o plurirregionales), típicas de zonas tradicionales de pastizal. El hecho de que, desde el neolítico, estos sectores elevados se hayan dedicado sobre todo a una explotación ganadera trashumante y extensiva podría haber facilitado, mediante el tránsito del ganado, que fueran extendiéndose este tipo de especies de amplios rangos de distribución.

Por otra parte, estos medios altitudinalmente elevados, con condiciones bioclimáticas especiales y sin grandes presiones humanas, a excepción de la anteriormente mencionada, bien pudieran atesorar taxones relativamente raros o escasos que mereciera la pena conservar por su fragilidad, carácter endémico, relicto o finícola. De ahí que también se aborde un análisis del estatus de los taxones para que determinar si son susceptibles de protección, tanto en su conjunto como por sus componentes, y del grado de amenaza que pesa sobre ellos, sobre todo en un contexto de cambio climático.

2. Materiales, datos y métodos

2.1 Área de estudio

El Monte Ory se localiza en el sector oriental del Pirineo navarro, en la franja limítrofe con Francia. Su cumbre, a 2017 m metros sobre el nivel del mar, constituye el primer pico que supera la altitud de los 2000 metros en la orientación oeste-este.

Está constituido por materiales cenozoicos, en cuya base afloran calizas paleógenas que, a techo son sustituidas por un Flysch del Eoceno (fundamentalmente calizas y areniscas) en su parte meridional, mientras que en la septentrional aparece el *Flysch* cretácico que, junto a las anteriormente reseñadas litologías, muestra esquistos y margas (Pejenaute, 2003).

El enclave presenta un clima subpirenaico o subalpino (Uriarte, 1996), de tipo Cfb según la clasificación de Köppen, pero con menor influencia marina de la masa oceánica y a una altitud que hace que las temperaturas sean frías y hasta cierto punto rigurosas en invierno y frescas en verano. En el observatorio de Abaurrea, a poco más de 1000 m de altitud, la temperatura media es de 8ºC y desde noviembre hasta abril (ambos incluidos) no asciende por encima de los 6ºC. La decreciente influencia de la masa marina hace que las oscilaciones entre las temperaturas mínimas (enero con 1,6ºC) y máxima (agosto con 16,8ºC) sean bastante amplias, al igual que las diarias. Se puede asistir en otoño,

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

primavera y verano a temperaturas bajo cero durante la noche y por encima de los 15 ó 20ºC durante el día. Por su parte, las precipitaciones oscilan entre los 1500 y los 1800 mm. En el monte Ory, 1000 metros por encima de este observatorio, las precipitaciones totales anuales superen ampliamente los 2000 mm (Uriarte, 1996). Los días de nevadas superan los 30 y el manto nival se mantiene prácticamente desde mediados del otoño hasta bien entrada la primavera (Uriarte, 1996). La cima del Ory bien podría contar con un clima de tipo Cfb o alpino al contar con una temperatura media de enero por debajo de -3ºC.

Estas condiciones y las altas pendientes dan lugar a un territorio escarpado, con abundantes procesos crioclásticos y de tipo periglaciar durante casi todo el año. Los clastos van siendo trasportados ladera abajo por procesos la gravedad, solifluxión, arroyada dispersa y concentrada, etc., lo que le hace contar con una escasez edáfica casi generalizada, a excepción de algunos rellanos y hombreras (Pejenaute, 2003).

En lo referente a la vegetación, este tramo altitudinal, que se dispone entre los 1600 a 2200 m en la vertiente norte (piso subalpino) y de los 1800 a los 2300 en la meridional (piso oromediterráneo), donde precisamente se han ubicado las parcelas de estudio, es el ámbito del pinar de pino negro (*Pinus uncinata*). Sin embargo, al tratarse de una zona deforestada en favor de la actividad pastoril y trashumante desde hace milenios, y sometida a duras condiciones geomorfológicas, a día de hoy presenta abundantes espacios abiertos colonizados por los prados subalpinos (Meaza et al., 2020).

2.2. Materiales y métodos

En aplicación de nuestro propio modelo de inventario, (Lozano-Valencia et al., 2021), tras delimitar el ámbito de estudio por imágenes satelitales y aéreas, se pasó a establecer la localización de las parcelas (10) a partir de un método estratificado y aleatorio establecido dentro del Sistema de Información Geográfico (SIG) Arcview 8.2. Para cada una de las parcelas de 20 x 20 m se obtuvieron los datos de localización e identificación del lugar (coordenadas UTM, topónimos, etc.), aspectos y rasgos geográficos y medioambientales generales, fotografías, etc. A continuación, se tomaron los datos sobre la totalidad de taxones de la flora vascular, determinándolas sobre el terreno y sobre muestras herborizadas de cada uno de ellos. Las dos variables para analizar (filiaciones corológicas de los taxones y su estatus de conservación a escala regional) se determinaron consultando la obra de Aizpuru et al. (2004) y el herbario del Instituto Pirenaico de Ecología de Jaca. Las parcelas fueron visitadas varias veces a lo largo de 2023 y 2024 y en diferentes épocas del año para evitar el sesgo fenológico.

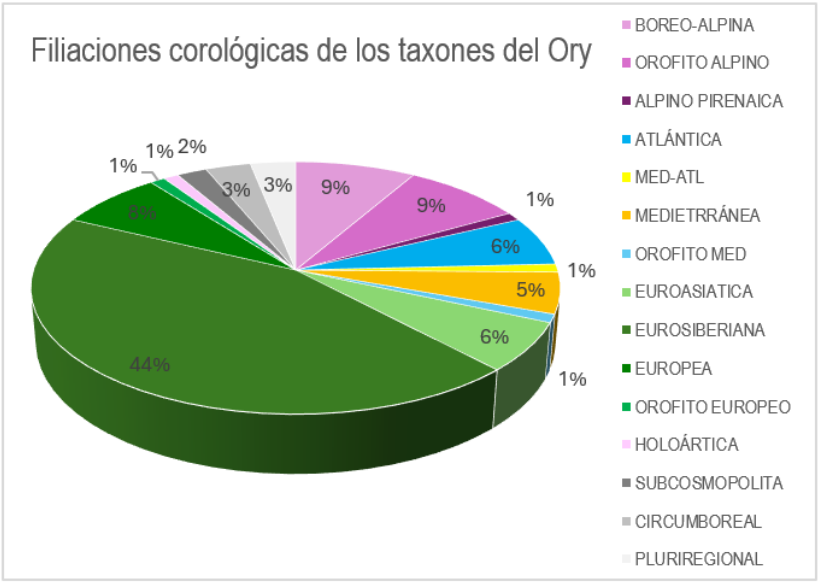
3. Resultados y discusión.

En los inventarios realizados se han determinado los siguientes taxones: 2 de árboles y arbustos, siempre de porte relativamente modesto, 6 de matas o arbustos de baja talla y 87 herbáceas; lo que hace un total de 95 especies. De todas las formaciones vegetales estudiadas y caracterizadas hasta la fecha esta ha sido la que mayor número de taxones presenta, por encima de otras registradas en cualquier bosque de tipo templado, así como otro tipo de formaciones no forestales, incluso del ámbito tropical. Por lo tanto, el primer dato reseñable es el de la gran diversidad específica.

La Figura 1 recoge la adscripción corológica de la totalidad de taxones identificados en la zona de estudio.

Figura 1. Filiaciones corológicas de los taxones de flora vascular del Monte Ory.

	TOTAL
BOREO-ALPINA	8
OROFITO ALPINO	8
ALPINO PIRENAICA	1
ATLÁNTICA	6
ED-ATL	1
MEDIETRRÁNEA	5
OROFITO MED	1
EUROASIATICA	6
EUROSIBERIANA	42
EUROPEA	7
OROFITO EUROPEO	1
HOLOÁRTICA	1
SUBCOSMOPOLITA	2
CIRCUMBOREAL	3
PLURIREGIONAL	3



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede comprobar, la diversidad de adscripciones es notable. Sin embargo, existe un claro dominio de las especies de adscripción eurosiberiana, que llegan a suponer el 45 % de todos los taxones. Lo que sumado a los de filiación euroasíatica (6 %), europea (8 %) y orófita europea (1 %), determina un claro dominio de la componente europea, que acapara más de la mitad de las especies (el 60 %). Aunque los inventarios se hayan realizado en la vertiente meridional, las altas precipitaciones garantizan a esta altitud el predominio de los taxones eurosiberianos sobre los mediterráneos.

Por otra parte, el hecho de constituir un ecosistema o paisaje propio del piso subalpino hace que también las adscripciones propias de los medios de montaña sean importantes. De hecho, un 9 % de las filiaciones correspondería a taxones que, o bien se encuentran en los pisos bioclimáticos de la alta montaña europea o del área boreal. Otro 9 % contaría con una filiación orófita alpina (Alpes, Pirineos...) Un 1 % se correspondería con distribuciones alpino-pirenaicas, es decir, con especies propias de cotas altas de estas dos cadenas montañosas. Este grupo de adscripciones llega a suponer el 19 % y se configura como el más numeroso después de las eurosiberianas *sensu lato*. Con ello se cumple también la segunda de las hipótesis planteadas: estos paisajes albergan un número bastante considerable de taxones propios de estos medios de montaña.

A continuación, aparecerían las distribuciones de carácter mediterráneo. *Sensu stricto* supondrían el 5 %, pero se le pueden sumar otras dos filiaciones de este ámbito: con un 1 % los orófitos mediterráneos (1 sola especie) y con otro 1% otro taxón típico de sectores de transición entre la región eurosiberiana y la mediterránea.

Los taxones con amplio rango de distribución supondrían un 8 % (subcosmopolitas 2 %, circumboreales 3 % y plurirregionales 3 %). A este grupo también podría adscribirse un taxón de distribución holoártica, es decir, existente en los continentes boreales a escala global. Se trata de herbáceas bastante palatables para el ganado, que seguramente han sido beneficiadas y aparecen en estos medios altitudinales como consecuencia de la actividad ganadera extensiva y trashumante.

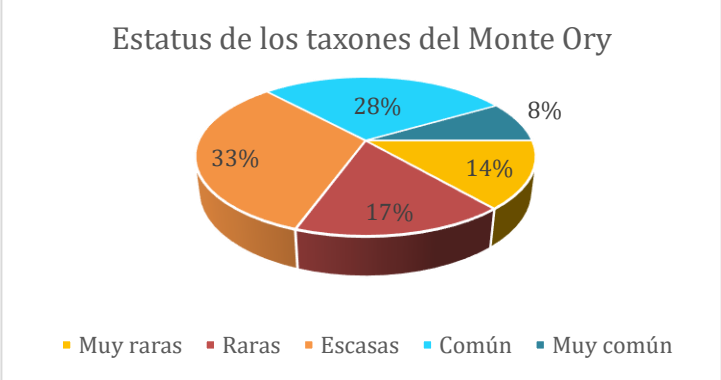
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Otro grupo de filiaciones englobaría las especies de distribución atlántica europea, que supondrían un 7 %. Este tipo de filiación es mucho más relacionable con la región eurosiberiana que con otras adscripciones; con lo que, una vez más, podemos concluir que las condiciones bioclimáticas y bioambientales benefician fundamentalmente el desarrollo de especies típicas de los medios eurosiberianos y no de los mediterráneos, como podría pensarse por la ubicación de las parcelas dentro del piso oromediterráneo.

Como se ha señalado, también se aborda el análisis del estatus de los taxones vasculares detectados. En este caso la categoría que más porcentaje reúne es la de las plantas escasas, con un 33 %. Le siguen la común (28 %), la rara (17 %), la muy rara (14 %) y la muy común (8 %). Con todo ello, aunando escasas, raras y muy raras se alcanzaría el 64 % del conjunto de los taxones, frente al 36 % de plantas comunes o muy comunes (Figura 2). Es decir, casi dos tercios de los taxones vasculares del monte Ory se podrían considerar como escasos, raros o muy raros; lo que representa un porcentaje muy alto y, por tanto, muy a tener en cuenta. El mantenimiento de estos pastizales que alimentan una ganadería tradicional, secular, trashumante y relativamente extensiva garantiza la preservación de muchas plantas amenazadas bajo diferentes niveles de peligro de desaparición. Sólo por ello merece la pena habilitar su protección, facilitando los usos y aprovechamientos tradicionales, que resultan relativamente sostenibles y garantizan altos niveles de diversidad biológica y gran calidad de los taxones. De esta manera, también se cumple la hipótesis de partida en el sentido de que un ámbito con unas características tan particulares a nivel bioambiental y una gestión relativamente tradicional sin excesiva presión sobre el medio sería garante de la pervivencia de taxones relativamente escasos o raros.

Figura 2. Estatus de los taxones del Monte Ory.

Estatus	total
Muy raras	13
Raras	16
Escasas	31
Común	27
Muy común	8



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

La flora vascular del piso subalpino/oromediterráneo del Pirineo navarro muestra una gran diversidad específica y una serie de taxones muy interesantes por su condición de raros o escasos o por contar con filiaciones muy restringidas a estos medios de alta montaña a caballo entre el mundo eurosiberiano y el mediterráneo.

El presente estudio ha muestreado una superficie de 4000 m^2 de las estribaciones del Monte Ory y ha cumplido con el objetivo propuesto de caracterizar fitogeográficamente los prados subalpinos y analizar tanto la filiación corológica de sus taxones constituyentes como su estatus de conservación.

El hecho de situarse estos herbazales en transición entre la región mediterránea y la eurosiberiana, pero a una altitud que ronda los 2000 m para todas las parcelas, ha aportado datos tan interesantes como que más del 60% de los taxones muestra distribuciones que tienen que ver con la región eurosiberiana *sensu lato*. Por su parte, la componente mediterránea queda reducida a un 6 %. Este hallazgo resulta llamativo, dado que la mayoría de las parcelas analizadas, a excepción de tres que se sitúan fuera de la orientación meridional, responden al piso oromediterráneo. Sólo un 1 % de las especies se situaría en una posición de transición entre lo atlántico y lo mediterráneo.

También se cumple la hipótesis que postula que la ubicación del monte Ory dentro de la cadena pirenaica y a una altitud relevante da lugar a filiaciones corológicas relacionadas con taxones de alta montaña o de zonas boreales con biomas como la taiga.

El carácter secular del aprovechamiento ganadero en extensivo y de manera estacional de estos pastos de altura ha generado un paisaje singular en el que también aparecen, lógicamente, taxones de amplios rangos de distribución. Hasta un 9 % responderían a subcosmopolitas, circumboreales, plurirregionales u holárticas.

Este paisaje absolutamente cultural, con una explotación secular, es garante de albergar taxones muy raros y raros que deben ser muy tenidos en cuenta como especies a proteger y gestionar activamente a través del mantenimiento de la explotación pastoril sostenible.

Todas estas zonas de alta montaña son relativamente frágiles ante el cambio climático. La obtención de datos sobre la flora vascular existente, así como de sus coberturas, es esencial para poder vislumbrar, a medio plazo, los efectos que estas modificaciones pueden generar dentro de las comunidades bióticas y sus taxones constituyentes.

5. Referencias bibliografícas

Aizpuru, I., Aseguinolaza, C., Uribe-Echevarria, P.M., Urrutia, P. & Zorrakin I. (2004). *Euskal Herriko landareak eta inguruetakoak sailkatzeko gako irudidunak*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.

Lozano-Valencia, P. J., Díaz-Sanz, M. C., Varela-Ona, R. & Meaza, G. (2021). *Metodología LANBIOEVA para el inventariado y la valoración biogeográfica*. Madrid, Asociación de la Geografía Española, Cuadernos de técnicas y métodos en Geografía Física. Biogeografía.

Meaza, G., Lozano-Valencia, P.J. & Varela-Ona, R. (2020). *Biodiversidad, Paisaje y Gestión Ambiental. Itinerarios biogeográficos por el País Vasco y territorios aledaños*. Tirant Humanidades. Valencia

Pejenaute, J.M. (2003). *Navarra. Geografía*. Pamplona, Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Uriarte, A. (1996). *Geografía de Euskal Herria. Clima y Aguas*. Editorial Etor. Bilbao.

RECURSOS GEOPATRIMONIALES A ESCALA MUNICIPAL (FUENCALIENTE, CANARIAS, ESPAÑA) PARA PROMOCIONAR EL GEOTURISMO VOLCÁNICO

JAVIER DÓNIZ PÁEZ[1,2]

NEMESIO M. PÉREZ[2,3]

DAVID AFONSO FALCÓN[3]

HÉCTOR DE LOS RÍOS DÍAZ[3]

[1]Grupo Geopatrimonio y Geoturismo en Espacios Volcánicos-Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, 38200, La Laguna, Tenerife, España, jdoniz@ull.edu.es, Orcid.org/0000-0002-7789-7720

[2]Instituto Volcanológico de Canarias, 38400, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canarias, España

[3]Intituto Tecnológico y de Energía Renovables, 38600, Granadilla de Abona, Tenerife, España n.perez@iter.es, Orcid.org/0000-0003-1410-7717dafonso@iter.es, Orcid.org/0009-0003-2283-8066, hrios@iter.es, Orcid.org/0000-0002-8230-9874

Abstract: Geotourism is a relativity new activity based of the diversity of natural and cultural heritage associated with geoheritage. In areas with recent and historical monogenetic basaltic volcanism, the volcanic and non-volcanic geoforms are an opportunity to develop geotourism. Fuencaliente village has a rich and varied volcanic heritage associated with historical eruptions, which is very well preserved. The objective of this work is to inventory, select, characterise and evaluate representative, preserved and accessible sites of geotouristic interest (SGIs) in Fuencaliente in order to propose sustainable geotourism strategies. We have studied 26 natural and cultural SGIs almost all of them located on the coast of the Fuencaliente and within the Natural Monument of Volcanes del Teneguía and associated with mafic monogenetic volcanism (cinder or scoria cones, hornitos, fissures, lava field, lava delta, lava tube, lava channels, lapilli field, etc.) and posteruptive geoforms (cliffs, beaches, ravines, etc.). From these, it is possible to create georoutes through natural and cultural spaces that diversify the leisure offer of the municipality and that and make it a point of reference for volcanic tourism in the Canary Islands.

Keywords: Volcanoes, geoheritage, geotourism, La Palma, Spain

1. Introducción, área de estudio y objetivos

Los recursos naturales y culturales de un territorio son claves para su desarrollo socioeconómico. En el caso del turismo este aspecto es todavía más importante ya que los recursos turísticos son eminentemente territoriales, se convierten al mismo tiempo en factor y soporte de las actividades turísticas y habitualmente se consumen *in situ*. En este sentido, tener un buen conocimiento de los recursos y atractivos de un lugar es clave para poder desarrollar actividades turísticas. En aquellos espacios con volcanismo activo y que hayan tenido erupciones en fecha histórica, las geoformas volcánicas suelen presentar un buen estado de conservación, mantiene aún su geodiversidad y se convierten en una oportunidad de ocio. Por lo tanto, el inventario, la caracterización y evaluación del geopatrimonio de estos territorios es fundamental para implementar estrategias de desarrollo local sostenibles (João, 2025) a través del geoturismo.

El municipio de Fuencaliente ocupa una superficie de 54,42 km^2 y se localiza en el extremo sur de La Palma, Canarias, España. El clima es templado-seco, con temperaturas medias anuales que varían entre los 16 y 19 ºC, no cuenta con ningún mes frio y las precipitaciones oscilan entre los 300 y 500 mm anuales, con entre 5 y 6 meses secos al año (Marzol, 2000; Luque-Söllheim et al., 2024). El relieve municipal se corresponde con el volcanismo de rift de la dorsal de Cumbre Vieja en el que destacan los paisajes geomorfológicos de conjuntos eruptivos recientes e históricos, campos de lapilli y coladas de lavas de morfología diversa entre los que destacan los conjuntos eruptivos de San Antonio (1677-78) y del Teneguía (1971). La geodiversidad municipal es muy representativa de las diferentes geoformas eruptivas y no eruptivas propias de islas volcánicas activas, oceánicas y subtropicales. El paisaje vegetal es el propio de ambientes costeros de Canarias, en donde destacan los matorrales con diferente grado de recubrimiento de saladares, tomillos, vinagreras o tabaibales dulces.

Puesto que Fuencaliente cuenta con un volcanismo basáltico monogénico reciente e histórico muy significativo y geodiverso, el objetivo de este trabajo es identificar, seleccionar, caracterizar y valorar lugares de interés geoturístico (Ligts) representativos, conservados y accesibles del municipio para implementar estrategias de geoturismo, en espacios naturales y urbanos, que contribuyan tanto a seguir manteniendo el protagonismo del geoturismo en el municipio como a diversificarlo.

2. Metodología

Este trabajo se desarrolló en tres fases: 1-Identificación, inventario y selección de los Ligts a partir de la revisión de la literatura científica, la cartografía topográfica, geológica y geomorfológica a diferentes escalas, los modelos digitales del terreno y el trabajo de campo durante el año 2023-2024. En el inventario de los Ligts se tuvo en cuenta si las geoformas se presentan de manera individual o agrupadas. Para la selección de los Ligts era necesario que fuesen representativos de la geodiversidad del municipio, que estuvieran conservados y fuesen accesibles. 2-Caracterización de los lugares seleccionados que incluyó tanto datos numéricos (coordenadas, altitud, etc.) que permitían ubicar el Ligts, como información cualitativa de los mismos (geología, geomorfología, geografía, ecología, historia, usos, estética, etc.) que fue clave para su valoración posterior. 3-Evaluación cuantitativa de los valores intrínsecos (científicos y adicionales o añadidos) y cualitativa de los valores de uso y gestión de los Ligts a partir de la propuesta de Reynard et al (2007 y 2016). Con el fin de poder comparar y definir un nivel jerárquico para cada Ligts se establece la siguiente clasificación: bajos si las puntuaciones son < 0.4; medios si son ≥ 0.4 y < 0.6; y altos si son ≥ 0.6 y 1 (Bouzekraoui et al., 2017).

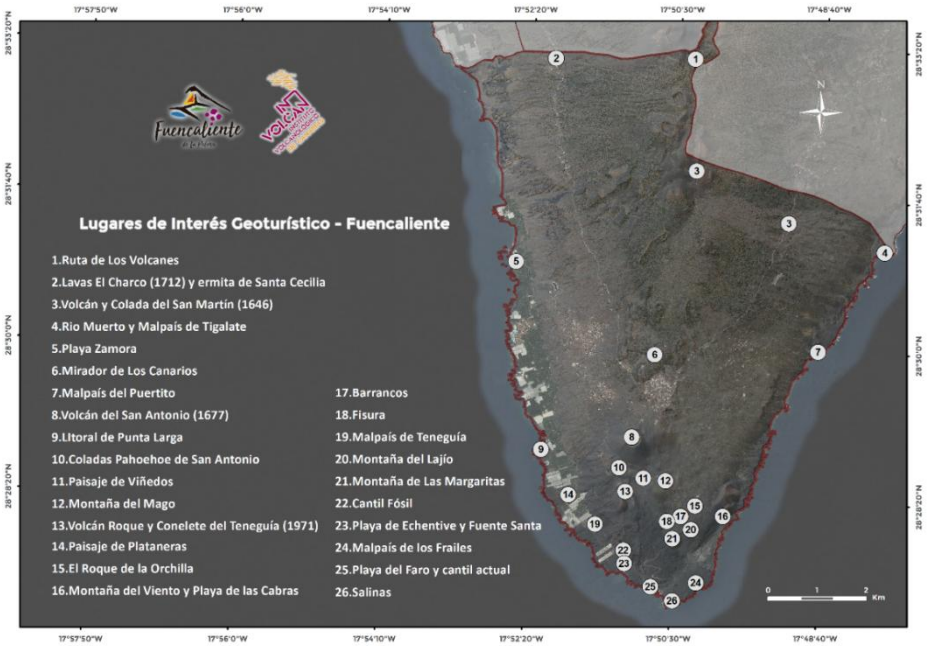
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados y discusión

Se han identificado, inventariado y seleccionado 26 Ligts (Fig. 1). Todos ellos son representativos del patrimonio natural y cultural de Fuencaliente, están bien conservados y son accesibles por la red de carreteras o por los diferentes senderos existentes en la localidad. Una primera aproximación a la distribución espacial de los Ligts se observa que la mayoría se localizan hacia la costa municipal y muchos están incluidos en el Monumento Natural de los Volcanes del Teneguía. Dentro del patrimonio natural los lugares seleccionados corresponden a geoformas volcánicas y no volcánicas. Entre las primeras se reconocen edificios eruptivos (volcanes basálticos magmáticos e hidromagmáticos, coneletes de escorias y hornitos), campos de lapilli, coladas de lavas e isla bajas. Las segundas corresponden a formas erosivas (acantilados fósiles y activos y barrancos) y sedimentarias (playas). Los elementos del patrimonio cultural se relacionan con la arqueología, la Fuente Santa, los paisajes rurales (viñedos y plátanos), el faro y las salinas (Fig. 2).

En líneas generales la media de los valores científicos de los Ligts es claramente superior (0,51) a la de los valores añadidos (0,34). Los primeros cuentan con promedios medios y los segundos bajos. Ahora bien, un análisis más detallado de ambos valores de los Ligts de Fuencaliente en función de si su puntuación es alta, media y baja, arroja resultados interesantes. Así, para los valores científicos, el 30,77% son altos, el 30,77% medios y el 38,46% bajos. En cambio, para los valores añadidos tan solo el 7,69% son altos, el 15,38% medios y el 76,93% bajos. Se observa que para los intervalos altos y medios los valores científicos son superiores a los añadidos, pero no para los valores bajos, en donde los valores añadidos están muy por encima de los científicos (76,93% frente al 38,46%). Ahora bien, a excepción de algunos lugares seleccionados (cantil fósil, volcán Teneguía o volcán San Antonio) los valores científicos no son indicativos de un uso conservacionista *sensu estricto*, sino que se pueden desarrollar otros usos como los turísticos o didácticos siempre que no sean contrarios a la conservación de sus valores patrimoniales y vayan en la línea de mantener la geodiversidad del mismo y conservar sus principales geoformas.

Figura 1. Mapa del municipio de Fuencaliente al sur de la isla de La Palma, Canarias, España con los 26 lugares de interés geoturístico seleccionados.



Fuente: IDE-Canarias. Elaboración propia.

Los valores científicos más altos corresponden al cantil fósil (0,88) y a la Ruta de los Volcanes, los dos volcanes históricos de San Antonio y Teneguía y la Fuente Santa-Playa Echentive con 0,81 puntos; mientras que los más bajos son Playa de los Canarios y las Salinas de Fuencaliente con 0,19 puntos. Los valores añadidos más altos corresponden a la Ruta de los Volcanes y volcán de San Antonio con 0,72 y los más bajos a la fisura eruptiva con 0,09 puntos. Según estos datos, a excepción de la Ruta de los Volcanes y el volcán de San Antonio que dispone de valores científicos y culturales altos, en el resto no parece haber correlación alguna entre ambos tipos de valores. Tal es así que el valor de R^2 muestra una correlación de tan solo 0,33.

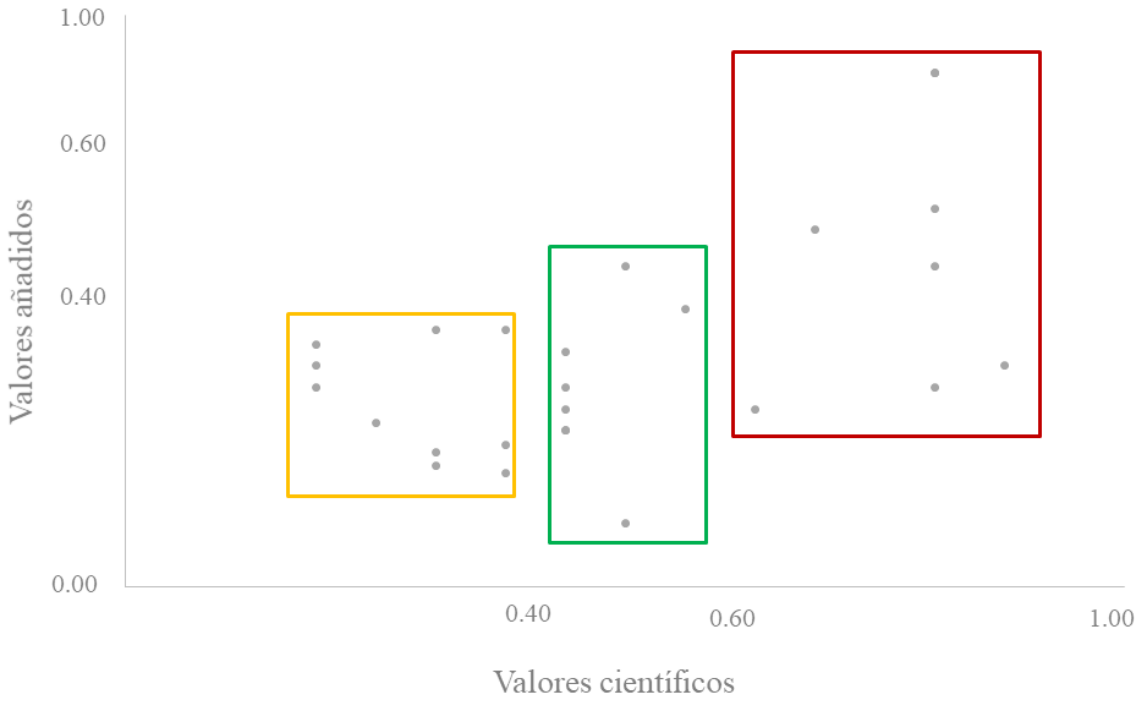
Si tenemos en cuenta que en gran parte de la superficie municipal está protegida (Parque Natural Cumbre Vieja, Monumento Natural Volcanes de Teneguía, Sitio de Interés Científico Las Salinas y Paisaje Protegido de Tamanca) y que la mayor parte de los Ligts estudiados corresponden con estos espacios, es normal que los valores científicos estén por encima de los añadidos. Por tanto, si los agrupamos en altos, medios o bajos obtenemos para Fuencaliente tres categorías (Fig. 3). Una en la que los valores científicos y añadidos son bajos y que acogen al 38,46% de los lugares estudiados con diez (color naranja de la figura 3). Otra en donde los valores científicos y añadidos son medios que suman el 30,77% de los Ligts con ocho y que corresponde con el recuadro verde de la figura 3. Una tercera que representa al 30,77% en donde los valores científicos son altos y los añadidos pueden ser bajos (3 Ligts), medios (3 Ligts) y altos (2 Ligts) y que corresponde con el recuadro de color rojo de la figura 3.

Figura 2. Lugares de interés geoturístico de Fuencaliente: a-volcán basáltico monogénico del Teneguía (1971); b-Volcán mixto de San Antonio (1677-78); c-edificio volcánico freatomagmático de Montaña del Viento; d-Roque fonolítico del Teneguía; e-acantilado fósil, taludes lávicos e isla baja del Teneguía; f-paisaje vegetal costero característico del municipio; g-Playa del Faro y faros de Fuencaliente; h-cultivos de viñedos e i-salinas de Fuencaliente.

Fuente: los autores.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 3. Correlación de los valores científicos y añadidos y agrupamientos de los Ligs seleccionados de Fuencaliente.



Fuente: elaboración propia.

La selección y valoración de los 26 Ligts de Fuencaliente podrían, sin duda, ser la base para desarrollar e implementar estrategias de geoturismo en el municipio con la creación de georrutas en espacios naturales y urbanos. A ello ayudaría la presencia de senderos homologados, que la Ruta de los Volcanes atraviese el pueblo, que exista el centro de visitantes Volcán San Antonio, el complejo de ocio en torno de las salinas y la Fuente Santa. Además, desde 1971 con la erupción del volcán Teneguía, los denominados por entonces como turistas del fuego ya pusieron en el mapa turístico insular y regional a Fuencaliente como el máximo representante del geoturismo en La Palma (Dóniz-Páez et al., 2024a) y esta modalidad de turismo volcánico continua su auge tras la erupción del volcán Tajogaite en 2021 (Dóniz-Paéz et al., 2024b).

4. Conclusiones

Fuencaliente lleva más de 50 años siendo un referente en el turismo volcánico. La erupción del Teneguía de 1971 situó al municipio en el mapa geoturístico insular y regional. La presencia de un geopatrimonio asociado tanto al volcanismo basáltico monogénico reciente e histórico como a los procesos de erosión y sedimentarios posteruptivos, es clave para continuar profundizando en el turismo vinculados con el relieve. En este sentido, esta propuesta de 26 lugares de interés geoturístico representativos de la geodiversidad municipal, conservados y accesibles, contribuirán, sin duda, a que Fuencaliente continúe implementando estrategias de geoturismo en espacios naturales y urbanos que lo posicionen como un referente en este tipo de actividades turísticas, pero también a diversificar su oferta de ocio actual.

5. Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto "Lugares de interés geoturístico del municipio de Fuencaliente de la Palma, Islas Canarias", elaborado por Involcan para el Ayuntamiento de Fuencaliente.

6. Referencias

Bouzekraoui, H., Barakat, A., Touhami, F., Mouaddine, A., El Youssi, M. (2017). Inventory and assessment of geomorphosites for geotourism development: A case study of Aït Bou Oulli valley (Central High-Atlas, Morocco). *Area*, 50, 331-343. https://doi.org/10.1111/area.12380C

Dóniz-Páez, J., Pérez, N. Becerra-Ramírez, R., Hernández, W. (2024a). Geotourism on an active volcanic island (La Palma, Canary Islands, Spain). *Miscellanea Geographica-Regional Studies on Development*, Vol. 28, Nº. 2. DOI: 10.2478/mgrsd-2023-0032

Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., Németh, K., Gosálvez, R. U., Escobar, E. (2024b). Geomorfositios de interés geoturístico del volcán monogenético Tajogaite, erupción de 2021 (La Palma, Islas Canarias, España). *Geofísica Internacional*, 63(1), 729–746. https://doi.org/10.22201/igeof.2954436xe.2024.63.1.1731

Hernández-Ramos, W.H., Dóniz-Páez, J., García-Hernández, R. Pérez, N. (2024). Evaluation of Sites of Geotouristic Interest on Active Volcanic Island La Palma, Spain for Potential Volcanic Tourism. *Geoheritage* 16, 102. https://doi.org/10.1007/s12371-024-01006-z

João, F. (2025). Inventory and evaluation of the geoheritage at the municipality of Ansião. En Bollati IM, Brustia E, Melelli L, Monge-Ganuzas M, Pica A, Pompili R, Rodrigues J, Rouget I (Eds.) ProGEO SW Europe Regional Working Group Virtual Conference on Geoconservation (2nd Edition), Abstracts Book, Portugal. 54-55.

Luque-Söllheim, A., Máyer Suarez, P., García Hernández, F., 2024. The digital climate atlas of the Canary Islands: A tool to improve knowledge of climate and temperature and precipitation trends in the Atlantic islands. *Climate Services*. 34, 100487. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100487.

Marzol, V. (2000). El clima. En: Morales, G., Pérez R., (ed). *Gran atlas temático de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Interinsular canaria, pp. 87-106.

Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C. (2007). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3): 148-158. http://doi.org/10.5194/gh-62-148-2007

Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage*, 8: 43-60. http://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0

PATRIMONIO GEOGRÁFICO DE INTERÉS GEOTURÍSTICO EN GEOPARQUES DE ISLAS VOLCÁNICAS ACTIVAS: LANZAROTE Y ARCHIPIELAGO CHINIJO, CANARIAS, ESPAÑA

JAVIER DÓNIZ PÁEZ[1,2]

DAVID AFONSO FALCÓN[3]

HÉCTOR DE LOS RÍOS DÍAZ[3]

NEMESIO M. PÉREZ[2,3]

[1]Grupo Geopatrimonio y Geoturismo en Espacios Volcánicos-Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, 38200, La Laguna, Tenerife, España, jdoniz@ull.edu.es, Orcid.org/0000-0002-7789-7720

[2]Instituto Volcanológico de Canarias, 38400, Puerto de La Cruz, Tenerife, España

[3]Intituto Tecnológico y de Energía Renovables, 38600, Granadilla de Abona, Tenerife, España dafonso@iter.es, Orcid.org/0009-0003-2283-8066, hrios@iter.es, Orcid.org/0000-0002-8230-9874 n.perez@iter.es, Orcid.org/0000-0003-1410-7717

Abstract: Lanzarote is part of a geopark since 2015 and has a great geodiversity associated with volcanic and non-volcanic geoheritage. The aim of this work is to select, characterise and evaluate sites of geotourism interest (Ligts) in Lanzarote from a geographical approach. To this end, a review of the bibliography, topographic and thematic mapping, fieldwork and evaluation according to Reynard's proposal have been carried out. The 47 Ligts selected are representative of the geodiversity of the island, are preserved and accessible. They have higher mean intrinsic values (0.64) than added values (0.39). This type of inventory helps the local population and visitors to better understand the island's rich natural and cultural heritage linked to its relief and to continue diversifying Lanzarote's tourist leisure activities in order to promote the harmonious coexistence of the population and tourists with the island's volcanic landscapes.

Keywords: Volcanoes, geographic heritage, geotourism, geoparks, Lanzarote, Spain.

1. Introducción, objetivo y área de estudio

El turismo un sector socioeconómico complejo en relación con la diversidad de factores que intervienen en él. Al mismo tiempo, es una actividad muy dinámica sujeta a cambios y modas y es resiliente dado su enorme capacidad para reinventarse y recuperarse. En las últimas décadas el ocio turístico se ha visto afectado por diferentes transformaciones que han provocado cambios importantes en el mismo. Los tres ámbitos en donde se están realizando los principales avances para afrontar los cambios actuales y los retos futuros del turismo son el legislativo, vinculado con modificaciones hacia un modelo turístico sostenible; las transformaciones e intervenciones en el espacio urbano público y privado adaptándolo a los turistas y la creación de nuevos productos y experiencias turísticas alternativas y sostenibles (Simancas et al., 2020).

En este trabajo nos centraremos en el ámbito de los nuevos productos turísticos y más concretamente en el geoturismo como modalidad turística relativamente reciente, pero en auge, que engloba actividades sostenibles muy diversas asociadas con productos y experiencias turísticas innovadoras y/o alternativas al turismo dominante en un destino. Por tanto, el objetivo de esta comunicación es identificar, seleccionar y caracterizar el patrimonio geográfico de interés para el geoturismo en la isla de Lanzarote dentro del geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo a través de los lugares de interés geoturístico (Ligts) desde la aproximación geográfica del mismo (Dowling y Newsome, 2018).

Lanzarote es la isla más septentrional y oriental de Canarias, geológicamente es la segunda más antigua con 15 Ma y es internacionalmente conocida por el turismo de sol y playa, pero también por la armónica convivencia histórica de la sociedad con los volcanes. Lanzarote dispone de varios espacios naturales protegidos como el Parque Nacional de Timanfaya, es Reserva de la Biosfera y es geoparque desde 2015 debido a la gran geodiversidad que ofrecen sus paisajes volcánicos (Mateo et al., 2019). En este sentido, la isla presenta un importantísimo patrimonio geográfico natural y cultural vinculado con los volcanes que cuentan con un gran potencial para el geoturismo.

2. Metodología

Este trabajo se desarrolló en tres fases: 1-identificación, inventario y selección de los Ligts a partir de la observación de ortofotos y fotografía aéreas y trabajo de campo. 2-caracterización de los Ligts a través de la revisión bibliográfica y cartográfica y 3-evaluación cuantitativa de sus valores intrínsecos (científicos y adicionales o añadidos) y cualitativa de los de uso y gestión siguiendo la propuesta metodológica de Reynard y sus colaboradores (2007 y 2017). Con el fin de establecer comparaciones los valores son bajos si las puntuaciones son < 0.4; medios si son ≥ 0.4 y < 0.6; y altos si son ≥ 0.6 (Bouzekraoui et al., 2017).

3. Resultados y discusión

Lanzarote constituye un buen ejemplo en donde el turismo de sol y playa convive con otro tipo de productos y experiencias turísticas de manera mucho más armoniosa que en otras islas de Canarias. En este sentido, la isla lleva décadas poniendo énfasis en el patrimonio volcánico como reclamo turístico, no solo por la geodiversidad de formas y procesos volcánicos y no volcánicos muy bien conservados, sino también por el interesante patrimonio cultural de Lanzarote como resultado de la convivencia histórica de la población insular con sus volcanes y con otras geoformas no eruptivas (Fig. 1).

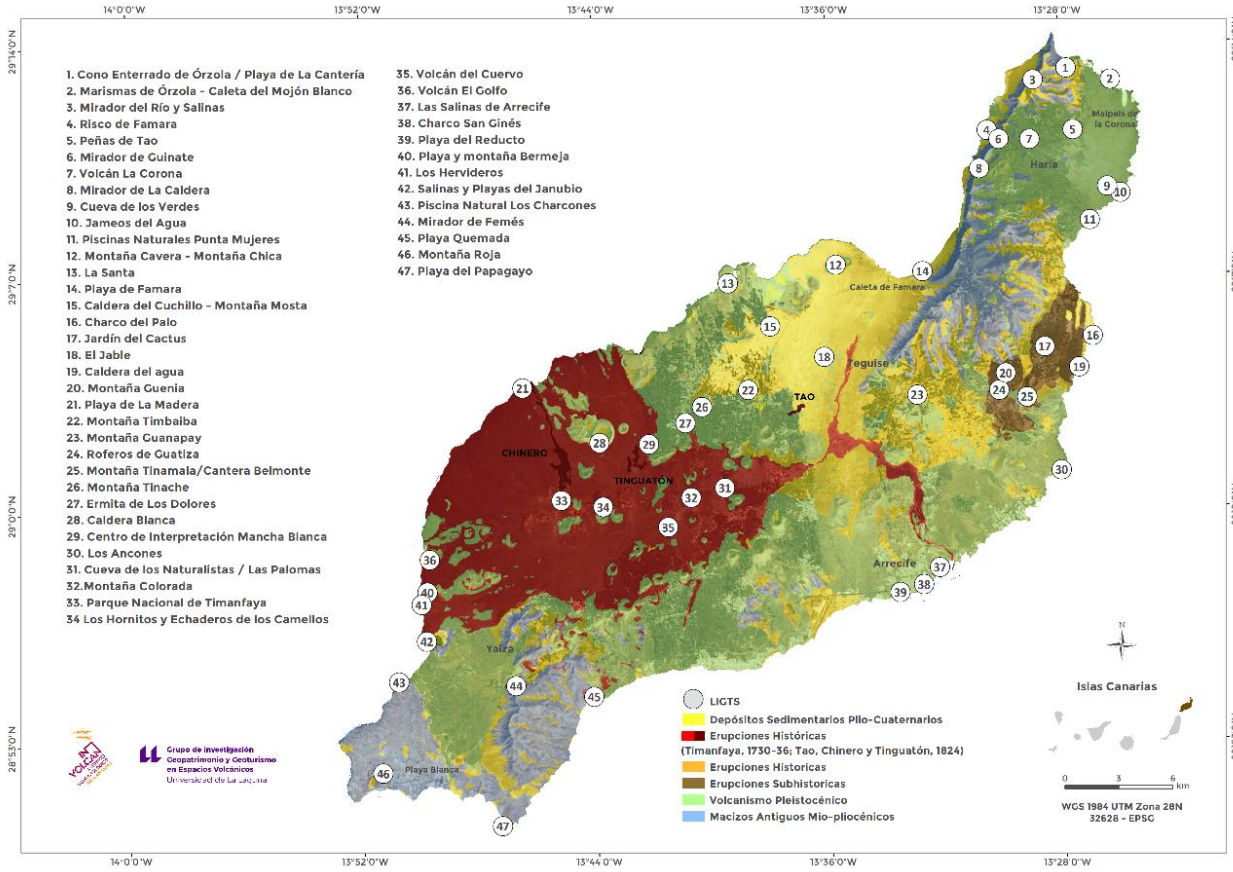
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Patrimonio cultural relacionado con el geopatrimonio de Lanzarote: a-La Geria-cultivo de viñedos. b-Mareta para recoger agua en Montaña Peña Palomas. c-Salinas de Janubio. d-Roferos de Guatiza. e-cantera de Tinamala. f-Extracción de suelos en la Vega de San José. G-Interior de la ermita de Los Dolores o Virgen de los Volcanes. h-Iglesia de Teguise. i-Castillo de San Gabriel en Arrecife.

Fuente: los autores.

En total se han estudiado 47 Ligts que están distribuidos por las grandes unidades topográficas, geológicas, morfoestructurales y geomorfológicas definidas para Lanzarote (Romero, 2003) (Fig. 2). Además, se ha intentado que sean representativos de la diversidad del patrimonio natural y cultural vinculados con las geoformas volcánicas y no volcánicas de la isla; que estén conservados o que a través de su destrucción parcial muestren su interés geoturístico como sucede con las canteras y que sean accesibles a través de carreteras, pistas o la multitud de senderos homologados presentes en Lanzarote. Para el conjunto de lugares seleccionados se han realizado una valoración *in situ* además de recopilarse gran cantidad de información sobre los aspectos geológicos, geomorfológicos, de protección, culturales e históricos, estéticos, etc., que fueron claves en su valoración.

Figura 2. Mapa de localización de Lanzarote y de los 47 ligts estudiados



Fuente: IDE-Canarias. Elaboración propia.

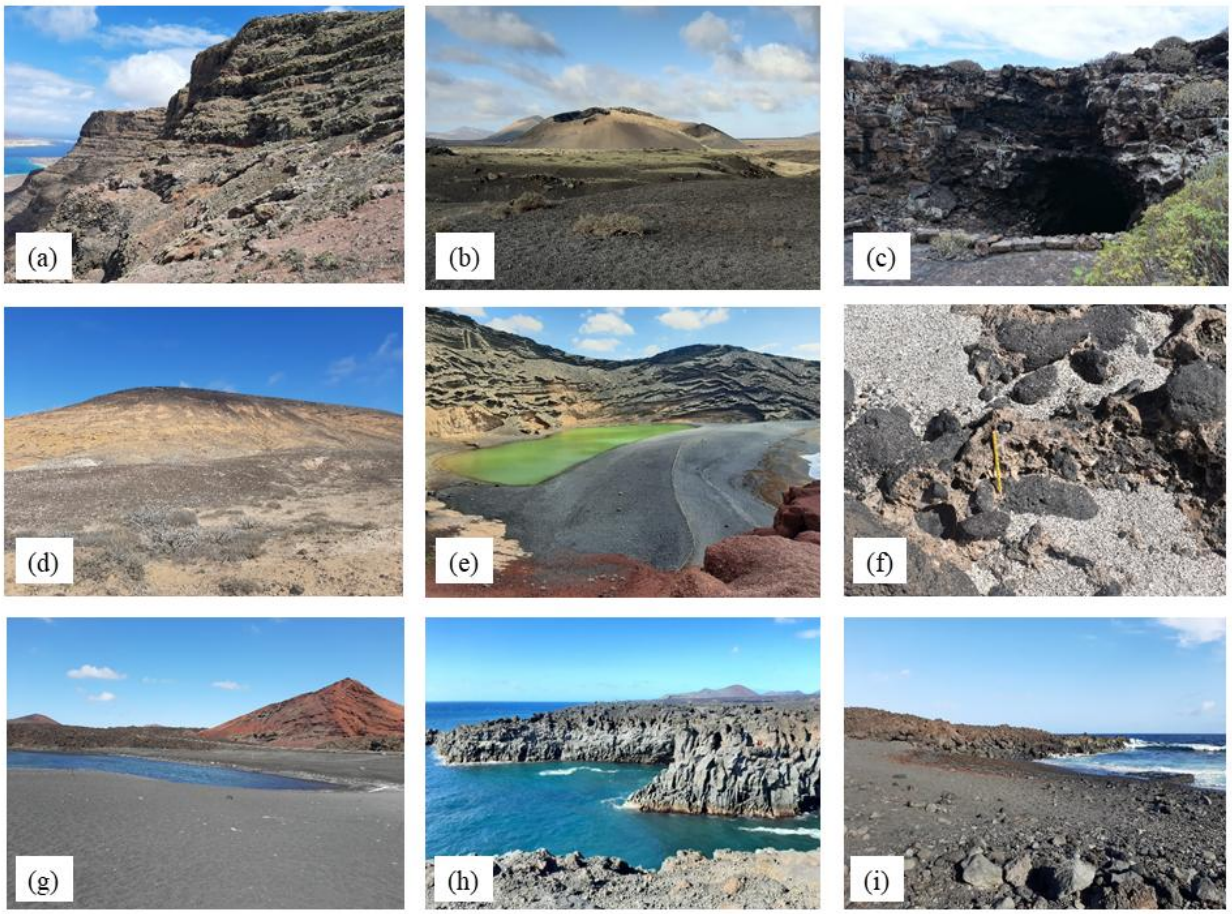
Los lugares seleccionados están asociados con las geoformas del volcanismo basáltico monogénico reciente (conos volcánicos de diferente morfología, volcanes hidromagmáticos, coneletes escoriáceos, hornitos, bloques erráticos, campos de lavas de morfologías superficiales variadas -aa, pahoehoe, bloques, bolas-, deltas lávicos, canales lávicos, tubos y jameos volcánicos, etc.) con los procesos y formas de erosión (barrancos, acantilados, plataformas de abrasión, etc.) y de acumulación asociados a la dinámica de vertiente (coluviones, taludes, facetas triangulares), los procesos torrenciales (aluviones), el viento (dunas) y el mar (depósitos paleontológicos, playas de arenas y cantos, etc.) y con la vegetación propia del matorral de costa de la isla. Los elementos del patrimonio cultural se relacionan con la arqueología, los paisajes rurales sobre lapilli volcánico o sobre arenas organógenas, las canteras de extracción de materiales volcánicos y los suelos de préstamo para los cultivos, las maretas para la recogida y obtención de agua, las salinas o la construcción y ornamentación de edificios civiles y religiosos (iglesias, ermitas, casonas, castillos, puentes, calles, etc.) y algunos miradores que ofrecen amplias panorámicas desde donde se puede observar un interesante patrimonio geográfico natural y cultural vinculado con las formas y procesos del relieve (Fig. 3).

Los 47 Ligts estudiados presentan valoraciones científicas (0,69) superiores a las añadidas (0,39). El promedio total de los lugares es de 0,52 por lo que están dentro del intervalo de valoraciones medias. Sin embargo, el promedio de los valores científicos es alto y el de los añadidos es bajo. La correlación de los valores científicos con los añadidos arroja tres grupos de Ligts en función de que los valores

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

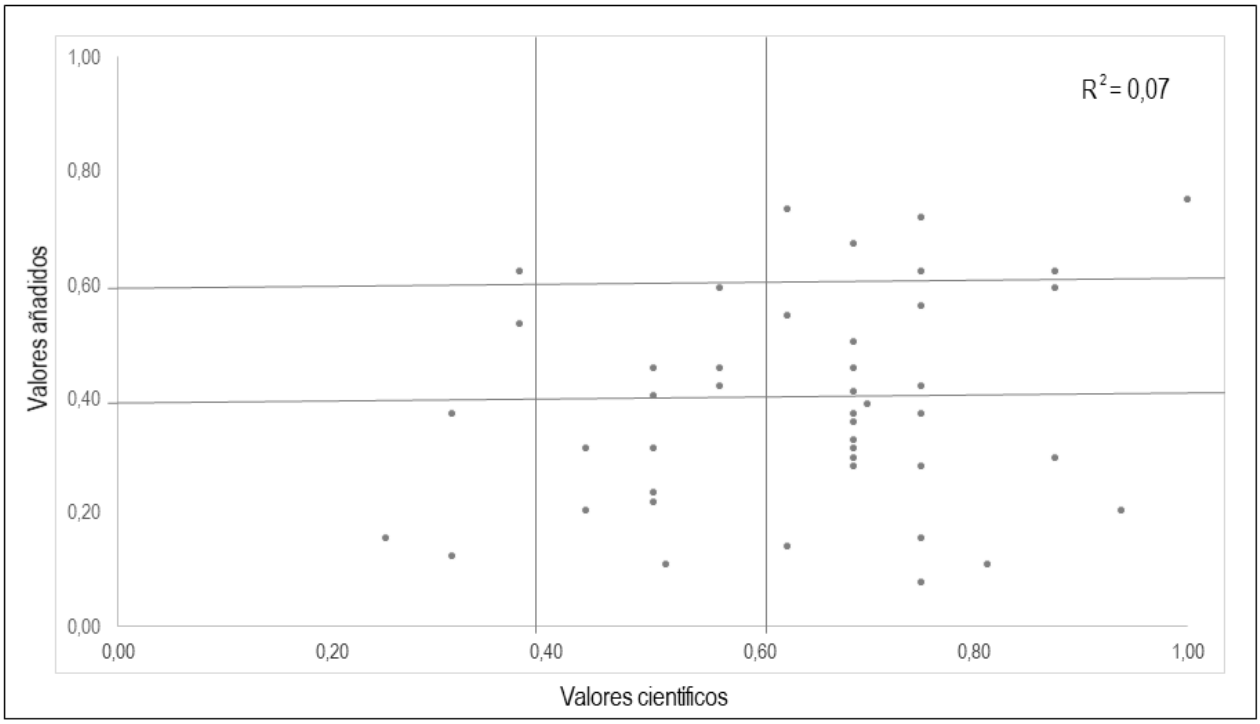
científicos sean bajos (5 Ligts), medios (11 Ligts) o altos (31 Ligts) y en todos los grupos existen lugares con valores añadidos bajos, medios y altos puesto que el valor de R^2 es muy bajo (0,07) (Fig. 4).

Figura 3. Patrimonio natural asociado al geopatrimonio de Lanzarote: a-Tongadas de lava del Macizo de Famara. b-Volcán del Cuervo de la erupción de 1730-1736. c-Jameo del tubo volcánico Cueva de los Verdes. d-Montaña Mosta. e-Volcán hidromagmático de El Golfo. f-Yacimiento paleontológico de La Santa. g-Playa y cono volcánico Montaña Bermeja. h-Los Hervideros. i-Playa de la Madera.



Fuente: los autores.

Figura 4. Correlación entre los valores científicos y añadíos de los 47 Ligts de Lanzarote.



Fuente: los autores.

Las puntuaciones obtenidas de aplicar la metodología de valoración a los 47 Ligts muestran datos que están acordes con el carácter más natural de los lugares frente al cultural. Ello se debe a que muchos de los Ligts seleccionados corresponde a morfologías propias del volcanismo basáltico monogénico reciente e histórico de Lanzarote y con su buen grado de conservación y de protección. Esto no significa que no haya un patrimonio cultural interesante asociado con el geopatrimonio de la isla como resultado de la estrecha convivencia entre el ser humano y el volcán. Pero es evidente que la importante geodiversidad de las formas volcánicas y no volcánicas de los Ligts estudiados están condicionando las puntuaciones más altas de los valores científicos frente a los añadidos. Aun así, la puesta en valor de estos Ligts servirá para fortalecer todavía más el interés geoturístico de Lanzarote, por lo que las autoridades competentes en materia de turismo podrán continuar diversificando su oferta de ocio y potenciar el geoturismo acorde con los principios de sostenibilidad, innovación y accesibilidad a través, por ejemplo, de la creación de itinerarios geoturísticos tanto en espacios naturales como urbanos.

4. Conclusiones

Lanzarote forma parte del geoparque Lanzarote y Archipiélago Chinijo desde el año 2015 y, además, dispone de una importante geodiversidad asociada con el patrimonio geológico de origen volcánico y no volcánico, cuenta con numerosas iniciativas de geoconservación de ese patrimonio e interesantes estrategias de desarrollo socioeconómico y territoriales basadas en el geoturismo. En este trabajo se hace una propuesta de inventario de 47 lugares de interés geoturístico de Lanzarote que son representativos de la diversidad de sus geoformas, que están relativamente bien conservados y que son

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

accesibles. Esto 47 Ligts con valoraciones científicas más altas que las añadidas podrían contribuir a que la población local y visitante conozca mejor el patrimonio geográfico natural y cultural asociado con los procesos y formas del relieve de Lanzarote, pero también a seguir mejorando el geoturismo y diversificando la oferta de ocio turístico de la isla.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto "VOLTURMAC-Fortalecimiento del volcano turismo en la Macaronesia (MAC2/4.6c/298)", cofinanciado por el Programa de Cooperación INTERREG 20 V-A España-Portugal MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2014-2020.

5. Referencias bibliográficas

Bouzekraoui, H., Barakat, A., Touhami, F., Mouaddine, A. El Youssi, M. (2017). Inventory and assessment of geomorphosites for geotourism development: A case study of Aït Bou Oulli valley (Central High-Atlas, Morocco). *Area*, 50: 331-343. https://doi.org/10.1111/area.12380C

Dowling R. Newsome, D. (2018). Geotourism: definition, characteristics and international perspectives. En: R. Dowling R. & D. Newsome (Eds.), Handbook of Geotourism (pp. 1-22). Cheltenham: Edward Elgar.

Mateo, E., Martínez Frías, J. Vegas, J. (2019). Lanzarote and Chinijo Islands Geopark: From Earth to Space. Ed. Springer. 186 p.

Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C. (2007). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3): 148-158. http://doi.org/10.5194/gh-62-148-2007

Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage*, 8: 43-60. http://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0

Romero, C. (2003). El relieve e Lanzarote. Cabildo Insular de Lanzarote.

Simancas, M., Hernández, R., Padrón, N. (2020). Turismo pos-COVID-19. Reflexiones, retos y oportunidades. La Laguna: Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel.

AGRUPACIONES DE HÓRREOS EN EL MUNICIPIO GALLEGO DE AVIÓN: UNA SÍNTESIS GEOGRÁFICA

ANTONIO DOVAL ADÁN

Departamento de Geografía, Universidad de Santiago de Compostela

antonio.doval@usc.es ORCID: 0000-0001-8388-6967

Abstract: The fundamental objective of this research is to highlight and disseminate the heritage, ethnological and architectural heritage that exists in the Galician municipality of Avión (Spain), represented especially by its 1.057 granaries (canastros) and 97 eiras or fields clusters granaries. To carry it out, a census was made with all the constructions of this nature existing in each of the 36 population centres of the aforementioned municipality, using field work, as well as the information provided by the General Directorate of Cadastre and the frames and orthophotos available in the digital photo library of the National Geographic Institute. The study highlights the presence in this municipality of a total of 30 groups or groups of granaries that have ten or more units each. In this way, it becomes one of the population centres in the interior of Galicia and the entire Iberian Peninsula, which has the largest volume of groups of granaries. By early 2024, 53 % of these traditional buildings of popular architecture were in good condition or had a stable basic structure, while 32 % needed urgent restoration and the remaining 15 % were in a ruinous state, taking into account that around 74 % of them were built throughout the 18th and 19th centuries by hundreds of anonymous stonemasons and craftsmen from Terra de Montes, achieving functional buildings that resist the passage of centuries.

Keywords: Granaries; groups of granaries; ethnological heritage; popular architecture; cultural heritage.

1. Introducción

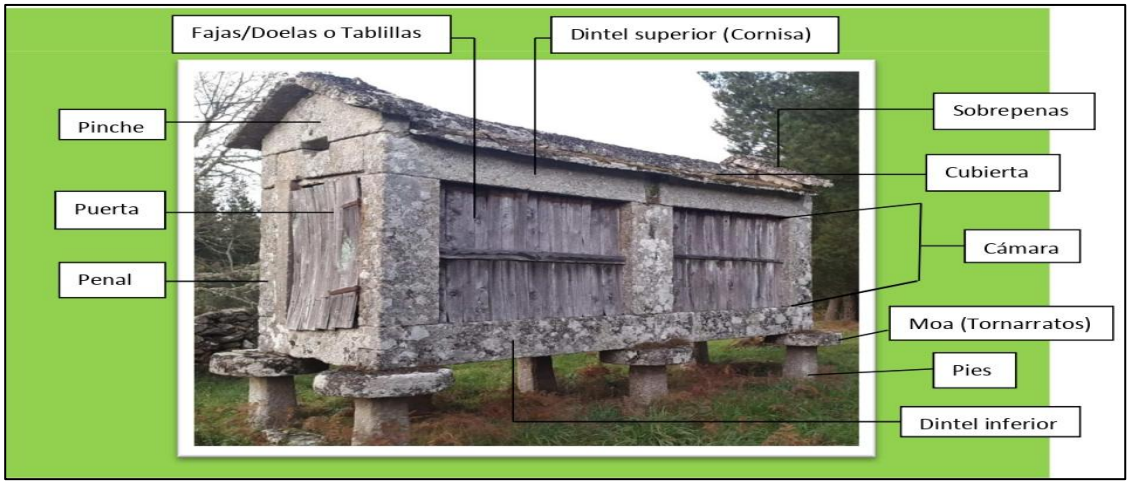
El municipio gallego de Avión está situado en el Noroeste de la Península Ibérica, a poco más de 77 kilómetros de la ciudad portuaria de Vigo, a 52 km de Pontevedra y a tan solo 47 km de distancia del centro urbano de Ourense. Actualmente forma parte de la provincia de Ourense y de la comarca vitivinícola del Ribeiro, y ocupa una superficie de poco más de 123 km², dentro de la Comunidad Autónoma de Galicia (España). A principios del año 2025, Avión contaba con 1754 habitantes empadronados, de los cuales alrededor del 57% son mayores de 60 años. Se trata, por tanto, de un municipio rural fuertemente envejecido, muy afectado y deprimido por las consecuencias directas de la emigración que durante buena parte del siglo XX registró intensas oleadas migratorias hacia varios países de América Latina (México, Brasil, Venezuela, Uruguay, Argentina, Panamá, EE.UU, etc.) así como a diferentes destinos europeos (Alemania, Francia, Holanda y Suiza fundamentalmente) y también hacia algunas ciudades españolas más industrializadas (Madrid, Barcelona y Bilbao). De este modo, entre 1940 y 2024 el municipio perdió prácticamente el 73 % de sus efectivos demográficos, ya que a mediados del siglo XX su población llegó a superar los 6.000 vecinos, alcanzando los 6.434 habitantes de derecho en el año 1940, según los datos disponibles en el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Entre los recursos patrimoniales etnológicos más llamativos que presenta este municipio, destaca la abundancia de hórreos (canastros en la toponimia local) distribuidos por todo el territorio municipal, que constituyen una verdadera reliquia de la arquitectura popular. El catálogo municipal describe solo 47 conjuntos o campos de hórreos, pero en realidad los existentes en todo el municipio son muchos más.

Los trabajos realizados en su día por Martínez Rodríguez (1999); Gulías Lamas (2013); Soraluce Blond, Lorenzo Aspres, Louzao Martínez y Caamaño Suárez (2014); así como por Carlos Regueira (2017) abordan en profundidad la funcionalidad arquitectónica y el sistema constructivo del hórreo gallego, su valor patrimonial, estructura arquitectónica, diferentes tipologías, elementos arquitectónicos y materiales utilizados en su construcción. Desde el punto de vista funcional, el hórreo gallego se caracteriza por su simplicidad morfológica y por contar con una estructura sencilla, pero muy operativa para la función que fue creado. Se trata de construcciones sostenibles, que utilizaban materiales de la zona (madera, granito y pizarra) y que estructuralmente se componen de tres partes fundamentales: la base, la cámara (donde se almacenan las mazorcas de maíz) y la cubierta. La base o solera es la parte inferior del hórreo que sostiene y soporta todo el peso de la edificación. Esta parte está formada por una sólida cimentación, por lo general de naturaleza pétrea, sobre la que se instalan los pies o columnas a modo de soportes de suspensión que cumplen la misión de elevar, sostener y aislar la cámara del suelo. Entre la base de los soportes y la cámara se incorporan varias piezas singulares, normalmente de forma circular *(moas)* que rematan y coronan los pies o columnas del hórreo. Estas piezas tienen la función de impedir el acceso de los roedores a la cámara, conociéndose popularmente como "*tornarratos*" (ver figura 1). En ocasiones también encontramos hórreos provistos de "*tornaformigas",* que consiste en una pequeña fosa o trampa llena de agua que rodea los pies o columnas de los canastros, con el fin de impedir la subida de las hormigas a la cámara del granero (De La Torre Rey y Rodríguez Rodríguez, 2024). De igual modo, la cámara constituye la parte central del hórreo donde se almacenan y conservan las espigas de maíz. Generalmente es de forma rectangular, alargada y estrecha. Sus laterales están con frecuencia revestidos de madera de roble o castaño o bien de piedra granítica. En todos los casos, los laterales presentan abundantes rendijas por las que debe circular el aire, lo que permite y asegura la ventilación permanente de la cámara donde se aloja el

cereal amarillo. Por último, otra de las partes muy importantes del hórreo es la cubierta, que se lleva a cabo mediante diversos materiales. En algunos casos se utiliza como material de cubrición teja curva o plana (frecuente en aquellos construidos durante la primera mitad del siglo XX), pero en la mayoría, predominan las rocas metamórficas como la pizarra gris del país e incluso grandes losados de ese mismo material o de gruesas placas de granito asentadas directamente sobre los dinteles y travesaños superiores. Estos materiales son frecuentes en los hórreos más antiguos y compactos, construidos a base de componentes y estructuras pétreas. Es por ello que la durabilidad y consistencia del hórreo va a depender, en buena medida, del tipo de cubierta utilizado y sobre todo del material empleado como soporte estructural de toda la cubierta.

Figura 1. Partes fundamentales de un hórreo típico del municipio gallego de Avión (mixto, de piedra y madera).



Fuente: elaboración propia sobre un hórreo de 1799, ubicado en el lugar de A Murada (Beresmo) Avión.

2. Objetivos y metodología seguida

El estudio tiene como objetivo prioritario conocer el volumen real de hórreos existentes actualmente en el municipio, así como profundizar en su distribución territorial, tipologías y características constructivas. Como objetivos subsidiarios, se persigue identificar las principales agrupaciones de hórreos y su localización geográfica, analizar el grado de abandono, estado de conservación y el tráfico ilegal de los mismos, registrado en el municipio durante los últimos cincuenta años, así como poner en valor y resaltar la importancia de estos bienes culturales como un significativo recurso patrimonial fundamental, para impulsar la atracción turística de este pequeño municipio ourensano del interior de Galicia. Para alcanzar todos estos objetivos se ha realizado un exhaustivo trabajo de campo, visitando los 36 asentamientos de población del municipio y se accedió a la base de datos de la Dirección General del Catastro (DGC), a los fotogramas y ortofotos disponibles en la fototeca digital del Instituto Geográfico Nacional (IGN) así como a la consulta de estudios y artículos elaborados por destacados especialistas sobre este tipo de construcciones populares, muy arraigadas en toda la Comunidad Autónoma de Galicia. Se diseñó una ficha informativa para cada edificación en la que se plasmaron las siguientes variables de control: localización geográfica y catastral (polígono y número de parcela), emplazamiento físico concentrado o disperso, fecha de construcción, tipología

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

constructiva (madera, piedra o mixto), tamaño y estado de conservación, diferenciando tres niveles básicos: nivel 1, bueno; nivel 2, necesidad de restauración o mantenimiento y nivel 3, estado ruinoso. Con todo ello se elaboró un censo de hórreos por parroquias y núcleos de población, que sirvió de base para esta comunicación, que constituye una síntesis de un trabajo de investigación mucho más amplio, llevado a cabo por el autor, sobre estas mismas construcciones de arquitectura popular (Doval Adán, 2024) creadas básicamente para almacenar y conservar las espigas del maíz, que se llegó a cultivar en grandes cantidades en todo el medio rural de Galicia, al menos durante los siglos XVIII, XIX y gran parte del XX.

3. Resultados: grandes conjuntos y agrupaciones de hórreos centenarios

Una de las características más sorprendentes y peculiares de estas tierras altas de la Comarca del Ribeiro (Ourense), es la presencia todavía muy viva de numerosas *eiras* y campos con un elevado número de canastros y hórreos agrupados, formados en muchos casos por conjuntos compactos perfectamente integrados en la naturaleza y en el paisaje de la geografía humana circundante. Los aldeanos procuraban ubicar los *canastros* en su propiedad, en las fincas más próximas o incluso en el terreno circundante a sus viviendas. Cuando esto no era posible, por falta de espacio físico, sobre todo en las familias más humildes y empobrecidas, se recurría a emplazarlos en lugares comunitarios o en sitios públicos en donde no molestaran al resto de vecinos. El lugar preferido era situarlos al lado de las llamadas *eiras* (espacios acondicionados sobre tierra firme o piedra labrada, en donde inicialmente se secaban los cereales que se cultivaban en la aldea. Una vez secados en estas *eiras*, se procedía en las mismas a realizar la conocida *"malla"* (proceso mecánico que consistía en machacar y golpear manualmente con un artefacto de madera, los cereales y legumbres contra el suelo, con el fin de separar el grano de la paja). En todo el municipio de Avión contamos con un total de 97 campos o agrupaciones de canastros centenarios, de tamaños muy variables, que van desde los conjuntos que tienen entre dos y tres elementos hasta los que están formados por varias docenas. De este modo, las *eiras* se convirtieron en pequeños poblados de canastros y hórreos, así como en espacios lúdicos para el recreo de los niños y la celebración de festividades locales, aprovechando los lugares vacíos y comunales que carecían de otra utilidad.

Figura 2. Eira de O Prado (con 28 hórreos) en Barroso y Eira de A Capilla (con 25 hórreos) en Beresmo (Avión).

Fuente: elaboración propia, 2024.

Entre todas las agrupaciones existentes, que casi llegan a alcanzar el centenar, hay unas diez eiras o agrupaciones que tienen más de veinte canastros cada una, a las que tenemos que añadir otras 20 agrupaciones de menor tamaño, que tienen entre diez y veinte ejemplares cada una. De esta manera, hay 30 agrupaciones en el municipio que alcanzan o superan los diez canastros cada una, tal y como se puede ver en la tabla 1. Las parroquias que cuentan con el mayor número de agrupaciones de canastros, ya sea en torno a eiras o en campos abiertos son: Abelenda (con 24), Nieva (con 16), Avión (con 13) y Couso (con 12 conjuntos o agrupaciones). A este grupo le siguen las restantes con cifras más reducidas, así tenemos la parroquia de Amiudal con 10 agrupaciones de canastros, Baiste con otras 10, Barroso con 6, Córcores con 4 y la parroquia de Cortegazas con dos pequeñas agrupaciones.

Tabla 1. Grandes agrupaciones de hórreos en Avión, con diez o más canastros cada una, a principios de 2025.

NÚCLEO DE POBLACIÓN	EIRA/LUGAR	LOCALIZACIÓN CATASTRAL: (POLÍGONO/PARCELA)	SUPERFICIE (M^2)	NÚMERO HÓRREOS
Abelenda	Eira da Gandarela	501/5761 y 5765	1010	27
	Eira do Penedo/As Lameiras	501/5858, 173, 5028 y colindantes	1031	22
	Eira do Eirado/Codesal	501/5653, 5645, 5832 y lindes.	750	12
	Eira da Ponte	501/5541, 5550 y colindantes	1609	12
	As Pedras	501/5737 y colindantes	840	10
Amiudal	Eira de Penelas, Forxa e Meixeiriña	88/204, 207, 940, 182 y fincas colindantes	2082	26
	Eira de Surribas	89/51, 739 y próximas	3570	13
Pascais	Onda os Canastros	13/1514, 1515 y colindantes	1068	14
San Vicente	Eira de San Vicente	21/150, 832, 833 y 26/364,372,382 y lindes	2528	21
Couso	Choza, Carballo e Tras da Casa (Couso de Arriba)	78/433, 548, 549, 427, 442 y fincas próximas	1769	10
Penedo	Eira de Penedo	80/475	813	14
Taboazas	Eira de San Martiño	62/514 y colindantes	374	14
	Eidiño Novo Galote/Eirado	65/612, 613 y 62/286, 525 y lindes	1575	11
Vilariño	Eira de Vilariño	77/1578	459	11
Baíste	Eira de Baiste	53/559	1298	22
Liñares	Eira do Coto	35/253 y 255 y colindantes	1209	24
	Eira do Nabal	56/174 y 360	724	13
Rubillón	Eira dos Lugos	50/396 y colindantes	824	14
Barroso	Eira do Prado	502/5563, 5569 y lindantes	2036	28
Vilar	Eiras de Vilar	502/5541, 5535 y lindantes	1570	24
Córcores	Coto da Eira e Fonte do Nabo	8/1459, 923 y 11/1198, 1199 y lindes	3010	23
	Eira da Saida	7/846 y colindantes	1112	14

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

	Eira do Iglesario	7/1014, 390 y 8/1455, 1400 y lindes	1378	16
Belecón	A Eira	121/2133, 2134, 424 y lindes	1561	17
Caseiro	Da Eira, Naval e Tras A Casiña	121/1067 y 129/3,5,8,9, 35 y colindantes	2966	13
Oroso	Eira de Oroso	144/1327, 1331 y colindantes	1097	10
Beresmo	Eirada Capilla	23/1162	974	25
	Eira do Outeiro	31/830	577	10
Cendóns (Avión)	Eira do Campo	114/1521	892	12
	Eira dos Navas	97/21, 22 y 25	537	10

Fuente: IGN, DGC y elaboración propia, 2024.

4. Conclusiones

Conviene destacar tres conclusiones fundamentales:

1ª). Con 1.057 canastros y 97 eiras o campos con hórreos agrupados, el municipio de Avión es uno de los principales baluartes y valedores del patrimonio etnológico de la provincia de Ourense y de Galicia, convirtiéndose, en uno de los núcleos de población del interior de Galicia y de toda la Península Ibérica, que cuenta con el mayor volumen de agrupaciones o conjuntos de hórreos y canastros en eiras o campos, algo muy representativo en las tierras altas de la Comarca del Ribeiro, de la que forma parte. Así, del total de hórreos censados, el 73 % se concentran alrededor de eiras o formando agrupaciones de tamaño y densidad variable, en campos y parcelas, ya sean públicas o privadas. Teniendo en cuenta que desde 1960 y hasta nuestros días, un buen número de canastros han desaparecido, en unos casos por la calidad de los materiales utilizados en su construcción y en otros, como consecuencia del abandono y el tráfico ilegal al que han sido sometidos, y a tenor del número estimado de canastros que han sido desmantelados de su lugar original (unos 117), es muy probable que a mediados del pasado siglo XX, el volumen total de canastros en el municipio de Avión superase la cifra de los 1.400 ejemplares.

2ª). Existen diez grandes agrupaciones de hórreos que concentran a 247 ejemplares, casi el 24 % del total contabilizado. En todas ellas se superan ampliamente los 20 ejemplares por agrupación, destacando por su relevancia numérica la eira de O Prado en Barroso (con 28 canastros, el tercer conjunto etnológico con más hórreos agrupados de toda la Península Ibérica), las eiras de A Gandarela y O Penedo en Abelenda (con 27 y 22 respectivamente), eira de Penelas en Amiudal (con 26), eira da Capilla en Beresmo (con 25), eira de O Coto en Liñares (24), eira de Vilar (con 24), Coto da Eira e Fonte do Nabo en Córcores (con 23), eira de Baiste (con 22) y Eira de san Vicente (con 21 canastros). A este significativo grupo hay que añadir otras 20 agrupaciones patrimoniales, no menos importantes, que tienen entre diez y veinte ejemplares cada una, en donde se localizan 237 inmuebles, el 23 % de los canastros registrados. De esta manera, hay un total de 30 campos o conjuntos compactos de hórreos que cuentan con diez o más inmuebles cada uno en todo el término municipal.

3ª). A principios del año 2025, el 53 % de los hórreos localizados en el municipio de Avión se encontraban en buen estado o presentaban una estructura básica estable, mientras que el 32 % necesitaban ser restaurados con urgencia y el 15 % restante presentaban un estado ruinoso, máxime si tenemos en cuenta que el 74 % de los canastros y hórreos que hoy vemos en el municipio, fueron

construidos durante los siglos XVIII y XIX, es decir entre 1700 y 1899, mientras que el 26 % restante se montaron durante la primera mitad del siglo XX.

5. Referencias bibliográficas

Caamaño Suárez, M. (2014). "Os hórreos de Galicia". En: *O hórreo: patrimonio arquitectónico*. A Coruña. Universidade de A Coruña, Servizo de Publicacións, pp. 24-65

De La Torre Rey, B. y Rodríguez Rodríguez, F. (2024). "Tornaformigas y tornarratos". En: *Hórreos de Galicia*. <https://horreosdegalicia.com/> Consulta: 11/02/2025.

DGC (2024). *Buscador de inmuebles y visor cartográfico*. Dirección General del Catastro (DGC). Ministerio de Hacienda y Función pública. Madrid. Gobierno de España. En: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S> Consulta: 11/02/2025.

Doval Adán, A. (2024). *Hórreos y canastros en el municipio ourensano de Avión.* Universidade de Santiago de Compostela. Repositorio Minerva. En: <https://minerva.usc.es/entities/publication/fd626e80-e4d1-43fd-839b-abe51fc2aaae> Consulta: 11/02/2025.

Gulías Lamas, X. A. (2013). *O hórreo en Galicia*. Vigo. Ir indo Edicións.

IGN (2024). *Fototeca digital*. Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Información Geográfica. Madrid. En:<https://fototeca.cnig.es/fototeca/> Consulta: 11/02/2025.

Lorenzo Aspres, A. (2014). "O sistema constructivo do hórreo galego". En: *O hórreo: patrimonio arquitectónico*. A Coruña, Universidade de A Coruña, Servizo de Publicacións, pp. 66-85.

Martínez Rodríguez, I. (1999). *El hórreo gallego. Estudio geográfico* (2ª edición). A Coruña. Fundación Pedro Barrié de la Maza.

Regueira Méndez, C. (2017). *Atlas de hórreos de Galicia*. A Coruña

Soraluce Blond, J.R. (2014). "O hórreo: patrimonio arquitectónico". En: *O hórreo: patrimonio arquitectónico*. A Coruña. Universidade de A Coruña, Servizo de Publicacións, pp. 9-23.

Louzao Martínez, X. (2014). "Grandes hórreos do concello de Arteixo". En: *O hórreo: patrimonio arquitectónico*. A Coruña. Universidade de A Coruña, Servizo de Publicacións, pp. 87-146.

PAISAJE Y BIODIVERSIDAD EN LAS DENOMINACIONES DE ORIGEN DE MIEL EN ESPAÑA Y PORTUGAL

MARÍA EXPÓSITO-RUBIO[1]

JESÚS FELICIDADES-GARCÍA[2]

DULCE PIMENTEL[3]

FRANCISCO JAVIER GARCÍA-DELGADO[4]

[1]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Campus de El Carmen, mariaexr@hotmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1811-9846*

[2]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Campus de El Carmen, jesusfe@uhu.es, https://orcid.org/0000-0002-4194-8768*

[3] *CICS.NOVA, Universidade Nova de Lisboa, dpimentel@fcsh.unl.pt, https://orcid.org/0000-0003-2382-3993*

[4]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Campus de El Carmen, fcogarci@uhu.es, https://orcid.org/0000-0001-8863-4179*

Abstract: Protected Designations of Origin (PDOs) position agricultural and food products in the market, providing guarantees for producers (differentiation through branding, market integration, etc.) and consumers (guarantee of quality, processes, origin, etc.). They are also related to the protection of environmental and landscape values. Since 1996, 16 PDOs for Spanish (7) and Portuguese (9) productions have been registered in the EU. The objective of this research is to study Spanish and Portuguese honey PDOs through secondary data (specifications) to establish the importance of landscape and biodiversity in the protected areas as honey producers, identifying differences and similarities. The results indicate that the protected areas show similarities and reveal: (a) a reflection of landscape variables as determining factors for honey production; (b) a coincidence of the protected areas with PDOs, but scarcely any reflection of these on the PDOs; (c) the presence of endemic and native plant species is scarce, while imported crops are being introduced; (d) the preservation of beekeeping diversity is an objective, but only a portion of the PDOs refer to native species, with the remainder allowing for other lineages/breeds and crossbreeding.

Keywords: biodiversity; DOP honey; landscape.

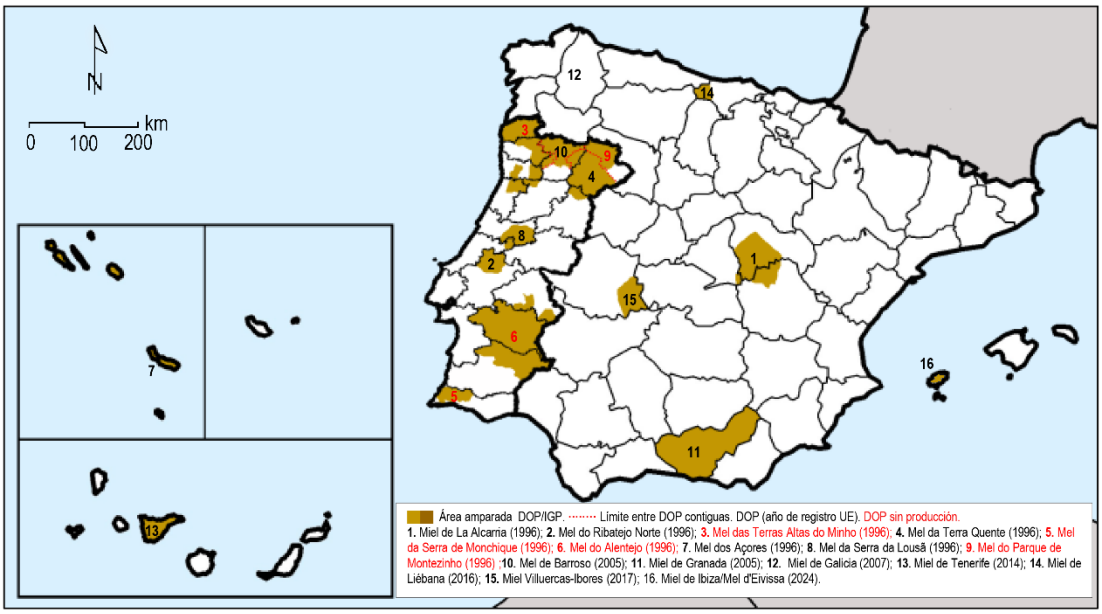
1. Introducción

Las Indicaciones Geográficas (IGs) desencadenan procesos de desarrollo endógeno (Marsden et al., 1999; Gómez y Armesto, 2005) en espacios rurales que cuentan con *know-how*, *terroir*, productos tradicionales, sistema de producción (ecoambiente), tecnología, presentación/imagen y marca comercial/imagen corporativa y donde se produce un vínculo entre el producto y el lugar (Ilbery et al., 2000; Ilbery & Kneafsey, 2000; Ilbery, 2001; Armesto & Gómez, 2006), que es revalorizado a través de la identidad cultural del producto (Ray, 1998; Nygard y Storstad, 1998; Hopskin, 1998), al actuar el origen como "valor identidad" y convertirse en una ventaja competitiva (Antonelli y Viganò, 2012).

Los productos con IGs son regulados por normativa UE desde 1992 (Reglamentos 2081/92 y 2082/92 y sucesivos), siendo inscritos (registrados) y protegidos los nombres de productos específicos (derechos de propiedad intelectual) en función de sus características peculiares y específicas conferidas por su origen, las materias primas utilizadas y/o los procedimientos de elaboración y el cumplimiento de unos requisitos de calidad contrastada, adicionales a los que cumplen los productos convencionales (ARD-EC, 2024; MAPA, 2024). Estas características quedan recogidas en los pliegos de condiciones (PdCs) y reglamentos. Es el caso de la miel, un producto tradicional y ancestral. La UE produce el 13% de la miel mundial (FAO, 2021). Las IGs de Miel comunitarias se reconocen por primera vez en 1996, estando registradas a 21 de mayo de 2025 un total de 44, 35 DOPs de miel y 9 IGPs (eAmbrosia, 2025).

El 90% de las primeras mieles comunitarias registradas fueron ocho portuguesas y una española. En la actualidad, 16 de las DOPs de miel comunitarias se encuentran entre Portugal (9) y España (6; también existe una IGP) (Figura 1).

Figura 1. DOPs e IGP de Miel en Portugal y España.



Fuentes: eAmbrosia, 2025 (actualizado a 21 de mayo de 2025); PdC/reglamento las DOPs/IGP. Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La hipótesis de partida es que las DOPs de Miel (se excluye la IGP, con vínculos territoriales más escasos y un territorio más amplio) tienen una importante vinculación con los paisajes donde se localizan y la biodiversidad. A partir de esta hipótesis el objetivo central del trabajo es analizar los aspectos territoriales singulares en las áreas amparadas en Portugal y España.

2. Materiales, datos y métodos

La metodología empleada en esta investigación es exploratoria y descriptiva, estando basada en datos secundarios cualitativos, procedentes de las DOPs: pliegos de Condiciones (PdCs) y reglamentos (Rº), fuentes principales para el estudio comparativo, que se complementan con las webs corporativas, informes y documentación interna de las DOPs, de los ministerios de agricultura portugués (Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural) y español (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y consejerías autonómicas españolas. Por otro lado, se obtiene información cuantitativa secundaria (estadísticas oficiales) a niveles comunitarios (Eurostat) y estatales (INE, INE-Pt, Portdata, ministerios).

3. Resultados

Todas las áreas amparadas por las DOPs coinciden parcialmente con Espacios Naturales Protegidos (ENPs), Red Natura 2000 o áreas protegidas por instrumentos internacionales, estando la media en 25,8% de superficie protegida (Tabla 1), incluso, en seis casos como Parques Nacionales y en otro con un Sitio Patrimonio Mundial (Ibiza). En seis DOPs la superficie protegida es superior a la media, y en tres de ellas es superior al 50,0%. Las producciones de miel de las DOPs se vinculan a especies endémicas, con referencias específicas a estas y/o a los espacios protegidos en Granada, Liébana, Tenerife o Montezinho (que toma su nombre del ENP). En general se trata de ENPs con conservación excepcional de la biodiversidad (Silva y Fernández, 2015) que permite su protección con diferentes figuras, que establecen limitaciones sobre las actividades económicas a la vez que fomentan la existencia de actividades tradicionales con un control más o menos estricto, como es el caso de las DOPs. Esto permite la interacción en espacios naturales entre preservación, conservación de especies vegetales y animales y actividades tradicionales, desarrollándose un ecoambiente de producción (Canut, 1993). Sin embargo, solo una DOP (Montezinho) hace mención a la existencia del ENP, lo que contrasta con otras DOPs comunitarias de miel.

Tabla 1. Superficie protegida en las áreas amparadas por DOPs de miel en España y Portugal

DOP Mel/Miel de	% superficie protegida (1)	DOP Mel/Miel de	% superficie protegida (1)
Liébana	67,9	Ibiza/Evissa	23,6
Parque de Montezinho	60,8	Açores	23,3
Serra de Monchique	51,1	La Alcarria	22,9
Tenerife	49,3	Barroso	19,3
Villuercas-Ibores	35,6	Alentejo	17,5
Granada	26,2	Ribatejo Norte	13,8
Terras Altas do Minho	25,7	Serra da Lousã	9,2
Terra Quente	25,4		

(1) Para España sobre el total municipal de ENP, Red Natura 2000 y/o Áreas Protegidas Instrumentos Internacionales (RAMSAR, Reserva de la Biosfera), datos de 2021. Para Portugal sobre el total municipal de ENP y Red Natura 2000, datos de 2022. En verde DOPs con parte de su área amparada dentro de un Parque Nacional. Fuentes: MTEyRD, 2025; Portdata, 2025. Elaboración propia.

En cuanto a la vegetación, cinco DOPs portuguesas (Ribatejo Norte, Montezinho, Terras Altas do Minho, Terra Quente, Açores) se introducen solo especies vegetales específicas, mientras en el resto aparecen también denominaciones genéricas (de la sierra, mielada, multiflores/milflores). En tres de las DOPs (Liébana, Terras Altas do Minho, Açores) se hace referencia exclusivamente a especies silvestres, pero siete DOPs combinan especies silvestres con otras cultivadas/mixtas, mientras en cuatro aparecen especies cultivadas/mixtas o no específicas. Sobre la variedad de especies destacan en Tenerife (12) y Riba Tejo Norte (11), entre tres y seis especies aparecen en Granada (6), Alentejo (4), Terra Quente (4) y Montezinho (3), dos especies en La Alcarria y Villuercas-Ibores, una especie aparece solo en Açores y Terras Altas do Minho (no hay genéricos), Liébana, Monchique y Sierra de Lousã. Entre las especies destacan las autóctonas de flora mediterránea, macaronésica (Açores, Canarias) y oceánicas. Sin embargo, aparecen especies cultivadas importadas (aguacate en Granada y Tenerife; eucaliptus en Riba Tejo Norte, Terra Quente y Alentejo). La presencia de especies vegetales autóctonas es relativamente escasa, mientras se introduce cultivos importados o miel de eucalipto y aparecen las mieles multiflorales, limitando el aporte a esta conservación.

Siete de las DOPs portuguesas hacen referencia explícita a la *Apis mellifera iberensis*, y una española (Tenerife) a una especie autóctona (abeja negra canaria). Aunque las DOPs pueden suponer la preservación de la diversidad apícola (Expósito-Rubio et al., 2018), solo parte de las DOPs portuguesas hacen referencia a la abeja ibérica y en Tenerife a la abeja negra canaria, dejando la posibilidad el resto a la introducción de otros linajes o razas extranjeras y cruces, que interesa a producciones industriales.

4. Conclusiones

Los resultados indican que los territorios amparados presentan similitudes e indican el reflejo de las variables paisajísticas como condicionantes de las producciones de miel y la coincidencia de los espacios amparados con ENPs, pero, sin embargo, hay un escaso reflejo de estos sobre las DOPs. Además, la presencia de especies vegetales endémicas y autóctonas es escasa, mientras se introduce cultivos importados. Por último, la preservación de la diversidad apícola como objetivo, pero solo parte de las DOPs hacen referencia a especies autóctonas, abriendo la posibilidad el resto a otros linajes/razas y cruces. En conclusión, las Denominaciones de Origen Protegidas, a pesar de encontrarse en entornos con una biodiversidad notable y en muchos casos protegida, desaprovechan y limitan su potencial como instrumento de conservación y difusión del paisaje, los espacios naturales y la biodiversidad.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2023-146317OB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER/UE.

5. Referencias bibliográficas

Antonelli, G., & Vigano, E. (2012). Il ruolo dei marchi di qualità dell'Unione Europea nelle strategie competitive delle piccole e medie imprese agroalimentari italiane. Piccola Impresa/Small Business, (3). https://doi.org/10.14596/pisb.31

ARD-EC (2024). Indicaciones geográficas y regímenes de calidad. Consultado en https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_es (acceso 28/09/2024).

Armesto, X.A., Gómez, B. (2006). Tourism and quality agro-food products: an opportunity for the Spanish countryside. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 97(2), 166-177.
https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2006.00510.x

Canut, E. (1998). El renacimiento del queso español, Distribución y Consumo, 37, pp.124-131.

CE (2011). Productos agrícolas de calidad: un factor de éxito para el sector agroalimentario de la Unión Europea. Revista rural de la UE, 8, 6-13.

DGADR (2022). Dados de Produção (2020). Consultado en https://www.dgadr.gov.pt/dop-igp-etg (acceso 28/09/2024).

eAmbrosia (2025). eAmbrosia the EU geographical indications register. Consultado en https://ec.europa.eu/agriculture/eambrosia/geographical-indications-register/ (acceso 21/05/2025)

Expósito-Rubio, M.E., García-Delgado, F.J., & Felicidades-García, J. (2018). Las Denominaciones de Origen Protegida como instrumentos de desarrollo. El caso de la DOP «Miel Villuercas-Ibores» (Cáceres). In Nuevas realidades rurales en tiempos de crisis: territorios, actores, procesos y políticas (pp. 442-454). Universidad de Granada.

FAO (2021). Natural honey. Faostat. Consultado en https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (acceso 28/09/2024).

Gómez, B., Armesto, X.A. (2005). Productos agroalimentarios de calidad y turismo en España: Estrategias para el desarrollo local. Geographicalia, (47), 87-110. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2005471331

Hopkins, J. (1998). Signs of the post-rural: marketing myths of a symbolic countryside. Geografiska Annaler: Series B, Human Geography, 80(2), 65-81. https://doi.org/10.1111/j.0435-3684.1998.00030.x

Ilbery, B., Kneafsey, M. (2000). Registering regional speciality food and drink products in the United Kingdom: the case of PDOs and PGIs. Area, 32(3), 317-325.
https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2000.tb00144.x

Ilbery, B., Kneafsey M., & Bamford M. (2000). Protecting and promoting regional speciality food and drink products in the European Union, Outlook on Agriculture, 29, 31-37. doi: 10.5367/000000000101293022

Ilbery, B. (2001). Relocalización de los sistemas de producción agro-alimentaria en la Unión Europea. Geographicalia, (39), 5-20. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2001391372

Marsden, T., Murdoch, J., Morgan, K. (1999). Sustainable agriculture, food supply chains and regional development: Editorial introduction. International Planning Studies, 4(3), 295- 301. doi: 10.1080/13563479908721743

Nygård, B., Storstad, O. (1998). De-globalization of food markets? Consumer perceptions of safe food: The case of Norway. Sociologia ruralis, 38(1), 35-53. https://doi.org/10.1111/1467-9523.00062

Ray, C. (1998). Culture, intellectual property and territorial rural development. Sociologia ruralis, 38(1), 3-20. doi: 10.1111/1467-9523.00060

DE MODELO URBANO A MODELO TERRITORIAL: EL ESPACIO RÚSTICO EN LA ORDENACIÓN DEL MUNICIPIO DE CÓRDOBA (ESPAÑA)

GEMA FLORIDO TRUJILLO[1]

RAFAEL GARZÓN GARCÍA[2]

RAFAEL VEGA POZUELO[3]

MARÍA LUISA RAMÍREZ LÓPEZ[4]

Filiación de todos los autores: Dpto. de CC Sociales, Filosofía, Geografía, Traducción e Interpretación, Universidad de Córdoba, Plaza del Cardenal Salazar, 4. 14078 Córdoba.

[1] *email:* gema.florido@uco.es, *código ORCID* https://orcid.org/0000-0001-9961-1036

[2] *email*: rafael.garzon@uco.es, *código ORCID* https://orcid.org/0000-0002-2887-5277

[3] *email:* a72vepor@uco.es *código ORCID* https://orcid.org/0000-0003-4982-9285

[4] *email:* l92ralom@uco.es *código ORCID* https://orcid.org/0000-0001-5123-4462

Abstract: At the present time, the municipality of Cordoba is facing the revision of its urban planning. This is an excellent opportunity to review some of the approaches which, in relation to rural areas, have been applied up to now and which have led to major territorial conflicts. In this context, this contribution aims to detect the shortcomings existing today in this area and to put forward proposals of interest for its appropriate planning and management. For this purpose, from a methodological point of view, it is essential to review legislative, planning, bibliographic and cartographic sources, as well as direct knowledge of the area under study. As a result of this work, the main challenges facing rural land today have been detected (proliferation of irregular constructions, diffuse urban edges, loss and fragmentation of agricultural land and biodiversity, land subject to risks, etc.). It has also identified actions, both regulatory and strategic, that seem essential to respond to them.

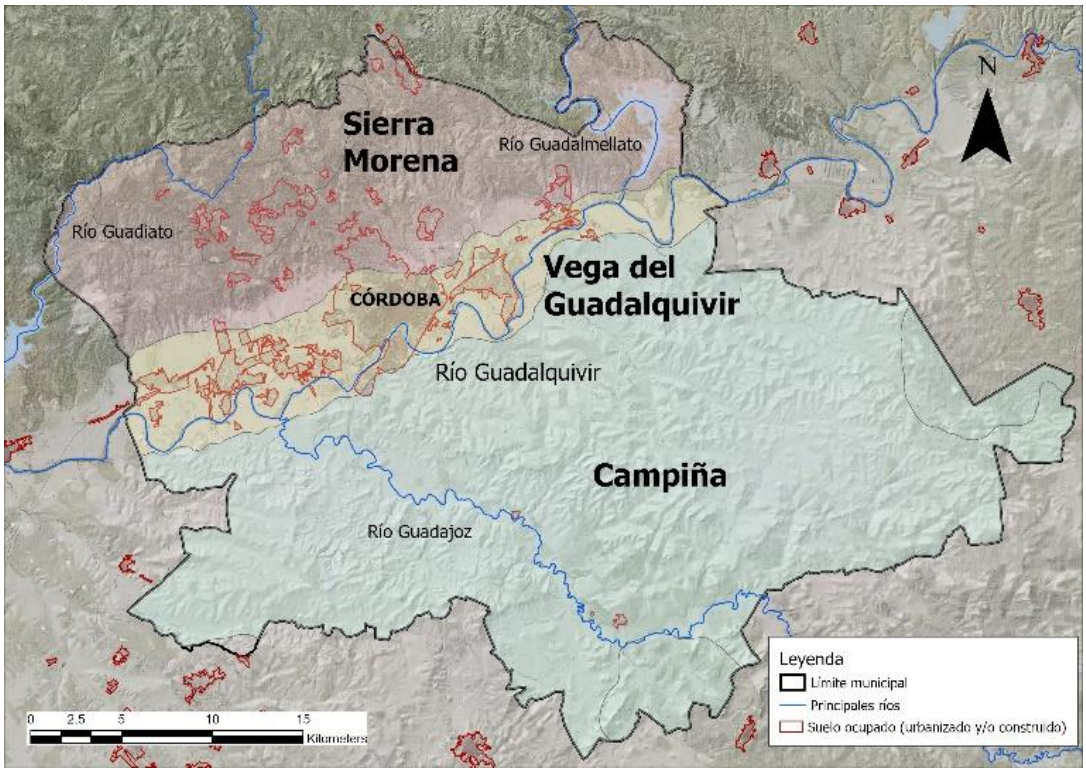
Keywords: Urban planning; Master Urban Plan; rustic land, Cordoba.

1. Introducción

Dadas las dimensiones del término (1254,91 km^2, el mayor de Andalucía) y su singular configuración (con tres áreas perfectamente diferenciadas, Sierra Morena al norte, Vega del Guadalquivir en el centro y Campiña al sur), el municipio de Córdoba puede entenderse como un ámbito de escala territorial, dentro del cual el espacio rústico, de muy grandes proporciones y notable diversidad interna, adquiere una indudable importancia (Fig. 1). Aun así, el planeamiento vigente, focalizado en el espacio urbano, como viene siendo habitual en España (Díaz, 2019), apenas ha abordado su ordenación, resultando de ello la aparición o el agravamiento de problemáticas muy relevantes.

Actualmente, sin embargo, existe la oportunidad de plantear un nuevo modelo de ordenación en el que el suelo rústico (SR) adquiera un mayor protagonismo. Ello se debe, por una parte, a la aprobación en 2021 de la *Ley de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía* (LISTA), norma de referencia para el urbanismo y la ordenación territorial, en la que se establece una mayor regulación de los usos y actuaciones en este ámbito. Por otra, al inicio del proceso para la elaboración del Plan de Ordenación Municipal (PGOM), sustituto del actual Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) que, aprobado en 2001, ha quedado obsoleto en muchos de sus planteamientos y necesita adaptarse al marco impuesto por la LISTA. El carácter del nuevo plan, orientado al conjunto del territorio municipal supone, sin duda, una ocasión única para acometer un tratamiento diferente del SR. Además de todo lo anterior, en los últimos años han tomado fuerza nuevos paradigmas para el análisis y la ordenación del espacio rústico, destacando, sobre todo, aquellos que encuentran en la infraestructura verde (IV) una herramienta clave para la conectividad ecológica y paisajística y la provisión de servicios ecosistémicos (Garzón, 2019; Garzón et al., 2022 y 2025).

Figura 1. Término municipal de Córdoba y su diversidad interna



Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

En este contexto, el trabajo que aquí se presenta tiene como objetivos detectar las carencias existentes hoy día en la planificación del espacio rústico en el término municipal de Córdoba y plantear propuestas de interés para su adecuada ordenación. Todo ello desde el entendimiento de su indudable utilidad para una adecuada gestión urbanística que asuma una visión más territorial.

2. Materiales, datos y métodos

Desde el punto de vista metodológico, esta aportación parte del análisis de la situación propiciada por el PGOU vigente y de la detección de las principales dinámicas y problemáticas que hoy afectan al SR municipal. A continuación, considerando las posibilidades que ofrece el nuevo marco propiciado por la elaboración del PGOM, se señalan una serie de criterios de ordenación, tanto de aplicación a corto plazo como de carácter más estratégico, que permiten dar respuesta a los principales retos existentes y reforzar su papel como componente fundamental dentro del sistema territorial.

Para ello, se ha partido de la revisión de los documentos legislativos y de planificación de referencia, así como de otros de carácter estratégico que recogen propuestas o implementación de proyectos de interés. También han sido de utilidad las bases de datos oficiales relativas a espacios naturales protegidos, bienes de interés cultural e inventarios diversos (vías pecuarias, vías verdes, etc.). Y de igual interés ha sido el empleo de cartografía, obtenida de diversas fuentes (DERA, CHG, MITECO, etc.) y manejada mediante SIG. La revisión de la prensa reciente ha aportado información relevante sobre aspectos diversos; y el intenso trabajo de campo realizado ha sido imprescindible para el conocimiento directo de la situación en la que hoy se encuentra el espacio estudiado.

3. Resultados

3.1. PGOU 2001: Enfoque y carencias respecto del espacio rústico

Ya hace casi 25 años, el PGOU de Córdoba señalaba entre los problemas no solucionados por la planificación anterior su incapacidad para dirigir adecuadamente los procesos, usos y actividades que se venían produciendo en el espacio rural municipal. Siendo así, fijaba interesantes directrices para el tratamiento de los bordes urbanos, el establecimiento de espacios recreativos ligados al medio natural, la regeneración del paisaje, la intervención sobre parcelaciones irregulares o la redacción de planes especiales para la ordenación de ámbitos específicos (Gerencia Municipal de Urbanismo, 2001). Aun así, el plan se centraba en regular un crecimiento de la ciudad de carácter expansivo, de modo que eran las determinaciones relativas tanto al suelo urbano (SU) como al urbanizable (SUZ) las que recibían mayor atención, siendo también éstos los ámbitos en los que las ejecuciones prácticas han venido siendo prioritarias. El resultado en lo que al espacio rústico se refiere ha sido que hoy siguen sin respuesta muchas de las cuestiones que ya entonces estaban pendientes, habiéndose incluso agravado algunas problemáticas.

A este respecto es muy significativo el escaso éxito que tuvieron las propuestas de planeamiento de desarrollo planteadas. En efecto, el PGOU contemplaba la redacción de varios planes especiales para la ordenación detallada de diversos sectores en suelo no urbanizable (SNU). De ellos, el *Plan Especial* (PE) *del Entorno del Embalse de San Rafael de Matallana*; el *PE para la Restauración Ambiental y Paisajística de Zonas Degradadas*; y el de *Mejora del Medio Rural* ni siquiera llegaron a iniciarse. Pero quizá el caso más lamentable sea el del *PE de Protección y Ordenación de la Sierra de Córdoba*, un ambicioso proyecto para la gestión de un territorio de más de 30 000 ha, con grandes valores

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

intrínsecos, pero también con serios problemas derivados de la implantación de usos inadecuados (sobre todo las construcciones irregulares vinculadas a segundas residencias), que llegó a su aprobación inicial en 2010, pero que nunca pasó a la fase de aplicación, a pesar del interés de sus objetivos y de gran parte de sus propuestas. Todo ello, junto a la incapacidad de las instituciones para controlar los procesos sobre el SR que se han seguido produciendo, se manifiesta en situaciones muy negativas para estos espacios.

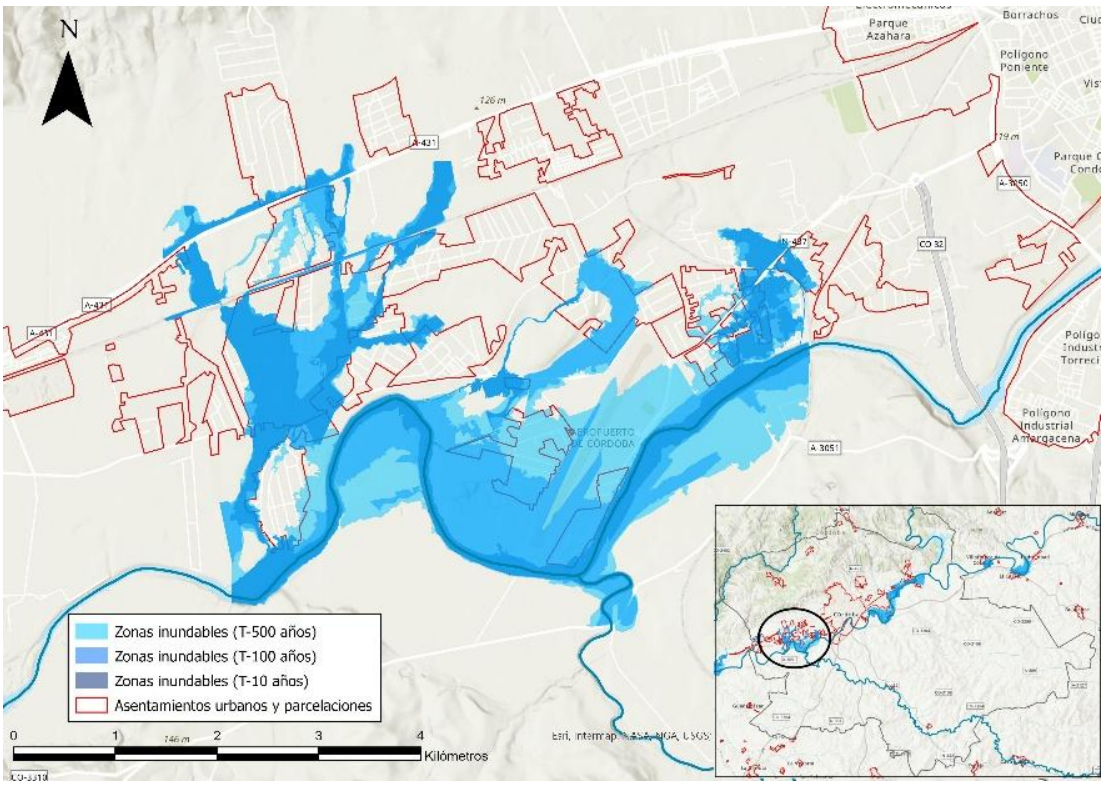
En lo que se refiere a las construcciones irregulares, generalmente agrupadas en parcelaciones ubicadas en espacios de alta sensibilidad ambiental y paisajística de la Vega y la Sierra y que el PGOU consideraba como el principal problema en el SNU, su número se ha incrementado de forma significativa. Así se observa al comparar las 87 urbanizaciones ilegales que registraba la Gerencia Municipal de Urbanismo en 2014 con las 188 que se recogían para 2019 (López, 2022). Y, aunque tras la aprobación de la LISTA se posibilita la regularización de aquellas urbanizaciones compatibles con el modelo territorial-urbanístico y que otras puedan conseguir los servicios básicos, lo cierto es que un número importante no podrá optar a ello por no cumplir las condiciones necesarias al localizarse en terrenos protegidos o sujetos a riesgos, circunstancia que condiciona de forma crítica el devenir de todo el espacio.

Efecto de esta proliferación, pero también de la ocupación del SR para dar respuesta a todo tipo de demandas urbanas, ha sido una significativa fragmentación y disminución de la superficie agraria útil (SAU), particularmente acusada en la Vega, sobre todo, en la franja periurbana occidental, donde López et al. (2023) la cifran en más del 40%. Ello ha conllevado la desaparición de gran parte de la agricultura de proximidad, históricamente muy relevante en el ruedo de la ciudad y ha segmentado de forma grave el paisaje agrario, dificultando la viabilidad económica de las explotaciones todavía existentes (*Ibidem*).

Otra cuestión importante es la que atañe a los riesgos naturales. Así es en la interfaz urbano-forestal situada al norte del núcleo urbano, que ha seguido creciendo con carácter difuso en el piedemonte de la Sierra y que ha incrementado de forma significativa el peligro de incendios forestales. Con un modelo de vivienda unifamiliar con jardín y, por lo tanto, con arbolado susceptible de propagar fácilmente el fuego, considerando que en Córdoba capital se superan con frecuencia los cien días al año con riesgo de incendio muy alto (en 2022, 74 fueron de riesgo extremo y 7 muy extremo –Álvarez et al., 2023–), y sabiendo que el término presenta una altísima frecuencia de este tipo de eventos (158 entre 2006 y 2015 –Grupo Considera, 2023–) puede calibrarse el alcance del problema.

También es muy alto el riesgo de inundaciones, en especial en las zonas de la Vega más próximas al Guadalquivir, donde más de 22 000 habitantes están amenazados por encontrarse sus casas (levantadas de forma irregular) sobre suelos inundables (*Ibidem*) (Fig. 2). Sirva de ejemplo lo acaecido como consecuencia de los eventos de lluvias torrenciales de 2010, cuando, además de provocar otros muchos daños, la riada anegó 150 viviendas, en su mayoría situadas en las parcelaciones cercanas al aeropuerto (El Correo de Andalucía, 2010). Aunque con menor intensidad, el episodio ha vuelto a repetirse en la primavera de 2025, provocando de nuevo daños en edificaciones, infraestructuras y explotaciones agrarias.

Figura 2. Zonas inundables en la Vega de Córdoba, en las cercanías del aeropuerto.



Fuentes: DERA y CHG. Elaboración propia.

Por último, cabe señalar la degradación del paisaje y la pérdida de biodiversidad que afectan tanto a la Sierra y la Vega, por efecto de la fragmentación antes mencionada, como a la Campiña, a consecuencia de una extrema roturación histórica y de una intensificación de los cultivos que, en lo que atañe a los ecosistemas naturales, ha creado un auténtico "desierto productivo" (Gómez et al., 2019).

3.2. Perspectivas y posibles alternativas

En el nuevo escenario planificador que afronta Córdoba, el documento de *Criterios y Objetivos Generales* del PGOM publicado por la Gerencia Municipal de Urbanismo en septiembre de 2024, contempla diversas intervenciones de interés sobre el SR.

En primer lugar, cabe mencionar las actuaciones de nueva urbanización de carácter industrial y logístico, algunas ya en marcha. Entre ellas destaca muy especialmente la construcción de la Base Logística del Ejército de Tierra en el Parque Industrial de La Rinconada, varios kilómetros al este de la cabecera municipal, al que se ha destinado una parcela de 85 ha en SR y se prevé sumar otras 110 aledañas para instalaciones complementarias (Poyato, 2024). Declarado proyecto de interés estratégico, no hay duda de que su puesta en marcha conformará un nuevo polo de dinamización productiva y un nodo de centralidad que deben ser claves dentro del modelo territorial.

En relación con las edificaciones irregulares, como se apuntó, la LISTA posibilita la regularización de algunas de ellas y que otras, asimiladas a fuera de ordenación, puedan conseguir dotaciones, aun sin llegar a legalizarse. Pero, hasta el momento, aunque el Ayuntamiento puso en marcha en 2022 una

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Oficina del Territorio para prestar asesoramiento, sólo una agrupación de viviendas ha conseguido cobertura legal, seis están en vías de alcanzarla y otras veinticinco tramitan la consecución de servicios básicos (Santos, 2025). Sin embargo, gran parte se encuentran en situaciones no reconducibles, lo que obliga a una profunda reflexión que pasa, como contempla la LISTA, por elaborar *Planes Especiales de Adecuación Ambiental y Territorial* que dé respuesta a los problemas más relevantes en cada caso.

El PGOM también debería establecer las bases para la protección de la SAU, especialmente en las zonas de vega. A este respecto, parece necesaria la definición de un sistema de clasificación de SR capaz de detener los procesos de transformación y preservar la tradicional vocación agrícola de estos espacios. Y, al mismo tiempo, es imprescindible el reforzamiento de la agricultura periurbana a través de líneas de financiación y de instrumentos para la ordenación y gestión de los usos del suelo que la contemplen e impulsen, de manera similar a lo que, bajo distintas figuras o instrumentos (parques agrarios, sistemas agroalimentarios localizados, etc.), se viene haciendo en otras muchas ciudades (Baron y Romero, eds., 2018; Ávila, 2024). La elaboración de un plan estratégico al respecto –en paralelo al nuevo PGOM– podría contribuir a este objetivo.

El problema de los riesgos naturales debe abordarse necesariamente desde distintos frentes (Garzón et al., 2025). Por una parte, el PGOM debería evitar la exposición mediante una estricta ordenación de los usos del suelo, que excluyese la ocupación e, incluso, promoviese el desmantelamiento de edificaciones en las áreas más amenazadas. El diseño de rutas de evacuación y la implementación de sistemas eficaces de alerta temprana deberían ser complementarios al desarrollo de planes de autoprotección para la población (alguno, como el de incendios forestales, ya elaborado por el Departamento Municipal de Protección Civil). Igualmente, es precisa la inclusión de cartografía detallada de riesgos, tanto porque su contenido es el referente legal para acreditar la situación de un territorio ante la toma de decisiones, como porque facilita la identificación y delimitación de las áreas vulnerables, el análisis y la planificación integral y su conocimiento por parte de la ciudadanía. Tanto éstas como las demás directrices que emanan de la aplicación de la *Ley 7/2021 de Cambio Climático* y del *Plan de Emergencias de Andalucía* (actualizado a fecha de marzo de 2024) son de obligada incorporación al nuevo plan urbanístico. La coordinación con otros, como el *Plan Andaluz de Acción por el Clima* o el *Plan Municipal contra el Cambio Climático de Córdoba (2022-2030)* parecen indispensables. También en este caso, se estima necesario el desarrollo de planificación estratégica, complementaria a la planificación urbanística más propiamente normativa.

Finalmente, desde una visión claramente positiva del SR y en la que encuentran perfecta articulación las propuestas anteriores, es indispensable una apuesta decidida por la IV, en línea con lo que plantean el *Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica en Andalucía* (CMAOT, 2018) y la *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas* (MITECO, 2021), cuyos contenidos el PGOM debería incorporar y desarrollar a través de una estrategia municipal. A este respecto, un valioso ejemplo puede ser la experiencia del *Plan de Acción Territorial Metropolitano de Valencia* (Generalitat Valenciana, 2017) donde la IV se concibe como un sistema activo y multifuncional, capaz de preservar los valores ecológicos, culturales y paisajísticos, al tiempo que promueve la cohesión territorial y la adaptación y resiliencia frente a los riesgos naturales. Medidas como la mejora de la conectividad entre áreas naturales y seminaturales (sobre todo, entre la Sierra y los espacios de Vega y Campiña), considerar el papel de la agricultura periurbana en tanto que paisaje productivo y pieza fundamental de la IV municipal, el mayor desarrollo de iniciativas de movilidad no motorizada en SR –en la línea de algunas ya emprendidas durante los últimos años, como, por ejemplo, el *cinturón verde de Córdoba*-, o una regulación más ordenada del uso público recreativo para evitar

la saturación de ciertos espacios sensibles son algunas propuestas que resultarían de indudable interés para el caso cordobés.

4. Conclusiones

Esta aportación ha pretendido contribuir al proceso de reflexión que se ha abierto con la publicación del documento de *Criterios y Objetivos* para la elaboración del PGOM del municipio de Córdoba. Se ha planteado desde el entendimiento de que el SR debe constituir una pieza clave en el sistema territorial y, por ello, su ordenación urbanística debe plantearse desde una visión más territorial, más aún en el caso de términos municipales de especial extensión y complejidad, como el que aquí se ha considerado. La diversidad de funciones que el espacio rústico puede y debe cumplir (ecológicas, agrarias, recreativas, etc.) deben compatibilizarse con las demandas para el crecimiento de la urbanización y la implantación de proyectos industriales y logísticos claves para la economía del municipio. No obstante, ello debe hacerse necesariamente respetando los valores naturales, agrícolas, paisajísticos y culturales del SR y ordenando y gestionando adecuadamente los usos, de acuerdo con un proyecto que considere en positivo las posibilidades que en él se ofrecen y que asuma los postulados de nuevas visiones y herramientas de particular interés al respecto, como es el caso, sobre todo, de la infraestructura verde.

5. Referencias bibliográficas

Álvarez del Vayo, M., Maqueda, A. y Torrecillas, C. (2023). 2022, el año con más territorio en riesgo máximo de incendio en cinco décadas. *Civio: Medio Ambiente*. https://civio.es/medio-ambiente/2023/09/13/2022-el-ano-con-mas-territorio-en-riesgo-maximo-de-incendio-en-cinco-decadas/

Ávila Sánchez, H. (2024). Producción y consumo alimentario en espacios periurbanos de proximidad. Procesos socio-territoriales en la conformación de los sistemas agroalimentarios. *Investigaciones geográficas*, 113, abril. DOI: https://doi.org/10.14350/rig.60806

Baron Yelles, N. y Romero González, J. (2018). *Cultura territorial e innovación social ¿Hacia un nuevo modelo metropolitano en Europa del Sur?* Universitat de València. https://roderic.uv.es/rest/api/core/bitstreams/dc182693-ad43-4027-83ba-b663971bff22/content

CMAOT (2018). *Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica en Andalucía. Una Estrategia de Infraestructura Verde*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2021-06/PDMCEA_areas_estrategicas_2018.pdf

Díaz Arroyo, A. (2019). *La protección del suelo por planificación territorial y urbanística* [Tesis doctoral. Universidad de Sevilla]. https://idus.us.es/handle/11441/88241

El Correo de Andalucía (8/03/2010). *150 familias de Córdoba aún viven en un hotel*. https://www.elcorreoweb.es/andalucia/2010/03/08/150-familias-cordoba-viven-hotel-105199240.html

Garzón García, R. (2019). Hacia la reordenación del espacio libre a escala territorial: nuevos paradigmas y análisis del planeamiento subregional andaluz. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, LI* (199), 63–80. https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/85834

Garzón García, R., Vega Pozuelo, R. y Ramírez López, M.L. (4-6 de julio de 2022). *La infraestructura verde como elemento de articulación del espacio urbano y periurbano: una propuesta para Córdoba (España)*. Martín, M.I., Plaza, J.I. y Ramos, D. (coords.). XVII Coloquio Ibérico de Geografía Ibérica: políticas y transformaciones territoriales. Libro de Actas. AGE. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8606662

Garzón García, R., Florido Trujillo, G., Vega Pozuelo, R. y Ramírez López, M.L. (2025). Espacio rústico, libre o abierto: una visión geográfica de su ordenación y protección a propósito del caso de Andalucía (España). *Investigaciones Geográficas*, en prensa. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8606662

Generalitat Valenciana (2017). *Plan de Acción Territorial Metropolitano de Valencia.* Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climatic y Desenvolupament Rural. https://mediambient.gva.es/es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/pat-valencia

Gerencia Municipal de Urbanismo. Servicio de Planificación (2014). *Identificación y delimitación de asentamientos en suelo no urbanizable*. Ayuntamiento de Córdoba.

Gerencia Municipal de Urbanismo (2001). *Plan General de Ordenación Urbana*. Ayuntamiento de Córdoba. https://www.gmucordoba.es/urbanismo/plan-general-de-ordenacion-urbanistica-pgou

Gerencia Municipal de Urbanismo. Oficina del Plan General de Ordenación Municipal (2024): *Plan General de Ordenación Municipal. Criterios y Objetivos Generales*. Ayuntamiento de Córdoba. https://www.cordoba.es/sites/default/files/transparencia/urbanismo/documentos_informacion_publica/03-PGOM-CORDOBA-CRITERIOS-Y-OBJETIVOS-GENERALES.pdf

Gómez, J.A., Castillo, C., Mora, J., Taguas, E.V., Ayuso, J.L., Guerrero, J. y Tortosa, F.S. (2019). *Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas, revegetación para diversificación del paisaje, muros de contención, mejora ambiental de fuentes y abrevaderos y construcción de charcas artificiales*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/publicacion/19/12/CARCAVAS_4-12-19-reduc.pdf

Grupo Considera S.L. (2023). *Plan municipal contra el cambio climático de Córdoba (PMCC 2020-2030)*. Ayuntamiento de Córdoba. https://www.cordoba.es/sites/default/files/PDF/Servicios/medio-ambiente/plan-municipal-contra-el-cambio-climatico-de-cordoba/01.ANTECEDENTES_V4.pdf

López Casado, D. (2022). Metodología para el análisis y la caracterización geográfica de la ciudad informal: Urbanizaciones ilegales en el municipio de Córdoba, España. *Quid 16: Revista del Área de Estudios Urbanos*, 17, 99-120. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8518294

López Casado, D., González Romero, G. y Fernández Salinas, V. (2023). Recualificación territorial en las periferias urbanas y prácticas alimentarias alternativas: el caso del sector occidental de la Vega de Córdoba. En Arnáez Vadillo, J., et al. (coord.). *Geografía: cambios, retos y adaptación: Libro de Actas. XVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía*. 1285-1293. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=939760

MITECO (2021). *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/eniv_2021_tcm30-515864.pdf

Poyato, F. (19/11/2024). La urbanización de la Base Logística del Ejército en Córdoba completa dos tercios de su ejecución. *ABC de Córdoba*. https://www.abc.es/espana/andalucia/cordoba/urbanizacion-base-logistica-ejercito-cordoba-completa-dos-20241119140033-nts.html

Santos, N. (11/05/2025). La ley LISTA impulsa a 25 parcelaciones de Córdoba a trabajar por los servicios básicos. *Diario Córdoba*. https://www.diariocordoba.com/cordoba-ciudad/2025/05/11/ley-lista-impulsa-25-parcelaciones-117236354.html?utm_source=newsletter&utm_campaign=guitar&utm_medium=email&idC=5383&iU=bde4b965-12e6-4352-989a-c06e837502d0&fN=47656d61&dd=20250511

EL PATRIMONIO LIGADO AL TRABAJO COMO RECURSO TURÍSTICO EN EL SEÑORÍO DE MOLINA (GUADALAJARA)

JUAN IGNACIO GARCÍA CALVO[1]

JULIO FERNÁNDEZ PORTELA[2]

[1]Programa de doctorado en Historia e Historia del Arte y Territorio. Escuela internacional de doctorado de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo de la Senda del Rey, 7 – 28040 Madrid (ES), jgarcia4269@alumno.uned.es, https://orcid.org/0009-0007-0642-5420

[2] Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo de la Senda del Rey, 7 – 28040 Madrid (ES), jfportela@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0002-1677-8103

Abstract: The Señorío de Molina (Guadalajara) is an extensive territory that includes a great variety of landscapes and an important cultural and environmental heritage. The geographical conditions have led to the existence of ancestral uses that have contributed to shape the rural landscape and the physiognomy of the villages. As a result, an outstanding pre-industrial, industrial and agricultural heritage has been generated from economic activities based on the use of endogenous resources. The study and recovery of these heritage resources linked to work (generally in ruins), which include pre-industrial assets (forges, fulling mills, water mills..., and especially salt works), and especially salt pans. and especially the salt mines), industrial heritage (textile establishments, flour mills, light factories and the resin industry that reached great splendor in the late nineteenth and early twentieth centuries), and agricultural elements (huts, dovecotes, bee ovens...), is a first step to convert this heritage into a tourist resource that contributes to economic diversification and the curbing of depopulation. Through field work and bibliographic review, the aim is to promote the knowledge, safeguarding and possible tourist use of these resources, so that they contribute to generate an economy in the tertiary sector with the opening of tourist accommodation, restaurants...The risk of disappearance of this heritage, its difficult current socioeconomic use and, at the same time, the need to include it in a cultural and tourist offer required by the opening of the Parador Nacional de Turismo in Molina de Aragón are some of the conclusions of this work.

Keywords: Industrial heritage; Parador Nacional de turismo; tourism; depopulation; Señorío de Molina;

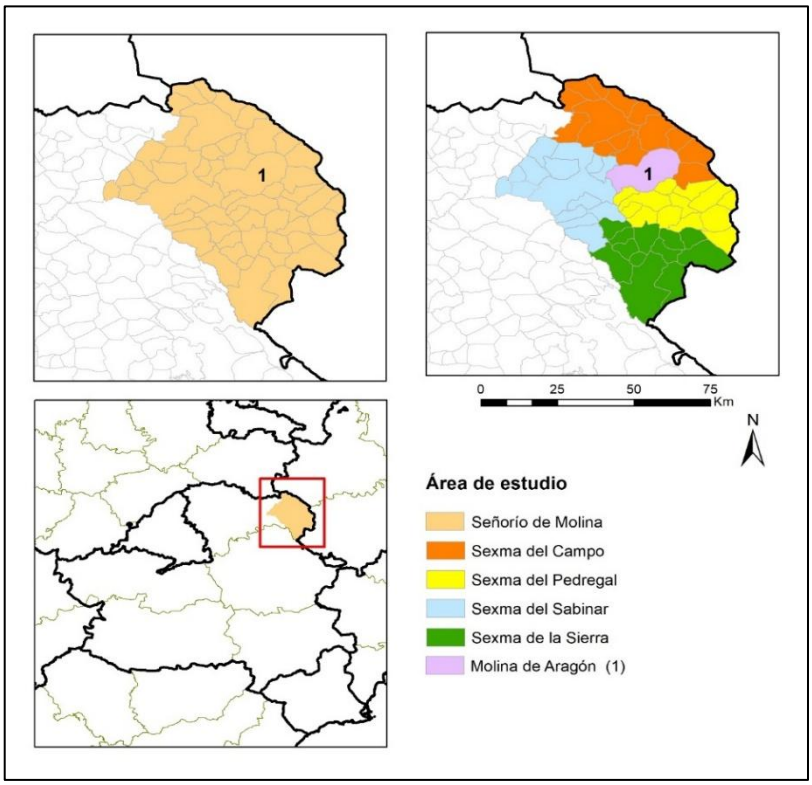
1. Introducción. El declive demográfico, la apuesta por el turismo y el papel del patrimonio.

En España el fenómeno de la despoblación y el abandono del medio rural de las regiones del interior peninsular (Pinilla y Sáez, 2017) es una realidad que, aunque tiene su origen en la segunda mitad del siglo XX, se ha consolidado en un fenómeno casi imparable, con unas consecuencias sociales y económicas preocupantes, destacando entre otros territorios, el medio rural de Castilla-La Mancha (Carretero Novillo, 2021).

Durante los últimos años se han destinado importantes recursos tanto al estudio y análisis del fenómeno, como a inversiones directas en infraestructuras, servicios y fomento de las actividades económicas ligadas a los recursos endógenos de los territorios afectados. Los resultados, con excepciones, están siendo bastante discretos y no se ha conseguido revertir una situación que en algunos territorios ha alcanzado unos límites de no retorno.

En la provincia de Guadalajara, encontramos un caso paradigmático de este proceso de pérdida constante de población, representado por los pueblos del denominado Señorío de Molina. Este histórico territorio de raíces medievales, cuenta con la ciudad de Molina de Aragón como localidad más relevante y cabecera comarcal, con una población censada de 3.280 habitantes (según datos de 2024 del Instituto Nacional de Estadística). En cualquier caso, es un extenso territorio de 2.624 km^2 con ochenta y dos núcleos de población históricos, reducidos a cincuenta y dos ayuntamientos en la actualidad (Figura 1), con una de las densidades demográficas más bajas de Europa, una población envejecida y numerosos pueblos en riesgo extremo de desaparición. No es casualidad que el Observatorio de la Despoblación de Guadalajara, iniciativa conjunta de la Diputación de Guadalajara y la Fundación General de la Universidad de Alcalá, tenga su sede en la capital del Señorío.

Figura 1. Área de estudio. El Señorío de Molina



Fuente: Elaboración propia.

El conjunto de los municipios que componen el área de estudio poseen una variedad geográfica importante que alberga relevantes elementos patrimoniales de carácter histórico-artístico (conjunto monumental de Molina de Aragón, pinturas rupestres Patrimonio de la Humanidad…), medioambiental (Parque Natural del Alto Tajo, Monumento Natural de la Sierra de Caldereros…) y geológicos (Geoparque de Molina-Alto Tajo).

Precisamente, la existencia de esos recursos culturales (patrimonio histórico-artístico y natural), unido a la falta de tejido industrial y a la menguante actividad agropecuaria, han propiciado un cierto sesgo de la actividad económica hacia el sector terciario, incluyendo la proyección hacia el turismo de interior. Se trata de una de las alternativas que con carácter general se intentan implementar para revertir esta situación de declive socioeconómico y demográfico del medio rural, potenciando el turismo de interior, sustentado en los atractivos históricos, culturales y medioambientales que los pueblos pueden ofrecer, en la línea de la Carta Mundial del Turismo sostenible (Fernández Fernández y Fernández Portela, 2019). En este documento se pretende utilizar el turismo como un activo económico de escala local, compatible con los criterios de sostenibilidad, aportando beneficios medioambientales, sociales y económicos en un marco de cooperación, innovación y fortalecimiento identitario (Pardo Abad, 2017).

2. Fuentes para el estudio

El tipo de patrimonio que se va a tener en cuenta para este estudio es el vinculado al trabajo, por lo que nos vamos a centrar en el patrimonio preindustrial, industrial, agrario y silvícola. El conocimiento para el estudio de este patrimonio procede de fuentes que pueden agruparse en cuatro grandes bloques: I) las fuentes tradicionales; II) las complementarias; III) las iconográficas: IV) y las orales. I) El primer grupo incluye las fuentes documentales representadas por los distintos archivos, así como la bibliografía constituida por los libros y las revistas (publicaciones especializadas, periódicas, monográficas…), principalmente. II) Las fuentes complementarias están formadas (en el caso del patrimonio industrial) por los archivos de las empresas y la documentación resultante de la propia actividad productiva y comercial, incluyendo la propaganda (catálogos, folletos comerciales, anuncios publicitarios en prensa…). III) Por su parte, los archivos audiovisuales, los catálogos fotográficos, los planos y estudios tanto de inmuebles como de los productos elaborados, forman las fuentes iconográficas a consultar. IV) Finalmente, puede considerarse la tradición oral que proviene del relato y de los recuerdos de los trabajadores del campo, del personal de las fábricas y de sus familias, así como del entorno social, población y autoridades de las distintas localidades. Es posible añadir un último recurso, constituido por las aportaciones de congresos y convenciones, museos, investigadores, asociaciones, fundaciones, redes de carácter internacional, instituciones…, y todos los recursos web asociados.

Los datos demográficos proceden del Instituto Nacional de Estadística (INE), y los datos turísticos proceden de la Oficina de Turismo de Molina de Aragón.

3. Resultados

En este contexto de dinamización turística, en el que se incluye de manera significativa la construcción del Parador Nacional de Molina de Aragón, es interesante plantear el estudio y

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

valorización de un activo turístico tan relevante e interesante como infravalorado y abandonado: el patrimonio agrícola e industrial.

La actividad productiva agrícola (ligada a la agricultura, ganadería y silvicultura), la industrial y las actividades extractivas (minería) han contribuido a modelar el paisaje de amplias zonas del Señorío de Molina, dotándolo de unos rasgos peculiares y generando unos recursos patrimoniales específicos (Tabla 1).

Tabla 1. Recursos patrimoniales ligados al trabajo

LISTADO DE RECURSOS		
APROVECHAMIENTOS AGROPECUARIOS Y SILVÍCOLAS	PATRIMONIO PREINDUSTRIAL	PATRIMONIO INDUSTRIAL
Apicultura Colombicultura Casetas agrícolas Chozones sabineros Carboneo Traslado de troncos (gancheros)	Molinos hidráulicos Pozos de hielo Fábricas de chocolate Patrimonio relacionado con la construcción tradicional Hornos de cal Hornos de yeso Tejerías Canteras de piedras de molino Batanes Ferrerías Salinas Hornos de miera	Minería y actividades extractivas Industria resinera Industria textil Fábricas de harinas Fábricas de luz Actividades industriales actuales en el Señorío de Molina

Fuente: Elaboración propia.

El estado de conservación de este legado cultural es, en general, bastante deficiente, y una parte importante de estos recursos se encuentran en riesgo inminente de desaparición, por lo que sería necesaria una intervención urgente para evitar un mayor deterioro, y una puesta en valor de todo este patrimonio.

Una opción para proteger este patrimonio es confiriéndole una función cultural y económica que actualmente no posee. La mayor parte de los bienes se encuentran en una situación de desuso y abandono que no contribuye a su aprecio y valorización como elementos turísticos. Especialmente llamativo es el caso de las industrias resineras que desde finales del s. XIX se asentaron a lo largo del eje Mazarete-Molina de Aragón, de la mano del ingeniero, industrial y político Calixto Rodríguez, pionero en el aprovechamiento industrial de la enorme masa forestal de pino resinero de la comarca. Durante años, la transformación industrial de la resina para obtener colofonia y aguarrás y también el colateral aprovechamiento maderero fueron claves para asegurar el trabajo y el progreso en los pueblos del Señorío. Cuatro fueron las factorías resineras de carácter industrial, La Cándida (Figura 2), La Avellaneda, La Esperanza y La Torrecilla, las dos primeras creadas y gestionadas por Rodríguez. Precisamente estas instalaciones, hoy en alarmante estado de abandono y con riesgo serio de

desaparición, poseen todavía un gran interés por los elementos industriales e instalaciones conservados, y con las inversiones adecuadas pueden convertirse en un producto turístico de interés, que de forma alternativa se constituya en una oferta turística complementaria al patrimonio natural e histórico- artístico. Además, la actividad resinera se ha retomado en los últimos tiempos, de la mano de un puñado de resineros que están contribuyendo a recuperar el aspecto que tuvieron estos bosques en el pasado: miles de vasos, actualmente de plástico (antiguamente de barro cocido), se fijan a los troncos de los pinos previamente picados y, desnudados de su corteza y estimulados en sus secreciones resinosas mediante la aplicación de ácidos sobre la superficie desnuda del tronco. Se trata de una estampa que en sí misma supone un paisaje peculiar ligado a una actividad productiva. La oferta se completa con algunos de los centros de interpretación del Parque natural del Alto Tajo, singularmente el de El Sequero de Orea, que exhibe herramientas, técnicas y elementos asociadas al resineo tradicional.

Figura 2. Fábrica de resinas "Cándida" de Mazarete

Fuente: Fotografía de los autores.

En este marco, destaca la apuesta tanto de emprendedores privados como de un importante sector terciario que genere puestos de trabajo y contribuya a fijar población. La declaración del Parque Natural del Alto Tajo en el año 2000, la del Geoparque de Molina-Alto Tajo por la Unesco en 2014 (ambas dotadas de importantes inversiones asociadas), y las ayudas concedidas por la Asociación de Desarrollo Rural Molina de Aragón – Alto Tajo encargada de gestionar las Iniciativas Comunitarias de Desarrollo Rural, especialmente los fondos europeos al Desarrollo Rural de los Programas Leader + y Eje 4 Leader, han un supuesto una clara apuesta por la dinamización económica ligada al turismo.

De acuerdo con los datos oficiosos proporcionados por la oficina municipal de turismo de Molina de Aragón, alrededor de 40.000 turistas anuales pasan por sus dependencias. Estas importantes cifras de visitantes, unidas a la apertura del Parador Nacional de Turismo, el 13 de mayo de 2025, así como al resto de la red de alojamientos rurales que hay en los distintos municipios que componen el área de estudio, suponen una sólida base para reforzar el papel del turismo en la economía de la zona.

La aspiración por contar con un Parador Nacional se remonta a principios de los setenta del s. XX cuando se estudió la creación de una Hostería o un Parador ligado a la creación de una Reserva

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Nacional de caza. Las buenas previsiones iniciales del proyecto, que incluyeron la afección de la titularidad del castillo de Molina al Ministerio de Información y Turismo (acta de 12 de noviembre de 1971) para su adaptación como establecimiento hotelero, no impidieron que finalmente no se llevara a la práctica. Como consecuencia del incendio sufrido por el Alto Tajo en el verano de 2005, que arrasó 12.000 ha y supuso la muerte de once miembros de un retén forestal, se retomó la construcción de un Parador Nacional, como compensación del desastre. Este establecimiento hotelero, amparado por el reconocimiento y prestigio de la marca Paradores debe suponer un antes y un después en la apuesta de la zona y de la localidad de Molina por un turismo de calidad, con una clara vocación por la oferta cultural y de ocio orientada a un turista de perfil económico medio-alto.

4. Conclusiones

El Señorío de Molina de Aragón es un territorio que cuenta con un importante patrimonio vinculado al trabajo, destacando los bienes preindustriales, industriales, agrarios y silvícolas con un valor relevante y singular para la zona. Un patrimonio que está sufriendo un rápido deterioro sobre el que hay tomar medidas para protegerlo y mantenerlo, y que pueda convertirse en la base de un tipo de turismo que contribuya a la dinamización socioeconómico de un territorio que pierde población y actividades económicas.

El turismo cultural se plantea como una de las mejores opciones para luchar contra la despoblación en el Señorío de Molina gracias a su contribución al mantenimiento y apertura de nuevos establecimientos del sector terciario (hoteles, casas rurales, bares y restaurantes…). En este planteamiento encaja la necesidad de estudiar y recuperar el patrimonio asociado al trabajo, como alternativa y complemento a la oferta de turismo de naturaleza (Geoparque Molina Alto Tajo) e histórico artístico (castillos, iglesias, yacimientos arqueológicos…), que dote de contenido y posibilidades adicionales a la que obligatoriamente debe ser una oferta cultural y turística bien estructurada.

La puesta en valor de todo este patrimonio en su conjunto puede contribuir al desarrollo económico de este territorio, a evitar un mayor deterioro y abandono de este tipo de patrimonio y a concienciar a la población local y a las administraciones de la impronta que tiene el patrimonio vinculado al trabajo en su territorio.

Referencias bibliográficas

Carretero Novillo, A. (2021). El reto demográfico de la despoblación en Castilla-La Mancha. *Simposium. Anuario de estudio Humanísticos*, 1, 49-68.

Fernández Fernández, A. y Fernández Portela, J. (2019). *Paisajes y turismo*. Editorial UNED.

Pardo Abad, Carlos J. (2017). Sostenibilidad y turismo en los paisajes culturales de la industrialización, *Arbor, 193*, 2-13. https://doi.org/10.3989/arbor.2017.785n3006

Pinilla, V. y Sáez, L.A. (2017). *La despoblación rural en España: génesis de un problema y políticas innovadoras*. Centro de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales (CEDDAR).

PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO EN EL NEVADO COROPUNA (PERÚ). UNA PROPUESTA A FUTURO

MANUEL GÓMEZ LENDE[1]

ENRIQUE SERRANO CAÑADAS[2]

RAMÓN PELLITERO ONDICOL[3]

MARIA JOSÉ GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI[4]

[1]*Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, 44, 39005 Santander (ES), manuel.gomezlende@unican.es, https://orcid.org/0009-0000-2875-8268*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Plaza del Campus s/n, 47011 Valladolid (ES) e.serrano@uva.es, https://orcid.org/0000-0001-9760-3876*

[3]*Departamento de Departamento de Geografía, UNED, C/Senda del Rey, 7, 28040 Madrid (ES) rpellitero@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0001-9501-6256*

[4]*Departamento de Departamento de Geografía, UNED, C/Senda del Rey, 7, 28040 Madrid (ES) mjgonzalezamu@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0001-9501-6256*

Abstract: The Nevado Coropuna, a glaciated volcanic complex in the Western Cordillera of the Central Andes (Peru), rises to 6425 m asl above the high plateau to the north and the deep valleys of Ocoña and Majes that drain to the Pacific to the south. Within an arid tropical climate, its rainfall, on its southern slope, is between 100 and 400 mm and is concentrated in its summer wet season. It stands out for its high geoheritage values and those of a geomorphological nature related to its highest geoecological floors, from Quechua to High Mountain, are analyzed here.

The study covers an area where socioeconomic development is very limited and where the current context of global change means a loss of its most precious water resource from the melting waters of its glacier. In this way, its heritage value, its educational potential and as an ecosystemic and cultural service stand out as a first-rate geomorphological factor whose conservation must be guaranteed so that local communities, highly dependent on this resource for the maintenance of their agricultural-livestock economy, essentially Alpaca-like on the highest floors, can maintain their traditional economies and represent a socioeconomic alternative to mining operations.

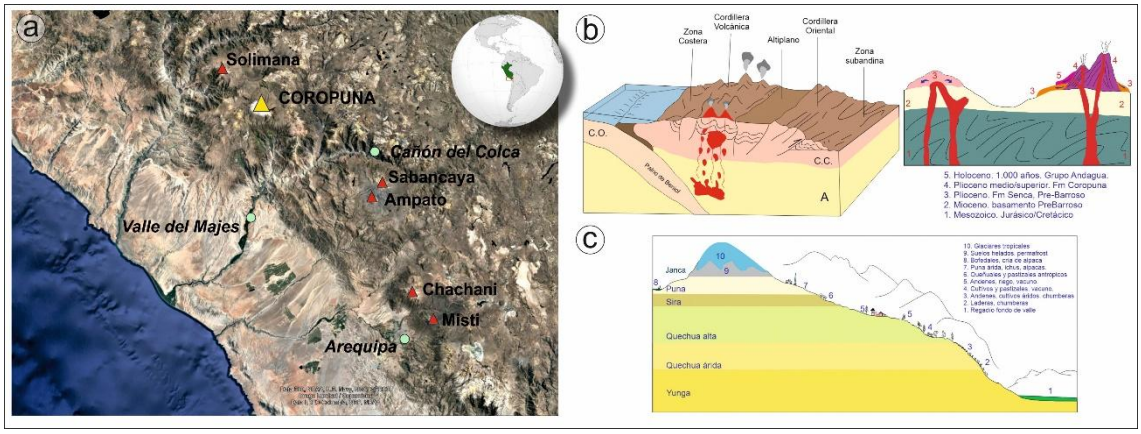
In this study, a total of 14 sites of geomorphological interest (geomorphosites) would be invented, in which fundamental aspects of its volcanism, glacial and periglacial landforms and processes, hydrothermalism, hydrology and the transformation of its slopes into ancestral terraces are valued. A proposal is also made for a geotouristic itinerary surrounding the entire Coropuna. All of this is done by following a methodology already applied in other geomorphological contexts and with an approach to creating socioeconomic synergies taking advantage of the nearby and only existing geopark in Peru, the Colca and Andagua Volcanoes Geopark.

Keywords: Geomorphological heritage; geomorphosites; Nevado Coropuna; Perú

1. Introducción

El Nevado Coropuna (15°32'S, 72°39'W; 6425 m) constituye en la actualidad el domo glaciar tropical más extenso del mundo con cerca de 46 km^2 (Úbeda, 2012). Situado sobre una estructura estratovolcánica con media docena de cumbres que superan los 6000 m asl de cráteres alineados con actividad latente, abarca una superficie total de 858 km^2, con una edad post-pliocena con últimas erupciones en el Holoceno (hace aproximadamente 1000 años). El Nevado se localiza en el departamento de Arequipa, al sur de Perú, en la frontera árida del Altiplano Andino (en la Cordillera Occidental de los Andes Centrales), dentro de una alineación de vulcanismo activo, desde hace 20 m.a., producto de choque entre placas, y con algunas fumarolas plenamente activas en alguno de sus edificios volcánicos (ej. Sabancaya) (fig1).

Figura 1. a) Localización del Nevado Coropuna; b) interpretación genérica del complejo estratovolcánico del Nevado; c) pisos geoecológicos en el Nevado Coropuna



Fuente: 1. a) Modificado a partir de imagen de Google Earth (s.f); b y c) Elaboración propia a partir de Pulgar Vidal (1996)

Dentro de un clima tropical árido muy contrastado con dos estaciones: lluvia / seca, sus precipitaciones oscilan entre los 100 y 400 mm anuales en las vertientes meridionales concentradas en la estación húmeda estival (verano austral: diciembre-marzo) y muy afectado periódicamente por los eventos ENSO (El Niño-Oscilación del Sur)(Úbeda, 2013); con una isoterma de 0ºC situada a 5350 m asl. Su conjunto glaciar se organiza en forma de sistema domo-outlets, instalándose sobre los pisos geoecológicos superiores de la Janca y el piso Glaciar (fig.1) y de él dependen en gran medida la subsistencia de las comunidades locales del valle del Majes y las economías primarias de los vastos valles irrigados ubicados en el mismo valle y en la árida franja costera. Su evolución reciente es plenamente negativa con una pérdida media de superficie glaciar de -0.15 m a^{-1} entre 1955 y 2013; e incrementándose en los últimos años con -0.18 m a^{-1} entre 2013 y 2018 y con -0.44 m a^{-1} entre 2018 y 2023; pero a pesar de todo con un ritmo de pérdida de masa menos acelerado que en el caso de otros glaciares peruanos (Pellitero et al., 2025).

Del conjunto del Nevado Coropuna se han analizado y destacado sus altos valores geopatrimoniales relacionados con sus pisos geoecológicos más altos en los que el limitado desarrollo socioeconómico de sus comunidades locales es altamente dependiente de sus aguas de fusión (varias decenas de miles de personas dependen de ello). El objeto último es la puesta en valor de su patrimonio

geomorfológico y destacar su potencialidad didáctica y como servicio ecosistémico y cultural para garantizar el mantenimiento de las economías tradicionales y que tal propuesta de geopatrimonialización se presente como alternativa socioeconómica a las explotaciones mineras, intentando así crear sinergias derivada del cercano geoparque del Colca y los Volcanes de Andagua.

2. Materiales, datos y métodos

Partiendo de un corpus científico previo ya establecido y concibiendo los LIGm como formas y asociaciones de formas de relieve de especial interés monumental, escénico, ecológico y/o científico, esenciales en la configuración morfológica y dinámica de los espacios naturales (Panizza y Piacente, 1993; Reynard, 2009); se ha aplicado un mismo proceder metodológico ya puesto en práctica en áreas naturales españolas (Serrano y González Trueba, 2005) y recientemente actualizado y aplicado en Ruiz Pedrosa (2024), para establecer los distintos geomorphosites propuestos como lugares inventariables, caracterizables y valorables desde tres puntos de vista: científico o intrínseco, cultural o añadido y de uso y gestión.

3. Resultados

Se han obtenido un total de 13 LIGm, de los cuales 4 son miradores (tabla 1) en los que se han destacado valores fundamentales del Nevado Coropuna relacionados con su vulcanismo, glaciarismo, periglaciarismo, hidrotermalismo, hidrología o los andenes tradicionales que abancalan sus laderas. En tal inventario se han distinguido sus valores en base a tres grandes apartados:

a) *Descripción del LIGm* en base a su situación, análisis y descripciones de su geomorfología (tipo, génesis, morfologías, dinámica, cronología, interés principal, interés secundario y su atribución como LIGm) y usos (contenido cultural, accesbilidad, grado de interés, estado de conservación, usos actuales, comunicaciones, infraestructuras, impactos y situación legal si la hubiese).

b) *Valoración general del LIGm* tipologizando el LIGm y valorando sus **valores intrínsecos** (morfoestructuras, la diversidad de otros elementos de interés geológico, la morfología-formas de erosión o de acumulación- y la dinámica del LIGm-si son morfologías heredadas o activas); sus **valores añadidos** en relación a su valoración paisajística y estética en función de su alcance nulo, local, medio, comarcal o regional; sus elementos culturales (en cuanto a su asociación con elementos de valor patrimonial o con su contenido histórico-cultural), didácticos (como recurso pedagógico, y en asociación con otros elementos), científicos (como significación dentro de un área de conocimiento; como información aportada relativa a la evolución geomorfológica) o de contenido turístico (como lugar con contenido turístico y atracción turística). Finalmente, sus **valores de uso y gestión** contemplando su fragilidad y riesgo de degradación (en base a factores como la accesibilidad, frecuentación, fragilidad intrínseca, fragilidad externa/amenazas, el tipo e intensidad de uso y el impacto); y su potencialidad de uso (valor intrínseco, añadido, significación paisajística, estado de conservación, accesibilidad y condiciones de observación)(fig.3).

c) *Valoración geoturística del LIGm* bajo la ponderación de criterios escénicos (visión y tamaño de panorámica, o la diversidad geográfica y natural), científicos (integridad, rareza entendida como excepcionalidad del LIGm, geodiversidad y conocimiento científico), culturales (presencia de valores culturales, valoración y número de bienes existentes, diversidad histórica), educativos (representatividad y claridad de formas y procesos, ejemplaridad pedagógica en cuanto al potencia

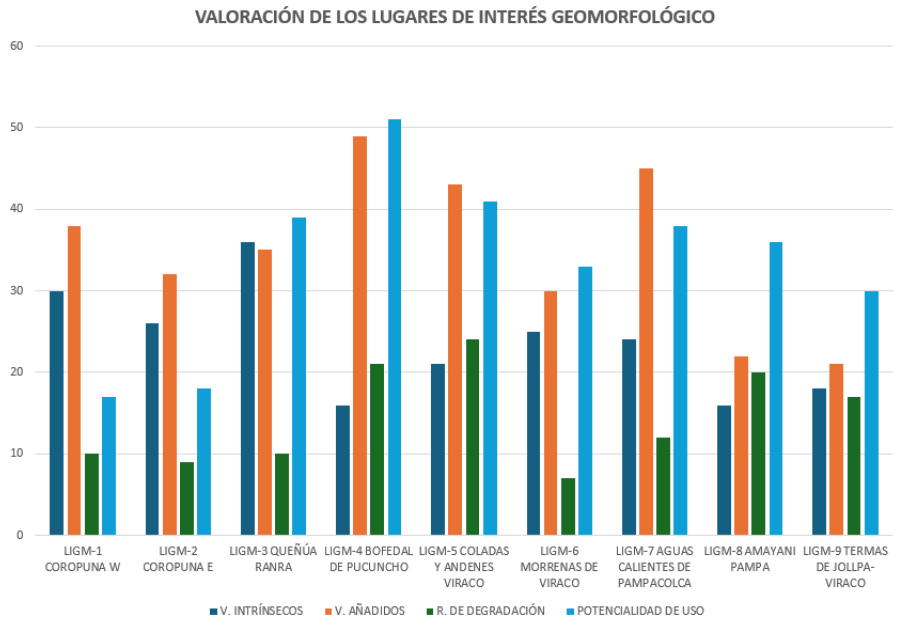
interpretativo, documentación pedagógica existente, y el uso actual del LIGm), de conservación (valorando su vulnerabilidad, fragilidad, limitaciones de uso y legislación proteccionista existente) y valores añadidos (entre los que se contemplan la accesibilidad, la seguridad en su uso, las condiciones de observación, las infraestructuras en referencia al número y calidad de las mismas, la proximidad del LIGm a áreas recreativas y la existencia o no de productos locales). Para el caso de los 4 miradores propuestos, el inventariado se ha ceñido a su valoración geoturística exclusivamente (fig.4).

Tabla 1. Relación de LIGm propuestas en el patrimonio geomorfológico del Nevado Coropuna

Propuesta de LIGm Nevado Coropuna	Hidrotermales
Alta montaña: La Puna y La Janca	8. Termas de Pampacolca
1. Coropuna oeste: Morrenas, glaciares rocosos y permafrost	9. Termas de Amayani Pampa/Alco Llacta
2. Coropuna este: Proceso y formas periglaciares	10. Termas de Jollpa (Viraco)
3. Queñua Ranra: glaciarismo y volcanes, la colada de lava	**Miradores**
4. Bofedal de Pucuncho	11. Yaso
La Sierra: Quechua Alta	12. Laguna norte (Pucuncho/Pucaylla)
5. Viraco. Coladas volcánicas y andenes	13. Maucallacta Inca
6. Morrenas de Viraco/Tiyapata	14. Mirador del Cóndor (Machaguay)

Fuente: Elaboración propia

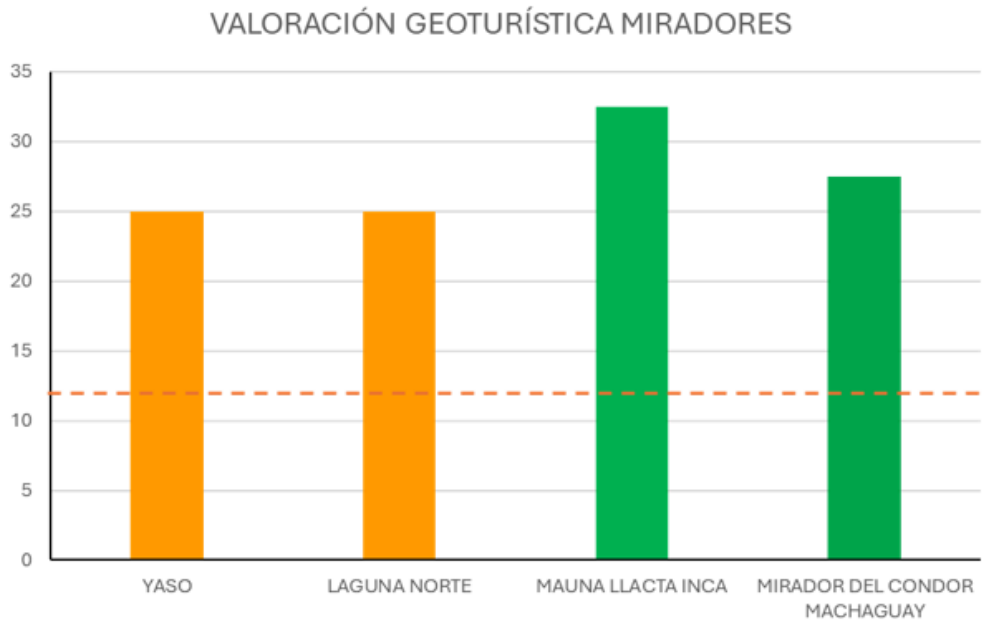
Figura 3. Valoración de LIGm propuestos



Fuente: elaboración propia

Junto a tal inventario se ha establecido, además, una propuesta de itinerario geoturístico alrededor de todo el conjunto volcánico del Nevado con la propuesta de 4 miradores (alguno de ellos ya establecido-Mirador del Cóndor en Machaguay), uniendo núcleos de población reseñables y estrechamente vinculados con su dinámica geomorfológica del Nevado como Viraco o Machaguay; y comunidades locales como la de Pucuncho; o los restos arqueológicos de antiguas ciudades sagradas incas como Maucallacta.

Figura 4. Resultados de la valoración geoturística de miradores para la propuesta LIGm del Nevado Coropuna



Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

Los LIGm son formas y asociaciones de formas de relieve de especial interés monumental, escénico, ecológico, pedagógico o científico, territorial y paisajístico. Su inventario, estudio y valoración resultan esenciales como instrumentos de gestión territorial. El método se ha mostrado útil como medio para inventariar, diagnosticar y establecer propuestas encaminadas a valorar el patrimonio geomorfológico y geoturístico del Nevado Coropuna, aunque requiere ciertas adaptaciones a la realidad del territorio, adaptaciones escalares pero también referidas a cuestiones socioterritoriales y del medio natural andino. Algunos de los LIGm analizados pueden definirse como "sitios turísticos" por lo que pueden ser considerados útiles de desarrollo local. Desde esta perspectiva los LIGm constituyen recursos territoriales que es necesario gestionar. En tanto en cuanto la gestión asegure la sostenibilidad del recurso, éste mantendrá todo su potencial.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias bibliográficas

Panizza, M. & Piacente, S. (1993). Geomorphological assets evaluation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 87, 13-18.

Pellitero Ondicol, R., Llanto Verde, J., Úbeda Palenque, J., & Atkinson Gordo, A. D. (27 Apr–2 May 2025). *Recent evolution and present situation of the world's largest tropical icefield: the Nevado Coropuna (Peru)*. EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, EGU25-13743. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-13743

Pulgar Vidal, J. (1996*). Geografía del Perú: Las Ocho Regiones Naturales*. Décima edición. PEISA, Lima (Peru).

Ruiz-Pedrosa, R. M. (2024). *Patrimonio geomorfológico como recurso didáctico y geoturístico en los espacios naturales protegidos. Estudios de casos en las Sierras de la Paramera y La Serrota y en el Cañón del Río Lobos*. Universidad de Valladolid.

Reynard, E. (2009). Geomorphosites: definitions and characteristics. En E.Reynard, P.Coratza, G. Regolini-Bissig. (Eds.) *Geomorphosites* (pp.9-20). Pfeil Verlag, München.

Serrano, E. & González-Trueba, J. J. (2005). Assesment of geomorphosites in natural protected areas:the Picos de Europa National Park (Spain). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 3, 197-208.

Úbeda, J. (2012). *El cambio climático y los glaciares del Nevado Coropuna (Sur de Perú)*. Editorial Académica Española.

Úbeda, J. (2013). El clima, la vegetación y la evolución volcánica y glaciar del Nevado Coropuna. En J. Cabrera (Ed.) *La Cultura Antipampa Pampacolca* (pp.1-15). Library of Congress Control.

ATLAS DE LOS PAISAJES VALENCIANOS. PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN Y DIVULGACIÓN TERRITORIAL

JORGE HERMOSILLA PLA[1]

JESÚS GARCIA PATÓN[2]

JOSÉ VICENTE APARICIO VAYA[3]

SANDRA MAYORDOMO MAYA[4]

JAVIER BERENGUER SALA[5]

JOAN CARLES MEMBRADO TENA[6]

[1]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), jorge.hermosilla@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-1125-2556*

[2]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), jesus.garcia-paton@uv.es, https://orcid.org/0009-0006-4482-3326*

[3]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), j.vicente.aparicio@uv.es,* https://orcid.org/0000-0003-4319-4012

[4]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), sandra.mayordomo@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-5292-3067*

[5]*Investigador Predoctoral (CIACIF), Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), javier.berenguer@uv.es, https://orcid.org/0009-0007-0980-8072*

[6]*Departamento de Geografía, Universitat de València, Avenida Blasco Ibáñez, 28 – 46010 Valencia (ES), joan.membrado@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-6961-1449*

Abstract: The present research covers the process of elaboration of the *Atlas of the Valencian Landscape*, which we carried out for the Valencian Cartographic Institute (ICV), and which covers the entire territory of the Valencian Community. This Atlas is the fourth volume in the collection of the *Thematic Atlas of the Valencian Community*, the official atlas of the Valencian government, published by the ICV and the University of Valencia, and produced by our team. The aim of the communication is to systematise the process of delimiting the different landscapes that make up the Valencian territory, for which both physical and human variables have been considered. The methodological aspects of the Atlas include, on the one hand, the delimitation and naming of the areas and landscape units, as well as the scale of analysis and the hierarchical levels used to represent the landscapes. On the other hand, the characterisation of these areas and units by means of their classification stands out. The most outstanding results of this research are, in addition to the definition and characterisation of the method itself, the identification of the resulting landscape units for the whole of the Valencian geographic space, at two territorial scales: (a) the landscape areas, fifteen; (b) the landscape units, one hundred. Finally, their relationship with the Landscapes of Regional Importance is addressed, as well as their cartographic treatment.

Keywords: Atlas; Landscape; Valencian Community; Landscape units.

1. Introducción

El Convenio Europeo del Paisaje (CEP), adoptado por el Consejo de Europa en el año 2000, conforma el primer tratado internacional dedicado específicamente al paisaje, el cual establece un marco normativo común para la definición de políticas de desarrollo sostenible de los paisajes europeos (Pons, 2011). Su lanzamiento ha conllevado la incorporación del paisaje como objeto de atención pública a la agenda política española, a la de la Administración General del Estado, que lo ratificó en 2007, y, principalmente, a las comunidades autónomas (Mata y López, 2022).

El CEP define paisaje como "cualquier parte del territorio, tal y como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos". Según Mata (2014), se trata de una definición que se articula en torno a tres nociones básicas en la disciplina geográfica: territorio, percepción y carácter. El paisaje es, por tanto, la percepción del carácter del territorio, resultado de la interacción de factores naturales y/o humanos a lo largo del tiempo. Este renovado interés por el paisaje ha conllevado un significativo aumento de los estudios sobre el paisaje y una mayor participación de la geografía en las políticas paisajísticas.

En las últimas dos décadas han surgido numerosos atlas y catálogos focalizados en la caracterización de paisajes. En el año 2003 destaca el *Atlas de los paisajes de España* (Mata y Sanz, 2003), impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente. Posteriormente sobresale el desarrollo de catálogos y atlas a escala regional, de modo que diversas comunidades autónomas han caracterizado sus paisajes en los últimos años. Además, resultan de interés otros atlas sobre paisajes agrarios y patrimoniales a escala nacional (Molinero, Ojeda y Tort, 2011; Molinero, 2013, Molinero y Tort, 2018). Así, la geografía española desempeña un papel esencial en la identificación y valoración de los paisajes.

En esta línea de trabajo, y como continuidad a la trayectoria de iniciativas centradas en la caracterización del paisaje a escala regional, recientemente se ha elaborado el *Atlas del Paisaje Valenciano*, desarrollado por el grupo de investigación ESTEPA, del departamento de Geografia, de la Universitat de València, dirigido por el profesor Jorge Hermosilla (2025). Esta obra tiene como base una publicación previa desarrollada por el referido equipo investigador (Hermosilla, 2012). El objetivo de esta comunicación es sistematizar el proceso de delimitación de los diversos paisajes que configuran el territorio valenciano, y su actualización, en relación con la determinación de los Paisajes de Relevancia Regional de la Generalitat Valenciana (2021).

2. Materiales, datos y métodos

La metodología del *Atlas del Paisaje Valenciano* responde a los objetivos de la política y legislación autonómica en materia paisajística. A través de un enfoque basado en la Geografía del Paisaje, que integra dimensiones fisionómicas, funcionales y perceptuales, se ha diseñado un método para identificar, analizar y evaluar los paisajes de la totalidad del espacio geográfico valenciano. La metodología se estructura en diversas fases.

1- La primera fase comprende la identificación y delimitación de los ámbitos y unidades de paisaje, mediante la detección y cartografía de las áreas que, por su aspecto y dinámica, tienen un carácter similar. Se tratan de espacios cartográficamente delimitados que expresan el carácter y la identidad de cada paisaje.

El Atlas integra dos escalas de estudio: una a nivel autonómico o regional (1:300.000) con la delimitación de 15 ámbitos paisajísticos, y otra a nivel subregional (1:100.000) para la definición de 100 unidades de paisaje. La delimitación se ha realizado combinando estrategias de tipo analítico y sintético con el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG). Para ello, se han considerado variables referentes al medio físico y humano: fisiografía, geología, hidrología, vegetación, cubiertas del suelo, asentamientos humanos, infraestructuras, espacios naturales protegidos, bienes de interés cultural y patrimonio. El estudio ha permitido distinguir los elementos singulares y representativos para cada unidad, sus recursos paisajísticos e hitos, las tendencias y procesos de cambio, los riesgos, así como las disonancias visuales.

2- Caracterización de los paisajes valencianos. Se parte de 15 ámbitos paisajísticos, ordenados de norte a sur, para la totalidad del territorio valenciano, para, a continuación, determinar 100 Unidades de Paisaje Valencianas, UPCV. Éstas se recogen en el Atlas mediante una cartografía renovada y actualizada, y un texto interpretativo en relación con sus componentes estructurales, organización actual, dinámica y tendencias de cambio, así como una evaluación de la calidad de los paisajes identificados. Se ha procedido, además, a caracterizar gráficamente sus propiedades, mediante un sistema de símbolos figurativos.

3- Identificación de los Paisajes de Relevancia Regional, PRR, y su relación con las Unidades de Paisaje Valencianas, UPCV. El Atlas recoge una cartografía elaborada para la ocasión, así como textos que facilitan el conocimiento de dichos paisajes. Se atiende, en particular, a los usos del suelo predominantes, y lugares de valor.

3. Resultados

El Atlas del Paisaje Valenciano se presenta como un documento de gran formato y difusión, que identifica y define cartográficamente los paisajes valencianos a escala regional; identifica los rasgos que los hacen distintivos respecto al resto. La obra se ha planteado para el conjunto de la Comunidad Valenciana, donde se definen 15 ámbitos paisajísticos y 100 unidades de paisaje. La quincena de ámbitos paisajísticos y el centenar de unidades se describen en detalle en la propia publicación, donde se caracterizan sus principales rasgos.

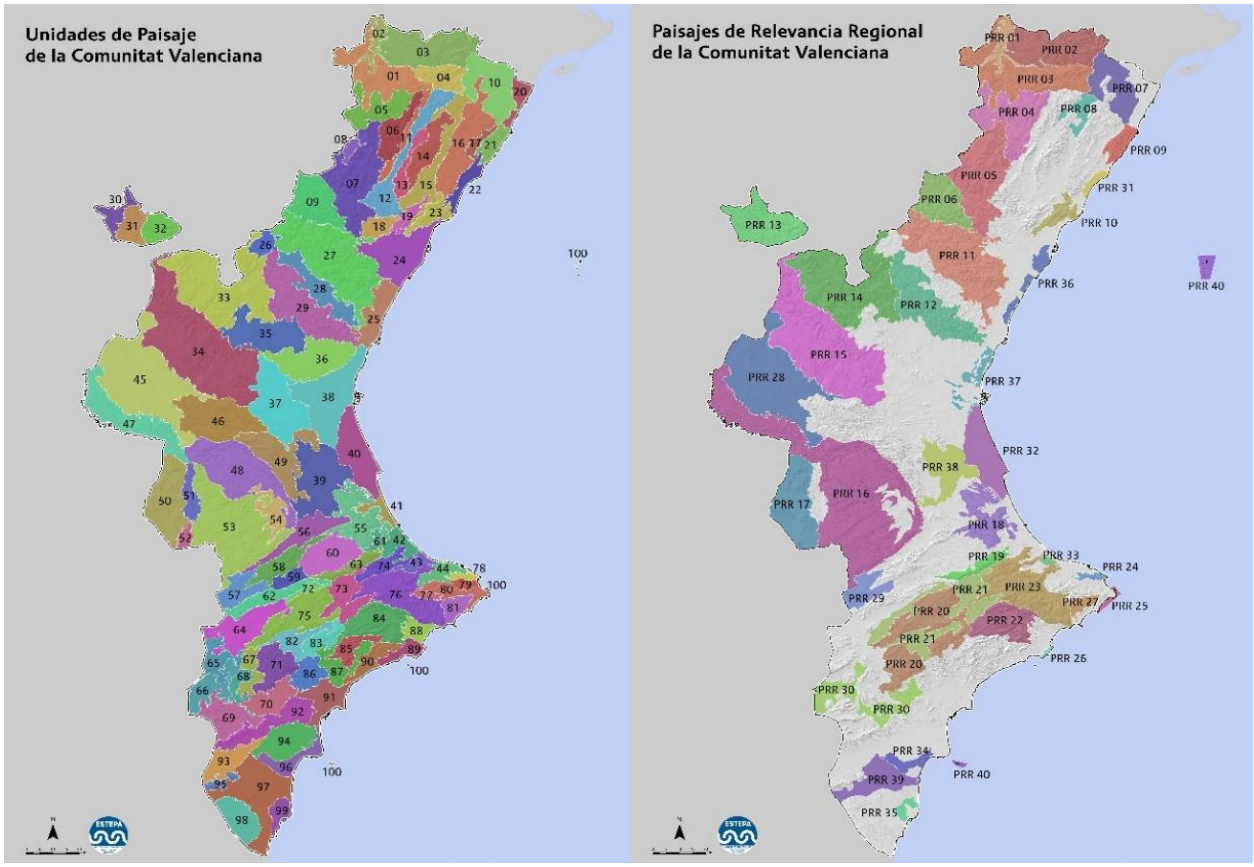
La obra se estructura en tres partes. La primera recoge la justificación de la obra y la metodología efectuada para su elaboración. La segunda parte la componen los 15 ámbitos y las 100 unidades de paisaje. Permite una descripción general de los paisajes, en dos escalas territoriales diferenciadas. Estas unidades territoriales están acompañadas de un necesario material cartográfico y fotográfico. Finalmente, la tercera parte se focaliza en los 40 paisajes de relevancia regional (PRR), recogidos en la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (ETCV), aprobada en 2011 (Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, 2011) y definidos en 2021 (Plan de Acción Territorial de Infraestructura Verde y Paisaje de la Comunitat Valenciana, GVA).

Los 40 PRR han sido seleccionados a partir de las 100 unidades paisajísticas identificadas en el *Atlas de la Comunidad Valenciana. Geografía del Paisaje* (Hermosilla, 2011), obra que constituye el punto de partida de la publicación que presentamos en esta comunicación. Los criterios empleados para la selección de los PRR atienden a diversos criterios: escala regional-supramunicipal, representatividad, buen estado de conservación, elevado aprecio social y singularidad.

En el año 2021 se aprobó el documento *Objetivos de calidad e instrucciones técnicas para la ordenación y gestión de los paisajes de Relevancia Regional de la Comunitat Valenciana* (Conselleria de Política Territorial, Obres Públiques i Mobilitat, 2021), que contiene un conjunto de criterios y directrices dirigidas a la planificación y gestión de los PRR. Este documento fue aprobado por el DOGV Núm. 9102 de 8 de junio de 2021, que además actualiza la ETCV en lo que respecta a la representación cartográfica de los PRR.

La Figura 1 muestra la distribución de las 100 unidades identificadas en el *Atlas del Paisaje Valenciano* y los 40 PRR. La Tabla 1 recoge la correspondencia existente entre ambos. En la referida Tabla, cada una de las 100 unidades está identificada mediante un código compuesto por el número de ámbito paisajístico (del 01 al 15) y el de la propia unidad (del 1 al 100). Por ejemplo, el código UPCV01.2 corresponde a la unidad paisajística 2, ubicada en el ámbito 1. Si junto al código aparece la indicación "parcialmente", significa que solo parte del territorio de esa unidad coincide con el del PRR, y no de forma completa.

Figura 1. Representación cartográfica de las 100 unidades paisajísticas del *Atlas del Paisaje Valenciano* y los 40 Paisajes de Relevancia Regional de la Comunidad Valenciana.



Fuente: Elaboración propia a partir de Hermosilla (2025) e Infraestructura de Dades Espacials Valenciana (2021)

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Correspondencia entre las 100 unidades paisajísticas del *Atlas del Paisaje Valenciano* y los 40 Paisajes de Relevancia Regional de la Comunidad Valenciana.

PRR	Unidades *Atlas del Paisaje Valenciano*
PRR 01	UPCV01.2
PRR 02	UPCV01.3
PRR 03	UPCV01.1; UPCV01.4
PRR 04	UPCV01.2; UPCV01.6
PRR 05	UPCV01.8; UPCV01.7
PRR 06	UPCV01.9
PRR 07	UPCV02.10 (parcialmente)
PRR 08	UPCV02.15 (parcialmente)
PRR 09	UPCV03.21
PRR 10	UPCV03.23
PRR 11	UPCV04.27
PRR 12	UPCV04.29
PRR 13	UPCV05.30; UPCV05.31; UPCV05.32
PRR 14	UPCV05.33
PRR 15	UPCV05.34
PRR 16	UPCV09.47; UPCV09.48; UPCV09.53
PRR 17	UPCV09.50; UPCV09.52
PRR 18	UPCV10.55
PRR 19	UPCV10.63
PRR 20	UPCV12.71; UPCV12.75; UPCV12.83

PRR	Unidades *Atlas del Paisaje Valenciano*
PRR 21	UPCV12.72; UPCV12.73; UPCV12.82; UPCV11.64 (parcialmente)
PRR 22	UPCV12.84
PRR 23	UPCV12.74; UPCV12.76; UPCV12.77
PRR 24	UPCV12.78
PRR 25	UPCV15.100 (parcialmente)
PRR 26	UPCV13.89 (parcialmente); UPCV15.100 (parcialmente)
PRR 27	UPCV12.81 (parcialmente)
PRR 28	UPCV08.45
PRR 29	UPCV10.57
PRR 30	UPCV11.70 (parcialmente); UPCV11.69 (parcialmente); UPCV11.66 (parcialmente)
PRR 31	UPCV03.22 (parcialmente)
PRR 32	UPCV07.40
PRR 33	UPCV07.43 (parcialmente)
PRR 34	UPCV14.96 (parcialmente); UPCV014.97 (parcialmente)
PRR 35	UPCV14.99 (parcialmente)
PRR 36	UPCV03.24 (parcialmente); UPCV03.25 (parcialmente)
PRR 37	UPCV07.38 (parcialmente)
PRR 38	UPCV07.39 (parcialmente)
PRR 39	UPCV14.97 (parcialmente)
PRR 40	UPCV15.100 (parcialmente)

Fuente: Elaboración propia a partir de Hermosilla (2025) e Infraestructura de Dades Espacials Valenciana (2021)

4. Conclusiones

La obra *Atlas de los Paisajes Valencianos* se plantea como un ejercicio de divulgación científica en el que, aplicando una estrategia que combina los métodos sintéticos y los analíticos, caracteriza y define los ámbitos y unidades paisajísticas del territorio valenciano, con objeto de facilitar el conocimiento de nuestro territorio. El Atlas ha requerido un detallado análisis de la diversidad del territorio valenciano y un ejercicio de síntesis que muestra de manera integrada la diversidad, riqueza y procesos de cambio presentes en la Comunidad Valenciana. Los resultados contribuirán a comprender y difundir la diversidad de los paisajes valencianos, sus rasgos y singularidades, así como el diseño y la aplicación de políticas públicas aplicadas a dichas unidades paisajísticas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias bibliográficas

Consejo de Europa (2000): Convenio Europeo del paisaje. http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/176.html

Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge (2011). Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana. https://mediambient.gva.es/es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/libro-digital-77497

Conselleria de Política Territorial, Obres Públiques i Mobilitat (2021). Objetivos de Calidad e Instrucciones Técnicas para la ordenación y gestión de los Paisajes de Relevancia Regional de la Comunitat Valenciana. https://mediambient.gva.es/es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/paisatges-de-rellevancia-regional

Hermosilla, J. (Dir.) (2025). *Atlas del Paisaje Valenciano.* Instituto Cartográfico Valenciano y Universitat de València. En imprenta.

Hermosilla, J. (Dir.) (2011). *Atlas de la Comunidad Valenciana. Geografía del Paisaje.* Universitat de València.

Infraestructura de Dades Espacials Valenciana. (2021). *Paisajes de Relevancia Regional de la Comunitat Valenciana.* https://geocataleg.gva.es/

Mata, R. (2014). El Convenio Europeo del Paisaje del Consejo de Europa. Notas sobre su aplicación en España. *Patrimonio cultural y Derecho*, 18, 175-206.

Mata, R., y López, N. (2022). La geografía española y la renovada agenda política del paisaje. En Comité Español de la Unión Geográfica Internacional, *La geografía española actual. Estado de la cuestión. Aportación española al congreso de la UGI. París 2022. El tiempo de los geógrafos* (pp. 73-99). AGE.

Mata, R., y Sanz, C. (Dirs.) (2003). *Atlas de los paisajes de España*. Ministerio de Medio Ambiente.

Molinero, F. (Coord.) (2013): *Atlas de los paisajes agrarios de España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Molinero, F., Ojeda, J. F., y Tort, J. (Coords.) (2011). *Los paisajes agrarios de España: Caracterización, evolución y tipificación*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Molinero, F., y Tort, J. (Coords.) (2018): *Paisajes patrimoniales de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio para la Transición Ecológica y UAM ediciones.

Pons, B. (Dir.) (2011). *Atlas de los Paisajes de Castilla-La Mancha*. Universidad de Castilla-La Mancha.

VALORIZACIÓN DEL PATRIMONIO AGRÍCOLA Y CULTURAL DEL PAISAJE ATERRAZADO DE LA MONTAÑA DE ALICANTE: ESTUDIO EXPLORATORIO DE UN POTENCIAL TERRITORIO SIPAM

MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ[1]

ELISA RICO CÁNOVAS[2]

ENRIQUE MOLTÓ MANTERO[3]

ARTURO JIMÉNEZ RODRÍGUEZ[4]

ANTONIO ROMERO PASTOR[5]

[1]*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), maria.hernandez@ua.es,*https://orcid.org/0000-0002-8823-0083

[2] *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), elisa.rico@ua.es,* https://orcid.org/0000-0002-1683-8532

[3]*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), enrique.molto@gcloud.ua.es, https://orcid.org/0000-0002-8521-060X*

[4]*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), arturo.jimenez@ua.es,https://orcid.org/0000-0002-3880-0068*

[5]*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), antonio.pastor@ua.es,https://orcid.org/0000-0001-5977-7808*

Abstract: The agroforestry landscapes of the Mediterranean mid-mountains are the result of the interaction between society and the environment over time and space. The social construction of these landscapes responded to the need to extend the cultivated areas coinciding with periods of population increase. The aim of this paper is to analyse the landscape of Montaña de Alicante in order to identify the tradition and innovation of the services provided by these landscapes today beyond the production of raw materials (ecosystem and tourism services) associated with their multifunctionality. Based on fieldwork, interviews and bibliographic analysis, we identify the elements that define them (food security and livelihoods; agrobiodiversity; knowledge system and technologies; culture, values and social organisation; landscape characteristics) and whether or not this landscape would meet the criteria of the GIAHS initiative. Conclusions include that the abandonment of agricultural land is accentuating a number of risks that were minimised by management, highlighting the sustainability of these agricultural practices. Also, the dissemination of leisure-related activities could favour the maintenance of agricultural practices by adding value (e.g. the valorisation of gastronomy).

Keywords: agroforestry landscapes, valorisation, GIAHS initiative, criteria

1. Introducción

Los paisajes aterrazados de la montaña media mediterránea son resultado de la interacción de la sociedad y el medio en el tiempo y en el espacio, es decir fruto de la necesidad de ampliar los espacios cultivados en sociedades donde la reducida capacidad tecnológica implicaba la roturación de nuevas tierras ante periodos de crecimiento demográfico como sucedió en el siglo XVIII. En el caso de los espacios de montaña, como el que es objeto de estudio, la denominada Montaña de Alicante, precisó la adaptación de una especifica sistematización que se puede sintetizar en la creación de espacios subhorizontales (bancales que ascienden a lo largo de la ladera en ocasiones hasta el límite ecológico de los cultivos) para minimizar la pérdida de suelos asociada al desmantelamiento de la cubierta vegetal y el cultivo en pendiente (Hernández, 2010). El paisaje es, por tanto, reflejo de una morfología y un acumulador histórico y debe entenderse como una construcción social (Nogué, 2007).

Esta ordenación dio lugar a unos paisajes excepcionales, los paisajes aterrazados. Un paisaje resultado de unas prácticas agrícolas que favorecen la biodiversidad y unos ecosistemas resilientes, ya que surgen "bajo la influencia de las restricciones físicas y/o las oportunidades presentadas por su ambiente natural y de las sucesivas fuerzas sociales, económicas y culturales" (ICOMOS, 1992). Su génesis va a determinar que desde finales de los años ochenta del siglo XX y de manera creciente sean redescubiertos por las sociedades postproductivistas que, además de la tradicional función de producir materias primas, les asigna otras asociadas, en un primer momento con el ocio y, posteriormente, a las externalidades ambientales que generan (Hernández, 2009). En esta línea van a ser objeto de atención por parte de diversas iniciativas internacionales orientadas a su preservación dados sus valores culturales, patrimoniales, ecosistémicos y productivos. Entre estas cabe citar la declaración de "paisaje cultural" por parte de la Unesco. En 1992, la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO (ICOMOS, 1992) se convirtió en el primer instrumento legal internacional en reconocer y proteger los paisajes culturales. En su 16ª reunión, el Comité adoptó directrices sobre su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial. Una segunda actuación es la adoptada a partir de 2005 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) que reconoce "las prácticas agrícolas que generan medios de vida en áreas rurales al tiempo que combinan biodiversidad, ecosistemas resilientes y tradición e innovación de una manera única" bajo la figura de Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM).

El ámbito geográfico de estudio se sitúa en el noroeste de la provincia de Alicante, englobando un total de 46 municipios de las comarcas del Alcoià, el Comtat y el interior de la Marina Alta y Baixa (Moltó, 2003). Esta denominación, Montaña de Alicante, se explica por las características fisiográficas predominantes en esta área supracomarcal, que contrastan con las del resto del territorio provincial. No correspondiendo, sin embargo, a una denominación administrativa como tal, sino que fue creada como resultado de la aplicación de las políticas de desarrollo rural al corresponder a uno de los ámbitos beneficiados por la iniciativa LEADER 1(1993). El carácter montañoso y la elevada pendiente dieron lugar a unos paisajes aterrazados en los que predomina una agricultura de secano que alterna con espacios forestales dando lugar a amplios mosaicos agroforestales.

Los procesos de abandono de estas superficies agrícolas, que en ocasiones cabe remontar a principios del siglo XX, van a determinar la acentuación de una serie de riesgos que la ordenación minimizaba (incremento de la pérdida de suelos y de la erosión, aumento del riesgo de incendio, degradación de los paisajes, etc.), lo que pone de manifiesto la importancia de la sostenibilidad de estas prácticas agrícolas y, por tanto, de los servicios ambientales que prestan (recarga de acuíferos,

conservación de suelo, etc.). A estas funciones hay que unir su relevancia desde el punto de vista de la difusión de actividades relacionadas con el ocio a partir la iniciativa LEADER I.

El objetivo de esta comunicación es analizar, desde un punto de vista exploratorio, el paisaje de la Montaña de Alicante, para identificar la tradición y la innovación de los servicios que prestan estos paisajes en la actualidad más allá de la producción de materias primas (servicios ecosistémicos y turísticos) asociados a su multifuncionalidad para determinar su potencialidad como un territorio SIPAM.

2. Metodología

La metodología implementada en esta investigación se articula en varias fases. En una primera fase, conducente a la caracterización de los elementos constitutivos y definidores de estos paisajes, se ha identificado la bibliografía específica relativa a la configuración y evolución registrada por estos paisajes a partir de la consulta en bases de datos (Scopus, mayoritariamente). Esta se ha completado con su caracterización cualitativa a partir de fuentes estadísticas (Visor estadístico de la Generalitat Valenciana, Censos Agrarios, entre otras). Estas se han completado con otras de carácter más cualitativo basada en la realización de trabajo de campo que, a partir de la trayectoria de los investigadores en el área de estudio y la temática de valorización de paisajes culturales, se orientó, por un lado, a la identificación de los diferentes agentes representativos tanto privados como públicos de las dinámicas objeto de estudio y, por otro, la elección de espacios de interés dados los valores asociados (producción, valores ecosistémicos y multifuncionalidad). Una segunda fuente consiste en la realización de entrevistas semiestructuradas, que dado el carácter exploratorio de esta presentación no se han llevado a cabo en el momento de presentar este *extended abstract*. Cabe señalar que la selección de los entrevistados (y el numero) no viene determinado por un criterio de representatividad, sino por la relevancia de la información que puedan proporcionar. Entre los diferentes colectivos identificados cabe destacar:

a) agricultores en activo, agricultores a tiempo parcial y agricultores jubilados dada la relevancia que tiene la agricultura a tiempo parcial en el área de estudio,

b) representantes de cooperativas agrarias y almazaras privadas, mayoritariamente asociadas al cultivo del olivar, dada la trascendencia desde el punto de vista superficial,

c) actores locales entre los que se identificaron colectivos cívicos y culturales orientados a la preservación de valores culturales, patrimoniales, ecosistémicos y productivos,

d) expertos y académicos,

d) Agentes de Desarrollo Local (ADLs) y técnicos del GAL Muntanya d'Alacant.

En una segunda fase, se ha procedido al análisis y consulta de la guía que contiene las directrices para la elaboración de un documento de propuesta de paisajes SIPAM. Una vez identificados los cinco criterios que representan la totalidad de las funciones, bienes y servicios provistos por el sistema (seguridad alimentaria y medios de vida; agrobiodiversidad; sistema de conocimiento y tecnologías; cultura, valores y organización social; características del paisaje) se ha procedido, en una tercera fase, a determinar la adecuación de estos criterios a las características del paisaje aterrazado de la Montaña de Alicante. Para ello se ha definido una matriz inicial en la que se valora, por un lado, la disponibilidad de la información y, por otro, la adecuación de la información a los requerimientos de

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

una potencial solicitud, según la pertinencia y el grado de actualización de la información de las diferentes fuentes identificadas y utilizadas. Esta matriz inicial de análisis de fuentes tiene como finalidad confirmar la existencia de distintos grados de disponibilidad y de adecuación de la información que podría argumentar una propuesta SIPAM.

3. Resultados

Los resultados de esta investigación presentan un carácter exploratorio ya que responden a un análisis en fase inicial para determinar la adecuación del paisaje aterrazado de la Montaña de Alicante ante una potencial solicitud de paisaje como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM). Como tal se han identificado las fuentes disponibles donde obtener la información necesaria para llevar a cabo una propuesta de paisaje SIPAM. A continuación, se sintetizan los rasgos definitorios de los cinco criterios y su adecuación con los requisitos requeridos por esta figura. Se presenta en primer lugar el criterio "características del paisaje", ya que, si bien en la guía es el último, los autores consideran que, dados los contenidos que recoge, permite caracterizar al paisaje objeto de estudio, favoreciendo, de este modo, la comprensión de los factores que determinaron su génesis y evitando reiterar contenidos ya que con el orden establecido es necesario señalar elementos definidores.

El criterio "Paisajes excepcionales, características del manejo de los recursos de tierras y aguas" lleva a cabo una aproximación descriptiva para identificar los elementos abióticos y bióticos que definen este paisaje, donde la pendiente y las condiciones climáticas tienen un papel relevante en la génesis de este espacio agrícola, resultado de la secular adaptación sociedad-medio. El estudio de los rasgos físico-ecológicos y de construcción social de este paisaje han propiciado una numerosa bibliografía académica. La singularidad del paisaje no ha pasado desapercibida para pintores alicantinos (Emilio Varela o Enrique Lledó) y literatos (Gabriel Miró o Enric Valor). El carácter agrícola de la Montaña aparece recogido en fotografías (históricas y actuales) que recogen esa visión etnográfica del paisaje.

El criterio "Seguridad alimentaria y de los medios de subsistencia" pone de manifiesto que en la producción de alimentos hay un predominio casi absoluto de la agricultura a título parcial, con muy diversas intensidades y orígenes, pero que es característica esencial de este territorio agroforestal, con una práctica creciente de la agricultura ecológica. Se conecta de forma potencial y real con la práctica agraria una creciente atención al turismo gastronómico en sentido amplio, con una especial atención al agroturismo. Olivo y almendro, muy ligados al paisaje y a la dieta mediterránea, son los cultivos más destacados, con importante aportación del cerezo, junto a otros frutales minoritarios. Destaca el carácter familiar y no comercial de esta agricultura, con un papel clave de los activos mayores de 65 años, a los que se pueden calificar como jubilados activos.

El paisaje de la Montaña de Alicante manifiesta el cumplimiento del valor de biodiversidad desde diversos aspectos (criterio biodiversidad). En primer lugar y desde el punto de vista agronómico por la existencia de variedades locales en los dos cultivos predominantes, el uso de las plantas aromáticas como condimento en la cocina y la elaboración de un licor con reconocimiento como IGP (herbero de Mariola). En segundo lugar, por actuar como área de refugio de fauna y de mantenimiento de flora en uno de los elementos identificativos de estos paisajes como son los taludes y los muretes. En tercer lugar, por las funciones ecosistémicas que proporciona la existencia de un paisaje abancalado entre las que cabe citar la conservación del suelo al evitar los procesos erosivos asociados el desmantelamiento de la vegetación y la puesta en cultivo en pendiente, la recarga de acuíferos o que

estos espacios cultivados actúen como cortafuegos naturales como han evidenciado incendios como el de Vall d'Ebo en 2022.

En el criterio "Sistemas de conocimiento local y tradicional" se valoran las prácticas y tecnologías agrarias que dieron lugar a un paisaje aterrizado, donde cabe destacar la relevancia de la técnica de piedra seca reconocida como Patrimonio Cultural Inmaterial por la Unesco en la construcción de los muretes elemento articulador de este paisaje, pero también en un amplio patrimonio asociado a la arquitectura de la nieve (neveros) o construcciones varias (masías). Este patrimonio se completa con el relacionado con el uso y la gestión del agua tanto para uso agrario (balsas de riego, abrevaderos) como para uso industrial (batanes), dada la tradición industrial de las comarcas del Alcoià-Comtat que se remonta al *putting-out-system* (siglo XVIII). La gestión de las prácticas agrícolas refleja la existencia de una agricultura tradicional de secano extensiva con bajo uso de productos químicos y donde el abandono de superficies cultivadas y el predominio de actividades a tiempo parcial evidencian la importancia de las cadenas de favores a la hora de llevar a cabo las tareas agrícolas.

El cuarto criterio SIPAM valora la dimensión cultural del sistema, manifestada en valores y organizaciones sociales que integran la identidad cultural y el sentido de pertenencia. Se identifican prácticas culturales equitativas en el acceso a recursos, el rol de organizaciones en la resiliencia y la conexión entre identidad y agricultura. Fiestas como la Fira de Tots Sants (declarada Bien de Interés Cultural) y la rica gastronomía local, con platos como la paella y la borreta, ejemplifican esta unión. La gestión del sistema involucra cooperativas, asociaciones (recuperación de caminos, productores, biodiversidad), mancomunidades y el Grupo de Acción Local Rural Muntanya d'Alacant. Iniciativas como el intercambio de semillas y la Plataforma Custodia del Territorio fomentan valores colectivos. Centros e institutos de estudios locales, museos y asociaciones culturales transmiten conocimientos. Proyectos como Brandsus, Territori Viu y Sóc de Poble buscan la vertebración social y territorial.

4. Conclusiones

El análisis, aún en fase exploratoria, de los criterios que caracterizan a un Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial pone de manifiesto el valor del pasaje aterrazado de la denominada Montaña de Alicante desde el punto de vista cultural, patrimonial y ambiental y su adecuación para una potencial solicitud. Asimismo, se evidencia que la configuración de este paisaje ratifica el papel relevante de la sociedad en su construcción, pero también en su mantenimiento. En esta última cuestión se inserta la necesidad de adoptar actuaciones que pongan en valor sus funciones productivas tradicionales y las nuevas asociadas a la prestación de servicios vinculados con el ocio, pero también los beneficios ambientales que reportan para **favorecer el mantenimiento de las prácticas agrícolas al incorporar valor añadido. En esta línea, una propuesta para ser reconocido como un paisaje SIPAM** contribuiría a la visibilización de este paisaje, en el que se están llevando a cabo diversas iniciativas en materia de valorización de la producción y de su funcionalidad tanto desde el punto de vista de la prestación de servicios relacionados con el turismo y de manera más reciente asociados a externalidades, pero en los que predomina su fragmentación.

5. Referencias bibliográficas

ICOMOS (1992). Sitio Web del Comité Científico del ICOMOS sobre paisajes culturales. http://www.icomos.org/landscapes; http://www.icomos.org/paisajes

Grup d'Acció Local Rural Muntanya d'Alacant. *Estratègia de desenvolupament local participatiu, 2023-2027*: https://portalagrari.gva.es/va/desarrollo-rural/leader/edlp/-/documentos/3686282280/folder/173139679

Hernández Hernández, M. (2009). El paisaje como seña de identidad territorial: valorización social y factores de desarrollo, ¿utopía o realidad?. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (BAGE), 49, 169-183. Recuperado a partir de* https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/780

Hernandez Hernández, M. (2010). Terraced landscapes: new uses and dynamics in the western mediterranean basin. En: Robinson, G., Molinero, F. and Guerra, J.C. (eds). *III Anglo Spanish Rural Geography Conference. Proceedings*. Royal Geographical Society, with the Institute of British Geographers and Grupo de Geografía Rural de la Asociación de Geógrafos Españole pp. 81-94.

Moltó Mantero, E. (2003). *La agricultura a título parcial en la Montaña de Alicante.* Alicante: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Nogué i Font, J. (ed.) (2007). *La construcción social del paisaje*. Biblioteca Nueva

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM): https://www.fao.org/giahs/around-the-world/es

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Directrices sobre la elaboración de un documento de propuesta de SIPAM. https://www.fao.org/giahs/become-a-giahs/es

EL PAISAJE COMO PATRIMONIO. CONSIDERACIONES PARA SU IDENTIFICACIÓN EN EL PACIFICO SUR DE COSTA RICA

YAZMÍN LEÓN-ALFARO[1]

FRANK GONZÁLEZ BRENES[2]

FERNANDO CAMACHO MORA[3]

NIEVES LÓPEZ-ESTÉBANEZ[4]

[1]*Filiación institucional: Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales, Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica, yazmin.leonalfaro@ucr.ac.cr, https://orcid.org/0000-0002-6859-6176*

[2]*Filiación institucional: Laboratorio de Ecología Urbana, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, fgonzalezb@uned.ac.cr, https://orcid.org/0000-0002-6651-7681*

[3]*Filiación institucional: Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales, Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica, fernando.camachomora@ucr.ac.cr, https://orcid.org/0000-0001-9248-7562*

[4]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Calle Francisco Tomas y Valiente, 1 Campus de Cantoblanco 28049 Madrid (ES), nieves.lopez@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-4556-0314*

Abstract: The recognition of landscape as a spatial and cultural framework wherein tangible and intangible heritage elements are embedded and acquire significance constitutes a recent change in basic assumptions in Latin America. This perspective has gained traction, particularly with the emergence of the Latin American Landscape Initiative (LALI). Within this framework, the present research aims to analyze the regulatory instruments governing landscape heritage and to provide a preliminary assessment of landscapes with heritage value in the South Pacific region of Costa Rica. To achieve these objectives, a methodological framework was developed, incorporating the selection of specific criteria for the identification of landscape heritage and applied consultation techniques included semi-structured interviews and focus groups. The findings indicate a predominant presence of natural heritage elements, contrasted by a comparatively limited occurrence of tangible cultural assets. Notwithstanding, seven landscapes were identified as possessing heritage attributes, primarily due to traditional practices, the use and management of agrobiodiversity resources, and the symbolic meanings ascribed to nature particularly by Indigenous communities inhabiting the area. The research concludes that the general absence of awareness regarding landscape heritage correlates with a lack of regulatory frameworks for its protection, thereby exposing these assets to significant risks of degradation or loss. Accordingly, this study represents an initial step toward the comprehensive recognition and safeguarding of Costa Rica's landscape diversity and its associated heritage values, grounded in local perspectives and underpinned by the conceptual premise that all territory constitutes landscape, and that each landscape is unique.

Keywords: Local heritage; Regulatory frameworks; Traditional practices; Local communities; Symbolic meanings.

1. Introducción

Paisaje y patrimonio son dos conceptos en constante discusión y renovación, que dista de estar concluida. A este respecto, Molinero (2017), señala que la conversión del paisaje en patrimonio es un fenómeno reciente, puesto que lo patrimonial se ha referido casi de forma exclusiva a los elementos arquitectónicos, ya sea religiosos o civiles, con valores destacables. No obstante, y de manera particular en América Latina se evidencia la tendencia hacia una valoración del paisaje como el contexto en donde se insertan los bienes culturales, ya que estos son recursos específicos y no des localizables, es decir que están anclados en el territorio (Mata, 2011; Silva & Fernández, 2015). En consecuencia, el paisaje patrimonial puede definirse como "las porciones territoriales que son soporte y expresión totalizadora -ecológica e histórica- de la herencia cultural de las sociedades que las habitaron y organizaron" (Molinero, 2017, p.6). De esta forma, a través de la apropiación social y de la asignación de valores específicos por parte de la población el paisaje adquiere un carácter patrimonial (Ojeda, 2013). El ser humano se reconoce como sujeto, como ser social integrado en diversos grupos y como habitante de lugares en los que discurre su vida, donde a través del tiempo ha adquirido un conjunto de imágenes de aquello que le rodea (Sanz, 2012). Esas imágenes, señala la autora, acompañan nuestros recuerdos y forman parte de nuestra historia, se trata en definitiva de nuestros paisajes. A partir de esta conceptualización del patrimonio y del patrimonio paisajístico específicamente; y tomando como antecedente diferentes investigaciones realizadas en el Pacífico Sur de Costa Rica (González et al., 2022; León et al, 2022), se ha planteado realizar una aproximación metodológica para la identificación y reconocimiento del patrimonio paisajístico en esta región, desde una perspectiva que considere no solo el criterio técnico-científico, sino la percepción de las poblaciones locales. Se trata de una propuesta inicial que apunta hacia el desarrollo de una metodología sobre la cuestión patrimonial con enfoque geográfico, de particular interés para la actualización de la agenda país y en el contexto latinoamericano[6].

2. Metodología

El estudio se ha desarrollado a partir de trabajos de campo llevados a cabo desde 2018, orientados a la caracterización del paisaje y a la identificación de las dinámicas territoriales en el Pacífico Sur, ello, complementado con entrevistas semiestructuradas y la realización de grupos focales con poblaciones locales, tanto indígenas como no indígenas, para el conocimiento de la percepción de los pobladores referente a estas cuestiones. El análisis de los resultados obtenidos permitió definir los criterios para la consideración de siete paisajes patrimoniales en la región, que integran elementos tanto materiales como inmateriales. Los criterios formulados son: 1) valor y estado de conservación de las bases ambientales; 2) presencia de elementos materiales con valor histórico-cultural; 3) valor histórico y carácter identitario regional; 4) reconocimiento y apropiación social del paisaje y sus elementos significativos por la población; 5) representación y referencias artísticas y culturales (poesía, música, leyendas, mitos, pintura, artesanía, etc.). Como resultado se realizó una delimitación inicial de las unidades de paisaje patrimonial en el software ArcGIS Pro, donde se generó una base de datos asociada con los elementos descriptivos y justificantes de cada paisaje.

[6] Proyecto de investigación C4342 - PAISAJES AGRARIOS SOSTENIBLES: PUESTA EN VALOR E IMPULSO A LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. BUENOS AIRES, COSTA RICA. Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales (CIDICER), Universidad de Costa Rica.

3. Resultados

3.1. El paisaje como patrimonio. Consideraciones para su reconocimiento

En el sistema normativo costarricense la conservación del patrimonio natural y cultural se encuentran amparados en la Constitución Política vigente, en los artículos 50 y 89, respectivamente. Sin embargo, no se hace referencia específica al paisaje, sino que se entiende por defecto (Riba, 2024). En particular, se evidencia la consideración del paisaje como objeto de conservación según sus cualidades naturales, ecológicas y de belleza escénica más que como producto auténtico de las interacciones humanas con un medio ecológico diverso y contrastado a través de la historia, según sus necesidades y capacidades (Molinero, 2017). Por su parte, en cuanto al patrimonio paisajístico existe un significativo vacío puesto que el país prioriza tres tipos de patrimonios culturales, cada uno de ellos descontextualizado de lo territorial: el patrimonio arqueológico (Ley N° 6703 del 28 de diciembre de 1981, Ley sobre Patrimonio Nacional Arqueológico), el patrimonio histórico – arquitectónico (Ley Nº 7555 del 4 de octubre de 1995, Ley de Patrimonio Histórico-Arquitectónico de Costa Rica), además de sumarse a la Convención para la Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO (Ley N°8560 del 11 de diciembre del 2006). Para profundizar la problemática esto ocurre desde una visión hegemónica donde las comunidades locales tienen poca o nula injerencia o participación en la determinación de lo patrimonial. Desde la perspectiva del paisaje como patrimonio se considera indispensable el criterio de las poblaciones locales, según La Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI)[7] que es congruente con la definición establecida por el Convenio Europeo del Paisaje (CEP) que comprende el paisaje como cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos (Council of Europe, 2000). De tal forma que el paisaje, y por tanto el paisaje como patrimonio, resulta una categoría difusa en la normativa costarricense, lo que implica la imposibilidad de su aplicación.

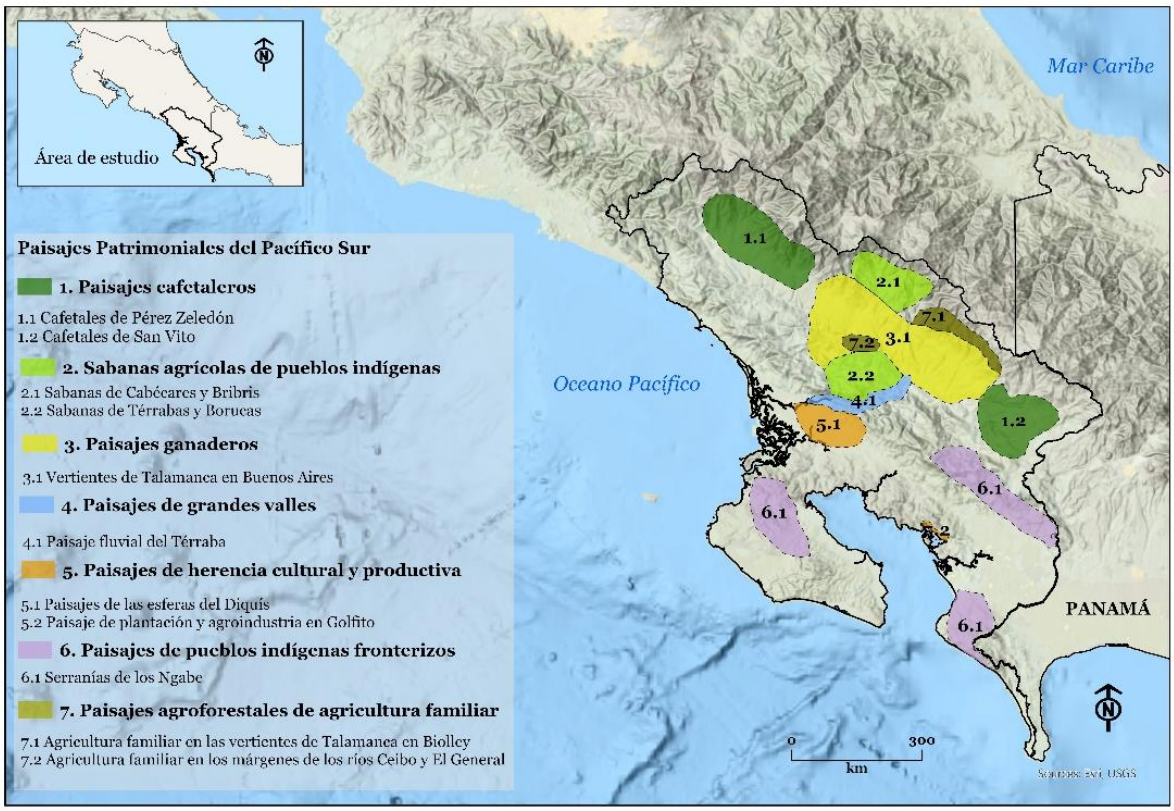
3.2. Paisajes patrimoniales en el Pacífico Sur de Costa Rica

A partir de los criterios identificados se propone la delimitación de siete paisajes patrimoniales representativos en el Pacífico Sur costarricense (Figura 1): Paisajes cafetaleros, Sabanas agrícolas de pueblos indígenas, Paisajes ganaderos, Paisaje de grandes valles, Paisajes de herencia cultural y productiva, Paisaje de pueblos indígenas fronterizo y Paisajes agroforestales de agricultura familiar. A su vez, dentro de estas categorías, se han identificado, en un nivel de concreción mayor, hasta 11 unidades.

[7] Es una declaración de principios éticos fundamentales para promover el reconocimiento, la valoración, la protección, la gestión y la planificación sostenible del paisaje latinoamericano, mediante la adopción de convenios (leyes-acuerdos-decretos-ordenanzas) que reconozcan la diversidad y los valores locales, nacionales y regionales, tanto tangibles como intangibles del paisaje, así como los principios y procesos pertinentes para salvaguardarlo (Fajardo, 2018).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

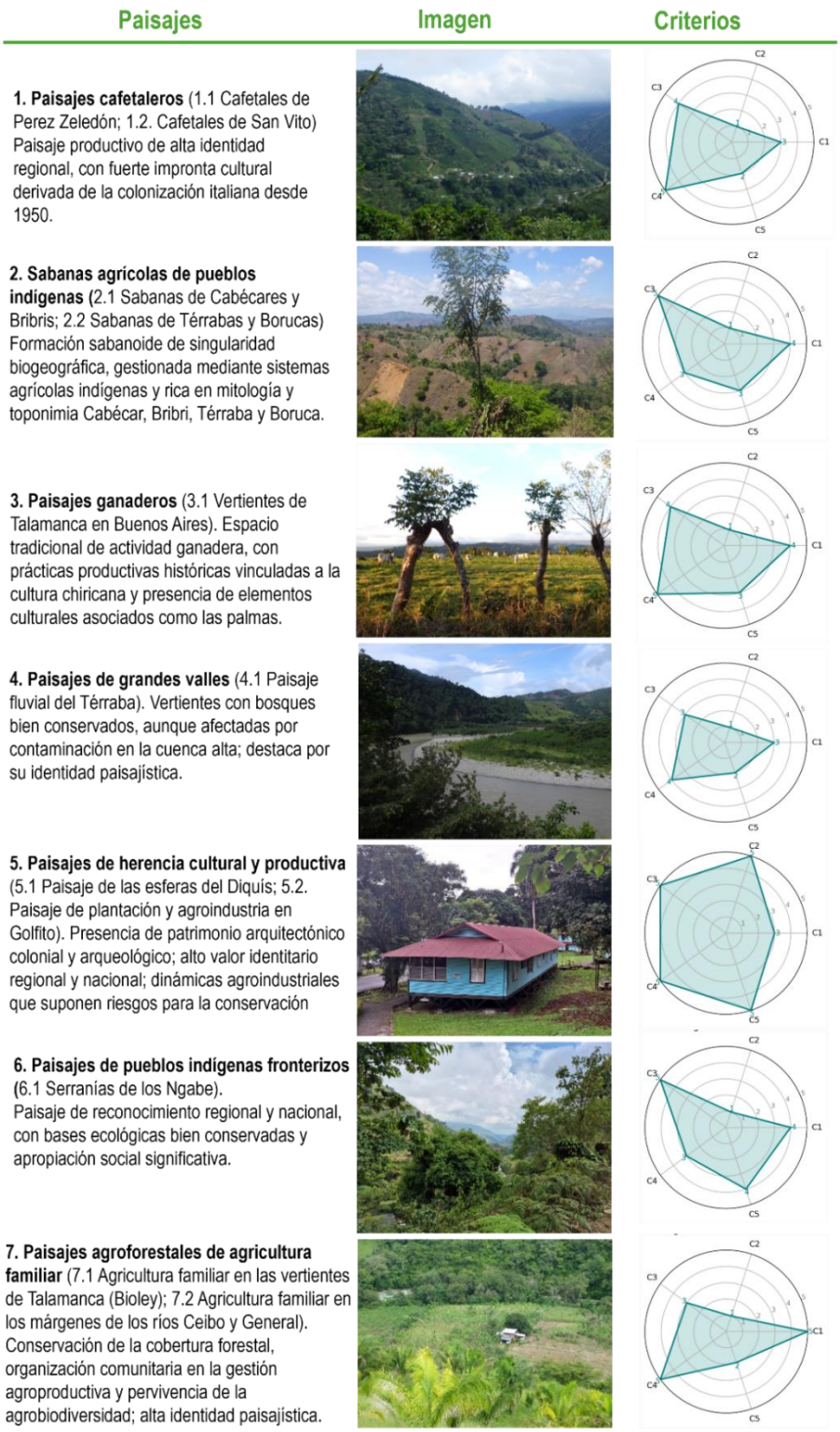
Figura 1. Propuesta de paisajes patrimoniales en la región Pacífico Sur de Costa Rica



Fuente: Elaboración propia a partir de la base cartográfica de ESRI, USGS

La caracterización sistemática de los paisajes patrimoniales identificados en el sur de Costa Rica a partir de los cinco criterios establecidos (Figura 2) revela perfiles diferenciados entre los paisajes examinados.

Figura 2. Caracterización de los paisajes patrimoniales identificados. Criterios: C1: valor y estado de conservación de las bases ambientales; C2: presencia de elementos materiales con valor histórico-cultural; C3: valor histórico y carácter identitario regional; C4: reconocimiento y apropiación social del paisaje y sus elementos significativos por la población; C5: representación y referencias artísticas y culturales.



Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Los paisajes de herencia cultural, como el de las esferas del Diquís y la agroindustria de Golfito, exhiben puntuaciones elevadas en la mayoría de los criterios, lo que evidencia su relevancia tanto en términos de patrimonio material como de proyección simbólica y cultural. Los paisajes agroforestales de agricultura familiar y los cafetaleros destacan especialmente en la conservación ambiental y en la apropiación social, reflejando la integración entre prácticas productivas sostenibles y la identidad comunitaria. Por su parte, las sabanas agrícolas indígenas y las serranías fronterizas de los Ngäbe sobresalen por su valor identitario y la persistencia de tradiciones ancestrales, aunque presentan variabilidad en otros criterios. En conjunto, se observa la complejidad y riqueza de los paisajes patrimoniales de la región, subrayando la diversidad de valores ambientales, históricos, sociales y culturales que los configuran y justifican su reconocimiento y protección.

4. Consideraciones finales

El estudio desarrollado es una investigación en proceso, cuyos resultados se estiman de enorme interés dado que se han identificado una serie de paisajes con valor histórico-cultural en la región del Pacífico Sur y que hasta este momento estaban invisibilizados. Esto pone de manifiesto la cuestión patrimonial desde el enfoque geográfico territorial, un aspecto que en Costa Rica ha recibido poca atención en comparación con el protagonismo y protección que se ha otorgado a lo natural y ecológico. Las siguientes fases del desarrollo de la investigación comprenderán la ejecución de instrumentos de consulta para incorporar la percepción de la población en la identificación del patrimonio paisajístico con perspectiva local. Se espera que una vez completa la metodología esta se pueda aplicar a otras regiones del país como guía para la identificación del patrimonio territorial y paisajístico con el enfoque "de abajo hacia arriba", permitiendo así la construcción de un patrimonio realmente participativo que refleje los vínculos identitarios y emocionales intrínsecos.

5. Referencias bibliográficas

Council of Europe (2002). Council of Europe Landscape Convention (ETS No. 176). Recuperado de https://rm.coe.int/16807b6bc7

Fajardo, M. (Ed.). (2018). *LALI 5 años: un fructífero caminar*. http://tinyurl.com/yspey6bs

González, F., León, Y., & López-Estébanez, N. (2022). Family Farming as a Key Element of the Multifunctional and Territorialized Agrifood Systems as Witnessed in the South Pacific Region of Costa Rica. *Land, 11*(3), 447. https://doi.org/10.3390/land11030447

León Alfaro, Y., González Brenes, F., & López-Estébanez, N. (2022). Fuerzas centrífugas y centrípetas en el Pacífico Sur de Costa Rica: los impactos de la expansión agroindustrial. *Investigaciones Geográficas*, (77), 259–278. https://doi.org/10.14198/INGEO.18875

Mata Olmo, R. (2011). La dimensión patrimonial del paisaje: una mirada desde los espacios rurales. In Crisis y territorio: aportaciones y conclusiones del Sexto Congreso Internacional de Ordenación del Territorio (pp. 343-366). Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT.

Molinero Hernando, F. (2017). Paisajes culturales, paisajes patrimoniales, paisajes sostenibles. Territorio y sociedad en mutación. Encuentro Internacional de Paisajes Culturales. Consensos y disensos. Manizales, Colombia, 8 a 10 de noviembre de 2017. Universidad de Caldas - Banco de la República (Colombia). http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28943

Ojeda Rivera, Juan Francisco. (2013). Lectura transdisciplinar de paisajes cotidianos, hacia una valoración patrimonial. Método de aproximación. Revista INVI, 28(78), 25-75. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200002

Riba Hernández, L. (2023). El paisaje tutelado en Costa Rica: normativa, patrimonio y ambiente. Revistarquis, 13(1), 78–101. https://doi.org/10.15517/ra.v13i1.57082

Sanz Herráiz, C. S. (2012). Paisaje y patrimonio natural y cultural: historia y retos actuales. Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje, (29), 687-700. http://hdl.handle.net/10835/2919

Silva Pérez, R., & Fernández Salinas, V. (2015). Los paisajes culturales de Unesco desde la perspectiva de América Latina y el Caribe. Conceptualizaciones, situaciones y potencialidades. Revista INVI, 30(85), 181–212. Recuperado a partir de https://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62634

EL RETO DE INTEGRAR PAISAJE, PATRIMONIO Y BIODIVERSIDAD EN UN ESPACIO URBANÍSTICAMENTE TENSIONADO: EL CASO DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE MEDINA AZAHARA (CÓRDOBA)

DAVID LÓPEZ-CASADO[1]

VÍCTOR FERNÁNDEZ-SALINAS[2]

[1]*Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla, Calle María de Padilla, s/n, 41001 Sevilla (ES), dlopez19@us.es, https://orcid.org/0000-0003-4346-334X*

[2]*Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla, Calle María de Padilla, s/n, 41001 Sevilla (ES), salinas@us.es, https://orcid.org/0000-0003-4244-1018*

Abstract: The municipality of Cordoba has been one of the first capitals to initiate the process to adapt its general planning to the Law of Impulse for the Sustainability of the Territory of Andalusia, the new Andalusian regulatory framework for urban and territorial planning. Among the new features of the law is the disappearance of the category of land for development, so that the General Municipal Management Plan will only distinguish between urban land –that has already been transformed by urbanization– and rustic land. One of the challenges to be faced by the new plan will be to redefine the role of the protected environment of the archaeological site of Medina Azahara, a territory of more than 1,200 ha located on the western edge of the consolidated urban grid -of about 2,800 ha-. The aim of the paper is to analyze the potential of this territory in relation to the urban growth proposals of the city; a space where heritage values are combined –Medina Azahara belongs to the World Heritage List, in addition to being declared BIC–, together with other landscape and environmental values, and which coexists with a huge number of illegal plots. Based on the analysis of documentary and bibliographic sources and field work, it points to the need for the territory linked to Medina Azahara to play a proactive role in the strategy expressed by the city council to achieve a more socially and environmentally sustainable city. The results suggest that this objective could be achieved by considering this territory as part of the *metropolitan green infrastructure*.

Keywords: Green Infrastructure; Illegal Allotments; Cultural Landscape.

1. Introducción

Los espacios metropolitanos se convierten, casi por definición, en espacios urbanísticamente tensionados. Lejos de ser territorios homogéneos que, ya no espacio rural y todavía no espacio de pleno carácter urbano, incluyen elementos de distinto significado que, pesa a su predisposición a la homogeneidad y anomia a partir de formas y usos, también disponen de puntos luminosos en esos territorios que tienden al gris (Fernández Cacho y Fernández Salinas, en prensa). Se trata de piezas cuyos valores ambientales y patrimoniales –con propensión a fundirse– generan oportunidades para su recualificación.

La infraestructura verde, por su parte, es un concepto envolvente, sistémico y de gran contenido social en cuanto que por ella se entiende:

> … una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios ecosistémicos. Incorpora espacios verdes (o azules en el caso de los ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos de espacios terrestres (incluidas las zonas costeras) y marinos. En los espacios terrestres, la infraestructura verde está presente en los entornos rurales y urbanos (Comisión Europea, 2013, pág. 3).

La idea, pues, de gestionar para la obtención de servicios ecosistémicos se convierte en una de las palabras claves de este concepto que se ha desarrollado muy notablemente en los últimos años, también en España (Elorrieta-Sanz y Olcina-Cantos, 2021; Lucio, 2016). Así, la Infraestructura Verde puede convertirse en un elemento estructurante de las periferias urbanas metropolitanas donde la fragmentación espacial es la principal seña de identidad y el gran hándicap para lograr territorios más sostenibles y socialmente cohesionados. De otro lado, la integración de las urbanizaciones ilegales en ámbitos metropolitanos se ha convertido en un importante reto para los gestores urbanos (López-Casado & Fernández-Salinas, 2023).

En esta comunicación se plantea la oportunidad de combinar la infraestructura verde con la red de espacios patrimoniales para redefinir y cualificar espacios tensionados, especialmente en las áreas metropolitanas. Para ellos se propone como caso de estudio el entorno ambiental y patrimonial del yacimiento de Medina Azahara, en el sector occidental metropolitano de Córdoba.

2. Materiales, datos y métodos

El trabajo se sustenta en el análisis de los documentos urbanísticos vigentes, así como en los publicados en el contexto de la elaboración del Plan General de Ordenación Municipal (en adelante PGOM), documento de planeamiento previsto en la normativa urbanística –Ley de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (en adelante LISTA)–. Se añaden a los documentos anteriores la bibliografía sobre los temas estudiados, así como el trabajo de campo realizado para completar las fuentes citadas.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se plantea como estudio de caso el yacimiento arqueológico de Medina Azahara en Córdoba, lo que permite indagar con mayor nivel de detalle en los objetivos planteados. Así, se propone analizar el papel que ha de jugar el entorno protegido en el contexto de elaboración del citado PGOM en relación con el manifestado interés del ayuntamiento por lograr una ciudad más sostenible al tiempo que la integración del ingente número de parcelaciones ilegales en el nuevo modelo urbano cordobés (Gerencia Municipal de Urbanismo de Córdoba, 2024).

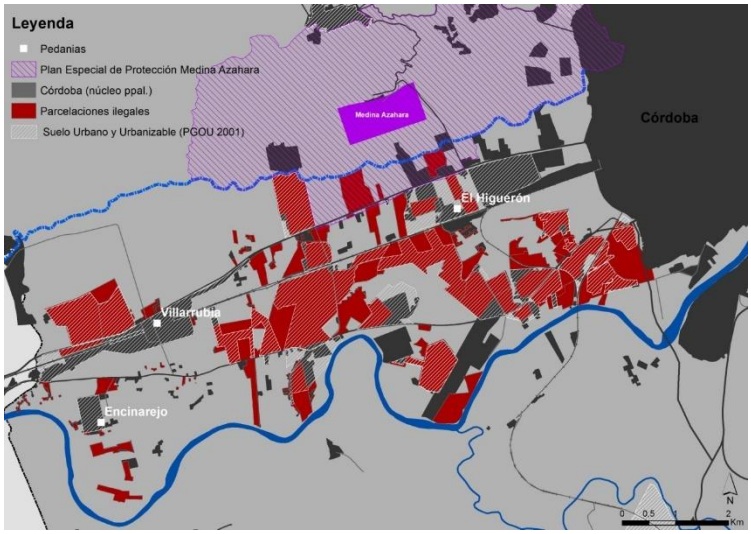
3. Resultados

3.1. Claves de la tensión patrimonial en el entorno metropolitano de Córdoba.

La tendencia natural del crecimiento urbano hacia el poniente del municipio ha derivado en que el área de contacto entre el espacio protegido de Medina Azahara y el entramado urbano se haya convertido en una zona en disputa en la que se contrapone la necesaria protección de los valores patrimoniales del yacimiento arqueológico (incluido su entorno de protección) y la voluntad del ayuntamiento para que la ciudad siga evolucionando urbanísticamente. De otro lado, la presencia en el municipio de casi doscientas parcelaciones ilegales con un consumo de suelo que casi llega a duplicar el del núcleo principal de la ciudad (López-Casado, 2021b, 2021a) genera, entre otros, un impacto territorial y patrimonial muy importante. Esto es especialmente relevante en el sector occidental de la vega (Figura 1) donde, junto al espacio protegido de Medina Azahara, se concentra prácticamente el 70 % de este tipo de asentamientos no planificados, junto con la presencia de importantes dotaciones, equipamientos e infraestructuras, algunas de carácter metropolitano (caso del aeropuerto o del Centro Intermodal de Transportes).

En este sector occidental del municipio cabe destacar la presencia de tres pedanías históricas –El Higuerón, Villarrubia y Encinarejo–, de las que hay que destacar su papel catalizador para el desarrollo de muchas de estas parcelaciones ilegales, especialmente relevante en el caso de las dos primeras. De otro lado, la LISTA ha venido a limitar el modo en que pueden crecer los municipios e impide, entre otros aspectos, el desarrollo de nuevos sectores urbanos desconectados físicamente de la malla urbana existente (Górgolas *et al.*, en prensa). En este contexto, las citadas pedanías históricas, sobre todo El Higuerón y Villarrubia, pueden jugar un papel nuclear en la necesaria recualificación urbana de este amplio territorio y servir como elementos de referencia para crear nuevas centralidades. Pero esta vía se topa con la precisa mejora del ámbito protegido del yacimiento arqueológico de Medina Azahara y su contexto, ya afectado por la existencia de varias parcelaciones ilegales cuya permanencia y consolidación compromete notablemente los valores patrimoniales y paisajísticos que han hecho merecedora a la ciudad palatina de su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial de la Unesco.

Figura 1. Sistema de asentamientos del ámbito septentrional del municipio de Córdoba y su relación con el territorio protegido del Yacimiento Arqueológico de Medina Azahara



Fuente: DERA y elaboración propia de los autores.

La fallida delimitación de la Aglomeración Urbana de Córdoba[8] debido, entre otras razones, a la gran extensión del término municipal, lo que ha supuesto que los procesos metropolitanos se hallan desarrollado en su mayor parte dentro del propio territorio municipal (Cuenca Muñoz *et al.*, 2013), ha derivado en la ausencia de un documento que entienda los procesos y, sobre todo, los recursos territoriales con que cuenta Córdoba para su recualificación metropolitana. Las iniciativas municipales se han quedado, sobre todo, en propuestas, inconclusas que poseen una vocación más intraurbana, como el denominado *Anillo verde*, una red de 300 ha que engloba un suelo ya de carácter muy urbano (y no tanto de vocación metropolitana) y muy poco sensible a recursos territoriales como Medina Azahara o las ermitas y parques de las estribaciones de Sierra Morena en la parte septentrional de la ciudad.

3.2. El yacimiento arqueológico de Medina Azahara y su entorno protegido

Como se ha indicado, el trabajo se centra en analizar el papel del entorno protegido del yacimiento arqueológico de Medina Azahara en relación con el crecimiento urbano de la ciudad. Se trata de un ámbito de más de 1200 ha incluido en un Plan Especial de Protección[9] (en adelante PEP), cuyo extremo oriental limita, e incluso se superpone (Figura 2), con los últimos crecimientos urbanos de Córdoba previstos en el vigente Plan General de Ordenación Urbana de 2001.

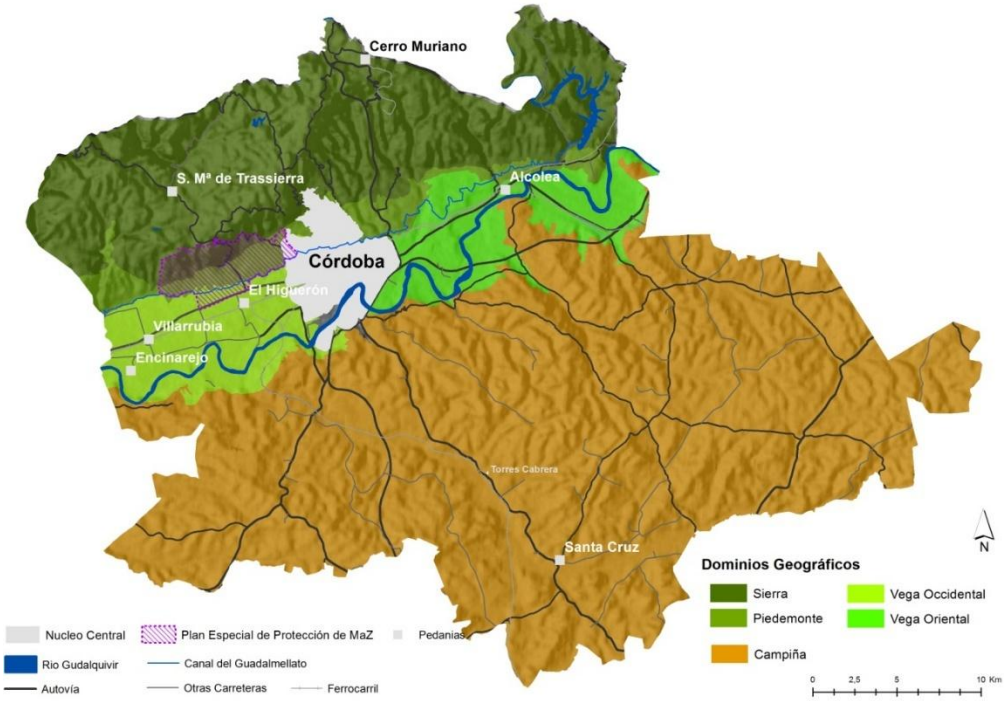
Dentro de los objetivos del PEP estaba la preservación de los valores patrimoniales y paisajísticos (Zoido Naranjo *et al.*, 2006) de un vasto territorio directamente vinculado con la ciudad califal de Medina Azahara; sobre todo en relación con el avance indiscriminado del fenómeno de las parcelaciones ilegales, que, en Córdoba, ha cobrado durante decenios un especial significado, tanto por su dimensión espacial como por su dinámica, que ha llegado hasta época reciente (López-Casado, 2021a, 2021b). De hecho, dichos valores vienen siendo reconocidos desde principios del siglo XX por la declaración como *monumento histórico-artístico* en 1923, las sucesivas confirmaciones como *bien de interés cultural* –1985, 1996 y 2003– y, por último, por la citada inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial en 2018.

[8] Junto a Huelva, los dos únicos centros regionales que no cuentan con Plan de Ordenación del Territorio de ámbito subregional.

[9] Plan Especial de Protección de Madinat al-Zahra y su Entorno y de Dotaciones con Edificaciones Significativas, B.O.P. n.º 90, de 29 de abril de 1999.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Localización del entorno protegido del yacimiento arqueológico de Medina Azahara.



Fuente: DERA y elaboración propia de los autores.

Sin embargo, ni los reconocimientos patrimoniales han conseguido aminorar los impactos de la expansión de las urbanizaciones ilegales, ni han sido tomados en cuenta para el establecimiento de una red que optimice la lectura sistémica de todos los recursos ambientales y patrimoniales del área metropolitana como elemento, no solo de tutela para todos ellos, sino de recualificación general del área.

4. Conclusiones

Los valores del patrimonio proyectados en el espacio poseen una notable capacidad de ordenar y, en consecuencia, de mantener no solo dichos valores, sino también los de los territorios en su conjunto. Esta cuestión es más significativa en los territorios metropolitanos, siempre tensionados y tendentes al desorden, y en los que la combinación de la protección patrimonial con nuevos conceptos, como el de la Infraestructura Verde, ofrecen nuevas oportunidades desde lo cultural y lo ambiental, apenas vislumbradas hasta hace pocos años.

Córdoba, a pesar de tratarse de una ciudad media en el contexto español, es un buen ejemplo de cómo una gestión metropolitana inadecuada ha alterado en buena medida los valores patrimoniales y paisajísticos de gran parte de su entorno. Esto adquiere más relevancia cuando en uno de estos espacios alterados, en la parte occidental del municipio, aparecen elementos patrimoniales de reconocimiento internacional de primer orden, como es el caso de Medina Azahara, inscrita en la Lista del Patrimonio Mundial de la Unesco. Además, existen otras propuestas y recursos que, de ser combinados de forma adecuada (*Anillo verde*, Medina Azahara, espacios de consideración ambiental, etc.), no solo permitirían establecer las bases de la Infraestructura Verde de Córdoba, sino que, combinados con la red de espacios de patrimonio cultural, ofrecerían una infraestructura más amplia de la que esperar no solo servicios ecosistémicos, sino también otros, de carácter más general, que podrían denominarse

ecocultosistémicos, que permitirían avanzar en la teoría y práctica de las Infraestructuras Verdes (cuya denominación no deja de estar demasiado influida por una mentalidad clorofílica, muy frecuente en las perspectivas ambientales) e incorporar el retorno que también es deseable desde el mundo patrimonial para alentar procesos de desarrollo y recualificación territorial.

De otro lado, la existencia en este sector del municipio de tres pedanías históricas –El Higuerón, Villarrubia y Encinarejo–, al tiempo que han servido como catalizadoras del desarrollo de las parcelaciones ilegales, pueden también formar parte de una de las posibles soluciones. En este sentido, dichos núcleos de población, al contar con un aceptable nivel de dotaciones y equipamientos públicos, están llamados a servir como elementos de referencia del sector occidental de la ciudad para crear nuevas centralidades. Ello permitiría, el encaje legal de la pretendida expansión urbana que propone el ayuntamiento, dado que, tomando como malla urbana consolidada la de estas pedanías, permitiría integrar la mayor parte de las parcelaciones ilegales en dos nuevos subcentros urbanos tomando como núcleos de referencia El Higuerón y Villarrubia.

En este contexto, la consideración del entorno protegido del yacimiento arqueológico de Medina Azahara como parte de la Infraestructura Verde municipal, aunque con un marcado carácter metropolitano, puede coadyuvar a una adecuada recualificación territorial de uno de los sectores del municipio más connotados desde el punto de vista social y patrimonial.

5. Referencias bibliográficas y documentales

Comisión Europea. (2013). *Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones.* http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf

Cuenca Muñoz, J. M., Gómez de Hita, J. y Mulero Mendigorri, A. (2013). Procesos metropolitanos encubiertos: Córdoba como caso de estudio. *Ciudad y territorio. Estudios Territoriales*, *177*, 511-532.

Elorrieta-Sanz, B. y Olcina-Cantos, J. (2021). Infraestructura verde y Ordenación del Territorio en España. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, *53*(207), 23-46. https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.02

Fernández Cacho, S. y Fernández Salinas, V. (en prensa). Paisajes culturales en contextos metropolitanos españoles: sectores radiantes en ámbitos grises. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*.

Gerencia Municipal de Urbanismo de Córdoba. (2024). *Plan General de Ordenación Municipal de Córdoba. Criterios y objetivos generales.* https://www.gmucordoba.es/images/PGOM/PGOM_C%C3%93RDOBA_CRITERIOS_Y_OBJETIVOS_GENERALES_1.pdf

Górgolas, P., López Casado, D. y Cruz Villalón, J. (2025). *La Ley de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía y la solución de las edificaciones irregulares en suelo rústico: ¿perpetuación de un fracaso histórico?* https://doi.org/https://hdl.handle.net/11441/158387

López-Casado, D. (2021a). De urbanización ilegal de fin de semana a barrio precario: las parcelaciones ilegales en Córdoba. *Ciudades*, *24*, 225-246. https://doi.org/10.24197/CIUDADES.24.2021.225-246

López-Casado, D. (2021b). Un fenómeno urbano enquistado en el cambio de paradigma de la urbanización informal: parcelaciones ilegales en el municipio de Córdoba. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, *90*, 1-40. https://doi.org/10.21138/bage.3082

Lucio, J. V. de (2016). Infraestructura verde urbana. *Ambienta: La revista del Ministerio Medio Ambiente*, *115*, 60-75. https://www.revistaambienta.es/content/dam/revistaambienta/estructura/histórico-revistas/2016-(114-117)/115/revista-entera/RevistaAmbienta_115.pdf.coredownload.pdf#page=62

Zoido Naranjo, F., Rodríguez Rodríguez, J. y Venegas Moreno, C. (2006, inédito). *Estudios sobre la relevancia paisajística de Madinat al-Zahra*. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía.

PASTIZALES DE SIEGA Y DE DIENTE EN CAMPOS CERCADOS: CLAVES PARA LA SOSTENIBILIDAD GANADERA Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN MONTAÑAS MEDITERRÁNEAS CONTINENTALES

NIEVES LÓPEZ-ESTÉBANEZ[1]

FERNANDO ALLÉNDE ÁLVAREZ[2]

PEDRO MOLINA HOLGADO[3]

FÁTIMA FRANCO MÚJICA[4]

JAUME VILASÍS PAMOS[5]

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid (ES) nieves.lopez@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-4556-0314

[2]Filiación institucional: Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid (ES) fernando.allende@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-9941-8022

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid (ES pedro.molina@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-6129-5648

[1]Filiación institucional: Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid (ES fatima.franco@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-6129-5648

[1]Filiación institucional: Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid (ES), Jaume.vilasis@uam.es, https://orcid.org/0009-0005-7894-1315

Abstract: Grasslands used for grazing and haymaking were surveyed across eight municipalities in the Sierra de Guadarrama and its piedmont, a territory spanning contrasting bioclimatic conditions. The main objective of this study was to characterise the floristic diversity and ecological drivers of these grasslands in order to guide future conservation and management strategies. We analysed 178 sampling points using 18 environmental variables that were clustered into seven meta-clusters via Ward's method and a Bray–Curtis distance matrix. The procedure distinguished two functional grassland types—hay meadows (mesophilous, hydromorphic, and mesoxerophilous) and grazing pastures (mesophilous, xerophilous, xeromesophilous, and nitromesophilous). In total, 324 plant species were recorded, with a mean species richness of S = 19.10 per inventory and a Shannon diversity index of 0.431 ± 0.007 for meadows versus 0.426 ± 0.009 for pastures. Soil moisture emerged as the strongest driver of community composition (r = 0.870). Hay meadows displayed higher species cover and diversity, while grazing pastures were associated with more stress-tolerant species. These findings provide a quantitative baseline for adaptive grassland management under changing climate and land-use scenarios.

Keywords: Sierra de Guadarrama; Grazing pastures; Hay meadows; Mediterranean grasslands; Rural heritage.

1. Introducción

En la Sierra de Guadarrama[1] el paisaje asociado al modelo agroganadero tradicional ha experimentado profundas transformaciones desde el siglo pasado que se manifiestan en un progresivo abandono y desfiguración del espacio productivo (Allende et al., 2021a). Estos cambios han afectado a la base productiva fundamental de la montaña continental mediterránea: los pastizales siendo un fenómeno ampliamente señalado en Europa por muchos autores (Schils et al., 2020; Pazúr et al., 2024). El objetivo fundamental de esta investigación es relacionar las variaciones en la composición de las fitoestructuras pratenses y su importancia como recurso económico y ambiental. Estos cambios se analizan considerando como referencia principal la diversidad y riqueza de las comunidades pratenses de siega y de diente. Las primeras, las más productivas y sobre los suelos más fértiles son las destinadas al ensilado invernal. Las segundas son un servicio directo y son aprovechadas en el reducido periodo favorable en el que son productivas. En ambos la riqueza y diversidad de su flora es reseñable y su mantenimiento está ligado al mantenimiento de su funcionalidad, ya que su abandono está provocando el colapso general del sistema productivo con importantes consecuencias para todo el agrosistema, desde el propio recurso pratense al patrimonio tradicional asociado como los cercados de piedra seca y los caces de riego (López-Estébanez et al., 2024).

2. Materiales, datos y métodos

Se seleccionaron 8 municipios de la Sierra de Guadarrama y su piedemonte (Somosierra, Bustarviejo, Rascafría, Soto del Real, Los Molinos, Fresnedillas de la Oliva, Colmenar Viejo y Zarzalejo) con características bioclimáticas contrastadas y en los que aún se mantiene actividad ganadera (Figura 1). En cada uno de estos municipios se realizaron muestreos selectivos considerando inicialmente tres elementos de referencia: humedad superficial del suelo (Allende et al., 2021b), el tipo de uso (diente/siega) y su funcionalidad (activo/en proceso de abandono/abandonado). Se realizaron un total de 178 muestreos entre los 790 y los 1.529 metros de altitud (Somosierra (14), Bustarviejo (40), Rascafría (25), Soto del Real (28), Los Molinos (21), Fresnedillas de la Oliva (18), Colmenar Viejo (15) y Zarzalejo (17)). Siguiendo la metodología 't Mannetje y Jones (2000), se empleó un marco de referencia de 50x50cm, realizando una valoración global de sus características fitoestructurales, identificación de especies y porcentaje cubierto (% total), tipo de uso (siega/diente) o la presencia/ausencia de ganado, entre otras características. En total se muestrearon 107 pastizales de diente y 71 pastizales de siega en diferentes estadios de funcionalidad. Seleccionado el punto a muestrear se recogieron las coordenadas GPS y herborizaron aquellos taxones que presentaban dificultades en su identificación, tomando referencias digitales con el microscopio Dino-Lite Edge AM4515ZT de 20-200X. Para la identificación de las especies se utilizaron obras de referencia a escala nacional (Castroviejo et al., 1986-2022; Romero, 2015; Devesa et al., 2022) y regional (González, 1997; Grijalbo, 2016). La información obtenida se unificó en una matriz en la que se incluían para cada punto hasta 16 variables clasificadas en tres grupos: descriptivas (1-7), físico-ambientales (8-14) y florísticas (15-16): 1) ID, 2) latitud-longitud; 3) nº inventario; 4) fecha; 5) municipio; 6) aprovechamiento (diente/siega); 7) actividad (activo/en proceso de abandono/abandonado); 8)

[1] Esta investigación ha sido financiada por los proyectos: Paisajes agroalimentarios en las montañas españolas. Diversidad biocultural, innovación social y desarrollo territorial (BIOFOODSCAPE) PID2023-146662OB-I00. MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER-UE y Naturaleza Pastoreada. Valor económico de los productos, el conocimiento y la innovación en el pastoreo. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Fundación Biodiversidad. B022. Orden TED/1014/2021.

clasificación de la pendiente según FAO (2006); 9) litología (silíceo/calcáreo); 10) altitud (IGN); 11) humedad del suelo[2]; 12) temperatura media mensual (ºC); 13) precipitación total mensual (mm)[3]; 14) riqueza específica (S); 15) índice de Shannon (H') y 16) cobertura total en %.

Por último, con el objetivo de analizar la composición de los pastizales en función de las diferentes variables de la matriz se aplicó un análisis clúster jerárquico siguiendo las recomendaciones de diferentes autores (Rahman, 2024; Bauer et al., 2004; Greig-Smith, 1983) y utilizando como *input* dependiente el porcentaje de cobertura de todas las especies presentes en cada inventario. Este método permitió agrupar los inventarios en función de la similitud en su composición florística e identificar diferentes tipologías teniendo en cuenta su especie dominante o su diversidad. La agrupación se realizó mediante el método de Ward y sobre la matriz de distancias de Bray-Curtis, y el número óptimo de grupos se determinó utilizando el método *elbow* o "de codo". El análisis de clúster definió en primer lugar un número óptimo de 4, aumentando posteriormente su resolución hasta 47. Debido a la complejidad en la interpretación de un número tan elevado la muestra se redujo a 8 meta-clústeres (MC), basados en similitudes ambientales y espaciales (altitud, uso, actividad, etc.) y agrupados por tipo de aprovechamiento (diente/siega). La denominación de cada metacluster se ajusta a la seguida por otros autores para referirse a formaciones pratenses (San Miguel et al, 2012), considerando sus condiciones físico-ambientales y su aprovechamiento dominante. Posteriormente, se relacionaron los grupos obtenidos con variables ambientales como altitud, temperatura, precipitación y localización geográfica, para explorar posibles patrones espaciales o ambientales asociados a cada tipo de pastizal utilizando el análisis de redundancia.

3. Resultados

3.1. La heterogeneidad de los pastizales de la Sierra de Guadarrama

Los pastizales de diente están representados por cuatro agrupaciones (Tabla 1) entre las que MC2 se aproxima a los característicos de siega, ya que presenta productividades elevadas con estratos herbáceos y rastreros bien definidos. En ellos, el sobrepastoreo genera una intensa nitrificación superficial y un embastecimiento general de la comunidad pratense, evolucionando al MC7. Por otro lado, MC3 y MC4 presentan condiciones que indican productividades condicionadas, en el primer caso, por factores ambientales determinantes en la existencia de periodos fenológicos reducidos y de rápido agostamiento y, en el segundo, con una mayor capacidad de rebrote debido a la persistencia de humedad superficial. En el caso de los pastizales de siega están ligados a la existencia o no de riego o a la permeabilidad del sustrato. Los pastizales de siega forman con frecuencia mosaicos dentro del mismas parcelas, bien como áreas donde se reciben aportes hídricos asociados al riego (MC1) o bien donde la propia topografía del pastizal o la existencia de arroyos favorece los encharcamientos (MC6). En ambos casos la productividad de estos pastizales está ligada a una secuencia fenológica de descanso, producción y abonado. MC5 corresponde a aquellos sectores donde la humedad superficial se mantiene gracias a la permeabilidad del sustrato o a la propia topografía, generando ambientes frescos que en años climáticos favorables se prolongan y que, en sequías persistentes, se convierten en pastizales de diente con ciclos cortos de aprovechamiento.

[2] Clasificación a partir Correlación de Pearson entre el índice de agua en el suelo Soil Water Index (SWI), versión V3.2.1, TU Wien, Copernicus Global Land Service (SWI, T=1) y la humedad del suelo superficial (0-10 cm) del modelo GLDAS NOAH. Serie temporal completa del año 2017 con datos actualizados a 2025 (01/01/2017 al 31/12/2017)

[3] 1991-2020 Red global de estaciones GHCN (Global Historical Climatology Network) de la NOAA.

Tabla 1. Tipología de los pastizales en campos cercados de la Sierra de Guadarrama (MC: Meta clústeres)

Prados mesófilos de diente (MC 2). Suelos frescos con aporte hídrico regular. Alta cobertura de gramíneas y especies mesófilas, con una riqueza específica elevada (S=21) y humedad superficial más o menos persistente. Dominan especies como *Festuca ampla, Trifolium pratense y Dactylis glomerata*. Productivos y de buena capacidad de rebrote tras el pastoreo, reflejando una notable diversidad florística.
Pastizales xerofíticos de diente (MC 3). Suelos pobres. S= 16,8 especies por parcela y baja humedad superficial (0.488). Predominan especies anuales y hemicriptófitos con hojas estrechas y raíces profundas. La vegetación es rastrera y dispersa, adaptada a la escasez de agua y a la presión del pastoreo.
Pastizales mesoxerofíticos de diente (MC 4). Comunidades de transición entre ambientes secos y frescos. S= 19,3 y humedad superficial intermedia (0.560). Conviven especies xerófilas y mesófilas lo que resulta determinante, dependiendo del año climático, en su manejo.
Pastizales nitrómesofíticos de diente (MC 7). Ambientes con alta fertilidad y cierta humedad superficial, lo que favorece una elevada riqueza florística y cobertura vegetal. La flora está compuesta por especies pratenses y nitrófilas. El ganado al seleccionar reiteradamente aquellas especies más palatables favorece una progresiva degradación de sus valores productivos.
Pastizales mesófilos de siega (MC 1). Riqueza específica alta (S= 18) y humedad superficial suficiente (0.575). Dominan especies como *Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata y Trifolium pratense*. La estructura de tallos largos y la capacidad de rebrote tras la siega son rasgos frecuentes, favorecidos por la rotación de siega y el aporte de nutrientes.
Prados hidromorfos de siega (MC 6). Zonas encharcadas o con alta humedad edáfica (0.596). S=19. Son característicos de ambientes húmedos, con especies hidrófilas como *Juncus effusus, Carex hirta y Holcus lanatus*. La persistencia de condiciones húmedas a lo largo del año favorece la diversidad y la abundancia de especies especializadas.
Pastizales mesoxerofíticos de siega (MC 5). Predominan especies tolerantes a la sequía, pero con cierta capacidad de rebrote tras la siega, como *Bromus hordeaceus, Festuca rubra y Trifolium arvense*. La riqueza específica es intermedia (S=15) y la humedad superficial es variable. La rápida recuperación tras el corte es una característica común, permitiendo la coexistencia de especies con diferentes requerimientos hídricos.

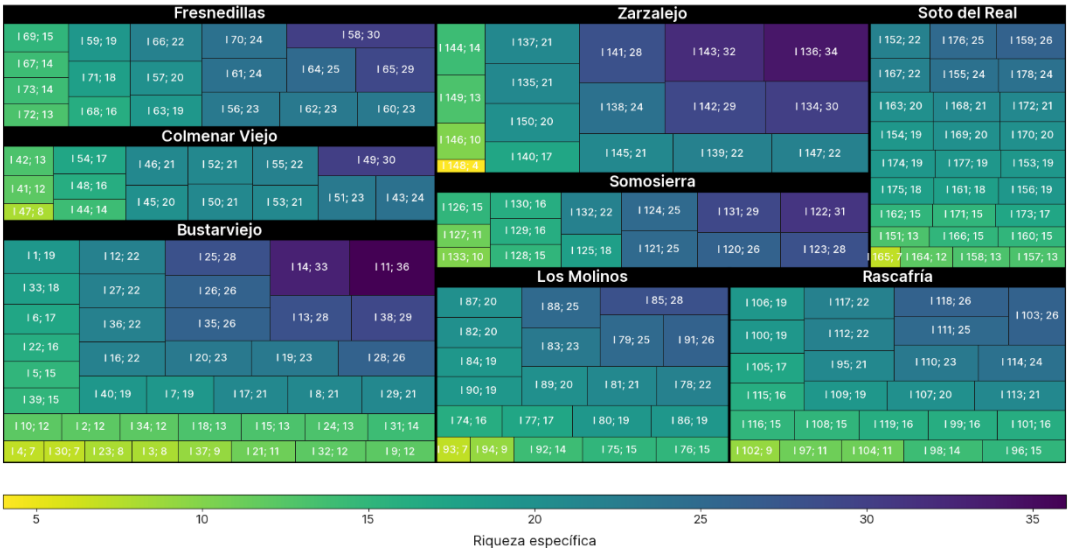
Fuente: elaboración propia

3.2. Riqueza y diversidad asociada al pastoreo

El número total de especies inventariadas en el área de estudio es de 324. La riqueza media por inventario para toda el área se estima en S=19,10 especies. Entre los municipios analizados, Zarzalejo presenta la riqueza media más alta (S=21,29), mientras que Bustarviejo y Rascafría muestran los valores más bajos (S=18,25). La riqueza específica observada en los inventarios varía entre un mínimo de 4 y un máximo de 36 especies, con una desviación estándar de aproximadamente 6 especies, lo que indica una dispersión moderada en la diversidad de especies entre los diferentes inventarios.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Riqueza específica (S) por municipio e inventario (I)



Fuente: elaboración propia

Se extraen seis tipos de resultados que relacionan la diversidad con el tipo de manejo, las diferentes variables ambientales, la riqueza específica, la cobertura dominante y preferencias ambientales. En función del tipo manejo los pastizales activos de siega muestran el índice de Shannon más alto (0.431 ± 0.007) con valores próximos a los de siega parcialmente funcionales (0.435 ± 0.006), manteniéndose en los de diente valores más bajos pero próximos (0.426 ± 0.009). En cuanto a la riqueza específica, los de diente abandonados poseen valores más altos (22,0 especies) frente a los de diente activos (19,7) y los de siega funcionales (18,5), mientras que los de siega abandonados poseen los valores más bajos (14,4). Analizando la correlación de las diferentes variables ambientales con los valores obtenidos con Shannon se observa una clara correlación con la humedad del suelo (r = 0.870), presentando valores más bajos en su relación con la altitud (r = 0.515). En lo referente a la relación con el porcentaje de vuelo cubierto, los de siega activos son los de mayor cobertura (92,3%), seguidos por los de diente abandonados (93,2%) y por los de diente en proceso de abandono (88,2%). En cuanto a la presencia-cobertura media los valores más altos se alcanzan en prados de siega activos dominados por *Agrostis castellana* con un 50,7% de presencia y un 7,74% de cobertura y *Arrhenaterum elatius* con valores de 47,9% y 6,89%. En el caso de los de diente activos, las especies mesonitrófilas como *Anthemis arvensis* poseen coberturas del 2,8% con un 64.5% de presencia o *Hypochaeris radicata* con valores de 2.25% y 48,6% respectivamente.

4. Conclusiones

La heterogeneidad en la composición y riqueza de los pastizales de la Sierra del Guadarrama y su piedemonte son el reflejo de una sobresaliente variedad de condiciones ambientales, en un ambiente mediterráneo caracterizado por un estío prolongado y una corta estación favorable al desarrollo vegetativo. Los prados de siega y de diente son testigos de un agrosistema que, aunque en retroceso, aún mantiene cierta funcionalidad especialmente en las inmediaciones de los asentamientos. Los prados de siega, homogéneos y sometidos a intervenciones regulares, son un recurso complementario esencial en el ciclo ganadero tradicional, admiten siega y rebrote y cierta intensificación en su careo

permitiendo hasta dos ciclos si el año es favorable: otoño y después de la siega. Están ligados a la existencia de suplementos hídricos "creados" por la acción antrópica, generando enclaves de gran riqueza y valor productivo. Los de diente son un ejemplo de adaptación a las condiciones ambientales de la montaña mediterránea continental, siendo los dominantes en este sector. Estos, frente a los de siega, son los que muestran una mayor variabilidad en su diversidad, riqueza específica y condiciones de humedad superficial, pudiéndose equiparar a los primeros en años climáticamente favorables. En ambos casos su desaparición supondría una pérdida de biodiversidad ligada a estas fitoestructuras y, a su vez, el colapso de un sistema productivo, ambiental y patrimonial en la que las caceras de riego y las especies pratenses más productivas desaparecería, generándose una progresiva matorralización e invasión de especies generalistas.

5. Referencias bibliográficas

Allende Álvarez, F. A., Gómez-Mediavilla, G., López-Estébanez, N., Holgado, P. M., & Barajas, J. A. (2021a). Hedgerows and Enclosures in Rural Areas: Traditional vs. Modern Land Use in Mediterranean Mountains. *Land*, *10*(1), 57. https://doi.org/10.3390/land10010057

Allende Alvarez, F. A., Gomez-Mediavilla, G., López-Estébanez, N., & Holgado, P. M. (2021b). Classification of Mediterranean hedgerows: A methodological approximation. *MethodsX*, *8*, 101355. doi: 10.1016/j.mex.2021.101355

Bauer, N., Kenyeres, Z., & Kisbenedek, T. (2004). A comparison of cluster analysis and diversity-ordering in community classification. *Community Ecology*, 5(2), 189–196. https://link.springer.com/article/10.1556/ComEc.5.2004.2.7

Castroviejo, S. (Ed.). (1986–2022). *Flora Ibérica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* (Vols. 1–21). Real Jardín Botánico, CSIC.

Devesa Alcaraz, J. A., Martínez Sagarra, G., & Romero Zarco, C. (2022). *Las gramíneas: biología y diversidad*. UCOPress, Editorial Universidad de Córdoba

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2006). *Guidelines for soil description* (4th ed.). FAO. https://www.fao.org/4/a0541e/a0541e.pdf

González Bernáldez, F. (1986). *Gramíneas pratenses de Madrid*. Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Agricultura y Ganadería.

Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative Plant Ecology* (3ª ed.). University of California Press

Grijalbo Cervantes, J. (2016). *Flora de Madrid*. Edición del autor.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (s.f.). *Datos LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)*. Centro de Descargas del CNIG. Recuperado el 2 de mayo de 2025, de https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=LIDAR

López-Estébanez, N., Molina-Holgado, P., & Allende Álvarez, F. (2024). Preserving the Values of Mediterranean Enclosed Fields with Dry Stone Walls, an Example of Vulnerable Natural and Rural Heritage. *Heritage*, *7*(2), 844–872. doi: 10.3390/heritage7020041

Mannetje, L. & Jones, R. M. (2000). Measuring biomass of grassland vegetation. In: *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford: CABI Publishing. UK. pp: 151-177.

Rahman, I. U., et al. (2024). Multivariate analysis of the summer herbaceous vegetation and its relation to environmental gradients in a sub-tropical region. *Scientific Reports*, 14, 63780. https://www.nature.com/articles/s41598-024-63780-8

Pazúr, R., Nováček, J., Bürgi, M., et al. (2024). Changes in grassland cover in Europe from 1990 to 2018: trajectories and spatial patterns. *Regional Environmental Change*. https://doi.org/10.1007/s10113-024-02197-5

Romero Zarco, C. (2015). *Las gramíneas de la Península Ibérica e Islas Baleares: Claves ilustradas para la determinación de los géneros y catálogo preliminar de las especies* (Monografías de Botánica Ibérica, n.º 15). Jolube Consultor Botánico.

San Miguel Ayanz, A., Barbeito, I., Perea García, R., Roig Gómez, S., & Rodríguez Rojo, M. P. (2012). Tipología y valoración de los pastos naturales herbáceos de la Comunidad de Madrid. *Pastos: Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 42(1), 5–25.

Schils, R. L. M., Price, P. N., Klaus, V., et al. (2020). European permanent grasslands mainly threatened by abandonment, heat and drought, and conversion to temporary grassland. *Grassland Science in Europe*, 25, 35–37. https://doi.org/10.1556/2046.2020.00002

LA REPRESENTACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN LOCAL SOBRE LAS HUERTAS REGADAS. UN ESTUDIO DE CASO

JOSE ANTONIO LÓPEZ FERNÁNDEZ[1]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, jantoniolf@um.es.* *https://orcid.org/0000-0002-1779-5976*

Abstract: The research is framed within the analysis and assessment of traditional orchards as territorial and cultural heritage. The main objective of the communication is to present the results of a case study, related to the social perception shown by the local population about their orchard. To this end, the study methodology had a mixed character to obtain quantitative and qualitative data, through the design and application of a semi-structured questionnaire. The study sample belongs to different groups in the city of Mula (Murcia Region-Spain), during the years 2022 and 2023. The main results showed the importance of the orchard in the local imagination and the knowledge of its hydraulic infrastructure, but without reaching the interest and recognition that other heritage elements do have, both material (religious buildings, monuments, etc.) and immaterial (local festivals, traditions). The older age groups and, above all, people who maintain, or had contact with agricultural activities, showed a greater attachment and appreciation of the orchard landscape. However, young people had a low appreciation for this space, often due to their lack of knowledge.

Keywords: Traditional garden; hydraulic heritage; geographical analysis.

1. Introducción

El concepto de patrimonio presenta diferentes acepciones (Troncoso y Almirón, 2005), en función de factores como el interés económico y social, la ideología y los valores (Choay, 2001). La idea de patrimonio se construye con el paso del tiempo (Sudén, 2022), al entrar en juego aspectos como la identidad, la memoria y el sentido de pertenencia al lugar. Por otra parte, el Convenio Europeo de Florencia (2000) viene a considerar el paisaje como un patrimonio común cultural y natural y como fundamento de su identidad. A su vez, el Plan Nacional de Paisaje Cultural de España (Consejo de Patrimonio Histórico, 2012), destaca aspectos como la interacción entre las personas y su entorno, así como la percepción y valoración que la población presenta sobre ese espacio (Silva, 2009; Silva y Fernández, 2017; Hernández, 2009).

A pesar de su importancia ambiental e histórica, las huertas tradicionales y sus elementos hidráulicos de captación y gestión rara vez han gozado de la valoración patrimonial que sí tienen otros conjuntos arquitectónicos o monumentales. Una de las razones de la falta de interés en la conservación y salvaguarda de este tipo de paisajes y sus elementos hidráulicos reside en la falta de conocimiento y uso. En cambio, en los últimos años se observa un creciente interés por los valores culturales y ambientales de la huerta tradicional. En ese sentido, son destacables diversos estudios que caracterizan este tipo de patrimonio y ponen de manifiesto el rico legado cultural relacionado con el uso y gestión del agua, como Beraaouz, Abioui, Hssaisoune y Martínez-Frías (2022), Gómez y Hervás (2012), Mayordomo y Hermosilla (2019 y 2020), Canales y Ponce (2016) y Bravo (2018).

Cómo representa el patrimonio local la población más cercana es un aspecto a tener en cuenta en el estudio del paisaje regado. El concepto de representación social surgió a mediados del siglo XIX en el ámbito de la psicología, y será desarrollado posteriormente por Sergei Moscovici (1979), a partir de la teoría construida por Durkheim sobre la representación colectiva.

En la consideración de la huerta tradicional como paisaje y patrimonio (Mata y Fernández, 2010), que emana en parte de la representación concebida de la población local, se realiza esta comunicación, que tiene por objeto principal presentar los resultados de un estudio de caso, relacionado con la percepción social de los habitantes que residen en un espacio de huerta. Para ello, la metodología de estudio tuvo un carácter mixto para obtener datos cuantitativos y cualitativos, a través del diseño y aplicación de un cuestionario semiestructurado.

2. Materiales, datos y métodos

El método de investigación fue descriptivo y de carácter exploratorio, con objeto de recabar datos mixtos, cualitativos y cuantitativos. Se elaboró un cuestionario con el que poder tomar la opinión y percepción de los sujetos analizados. El número de cuestionarios realizado fue de (N=102), completados a lo largo del año 2022/2023. El ámbito de investigación, el municipio de Mula (Región de Murcia), tenía para este año un total de 14.789 habitantes, aunque de ellos se descartó a 2.445 personas, separadas del muestreo por ser menores de 15 años. De este modo, estadísticamente, el tamaño de la muestra ofrece un nivel de confianza del 95% y un margen de error inferior al 10%.

El diseño metodológico se apoya en estudios anteriores, como el de Hermosilla y Mayordomo (2017), Mayordomo y Hermosilla (2019) y Canales y Ponce (2016), aunque adaptado a las características de este espacio. Además, coincide con enfoques señalados en trabajos relevantes como el *Atlas de los Paisajes Agrarios de España* (Molinero *et all.*, 2013; Molinero *et all.*, 2014).

El cuestionario se validó en su fase inicial por un grupo de expertos, pertenecientes al departamento de Geografía de la Universidad de Murcia (1), y de los departamentos de Didácticas Específicas de la Universidad de Córdoba (1) y de la Universidade da Coruña (1), bajo los criterios de operatividad, suficiencia, coherencia y claridad en relación a identificar el valor de las infraestructuras hidráulicas, en el contexto del patrimonio cultural de un territorio. El instrumento final, además de la solicitud de los datos sociodemográficos (ítems 1-4), presentaba un segundo bloque con preguntas de tipo cualitativo y semi-estructuradas (5-9). El tercer bloque de preguntas es de tipo cuantitativo (ítems 10-30). Se pedía la valoración de determinados elementos patrimoniales, tanto materiales como inmateriales (de tipo arquitectónico, religioso, paisajístico, museográfico, hidráulico, natural) a través de una escala Likert, donde 1 representa estar nada de acuerdo, 2 poco de acuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 bastante de acuerdo y 5 muy de acuerdo. El análisis de fiabilidad de este bloque se obtuvo a partir del alfa de Cronbach, realizado con el programa de tratamiento estadístico *Jamovi Proyect*, que ofreció un valor de ,928. El muestreo de población fue de tipo aleatorio. A posteriori, los participantes se agruparon según los distintos colectivos a los que pueden incorporarse y que se consideran representativos del entorno local (agricultores-regantes -8,8%-, estudiantes -45,1%-, ciudadanos al azar -24,5%-, trabajadores y funcionarios públicos del Ayuntamiento -21,6%-).

3. Resultados

Según la Tabla 1, El Castillo de Los Vélez fue el bien cultural que más señaló la población local, seguido de la tamborada de Semana Santa. Son los dos elementos culturales más representativos del municipio. En cambio, como se esperó, la menor representación correspondió al paisaje de la huerta en su conjunto, junto al sistema de acequias, que fueron identificadas en solo dos ocasiones.

Tabla 1. Elementos patrimoniales que mejor identifican a la población local de Mula

PATRIMONIO MATERIAL		PATRIMONIO INMATERIAL
Castillo de Los Vélez: 56	Museo El Cigarralejo: 1	
El Niño de Mula: 2	Monasterio La Encarnación: 1	Tamborada Semana Santa: 31
Yacimiento Villaricos: 1		Festividad San Isidro: 1
Archivo Municipal: 1	Red de acequias: 1	Agua: 1
Sus iglesias: 1	Huerta: 1	

Fuente: Elaboración propia

Las motivaciones de las respuestas anteriores (Tabla 2) se debieron al carácter antiguo, así como a los valores que presenta el elemento patrimonial. La fiesta y tradición está directamente relacionada con el tambor, mientras que los aspectos constructivos y la belleza asociada son valores que reflejan un interés intermedio. Sin embargo, el agua y la huerta se destacaron por su valor natural, de lo cual se puede inferir una escasa consideración cultural.

La media menos representativa fue la relacionada con el patrimonio hidráulico, seguida del patrimonio natural (Tabla 3). En cambio, el valor medio más elevado lo ofreció el patrimonio inmaterial, sobre todo por la influencia de la fiesta y toque del tambor de Semana Santa.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 2. Motivaciones por los que se destacan los bienes patrimoniales

MOTIVACIONES CULTURALES	FRECUENCIA	B.P.
Por su antigüedad	30	C y T
Por la calidad de su construcción	7	C
Por los valores que representa para la sociedad	19	C, T, M,
Por la festividad que supone	15	T
Por su belleza	11	C y T
Por la importancia económica y turística	7	T y C
Por su valor natural	4	A y H

* B.P. Bien Patrimonial. C: Castillo. T: Tamborada. M: Museos. A: Agua. H: Huerta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Valor promedio según el tipo de patrimonio cultural identificado por la población local

ESCALA	PATRIMONIO MATERIAL*	PATRIMONIO INMATERIAL*	PATRIMONIO NATURAL*	PATRIMONIO HIDRÁULICO*
Escala, de 1 a 5	4,09	4,18	3,89	3,67

*Patrimonio Material: Castillo, ermitas, yacimiento arqueológico y museos locales. Patrimonio Inmaterial: Festividades locales e imaginaría religiosa. Patrimonio Natural: Espacios naturales. Patrimonio Hidráulico: Huerta y entornos relacionados con el agua.

Fuente: Elaboración propia

Respecto al patrimonio hidráulico, cabe destacar su menor consideración, como ya se ha dicho. Ningún elemento obtuvo una media por encima de 4, lo que denotaría valores relacionados con estar bastante y muy de acuerdo en su estima patrimonial, pero no fue el caso. Los hechos por los que se preguntó respecto al paisaje y el patrimonio hidráulico se pueden observar en la Tabla 4. En todos los casos, ningún elemento alcanzó los 4 puntos sobre 5 de valoración media.

Tabla 4. Valores descriptivos sobre el paisaje y el patrimonio hidráulico

TIPOLOGÍA DEL PATRIMONIO RELACIONADO CON LA HUERTA Y EL AGUA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Red de acequias y partidores	3,63	4,00	1,39
Baños de Mula	3,90	4,00	1,24
Azud de El Gallardo	3,56	4,00	1,34
Casa del Heredamiento de Aguas	3,62	4,00	1,34
Huerta de Mula	3,94	4,00	1,21
Molino de Felipe	3,41	3,50	1,30

Fuente: Elaboración propia

Resulta de interés observar la percepción patrimonial de los elementos analizados, en función del nivel de estudios (Tabla 5) y la ocupación de los participantes (Tabla 6). Como aspecto significativo, se observó que a mayor formación académica, mayor fue la consideración como patrimonio de las construcciones o paisajes reflejados en la investigación. En cambio, las personas participantes que manifestaron tener estudios básicos no concibieron elementos como el Azud de El Gallardo o la casa del Heredamiento como parte del patrimonio cultural de la ciudad.

El grupo compuesto por estudiantes de último curso de ESO y Bachillerato englobaba los participantes en la investigación que están en estas etapas educativas y, por tanto, su formación. A ellos correspondió un promedio de ⊠=3 sobre 5, pero con elevada desviación respecto de los valores medios en casi todos los casos. El conjunto de estudiantes se situó en un rango intermedio, entre aquellos que presentaron una menor consideración del patrimonio hidráulico como bienes culturales (las personas que manifestaron tener estudios básicos) y los que muestran mayor consideración (los que han cursado formación profesional y, sobre todo, estudios universitarios).

En cambio, si la variable a considerar es la ocupación de los participantes, el grupo de estudiantes fue el que menor valor otorgó al patrimonio hidráulico como bien cultural. En todos los aspectos ofrecidos, fueron los que menor promedio obtuvieron (⊠=3,071).

Tabla 5. Valoración del patrimonio hidráulico según el nivel de estudios

	NIVEL DE ESTUDIOS	AZUD DE EL GALLARDO	RED DE ACEQUIAS Y PARTIDORES	BAÑOS DE MULA	CASA DEL HEREDAMIENTO DE AGUAS	HUERTA DE MULA	MOLINO DE FELIPE
Media	Básicos	2,50	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00
	ESO o equival.	3,07	3,00	3,92	3,00	3,61	3,15
	F.P.	3,44	4,11	3,78	3,44	4,11	3,33
	Bachillerato	3,00	3,12	3,35	3,35	3,82	3,15
	Universitarios	4,31	4,41	4,50	4,31	4,28	3,84
Desviación estándar	Básicos	2,12	2,83	1,41	0,707	2,83	2,83
	ESO o equival.	1,62	1,59	1,22	1,37	1,31	1,50
	F.P.	1,13	0,928	0,972	1,51	0,782	1,22
	Bachillerato	1,35	1,24	1,47	1,37	1,25	1,20
	Universitarios	0,821	0,946	0,762	0,896	1,05	1,14

Fuente: Elaboración propia

También fue significativo el elevado número de manifestaciones de no conocer –ns– el hecho que se les proponía como patrimonio. Al contrario, para el ámbito de la huerta de Mula el grupo que mayor percepción patrimonial presentó fue el de los regantes, y resulta ser significativo para la red tradicional de riego, así como respecto a la concepción del paisaje de la huerta, con las desviaciones estándar más reducidas (s=0,354 y s=0,707 respectivamente), aspecto que denota la homogeneidad de opiniones.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 6. Valoración del patrimonio según la ocupación o actividad laboral

	COLECTIVOS	AZUD DE EL GALLARDO	RED DE ACEQUIAS Y PARTIDORES	BAÑOS DE MULA	CASA DEL HEREDAMIENTO DE AGUAS	HUERTA DE MULA	MOLINO DE FELIPE
Media	Regante	4,38	4,75	3,63	4,38	4,88	3,50
	Ciudadano/a	3,56	3,96	4,32	3,40	4,12	3,60
	Estudiante	2,85	2,73	3,36	3,00	3,46	3,03
	Laboral Ayto.	4,14	4,36	4,59	4,36	4,23	3,77
Desviación estándar	Regante	0,744	0,707	1,19	0,744	0,354	1,07
	Ciudadano/a	1,36	1,31	1,03	1,38	1,24	1,29
	Estudiante	1,51	1,26	1,37	1,41	1,17	1,36
	Laboral Ayto.	0,774	0,953	0,590	0,848	1,15	1,19

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Considerar la percepción que la ciudadanía tiene sobre el paisaje es indispensable a la hora de plantear medidas para su protección, salvaguarda y puesta en valor. Este ha sido el objetivo principal planteado en esta investigación, mediante la indagación de la representación social que tiene la población local sobre la huerta de Mula y su patrimonio hidráulico, dentro del conjunto de elementos culturales presentes en su territorio.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el contacto directo con el territorio y una mayor formación cultural son aspectos que mejoran la percepción social de este espacio y los elementos que lo constituyen. No obstante, se observa que se trata de un patrimonio cultural en cierto modo olvidado, por lo que se han de seguir apoyando medidas para su conocimiento y valoración. A pesar de haber sufrido una profunda transformación en las últimas décadas debido a procesos de modernización de regadíos tradicionales, cambios en los usos del suelo o el crecimiento de villas y ciudades rodeadas por espacios de cultivo, la huerta tradicional ofrece un legado cultural, histórico y paisajístico significativo, pero con una menor conciencia que el resto de elementos tradicionales, de índole arquitectónico y festivo.

5. Referencias bibliográficas

Beraaouz, M., Abioul, M., Hssaisoune, M. and Martínez-Frías, J. (2022). Khettaras in the Tafilalet oaisis (Morocco): contribution to the promotion of tourism and sustainable development. *Built Heritage,* 6-24. https://doi.org/10.1186/s43238-022-00073-x

Bravo, J. M. (2018). *Paisaje Rural y Patrimonio Hidráulico, referentes señeros presentes en la cultura rural del valle de Ricote (España) y de la Zona Central de Chile* (Tesis Doctoral). Murcia: Universidad de Murcia.

Canales, G. y Ponce, Mª. D. (2016). *Pareceres sobre la Huerta del Bajo Segura. El poder de la Identidad y la Cultura en la valoración del Paisaje*. Alicante, Cátedra Arzobispo Loazes. Universidad de Alicante.

Choay, F. (2001). *The Invention of the Historic Monument*. Cambridge, CambridgeUniversity Press.

Gómez, J. Mª. y Hervás, R. Mª. (Coord.) (2012). *Patrimonio hidráulico y cultura del agua en el Mediterráneo*. Murcia: Murcia. Fundación Séneca. Campus Mare Nostrum. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

Hermosilla, J., y Mayordomo, S. (2017). *Sistema metodológico de evaluación del patrimonio hidráulico*. Valencia. Tirant Humanidades.

Hernández, M. (2009). El paisaje como seña de identidad territorial: valorización social y factor de desarrollo, ¿utopía o realidad? B*oletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 49,* 169–183. Recuperado de https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/780/0

Mata, R., y Fernández, S. (2010). Paisajes y patrimonios culturales del agua. La salvaguarda del valor patrimonial de los regadíos tradicionales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. XIV (337)*. Retrieved from http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-337.htm

Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2019). Evaluación del patrimonio cultural: la Huerta de Valencia como recurso territorial. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (82), 2790, 1-57. https://doi.org/10.21138/bage.2790

Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2020). Propuesta de un método de evaluación del patrimonio cultural y su aplicación en Cortes de Pallás (Valencia). *Investigaciones Geográficas*, (73), 211–233. https://doi.org/10.14198/INGEO2020.MMHP

Molinero, F., Baraja, E., y Silva, R. (2013). La tipificación de los paisajes agrarios de España: categorías y clases. Una clasificación escalar. En Molinero, F. (Coord.), *Atlas de los Paisajes Agrarios de España* (pp. 8–24). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0691606.pdf

Molinero, F., Tort, J., Ojeda, F., Ruiz, E., Martínez, E., Silva, R., y Mata, R. (2014). *Las unidades de paisaje agrario de la España mediterránea.* Atlas de los Paisajes Agrarios de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Tomo II.

Moscovici, S. (1979 [1961]). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul S.A., Buenos Aires.

Silva, R. (2009). Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 49*, 309–334. Retrieved from https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786/709

Silva, R. y Fernández, V. (2017). El nuevo paradigma del patrimonio y su consideración con los paisajes: Conceptos, métodos y prospectivas. *Documents d`Anàlisi Geogràfica, 63,1,* 129-151.

Sudén, C. A. (2022). Paisaje cultural patrimonializado: conceptos y aportes sobre la base de tres casos de estudio. Provincia de Mendoza, Argentina. *PASOS Revista De Turismo Y Patrimonio Cultural*, *20*(2), 435–452. https://doi.org/10.25145/j.pasos.2022.20.031

Troncoso, C. A. y Almirón, A. V. (2005). Turismo y patrimonio. Hacia una relectura de sus relaciones. *Aportes y Transferencias*, 9(1), 56-74. Recuperado de https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/296/

LA METODOLOGÍA EN LA INVESTIGACIÓN DE LOS PAISAJES PATRIMONIALES DE RIEGO TRADICIONAL

JOSE ANTONIO LÓPEZ FERNÁNDEZ[1]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, jantoniolf@um.es. https://orcid.org/0000-0002-1779-5976*

Abstract: The formulation and implementation of a method is an essential requirement for the viability of any scientific study. In this paper, we present the methodological proposal we have been implementing in recent years to analyze traditionally irrigated landscapes. This proposal is designed and implemented based on other research methods, which, in turn, are based on the content and approaches of reference publications such as the European Landscape Convention or various national plans, such as those for Spanish Cultural Heritage, the Cultural Landscapes Plan, and the Intangible Cultural Heritage Plan. The results show the three basic axes on which the method used is based: - Selection and analysis of the study area, within a geographical, historical, and social framework that enables its characterization as a cultural landscape. - Technical study, through the design and application of different tools that serve to analyze the elements that make up the territory and that are of heritage interest. - A perceptual study, supported by the subjective assessments of the local population participating in the research, is obtained through a questionnaire. The final phase correlates the results obtained to attempt to understand the objective and subjective heritage value of the analyzed territory.

Keywords: Geographic analysis; Methodology; Traditional irrigated landscapes; hydraulic heritage

1. Introducción

Los estudios sobre el paisaje y su concepción han ido evolucionando con el paso del tiempo. La consideración integral que se dio al paisaje en Florencia (2000) recogía las visiones de anteriores convenios que, en muchos casos, relacionaban el paisaje y el patrimonio, como fue la Convención de la vida silvestre y del medio natural en Europa (Berna, 19 de septiembre de 1979), el Convenio para la salvaguarda del patrimonio arquitectónico de Europa (Granada, 3 de octubre de 1985) o el Convenio europeo para la protección del patrimonio arqueológico (La Valeta, 16 de enero de 1992).

En España se han desarrollado diversos Planes Nacionales que han servido de instrumentos para la gestión del patrimonio cultural. El Plan Nacional de Paisaje Cultural (2012) definió el paisaje cultural como "el resultado de la interacción en el tiempo de las personas y el medio natural, cuya expresión es un territorio percibido y valorado por sus cualidades culturales, producto de un proceso y soporte de la identidad de una comunidad" (Consejo de Patrimonio Histórico, 2012). Tanto el Convenio de Florencia como el Plan Nacional de Paisaje Cultural, potencian el papel otorgado a la acción humana sobre la construcción del paisaje y, sobre todo, la concepción que los ciudadanos tienen sobre el paisaje y los valores y las cualidades que este suscita para una comunidad. El territorio, pues, también es considerado un bien patrimonial (Troitiño, 2011), al ser resultado de la acción humana sobre el medio, obra colectiva que motiva la impronta cultural legada de nuestros antepasados. Así, la concepción del paisaje actual atiende al análisis objetivo de la ordenación y gestión del territorio por parte de la población, pero también, a la representación que muestra esa misma población sobre su espacio y lugar de vida; lo que ha venido a considerarse como la representación social (Molinero, Baraja y Silva, 2013).

Los paisajes de huerta tradicional en el ámbito mediterráneo pueden concebirse como un patrimonio cultural, fruto de ancestrales actividades agrarias, articuladas a través del uso y gestión del agua (Mata y Fernández, 2010). Estas actividades, desarrolladas con el paso de los siglos, han dejado su impronta, tanto material como inmaterial, en muchos territorios del Mediterráneo (Hermosilla e Iranzo, 2014). Desde diferentes contextos, las áreas de huerta tradicional mediterránea se han analizado desde su consideración como espacios patrimoniales (Canales y Ponce, 2016). Paisajes caracterizados por todo el complejo hidráulico que distribuye el agua por el paisaje regado –azudes, red de acequias y avenamiento, partidores, balsas y edificios molineros, entre otros–.

Como se viene señalando, la conceptualización que la población tiene sobre estos espacios, que han sido utilizados históricamente por las comunidades locales, es imprescindible para su consideración patrimonial y valoración paisajística (Silva, 2009; Silva y Fernández, 2017; Hernández, 2009). En este sentido, las huertas locales y su patrimonio hidráulico asociado constituyen un espacio de vida; son formas creadas por la relación entre el ser humano y su entorno, pero también son vivencias, recuerdos, tradiciones y cultura. Bajo esta consideración, se concibe que la metodología de estudio para abordar, tanto el hecho objetivo como subjetivo del patrimonio hidráulico que articula los paisajes de huerta tradicional, es un aspecto significativo que debe recoger de forma integral las características de estos espacios, junto con la consideración social que le otorga la población local.

Bajo este contexto, el objeto de esta comunicación es presentar la metodología utilizada en una línea de trabajos relacionados con los paisajes patrimoniales de regadío tradicional; una propuesta que se ha desarrollado a partir de una concepción integral del paisaje (Mata y Fernández, 2010), y de métodos aplicados en estudios anteriores sobre el ámbito mediterráneo peninsular (Mayordomo y Hermosilla, 2020; Mayordomo y Hermosilla, 2019; Mayordomo, Antequera y Hermosilla, 2018). O

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Bravo (2018), que realizó un estudio comparado sobre el patrimonio hidráulico existente en el Valle de Ricote (Región de Murcia) y la zona central de Chile.

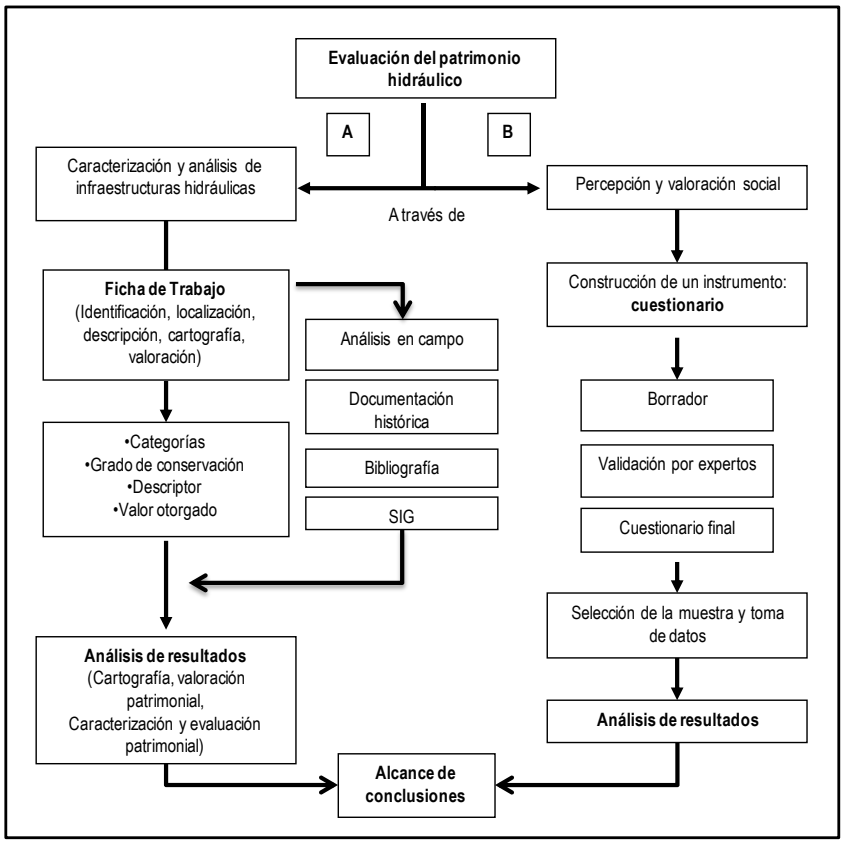
2. Materiales, datos y métodos

El análisis del patrimonio hidráulico que se integra en el paisaje de huerta se vertebra en un estudio multivariable, que atiende a diferentes características objetivas y subjetivas (un estudio completo debería incluir, además, las características del parcelario, usos del suelo, tipos de viviendas, caminos y carriles de acceso, etc.). Por ello, la metodología que se expone utiliza diferentes estrategias: A) Análisis y delimitación del área de estudio donde es, o fue significativa, la presencia de elementos relacionados con el uso tradicional del agua. Un territorio que posea valores patrimoniales evidentes, pero que no siempre son considerados por la población local. B) Diseño de estudio técnico con el desarrollo de diferentes herramientas (fichas de recogida de datos, matriz de categorización, etc.). Esta fase va a posibilitar la obtención de numerosos datos que ayuden a caracterizar y categorizar los diferentes elementos relacionados con el agua. C) Consulta de cartografía y fotos de carácter histórico. Una vez seleccionado el área de estudio, es necesario disponer de la cartografía existente, tanto actual como pasada. Además, en muchos entornos se cuenta con fotografías históricas que muestran la funcionalidad de las infraestructuras hidráulicas en tiempos pasados. D) Manipulación de cartografía actual. E) Manejo de datos georreferenciados a través de SIG y que provienen de diferentes fuentes. De este modo, se realiza una cartografía específica del patrimonio hidráulico de los espacios regados, tipo de patrimonio rara vez geolocalizado cuando se evalúa el patrimonio cultural. F) Trabajo de campo; que requiere del análisis y observación objetiva y especializada del territorio y que, además, ha de recurrir a la información que proviene de la visión y conocimientos de las personas que viven en el lugar. Se realiza a partir de la sistematización en la observación y el volcado de datos en las herramientas diseñadas (fichas de trabajo, cuestionario). G) Análisis de la población objeto de estudio, cuya categorización se puede realizar con anterioridad o posterioridad a la recogida de datos y atendiendo a las características socio-demográficas y comportamientos detectados. Esta representación social ha recobrado interés en los últimos años, y han sido incluidas, además, como un aspecto metodológico en el *Atlas de los Paisajes Agrarios Españoles* (Molinero, 2013). H) Diseño y desarrollo de un cuestionario o encuesta para valorar la concepción de la población local, previamente validada por expertos, y que atienda a los criterios de operatividad, suficiencia, coherencia y claridad. I) Exposición de resultados obtenidos, que se subdividen entre los que son de carácter objetivo y subjetivo, y también entre aspectos cuantitativos y cualitativos. En este caso, se relacionan, por un lado, los datos obtenidos de la valoración técnica y, por otro, se confronta la percepción social ofrecida por la población sobre cada elemento objeto de estudio. A partir de los procedimientos anteriores, se consiguen una serie de conclusiones. El planteamiento es el mostrado sucintamente en el siguiente apartado.

3. Resultados

El esquema metodológico se propone en la Figura 1, donde se exponen los dos ejes de trabajo, relacionados con el estudio y caracterización del patrimonio hidráulico de la huerta (A), y el análisis de la representación social por parte de la población local (B).

Figura 1. Esquema metodológico para el estudio del patrimonio hidráulico de los regadíos y huertas tradicionales



Fuente: Elaboración propia

La evaluación técnica del patrimonio hidráulico se realiza por medio de diferentes procedimientos y herramientas (Fase A). La ficha de datos, operativa para cada construcción durante el trabajo de campo, recoge la información como la descripción general, tipo de propiedad, su catalogación (si existe) y el estado de funcionalidad. También se incluye un espacio para cartografía de localización; imágenes tomadas en el momento de la inspección; estado actual y observaciones. Además, se realiza una valoración patrimonial siguiendo los criterios de categorización de la Tabla 1. En este instrumento, para cada dimensión se le atribuye un descriptor específico y este, a su vez, se correlaciona con un valor numérico. Además, toda la información se va incorporando a un Sistema de Información Geográfica que ayuda a monitorizar cada elemento en el territorio, a identificar su localización y características.

El valor final de cada infraestructura se realiza en función de la suma de los valores otorgados siguiendo los criterios de la Tabla 1, que puede oscilar entre 0 (valor mínimo) y 12 (valor máximo); categorización que muestra el potencial funcional de cada elemento hidráulico (Tabla 2).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Matriz de valorización del patrimonio hidráulico

DIMENSIÓN	GRADO	DESCRIPTOR	VALOR
Estado de conservación	Óptimo	Conserva todos sus elementos primigenios funcionales, o bien conservados o por medio de restauración.	3
	Aceptable	Conserva la mayor parte de sus elementos. No conserva, sin embargo, su antigua función	2
	Deteriorado	Ha perdido parte de sus elementos. No se han realizado actuaciones de conservación y/o restauración. No mantiene su función anterior.	1
	En ruinas	Presenta un estado ruinoso. El edifico o elemento requiere actuaciones de fijación y/o mantenimiento	0
Valor funcional	Activo	Sigue cumpliendo su función primitiva	2
	Parcial	Mantiene parcialmente su antigua función. Adaptado para otros usos. Ha sido sustituido por otros elementos, conservando la función histórica de forma parcial	1
	No funcional	Ha desaparecido o cambiado su antigua funcionalidad	0
Integración en el paisaje	Hito estructurante	Constituye un hito estructurante del paisaje configurado	2
	Hito complementario	Presenta un nivel complementario a nivel paisajístico. Existen otros elementos que tienen mayor influencia en la configuración del paisaje	1
	No se integra	Nada o reducido interés en la configuración del paisaje	0
Accesibilidad	Fácil acceso	Se accede de manera cómoda a través de caminos públicos	2
	Presenta dificultades	El acceso se realiza a través de propiedades privadas, y/o el acceso se realiza con ciertas dificultades	1
	Inaccesible	Acceso restringido o inseguro por peligrosidad	0
Amenazas y vulnerabilidades	Reducido riesgo	Elemento sin riesgo aparente	2
	Amenazas de tipo natural	Vulnerable por efectos naturales (erosión, avenidas, inundaciones, etc.)	1
	Amenazas de tipo antrópico	Vulnerable por efectos y acciones del ser humano (reconstrucción, cambios de usos, otras funcionalidades, falta de conservación, etc.).	0
Figura de protección	Si	Se encuentra recogido en algún catálogo de protección patrimonial y/o ambiental	1
	No	No se encuentra recogido en ningún catálogo de protección	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Valor funcional y potencial del patrimonio hidráulico

VALOR	DESCRIPCIÓN
0 - 1	Nula funcionalidad
2 - 3	Muy baja
4 - 5	Baja
6 - 8	Media
9 - 10	Elevada
11 - 12	Muy elevada

Fuente: Elaboración propia

La segunda fase (B) de actuación corresponde con la implementación de un cuestionario con el que poder valorar la percepción social (Moscovici, 1979; Jodelet, 1984) de la población local. La elaboración del cuestionario se realiza con el propósito de que los participantes valoren el patrimonio hidráulico y la huerta, dentro del conjunto del patrimonio cultural existente en el área de estudio (que puede ser de carácter material -monumento, imaginería, etc.- o inmaterial, que represente una festividad, una tradición o una costumbre). Esta herramienta en sí, es un instrumento de tipo descriptivo, exploratorio y mixto, al contemplar aspectos cuantitativos y cualitativos, con objeto de responder a las características específicas de cada área de estudio. Para su fiabilidad, ha de pasar por una validación de expertos previa, que permita obtener un instrumento fiable. Esta visión de la población local complementa el análisis técnico de modo que muestre la valoración ofrecida por los lugareños. El objetivo del cuestionario es observar cómo se concibe el patrimonio hidráulico, dentro del conjunto de elementos o hechos culturales del área de estudio, integrados estos en el área de estudio (museos, edificios representativos, festividades, paisajes, etc.). La fase final corresponde con el análisis de los datos, donde se sintetiza la información obtenida y se categoriza la situación del patrimonio hidráulico en dos líneas: por un lado, la valoración realizada por la sociedad local; por otro, la visión mostrada por los habitantes.

4. Conclusiones

La metodología que se propone puede ser aplicada a distintos espacios de estudio que presentan infraestructuras hidráulicas tradicionales en el paisaje de la huerta mediterránea. Sería posible mejorar la fiabilidad y operatividad de este método, profundizando en los procesos de correlación y validación estadística en la Fase B. No obstante, el método planteado se basa en aspectos medibles y cuantificables, de forma tanto cuantitativa como cualitativa, a través de diferentes herramientas (Mayordomo et al., 2017). La aplicación de esta propuesta ha ofrecido una visión general del estado del patrimonio hidráulico, con interesantes resultados en investigaciones ya realizadas. En ellas, se ha observado que los criterios más significativos que han determinado la situación del patrimonio

hidráulico han sido la funcionalidad en la valoración técnica y el contacto directo en la percepción cultural de los elementos relacionados con el uso del agua.

Habrá que tener en cuenta, en cambio, que, si bien el estudio técnico y sus instrumentos pueden ser trasladables a otros ámbitos de estudio, se ha de adaptar el cuestionario a la singularidad del espacio de análisis, que atienda a las variables del paisaje, del contexto local y su población.

5. Referencias bibliográficas

Bravo, J. M. (2018). *Paisaje Rural y Patrimonio Hidráulico, referentes señeros presentes en la cultura rural del valle de Ricote (España) y de la Zona Central de Chile* (Tesis Doctoral). Murcia: Universidad de Murcia.

Canales, G. y Ponce, Mª. D. (2016). *Pareceres sobre la Huerta del Bajo Segura. El poder de la Identidad y la Cultura en la valoración del Paisaje*. Alicante, Cátedra Arzobispo Loazes. Universidad de Alicante.

Hermosilla, J. e Iranzo, E. (2014): Claves geográficas para la interpretación del patrimonio hidráulico mediterráneo. A propósito de los regadíos históricos valencianos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 66, 49–66. Recuperado de https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1779/1695

Hermosilla, J., y Mayordomo, S. (2017). *Sistema metodológico de evaluación del patrimonio hidráulico*. Valencia. Tirant Humanidades.

Hernández, M. (2009). El paisaje como seña de identidad territorial: valorización social y factor de desarrollo, ¿utopía o realidad? B*oletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 49,* 169–183. https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/780/0

Mata, R., y Fernández, S. (2010). Paisajes y patrimonios culturales del agua. La salvaguarda del valor patrimonial de los regadíos tradicionales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. XIV (337)*. Retrieved from http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-337.htm

Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2019). Evaluación del patrimonio cultural: la Huerta de Valencia como recurso territorial. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (82), 2790, 1-57. https://doi.org/10.21138/bage.2790

Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2020). Propuesta de un método de evaluación del patrimonio cultural y su aplicación en Cortes de Pallás (Valencia). *Investigaciones Geográficas*, (73), 211–233. https://doi.org/10.14198/INGEO2020.MMHP

Molinero, F., Baraja, E., y Silva, R. (2013). La tipificación de los paisajes agrarios de España: categorías y clases. Una clasificación escalar. En Molinero, F. (Coord.), *Atlas de los Paisajes Agrarios de España* (pp. 8–24). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0691606.pdf

Moscovici, S. (1979 [1961]). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul S.A., Buenos Aires.

Silva, R. (2009). Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 49,* 309–334. Retrieved from https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786/709

Silva, R. y Fernández, V. (2017). El nuevo paradigma del patrimonio y su consideración con los paisajes: Conceptos, métodos y prospectivas. *Documents d`Anàlisi Geogràfica, 63,1,* 129-151.

Troitiño Vinuesa, M. Ángel. (2011). Territorio, patrimonio y paisaje: desafíos de una ordenación y gestión inteligentes. *Ciudad Y Territorio. Estudios Territoriales*, 43(169-170). Recuperado de https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76083

LOS HUERTOS URBANOS COMO ESTRATEGIA DE TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD URBANA EN CIUDADES PEQUEÑAS DE LA MANCHA (CASTILLA-LA MANCHA, ESPAÑA)

CARLOS JAVIER MARTÍNEZ SANTIAGO[1]

JULIO JOSÉ PLAZA TABASCO[2]

[1] *Facultad de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela, s/n, 13071, Ciudad Real. Cjavier.Martinez@uclm.es https://orcid.org/0009-0004-5792-8755*

[2] *Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, F. de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela, s/n, 13071, Ciudad Real. Julio.Plaza@uclm.es https://orcid.org/0000-0002-7165-0882*

Abstract: Urban agriculture is a phenomenon that has developed particularly in large cities. In the case of Spain, there are still few experiences in small villages. In our study we analyse several cases of cities in the geographical region of La Mancha. The aim is to assess urban renewal initiatives in small towns as they transition to less agrarian or traditional ways of life. The methodology consists of the identification of the projects, the visit and documentary record and the interview with the project managers. The results indicate that these projects focus on social intervention and environmental education within municipal public policies. However, their trajectory is increasingly consolidated and there are models to be followed by other small villages with other increasingly broad purposes that follow the previous experience.

Key words: Urban agriculture; agricultural heritage; small villages; urban renewal initiatives; Castilla-La Mancha.

1. Introducción

La agricultura urbana ha adquirido una especial relevancia en las ciudades. Entendida como "el cultivo, procesamiento y distribución de alimentos en o alrededor de áreas urbanas que, de alguna manera, están conectadas con la ciudad y sus residentes" (EFUA, 2022; RUAF, 2023, p. 9 y ss.), se ha incluido en el diseño de las ciudades y sus zonas verdes por sus servicios ecosistémicos y por introducir dinámicas sociales y económicas y valores simbólicos que enriquecen el espacio público y fomentan la apropiación social del territorio y sus paisajes en un contexto dual de "desagrarización cultural" y aparición de nuevas ruralidades (FAO, 1999; Méndez et al., 2005; Gallar & Vara, 2010; Soler & Renting, 2013; Viljoen y Bohn, 2014; Mata y Yacamán, 2015). Del mismo modo, se asocia con nuevos modelos de negocio ecológicos y creación de empleos relacionados con la soberanía alimentaria, el ocio saludable y con la educación, el aprendizaje colectivo y la reflexión sobre los conflictos y la crisis ambiental (Mougeot, 2001; Tornaghi, 2014; Mejía & Ávila, 2024). También se utiliza para la revitalización y regeneración de espacios en desuso y sitios degradados y el fortalecimiento del tejido social y el bienestar personal, a través de la proximidad, la multifuncionalidad o la resiliencia comunitaria (Sánchez Hernández, 2019; Méndez, 2023; Blasco-Sánchez & Martínez-Pérez, 2025).

Todo ello se traduce en un modelo de gobernanza asociado a la calidad de vida y la cohesión social aplicado principalmente en ciudades grandes y medianas (Morán, 2011; Puente Asuero, 2015; Iturregui, 2017), donde coincide la masa demográfica con la demanda y el interés por nuevas formas de vida, alternativas al pensamiento tradicional. Así sucede en el caso español en ciudades como Madrid, Málaga o Sevilla, entre otras (Michelini y Abad, 2018). Sin embargo, en las ciudades pequeñas o núcleos rurales ha recibido una atención más reciente y menor visibilidad a pesar de su potencial transformador (Larrubia et al., 2020).

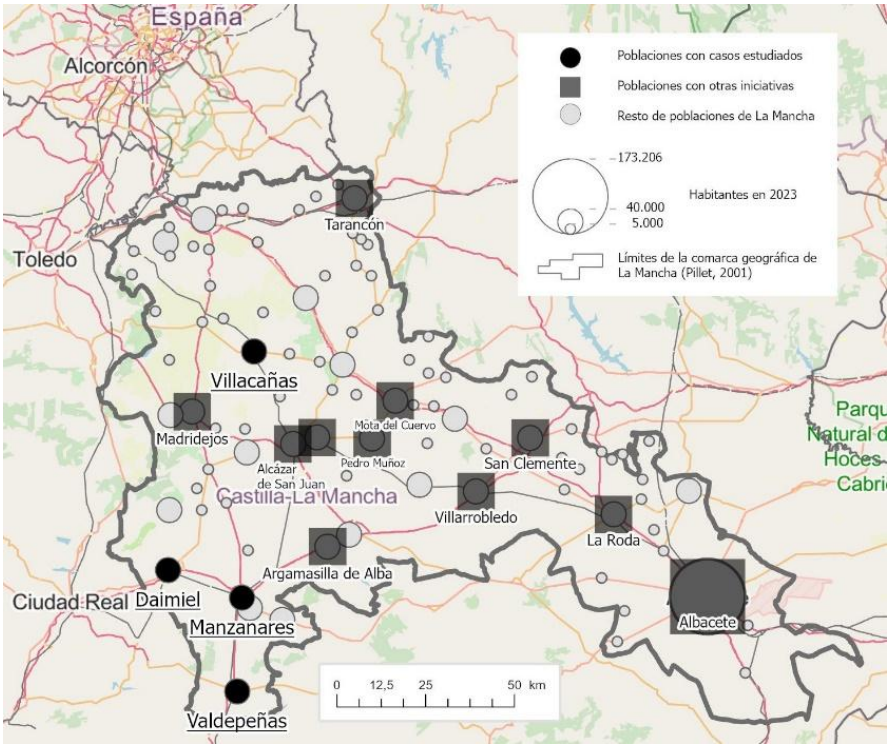
Por otro lado, en el contexto del modelo agrario productivista y la necesaria adopción de prácticas agroecológicas, se plantea el dilema sobre si los huertos urbanos pueden actuar de nodos estratégicos para la conservación del patrimonio agrario y sus saberes locales, la repoblación del territorio y la gestión sostenible de los recursos o, por el contrario, sólo se limitan a constituir nuevos espacios de ocio y consumo destinados a ciertos sectores económicos y urbanos ajenos a la realidad rural (Méndez et al., 2013; Michelini y Abad, 2018; Chinchilla, 2023).

Este estudio analiza el surgimiento de huertos urbanos en ciudades pequeñas, explorando su potencialidades y limitaciones. Por la escasa dimensión demográfica y económica de estas poblaciones, en la práctica se enfrentan a situaciones de planificación y gestión muy dispares que pueden dificultar su consolidación ante la falta de apoyo institucional, la financiación o la escasa participación comunitaria. Es necesario conocer hasta qué punto pueden consolidarse como verdaderas alternativas de renovación urbana y pedagogía de nuevos modos de vida.

2. Materiales, datos y métodos

Nuestro trabajo se centra en las experiencias de agricultura urbana de varias poblaciones de la comarca de La Mancha a través de su análisis como casos de estudio. Esta comarca geográfica castellanomanchega (Pillet, 2001) incluye pequeñas ciudades (por debajo de los 50.000 habitantes, salvo Albacete) que actúan como núcleos intermedios del sistema urbano regional y garantizan la conexión urbano-rural y la dinamización territorial, entre otros procesos de desarrollo (Plaza et al., 2017) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de la comarca geográfica de La Mancha y situación de los casos estudiados.



Fuente: Pillet, 2001; Centro Nacional de Información Geográfica; INE, 2023. Elaboración propia.

Metodológicamente comenzamos con un trabajo de investigación bibliográfica que se ha plasmado sucintamente en el primer apartado. Posteriormente localizamos iniciativas de huertos urbanos en los municipios de La Mancha y estudiamos aquellos casos de ayuntamientos que respondieron a nuestras consultas. Durante el trabajo de campo se realizaron entrevistas semiestructuradas a las personas más vinculadas con su gestión y mantenimiento, se valoraron las instalaciones y se levantó un registro fotográfico y documental sobre normativas de uso, censo de espacios y parcelas, planimetría de las instalaciones, etc., para conocer sus trayectorias y contrastarlas con el marco teórico.

3. Resultados

Tras localizar distintas experiencias a través de internet, los casos estudiados han sido los huertos urbanos de las poblaciones de Daimiel, Manzanares, Valdepeñas y Villacañas (Figura 2). Todos ellos fueron promovidos por sus ayuntamientos en base a estrategias de dinamización y revitalización que combinan funciones de tipo social, educativo, ambiental y cultural. Se sitúan en espacios periféricos de las poblaciones con escaso impacto en la renovación de la trama urbana y sus zonas verdes tradicionales. Si bien empezaron con un enfoque de intervención social al dirigirse a colectivos vulnerables, el tiempo ha consolidado la experiencia y presentan distintos grados de institucionalización, desarrollo técnico y participación comunitaria en cada caso (Tabla 1).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Huertos urbanos en la comarca de La Mancha (Castilla-La Mancha).

De izquierda a derecha: Daimiel (1), Manzanares (2), Valdepeñas (3) y Villacañas (4).
Fuente: C. J. Martínez Santiago (abril de 2025); Ayuntamiento de Valdepeñas (agosto de 2024).

Tabla 1. Características de los huertos urbanos estudiados.

Municipio	Habitantes	Situación	Parcelas	Superficie (m^2)	Beneficiarios principales	Estado del proyecto
Daimiel	17.645	Calle Orquídea	30	1.302	Jubilados, pensionistas, parados (+65 años), personas con discapacidad, mujeres víctimas de violencia de género	En ejecución (año 2009)
Manzanares	17.745	Entre Calle Gandhi y Avda. de Castilla-La Mancha	40	5.616	50% jubilados o incapacitados, 25% Centros Educativos y Asociaciones sin ánimo de lucro, 25% resto de usuarios	En ejecución (mayo de 2025)
Valdepeñas	30.617	Calles Tonel y Bolivia	44	9.275	Jubilados y parados de larga duración (45-80 años), y familias en riesgo de exclusión social	En ejecución (año 2013)
Villacañas	9.489	Junto a la piscina municipal	62	3.100	Jubilados y desempleados (38-70 años)	En ejecución (año 2014)

Fuente: INE, 2024 y ayuntamientos correspondientes (2022-2024). Elaboración propia.

El proyecto de Daimiel surge en el marco de la crisis ambiental del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y la crisis urbana y social de 2009. Su evolución está marcada por la socialización y la facilitación del acceso a la tierra, la recuperación de las variedades locales de cultivo, la educación

ambiental, la agroecología, el policultivo y el ahorro del agua, la conservación de la diversidad genética a través de una red local de semillas y el intercambio y la colaboración mediante el mercado de trueque de semillas y productos hortícolas.

Manzanares orienta sus huertos al cultivo de vegetales a pequeña escala y consumo propio, con el objeto de completar la amplia oferta de actividades socioculturales. Su financiación se ha realizado a través de la Asociación Alto Guadiana Mancha. Aunque no haya una experiencia previa en la gestion, el interés de los vecinos ha sido muy elevada y se tiene previsto crear otro huerto urbano en otra zona.

Valdepeñas impulsa desde 2013 la creación de huertos urbanos ecológicos como espacios de cultivo sostenible y cohesión social. Actualmente existen 44 parcelas, de las cuales 37 son de uso particular, dirigidas a jubilados y desempleados de larga duración. Las otras 7 están cedidas a entidades sociales: 6 a Cáritas, que las destina a familias en riesgo de exclusión social, y 1 a la Asociación de Padres y Madres del Alumnado del Colegio Virgen de la Cabeza. Estos huertos, distribuidos entre las calles Tonel y Bolivia, promueven prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente y el autoconsumo responsable, aunque en los huertos de la calle Bolivia se enfrentaron inicialmente a dificultades con el suministro de agua para el riego.

Villacañas tiene la originalidad de financiar su huerto urbano a través de un convenio con la Fundación Global Nature en el año 2014, como parte de un proyecto social y de educación ambiental contemplado en el Plan de Ordenación Municipal de 2001. Su mantenimiento se sustenta mediante la aportación de sus propietarios y con fondos municipales. En todos ellos se práctica la agricultura ecológica utilizando semillas locales algunas de sus padres y abuelos, salvo tres parcelas orientadas hacia la agricultura biodinámica y la biodiversidad donde participan los centros escolares y se realizan actividades, talleres y cursos.

Otros casos de proyectos de huertos urbanos no estudiados aún corresponden a experiencias más específicas. Concretamente tienen una finalidad pedagógica los huertos de biodiversidad del Instituto de Educación Secundaria Enrique de Arfe y el Colegio Nuestra Señora de la Consolación de Villacañas, para generar vínculos tempranos con el entorno, fomentar el aprendizaje activo y sensibilizar sobre prácticas sostenibles. Ambos cuentan con un fuerte respaldo institucional y buscan integrar la sostenibilidad en los programas informativos, si bien dependen de la financiación externa, el compromiso del equipo docente y la participación de la comunidad. Similar planteamiento tiene el Aula Agrícola de Alcázar de San Juan dentro del proyecto Bosque de la Vida incluido en la Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado municipal (EDUSI). Su función persigue extender conocimientos prácticos de agricultura, fomentar valores de sostenibilidad y fortalecer la responsabilidad y el trabajo en equipo. Es decir, se plantea como una extensión de las aulas tradicionales, pero en un entorno más natural, en el que los estudiantes trabajan directamente con plantas, suelos, sistema de riego o técnicas de cultivo ecológico, entre otros, descubriendo también la historia agraria y la horticultura manchega. Por último, el proyecto La Huerta de Tomelloso es una iniciativa de la Asociación de Familiares y Amigos de Personas con Discapacidad (AFAS) que ofrece alquiler de parcelas para huertos dentro de su proyecto de inclusión social.

4. Conclusiones

Lejos de entender la agricultura urbana y periurbana como una práctica propia de ciudades de gran tamaño, los huertos se descubren en las pequeñas ciudades como una herramienta relativamente consolidada para afrontar problemas, necesidades y demandas de territorios rurales como La Mancha.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Los casos analizados muestran avances en términos de visibilidad institucional y adecuación técnica. Aun así, persisten retos relevantes como la escasa participación, la falta de conexiones (sociedad-agricultura-educación), la limitada proyección en la trama urbana y su paisaje, y tensiones en las lógicas institucionales y en la visión de la aportación de estas iniciativas a la transformación de la ciudad y el territorio.

En cualquier caso, la promoción de la agricultura urbana debe extenderse a cualquier tipo de población, indistintamente de su tamaño. Si en las ciudades grandes y medias tiene unas finalidades de acercamiento de las personas a la naturaleza en las pequeñas ciudades de los espacios rurales persigue no romper el vínculo de la población con una actividad fundamental y costumbres arraigadas en su cultura. En ambos casos los huertos urbanos han demostrado su valor en las políticas de inclusión social y para el envejecimiento activo.

Por todo ello, es preciso promover un enfoque intersectorial que implique a actores institucionales, técnicos y ciudadanos, reconociendo estos espacios como infraestructuras multifuncionales verdes, culturales, formativas y económicas con potencial para fortalecer el sentido de pertenencia, la resiliencia comunitaria, la equidad ambiental y territorial y la regeneración social del paisaje.

5. Reconocimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto “Paisajes culturales, patrimonio y desarrollo territorial en Castilla-La Mancha” (2023-GRIN-34350) financiado por la UCLM y Fondos FEDER.

6. Referencias bibliográficas

Blasco-Sánchez, C., & Martínez-Pérez, F.J. (2025). Huertos urbanos, infraestructura verde y urbanismo: una relación histórica con capacidad renovadora. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, 53* (223), 127-142. https://doi.org/10.37230/CyTET.2025.223.6

Chinchilla, J.A. (2023). El principio de protección frente a la despoblación y la regeneración urbana en pequeños municipios (I). De la regulación del suelo rural a la obtención de equipamientos regionales. *Revista de Derecho Urbanístico y Medio Ambiente*, (362), 19-52. ISSN 1139-4978

EFUA (2022). *European Forum on urban agriculture: A Typology of Urban Agriculture.* Recuperado el 10 de abril, 2025, de https://lc.cx/7DfvZ7

FAO (1999, 25-29 de enero). *Agricultura urbana y periurbana.* Introducción, Capítulo III y IV. 15º periodo de sesiones del Comité de Agricultura (COAG), Roma. https://www.fao.org./unfao/bodies/COAG/COAG15/X0076S.htm

Gallar, D., & Vara, I. (2010). Desagrarización cultural, agricultura urbana y resistencias para la sustentabilidad. *Patrimonio cultural en la nueva realidad andaluza. Colección PH Cuadernos, 2* (26), 237-257. https://www.juntadeandalucia.es/organismos/iaph/servicios/publicaciones/detalle/78674.html

Iturregui, F.R. (2017). *Los huertos urbanos y el cultivo de sí. La agricultura urbana en España y el País Vasco como experiencia de ocio emergente y fenómeno social en expansión* [Tesis doctoral. Universidad de Deusto]. https://deustoteka.deusto.es/items/8e10804c-1c7e-4a62-a316-cc6a116535d0

Larrubia, R., Natera, J.J., & Carruana, D. (2020). Los huertos urbanos como estrategia de transición urbana hacia la sostenibilidad en la ciudad de Málaga. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE),* (86), 1-55. https://doi.org/10.21138/bage.2972

Mata, R., y Yacamán, C. (2015). Gobernanza para una agricultura viva en un paisaje periurbano de calidad. Estudios de caso en la huerta metropolitana de Madrid. En J. De la Riva, P. Ibarra, R. Montorio, y M. Rodrigues

(Coords.), *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 265-274). Universidad de Zaragoza-AGE.

Mejía, G., & Ávila, A. (2024). Prácticas agroecológicas en huertos urbanos comunitarios: contribuciones a la soberanía alimentaria y la sostenibilidad ambiental. *Reincisol, 3* (6), 4356-4374. https://doi.org/10.59282/recincisol.V3(6)

Méndez, M., Ramírez, L., & Alzate, A. (2005). La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia científica. *Cuadernos de Desarrollo Rural,* (55), 51-70. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia. https://www.redalyc.org/pdf/117/11705504.pdf

Méndez, R. (2023). *Tiempos críticos para el capitalismo global. Una perspectiva geoeconómica*. Editorial Revives.

Méndez, V.E., Bacon, C.M., & Cohen, R. (2013). Agroecology. A Transdisciplinary, Participatory and Action-oriented Approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 37* (1), 3-18. http://dx.doi.org/10.1080/10440046.2012.736926

Michelini, J.J., y Abad, L. (2018). Nuevas prácticas colaborativas, cuestión alimentaria y desarrollo urbano: los grupos de consumo agroecológico en Vallecas, Madrid. En J. Delgadillo, y J. Sanz Cuñada (Coords.), *Sistemas agroalimentarios locales de proximidad. Contextos rururbanos en México y España* (1 ed., pp. 73-101). Universidad Nacional Autónoma de México y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España).

Morán, N. (2011). Huertos urbanos en tres ciudades europeas: Londres, Berlín y Madrid. *Boletín CF+S, 47/48*, 75-124. https://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2716

Mougeot, L. (2001). Agricultura urbana: Definición, presencia, potencialidades y riesgos. *Cuaderno Temático,* (1), 1-43. Recuperado el 10 de marzo, 2025, de https://docplayers.es/17553184-.html

Pillet, F. (2001). *La Mancha. Transformaciones de un espacio rural.* Celeste Ediciones.

Plaza, J., Cañizares, M.C., & Ruiz, A.R. (2017). Patrimonio, viñedo y turismo: recursos específicos para la innovación y el desarrollo territorial de Castilla-La Mancha. *Cuadernos de Turismo*, (40), 547-571. https://doi.org/10.6018/turismo.40.310101

Puente Asuero, R. (2015). *Los huertos comunitarios en Andalucía. Conceptualización, identificación y claves para su gestión* [Tesis doctoral. Universidad Pablo de Olavide]. https://rio.upo.es/

RUAF (2023). Enabling Multiple Benefits of Urban Agriculture. *Urban Agriculture Magazine, 39*, 4-75. https://www.ruaf.org/urban-agriculture/

Sánchez Hernández, J.L. (2019). Combatir, transformar, superar el capitalismo a través de una acción colectiva localizada: las prácticas económicas alternativas. En J.L. Sánchez (Coord.), *Espacios y prácticas económicas alternativas en las ciudades españolas* (pp. 29-62). Editorial Aranzadi, S.A.U., Thomson Reuters [Libro electrónico].

Soler, M., & Renting, H. (2013). Agricultura urbana: prácticas emergentes para un nuevo urbanismo. *Hábitat y Sociedad,* (6), 3-8. https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2013.i6.01

Tornaghi, C. (2014). Critical geography of urban agriculture. *Progress in Human Geography, 38* (4), 551-567. https://doi.org/10.1177/0309132513512

Viljoen, A., y Bohn, K. (2014). *Second Nature Urban Agriculture: Designing productive* Cities (1st ed.). Routledge.

REGENERACIÓN URBANA, TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE Y POBLACIÓN LOCAL EN BARRIOS MARINEROS URBANOS. EL CASO DE PEDREGALEJO (MÁLAGA)

MATÍAS MÉRIDA RODRÍGUEZ[1]

ISABEL RUÍZ MORA[2]

PILAR EVA MOREJÓN GARRIDO[3]

ANGEL TOMÁS GARCÍA MARTÍN[4]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n 29071 Málaga, mmerida@uma.es https://orcid.org/0000-0002-9099-4787*

[2]*Departamento de Comunicación audiovisual y publicidad, Campus de Teatinos s/n 29017 Málaga, isabelruiz@uma.es https://orcid.org/0000-0002-9099-4787*

[3]*Graduada en Ciencias Ambientales Universidad de Málaga, pilarmg838@uma.es*

[4]*Graduado en Geografía y Gestión del Territorio Universidad de Málaga, angeltomas.g.m98@gmail.com*

Abstract: This paper aims to analyze the social perception of landscape transformations in a particular urban typology, fishing villages, using the Pedregalejo neighborhood in the city of Malaga as a case study. To this end, a survey was conducted among the resident population. The results convey the majority concern among the population about urban and tourist pressure, with a very high number of tourist accommodations (45%). This pressure translates into transformations in the particular urban typology of these neighborhoods and in the composition of the population, with residents leaving or selling their homes and their progressive replacement by tourists. Even so, it reveals a strong sense of identity and a continued positive perception of the neighborhood and its main attributes. The main conclusion is that the neighborhood is at risk of disappearing, both physically and socially, and the authorities are urged to adopt measures to control such activities and protect these spaces.

Keywords: Landscape, seaside neighborhoods, urban regeneration, local population

1. Introducción

Los poblados marineros o pesqueros constituyen una tipología urbana singular, caracterizada por su localización litoral, muy cercana al mar y a menudo sobre la propia playa. Se extienden por diversas zonas del área mediterránea, mostrando una presencia relevante en diferentes puntos de la provincia de Málaga. Surgen de forma espontánea, sin ordenación urbanística, como instalaciones vinculadas con las actividades pesqueras y como precarias viviendas para sus habitantes. Su mecanismo de agrupación da lugar a pequeños núcleos, con varios ejes longitudinales de edificaciones adosadas, paralelos a la línea de costa, y tipologías de autoconstrucción. Sin embargo, su ubicación litoral, asociada a la regeneración de las playas, que aleja, aparentemente, el riesgo de temporales, y que han traído consigo procesos de renovación y regeneración urbana (Roberts y Sykes, 1999), los han convertido en espacios altamente demandados por la actividad residencial y, especialmente, por la turística. Su población, que actualmente se dedica a otras ocupaciones, como la hostelería, conservando solo de forma muy puntual el carácter pesquero, sufren la presión de estos potentes sectores económicos, afectando de forma física (cambios edificatorios) y social (sustitución de la población original) al mantenimiento del carácter de dichos núcleos. En este contexto, esta comunicación tiene el objetivo evaluar la percepción social de las transformaciones recientes que están experimentando estos enclaves, tomando como caso de estudio el poblado marinero de Pedregalejo, en el sector oriental de la ciudad de Málaga.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio

La zona de estudio es el barrio marinero de Pedregalejo, en la parte oriental de la ciudad de Málaga, que forma parte de un conjunto más amplio, extendido hacia el este por las playas de El Palo. Sus orígenes se sitúan a finales del siglo XIX y principios del XX (Barrionuevo, 2018), con la instalación en la zona de playa de construcciones elementales (normalmente con la tipología de chozas) de población vinculada con las actividades pesqueras. Rodríguez Santamaría (1923) cifra en 450 las personas dedicadas a la pesca en aquella época en la zona de Pedregalejo y el Palo. El asentamiento esporádico fue consolidándose en las siguientes décadas, particularmente desde mediados del siglo XX, dando lugar a un poblado de carácter marinero, autoconstruido, en viviendas de escasa superficie y por ello dispuestas normalmente en dos plantas. Un núcleo articulado por varias alineaciones paralelas al mar, con una trama orgánica, y, en sus orígenes, sin dotación de servicios (agua, alumbrado, saneamiento, etc.), al erigirse de manera espontánea sobre terrenos públicos. Esta condición de alegalidad ha condicionado durante décadas su situación, ya que los propietarios carecían de títulos de propiedad, retrasando las labores de urbanización y siendo objeto, recurrentemente, de amenazas de derribo. Mientras tanto, la progresiva crisis de la pesca tradicional, de bajura y con artes poco sostenibles (boliche), condujeron, junto con las carencias urbanísticas, a la degradación social del barrio.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización del poblado marinero de Pedregalejo

Fuente: elaboración propia sobre ortofotografía del PNOA (2022)

A comienzos de los años 80 se desarrolló un proceso de regeneración urbana que pilotó en torno a varios ejes: la regeneración de la entonces exigua playa, mediante la construcción de espigones y diques que dieron lugar a calas artificiales, la creación de un paseo marítimo peatonal y la urbanización del espacio construido. El cambio fue radical, reorientándose la actividad de la población de origen pesquero hacia la hostelería. Viviendas técnicamente marginales se convirtieron, en un corto espacio de tiempo, en espacios demandados, surgiendo el alquiler de temporada como una nueva opción para sus habitantes. El barrio avanzó hacia su consideración como producto turístico, impulsada también por el Ayuntamiento en actuaciones como el nuevo diseño homogéneo de los espeteros (Silva y Salinas, 2018).

En décadas recientes, y en un proceso agudizado en los últimos años, se ha pasado de la renovación de las antiguas viviendas a directamente la sustitución por otras nuevas, normalmente con una finalidad distinta, primero hotelera y, en los últimos años, turística. Un proceso, junto con el cambio generacional, que ha provocado en parte la reducción de la población original y la pérdida de carácter del barrio. En los últimos años, el número de viviendas destinadas al turismo ha crecido enormemente, en un proceso también experimentado en otras zonas de la ciudad. Actualmente, de las 397 edificaciones contabilizadas en el barrio a partir de los datos de Catastro, 178 se utilizan, total o parcialmente, como apartamento o alojamiento turístico (fuente: consejería de Turismo, Junta de Andalucía), representando nada menos que el 44,8% del total de viviendas. Un proceso, por tanto, acelerado de transformación social del barrio.

Ante esta situación, la zona carece de medidas efectivas de control frente a las crecientes presiones inmobiliarias y turísticas. El PGOU establece limitaciones tipológicas, dentro de la categoría Colonia y Tradición Popular, que, entre otros parámetros, limitan la altura a un máximo de 2 plantas y a una parcela mínima de 70 metros. En este sentido, hay que indicar que una particularidad del barrio ha sido el crecimiento en altura ante la escasa superficie disponible, pudiéndose encontrar,

excepcionalmente, de parcelas de incluso 20 metros cuadrados, siendo más habituales plantas de 25 o 30 metros cuadrados (en dos alturas). Este hecho, que evidentemente supone una limitación al normal desenvolvimiento familiar, no contrasta tanto con las nuevas tendencias habitacionales en hogares unipersonales.

Más allá de los condicionantes urbanísticos, la singularidad del barrio, tanto tipológica como social, han conducido a la formulación de propuestas más ambiciosas de protección, como la realizada por ICOMOS, que indicaba que el barrio "debe tener una protección de carácter parcial, preservando el diseño urbano de sus calles y sus volúmenes edificados" (ICOMOS, 2018, p. 7). Incluso en el vecino poblado marinero de El Palo, hay sectores sociales que están impulsando su declaración como Bien de Interés Cultural.

2.2. Metodología

Metodológicamente, el trabajo se sustenta en una encuesta realizada a una muestra relevante de sus residentes durante los meses de julio y septiembre de 2024. Se realizaron un total de 46 encuestas a una población residente mayor de 14 años de 2.556 habitantes. Las entrevistas se efectuaron en la propia calle, por lo que la distribución interna de las mismas, aunque se aproxima, no se ajusta exactamente a las características demográficas de la población residente. Por sexo, la coincidencia es elevada, aunque no absoluta: frente a una proporción 55-45% entre mujeres y hombres, las encuestas realizadas reflejan una composición del 48% en mujeres y del 52% en hombres. Por edad, respecto a la composición de la población, el número de encuestas es más bajo en el caso de jóvenes (de acceso más difícil) y algo más numerosas en el caso de adultos y ancianos (tabla 1). La edad media de los residentes encuestados se situó en 61.2 años.

Tabla 1. Distribución por grupos de edad de la población y del muestreo realizado

GRUPOS DE EDAD	POBLACIÓN	POBLACIÓN (%)	ENCUESTAS	ENCUESTAS (%)
15-29	411	16,0	3	6,5
30-44	535	20,9	5	10,8
45-64	852	33,3	18	39,1
65 y más	758	29,6	20	43,4
Total	2556	100,0	46	100,0

Fuente: Padrón Municipal de Habitantes (INE) y elaboración propia

En el cuestionario se incluían preguntas relativas a la situación del barrio, sus atractivos y sus principales problemas, así como a su evolución reciente. En una escala de mayor detalle, se exploraba la percepción de su propia vivienda, y de las consecuencias de los procesos territoriales que le afectan: alojamientos turísticos, transformaciones tipológicas, precios de la vivienda, etc.

3. Resultados

La percepción general sobre la situación del barrio nos transmite una clara división entre los encuestados, siendo positiva o muy positiva para el 42% de los que responden, mientras que el 39,5% la valora de forma negativa. Un 18.5% resalta a la vez aspectos positivos y negativos. Entre los problemas mencionados destacan especialmente el ruido, vinculado al ocio nocturno, y la suciedad. Tras estos, en un siguiente nivel, aparecen recurrentes menciones al turismo, tanto directas como indirectas (precio de la vivienda, alquileres turísticos, pérdida de autenticidad del barrio), así como otras cuestiones más cotidianas, como el aparcamiento o problemas vinculados con las infraestructuras. Por el lado contrario, entre los principales atractivos del barrio, se destacan varios aspectos, como la cercanía del mar y la playa, la tranquilidad o la oferta gastronómica, siendo especialmente mencionados el sentido de barrio (el vecindario, el arraigo), su carácter pesquero y la propia estructura urbana (tipismo de las viviendas, calles peatonales). Una de las encuestadas sintetiza de forma explícita estas cualidades bajo el término 'autenticidad'.

La percepción sobre su evolución reciente es también dispar. Una parte relevante de los encuestados, el 29% considera que ha mejorado, mientras que otro grupo muy similar (27%) entiende que ha empeorado. La tercera respuesta adopta una posición neutral sobre esta cuestión (22%), mientras que el resto no contesta. En estas respuestas, y al margen de la propia experiencia personal de los encuestados, puede subyacer la época pasada tomada como referencia, más antigua en el caso de las opiniones positivas y más reciente en el caso de las negativas. Se preguntó de forma más concreta sobre los posibles cambios experimentados en las relaciones entre vecinos, la vida de barrio, en los últimos años. La mayoría de las respuestas inciden en la conservación de esta vida de barrio, aunque a menudo añadiendo el comentario "excepto alquileres" (se entiende que turísticos) o "con los de toda la vida bien". También se registra una percepción más negativa en un 22% de las respuestas, que entiende que se está acabando con la vida de barrio o que no se conocen los nuevos vecinos.

En general, la gran mayoría de los encuestados están satisfechos de vivir en el barrio, registrándose únicamente 3 valoraciones negativas. Entre los problemas que les encuentran a sus propias viviendas, se citan los problemas generales del barrio (ruidos, suciedad), poniéndose el acento especialmente en la falta de aparcamientos. Más específicamente, se menciona aspectos como la antigüedad de la vivienda y las dificultades de mantenimiento, relacionadas con las humedades e incluso inundaciones. Solamente 3 de los encuestados mencionan el pequeño tamaño de la vivienda, una de las características tipológicas más singulares del barrio.

Se preguntó a los residentes si alguna vez se había planteado dejar el barrio. La gran mayoría de las respuestas son negativas, únicamente 6 de ellos (13%) se lo ha planteado (y uno volvió al barrio). Los perfiles de estos encuestados son diversos. Dos de ellos viven en alquiler, y un tercero es una persona joven, y aducen motivos económicos (precio de la vivienda). Otros dos aluden al deterioro del barrio y la pérdida de sus esencias, mientras la última se lo plantea por motivos personales. Por el contrario, la mayoría de los encuestados ((2/3) conocen a personas que han dejado el barrio, vendiendo su vivienda. Entre los motivos, destacan especialmente las ventas por herencia y, en general, ofertas económicas atractivas. La mayoría de estas personas conocidas que han abandonado el barrio se ha desplazado (entre los encuestados que conocen este dato) al cercano municipio metropolitano de Rincón de la Victoria. Preguntados por la integración de los nuevos vecinos, los encuestados afirman que la mayoría son extranjeros, y distinguen entre los que viven en alquileres de temporada respecto a los que residen en alojamientos turísticos. Los primeros hacen más esfuerzos por integrarse, mientras que para los segundos no existe esa motivación.

Los propios encuestados han recibido, en su mayoría, ofertas de compra por sus viviendas, prácticamente el 80% de los que son propietarios. En este sentido, el calificativo 'generosa' a la oferta recibida es citado en varias ocasiones. Su percepción sobre el precio de venta de las viviendas en su barrio difiere, entre ellos y dependiendo de la situación de la vivienda. Es común que se citen cifras por encima del millón de euros por viviendas en primera línea de playa, oscilando entre 300.000 y 400.000 las restantes, estimando el precio de los solares en 250.000 euros. Respecto a la percepción del precio del alquiler, los sitúan entre los 1.000 y 2.000 euros mensuales, siendo algo inferiores en los alquileres permanentes.

La percepción de los alojamientos turísticos, muy extendidos por el barrio, es objeto de controversia, si bien la mayoría de los que se posicionan los rechazan, exigiendo más control y regulación por parte de las autoridades. En concreto, el 56% de los encuestados se muestran contarios, mientras el 32% los valoran positivamente o, más exactamente, indican que no le molestan. Menos repuestas recibe la pregunta relativa al alquiler de habitaciones, una actividad que goza de una ya larga tradición en el barrio. Únicamente 6 encuestados se posiciona ante esta cuestión, y lo hace de forma negativa. Pero la gran mayoría de los encuestados renuncia a responder a esta cuestión.

Respecto a los cambios experimentados en la tipología arquitectónica del barrio, la mayoría de los que se pronuncian lo hacen de forma negativa, un 60%, mientras que un 30% las valora positivamente. El 10% restante declara 'no habérselo planteado'. En las respuestas se recalca la singularidad tipológica de estas viviendas.

4. Conclusiones

Los poblados marineros, por su localización litoral, experimentan una fuerte presión urbanística que amenaza su particular tipología urbana y la conservación del carácter de su paisaje. Aunque el dinamismo y los cambios sean inherentes a estos barrios, desde sus orígenes y a lo largo de su evolución, las transformaciones que se están experimentando en los últimos años muestran una intensidad mucho mayor que amenaza el mantenimiento de sus particularidades. La población, según se desprende de los resultados, es consciente de estas presiones, y aunque parte las perciba como un posible beneficio, la mayoría resalta el riesgo de desaparición de la esencia del barrio. Urge, por tanto, la adopción de medidas desde la Administración que limiten la intensidad de la presión y proteja las características y valores del barrio.

5. Referencias bibliográficas

Ayuntamiento de Málaga (2011). Plan General de Ordenación Urbana de Málaga. Documento técnico.

Barrionuevo Serrano, M. R. (2018). La torre de San Telmo, el camino de Vélez y los orígenes de Pedregalejo. *Péndulo: Revista de Ingeniería y Humanidades*, (29), 90-103

ICOMOS (2018). Informe del comité nacional español de ICOMOS sobre los Valores y protección del patrimonio de la carpintería de Ribera de los astilleros Nereo (Málaga) y su entorno de las Playas del Pedregalejo. Informe técnico, inédito.

Roberts, P. y Sykes, H. (1999). *Urban regeneration: a handbook*. London: SAGE Publications Ltd.

Rodríguez Santamaría, B. (1923). *Diccionario de artes de pesca de España y sus posesiones*, Madrid: Sucesores de Rivadeneyra

Silva Pérez, R. y Fernández Salinas, V. (2017). El patrimonio en la reinvención de Málaga. Agentes, instrumentos y estrategias. *Investigaciones Geográficas*, (67), 81-100. https://doi.org/10.14198/INGEO2017.67.05

FORECASTING THE FUTURE OF THE SUBMEDITERRANEAN ECOTONE: INSIGHTS FROM MARCESCENT OAK DISTRIBUTION MODELING

ISABEL PASSOS[1,2]

CARLOS VILA-VIÇOSA[3,4]

JOÃO GONÇALVES[3,5]

MARIA MARGARIDA RIBEIRO[1,6,7]

ALBANO FIGUEIREDO[2]

[1] *Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Polytechnic University, Quinta Sra. de Mércules 6001-909 Castelo Branco, Portugal;*

[2] *Centre of Studies in Geography and Spatial Planning, Department of Geography and Tourism – University of Coimbra, Colégio de São Jerónimo, 3004-530 Coimbra, Portugal*

[3] *BIOPOLIS Program in Genomics, Biodiversity and Land Planning, CIBIO. Campus de Vairão, 4485-661 Vairão, Portugal*

[4] *MHNC-UP—Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto – Herbário PO, Universidade do Porto. Praça Gomes Teixeira, 4099-002, Porto, Portugal*

[5] *CIBIO (Research Center in Biodiversity and Genetic Resources)-InBIO (Research Network in Biodiversity and Evolutionary Biology), Campus Agrário de Vairão, Rua Padre Armando Quintas, University of Porto, 4485-661 Vairão, Portugal*

[6] *Polytechnic Institute of Castelo Branco, Polytechnique University, School of Agriculture, Quinta Sra. de Mércules 6001-909 Castelo Branco, Portugal*

[7] *CEF, Forest Research Centre, TERRA Associated Laboratory, Superior Institute of Agronomy, Lisbon University, Lisbon, Portugal*

Abstract: The submediterranean ecotone represents the climatic transition between the temperate and Mediterranean bioclimates, spreading across southern Europe and northern Africa. This climatic and vegetational transitional area is characterized by a shift from deciduous and evergreen forests, being very dynamic, with changes driven by precipitation and temperature patterns since the Quaternary. In this study, we explore potential future shifts of the submediterranean ecotone due to climate change, using the potential distribution of marcescent oaks as proxy. Environmental suitability maps were produced using the occurrence points of four-marcescent oaks: *Quercus canariensis, Q. faginea, Q. pubescens* and *Q. pyrenaica*. Occurrence data was collected from online databases and experts and harmonized on a 10×10 km grid. A multi-technique modeling approach that combined different algorithms was implemented using the R package "biomod2". The models' performance was assessed through the TSS and AUC indices, showing values that indicate excellent performance of 0.873 and 0.985, respectively. Then, the submediterranean ecotone's future range shifts were projected

under different climate change scenarios (SSP3-7.0 and SSP5-8.5) for 2070 and 2100. According to our model projections, the submediterranean ecotone will expand towards northern and eastern Europe and will loose suitable area in the western Mediterranean, reduced to scattered isolated refuges at higher altitudes in markedly Atlantic areas, benefiting from the decrease in the seasonality of temperature and rainfall.

Keywords: climate change; modeling; oaks; range shift; submediterranean forests.

1. Introduction

Southern Europe spans across two major biogeographic regions: (1) the Eurosiberian and (2) the Mediterranean. The Eurosiberian region is characterized by cold winters and mild rainy summers, with lower seasonal variability, while the Mediterranean region typically experiences hot and dry summers (Rivas-Martínez et al., 2011). The transition between these regions forms gradually and typically a subtype of the temperate macrobioclimate, known as the submediterranean ecotone. This ecotone spans across the Southern European peninsulas and is characterized by milder summers, supported by additional rainfall considering the Mediterranean pattern (Vila-Viçosa et al., 2020). The submediterranean potential vegetation is characterized by the domain of semi-deciduous and marcescent forests, dominated mainly by oaks (*Quercus* L.) (Loidi, 2017). However, it remains uncertain how this ecotone and associated forests will withstand the coming decades, given the projected changes in precipitation patterns, rising temperatures, and the increasing frequency of extreme climatic events, particularly in the Mediterranean region (Lionello & Scarascia, 2018).

Therefore, understanding how the distribution of marcescent species may shift under projected climate conditions (Vila-Viçosa et al., 2020) is essential for anticipating these forests' future. Species Distribution Models (SDMs) are used for making forecasts by linking species occurrence data with environmental variables, making them relevant tools for predicting current species ranges (Elith & Leathwick, 2009; Guillera-Arroita, 2017; Sillero et al., 2021). Species distribution models (SDMs) can generate maps for both present and future conditions, supporting the assessment of potential impacts on biodiversity under climate change scenarios, namely, possible range shifts (Pecchi et al., 2019; Zurell et al., 2020).

This study investigates the future range shifts of four marcescent oak species, as proxies for changes in the sub-Mediterranean ecotone. We provide key insights into the current distribution of submediterranean areas within the western Palearctic realm and project the potential impacts of climate change on these transitional zones.

2. Materials, data, and methods

Four marcescent oak species that dominate submediterranean forests were selected: *Quercus canariensis*, *Q. faginea*, *Q. pubescens*, and *Q. pyrenaica*. Besides the Iberian Peninsula, their distribution also extends into other parts of Europe and North Africa. Species occurrence data were compiled from various sources, including online databases and expert-curated records. The data was cleaned by removing georeferencing errors and duplicate entries, then aggregated into a unified database and harmonized using a 10×10 km grid.

2.1. Environmental variables

A total of 19 bioclimatic variables were sourced from CHELSA v2.1 (Karger et al., 2017) for the current baseline period (1981–2010). Future climate conditions were represented using ensemble averages derived from five General Circulation Models (GCMs)—GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, and UKESM1-0-LL—developed under the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Projections were made for two Shared Socioeconomic Pathways (SSPs): SSP3-7.0 (intermediate emissions scenario) and SSP5-8.5 (high emissions scenario), across two future time horizons: 2041–2070 and 2071–2100. In addition to climatic data, we incorporated edaphic and topographic variables to improve model accuracy. These included soil pH and soil texture class at a depth of 5 cm (Hengl et al., 2017), as well as terrain metrics such as the Topographic Ruggedness Index (TRI; a proxy for slope and terrain complexity) derived from Riley and DeGloria (1999), and the Topographic Wetness Index (TWI; indicative of soil moisture and flow accumulation) based on Beven and Kirkby (1979). Both topographic indices were obtained from the EarthEnv project at a spatial resolution of 1 km.

To reduce multicollinearity, we excluded highly correlated predictors (pairwise correlation coefficient $|r| \geq 0.7$) following Dormann et al. (2013). Final variable selection also considered the known ecological requirements of the target oak species to ensure ecological relevance and model interpretability.

2.2. Modelling approach: calibration, fitting, and evaluation

SDMs were developed using the biomod2 package implemented in R statistical software (R 4.2.0) (Thuiller et al., 2009). This package uses a multi-model ensemble forecasting approach to analyze species-environment relations by combining several statistical and machine-learning-based algorithms (Thuiller et al., 2024). Models were fitted using eight available modeling techniques currently available in biomod2: GLM (Generalized Linear Models); GAM (Generalized Additive Models); SRE (Surface Range Envelope); ANN (Artificial Neural Networks); FDA (Flexible Discriminant Analysis); MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines); RF (Random Forests); and MAXENT (Maximum Entropy Model).

To minimize spatial niche truncation and clamping effects (Chevalier et al., 2022), models were developed across a substantially broader area that includes the full distribution range of the selected species, extended by a 1000 km buffer. Given the presence-only nature of the data, pseudo-absence (PA) datasets were generated for model calibration. Five PA sets of 10,000 grid cells each were created without a minimum distance between pseudo-absences, to maximize the representativeness of the study area's environmental space. Species prevalence was adjusted to $p = 0.3$, which optimized model performance.

Holdout cross-validation was used for model evaluation, with 80% of the input records used for model fitting and 20% for evaluation in each of 10 rounds. The Area Under the Receiver-Operating Curve (AUC), True Skill Statistic (TSS), and Sensitivity and Specificity values were calculated in biomod2 (Thuiller et al., 2009) to evaluate model performance. To reduce inter-model uncertainty, an ensemble model generated based on an average of the best-performing models (Hao et al., 2019), selected using a threshold of 0.7 of TSS values (Freeman & Moisen, 2008).

The current model overlapped with the different future model projections to assess range shifts, suitability gains/losses, and areas that remain suitable or unsuitable (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**1). These spatial operations were performed using ArcGIS Pro® 3.2.2., using the Raster Calculator tool.

		Future model projections	
		Unsuitable	Suitable
Current projection (baseline)	Unsuitable	Stable unsuitable (SU)	Gain (G)
	Suitable	Loss (L)	Stable suitable (SS)

Table 1. Matrix displaying species distribution dynamics by comparing current and future projections

3. Results

Values of 0.873 and 0.985 for TSS and AUC, respectively, indicate excellent performance for the ensemble model. Sensitivity and specificity scores above 90, also highlight a well-balanced model capable of accurately predicting presences and absences.

The final ensemble model suggests that, under current climatic conditions, the submediterranean ecotone spans into a significant portion of Western Europe, including Great Britain and Ireland, and extends into Northern Africa, from the coastal regions of Tunisia and Algeria to the Moroccan Atlantic Mountain ranges (Figure 1).

Projections under future climatic scenarios indicate a northward (latitudinal) and eastward (longitudinal) shift in the geographic range of submediterranean conditions for the analyzed periods (2041-2070 and 2071-2100) and the two different SSP scenarios. As anticipated, these shifts will be more pronounced under the most pessimistic scenario (SSP585) and in later periods (2071-2100) (Figure 2). Expected gains will include northern and eastern Europe, with submediterranean ecotone potentially reaching as far as Scandinavia, particularly through the influence of *Q. pubescens* extended distribution, since this species crisscrosses diverse ecological positions at the landscape level, allowing it to thrive into unfavored biotopes and secondary positions. In contrast, significant losses are anticipated in southern areas, especially in inland regions of North Africa and southern Iberia. However, coastal zones and higher altitudes in the southern regions are expected to remain climatically suitable (Figure 2). Overall, projections suggest that 60-80% of the current submediterranean area will remain suitable across all scenarios considered. In most scenarios, the area gains are expected to exceed 20%, while total losses range from 3.5% to 11.9%.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figure 1. Modelled suitable distribution of the submediterranean ecotone (suitable=green, unsuitable=grey) in the western Mediterranean area under current climate conditions, based on marcescent oaks distribution (*Q. canariensis, Q. faginea, Q. pubescens and Q. pyrenaica*).

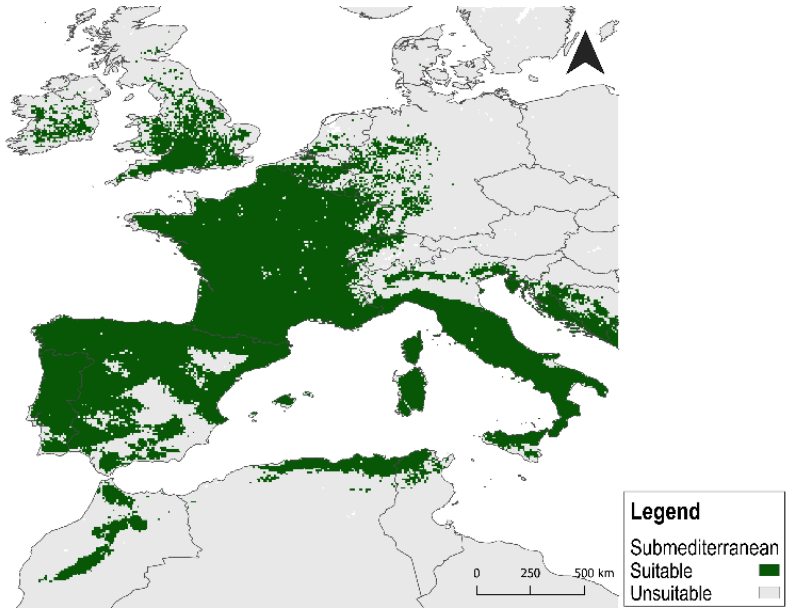
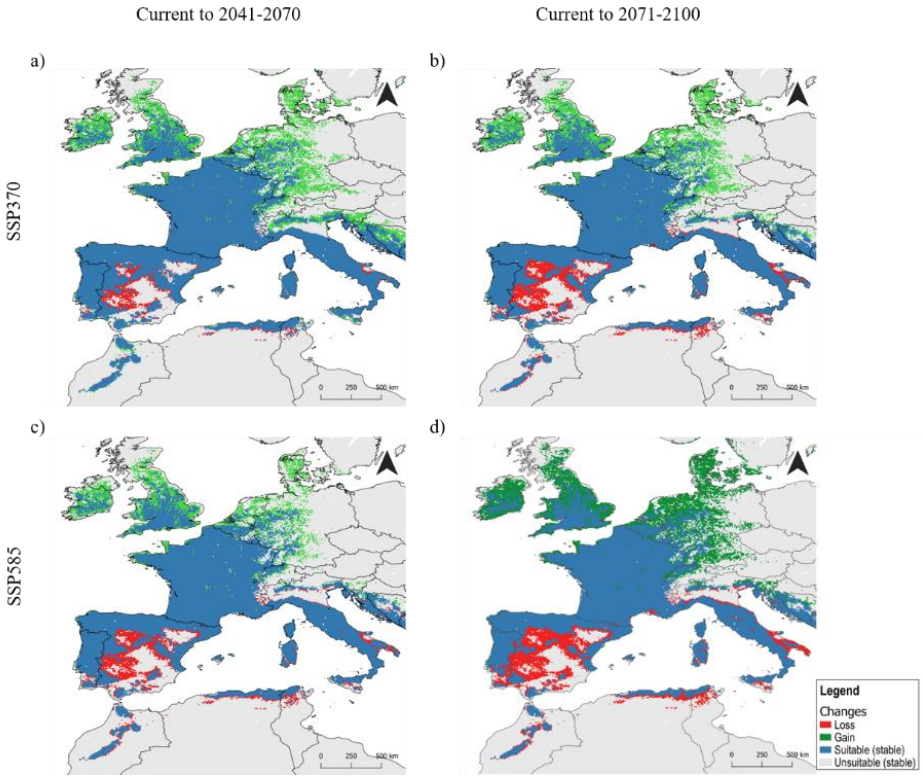


Figure 2. Changes in predicted distributions (gain=green, lost=red, or stable=blue) of the submediterranean ecotone in the western Mediterranean area: a) 2041-2070 SSP370; b) 2071-2100 SSP370; c) 2041-2070 SSP585; d) 2071-2100 SSP585.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusions

This study investigates the current and projected future extent of the submediterranean ecotone: a critical bioclimatic and biogeographic transition zone that shapes plant and habitat diversity across Europe and North Africa. Our results indicate a northward expansion in the environmental suitability for marcescent oaks, while substantial losses are anticipated in southern regions, particularly within the interior of the Iberian Peninsula. In these areas, this ecotone is expected to persist mainly at higher elevations or along coastal zones, where the moderating influence of the sea, characterized by narrower temperature ranges and increased precipitation, helps sustain suitable conditions. This research provides valuable insights for developing new forest management strategies for ecosystem preservation and restoration, biodiversity conservation, carbon allocation, and supporting the European Commission's Nature Restoration Law proposal. Future studies should focus on endangered species, incorporating meta-analyses that could offer a broader understanding of other species beyond oaks and trees.

5. Bibliographical references

Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, *24*(1), 43–69. https://doi.org/10.1080/02626667909491834

Chevalier, M., Zarzo-Arias, A., Guélat, J., Mateo, R. G., & Guisan, A. (2022). Accounting for niche truncation to improve spatial and temporal predictions of species distributions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*. https://doi.org/10.3389/fevo.2022.944116

Dormann, C. F., Schymanski, S. J., Cabral, J., Chuine, I., Graham, C., Hartig, F., & Singer, A. (2013). Correlation and process in species distribution models: bridging a dichotomy. *Journal of Biogeography*, *39*(12), 2119–2131. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02659.x

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *40*, 677–697. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

Freeman, E. A., & Moisen, G. G. (2008). A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling*, *217*(1–2), 48–58. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.05.015

Guillera-Arroita, G. (2017). Modelling of species distributions, range dynamics and communities under imperfect detection: advances, challenges and opportunities. *Ecography*, *40*(2), 281–295. https://doi.org/10.1111/ecog.02445

Hao, T., Elith, J., Guillera-Arroita, G., & Lahoz-Monfort, J. J. (2019). A review of evidence about use and performance of species distribution modelling ensembles like BIOMOD. In *Diversity and Distributions* (Vol. 25, Issue 5, pp. 839–852). Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1111/ddi.12892

Hengl, T., De Jesus, J. M., Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M. N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M. A., Vargas, R., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Leenaars, J. G. B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, *12*(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, *4*. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122

Lionello, P., & Scarascia, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Regional Environmental Change*, *18*(5), 1481–1493. https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1

Loidi, J. (2017). *Plant and Vegetation 12 The Vegetation of the Iberian Peninsula Volume 1* (Springer. Cham., Ed.). http://www.springer.com/series/7549

Pecchi, M., Marchi, M., Burton, V., Giannetti, F., Moriondo, M., Bernetti, I., Bindi, M., & Chirici, G. (2019). Species distribution modelling to support forest management. A literature review. In *Ecological Modelling* (Vol. 411). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108817

Reif, A., Xystrakis, F., Gärtner, S., & Sayer, U. (2017). Floristic change at the drought limit of European beech (Fagus sylvatica L.) to downy oak (Quercus pubescens) forest in the temperate climate of central Europe. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *45*(2), 646–654. https://doi.org/10.15835/nbha45210971

Riley, S. J., & Degloria, S. D. (1999). *A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity*. https://www.researchgate.net/publication/259011943

Rivas-Martínez, S., Rivas Sáenz, S., Penas, A., Alcaraz, F., Amigo, J., Asensi, A., Barbour, M., Biondi, E., Cantó, P., Capelo, J., Costa, J., Costa, M., del Arco, M., del Río, S., Díaz, T., Díez Garretas, B., Fernández-González, F., Gavilán, R., Gehú, J., … Wildpret, W. (2011). Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*, 1–634. https://doi.org/10.5616/gg

Sillero, N., Arenas-Castro, S., Enriquez-Urzelai, U., Vale, C. G., Sousa-Guedes, D., Martínez-Freiría, F., Real, R., & Barbosa, A. M. (2021). Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, *456*. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109671

Thuiller, W., Georges, D., Gueguen, M., Engler, R., Breiner, F., Lafourcade, B., Patin, R., & Blancheteau, H. (2024). *biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling.* (R package version 4.2-6-2). https://biomodhub.github.io/biomod2/.

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. (2009). BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, *32*(3), 369–373. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x

Vila-Viçosa, C., Gonçalves, J., Honrado, J., Lomba, Â., Almeida, R. S., Vázquez, F. M., & Garcia, C. (2020). Late Quaternary range shifts of marcescent oaks unveil the dynamics of a major biogeographic transition in southern Europe. *Scientific Reports*, *10*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-78576-9

Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P. J., Dormann, C. F., Elith, J., Fandos, G., Feng, X., Guillera-Arroita, G., Guisan, A., Lahoz-Monfort, J. J., Leitão, P. J., Park, D. S., Peterson, A. T., Rapacciuolo, G., Schmatz, D. R., Schröder, B., Serra-Diaz, J. M., Thuiller, W., … Merow, C. (2020). A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography*, *43*(9), 1261–1277. https://doi.org/10.1111/ecog.04960

"COMERSE" EL TERRITORIO. LA RESTAURACIÓN RURAL EN ESPAÑA

CRISTINA PÉREZ-MORA[1]

ANTONIO PIZARRO-GÓMEZ[2]

FRANCISCO JAVIER GARCÍA-DELGADO[3]

[1]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Campus de El Carmen, mariaexr@hotmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6882-9788*

[2]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Empresariales y Turismo, Plaza de La Merced, 11, pizarro@uhu.es, https://orcid.org/0000-0002-0083-2590*

[3]*Instituto de Desarrollo Local, Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Campus de El Carmen, fcogarci@uhu.es, https://orcid.org/0000-0001-8863-4179*

Abstract: In the contemporary restaurant sector, characterised by a dynamic and evolving market, customers are increasingly seeking more comprehensive gastronomic experiences. Gastronomy has emerged as a conduit for connection, including with the production environment. This research study aims to analyse the utilisation of concepts representing the territory in the collective imagination (traditional, local product, Km0, among others) in the websites and online menus of rural establishments distinguished by the Michelin and Repsol Guides. The objective of this research is to determine whether there is an intention to position the gastronomy as an ambassador of the territory through its definition. The methodology employed is mixed, incorporating a descriptive analysis of online information (social networks, official websites, and menus) and semi-structured interviews with entrepreneurs in the sector. The results indicate that: (a) explicit references to the product's origin are used as a positioning tool; (b) restaurateurs recognise the importance of the "local product" concept due to its relationship with the environment; (c) despite the diversity of terms to define the territory, the same definitions are repeated; and (d) the assimilation of the product with the territory is more relevant than its origin. In conclusion, online menus and websites seek to demonstrate the relationship between territory and gastronomy, turning the experience into bringing the environment to the diner's plate.

Keywords: Gastronomy; Local Product; Experience; Positioning

1. Introducción

Frente al productivismo, el post-productivismo aboga por la multifuncionalidad agraria (Armesto, 2005), revalorizando productos agrícolas tradicionales por su calidad certificada, elaboración artesanal, diversidad y la conexión productor-comunidad (Ilbery, 2001). Pese a que los espacios locales valoran los productos autóctonos y tradicionales, la globalización los atenúa (Burley, 2015). La tendencia global hacia un consumo consciente afecta al sector de la hostelería, ya que los consumidores se preocupan por la procedencia y las prácticas agrícolas sostenibles (Cantele y Cassia, 2020). Por ello, la gastronomía local genera experiencias memorables en el turismo alimentario, y los restaurantes actúan como agentes del destino, conectando producción y consumo (Cohen y Avieli, 2004). La autenticidad buscada por los comensales se satisface con la oferta local, que capta su interés (Fusté-Forné y Noguer-Juncá, 2023). Así, la gastronomía local es un pilar para hosteleros que buscan construir una identidad culinaria auténtica (Duarte y O'Neill, 2010). La oferta gastronómica se diferencia mediante el uso estratégico de productos locales. El auge del "producto local" es una respuesta a las prácticas productivistas de las últimas décadas (Armesto y Gómez, 2016), que han transformado los procesos alimentarios. Definir "producto local" es complejo y ambiguo (Armesto et al., 2018) y no existe un consenso (Jones et al., 2004). Algunos autores (Ilbery et al., 2006; Jones et al., 2004) lo asocian a características geográficas, mientras otros (Selfa y Qazi, 2005) incluyen variables contextuales. Aunque "tradicional" se conceptualiza como valor cultural y patrimonial distinto de "local" (Vanhonacker et al., 2010), también surge la definición de "alimento tradicional": producto con características distintivas por ingredientes, composición, producción o procesamiento (Weichselbaum et al., 2009). Generalmente, los productos locales (también conocidos como típicos o tradicionales) se caracterizan por su conexión con el territorio, calidad diferenciada, producción y venta restringidas a la misma área, y demanda creciente (Fusté-Forné y Noguer-Juncá, 2023). Esta diversidad conceptual exige definir claramente "producto local" o "de proximidad" en la restauración y su uso. La hipótesis planteada es que los restaurantes rurales distinguidos (Guías Michelin y Repsol) usan estratégicamente conceptos evocadores del territorio ("tradicional", "producto local", "Km0") en su comunicación digital para posicionar su oferta, que adquiere valores identitarios y del entorno.

2. Materiales, datos y métodos

La selección de restaurantes distinguidos (Guías Michelin y Repsol) en áreas rurales es una elección metodológica deliberada. Estos establecimientos son referentes de visibilidad y proyección en el mercado, y responden a unos criterios identificados como "alto nivel de calidad", que promueven la gastronomización de destinos rurales y aumentan el capital mediático del destino (Batat, 2021). A través de fuentes secundarias se han recopilado datos de todos los restaurantes españoles que aparecen en las Guías Michelin© (estrellas, estrella verde o Bib Gourmand) y Guía Repsol© (soles, sol sostenible) entre 2019 y 2023. En total son 1.119, de los que 303 (27,08%) se localizan en el espacio rural (fuera de área urbana y/o en poblaciones <10.000 habitantes). Esta investigación se enfoca en aquellos restaurantes ubicados en municipios con <5.000 habitantes, sumando inicialmente 83 establecimientos (27,39%). Este criterio busca abordar la crisis demográfica y de despoblación que afecta a estas áreas rurales de menor tamaño (Collantes y Pinilla, 2019), que enfrentan mayores desafíos en términos de sostenibilidad poblacional y económica, ofrecen un contexto particular y relevante para estudiar cómo la gastronomía de alto nivel puede vincularse al territorio y actuar como motor de desarrollo. Así, esta selección no se realizó mediante un muestreo estadístico aleatorio con el objetivo de generalización, sino que obedece a un criterio metodológico específico y cualitativo. Del total

seleccionado, se eliminan 4 restaurantes que cerraron a lo largo de la recogida de datos (junio 2022-noviembre de 2024), reduciendo la muestra final a 79 establecimientos. No representan una pérdida aleatoria que afecte la validez estadística para inferencias poblacionales, sino que reflejan las dificultades y la dinámica real del sector hostelero en estas zonas (falta de relevo generacional, competitividad…). Aunque esta reducción ajusta el número final de la muestra, el criterio de selección original basado en el tamaño poblacional se mantuvo constante. En primer lugar, con el fin de determinar cuáles son los conceptos empleados para relacionar el territorio con la oferta gastronómica de los establecimientos seleccionados, se realizó un análisis documental de fuentes secundarias a través de la información publicada en sus páginas web (74), redes sociales (22, se consideran Facebook e Instagram) y cartas online (65), se implementó un protocolo de codificación sistemático. Partiendo de una lectura exploratoria de todo el corpus textual para familiarizarse con el contenido e identificar los términos y frases recurrentes relacionados con el territorio y la oferta gastronómica, se realizó después una codificación inductiva. Esto implicó la identificación y extracción de palabras clave y expresiones relevantes que los restaurantes utilizaban para vincular su propuesta culinaria con el entorno geográfico y cultural, mediante lectura directa de las diferentes fuentes. La recopilación de la información textual de las páginas web se realizó mediante revisión y extracción manual sistemática de los contenidos relevantes de las secciones de "carta", "filosofía", "quiénes somos", "historia" y "nuestra cocina" de cada sitio web/red social. Este proceso permitió una lectura contextualizada de los términos. Cada aparición de estos términos fue registrada en una hoja de cálculo Excel©, que permitió organizar y calcular las frecuencias. Una vez recopilados, los términos se agruparon temáticamente (Van der Meulen, 1999; Gerritsen et al., 2007) basándose en su significado y contexto de uso: (a) territorialidad, que evalúa la relación entre las características del producto y su origen geográfico; (b) tipicidad, que determina el grado de diferenciación del producto local en comparación con otros similares; (c) tradición, que considera la vinculación temporal del producto con el territorio y sus métodos de elaboración artesanal; (d) colectividad, que se refiere al grupo social involucrado en la producción; y (e) el valor paisajístico, que conecta las características del producto con la representación cultural del territorio; a estos se añaden las características del propio producto (f), que determinan si son de temporada y cómo han sido producidos. Finalmente, los datos obtenidos fueron tabulados presentando la frecuencia absoluta y relativa de cada término y concepto agrupado. En segundo lugar, se realizó una entrevista a responsables de establecimientos, validada por tres expertos académicos antes de su aplicación definitiva. Las entrevistas semiestructuradas contaron con una serie de variables basadas en cuestiones previamente establecidas, agrupadas en siete bloques: (a) perfil sociodemográfico; (b) características del establecimiento; (c) aprovisionamiento; (d) oferta gastronómica y producto local; (e) turismo y gastronomía; (f) desarrollo local; y (g) sostenibilidad y calidad diferenciada. Para esta investigación se toman los ítems del bloque (d), con el fin de analizar su concepción del término "producto local" y su orientación a la representación del territorio a través de la gastronomía. En total se realizaron 30 entrevistas, que representa un 37,97% de la muestra final de restaurantes. El número de entrevistas se considera adecuado para alcanzar la saturación teórica en un estudio cualitativo con un segmento de participantes relativamente homogéneo. La saturación se alcanzó cuando la recolección de nuevos datos dejó de aportar información novedosa/relevante sobre los temas centrales de la investigación. Finalmente, se aplicó la triangulación de datos, contrastando la información obtenida del análisis de la comunicación digital (sitios web, redes sociales y cartas online) con las percepciones y testimonios recabados a través de las entrevistas semiestructuradas. Este enfoque metodológico mixto permitió validar y enriquecer los hallazgos, ofreciendo una comprensión más holística y robusta del fenómeno estudiado.

3. Resultados y discusión

Para facilitar la comprensión y el análisis de los resultados, los diversos términos empleados han sido agrupados en conceptos más genéricos (y más usados en frecuencia) (Tabla 1). El concepto "tradicional" es el más prevalente, con una presencia combinada en el 84,81% de los establecimientos. Si a este término se le añade el carácter "familiar", su incidencia en la comunicación de los restaurantes se eleva al 97,47% de los casos. Resulta significativo que el adjetivo "local" como término individual es uno de los menos empleados directamente (15,19%), al igual que las referencias directas a productores locales. Esto podría explicarse por la percepción de que los conceptos "tradicional" o "típico" actúan como indicadores de una calidad superior o una conexión más arraigada que el simple "local" (Vanhonacker et al., 2010). La "cercanía" es un elemento de considerable importancia (46,84%). Del mismo modo, resalta que el ingrediente proviene de un "territorio" específico es relevante (31,65%). El origen concreto del producto (localidad, región) se utiliza en mayor medida como estrategia de reclamo (68,35%). Incluso, el autoabastecimiento se convierte en un diferenciador clave (27,83%). Los alimentos de "temporada" (43,04%) y aquellos con etiquetas de indicaciones geográficas (DOP, IGP) (37,97%) también destacan, especialmente cuando estas etiquetas coinciden con zonas cercanas al establecimiento. Asimismo, la especialización en un producto concreto (recetas e ingredientes) refuerza la función de estos establecimientos como atractivos turísticos gastronómicos (Hall y Sharples, 2003), observándose en el 30,38% de los casos. El "valor paisajístico" se refleja principalmente en el uso de "huerta/huerto" (20,54%), indicando una conexión con las características productivas del lugar, mientras que términos como "valles" y "monte/montaña" aparecen limitadamente (ambos 7,59%). La "colectividad" no se representa de forma directa en las cartas analizadas, sino que se diluye en conceptos como "tradición" o la referencia al origen, que implícitamente sugieren una comunidad detrás del producto.

Tabla 1. Análisis de la terminología representativa del territorio

CATEGORÍA	TÉRMINOS INDIVIDUALES	FRECUENCIA DE USO
Tipicidad	Típica	57
Tradición	Tradicional	10
	De la abuela/madre/familiar	10
Territorialidad	Origen del producto (localidad/región)	54
	Local (varía según el restaurador; vid. tabla 2)	36
	DOP/IGP	30
	Cercanía/Proximidad	28
	De la zona/entorno	21
	Uso expreso del adjetivo "local"	12

	De la tierra/el terreno	8
	Km0	3
	Slow food	2
Valor paisajístico	Huerta/huerto	15
	Monte/montaña	6
	Valle	6
	Prado	1
	Tierra de secano	1
	Bosque	1
Características del producto	Temporada	34
	Autoabastecimiento/propio	22

Fuente: Cartas online, Websites y RRSS de los 79 establecimientos. Elaboración propia, 2025.

No se apreció una diferencia del uso de "tradicional" entre restaurantes con distinción Michelin y Repsol. Sin embargo, sí se observó cierta vinculación entre el uso del término "origen del producto (localidad/región)" y la ubicación del restaurante en municipios con menor población, lo que sugiere una mayor necesidad de explicitación del origen en estos contextos. Así, el concepto "producto local" tiene multitud de acepciones (Tabla 2), coincidiendo la mayor parte de los/as entrevistados/as en que este término incluye lo producido dentro de la provincia donde se sitúa el establecimiento. En términos generales, se considera que lo verdaderamente local es aquello producido en el propio municipio, aunque las zonas cercanas también pueden ser reconocidas como tales. Sin embargo, la mitad de las respuestas apunta que la Comunidad Autónoma puede interpretarse como una frontera para definir lo local, aunque la percepción de cercanía disminuya al aumentar la distancia. Reseñable es la distinción entre la producción y el consumo; los ingredientes fabricados en España son percibidos como menos locales que aquellos adquiridos en el municipio, sin importar su lugar de producción, pero queda patente que el origen del producto es de gran importancia en la decisión de compra. Con estas opiniones se justifica la idea de que la disponibilidad y calidad de los productos locales en un territorio específico están intrínsecamente ligadas a las características geográficas que lo definen (Armesto y Gómez, 2016). Además, desde la perspectiva del consumidor, la comida tradicional se asocia a una cierta área local, región o país (Vanhonacker et al., 2010), por lo que es razonable que en los casos que se han estudiado, este concepto predomine sin importar la distancia que recorre el producto. Por otro lado, se comenta también por varios empresarios/as el uso de artesanías locales, reforzando la idea de que los productos locales abarcan desde alimentos y bebidas típicas hasta artesanía (Gerritsen et al., 2007).

Tabla 2. Percepciones del concepto "producto local" según los restauradores entrevistados

Tema/Categoría	Hallazgo-clave	Citas representativas
Definición ambivalente de "local"	La mayoría de los restauradores no tienen una definición estricta	*"Lo local es lo que se produce en la provincia, aunque lo ideal es de Km0" (Ent.25). "Producto local incluye también lo producido en los valles cercanos" (Ent.20)*
Importancia del origen y calidad	El origen geográfico es crucial, asociado directamente a la calidad y la autenticidad, más allá de la distancia.	*"Lo local es calidad, es saber de dónde viene y quién lo produce." (Ent.1).*
Relación con la tradición y cultura	Los productos locales se vinculan fuertemente con la tradición culinaria y la identidad.	*"Nuestros platos llevan productos cultivados aquí" (Ent.3). "Nos especializamos en productos de temporada y del territorio" (Ent.25)*
Rol del restaurante como prescriptor	Los restaurantes se ven a sí mismos como promotores de los productos y artesanos locales.	*"Explicamos la historia de los proveedores, de dónde viene el producto para que el cliente sepa y pueda valorar lo que se come."* (Ent.19)
Inclusión de artesanías y otros productos	El concepto de "producto local" a menudo se extiende más allá de los alimentos.	*"No solo es lo que viene de los huertos cercanos, también el vino de la bodega de al lado o las artesanías de la zona." (Ent.24)*

Fuente: Entrevistas a los responsables de restauración. Elaboración propia, 2025.

El contraste entre la comunicación explícita en línea y la percepción de los empresarios justifica la idea de que la calidad se valora más que la proximidad y que la disponibilidad está condicionada por la temporada. Estos agentes asocian lo "local" con productos de alta calidad y origen conocido, aunque estos provengan de zonas más alejadas, siempre que mantengan un vínculo, mientras que se reconoce el uso de productos de temporada como parte esencial de lo local, aunque se recurre a otras zonas geográficas si es necesario para garantizar la calidad y variedad.

4. Conclusiones

Nuestros resultados revelan que, en la comunicación digital, se observa una predominancia de términos asociados a la "tradición" y a un origen territorial definido (localidad/región) como estrategias clave de posicionamiento, incluso por encima del uso explícito del adjetivo "local". Esto sugiere que el carácter tradicional y el origen específico del producto son más relevantes para la difusión y la percepción de calidad del consumidor que la estricta cercanía física al punto de venta. La importancia de la "cercanía" y el "autoabastecimiento" también subraya una clara orientación hacia el consumo de productos de proximidad. Así, los restaurantes rurales analizados se consolidan como actores

cruciales en la configuración de experiencias culinarias basadas en el territorio (Fusté-Forné y Noguer-Juncá, 2023). A través de su oferta y comunicación virtual, logran que la experiencia gastronómica trascienda el plato, conectando directamente al comensal con entorno productivo y cultural local. Por otra parte, esta investigación demuestra que, si bien los responsables de la restauración rural distinguida comprenden la relevancia del "producto local" y su conexión con el territorio, no existe una definición común y unívoca de este concepto. Cada empresario lo adapta a la idiosincrasia de su establecimiento, lo que difumina sus límites geográficos.

Como limitación principal del estudio, la baja densidad de restaurantes distinguidos en el entorno rural español restringe la generalización de estos resultados al conjunto de la restauración rural. Las conclusiones se aplican específicamente a establecimientos con un perfil de excelencia y reconocimiento similar. Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar la muestra a una diversidad más amplia de restaurantes rurales, incluyendo aquellos sin distinciones, lo que permitiría una comprensión más holística. Asimismo, aplicar el estudio a comarcas específicas podría ofrecer una visión más detallada de las dinámicas territoriales y la conceptualización del producto local en contextos delimitados. Además del análisis descriptivo de frecuencias, se considerará la aplicación de pruebas estadísticas de significancia (chi2) para evaluar posibles asociaciones entre el uso de determinados conceptos territoriales y características específicas de los establecimientos.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2023-146317OB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER/UE

5. Referencias bibliográficas

Armesto López, X.A. (2005). Notas teóricas en torno al concepto de postproductivismo agrario. Investigaciones geográficas, (36), 127-156. DOI: http://dx.doi.org/10.14198/INGEO2005.36.01

Armesto López, X.A., Gómez Martín, B., & Cors i Iglesias, M. (2018). La Transformación del mundo agrario en un territorio turístico de montaña. Las comarcas de Alta Ribagorça, Aran y Pallars Sobirà. Cuadernos Geográficos, 57(3), 267-290. DOI: https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i3.6274

Armesto López, X.A., Gómez Martín, M.B. (2016). Restauración local y productos alimentarios. La situación en la comarca del Moianès (Cataluña). Ager, (21), 43-72. DOI: 10.4422/ager.2016.03

Batat, W. (2021). The role of luxury gastronomy in culinary tourism: An ethnographic study of Michelin-Starred restaurants in France. International Journal of Tourism Research, 23(2), 150-163. DOI: https://doi.org/10.1002/jtr.2372

Burley, H. (2015). De agricultor a consumidor: apoyo ciudadano a los alimentos de producción local y sostenible. Resultados de la encuesta de opinión realizada por TNS Opinion, Amigos de la Tierra Europa, Disponible en http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/FOE_Local_Food_ESP_FINAL_web.pdf

Cantele, S., Cassia, F. (2020). Sustainability implementation in restaurants: A comprehensive model of drivers, barriers, and competitiveness-mediated effects on firm performance. International Journal of Hospitality Management, 87, 102510. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102510

Cohen, E., Avieli, N. (2004). Food in tourism: Attraction and impediment. Annals of Tourism Research, 31(4), 755–78. DOI: https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.02.003

Collantes, F., Pinilla, V. (2019). ¿Lugares que no importan? La despoblación de la España rural desde 1900 hasta el presente. Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.

Duarte Alonso, A., O'Neill, M. (2010). Small hospitality enterprises and local produce: a case study. British Food Journal, 112(11), 1175-1189. DOI: https://doi.org/0.1108/00070701011088179

Fusté-Forné, F., Noguer-Juncà, E. (2023). Designing Michelinstarred menus from the perspective of chefs: Is the presence of local food worth a trip? International Journal of Food Design, 9(1), 1-17. DOI: https://doi.org/10.1386/ijfd_00062_1

Gerritsen, P.R.W., Villalvazo, V., Figueroa, P., Cruz, G., & Morales-Hernández, J. (2007). Globalización y respuestas locales. En P.R.W Gerritsen, J. Morales-Hernández (eds.). Respuestas locales frente a la globalización económica. Productos regionales de la Costa Sur de Jalisco (pp. 19-42). Iteso.

Hall, C.M., Sharples, L. (2003). The consumption of experiences or the experience consumption? An introduction to the tourism of taste. In Hall, C. M., Sharples, L., Mitchell, R., Macionis, N., & Cambourne, B. (Eds.), Food Tourism Around The World (pp. 1-24). Oxon: Routledge. DOI: 10.4324/9780080477862

Ilbery, B. (2001). Relocalización de los sistemas de producción agro-alimentaria en la Unión Europea. Geographicalia, (39), 5-20. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2001391372

Ilbery, B., Watts, D., Simpson, S., Gilg, A., & Little, J. (2006). Mapping local foods: evidence from two English regions. British Food Journal,108(3), 213-225. DOI: https://doi.org/10.1108/00070700610651034

Jones, P., Comfort, D., & Hillier, D. (2004). A case study of local food and its routes to market in the UK. British Food Journal, 106(4), 328-335. DOI: https://doi.org/10.1108/00070700410529582

Selfa, T., Qazi, J. (2005). Place, taste, or face-to-face? Understanding producer–consumer networks in "local" food systems in Washington State. Agriculture and Human Values, 22(4), 451-464. DOI: https://doi.org/10.1007/s10460-005-3401-0

Van der Meulen, H.S. (1999). Streekproducten in Nederland: inventarisatie, criteria, certificering en case-studies. Wageningen Universiteit.

Vanhonacker, F., Verbeke, W., Guerrero, L., Claret, A., Contel, M., Scalvedi, L., …, & Hersleth, M. (2010). How European consumers define the concept of traditional food: Evidence from a survey in six countries. Agribusiness, 26(4), 453-476. DOI: https://doi.org/10.1002/agr.20241

Weichselbaum, E., Benelam, B., & Soares Costa, H. (2009). Traditional foods in Europe, No. FP6 FOOD-CT-2005-513944, 6th Synthesis Report, European Food Information Resource (EuroFIR).

EL PARQUE NATURAL DEL LAGO DE SANABRIA Y SIERRAS SEGUNDERA Y DE PORTO: INVENTARIO DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO

MIGUEL ÁNGEL POBLETE PIEDRABUENA[1]

SALVADOR BEATO BERGUA[2]

JOSÉ LUIS MARINO ALFONSO[3]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), mpoblete@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0003-1030-5310*

[2]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), beatosalvador@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-5538-7685*

[3]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, Calle Francisco Rodríguez García, s/n, 33011 Oviedo (ES), marinojose@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-6213-407X*

Abstract: The Natural Park of Lago de Sanabria y sierras Segundera y de Porto is the first of the 15 natural areas of this category protected by the Junta de Castilla y León. Located in the extreme northwest of the province of Zamora, specifically, between the Segundera (Peña Trevinca, 2,127 m asl) and Cabrera (Vidulante, 2,053 m asl) mountain ranges, to the W and N respectively. It is a vast territory of 32,302 ha in extension, bounded by the headwaters of the Bibey and Tera rivers. It is a natural landscape of unusual beauty, the result of an intense glacial modeling that occurred during the Würmian, of which the most distinctive morphological testimony is Sanabria lake, the largest lake of glacial origin in Spain, barely 1,000 m asl. Nevertheless, this natural park has a considerable geomorphological heritage that must be inventoried and catalogued. Therefore, the objective of this work is to carry out an exhaustive inventory for which the methodology used has consisted of a combination of field work and photointerpretation of aerial images and digital aerial orthophotographs of the Spanish National Orthophoto Program. As a result, 3 geomorphological groups, 16 units and 12 elements have been inventoried, which will serve not only to disseminate knowledge but also to promote the active and committed enjoyment of natural and cultural values, both from a geotourism and educational point of view. Finally, this heritage inventory will serve as the basis for a future evaluation of the geomorphosites of this natural area.

Keywords: Inventory; Gemorphological Heritage; Sanabria Lake; Natural Park.

1. Introducción

El Parque Natural de Lago de Sanabria y sierras Segundera y de Porto (PNLSSP), situado en el extremo noroccidental de la provincia de Zamora, en Castilla y León, tiene una superficie de 32.302 hectáreas que se extienden por parte de los términos municipales de Galende, Trefacio, Cobreros y Porto, con una altitud comprendida entre 940 y 2127 m. Fue declarado espacio protegido al amparo de la figura de Parque Natural en 1978 por la Junta de Castilla y León y está incluido en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León (REN). Se caracteriza por un paisaje de inusitada belleza derivada de un relieve con una destacada impronta glaciar propia de alta montaña, pero con la singularidad de que se halla en la penillanura meseteña a sólo 1000 m de altitud. Este enclave de alto valor ecológico y paisajístico pertenece desde el 19 de julio de 2006 a la Red Natura 2000 (ZEC-ES4190105 - Lago de Sanabria y alrededores con 27 hábitats y 27 especies de interés comunitario; ZEPA-ES4190009 - Lago de Sanabria y alrededores) y además forma parte desde 2015 de la reserva de la biosfera Transfronteriza Meseta Ibérica.

El objetivo de este trabajo consiste en inventariar y catalogar los elementos que configuran el patrimonio geomorfológico de este ENP, con la finalidad de conocer cuáles son sus recursos patrimoniales y fomentar la divulgación y conocimiento de los valores naturales y culturales, tanto desde un punto de vista geoturístico como educativo. Además, este inventario y catalogación del patrimonio geomorfológico servirá de base para una futura valoración de los lugares de interés geomorfológico (LIGm) de este espacio natural, lo que favorecerá una adecuada gestión y ordenación integral de tales recursos en pro de su conservación para el disfrute y el bienestar de la sociedad.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Los rasgos generales del paisaje

Los rasgos del paisaje del PNLSSP vienen determinados por su condición de bisagra entre el ámbito mediterráneo y el atlántico, con un relieve definido por la penillanura castellana y las Montañas Galaico-leonesas, un clima entre continental y templado-húmedo y una vegetación entre mediterránea y eurosiberiana. Es en esta naturaleza de transición donde reside su variedad, riqueza y singularidad. Desde el punto de vista geológico, el PNLSSP pertenece a la zona Centroibérica del Macizo Hespérico (Julivert et al., 1972), razón por la cual se caracteriza por el predominio de materiales metamórficos de edad paleozoica, en concreto, de gneises de grano fino y también de facies glandular o de "Ollo de sapo", formados por megacristales de feldespatos potásicos correspondientes al Ordovícico inferior (Parga-Pondal et al., 1964). Este roquedo resistente y rígido fue afectado por el plegamiento hercínico de orientación NO-SE, produciéndose en las fases tardías de distensión la intrusión de los plutones de granodioritas de Quintana y Ribadelago. Durante el largo período de calma tectónica que se prolonga entre el Mesozoico y comienzos del Terciario todas estas estructuras hercinianas fueron completamente arrasadas por la erosión hasta quedar peniplanizadas, modelándose como resultado una penillanura antigua y poligénica, al ser retocada en varias etapas (Martínez et al., 1981). Con posterioridad, la orogenia alpina fragmentó y levantó en forma de horst o bloques elevados la antigua penillanura, originando las sierras de Porto y Segundera. Así pues, las altiplanicies de Porto y Segundera configuran la más antigua y elevada superficie de erosión. Encajada a sus pies, entre 1000 y 900 m, se extiende la superficie de erosión inferior conocida como penillanura fundamental, de mayor extensión y origen postparoxismal, esto es, de edad miocena (Solé, 1958). Finalmente, las plataformas cacuminales arrasadas, aunque de modesta altitud, alimentadas por una abundante y regular

innivación procedente de las borrascas atlánticas, albergaron durante el Pleistoceno superior (Würmiense) una gran masa de hielo en forma de glaciar de casquete (ice cap) de unos 440 km^2 (Cowton et al., 2009), el mayor de la península ibérica, del que descendían radialmente varias lenguas como la de Bivey, Trefacio, Cárdenas, Segundera; y, en especial, la del valle del Tera de unos 15 km de longitud y de 350 a 450 m de espesor que labró la artesa del Cañón del Tera y sobreexcavó la doble cubeta que cubre el lago de Sanabria (Martínez de Pisón et al., 1989).

2.2. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico seguido se fundamenta en tres pilares: la revisión exhaustiva de los trabajos geomorfológicos previos (Cabero, 1977; Martínez de Pisón et al., 1989; Rico et al., 2007; Cowton et al., 2009; Rodríguez-Rodríguez et al., 2011, 2014; Jambrina-Enríquez et al., 2014; Fernández, 2015; Santos-González et al., 2021), el reconocimiento del terreno a través del trabajo de campo y la fotointerpretación de ortofotos y, por último, el inventario y catalogación de las formas de relieve más significativas. En efecto, la metodología principal aplicada se basa en el inventario y catalogación de la información geomorfológica desarrollado por Martín-Duque et al. (2012), en el que las formas de relieve y los procesos se organizan en niveles jerarquizados: conjuntos, unidades y elementos. El componente fundamental lo constituye la unidad geomorfológica homogénea a la que se le asigna un código numérico (arábigo). Los conjuntos ponen en relación y engloban cierto número de unidades, y aportan contexto al paisaje, identificándose mediante un código numérico (romano). Por último, los elementos caracterizan las unidades geomorfológicas en las que se integran aportando un nivel adicional de información, y se distinguen con un código alfabético. Los elementos no son específicos de cada unidad, sino que un mismo elemento puede desarrollarse en distintas unidades. Por otro lado, los materiales consultados han sido los siguientes: el mapa geológico del MAGNA50, en concreto, la hoja nº 267 y la memoria correspondiente (Martínez et al., 1981), el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) y las ortofotos del PNOA del año 2023 con tamaño de píxel de 0,35 m.

3. Resultados

El espléndido y variado patrimonio geomorfológico del PNLSSP se organiza en 3 conjuntos (Tabla 1), 16 unidades (Tabla 2) y 12 elementos geomorfológicos (Tabla 3), distribuidos entre formas estructurales, erosivas, de origen glaciar, periglaciar, fluviales y de laderas. No obstante, es la impronta glaciar la morfología más distintiva y que mejor se conserva en las dos superficies de erosión del relieve.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Clasificación geomorfológica del inventario. Conjuntos geomorfológicos

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TERMINOLOGÍA INTERNACIONAL
I	Altiplanicies	High plains
II	Artesas glaciares	Glacial troughs
III	Penillanura y valles	Peneplain and valleys

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Clasificación geomorfológica del inventario. Unidades geomorfológicas

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TERMINOLOGÍA INTERNACIONAL
1	Plataforma cacuminal glaciada	Glacieted summit surface
2	Cañones	U-shaped valleys
3	Circos glaciares	Glacial cirques
4	Cubetas de sobreexcavación	Glacial basins
5	Horns	Frost-shattered summits
6	Terrazas de obturación morrénica	Morainic obcturation terrace
7	Campos de bloques glaciares	Glaciar boulder fields
8	Arcos morrénicos frontales	Frontal morainic ridges
9	Morrenas laterales	Lateral morainic ridges
10	Morrenas de fondo	Ablation moraine
11	Marmitas de gigante	Gnammas
12	Pozas	Pools
13	Cascadas o saltos de agua	Waterfalls
14	Llanuras de inundación	Floodplain
15	Avalanchas de rocas	Rock avalanches
16	Deslizamientos	Landslides

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Clasificación geomorfológica del inventario. Elementos geomorfológicos

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TERMINOLOGÍA INTERNACIONAL
A	Pilar tectónico	Horst
B	Fracturas	Fractures
C	Tors	Tors
D	Estrías glaciares	Glacial striations
E	Hombreras glaciares	Glacial shoulders
F	Dorso de ballena	Whaleback
G	Rocas aborregadas	Roches moutonnées
H	Canales subglaciares	Subglacial channels
I	Umbral rocoso	Rock-bars or riegel
J	Abanico torrencial	Torrential fan
K	Tajo en el fondo de la artesa	Cut into the base of glacial through
L	Derrubios de ladera	Talus slope

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

El patrimonio geomorfológico del PNLSSP es de una gran variedad y riqueza, con formas tanto estructurales como erosivas, así como resultado de una amplia gama de agentes morfogenéticos, entre otros, fluvial, glaciar, periglaciar y de laderas. En concreto, se han inventariado 3 conjuntos, 16 unidades y 12 elementos geomorfológicos, que servirán no sólo para difundir el conocimiento sino también para promover el disfrute activo y comprometido de los valores naturales y culturales, tanto desde el punto de vista geoturístico como educativo. Por último, este inventario patrimonial servirá de base para una futura evaluación de los geomorfositios de este espacio natural.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la difusión de resultados del proyecto de investigación *Paisajes de Interés Cultural en riesgo de desaparición (NO de España): su documentación y digitalización* (PID2023-147884NB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, en el marco de la convocatoria de Proyectos I+D+i 2023, modalidad "Generación de Conocimiento".

5. Referencias bibliográficas

Cabero Diéguez, V. (1977). Morfología glaciar y deterioro ecológico en la Sierra Segundera: el Lago de Sanabria. *Medio Físico, Desarrollo Regional y Geografía. V Coloquio de Geografía*, Granada.

Cowton, T., Hughes, P. D., & Gibbard, P. L. (2009). Palaeoglaciation of parque natural lago de Sanabria, northwest Spain. *Geomorphology*, *108*(3-4), 282-291.

Fernández Fernández, J. M. (2015). Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en la reconstrucción paleoglaciar: el caso de la Sierra Segundera (Zamora, España). *GeoFocus*, *16*, 87-118.

Jambrina-Enríquez, M., Rico, M., Moreno, A., Leira, M., Bernárdez, P., Prego, R., Recio, C., & Valero-Garcés, B. L. (2014). Timing of deglaciation and postglacial environmental dynamics in NW Iberia: the Sanabria Lake record. *Quaternary Science Reviews*, *94*, 136-158.

Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A. y Nabais-Conde, L. E. (1972*). Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares a escala 1:1.000.000*. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, Spain, 113 pp.

Martín-Duque, J. F., Caballero García, J., & Carcavilla Urquí, L. (2012). Geoheritage information for geoconservation and geotourism through the categorization of landforms in a Karstic landscape. A case study from Covalagua and Las Tuerces (Palencia, Spain). *Geoheritage*, *4*, 93-108.

Martínez García, E.; Iglesias Ponce de León, M.; Peinado Moreno, M. y Maura Amunategui C. (1981). *Mapa Geológico de España 1:50.000, Hoja 267, Puebla de Sanabria*. IGME.

Martínez de Pisón, E.; Agudo, C.; Alonso, F.; González, J. A.; González, M. J.; Poblete, M. A., Serrano, E. y Ugarte, F. (25-29 de septiembre de 1989). *Observaciones sobre la geomorfología glaciar de Sanabria* [Presentación]. XI Congreso Nacional de Geografía, Madrid.

Parga-Pondal, I., Matte, Ph., Capdevila, R. (1964). Introduction a la geologie de "Ollo de Sapo", formation porphyroide antesilurienne du Nord-Ouest de l'Espagne. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, *76*, 119–153.

Rico, M. T., Valero-Garcés, B. L., Vega, J. C., Moreno Caballud, A., González-Sampériz, P., Morellón, M., & Mata Campo, M. P. (2007). El registro sedimentario del Lago de Sanabria desde la última deglaciación. *XII Reunión Nacional de Cuaternario*, Ávila.

Rodríguez-Rodríguez, L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M. J., Rico, M. T., & Valero-Garcés, B. (2011). Las deglaciation in northwestern Spain. New chronological and geomorphologic evidence from the Sanabria region. *Geomorphology*, *135*, 48-65.

Rodríguez-Rodríguez, L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M. J., Rinterknecht, V., Pallàs, R., Bourlès, D. & Valero-Garcés, B. (2014). A multiple dating-method approach applied to the Sanabria Lake moraine complex (NW Iberian Peninsula, SW Europe). *Quaternary Science Reviews*, *83*, 1-10.

Solé L (1958). Observaciones sobre la edad de la penillanura fundamental de la Meseta española en el sector de Zamora. *Breviora Geol Asturica*, *2*, 3–8.

Santos-González, J., Gómez-Villar, A., González-Gutiérrez, R. B., Corella, J. P., Benito, G., Redondo-Vega, J. M., Melón-Nava, A., & Valero-Garcés, B. (2021). Geomorphological impact, hydraulics and watershed-lake connectivity during extreme floods in mountain areas: the 1959 Vega de Tera dam failure, NW Spain. *Geomorphology*, *375*, 107531

ITINERARIO SONORO-VISUAL POR LOS PAISAJES DEL AGUA DEL PARQUE NATURAL DE SOMIEDO (ASTURIAS, ESPAÑA)*

M.ª ÁNGELES RODRÍGUEZ TUÑÓN [1]

DANIEL HERRERA ARENAS [2]

CARMEN RODRÍGUEZ PÉREZ [3]

JUAN SEVILLA ÁLVAREZ [4]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011, Oviedo. UO64219@uniovi.es, https://orcid.org/0009-0007-8396-6837*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011, Oviedo. herreradaniel@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0002-5900-4730*

[3]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011, Oviedo. crperez@uniovi.es,*

[4]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011, Oviedo. sevillajuan@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-6235-0020*

Abstract: Landscape and soundscape are closely related to the concept of heritage, reflecting the natural, social, cultural, political, and economic aspects of a territory. To illustrate this, we designed an itinerary that presents water as a landscape-shaping agent, capable of carving the relief, influencing vegetation, and determining land use, in addition to producing soundscapes characteristic of each location. The route follows the valleys of the Saliencia, Somiedo, and Valle rivers in the Somiedo Natural Park and Biosphere Reserve, Asturias, protected due to the high degree of conservation of its geological, biological, cultural, and landscape diversity. Thus, fieldwork was conducted, determining the points of interest along the itinerary based on their landscape and heritage qualities. Photographs were taken, and sound was recorded for landscape analysis. The itinerary was represented using virtual reality. Therefore, the result is a virtual guided excursion guided by water where visual and aural landscapes and their heritage value are analyzed. Each stop highlights how water has influenced an aspect of the landscape perceived from that location, such as glacial, periglacial, and fluvial landforms, vegetation, agricultural, industrial, and tourist activities, as well as the predominant natural and anthropogenic sounds. This itinerary allows users to experience, virtually or in situ, the natural and cultural values of the area, and can be used for educational, tourism, and heritage purposes.

Keywords: landscape; soundscape; heritage; virtual reality; geographical excursion.

* Esta comunicación forma parte de la difusión de resultados del proyecto de investigación "Paisajes de Interés Cultural en riesgo de desaparición (NO de España): su documentación y digitalización (PID2023-147884NBI00)", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE), en el marco de la convocatoria de Proyectos I+D+i 2023, modalidad "Generación de Conocmiento", del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023 y del proyecto de investigación BIOFOODSCAPE: Paisajes agroalimentarios en las montañas españolas. Diversidad biocultural, innovación social y desarrollo territorial (ID2023-146662OB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE), en el marco de la convocatoria de Proyectos I+D+i 2023, modalidad "Generación de Conocimiento", del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023.

1. Introducción

El Convenio Europeo del Paisaje define el paisaje como "cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos". Incluye, por tanto, no solo una porción de la superficie terrestre con sus elementos naturales y antrópicos, sino también la percepción sensorial y cultural de ese espacio. Puesto que el paisaje refleja aspectos naturales, sociales, culturales, políticos y económicos del territorio, se considera un componente fundamental del patrimonio que contribuye al bienestar de los seres humanos y a la formación de culturas locales (Consejo de Europa, 2000).

Uno de los componentes fundamentales de los paisajes es el sonido. Según Schaffer (1994), cada lugar se caracteriza por la combinación de tres elementos sonoros: la tonalidad, distinguida en los sonidos de fondo producidos por el viento y el agua, por ejemplo, (geofonías), los seres vivos (biofonías) y los seres humanos y sus actividades (antropofonías); las señales sonoras, sonidos que escuchamos más activamente y las marcas sonoras características de ese espacio y lugar, con valor simbólico y afectivo. El estudio geográfico del sonido abordado desde variadas está permitiendo entender la relación del paisaje con las emociones, la memoria, la identidad y la historia y, además, aplicarlo en ámbitos como el urbanismo, el consumo, el turismo y la educación (Paiva, 2018).

Las excursiones o reconocimientos territoriales son una de las técnicas más arraigadas en el estudio y la enseñanza tanto de la Geografía como del Paisaje Sonoro (Gómez Mendoza & Sanz Herráiz, 2013; Westerkamp, 2017), por ser herramientas idóneas para la observación directa desde múltiples puntos de vista y poder llevarse a cabo en cualquier momento y lugar, en solitario o en grupo (Westerkamp, 2017; Liceras Ruiz, 2018). La combinación de una metodología expositiva, que dirige la atención a los diferentes aspectos a estudiar, con una metodología interactiva adaptada a la diversidad del grupo, a las circunstancias del momento y a la observación con todos los sentidos, consigue una mayor efectividad en el estudio y aprendizaje de la Geografía (García Ruiz, 2013; Koegst et al, 2022).

Una nueva forma de realizar itinerarios es utilizar formatos digitales como la realidad virtual (RV). En estos entornos digitales se crea la ilusión de estar en el mundo real, aunque pueden incluir elementos no presentes en el medio, y permiten conocer libremente los diferentes espacios a distintas escalas espaciales y temporales (Fernández García & Herrera Arenas, 2022). Se están realizando, por ejemplo, con fines educativos (Koegst et al, 2022), turísticos (Fernández García & Herrera Arenas, 2022) y comerciales (Chen et al, 2023). Desde el Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo se han propuesto excursiones geográficas virtuales con fines turísticos (González López et al, 2020), educativos (Marino Alfonso et al, 2021; Rodríguez et al, 2022; Herrera et al, 2025) y metodológicos (Sevilla et al, 2023). Además, ponen en valor el patrimonio territorial a través de los paisajes (Herrera et al, 2025).

Continuando con esta trayectoria, el presente itinerario por los paisajes del agua de Somiedo pretende explorar los componentes visual y aural del paisaje, creando una propuesta de carácter vivencial para realizar *in situ* o virtualmente. El agua es un importante agente configurador del paisaje en Somiedo; así se encuentran, por ejemplo, mineralizaciones debidas a aguas hidrotermales y procesos erosivos asociados a dinámica fluvial, glaciar y periglaciar así como los derivados de la disolución de las calizas. También se asocia a la distribución de la vegetación y a su utilización por las comunidades humanas asentadas o trashumantes en este territorio a lo largo de los siglos. El agua es perceptible en los numerosos arroyos, lagos y lagunas del Parque, configurando al mismo tiempo el paisaje sentido. El sonido producido por el movimiento del agua es una tonalidad característica en

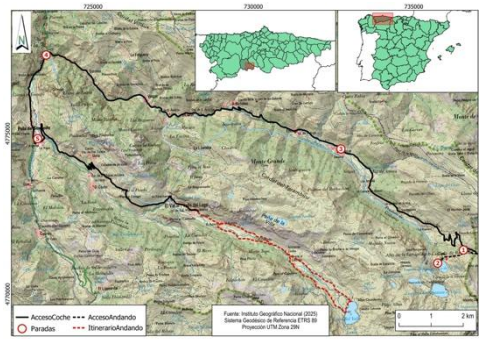
gran parte del Parque Natural, convirtiéndose en algunos casos en marca sonora en el área de estudio. Este recorrido pretende poner en valor las características paisajísticas (visuales y sonoras) para su utilización con fines turísticos y/o educativos.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en Somiedo (figura 1), un municipio de la montaña asturiana, caracterizado por una gran diversidad litológica, un escarpado relieve de morfología pseudoapalachense, con cumbres por encima de los 2000 m s.n.m., modelado por activos procesos glaciares y periglacires y una densa red hidrográfica que ha conformado cuatro valles principales (Rodríguez Pérez, 2015). Somiedo también se distingue por una importante diversidad florística, asociada en numerosas comunidades climácicas y en sus etapas de degradación, que se están viendo favorecidas por el abandono de las actividades tradicionales relacionadas con la ganadería trashumante (Álvarez García, 1993-2002). Desde Asturias, el ganado vacuno de la comunidad local de Somiedo pastaba libremente en las zonas altas de primavera a otoño y las vegas se aprovechaban como prados de siega para alimentar al ganado estabulado en zonas bajas en invierno y como tierras de labor. También de primavera a otoño subían los pueblos de *vaqueiros de alzada* desde la costa y los valles interiores con todos sus enseres y animales. Y desde la meseta llegaban grandes rebaños de ovejas para aprovechar los pastos de altura, aún frescos, en verano. De toda esta actividad perviven parte de la red de caminos, algunos cercados y *cabanas de teito* (García Martínez, 1996). La actividad ganadera pervive, aunque las especies, el número de cabezas, las técnicas y las tecnologías han ido cambiado consiguiendo mayor productividad en menor espacio. El abandono de zonas de mayor pendiente y de más difícil acceso ha permitido la recuperación de comunidades vegetales y la existencia de un diverso mosaico paisajístico. Gracias a la gran diversidad geológica y biológica, al mantenimiento de actividades tradicionales y al excepcional paisaje, el municipio se convirtió en el primer Parque Natural de Asturias en 1988, contribuyendo a su conservación y a su dinamización económica. Además, desde el año 2000 es Reserva de la Biosfera y algunos lugares concretos han sido protegidos con figuras como Monumento Natural, ZEPA y ZEC (Decreto 169/2014, de 29 de diciembre).

Figura 1. Área de estudio.



Fuente: elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.2. Metodología

El itinerario se diseñó adaptando la metodología mixta de trabajo de campo y de gabinete propuesta por Sevilla *et al* (2023) y complementada con la utilizada por Marino *et al* (2021). Tras una sistemática revisión bibliográfica y documental se seleccionaron las áreas a explorar en el trabajo de campo con el objetivo de buscar puntos de interés paisajístico siguiendo tres criterios principales: el agua como importante agente configurador del paisaje visual y aural; la accesibilidad preferentemente rodada, o en rutas catalogadas como fáciles o muy fáciles en senderos de pequeño recorrido homologados del Principado de Asturias (PR.AS) y la disponibilidad de fuentes documentales, cartográficas y sonoras para completar la interpretación del paisaje visual y sonoro. Los datos fueron sintetizados en fichas descriptivas de los rasgos característicos del paisaje de cada punto de interés para guiar las grabaciones de campo. Las fotografías y grabaciones en 360º fueron tomadas con la cámara Insta 360 PRO. El ambiente sonoro fue registrado con la grabadora SONY UX570 adaptando las recomendaciones de Metcalf et al (2022) y procesado con el software Audacity. La información recabada fue analizada con el software QGIS utilizando cartografía base del Instituto Geográfico Nacional. La integración de la fotografía en 360º con todo el material gráfico, sonoro y documental se representó utilizando el software 3D Vista.

3. Resultados

Figura 2. Anverso y reverso de la ficha descriptiva de la parada n.º 2 en el lago de la Cueva.

Fuente: elaboración propia

El recorrido virtual por los paisajes del agua en Somiedo explora los valles de los ríos Saliencia, Somiedo y Valle y puede visitarse en https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/PaisajeAguaSomiedo/. Explora lugares destacados dentro del Parque Natural por la presencia y acción del agua en la configuración del relieve, de la vegetación y del sonido y también en la presencia de comunidades humanas y en el aprovechamiento tradicional e industrial de este recurso. Está diseñado para poder ser realizado también *in situ*, como propuesta de dos días de excursión. El itinerario de uno de los días se lleva a cabo en vehículo y recorre el valle de Saliencia y Somiedo realizando cinco paradas parar explorar diferentes aspectos del paisaje. El otro recorrido se realiza a pie siguiendo la ruta PR.AS-15.1 entre Valle del lago y Lago del valle de forma circular para una observación integral de los componentes paisajísticos contemplados en el itinerario anterior. Para profundizar en la observación del paisaje, se diseñaron fichas descriptivas con varios niveles de lectura, más o menos inmersivos (ejemplo en figura 2). Además, junto al itinerario virtual, permiten una exploración profunda como preparación de la visita, con fines turísticos y/o educativos, y pueden servir como sustituto en caso de no poder acercarse a Somiedo por cuestiones de movilidad o accesibilidad.

4. Conclusiones

Este itinerario sonoro-visual por los paisajes del agua del Parque Natural de Somiedo pretende, por un lado, resaltar la presencia del agua en este entorno y su importante acción configuradora y, por otro, destacar la presencia del sonido como uno de los elementos fundamentales en la percepción del paisaje. Para ello, se diseñó un recorrido virtual con imágenes, sonidos y explicaciones que también puede realizarse *in situ,* acompañado de fichas explicativas que centran la atención en los elementos clave de cada punto. El recorrido invita a prestar atención al paisaje utilizando el sentido del oído. Por ejemplo, el tranquilo, y en ocasiones vibrante, entorno sonoro de estos parajes manifiesta una tonalidad protagonizada por el agua, pudiendo percibirse el gorgojeo constante de ríos y arroyos, los flujos pulsátiles de lavaderos y fuentes y el estruendo de los saltos de agua en la central eléctrica. Las biofonías configuran marcas sonoras características del espacio y momento concretos y aportan información sobre el medio. La actividad humana genera entornos más silenciosos y tranquilos en invierno y por las noches contrarios a los experimentados en verano, con la actividad ganadera en el exterior y el incremento del turismo. Este itinerario, por tanto, pone en valor aspectos paisajísticos escasamente explorados del patrimonio territorial, destacando los componentes naturales y socioculturales desde las perspectivas visual y aural.

5. Referencias bibliográficas

Álvarez García (M.A.) (dir) (1993-2002). *Cartográfia Temática Ambiental - Torrestío - 77-III - Escala 1:25.000.* INDUROT y Principado de Asturias.

Chen, J., Ning, C. & Chen, C. (2023). A systematic literature review of virtual embodied experience. *Psychol Mark.* 2023; 40:2167–2185. https://doi.org/10.1002/mar.21876

Consejo de Europa (2000). *Convenio Europeo del Paisaje*.

Decreto 169/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona especial de Conservación Somiedo (ES0000054) y se aprueba el I Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en el concejo de Somiedo. Boletín Oficial del Principado de Asturias núm. 3 de 5 de enero de 2015. https://naturalezadeasturias.es/upload/IGI_Decreto_169_2014_IGI_Somiedo.pdf

Fernández García, F. & Herrera Arenas, D. (2022). Territorio, paisaje, turismo y TIC. La realidad aumentada y la realidad virtual como herramientas para la promoción del turismo. *Estudios turísticos* (224), 43-57. https://doi.org/10.61520/et.2242022.13

García Martínez, A. (1996). *Las brañas somedanas. Proyecto LIFE de recuperación integrada y sostenible de Brañas en el Parque Natural de Somiedo*. Principado de Asturias: Consejería de Agricultura.

García Ruiz, A.L. (2013). El proceso de desarrollo de los Itinerarios Geográficos. *Didáctica Geográfica*, (2), 3-9. https://didacticageografica.age-geografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/139

González López, A., Loredo, E. & Herrera Arenas, D. (2020). Realidad aumentada con aprovechamiento turístico. Una aplicación para el Camín Real de la Mesa (tramo somedano). *ROTUR, Revista de Ocio y Turismo 14*(1) 47-59. https://doi.org/10.17979/rotur.2020.14.1.5943

Gómez Mendoza, J. & Sanz Herraiz, C. (2013). La excursión geográfica universitaria con fines formativos e investigadores: su consolidación en la escuela española. En Paneque Salgado, P. & Ojeda Rivera, J.F. (Eds.): *El viaje en la geografía moderna* (pp. 289-328). Universidad Internacional de Andalucía. ISBN 978-84-7993-236-7. https://dspace.unia.es/handle/10334/6404

Herrera Arenas, D., Rodríguez Pérez, C. & Sevilla Álvarez, J. (2025). Interpretation of Heritage in Mountain Areas (Leitariegos and Cueto Arbás (Asturias, Spain)) Through Experience Based on Virtual Reality. *Land 14*(2), 292. https://doi.org/10.3390/land14020292

Koegst, L., Baum, L. & Stintzing, M. (2022). Landscape un action. The teaching of 'Landscape' in innovative excursion formats using the example of the digital urban geography excursion in Stuttgart developed within the project 'InExkurs'. En Elder, D., Kühne, O. & Jenal, C. (Eds), *The Social Construction of Landscapes in Games* (pp. 337-357). Springer VS.

Liceras Ruiz, A. (2018). Los itinerarios didácticos en la enseñanza de la Geografía. Reflexiones y propuestas acerca de su eficacia en educación. *UNES: Universidad, Escuela y Sociedad* (5), 66–81. https://revistaseug.ugr.es/index.php/revistaunes/article/view/12199.

Metcalf, O., Abrahams, C., Ashington, B., Baker, B., Bradfer-Lawrence, T., Browning, E., Carruthers-Jones, J, Darby, J., Dick, J., Eldridge, A., Elliott, D., Heath, B., Howden-Leach, P., Johnston, A., Lees, A., Meyer, C., Ruiz Arana, U.& Smyth, S. (2022). *Good practice guidelines for long-term ecoacoustic monitoring in the UK*. UK Acoustics Network.

Marino Alfonso, J.L., Poblete Piedrabuena M.A., Beato Bergua, S. & Herrera Arenas, D. (2021). Itinerario geográfico con realidad aumentada a través del paisaje natural en los Arribes del Duero Zamoranos (Castilla y León, España). *ERIA 2021*(1), año XLI, 5-28. https://doi.org/10.17811/er.1.2021.5-28

Paiva, D. (2018). Sonic Geography: Themes, concepts, and deaf spots. *Geography Compass. 2018; e12375.* https://doi.org/10.1111/gec3.12375

Schaffer, R.M. (1994). The soundscape: o*ur sonic environment and the tuning of the world.* 2ª Edición. Destiny Books.

Rodríguez Pérez, C. (2015). *El relieve de la montaña central asturiana: La sierra de Sobia y el macizo de Somiedo.* Real Instituto de Estudios Asturianos.

Rodríguez, C., Sevilla, J., Obeso, Í & Herrera, D. (2022). Emerging Tools for the Interpretation of Glacial and PeriglacialLandscapes with Geomorphological Interest—A Case Study Using Augmented Reality in the Mountain Pass of San Isidro (Cantabrian Range, Northwestern Spain). *Land* (11) 1327. https://doi.org/10.3390/land11081327

Sevilla Álvarez, J., Herrera Arenas, D., Suárez Rodríguez, A., Fernández García, F., Colina Vuelta, A. & Obeso Muñiz, I. (2023). Planteamiento metodológico y diseño de contenidos en la concepción de itinerarios urbanos basados en realidad aumentada. *Geografía: cambios, retos y adaptación. Actas del XXVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía.* AGE y Universidad de la Rioja, 1745-1754. https://www.age-geografia.es/site/publicaciones/CG/2023/lc.pdf

Westerkamp, H. (2017). Soundwork: The Natural Complexities of Environmental Listening: One Soundwalk – Multiple Responses. *BC Studies,* (194), 149-162. https://doi.org/10.14288/bcs.v0i194.189360

PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO COMO RECURSO GEOTURÍSTICO PARA EL DESARROLLO LOCAL: ESTUDIO DE CASO EN LA SIERRA DE LA PARAMERA, ÁVILA

ROSA MARÍA RUIZ PEDROSA[1]

ENRIQUE SERRANO CAÑADAS[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/Cervantes, s/n. 37002-Salamanca,* rosamaria.ruiz.pedrosa@uva.es , *https://orcid.org/0000-0002-7568-3374*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Pl. Campus Universitario, s/n, 47011 Valladolid, e.serrano@uva.es, https://orcid.org/0000-0001-9760-3876*

Abstract: LIGms include all those places of abiotic heritage that are important for understanding the Earth's history, with a landscape and territorial component. The first objective of this work was the recognition of geomorphological heritage, for which an inventory of LIGms in the NPA Sierras de la Paramera and la Serrota was developed. The potential of these sites is currently diminished by the lack of recognition of geotourism, with no proper integration of LIGms in the planning of NPAs in Spain, particularly in Castilla y León, where the study area was located. This work proposes a methodology for evaluating the potential use of the inventoried LIGms, focused on their geotourism potential, to enable the development of a geotourism offering that promotes the dissemination of geomorphological heritage and the development of tourism infrastructure, benefiting the local population and ensuring the survival and use of this cultural service. In the Sierras de la Paramera and la Serrota, 12 LIGms were inventoried with medium to high value but lacking any tourism infrastructure. The next step is to evaluate their potential, study their geomorphological heritage, and carry out dissemination activities to enhance their value in this area.

Keywords: geotourism, local development, LIGms, Sierras de la Paramera y Serrota

1. Introducción: geopatrimonio, geoturismo y desarrollo local en Espacios Naturales Protegidos

El **geopatrimonio** podría definirse como aquellos lugares o elementos de la Tierra con valor científico específico y reconocido. Dentro del geopatrimonio destacan los geositios, que son aquellos lugares del medio natural abiótico que cuentan con valor científico reconocido in situ (visibles en el campo) y que presentan una importancia particular para la comprensión de la evolución de la Tierra (Reynard y Coratza, 2013). Cuando el valor geomorfológico es alto podemos entonces hablar de LIGms **o Lugares de Interés Geomorfológico** (LIGm), que pueden definirse como porciones de la geosfera que presentan una importancia particular para la comprensión de la historia de la Tierra, están delimitadas espacialmente y se distinguen claramente de su entorno (Panizza, 2001; Reynard & Panizza, 2005; Reynard, 2009).

En la Declaración de Arouca se define el **geoturismo** como "*un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, teniendo en cuenta su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes*". El geoturismo es apreciado y aceptado como una herramienta útil para promocionar el patrimonio natural y cultural, además de fomentar el desarrollo económico local y regional, especialmente en áreas rurales (Kubalíková, 2019). Y los LIGm forman parte del sistema turístico en cuanto que su elevado valor estético y paisajístico, además de su relación histórica y cultural con el territorio, atrae a turistas en todo el mundo (Serrano et al, 2020). El desarrollo del geoturismo ofrece a los residentes locales generación de ingresos, empleo y desarrollo de habilidades (Torabi Far et al., 2012). Por lo tanto, puede verse como una forma de conservar y gestionar el patrimonio natural, en gran parte a través de los esfuerzos de la población local y otras partes interesadas, a su vez que estos obtienen un beneficio, oportunidades de empleo. Por ello, el geoturismo puede ser una potente herramienta de **desarrollo local** en áreas rurales deprimidas.

Los objetivos de este trabajo son: (1) estudio del patrimonio geomorfológico e inventario de LIGm (2) diseño y aplicación de método de evaluación del potencial de uso geoturístico, (3) propuestas de actuación.

2. Metodología y zona de estudio

La metodología de este trabajo se basa en el inventario de LIGm, la evaluación del potencial de uso y la evaluación del potencial geoturístico. Consta de tres pasos: trabajo de gabinete, trabajo de campo y evaluación general y geoturística de los LIGm (Ruiz-Pedrosa, 2024)

1. El estudio geomorfológico e inventario de LIGm se basa en el trabajo de gabinete, análisis geomorfológico y del medio físico mediante la consulta de cartografía y trabajos previos y la fotointerpretación. Este trabajo permite elaborar un listado de LIGm potenciales.
2. Trabajo de campo. Análisis detallado sobre el terreno de cada LIGm, describiendo y estudiando sus valores científicos, añadidos y de accesibilidad para completar y elaborar el inventario de LIGm potenciales (Serrano y González Trueba, 2005, Serrano et al., 2020, 2025; Ruiz-Pedrosa et al, 2024).
3. Evaluación de los LIGms: evaluación del potencial de uso y evaluación geoturística. La evaluación del potencial de uso consiste en un juicio experto basado en los factores que condicionan su uso (accesibilidad, fragilidad, estacionalidad, visibilidad, etc), los elementos físicos (geología, geomorfología, biodiversidad, etc) y los valores adicionales (elementos culturales, económicos, etc). Para la evaluación geoturística, en publicaciones previas (Serrano et al. 2020, 2025; Ruiz-Pedrosa et al. 2024) se ha establecido una valoración detallada de los

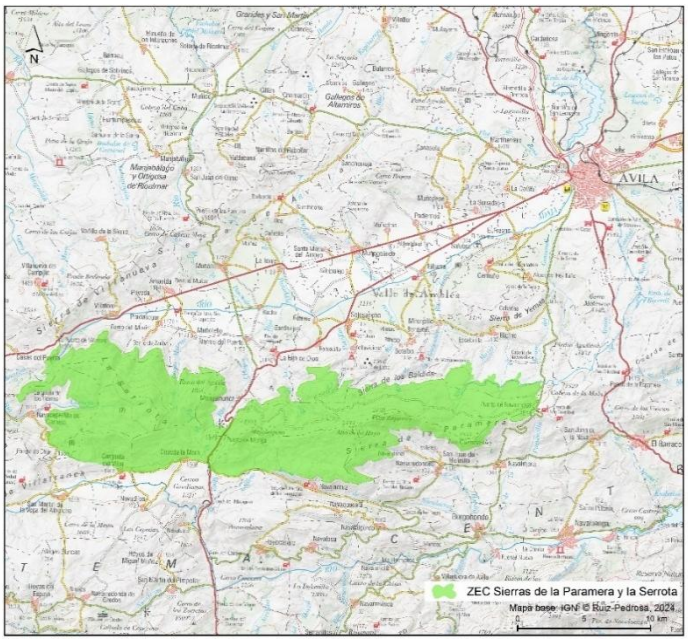
criterios considerados por otros autores (Pralong, 2005; Kubalikova, 2013; Brilha, 2016) y se ha realizado una combinación para obtener una visión lo más amplia posible del valor natural, cultural y añadido de los LIGm.

2.1. Zona de estudio: Sierras de la Paramera y la Serrota, Ávila

Las Sierras de la Paramera y la Serrota se encuentran al suroeste de la ciudad de Ávila (Figura 1), y constituyen la divisoria entre las aguas de la cuenca del Duero y la del Tajo, pues limita al norte con el Valle de Amblés, cuyo curso de agua principal es el río Adaja, perteneciente a la cuenca del Duero; y al sur con el río Alberche, perteneciente a la cuenca del Tajo. Las altitudes en la zona de estudio varían entre los 850 metros en los fondos de valle y los 2.294 metros, altitud máxima de La Serrota. El área de estudio se sitúa en el sector occidental del Sistema Central y forma parte del Complejo de Gredos, de unos de los tres grandes complejos estructurales del Sistema Central (Capote et al 1982; De Vicente et al. 2018). Ambas sierras pertenecen a la Zona Centro-Ibérica del Macizo Hespérico y están compuestas por granitos y metasedimentos de origen paleozoico. Las Sierras de la Paramera y la Serrota presentan un relieve fallado donde ambas sierras constituyen los horst que destacan sobre los graben de Amblés, al norte, y del Alberche al sur.

Las formas de modelado están condicionadas por el tipo de granito, los patrones de la fracturación, las condiciones climáticas y el emplazamiento en relación con la topografía Migoń y Vieira, 2014). Las formas graníticas se pueden clasificar en mayores y menores, pudiendo encontrar ejemplos de todas ellas en la Paramera y la Serrota (Ruiz-Pedrosa y Serrano, 2023). El modelado glaciar caracteriza las zonas de cumbres de la Serrota, y sus caracteres generales son bien conocidos (Hernández Pacheco y Vidal Box, 1934; Arenillas y Martinez de Pison, 1976). El relieve fallado en una sucesión de horst, semihorst y graben, los afloramientos graníticos y las formas modeladas por los glaciares cuaternarios caracterizan la geomorfología de este espacio y son su principal atractivo geoturístico (Figura 2).

Figura 1. Ubicación de las Sierras de la Paramera y la Serrota, a 20 km al suroeste de la ciudad de Ávila. Fuente: elaboración propia



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Formas de modelado en la Paramera y la Serrota: a) marmitas de gigante del río Picuezo, b) Río y domo del Picuezo, c) crestas graníticas de los Picos Zapateros, d) tors y pedrizas en la Paramera, e) circo glaciar y morrenas frontales de Belesar. Fuente: elaboración propia

3. Resultados

Los 12 LIGms inventariados en las Sierras de la Paramera y la Serrota reflejan su morfoestructura fracturada y elevada y su modelado granítico y glaciar. Dos de ellos son de atribución estructural, dos fluvial, uno fluvio-granítico, uno glaciar y el resto, graníticos. Los dos LIGms estructurales reflejan la morfoestructura de la zona de estudio, condicionada por el relieve fallado. El único LIGm de atribución fluvio-granítica es el nº12, las Marmitas de gigante del Río Picuezo. El LIGm nº 7, los Circos Glaciares de la Serrota, son la única representación de glaciarismo en la zona de estudio, por lo que son un lugar excepcional y con un alto interés. El resto de LIGms de atribución granítica representan diversas formas de modelado granítico mayores y menores.

Todos los LIGm de la Sierra de la Paramera tienen un valor global medio. Los valores más altos se corresponden con los LIGms que se encuentran dentro de la ZEC, al contar con protección legislativa medioambiental, y la mayoría tienen un valor muy alto de visibilidad. La accesibilidad es un factor negativo, ya que en la mayoría de LIGms el camino es pedregoso, sin balizar ni señalizar, y la intensidad de la actividad física es media, con marcados desniveles y distancias largas. En cuanto a los valores geomorfológicos todos los LIGms tienen valor medio, excepto los de atribución estructural, con valor bajo por su alta especialización. Las puntuaciones más altas son para los LIGms que presentan varias formas de relieve, ejemplos de meteorización, erosión, transporte, sedimentación, o por presentar procesos activos y ejemplos hidrogeográficos. Por último, los valores adicionales, a excepción de aquellos LIGms con un uso ganadero, ninguno tiene valor económico. Parecido ocurre con los elementos culturales, con valor alto únicamente en el Semihorst de Ulaca y Castillo de Aunqueospese, que son los dos LIGms con un valor alto. Los valores paisajísticos son, en general, medios o altos, y la influencia antrópica es alta en aquellos LIGms con elementos culturales y actividad económica presente.

La evaluación geoturística muestra que solo uno de los LIGm tiene potencial alto y más de la mitad bajo. Esto se debe a una accesibilidad media, ante la falta de senderos y caminos balizados y acondicionados al turismo. Además, en la zona de estudio únicamente hay un área recreativa, si bien fue destruida por las crecidas del río tras el incendio. Ni siquiera el lugar más visitado, que es el Castro de Ulaca, con una relativa importancia turística local, cuenta con un Centro de Visitas o un área recreativa. En las Sierras de la Paramera y la Serrota, con nula infraestructura turística, sin ningún elemento de interpretación (ni paneles ni centros de interpretación) y sin áreas recreativas, no parece sensato plantear propuestas geoturísticas. Es un espacio que necesita una valorización de su patrimonio desde abajo, que nazca de la población local, proceso que parece que está cobrando fuerza, especialmente tras el incendio de Navalacruz. Por ello, las primeras actuaciones a desarrollar deben girar en torno a la divulgación y la educación ambiental. En las Sierras de la Paramera y la Serrota resultan especialmente útiles las actividades de divulgación, como la llevada a cabo en el Castro de Ulaca (Ruiz-Pedrosa y Serrano, 2023). Aunque el potencial geoturístico de los LIGm es bajo, no radica en un bajo interés intrínseco del LIGm, sino en el nulo desarrollo de sus valores añadidos, lo cual es fácilmente mejorable. Con una inversión en mejorar la accesibilidad, instalar áreas recreativas y crear productos interpretativos bastaría para aumentar estos valores añadidos y que su potencial geoturístico pase a ser alto. El potencial de los LIGm depende, en gran medida, de la accesibilidad, las infraestructuras y la protección.

4. Conclusiones

El patrimonio geomorfológico, y concretamente los LIGm, son lugares con un gran **potencial geoturístico** que reside en su interés científico, cultural y sus vínculos con el territorio y el desarrollo de las sociedades. Los LIGm no son elementos de alto valor científico a escala internacional, nacional o regional, pero sí de valor local por su relación con el territorio, el legado ambiental y cultural y su vínculo con las poblaciones que los habitan. Un potencial que se ve mermado por el poco reconocimiento del geoturismo, no existiendo en la región de estudio, una correcta integración y planificación de los usos de estos lugares. Las Sierras de la Paramera y la Serrota no cuenta con materiales interpretativos ni con una infraestructura geoturística, con valores de accesibilidad medios pero medio o alto valor científico y cultural en algunos de los LIGm. Las estrategias llevadas a cabo se han basado en la educación ambiental entre sus habitantes, pero el futuro debe centrarse en la divulgación, la inversión pública y en la colaboración efectiva entre investigadores, agentes privados, administraciones públicas y habitantes locales.

5. Referencias bibliográficas

Arenillas, M., y Martinez de Pison, E. (1976). *La morfologia glaciar de la Serrota (Avila)*. Boletin de la Real Sociedad geografica Madrid, 1, 21-26

Brilha, J. (2016). *Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review*. Geoheritage, 8(2), 119-134. https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3

Capote, R., Diaz, M., Gabaldon, V., Gomez, J. J., Sanchez de la Torre, L., Ruiz, P., Rosell, J., Sopeña, A., y Yebenes, A. (1982). *Evolución sedimentológica y tectónica del ciclo alpino en el tercio noroccidental de la rama castellana de la Cordillera Ibérica*. Instituto Geológico y Minero de España.

Kubalíková, L. (2013). *Geomorphosite assessment for geotourism purposes*. Czech Journal of Tourism, 2(2), 80-104. https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0005

Kubalíková, L. (2019*). Assessing geotourism resources on a local level: A case study from Southern Moravia (Czech Republic).* Resources, 8(3). https://doi.org/10.3390/resources8030150

Migoń, P., y Vieira, G. (2014*). Granite geomorphology and its geological controls, Serra da Estrela, Portugal*. Geomorphology, 226, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.027

Panizza, M. (2001). *Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey*. Chinese Science Bulletin, 46(S1), 4-5. https://doi.org/10.1007/BF03187227

Pralong, J.-P. (2005). *A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, 11(3), 189-196. https://doi.org/10.4000/geomorphologie.350

Reynard, E., y Panizza, M. (2005*). Geomorphosites: definition, assessment and mapping*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, 11(3), 177-180. https://doi.org/10.4000/geomorphologie.337

Reynard, E. (2009). *Geomorphosites: definitions and characteristics*. En Reynard, E.; Coratza, P.; Regolini-Bissig, G. Geomorphosites, 9-20. Pfeil

Reynard, E., y Coratza, P. (2013). *Scientific research on geomorphosites. A review of the activities of the IAG working group on geomorphosites over the last twelve years*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 36(1), 159-168. https://doi.org/10.4461/GFDQ.2013.36.13

Ruiz-Pedrosa, R. M., y Serrano, E. (2023). *Granite Landscapes and Landforms in the Castro de Ulaca Site (Ávila, Spain): A Narrow Relationship between Natural and Cultural Heritage*. Sustainability, 15(13), 10470. https://doi.org/10.3390/su151310470

Ruiz-Pedrosa, R.M (2024). *Patrimonio geomorfológico como recurso didáctico y geoturístico en espacios naturales protegidos. Estudio de casos en las Sierras de la Paramera y la Serrota y en el Cañón del Río Lobos*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid

Ruiz-Pedrosa, R. M., González-Amuchástegui, M. J., y Serrano, E. (2024). *Geomorphosites as Geotouristic Resources: Assessment of Geomorphological Heritage for Local Development in the Río Lobos Natural Park*. Land, 13(2), 128. https://doi.org/10.3390/land13020128

Serrano, E., y González-Trueba, J. J. (2005). *Assesment of geomorphosites in natural protected areas:the Picos de Europa National Park (Spain).* En Géomorphologie : relief, processus , environnement, 3, 197-208

Serrano, E., González Amuchastegui, M. J., y Ruiz Pedrosa, R. M. (2020). *Patrimonio natural y geomorfología. Los lugares de interés geomorfológico del Parque Natural del Cañón del Río Lobos*. Ediciones Universidad de Valladolid

Torabi Farsani, N., Coelho, C., y Costa, C. (2012*). Geotourism and Geoparks as Gateways to Socio-cultural Sustainability in Qeshm Rural Areas, Iran*. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 17(1), 30-48. https://doi.org/10.1080/10941665.2011.610145

UN PAISAJE PATRIMONIAL Y BIODIVERSO. SIERRA ESPUÑA, SURESTE DE ESPAÑA

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ-SÁNCHEZ[1,3]

ALFONSO ALBACETE MORENO[2,3]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, s/n, 30001 Murcia, miguelangel.sanchez2@um.es, ORCID 0000-0003-0774-2560*

[2]*Institute for Agroenvironmental Research and Development of Murcia, E-30150 Murcia, Spain*

alfonso.albacete@gmail.com

[3]*Center of Studies in Geography and Spatial Planning, 3004-530 Coimbra, Portugal*

Abstract: The aim of this study is to analyse the heritage value of the landscape and biodiversity of the Sierra Espuña Natural Park in the Region of Murcia in south-eastern Spain. The analysis is based on the landscape units described for the study territory, assessing the elements that make up the landscape in the light of the different definitions of natural heritage and their contribution to biodiversity. Different field trips were carried out to obtain information, as well as the use of Geographic Information Systems (GIS) using Qgis and ArcGIS applications. The results show a great diversity of landscapes, a consequence of the altitudinal gradient and orientation, especially that related to the shady-sunny exposure. Different human interventions have also been detected, agriculture, snow industry, etc., which have contributed to a diverse landscape, and therefore to the existence of an outstanding heritage and biodiversity. It can be established that the territory of Sierra Espuña is home to a rich landscape heritage and outstanding biodiversity in a context of accentuated aridity such as that of the southeast of the Iberian Peninsulal.

Keywords: Sierra Espuña; natural heritage; bidiversity; Landscape.

1. Introducción

Sierra Espuña es una montaña con 1585 de altitud m.s.n.m., una superficie próxima a 18000 ha., con acusadas pendientes llegando a la verticalidad, en cornisas y acantilados. Enclavada en el centro geográfico regional, en un contexto de acusada aridez, entre los pisos bioclimáticos termomediterráneo y mesomediterráneo, y con temperaturas medias anuales desde los 17,5ºC hasta los 13ºC y precipitaciones situadas entre 350 y 550 mm/m^2/año. Cuenta la sierra con una diversa geomorfología, roquedos, valles fluviales, áreas agrícolas, entre otras. Además, de ser un territorio con vestigios antrópicos como son los pequeños campos de cultivos y zonas de pastos. Todo ello ha dado lugar a un paisaje diverso, donde junto a la biodiversidad existente por las condiciones climáticas, le dan un carácter patrimonial.

El Convenio Europeo del Paisaje del Consejo de Europa entiende el paisaje como cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos (CEP2000, 2000). La Recomendación del Comité de Ministros a los Estados miembros sobre las orientaciones para la aplicación del Convenio Europeo del Paisaje insta a reconocer el papel fundamental del conocimiento, la identificación, caracterización y cualificación de los paisajes constituye la fase preliminar de cualquier política de paisaje. Esto conlleva un análisis de del paisaje en los ámbitos morfológico, natural, histórico y cultural (Recomendación CM/Rec(2008)3 Del Comité de Ministros a Los Estados Miembro Sobre Las Orientaciones Para La Aplicación Del Convenio Europeo Del Paisaje*, 2008).

Las investigaciones y estudios llevados a cabo en Europa enfatizan la perentoria necesidad de la puesta en valor de la naturaleza ecocultural de los paisajes realizando inventarios de conservación del importante patrimonio biocultural (Rotherham, 2015). El paisaje de montaña integra biodiversidad y patrimonio cultural, generando valores bio-culturales únicos esenciales para la conservación sostenible (Agnoletti & Rotherham, 2015; Plieninger et al., 2013; Rozzi et al., 2010). Sierra Espuña por las diversas y pretéritas intervenciones antrópicas alberga paisajes con un patrimonio biodiverso y con significativo valor patrimonial.

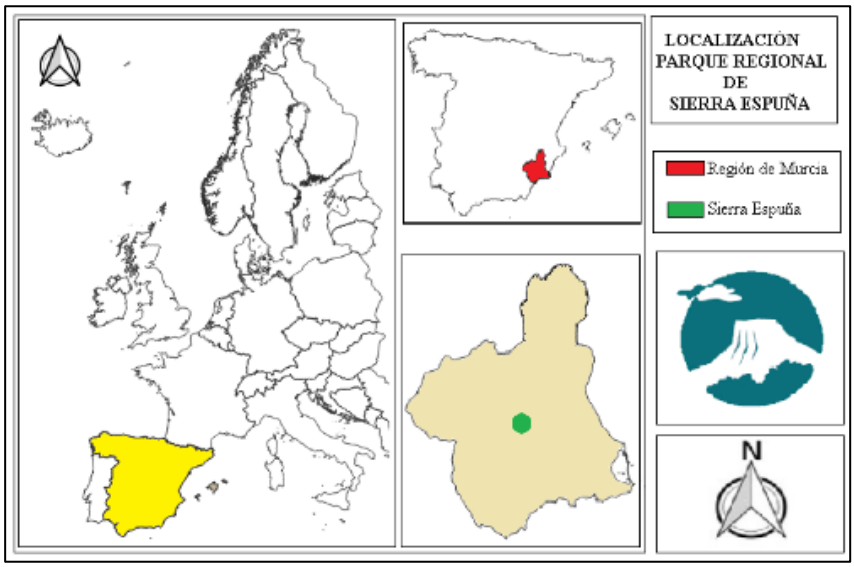
2. Materiales, datos y métodos

Se realizaron transectos en vehículo a motor y a pie por diferentes ambientes de la sierra, estructurados en umbría-solana y altitudinal, y desde las cotas más bajas a las más altas. Se utilizaron el visor cartográfico del medio natural, el visor cartográfico de las vías pecuarias y el visor del Sistema de Información Territorial de la Región de Murcia (sitmurcia), para obtener información sobre las unidades del paisaje y hábitats naturales entre otros. También, fue usado la aplicación denominada Sistema de Información Geográfica de parcelas agrícolas (SIGPAC) del Ministerio de Agricultura de España. Se recurrió al manejo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) mediante las aplicaciones del Qgis y ArcGis.

2.1. Sierra Espuña. Área de estudio.

El caso de estudio fue el territorio ocupado por el parque regional de Sierra Espuña en la Región de Murcia en el sureste de España (Figura 1).

Figura 1. Localización geográfica del Parque Regional de Sierra Espuña.



Fuente: (CNIG-España, 2025).

3. Resultados

Sierra Espuña forma una Unidad Homogénea de Paisaje (UHP) incardinada en dos comarcas diferentes, donde parte de la UHP coincide con el área norte-nordeste de la sierra y la otra con el resto, hacia el sur-suroeste. A pesar de esta homogeneidad que le imprime el carácter montano, se pueden observar diversidad de paisajes condicionados por la orientación sola-umbría y el factor altitudinal. Las geoformas, con singulares afloramientos rocosos, valles de montaña, ramblizos que surcan las laderas, paisajes de media-alta montaña en las zonas elevadas de aspecto pedregoso, paredes rocosas y crestones. Los suelos se hacen menos profundos cerca de las cumbres y crestas. La hidrografía muestra una alta densidad de canales de desagüe. La mayor parte del territorio está ocupado por hábitats de interés prioritario, siendo considerados parte de ellos como raros, estando localizados en cumbres y crestas. Cuenta Espuña con una gran cantidad de hábitats de interés comunitario, con predominio de una densa masa de pinar destacando la presencia de algunas quercaceas (CARM-Murcia, 2025).

Como flora silvestre destacan los bosques de pinar y los extensos matorrales desarbolados, en los que abundan romero, tomillo, esparto, espino negro, jara, enebro, coscoja y lentisco. Las encinas y otras quercaceas se reducen a pequeñas manchas en áreas con condiciones adecuadas paras su supervivencia. Las zonas más húmedas, como barrancos y ramblas, presentan una vegetación compuesta por junco, carrizo, baladre, madreselva, zarzaparrilla y rosal silvestre, además de olmos, álamos y chopos y, escasamente, fresnos. En algunos cursos permanentes de agua las zonas de salpicadura cuentan con abundantes ejemplares de culantrillo de pozo y alfileres. En las cumbres destacan los piornales, con especies de porte almohadillado, como el culo de monja, piorno amarillo y piorno blanco. Aquí abundan la sabina negra y el enebro. Los roquedos ofrecen especies como el ombligo de Venus, zapaticos de la virgen, clavel silvestre o hiedra, así como diversas especies de helechos entre los que destacan polipodio, doradilla y culantrillo menor. Por último, la Sierra presenta diversos enclaves con cultivos. El secano ocupa su mayor superficie, con especies como el almendro,

el olivo y algunos cereales. Las zonas de huerta tradicional se ubican (se ubicaban, habría que decir, pues están en franca regresión) en los alrededores de los escasos manantiales.

Existen 15 hábitats de interés comunitario, de los que 3 están considerados como prioritarios (praderas de suelos calizos cársticos, herbazales de lastón y sabinares). Destacan también los encinares, los matorrales termófilos, los enebrales y los brezales de alta montaña. Cuenta la sierra con 939 especies y subespecies de flora (Ayuntamiento de Alhama de Murcia, 2025). untamiento

Entre las especies singulares de fauna destacan la mariposa Aricia morronensis y la subespecie de ardilla (Figura 2) a las que se le suman el sapo corredor, el sapillo pitojo, el lagarto ocelado, la víbora hocicuda y la la culebra bastarda. Las aves van desde los caboneros, mitos, pasando por el buhó real hasta las águilas calzada y real, dando lugar a la declaración de Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Entre los mamíferos están el arruí o muflón del Atlas, especie exótica, lirones, jabalíes, monteses, entre otros (regMURCIAINTEGRAdigital, 2025).

Figura 2. Aricia morronensis y ardilla.

Fuente: (carm.es, 2025; regMURCIAINTEGRAdigital, 2025)

En el paisaje, entendido como cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores y/o humanos (Convenio Europeo Del Paisaje, 2000) ; podemos encontrar elementos de carácter natural junto a otros de índole antrópica, así como una mezcolanza de ambos. Los aspectos intrínsecos que configuran el paisaje se componen de elementos bióticos, abióticos y antrópicos (Fidalgo, 2014).

En el caso de Sierra Espuña la propia geología, con elevadas altitudes y destacadas pendientes, es ese elemento natural que le imprime carácter, dotándola de un aspecto de macizo montañoso, al tiempo que actúa como base para crear un paisaje geomorfológico. Las sierras y/o montañas pueden ser consideradas como elementos de diversificación del paisaje, entre ellas Sierra Espuña (Romero Díaz & Belmonte Serrato, 2002). El relieve producto de las condiciones geológicas y litológicas, e influenciado por las condiciones edafológicas y climáticas, puede ser considerado como la infraestructura del paisaje; lo que implica su papel esencial en formación y distribución de los ecosistemas. “El relieve trasciende el mero hecho fisonómico para ser la base de los medios ecológicos” (García Fernández, 2006, p. 12).

La acción antrópica es patente en el paisaje serrano de Espuña. El extenso y denso pinar es producto de las repoblaciones iniciadas a finales y principios de los siglos XIX y XX respectivamente (López-Azorín, 2021). Uno de los elementos más significativos de la sierra son los denominados pozos de la

nieve, ya citados en las estadísticas de 1755 realizadas por las villas de Aledo y Totana para el rey (Águila Guillén, 2018). Antiguas infraestructuras han sido adaptadas a las nuevas necesidades, como el caso del Centro de visitantes Ricardo Codorniu (Figura 3).

Figura 3. Diferentes entorno naturales y culturales de Sierra Espuña.

A) Sierra Espuña, orientación medio día; B) Sierra Espuña, Umbría; C) Pozo de la Nieve; D) Centro de visitantes Ricardo Codorniu.

Fuente: (AA.VV., 2018; Ayuntamiento de Mula, 2025; Martínez Bueso, 2022; Soriano, 2023)

Las sendas y caminos constituyen una importante red comunicación que nos adentra en los paisajes de la sierra, siendo un legado con valor patrimonial material (Giménez Martínez, 2018). El legado material se ve incrementado con la presencia de un buen número de casas forestales, Alquerías, Quemados, La Perdíz, Huerta Espuña, entre otras. Junto algunas de ellas se ha preservado pequeñas huertas tradicionales, junto a la actividad agrícola, a base de pequeños y medianos enclavados -Malvariche-, muestran un paisaje cultural agrícola. Los pastos de montaña, Pedro López y Prado Mayor, favorecen la diversidad biológica y paisajística.

Casas distribuidas por todo el ámbito serrano, como la de Huerta Espuña, anterior a su uso como casa forestal, contribuyen a crear el hábitat existente en Sierra Espuña vinculado al aprovechamiento del territorio, contribuyendo a la imagen cultural de la sierra y favoreciendo la diversidad paisajística.

4. Conclusiones

Nos encontramos ante un territorio con importante diversidad, geológica y geomorfológica, que junto a los agentes climáticos van han incidir sobre los sistemas naturales presentes dando lugar a una variada gama de hábitats naturales de interés. Roquedos, crestas, barrancos, cornisas, fallas, pliegues; orientación umbría solana, suelos, elevadas altitudes y pendientes, etc., van contribuir a gran diversidad de entornos, dando lugar a presencia de un gran número de especies de flora silvestre. La

acción antrópica, repoblaciones forestales y aprovechamientos agrarios -agrícolas y pastoriles-, van a propiciar condiciones directa e indirectamente que aumentarán la biodiversidad. La fauna silvestre constituye parte integrante del paisaje como elemento del mismo. Las poblaciones cercanas han utilizado Sierra Espuña como marco de referencia cultural y paisajística (Giménez Martínez, 2018).

5. Referencias bibliográficas

AA.VV. (2018). *Sierra Espuña, Naturaleza y cultura*. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Agnoletti, M., & Rotherham, I. D. (2015). Landscape and biocultural diversity. *Biodiversity and Conservation*, *24*, 3155–3165. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-015-1003-8

Águila Guillén, M. (2018). LOS POZOS DE LA NIEVE, FÁBRICAS DE HIELO. In Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Ed.), *Sierra Espuña. Naturaleza y Cultura.* (pp. 426–433).

Ayuntamiento de Alhama de Murcia. (2025). *Sierra Espuña*. Ayuntamiento de Alhama de Murcia.

Ayuntamiento de Mula, M. (2025). *Turismo de Mula*.

carm.es. (2025). *Aricia morrenensis*. Carm.Es.

CARM-Murcia. (2025, May 17). *Atlas de los paisajes de la Región de Murcia.*

CEP2000, Consejo de Europa (2000). https://doi.org/https://www.boe.es/boe/dias/2008/02/05/pdfs/A06259-06263.pdf

CNIG-España. (2025). *Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG-España)*. https://doi.org/https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home

Convenio Europeo Del Paisaje, Consejo de Europa (2000).

Fidalgo, Pedro. (2014). Aportaciones para la definición de elementos visuales determinantes del paisaje. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, *92*.

García Fernández, J. (2006). *Geomorfología estructural* (Ariel, Ed.).

Giménez Martínez, L. (2018). Sendas y caminos de Sierra Espuña. In *Sierra Espuña. Naturaleza y cultura* (pp. 360–369). Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

López-Azorín, Fernándo. (2021). *Naturaleza, medioambiente y repoblación forestal en la Región de Murcia. Ingenieros de montes en Sierra Espuña (1879-1936).* Fundación Centro de Estudios Históricos e Investigaciones Locales de la Región de Murcia.

Martínez Bueso. (2022). Sierra Espuña presume de sus pozos. *Diario La Verdad de Murcia*.

Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., & Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, *33*, 118–129. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013

Recomendación CM/Rec(2008)3 Del Comité de Ministros a Los Estados Miembro Sobre Las Orientaciones Para La Aplicación Del Convenio Europeo Del Paisaje* (2008). https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/paisaje/convenio-europeo-del-paisaje/09047122800d2b4d.pdf

regMURCIAINTEGRAdigital. (2025). *Parque Regional de Sierra Espuña*. RegMURCIADIGITALdigital.

Romero Díaz, A., & Belmonte Serrato, F. (2002). LOS PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE MURCIA COMO RECURSO TURÍSTICO. *Cuadernos de Turismo*, *9*, 103–122.

Rotherham. (2015). Bio-cultural heritage and biodiversity: emerging paradigms in conservation and planning. *Biodiversity and Conservation*, *24*, 3405–3429. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-015-1006-5

Rozzi, R., Armesto, J. J., Gutiérrez, J. R., & Massardo, F. (2010). Integrating ecology and environmental ethics: Earth stewardship in the southern end of the Americas. *BioScience*, *60(8)*, 604–614. https://doi.org/https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.3

Soriano, L. (2023). *Centro de Visitantes Ricardo Codorniu*.

PAISAJE Y PATRIMONIO EN LAS SALINAS DE CASTILLA-LA MANCHA: UNA REVISIÓN A PARTIR DE ESTUDIOS DE CASO

MANUEL ANTONIO SERRANO DE LA CRUZ SANTOS-OLMO[1]

JOSÉ LUIS GARCÍA RAYEGO[2]

[1]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela s/n, 13.071 Ciudad Real, manuel.serranocruz@uclm.es, https://orcid.org/0000-0003-0122-4877*

[21]*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela s/n, 13.071 Ciudad Real, joseluis.garcia@uclm.es, https://orcid.org/0000-0003-2465-2559*

Abstract: Inland saltworks constitute a valuable part of the cultural and natural landscapes across various regions of the world. While many have vanished, those that remain are notable for their ecological richness and cultural significance, contributing a distinctive character to their surrounding environments. This study examines the current relationship between heritage and landscape in a selection of saltworks located in Castilla-La Mancha (Spain), using a case study methodology. The research aims to assess how these sites have been managed from a heritage perspective and to evaluate their impact on the local landscape. A review of existing literature on the landscape-heritage nexus in saltworks—both generally and specifically within the regional context—is undertaken to frame the analysis. The study includes documentary analysis and fieldwork at representative sites in the provinces of Guadalajara, Cuenca, and Albacete. Through comparative analysis, the research identifies patterns and variations in both landscape characteristics and heritage management approaches. Findings reveal initial insights into the uniqueness of these landscapes, their current state of conservation, and ongoing heritage valorisation efforts. The study concludes by highlighting examples of good practice alongside persistent challenges, contributing a geographical perspective on the cultural and landscape value of inland saltworks as repositories of both tangible and intangible heritage.

Keywords: Cultural landscape; Uniqueness; Conservation; Protection; Geography; Salt.

1. Introducción

Las salinas interiores o salinas continentales representan un destacado integrante del paisaje cultural y natural en diversas regiones del mundo. Explotadas algunas desde hace varios siglos (Camarero, 2002; Morère, 2007), estas áreas representaron durante mucho tiempo una notoria fuente de recursos económicos que lograron condicionar la organización de su entorno más próximo con la construcción de infraestructuras y la introducción de modificaciones paisajísticas. La mayor parte de ellas están asociadas a afloramientos de las facies salino-yesíferas del Keuper (Triásico), o a los yesos y margas del Cenozoico, que son explotados a través del acceso a aguas subterráneas o al aprovechamiento de yacimientos o manantiales minerales de carácter superior, lo que le confiere también una destacada importancia hidrogeológica (IGME, 2003; Nuche del Rivero, 2003; Martínez y Alonso, 2008). Aunque se han perdido la gran mayoría de las que llegaron a existir, muchas de las que han perdurado albergan una rica biodiversidad y un patrimonio cultural significativo asociados a la explotación de las aguas salobres, y dotan al paisaje de una valiosa singularidad.

En general, el paisaje característico del entorno de las salinas ha sido modelado por la actividad y la intervención humana a lo largo del tiempo, introduciendo o favoreciendo determinadas dinámicas naturales como consecuencia del desarrollo de procesos de salinización, y posterior naturalización, de clara influencia antrópica. Estos procesos son los que determinan que este tipo de paisajes, de dimensiones reducidas pero notable singularidad y diversidad, sean consecuencia de la interrelación de procesos que condicionan caracteres de identidad vinculados a procesos culturales y, por tanto, a la conformación de paisajes culturales de gran interés. Unos paisajes que quedan articulados como áreas espacialmente cerradas, caracterizadas por un equilibrio de valores naturales y artificiales, en donde predominan rasgos naturales, a veces incluso extremos, que han sido modelados por la presencia del hombre y por el uso tradicional, principalmente salinero, de la zona a lo largo de generaciones. Así, la interacción de numerosos elementos construidos, representados por balsas y albercas, terraplenes y caminos, canales principales y secundarios, almacenes, casas, etc., conviven en equilibrio con áreas manantiales y de desagüe cargadas en sales que han configurado con frecuencia espacios naturales y perfilado un carácter distintivo de la zona representada a menudo por la presencia de “valles o entornos salados”.

De notable importancia en España, por su amplia distribución y significativo papel que desempeñaron especialmente a partir del siglo XVIII, el actual territorio de Castilla-La Mancha representa una de las regiones en la que se concentró en el pasado una de las principales densidades de enclaves salineros; cerca de 50 salinas de interior (Carrasco y Hueso, 2006 y 2008) ponen de manifiesto la relevancia económica que llegó a alcanzar esta actividad. Abandonadas progresivamente desde mediados del siglo XX, la adecuada valoración de las salinas puede ser clave para desencadenar propuestas de salvaguarda y patrimonialización, valederas para evitar la pérdida de su legado y su identidad territorial asociada, así como para fomentar procesos de desarrollo local sostenible a partir de iniciativas de musealización o dinamización turística (Hueso-Kortekaas, 2020; Hueso-Kortekaas, & Carrasco-Vayá, 2024).

Considerando las premisas anteriormente expuestas, este trabajo parte de la siguiente pregunta de investigación: ¿qué ha ocurrido en Castilla-La Mancha con las salinas de interior en estas primeras décadas del siglo XXI? El objetivo que se persigue es el de comprender el interés que estos enclaves despiertan en la actualidad y mostrar un análisis preliminar de la influencia que han podido tener los esfuerzos de patrimonialización para la valoración, protección y dinamización postindustrial de estos espacios.

2. Materiales, datos y métodos

La metodología empleada se ha basado en procedimientos de documentación de referencias actuales y de observación directa mediante recopilación inicial de datos de campo para algunos enclaves seleccionados como posteriores estudios de caso. En primer lugar, se ha procedido a la revisión de la literatura científica existente sobre la relación entre patrimonio y paisaje asociada con las salinas de interior, en general, y con Castilla-La Mancha, en particular, acotada especialmente a las últimas décadas. Además, se ha indagado sobre la trascendencia social que esta temática ha podido tener en algunos medios de comunicación nacionales y regionales, en forma de artículos y notas de prensa, que han recogido tanto iniciativas institucionales, como intereses asociativos. Finalmente, se ha procedido a la recolección de datos a través de análisis documentales específicos y trabajos de campo en una selección de salinas representativas de las provincias de Guadalajara, Cuenca y, especialmente, Albacete, con el propósito de realizar un análisis comparativo que permita identificar patrones y diferencias en sus características paisajísticas y gestión patrimonial. Los análisis han consistido en la construcción de un diagnóstico preliminar sobre el estado de conservación, los usos actuales, el interés socio-cultural y la singularidad paisajística de estos espacios en base a las documentaciones recopiladas y las observaciones de campo realizadas con particular atención en las Salinas de Pinilla (El Bonillo-Alcaraz, Albacete). Todos los datos recogidos han sido organizados en una base de datos de naturaleza cartográfica conducentes a la confección de una cartografía temática de carácter sintético que favorezca la localización e interpretación de la distribución de estos enclaves por Castilla-La Mancha.

3. Resultados

Los resultados presentan un panorama inicial sintético sobre la singularidad paisajística, el estado actual de conservación y los esfuerzos de patrimonialización desarrollados en las salinas de Castilla-La Mancha.

El análisis de la recopilación bibliográfica abordada, de la que en este trabajo solo se muestra una pequeña selección por razones de espacio, ha permitido detectar cierta proliferación, en las dos últimas décadas, de trabajos vinculados a la puesta en valor, inventario y fomento de la cultura sobre la sal interior en buena parte de España y, de forma particular, en Castilla-La Mancha. Numerosos estudios, encabezados especialmente por la Asociación de los Amigos de la Sal (actual Instituto del Patrimonio y los Paisajes de la Sal, IPAiSAL), han contribuido significativamente al conocimiento de estos espacios y a la sensibilización por su estrecha relación con el paisaje y el patrimonio material e inmaterial al que están asociados (Carrasco y Hueso, 2006; Iranzo-García et al., 2021; Valera et al., 2023, entre otros).

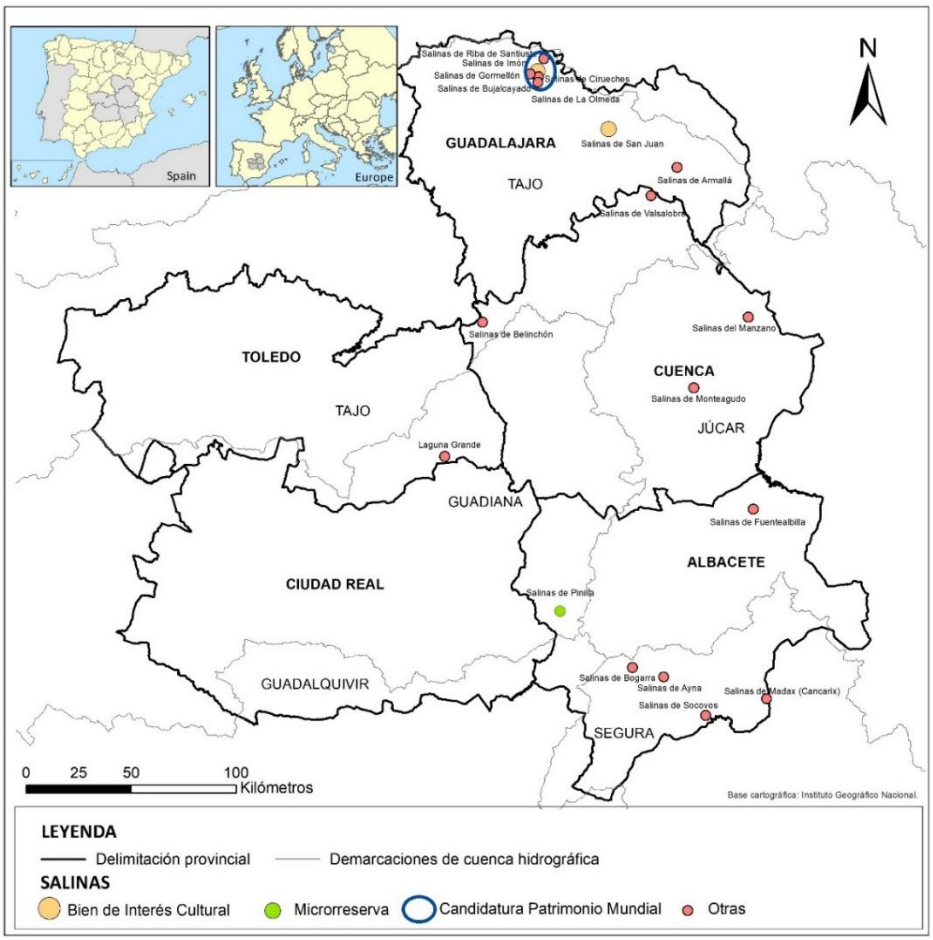
Aunque los estudios sobre las salinas abarcan una amplia variedad de enfoques temáticos (abordados desde enfoques etnográficos o económicos, hasta geológicos, hidrogeológicos, ecológicos, históricos o geográficos, entre los más destacados), la mayor parte de ellos coinciden en destacar, directa o indirectamente, la marcada singularidad paisajística que introduce en el territorio la presencia de estas explotaciones salineras, especialmente desde el punto de vista cultural. En estos enclaves se conjugan valoraciones y reconocimientos patrimoniales de carácter arqueológico, histórico, etnográfico, hidrogeológico, biogeográfico y paisajístico, que aúnan destacados procesos de integración entre aspectos naturales y culturales que han logrado pervivir a lo largo del tiempo. Con todo, son aún escasos los estudios específicos sobre paisaje que aúnen la tradición geográfica y su

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

relación específica con la influencia en la conformación de paisajes culturales centrados en estos enclaves.

Lamentablemente, la gran mayoría de estos lugares se encuentran en estado de abandono y la pérdida de todas las infraestructuras y características tradicionales, que ayudaron a configurar unos singulares paisajes culturales, es prácticamente irreversible. Existen, no obstante, excepciones dentro de este panorama general. Algunos ejemplos destacados de recuperación y patrimonialización de estos enclaves en España están representados por el reconocimiento en las últimas décadas de muchas salinas con la declaración como Bien de Interés Cultural (BIC). Su identificación e inventario no siempre ha supuesto inversiones reales para su conservación, aunque en algunos casos sí ha contribuido de forma determinante. Algunos ejemplos destacados a escala nacional son las Salinas de Poza de la Sal (Burgos, 2001), las Salinas Romanas de Iptuci en Prado del Rey (Cádiz, 2002), las Reales Salinas de Arcos de las Salinas (Teruel, 2010), o las Salinas Reales de Sangonera la Seca (Murcia, 2019), por citar solo algunos ejemplos. Entre todas ellas sobresale la elaboración del Plan Director para la recuperación de las salinas alavesas de Añana (País Vasco), puesto en marcha en el año 2000, que constituye uno de los mejores ejemplos de rehabilitación de estos enclaves en la actualidad. En Castilla-La Mancha solamente han sido declaradas BIC dos salinas (figura 1): las Salinas de Imón en 1992, y las Salinas de San Juan o Saelices de la Sal, en 2007, ambas en Guadalajara, esta última con algunas inversiones recientes del gobierno regional para su rehabilitación, conservación y puesta en valor (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2024). Otras cuantas han sido incorporadas dentro de figuras de protección del medio natural (Microrreservas), aunque solamente una (Salinas de Pinilla, Albacete, 2005) con una declaración específica, que no ha evitado el progresivo deterioro de su destacado enclave salinero. Recientemente se trabaja en una candidatura para Patrimonio Mundial de la UNESCO del que podría ser el primer sitio en España asociado a un paisaje cultural con una fuerte impronta de la explotación de la sal: "Paisaje Dulce y Salado de Sigüenza y Atienza" (Guadalajara). Esta iniciativa, tramitada por la vía de paisaje cultural y aceptada el 20 de enero de 2022 en la Lista Indicativa del Patrimonio Mundial, está contando con una fuerte colaboración e implicación institucional para que los paisajes salineros y su patrimonio asociado sean fundamentales para su distinción internacional, debido a su importancia histórica y territorial en su área de influencia (Sigüenza, Guadalajara).

Figura 1. Localización de las principales salinas en Castilla-La Mancha.



Fuente: Carrasco y Hueso, 2006 y 2008; Martínez y Alonso, 2008, y otros. Elaboración propia.

4. Conclusiones

Castilla-La Mancha ha conocido en las últimas décadas una proliferación de estudios científicos y materiales divulgativos que ofrecen diversos conocimientos, inventarios y propuestas para la salvaguarda de sus enclaves salineros de interior. Todos los estudios previos analizados coinciden en destacar la gran riqueza patrimonial de estas antiguas explotaciones y su trascendencia en la configuración de destacados paisajes culturales, desde diferentes perspectivas y orientaciones. Su vinculación es muy estrecha en relación con la valoración de sus condicionantes naturales (geológicos, climáticos e hidrográficos) y con los procesos de naturalización de ambientes hipersalinos motivados por la actividad salinera; pero también, y de forma predominante, las salinas de interior se han asociado de manera recurrente a denominaciones que hacen referencia a "paisajes de la sal" o "paisajes preindustriales", que coinciden en destacar su profundo carácter de paisajes culturales.

La bibliografía científica consultada también insiste en alertar sobre la destacada pérdida y desaparición de buena parte de estos enclaves, constatada en los trabajos de campo realizados. El abandono reciente de la actividad de estas explotaciones desde mediados del siglo XX, y la denuncia de la falta de inversión oficial hacia los complejos más destacados y mejor conservados en la actualidad, con una muy escasa presencia en la región en su contexto general, suelen ser las principales causas referidas en las denuncias de esta pérdida patrimonial.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Con todo, son aún escasos los estudios que pongan en valor la singularidad de estos espacios salineros de interior con su entorno y sus características paisajísticas específicas, condicionados siempre por las escalas de trabajo o por el protagonismo patrimonial (en decadencia y rápida desaparición) de las instalaciones. Se requieren más estudios integrados de detalle capaces de profundizar en el conocimiento y articulación del paisaje en los entornos productivos de extracción tradicional de sal en áreas de interior. Unos trabajos que se estiman necesarios para poder afrontar algunos desafíos comunes en las salinas de Castilla-La Mancha representados por la continuación de los procesos de puesta en valor de la riqueza material e inmaterial de estos enclaves, o la profundización en la comprensión de estos paisajes culturales, valederos para iniciar nuevos procesos conservacionistas o de dinamización socio-territorial en sus áreas de influencia.

Agradecimientos

"Esta comunicación forma parte del proyecto de investigación SBPLY/23/180225/000025, financiado por la UE a través del FEDER y por la JCCM a través de INNOCAM".

5. Referencias bibliográficas

Camarero Bullón, C. (2002). Geografía de la sal a mediados del siglo XVIII. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica (2)*, 137-138, 129-160.

Carrasco Vayá, J. F. y Hueso Kortekaas, K. (2006). ETNOSAL, un intento de recuperar la memoria salinera de Castilla-La Mancha. *Oppidum, 2*, 85-106. https://www.oppidum.es/oppidum-02-pdf/op02.03_carrasco-hueso.pdf

Carrasco Vayá, J. F. y Hueso Kortekaas, K. (2008). Realización de un censo de las salinas de Castilla-La Mancha. En: *A articulação do sal português aos circuitos mundiais: antigos e novos consumos: past and new consumption trends*. Universidade do Porto, pp. 291-298.

Gobierno de Castilla-La Mancha (2024-01-21). *El Gobierno regional destina más de 290.000 euros a la rehabilitación, conservación y puesta en valor de las Salinas de San Juan* https://www.castillalamancha.es/actualidad/notasdeprensa/el-gobierno-regional-destina-m%C3%A1s-de-290000-euros-la-rehabilitaci%C3%B3n-conservaci%C3%B3n-y-puesta-en-valor-de

Hueso-Kortekaas, K. (2020). La patrimonialización de salinas tradicionales, una herramienta para el desarrollo local. *Estudios Geográficos, 81 (289),* e047, https://doi.org/10.3989/estgeogr.202061.061

Hueso-Kortekaas, K. & Carrasco-Vayá, J. F. (2024). The Patrimonialization of Traditional Salinas in Europe, a Successful Transformation from a Productive to a Services-Based Activity. *Land, 13, 772.* https://doi.org/10.3390/land13060772

IGME (2003): *Lugar de Interés Geológico PTs013 Salinas de Pinilla. Inventario Español de Lugares de Interés Geológico*. https://info.igme.es/ielig/LIGInfo.aspx?codigo=PTs013

IPAiSAL (2024). *Instituto del Patrimonio y los Paisajes de la Sal.* https://ipaisal.org/

Iranzo-García, E., Hueso-Kortekaas, K. & Román López, E. (2021). Inland Salinas in Spain: Classification, Characterisation, and Reflections on Unique Cultural Landscapes and Geoheritage. *Geoheritage 13: 24.* https://doi.org/10.1007/s12371-021-00543-1

Martínez Parra, M. y Alonso Marín, E. (2008). Las salinas de interior de la provincia de Cuenca: una parte del patrimonio hidrogeológico y minero de España. *De Re Metallica, 10-11*, 57-67. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4602121

Morère Molinero, N. (Ed.). (2007). *Las salinas y la sal de interior en la historia: economía, medio ambiente y sociedad*. Dyckinson.

Nuche del Rivero, R. (Ed.) (2003). *Patrimonio geológico de Castilla-La Mancha*. ENRESA.

Valera Robles, G. Arrufat Milán, L. y Alías Linares, M. A. (2023). Situación actual de las salinas de interior de la Región de Murcia (España). *De Re Metallica*, 41, 61-70. https://mega.nz/file/XpMCjD4C#XuEnzH0uLj97B95CkNefGF4sIILDxioua4sQPN4l1AM

PROPUESTA DE UNA NARRATIVA PARA RESIGNIFICAR EL PAISAJE: EL CASO DE CASPUEÑAS (GUADALAJARA)

FRANCISCO JAVIER TORO SÁNCHEZ[1]

JUAN GARRIDO CLAVERO[2]

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DEL ÁRBOL[3]

[1] *Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Granada, Calle Profesor Clavera, s/n - 18071 Granada (ES), fjtoro@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-1585-3802*

[2] *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada, Calle Profesor Clavera, s/n - 18071 Granada (ES), garridoclavero@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-8346-8228*

[3] *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada, Calle Profesor Clavera, s/n - 18071 Granada (ES), msdarbol@ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-6507-4030*

Abstract: In the last decade, many territories of the so-called Emptied Spain have been threatened by the massive occupation of renewable energy projects, compromising the integrity of the landscape and subjecting them to conflicts of interest between different stakeholders. Photovoltaic energy infrastructures have a colonizing effect by defining these spaces and their communities as *terra nullius* or simply perceiving them as energy suppliers for large consumption centers. As a result, they generate a standard, inorganic landscape, contrary to the one built by its inhabitants for centuries. Similarly, its undervaluation responds to a recurring analogy with landscapes with greater aesthetic recognition and sensitivity in the dominant imaginary. This is the case of Caspueñas, a municipality of Guadalajara, in the heart of the Alcarria region. The aim is to construct a narrative of the identity of the local landscape, capturing its ecological, heritage, symbolic, aesthetic, and scenic values, and moving toward a more integrative and less biased semantics than is usual in territorial planning and management. To support the analysis, we will rely on 1) reports, documents, and bibliographical references about the locality, as well as literary sources that allude to the virtues and aesthetic features of the Alcarria region; 2) fieldwork to contrast these sources and specifically investigate their scenic and aesthetic values. Furthermore, this fieldwork is conditioned by a) the temporal context in which it was conducted, which influences the type of elements and aesthetic qualities perceived; and b) the authors' lack of direct links to the area under study.

Keywords: energy colonialism, photovoltaic infrastructures, landscape identity, Alcarria.

1. Introducción. Colonialismo energético como eje interpretativo

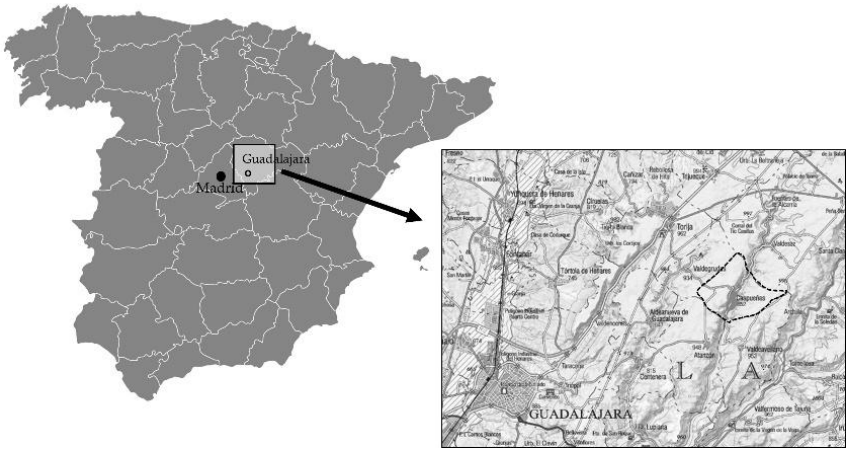
La expansión de las grandes instalaciones de energía renovable y, en particular, de la solar fotovoltaica se inscribe dentro de relaciones de colonialismo energético, por su faceta extractivista y por la repercusión de las infraestructuras sobre el entorno y el paisaje afectado (Tornel, 2023; Alkhalili et al., 2023; Dunlap, 2023; Sánchez et al., 2023; Müller, 2024). En el contexto nacional, estas prácticas son aún más notorias en los espacios rurales de la denominada España Vaciada (Romero, 2023). La ambiciosa estrategia de reconversión energética nacional es asistida por oligopolios del sector eléctrico y energético, liderados por "los señores de las renovables" (Sánchez-Herrero, 2014; Ortín, 2021). Su campo de acción son territorios infravalorados según sesgos ambientales y paisajísticos y sometidos a la instrumentalización para suministrar energéticamente a los grandes centros urbanos del país. Este colonialismo se ejerce mediante una narrativa que valora de forma discrecional ciertas tipologías de paisaje, siendo respaldada por criterios técnicos y científicos que sostienen los protocolos de las propias empresas implicadas y las administraciones competentes. Estas, a su vez, con los análisis y estudios realizados, influyen parcialmente en qué valores, elementos o cualidades del paisaje son de mayor relevancia, dando un amplio margen a interpretaciones y zonificaciones interesadas.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio

Este estudio analiza un caso de colonialismo energético en Castilla-La Mancha, comunidad autónoma española donde se produce el 15,7% de la potencia renovable del país (REE, 2024). La zona de afección se incluye en el municipio de Caspueñas (Guadalajara), ubicado en el corazón del valle del río Ungría, dentro de la comarca histórica de la Alcarria. Cuenta con una población de 138 habitantes (2023), experimentando un descenso demográfico acusado desde la década de 1940, cuando superaba los 300 habitantes. Las proporciones de las plantas solares fotovoltaicas previstas para el municipio de Caspueñas son desmedidas, particularmente en relación a sus necesidades, quedando patente que el beneficio de su explotación no recaerá en el propio municipio ni en la comarca. Lo cual permite identificar un caso evidente de colonialismo energético, soportado, fundamentalmente —aunque no solo—, en la dimensión paisajística.

Figura 1. Situación del ámbito de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.2. Metodología y fuentes empleadas

Para fundamentar el análisis se ha empleado 1) informes, documentos y referencias bibliográficas sobre la localidad, así como fuentes literarias que aludan a las virtudes y rasgos estéticos de la comarca de la Alcarria; 2) trabajo de campo para contrastar dichas fuentes e indagar especialmente en sus valores escénicos y estéticos. Además, este trabajo de campo viene condicionado por a) el contexto temporal en el que se elaboró, lo cual influye en el tipo de elementos y cualidades estéticas percibidas y b) la ausencia de vínculo directo de los autores con el ámbito de estudio. Debido a la tensión social existente en el municipio afectado, no se ha podido realizar una consulta general a la población que hubiese sido determinante para identificar el valor social del paisaje y, especialmente, el nivel de aceptación de las plantas fotovoltaicas.

3. Resultados

3.1. La desvalorización del páramo en el ámbito planificador y técnico-científico

La desvalorización del paisaje autóctono dentro del área de afección, correspondiente al páramo occidental del municipio, se comprueba en tres niveles de incidencia distintos: estrategia nacional, planificación regional y proyecto técnico. La "Zonificación ambiental para la implantación de energías renovables: sensibilidad ambiental y clasificación del territorio", elaborada por el MITECO, considera a esta zona como de sensibilidad baja, tras aplicar una serie de indicadores, donde apenas se aborda la incidencia en paisajes rurales. El "Estudio paisajístico del valle del río Ungría", elaborado para la declaración del ámbito como Paisaje Protegido por la Consejería de Desarrollo Sostenible de la Junta de Castilla-La Mancha, pondera al páramo como "calidad media", guiándose por el factor biodiversidad, en comparación con el valle central del río Ungría (fondo y vertientes), que es el que recibe la mayor valoración y no existe atribución a la cuestión patrimonial y/o identitaria del paisaje. Esta valoración determinó el área afectada con una mayor laxitud en cuanto a su protección. Finalmente, las declaraciones de impacto ambiental de las dos empresas que instalarían las plantas fotovoltaicas crean un discurso preventivo en el que dan por hecho su baja o nula visibilidad, sin acompañarlo de los estudios pertinentes de cuencas visuales e intervisibilidad. Estas confían en solventar técnicamente el ocultamiento de estas infraestructuras con medidas que, en casos análogos (y cercanos al área de afección), no han sido eficaces.

3.2. Propuesta narrativa para resignificar el paisaje alcarreño en Caspueñas

En la Alcarria Alta, donde se emplaza Caspueñas, se presenta uno de los máximos exponentes del modelado tabular dentro de las cuencas sedimentarias. Según Dantín Cereceda, "la Alcarria es, por excelencia, país de páramos en meseta" (Dantín, 1942), es su rasgo más auténtico. No solo es elemento clave de la estructura del paisaje alcarreño, sino como lo justificaba Solé Sabarís, "las mesetas de la Alcarria pueden tomarse como prototipos de los páramos castellanos" (Solé, 1949). Las raíces etimológicas del topónimo Caspueñas confirmarían además la importancia del páramo en la construcción histórica de su identidad. Siendo probable su origen romano, se ha vinculado *Casponis* a la voz *caspillo*, que vendría significar terreno pedregoso y árido (Pardo, 2010).

Al tratarse de un horizonte asombrosamente plano observable desde cualquier punto de vista, "la cota de las mesas, siempre constante, proporciona un paisaje invertido, donde los focos de interés nunca son siluetas recortadas contra el cielo, sino elementos situados dentro del paisaje" (Aguiló,

1983). Este aspecto, que podría añadir cierta monotonía y confusión, por falta de hitos, no es enteramente así. En la mayor parte de esta planicie aparecen formas que introducen ciertas irregularidades topográficas, como "fracturas o dislocaciones locales de la costra caliza", "navas u hondonadas" —algunas de ellas inducidas por la propia actividad agrícola—, y sirven para enmarcar o encajar la visión panorámica (Aguiló, 1983). Estas pequeñas depresiones del terreno favorecen procesos de endorreísmo, como el caso del navajo La Navazuela que actúa como refugio y/o nidificación de fauna y fuente de alimentación y abrevadero para numerosas especies. De este modo, funcionan como corredores ecológicos o, al menos, puntos claves dentro de los desplazamientos faunísticos. Además, contribuyen a la diversidad y contraste paisajísticos.

De esta manera se proyectan microcuencas visuales que enriquecen, aún más, los valores perceptivos de este paisaje. A falta de enjundiosos relieves, los horizontes suelen estar rematados, según el caso, por elementos arbóreos o estructuras agro-pastoriles, extendidos en forma dispersa. Son especialmente singulares los bosquetes de encinas y matorrales acompañantes sobre afloramientos rocosos o en zonas de suelos débilmente desarrollados del páramo. Representan vestigios de especial interés ecológico y paisajístico, que resistieron a diversas roturaciones, sobrepastoreos, carboneos —además de incendios—, practicados a lo largo de la historia. También es destacable el pinar localizado en el ángulo noroeste del término municipal sobre una parcela anteriormente agrícola, que supone refugio y provisión de alimentos a diversas especies faunísticas. Los elementos vegetales establecen un juego de colores y texturas por la alternancia de especies perennifolias (encinas, coscojas, pinares), caducifolias (quejigos, cornicabras) y los períodos de floración de especies arbustivas y aromáticas (lavanda, romero, aulaga, retama, amapola). Durante su período de floración, los campos de lavanda crean unas texturas muy particulares por el juego de luz y sombra, que evocan a relieves dunares.

Debido a su protagonismo superficial, los cultivos, especialmente cerealísticos, son los que añaden los matices más sobresalientes del paisaje. Sus rasgos estéticos están condicionados a los ciclos estacionales de la siembra, el crecimiento de las plantas y la fase de madurez y siega del cultivo. Estos pueden verse alternados, sincrónicamente, con zonas de rotación de tierras bienal. Tonos que, en la mayoría de los aprovechamientos, suelos o terrenos baldíos, no son del todo uniformes, por lo que la gama cromática es más amplia. Junto con estos elementos, aparecen otros que son consustanciales al trabajo agrícola, como pueden ser la existencia de surcos para el sembrado y el riego o la presencia de pacas de trigo y cebada que actúan como hitos visuales en la época de la recogida del cereal.

El paso del ganado, al ser eventual, tiene una presencia ocasional en el paisaje observado, pero añade un componente más dinámico, viviente, que contrasta y conjuga a la perfección con aquellos rasgos más estables del páramo. El principal uso ganadero, el ovino, genera rebaños compactos y más o menos ordenados, con paso lento, cualidades que transmiten sensaciones de quietud y tranquilidad, al acompasar sus ritmos de pastoreo a la relajada mirada del observador. Muy cerca de Caspueñas discurre la Cañada Real Galiana, vía de trashumancia ibérica que conecta los territorios de La Rioja con Ciudad Real. Gran parte de estos itinerarios se complementaban con otras sendas paralelas que penetraron en el páramo occidental de Caspueñas. La presencia de refugios para el ganado y los pastores denota que estos movimientos no eran únicamente de trasterminancia entre el fondo del valle y el páramo, sino probablemente asistían a los propios pastores que trashumaban con sus rebaños a largas distancias.

Los caminos y vías pecuarias actúan de sendas paisajísticas fundamentales por los que el observador puede transitar, permitiendo amplios campos visuales. Los setos y formaciones de matorral que se hallan en sus cunetas y ribazos aportan mayor linealidad al paisaje y una estratificación de

zonas estéticamente diferenciadas en diferentes planos visuales. La cultura agro-pastoril ha dejado tras de sí un rico patrimonio arquitectónico que, aprovechando materiales del terreno, como la piedra caliza propia de la costra del páramo, erigieron toda una serie de construcciones mediante la técnica de piedra seca, sirviendo de refugio eventual para el ganado y los pastores. Los majanos, así como otras construcciones como parideras, chozos, etc., además de facilitar la presencia de elementos arbóreos y fomentar el adehesamiento del paisaje, actúan de hitos de referencia fundamentales a partir de los cuales dirigir o articular la mirada. En un paisaje con cotas altimétricas modestas y topografía poco contrastada, los majanos funcionan aquí como potenciales miradores, desde los que alzar la vista entre la inmensa planicie.

Esta variedad cromática se complementa de una enorme variedad de texturas y sensaciones generadas por situaciones más excepcionales connaturales a las características del páramo. Por ejemplo, al tratarse de una zona de vientos de diferente intensidad, la incidencia de las brisas y vientos permite añadir dinamismo (surcos que se crean en la hierba y el cereal, balanceo de las ramas y hojas de árboles y arbustos, desplazamiento de nubes, etc.), creando un efecto narrativo en la escena, en contraste con la quietud de una simple fotografía capturada. A su vez, la incidencia y la orientación del sol según el día y la estación modifican la escena observada, los elementos destacables, la intensidad de los colores y los estímulos perceptivos. La luminosidad es clave para reflejar distintos matices, pues se trata de un paisaje donde no existen elementos de gran magnitud que añadan opacidad o sombras significativas.

Son especialmente atrayentes, evocadoras y bellas las vistas que pueden contemplarse durante los atardeceres. Estas adquieren un carácter sublime especialmente en aquellos días de cielos despejados con nubes intermitentes que introducen una gran variedad cromática del cielo en la puesta de sol y especialmente durante la época estival. Con condiciones atmosféricas favorables, desde muchos puntos del páramo, se podrán ver los principales macizos del entorno, como el Alto Rey, el Ocejón, la Sierra de Ayllón, Somosierra, Guadarrama, etc. Estas sensaciones, además, se conjugan, positivamente, con la ausencia de elementos sonoros distorsionadores, y la existencia de sonidos de la naturaleza que transmiten aún más tranquilidad y sosiego. Esto hace que las virtudes estéticas y sensoriales que ofrece el páramo para el usuario sean de enorme valor, pero, también por ello, especialmente frágiles y sensibles a cualquier alteración visual o sonora, que degrade y distorsione estas escenas y atmósferas.

En el caso de Caspueñas, el páramo, además, sirve de balcón o cornisa natural a partir del cual asomarse para contemplar el encajamiento del río Ungría, por lo que no solo registra cualidades paisajisticas inherentes desde el punto de visto estético, sino que puede actuar de gran mirador hacia el valle. Dispone, por ello, de una posición irrenunciable a partir de la cual admirar la extraordinaria belleza de la vega en toda su amplitud y longitud, siguiendo con la mirada el eje zigzagueante trazado por el río. La presencia del bosque de galería, compuesto, fundamentalmente, de especies caducifolias (álamos, sauces, mimbres, entre otras), así como de cultivos de huerta proveen de una increíble variedad cromática, siguiendo las fenofases de los elementos forestales y vegetales aquí presentes. Dado que el páramo está fragmentado por el río Ungría, y que existe una evidente reciprocidad visual (intervisibilidad) entre la cornisa occidental y oriental, es fundamental prevenirlas de cualquier elemento que obstaculice o degrade esta visión. Cabe tener en cuenta que el campo visual penetra en el horizonte hasta alcanzar la zona de transición definida por la declaración de Paisaje Protegido del río Ungría, por lo que estos aspectos deberán ser tenidos en cuenta para su regulación.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

El carácter del paisaje alcarreño y de Caspueñas se fundamenta en elementos y procesos históricos, culturales, tradicionales, sociales y simbólicos del paisaje tradicional agrícola y silvopastoril, y este se exterioriza de forma mayoritaria en los páramos. Con todo, el páramo resulta indisociable de las otras realidades yuxtapuestas, las vertientes y el fondo de valle, que junto a los pequeños núcleos de población otorgan la necesaria variedad, diversidad y singularidad del paisaje local y, por ende, de esta comarca histórica. No debe caerse, pues, en la simplificación de que el paisaje del páramo es contemplable con el mismo alcance y profundidad desde cualquier punto de él. Ello añade más sentido al hecho de prevenir la instalación de elementos que rompan la visión en zonas más encajadas o cerradas. En los dos casos las posibilidades de observación en el páramo, desautorizan, por ello, la introducción de elementos que rompan con estos valores perceptuales y contemplativos.

5. Referencias bibliográficas

Aguiló, M. (1983). El Paisaje de las alcarrias de Horche. *Wad-Al-Hayara: Revista de Estudios de Guadalajara* (10), 257-282.

Alkhalili, N.; Dajani, M. & Mahmoud, Y. (2023). The enduring coloniality of ecological modernization: Wind energy development in occupied Western Sahara and the occupied Syrian Golan Heights. *Political Geography 103*, 102871. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2023.102871.

Dantín Cereceda, J. (1942). *Regiones naturales de España*. CSIC. Instituto Juan Sebastián Elcano.

Dunlap, A. (2023). The state is colonialism: Debating infrastructural colonization and the roots of socioecological catastrophe. *Political Geography 107*, 102980. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2023.102980.

Müller, F. (2024). Energy colonialism. *Journal of Political Ecology 31*(1), 701–717. https://doi.org/10.2458/jpe.5659.

Romero Renau, L. (2023). *El arte de vivir en la España vaciada. Colonialismo energético, crisis climática y transición ecosocial*. FUHEM Ecosocial.

Ortín, A. (2021). De los señores del ladrillo a los señores de las renovables: ¿al filo de otra burbuja? *Vozpópuli* 11 Abril 2021. https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/empresarios-renovables-espana.html (último acceso: 13 Septiembre 2024)

Red Eléctrica Española. (2024). *Informe del sistema eléctrico. Informe resumen de energías renovables 2023*. https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables (último acceso: 13 Octubre 2024).

Sánchez Contreras, J.; Matarán Ruiz, A.; Campos-Celador, A. & Fjellheim, E. M. (2023). Energy Colonialism: A Category to Analyse the Corporate Energy Transition in the Global South and North. *Land 12*, 1241. [https://doi.org/10.3390/land12061241]

Sánchez-Herrero, M. (2014). Las renovables vistas por los señores de la energía. En Barcia Magaz, J. V.; Romero, C. (eds.), *Alta tensión. Por un nuevo modelo energético sostenible, democrático y ciudadano* (pp. 97-101). Icaria.

Solé Sabarís, L. (1949). *Geografía de España y Portugal. I. Geografía Física*. Montaner y Simón.

Pardo, R. (2010). *Caspueñas. Imágenes e historia*. Bornova.

Tornel, C. (2023). Decolonizing energy justice from the ground up: Political ecology, ontology, and energy landscapes. *Progress in Human Geography 47* (1), 43-65. https://doi.org/10.1177/03091325221132561.

PERCEPCIÓN, PRESERVACIÓN Y CAMBIOS DEL PAISAJE A LO LARGO DE UN ITINERARIO CULTURAL: OBSERVACIONES EN EL CAMINO MOZÁRABE POR LA CARA NORTE DE SIERRA NEVADA

ANDREAS VOTH[1]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Geografía Económica, RWTH Aachen University, Templergraben 55, 52062 Aachen (Alemania); a.voth@geo.rwth-aachen.de*

Abstract: The heritage values of the landscape and its contribution to the local economy and identity are increasingly recognised in rural areas. The development of sustainable tourism depends to a large extent on the attractiveness of the landscape. One form of travelling that favours the contemplation of the landscape, and which shows a strong growth dynamic, is the pilgrimage to Santiago de Compostela. The Mozarabic Way of St. James links eastern Andalusia with Mérida and the Vía de la Plata. The stages between Almería and Granada are also known as the 'Way of the Senses', due to the exceptional diversity of landscapes, among many other factors. In addition, the increasing diversity of motives in walking the pilgrimage route can influence the ways of perceiving the landscapes and different heritage elements. The aim of this paper is to place observations made at the local level on the Mozarabic Way in the context of the debate on perception, preservation and landscape change on pilgrimage routes. The methodology is based on a review of secondary sources and fieldwork using different techniques: observation, photographic and cartographic documentation, interviews with local agents and surveys of pilgrims in 2018 and 2024. The results reflect multiple perspectives and a need for the preservation of the landscape. The pilgrimage route favours the conscious perception and appreciation of the landscape by travellers and residents.

Keywords: Landscape; pilgrimage route; Camino Mozárabe de Santiago; Almería-Granada

1. Introducción

Los valores patrimoniales del paisaje y su contribución a la economía e identidad local se reconocen cada vez más en las comarcas rurales. Las características peculiares de un paisaje se convierten en un recurso a poner en valor. El desarrollo de un turismo sostenible depende en gran medida del atractivo del paisaje y puede favorecer su preservación. Una forma de viaje lento que facilita la contemplación del paisaje, y que muestra una fuerte dinámica de crecimiento, es la peregrinación por los Caminos de Santiago, no solo por el «Camino Francés», la ruta más transitada que atraviesa el Norte de la Península Ibérica desde el Pirineo hasta Santiago de Compostela. Esta comunicación se centra en el caso del «Camino Mozárabe de Santiago» que enlaza Andalucía oriental con Mérida y la Vía de la Plata. La excepcional diversidad del paisaje, entre otros muchos factores, ha hecho que la ruta entre Almería y Granada, que recorre la cara norte de Sierra Nevada atravesando paisajes de muchos contrastes, se conozca como «El Camino de los Sentidos». Además, la creciente diversidad de motivos de recorrer la ruta de peregrinación puede influir en las formas de percibir los paisajes y diferentes elementos patrimoniales.

La revitalización de rutas de la red de Caminos de Santiago y el fuerte aumento del número de peregrinos han estimulado el interés de la investigación académica por este fenómeno desde diferentes disciplinas, entre ellas la geografía, lo que queda reflejado en un auge en el número de publicaciones sobre el turismo de peregrinación a Santiago (Santos, 2021). Hace ya 30 años que los procesos de revitalización del Camino de Santiago como itinerario cultural y su contribución al desarrollo del Noroeste Peninsular se debatieron en el XIV Congreso Nacional de Geografía en Salamanca (Sierra Fernández, 1995). Con el cambio de siglo, surgieron nuevas expectativas en torno a un turismo más sostenible, sensibilizado e interesado por el patrimonio natural y cultural en regiones del interior, que requerían una actuación coordinada tanto en la puesta en valor como en la protección del patrimonio. Desde entonces, se realizaron muchos estudios sobre la dinámica creciente de la peregrinación hacia Santiago, sus causas, efectos territoriales y cambios cuantitativos y cualitativos, con un enfoque especial en el Camino Francés y en la multiplicación de los motivos de los viajeros en recorrer la ruta (Lois & Santos, 2015). A diferencia del peregrino medieval, el peregrino actual posee una conciencia y sensibilidad especiales hacia el paisaje (Lois & Lopez, 2012), y que además va cambiando su forma de verlo y de percibirlo a lo largo del recorrido. El ritmo de viajar caminando favorece la reflexión y la contemplación del paisaje, estimulando las sensaciones (Lois & Lopez, 2021). Considerando los beneficios para el bienestar físico, mental y espiritual del peregrino, los paisajes y el contexto en que se perciben pueden generar efectos terapeúticos, especialmente demandados en una situación post-pandémica (Lopez et al., 2023).

También hay trabajos que se centran en los elementos patrimoniales del paisaje en el Camino Francés (Cascos & Molinero, 2018). El itinerario cultural conecta ciudades, pueblos y personas en las comarcas, en unos paisajes caracterizados por una sorprendente concentración de un rico patrimonio que no consiste únicamente en elementos sagrados. Un requisito esencial de una ruta de peregrinación es su autenticidad histórica, no es precisamente la belleza del paisaje, aunque su contribución a la protección del paisaje y los valores patrimoniales se considera un aspecto importante.

Con el fuerte aumento de la peregrinación a Santiago, en muchas regiones de Europa nacieron iniciativas para reactivar caminos de peregrinación, también desde el sur de España, donde se recuperó la ruta histórica del Camino Mozárabe. El trazado sigue una ruta medieval para la peregrinación a Santiago, utilizada por los cristianos conocidos como «mozárabes», que vivían bajo el dominio musulmán. El itinerario señalizado desde Almería discurre por el este y norte de Sierra Nevada hacia

Granada, por una vía de comunicación antigua entre la costa mediterránea y el interior peninsular, pasando por la ciudad de Guadix. Esta ruta ha sido estudiada, señalizada y promocionada en un proceso ascendente que comenzó con un proyecto de cooperación interterritorial en el que participaron varios grupos de desarrollo local. Los peregrinos recorren los 200 km de Almería a Granada (entre 9 y 12 etapas), fundamentalmente en primavera y otoño, parando en los núcleos rurales donde encuentran albergues y otros servicios necesarios. Voluntarios organizados en una asociación jacobea crearon y mantienen una red de albergues de donativo, ponen a disposición información actualizada sobre la ruta y reciben a los peregrinos (Asociación Jacobea de Almería-Granada Camino Mozárabe, 2025). Gracias al Camino, cada vez más viajeros llegan a conocer estas comarcas y difunden sus experiencias. Para los pequeños municipios rurales, el Camino se convierte en una ventana al mundo (Guil & Voth, 2021). Llegan personas de todos los países de Europa y otros continentes, sobre todo peregrinos experimentados que ya conocen el Camino Francés y que buscan una ruta diferente y menos frecuentada. El Camino Mozárabe les ofrece unos paisajes muy diferentes y de grandes contrastes, así como la opción de realizar el viaje en otras estaciones del año. Por otra parte, el trazado transcurre entre varios espacios naturales protegidos y geoparques.

2. Materiales, datos y métodos

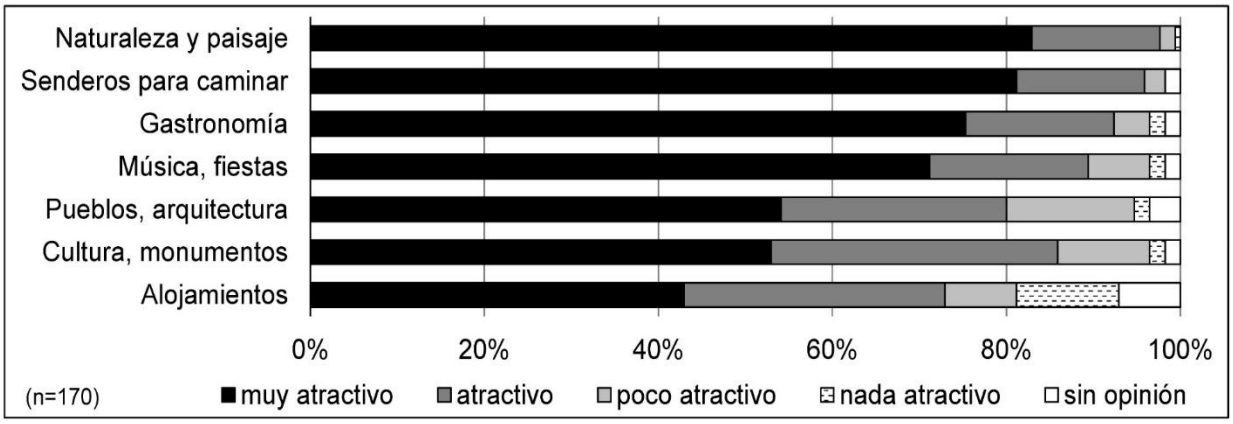
El objetivo de esta comunicación es situar las observaciones realizadas en el Camino Mozárabe en un contexto de debate sobre percepción, preservación y cambios de paisaje en rutas de peregrinación, incluyendo también resultados de estudios anteriores (Voth, 2018, 2020, 2024). La metodología descrita y aplicada en estos estudios se ha basado en una revisión de fuentes secundarias y trabajos de campo en los que se han usado diferentes técnicas: observación, documentación fotográfica y cartográfica, entrevistas y encuestas. En colaboración con la Asociación Jacobea de Almería-Granada Camino Mozárabe y el municipio de Alboloduy en la Alpujarra Almeriense, desde 2018 se realizaron varias estancias de investigación con grupos de alumnos de máster de geografía de la RWTH Aachen University (Alemania) sobre temas de desarrollo rural y el Camino Mozárabe en la provincia de Almería y se debatieron los resultados en jornadas organizadas con entidades y agentes locales. Los resultados obtenidos en 40 entrevistas con agentes locales y representantes de diversas instituciones se relacionaron con encuestas realizadas a peregrinos (n=124) y habitantes (n=170) en 2018, y se ampliaron en años posteriores. En 2024 los trabajos de campo se centraron en el Camino Mozárabe en la provincia de Granada.

3. Resultados

En las entrevistas y encuestas realizadas en municipios del Camino Mozárabe en la provincia de Almería se recogió mucha información sobre diversos aspectos relacionados con la demanda y oferta a lo largo de la ruta. En general, el nivel de conocimiento y satisfacción es muy alto. Los habitantes de los pueblos destacan los atractivos del paisaje, por delante de otros aspectos de interés (figura 1). También los peregrinos se muestran muy safisfechos con los atractivos paisajísticos percibidos, pero lo que más les impresiona es la gran hospitalidad recibida en su viaje. Esta satisfacción ha propiciado que el itinerario entre Almería y Granada se conozca en los foros jacobeos como «El Camino de los Sentidos», «por las muchas vivencias y experiencias que se comparten entre diferentes personas» (Murillo, 2020).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Valoración de atractivos turísticos del valle del río Nacimiento desde la perspectiva de los habitantes



Fuente: Voth (2020), elaboración propia.

Entre el mar Mediterraneo, los valles de los ríos Andarax y Nacimiento, el Desierto de Tabernas, Sierra Nevada, el Marquesado del Zenete, el Altiplano de Guadix y la ciudad de la Alhambra, el caminante disfruta de unos paisajes de grandes contrastes, únicos en Europa. El geógrafo y etnólogo Agustín Sánchez Hita (2020) presenta un repaso por los valores paisajísticos, culturales y medioambientales del Camino Mozárabe, incluyendo observaciones muy acertadas de los cambios actuales del paisaje. El itinerario atraviesa varios ámbitos paisajísticos (Voth 2020). Además, diferentes tipos de viajeros perciben y estiman el paisaje a lo largo del Camino de manera distinta. Las rutas de peregrinación no se deben confundir con las rutas GR o rutas panorámicas. En los Caminos de Santiago, que pasan tanto por paisajes rurales como por áreas suburbanas y algún polígono industrial, el caminante llega a conocer la realidad del territorio. Mientras que otros turistas buscan los puntos más escénicos del paisaje, el peregrino, en cambio, vive la totalidad de su entorno que le inspira a reflexionar. Para el peregrino el paisaje es especialmente interesante si al mismo tiempo es variado y ofrece una visión más profunda de la región atravesada, percibida como espacio de vida de la población local. La cultura y el paisaje los valora como más importantes que los puntos de interés turístico. En su estudio sobre senderismo y peregrinación, también Specht (2009) concluye que el viajero espiritual se interesa tanto por lo bonito como por lo feo, por la región en general más allá de los aspectos estéticos, lo que le distingue del senderista deportivo o turista, caracterizado por una percepción más parcial o fragmentada del paisaje. Sin embargo, resulta dificil distinguir entre peregrinos y otros turistas que combinan varios motivos de viajar. Las diferentes perspectivas de ver el paisaje se fusionan. Asimismo, el Camino cambia a las personas y su manera de percibir el paisaje. La peregrinación se asocia con una forma de viajar consciente, pausada y respetuosa, que busca la autenticidad, un contacto más cercano con el territorio, unas experiencias alternativas y sensaciones profundas (Hilpert & Voth, 2024).

La peregrinación permite apartarse de la rutina diaria y favorece la reactivación de los sentidos, tan embotados y saturados. «El Camino de los Sentidos» ofrece una gran variedad de atractivos que llaman la atención del caminante y estimulan la percepción. De forma individual, percibe e interpreta su entorno natural y cultural, combinando diferentes sensaciones. El movimiento pausado, la sensación corporal, expectativas y experiencias espirituales, así como el marco de interacción social, influyen en la percepción del paisaje. Las ermitas, las cruces en el camino, la arquitectura popular, los árboles

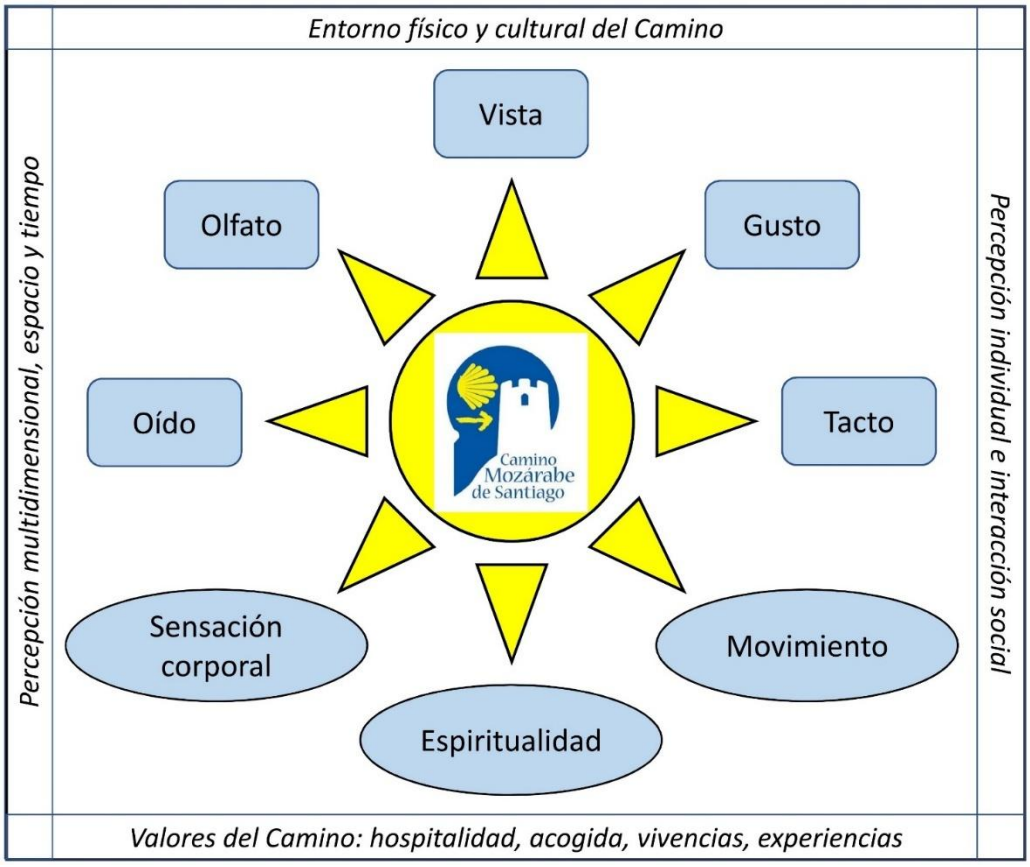
centenarios, las formaciones de roca, los muros de piedra seca, el canto de los pájaros, el olor y color de las flores, el paso de rebaños de ovejas, las almazaras, el agua de arroyos, fuentes y acequias, la música de las fiestas, la gastronomía, el habla local, etc. – hay multitud de elementos patrimoniales que pueden llamar la atención del peregrino y que forman parte de la esencia del Camino, que se perciben con todos los sentidos (figura 2). Tampoco pasan desapercibidos aspectos de cambio del paisaje, como la erosión, los incendios forestales, los parques eólicos, las granjas intensivas, las construcciones inapropiadas, etc. Los caminantes reciben sus impresiones, sus imágenes de las comarcas y las transmiten. El Camino fomenta la consciencia por la necesidad de proteger y cuidar el paisaje y los recursos patrimoniales. Asociaciones y agentes locales pueden participar activamente en la preservación y mejora de su entorno y en la transmisión de impresiones. En Alboloduy se celebraron jornadas de los «Sabores del Camino», juntando recetas de municipios a lo largo de la ruta. La Asociación Jacobea Almería-Granada Camino Mozárabe (2024) recogió el testimonio de muchas peregrinas que llegaron a conocer el itinerario, publicadas en «Voces Peregrinas»:

«Camina y goza del paisaje y de los pequeños momentos sorprendentes que cada día nos ofrece»

«Cada paso en el Camino es reflexión, vivir con todos los sentidos, una experiencia que apasiona»

«Una maravillosa experiencia, llena de impresiones, encuentros y un paisaje increiblemente hermoso»

Figura 2. El Camino y sus paisajes: percepción con todos los sentidos



Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Los resultados reflejan perspectivas variadas de percepción y una necesidad de preservación del paisaje y sus elementos patrimoniales. El número de viajeros y sus motivaciones siguen aumentando, también en las rutas de peregrinación aún menos frecuentadas. El paso de los peregrinos puede impulsar la sensibilización por los valores del Camino, la puesta en valor del patrimonio, así como el desarrollo de un turismo sostenible en los pequeños municipios rurales. El creciente reconocimiento y la popularidad del itinerario cultural está dando lugar a más esfuerzos para mantener el patrimonio y proporcionar servicios, lo que a su vez refuerza el atractivo de la ruta. El arreglo de antiguos caminos de arrieros, la señalización del Camino, la habilitación de puntos de descanso y miradores, la oferta de productos locales, la apertura de albergues, exposiciones de pinturas y fotografías del Camino, etc., son ejemplos de las muchas iniciativas y proyectos realizados. La ruta de peregrinación favorece la percepción consciente y la apreciación del paisaje por parte de viajeros y residentes. Ambos grupos consideran el paisaje uno de los atractivos principales de la ruta, «El Camino de los Sentidos».

5. Referencias bibliográficas

Asociación Jacobea de Almería-Granada Camino Mozárabe (2024). *Voces Peregrinas. Un Canto al Camino en Femenino*. Alhama de Almería (Almería).

Asociación Jacobea de Almería-Granada Camino Mozárabe (2025). *Guía de alojamientos y albergues del Camino Mozárabe desde Almería a Mérida*. http://www.caminomozarabesantiago.com

Cascos Maraña, C. y Molinero Hernando, F. (2018). El paisaje de vía zonal y vertebradora de valles del Camino de Santiago en Castilla y León. En F. Molinero y J. Tort (Coords.): *Paisajes patrimoniales de España*. Madrid (pp. 1492-1515).

Guil Soriano, S.M. y Voth, A. (2021). Activar el patrimonio histórico para el desarrollo local y turístico: El Camino Mozárabe de Santiago a su paso por la Alpujarra Almeriense. En M.J. Ortega y R. Ruiz (Eds.): *Patrimonio, Cultura y Turismo. Claves para el desarrollo económico y demográfico de La Alpujarra*. Universidad de Granada (pp. 331-347).

Hilpert, M. y Voth, A. (2024). Pilgrimage destination conscience: The search for meaning along the Way of St. James. En H. Pechlaner, N. Olbrich y G. Isetti (Eds.): *Destination conscience: Seeking meaning and purpose in the travel experience*. Emerald Publishing, Leeds (pp. 65-77)
https://doi.org/10.1108/978-1-80455-960-420241008

Lois González, R.C. y Lopez, L. (2012). El Camino de Santiago: una aproximación a su carácter polisémico desde la geografía cultural y el turismo. En *Documents d'Anàlisi Geogràfica 58*(3), (pp. 459-479).

Lois González, R.C. y Lopez, L. (2021). The singularity of the Camino de Santiago as a contemporary tourism case. En P. Pileri y R. Moscarelli (Eds.): *Cycling & Walking for Regional Development*. Cham (pp. 221-233). https://doi.org/10.1007/978-3-030-44003-9_15

Lois González, R.C. y Santos, X.M. (2015). Tourists and pilgrims on their way to Santiago. Motives, Caminos and final destinations. En *Journal of Tourism and Culture Change 13*, (pp. 149–164).

Lopez, L., Lois González, R.C. y Moscarelli, R. (2023). The fragility of successful tourism destinations linked to cultural itineraries: The example of the Way of St. James. En A. Blanco y M. Blázquez (Eds.): *Spanish Tourism Geographies*. Springer, Cham, (pp. 105-123). https://doi.org/10.1007/978-3-031-39780-6_6

Murillo Pravia, M. (2020). El Camino Mozárabe de Almería a Granada – «El Camino de los Sentidos». En S.M. Guil Soriano, M. Murillo Pravia y A. Voth (Coords.): *El Camino Mozárabe de Santiago: La peregrinación desde el Sur*. Almería (pp. 157-166).

Sánchez Hita, A. (2020). Paisajes en el Camino Mozárabe en la provincia de Almería. Apuntes para una futura guía ‚Los Paisajes del Camino Mozárabe'. En S.M. Guil Soriano, M. Murillo Pravia y A. Voth (Coords.): *El*

Camino Mozárabe de Santiago: La peregrinación desde el Sur. Almería (pp. 97-113). https://www.econgeo.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaacaggspm

Santos, X.M. (2021). The Way of St. James in Religious Tourism Research. En *International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage 9* (6), (pp. 91-108).

Sierra Fernández, M.d.P. (1995). Camino de Santiago. Itinerario Cultural Europeo. Revitalización y contribución al desarrollo turístico del Noroeste Peninsular. En *Actas del XIV Congreso Nacional de Geografía. Cambios regionales a finales del siglo XX*. Salamanca (pp. 268-273).

Specht, J. (2009). *Fernwandern und Pilgern in Europa. Über die Renaissance der Reise zu Fuß*. Eichstätter Tourismusgeographische Beiträge 11. Múnich.

Voth, A. (2018). *La Alpujarra Almeriense. Imagen y desarrollo de un destino turístico europeo*. Diputación de Almería. Almería.

Voth, A. (2020). *El Camino Mozárabe de Santiago en la Provincia de Almería. Un itinerario cultural como eje de desarrollo local en el valle del río Nacimiento*. Almería. https://www.econgeo.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaacakzemh

Voth, A. (2024). The role of cooperation and tourism in rural development – Long-term research activities in the Alpujarra of Almería (Spain). En E. Cejudo, F.A. Navarro y J.A. Cañete (Eds.): *Win or lose in rural development*. Cham (pp. 167-189). https://doi.org/10.1007/978-3-031-48675-3_8

USOS DEL SUELO, GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

DE LA TEORÍA A LA ACCIÓN: ANÁLISIS DE LAS CORRIENTES CONCEPTUALES DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

IZASKUN GÓMEZ DE SALAZAR[1]

ITZIAR AGUADO-MORALEJO[2]

[1] Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco, Tomás y Valiente, s/n – 01006 Vitoria-Gasteiz, izaskun.gomezdesazalar@ehu.eus, https://orcid.org/0000-0001-7707-4081

[2] Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco, Tomás y Valiente, s/n – 01006 Vitoria-Gasteiz, itziar.aguado@ehu.eus, https://orcid.org/0000-0003-2166-065X

Abstract: This study examines the conceptual and practical dimensions of nature-based solutions (NbS), which have emerged as nature-inspired strategies to address global challenges such as climate change and biodiversity loss. Despite gaining prominence on international policy agendas, NbS remain ambiguously defined, hindering their effective implementation. Institutions such as the European Commission (2015) and IUCN (2016) have proposed definitions, yet these have been criticised for their economistic focus and insufficient attention to environmental justice. Aiming to contribute to a clearer consensus, this research compares academic definitions with operational interpretations through a dual methodology: a systematic literature review and semi-structured interviews with experts and practitioners involved in the EU-funded CLEVER Cities project. The analysis identified four key conceptual approaches—ecotechnocratic, holistic, anthropocentric, and biocentric. While theoretical frameworks emphasise the multifunctionality and adaptability of NbS, interview findings reveal a dominance of technocratic perspectives in practice, with only minor divergences from academic discourse. The results highlight a persistent gap between theoretical ambitions and practical implementation, underscoring the need to bridge this divide. By promoting more collaborative and scalable approaches, this study advocates for improved integration of academic insight and on-the-ground application, thereby enhancing the effectiveness and legitimacy of NbS as tools for sustainable urban transformation.

Keywords: Nature-based solutions; environmental justice; technocratic approach; holistic approach; anthropocentric perspective; biocentric perspective.

1. Introducción

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (NbS) son estrategias que se inspiran en los procesos ecológicos para gestionar, restaurar o conservar ecosistemas. En los últimos años, se han ido incorporando a los marcos de planificación urbana y ambiental formando parte de estrategias orientadas al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (Kabisch, Frantzeskaki & Hansen, 2022). Su consolidación en el ámbito europeo obedece tanto al respaldo institucional como a su capacidad para generar beneficios múltiples, tanto ambientales como económicos y sociales (Liquete et al., 2016). Sin embargo, desde su aparición en el discurso internacional su significado ha estado sujeto a múltiples interpretaciones según el contexto disciplinar, político o geográfico en el que se circunscribía. De hecho, la falta de consenso en torno a su definición ha motivado críticas sobre su instrumentalización y su alineación con enfoques de carácter más economicista (Eggermont et al., 2015; Alva, 2022). Por ello, comprender cómo ha evolucionado su conceptualización resulta de utilidad para evaluar su madurez como marco teórico y su capacidad para orientar políticas públicas, abordando la persistente brecha ciencia-política-práctica.

Así, las definiciones de la UICN (2016) y la Comisión Europea (2015) coinciden en destacar la multifuncionalidad de las NbS, pero mientras la primera defiende una aproximación centrada en la restauración ecológica con beneficios colaterales para el bienestar humano, la segunda prioriza un enfoque más holístico e instrumental, que busca articular sostenibilidad con rentabilidad económica (Albert et al., 2021; Seddon et al., 2021). Esta orientación economicista, próxima al pensamiento neoclásico, ha sido criticada por favorecer dinámicas neoliberales que contribuyen a la degradación ambiental (Zhu et al., 2024). Frente a ello, se alzan posturas críticas que abogan por una relectura biocéntrica del concepto, donde la justicia ecológica y los derechos de la naturaleza ocupen un lugar central (Pineda Pinto et al., 2022).

Dentro del debate relativo a las NbS, se pueden identificar al menos cuatro aproximaciones conceptuales que condicionan tanto su definición como su aplicación práctica. La ecotecnocrática concibe las NbS como instrumentos orientados a la restauración ambiental que optimizan la prestación de servicios ecosistémicos frente a infraestructuras tradicionales (Eggermont et al., 2015). La perspectiva holística promueve una visión más amplia, concibiendo las NbS como catalizadores de transformación territorial. No obstante, se le ha reprochado su inclinación a legitimar modelos de crecimiento verde que priorizan retornos financieros por encima de la conservación ecológica (Alva, 2022). Por su parte, la corriente antropocéntrica insiste en que las NbS deben combatir desigualdades sociales, integrando la justicia ambiental en su diseño e implementación (Cooper et al., 2024). Por último, la corriente biocéntrica plantea una crítica más profunda, abogando por redefinir la relación entre humanos y naturaleza desde una ética que reconoce la agencia de otros seres vivos y la necesidad de proteger los ecosistemas más allá de su valor económico o instrumental (Pineda Pinto et al., 2022).

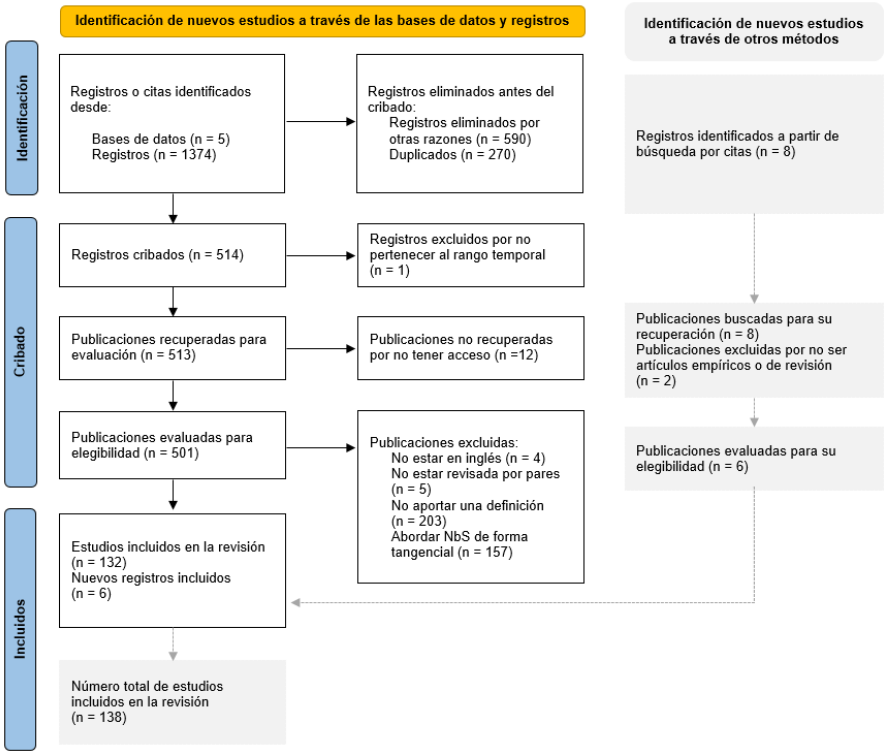
En consecuencia, el objetivo de esta investigación es doble: por un lado, identificar y caracterizar las principales aproximaciones conceptuales a las NbS en la literatura científica; por otro, examinar su coherencia con las interpretaciones de técnicos y expertos implicados en su implementación en el marco del proyecto CLEVER Cities. Se ha seleccionado este proyecto, financiado por el programa Horizonte 2020, por su orientación hacia la co-creación de NbS en entornos urbanos. Su análisis permite observar cómo se interpreta y aplica el concepto en contextos reales a través de la experiencia en las tres ciudades pioneras de Milán, Hamburgo y Londres.

La investigación se estructura a partir de dos preguntas que orientan el análisis comparativo entre el discurso académico y su aplicación práctica: (1) ¿cómo ha evolucionado el concepto de NbS en la literatura académica desde su aparición en 2008?, y (2) ¿en qué medida dichas tendencias conceptuales encuentran correspondencia en la implementación del proyecto CLEVER Cities?

2. Materiales, datos y métodos

La investigación ha adoptado un enfoque metodológico mixto que integra una revisión sistemática de literatura y un análisis cualitativo de entrevistas. En primer lugar, se realizó una revisión sistemática de la literatura científica aplicando el protocolo PRISMA 2020 (Figura 1) para garantizar la replicabilidad del proceso. Se definieron los siguientes criterios de inclusión: los estudios debían estar redactados en inglés, haber sido revisados por pares, contener una definición o discusión conceptual explícita de NbS y figurar en el periodo comprendido entre 2008 y 2024. Además, se excluyeron publicaciones de MDPI y Frontiers para reducir sesgos asociados al volumen editorial. La ecuación de búsqueda incorporó términos como "Nature based solutions", "Nature-based solutions" y "NbS" en el título, junto con descriptores temáticos como "defin*", "concept*", "evolution", "development" y "framework". De los 1.374 registros obtenidos inicialmente, tras un proceso de cribado y evaluación, se seleccionaron 138 publicaciones que cumplían los criterios establecidos.

Figura 1. Diagrama de flujo del protocolo PRISMA 2020



Fuente: elaboración propia

La fase empírica de la investigación incluyó 22 entrevistas semiestructuradas realizadas entre mayo y septiembre de 2024 a expertos y técnicos del proyecto CLEVER Cities, seleccionados inicialmente

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

por muestreo intencional y ampliados mediante técnica en bola de nieve (Mergel, Edelmann & Haug, 2019). Se buscó una representación equilibrada de entrevistados de las tres ciudades (Milán, Hamburgo y Londres) y del equipo coordinador del proyecto y también una heterogeneidad de perfiles técnicos, académicos y administrativos. La información recopilada fue analizada con LiGRE, un software libre de análisis cualitativo que permite gestionar grandes volúmenes de datos, realizar codificación temática y generar visualizaciones interactivas. La codificación siguió el proceso sistemático propuesto por Bingham (2023), que incluye la organización, clasificación y análisis temático de la información.

3. Resultados

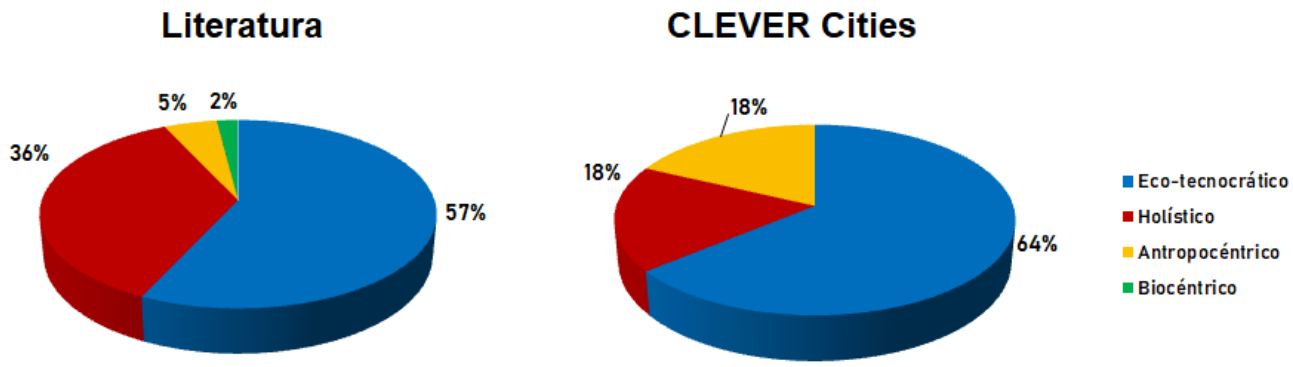
El análisis bibliográfico evidencia un crecimiento progresivo en la producción científica sobre NbS, especialmente a partir de 2019. La mayor concentración de estudios se localiza en Europa, con un total de 65 casos documentados, destacando países como Reino Unido (8), Italia (7), Alemania y España (6 cada uno), y Suecia y Grecia (5 cada uno). En otras regiones, la presencia es significativamente menor: Asia (10), América del Sur (4) y África (2). A nivel editorial, las cinco revistas que concentran el mayor número de trabajos sobre NbS son *Science of the Total Environment*, *Environmental Science and Policy*, *Ambio*, *Journal of Environmental Management* y *Land Use Policy*, indicando un interés creciente por parte de las revistas especializadas en gestión ambiental y políticas públicas.

Los términos más frecuentes en cada corriente evidencian sus prioridades discursivas: el enfoque ecotecnocrático enfatiza nociones de eficiencia técnica como ecoingeniería, infraestructura híbrida o gestión de riesgos; el holístico destaca por incluir categorías propias de la economía ambiental y la gobernanza, como externalidades, inversión verde o resiliencia urbana; el antropocéntrico prioriza la inclusión social mediante conceptos como justicia climática, participación ciudadana y cohesión social; mientras que el biocéntrico se distingue por un léxico ético-ecológico donde figuran conservación de la biodiversidad, principio de precaución y conexión humano-naturaleza.

A partir de las cuatro corrientes identificadas, se clasificaron las referencias científicas poniendo de manifiesto una amplia polisemia vinculada a las NbS. Estas perspectivas configuran marcos teóricos que difieren no solo en su comprensión del papel de la naturaleza, sino también en los fines que asignan a las NbS, ya sea como instrumentos de eficiencia ecológica, mecanismos de desarrollo sostenible, dispositivos de justicia socioambiental o expresiones de ética ecológica.

Tanto en la literatura como en los testimonios recogidos en CLEVER Cities coinciden en considerar las NbS como estrategias basadas en procesos naturales aplicables a la gestión urbana. El enfoque ecotecnocrático es dominante (Figura 2), apareciendo recurrentemente en ambos conjuntos de datos términos como “infraestructuras híbridas”, “adaptación al cambio climático” y “soluciones alternativas”. La principal divergencia entre teoría y práctica se produce en la presencia del enfoque holístico con un mayor peso en la literatura que en las entrevistas. Mientras que la literatura incluye con mayor frecuencia términos como “desarrollo sostenible”, “Agenda 2030” o “transformaciones socioecológicas”, los agentes implicados en CLEVER Cities priorizaron aspectos técnico-operativos. En cambio, el enfoque antropocéntrico tiene una representación mayor entre los entrevistados, con menciones frecuentes a la inclusión social, la co-creación y la participación ciudadana. La presencia del enfoque biocéntrico es anecdótica en ambas esferas, reflejando la escasa consideración de las dimensiones éticas o ecológicas profundas tanto en las definiciones operativas respecto a las teóricas.

Figura 2. Comparativa de las corrientes predominantes en la literatura y en el proyecto CLEVER Cities



Fuente: elaboración propia en base a LiGRE y Excel

4. Discusión y conclusiones

La investigación confirmó el predominio del enfoque ecotecnocrático tanto en la literatura científica como en las definiciones aportadas por los expertos entrevistados. Este enfoque, centrado en la funcionalidad ecológica y la sustitución de infraestructuras grises, continúa siendo la vía principal de conceptualización e implementación de las NbS (Eggermont et al., 2015; Kabisch, Frantzeskaki & Hansen, 2022). Sin embargo, paulatinamente la literatura ha empezado a incorporar perspectivas holísticas que, aunque todavía minoritarias en la práctica, introducen dimensiones sociales y económicas, y apuntan a una posible reorientación del concepto hacia una visión más integradora (Dorst et al., 2019; Seddon et al., 2021). El análisis del proyecto CLEVER Cities mostró que las intervenciones priorizan la solución de problemas técnicos y la eficiencia en la provisión de servicios ecosistémicos, en consonancia con lo descrito en gran parte de la literatura académica (Eggermont et al., 2015; Liquete et al., 2016). En este sentido, a pesar de que algunos entrevistados reconocieron la importancia de enfoques holísticos y participativos, la aplicación práctica de las NbS sigue anclada en parámetros de coste-efectividad y replicabilidad, lo que puede limitar su capacidad para responder a las particularidades y complejidad socioecológica de los entornos urbanos (Kotsila et al., 2021; Seddon et al., 2021).

Este estudio presenta limitaciones derivadas del enfoque metodológico y del alcance territorial del caso analizado. Al habernos centrado en un caso europeo, la comparabilidad con otras escalas o modelos de gobernanza es limitada. Asimismo, al centrarse en un único proyecto europeo, la generalización de los resultados podría verse condicionada. Además, el análisis cualitativo de las entrevistas se realizó mediante una codificación temática guiada por un marco teórico previamente definido. Aunque se aplicó de forma sistemática y asistida por software, implicó decisiones que respondieron a categorías previamente definidas en la revisión bibliográfica, lo que lleva implícito un riesgo de sesgo interpretativo y pudo haber condicionado la identificación y clasificación de ciertos discursos.

Como línea de investigación futura, sería pertinente desarrollar marcos comparativos entre distintas regiones y niveles de gobernanza, profundizando en experiencias extracomunitarias que ofrezcan lecturas alternativas al discurso hegemónico sobre sostenibilidad. También se podría avanzar en la construcción de indicadores que permitiesen evaluar dimensiones sociales, culturales y éticas en la

implementación de las NbS, incorporando métodos de evaluación del impacto a largo plazo y una evaluación bajo criterios de justicia ambiental.

5. Referencias bibliográficas

Albert, C., Brillinger, M., Guerrero, P., Gottwald, S., Henze, J., Schmidt, S., Ott, E., & Schröter, B. (2020). Planning nature-based solutions: Principles, steps, and insights. *Ambio, 50*(8), 1446-1461. https://doi.org/10.1007/s13280-020-01365-1

Alva, A. (2022). A critical perspective on the European Commission's publications 'Evaluating the impact of nature-based solutions'. *Nature-Based Solutions, 2*, 100027. https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100027

Bingham, A. J. (2023). From Data Management to Actionable Findings: A Five-Phase Process of Qualitative Data Analysis. *International Journal of Qualitative Methods, 22*. https://doi.org/10.1177/16094069231183620

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2015) Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities': (full version), Publications Office. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202

Cooper, C., Cunningham, N., Bracken, L. J., & Collier, M. (2024). Distribution of Nature-based Solutions in cities across Europe. *Land Use Policy, 141*. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107160

Dorst, H., van der Jagt, A., Raven, R., & Runhaar, H. (2019). Urban greening through nature-based solutions – Key characteristics of an emerging concept. *Sustainable Cities and Society, 49*, 101620. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101620

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., van Ham, C., Weisser, W. W., & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. *Gaia - Ecological Perspectives for Science and Society, 24(4)*, 243–248. https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., & Hansen, R. (2022). Principles for urban nature-based solutions. *Ambio, 51*(6), 1388–1401. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01685-w

Kotsila, P., Anguelovski, I., Baró, F., Langemeyer, J., Sekulova, F., & Connolly, J. T. (2021). Nature-based solutions as discursive tools and contested practices in urban nature's neoliberalisation processes. *Environment and Planning E: Nature and Space, 4*(2), 252–274. https://doi.org/10.1177/2514848620901437

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B., & Masi, F. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control: Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services: Part B, 22*, 392–401. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.011

Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government information quarterly, 36*(4), 101385. https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002

Pineda-Pinto, M., Herreros-Cantis, P., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Wang, J., & Zhou, W. (2021). Examining ecological justice within the social-ecological-technological system of New York City, USA. *Landscape and Urban Planning, 215*, 104228. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104228

Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., & Turner, B. (2021). Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology, 27*(8), 1518–1546. https://doi.org/10.1111/gcb.15513

IUCN (2016) A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0. First edition. Gland, Switzerland: IUCN

Zhu, A. L., Weins, N., Lu, J., Harlan, T., Qian, J., & Barbi Seleguim, F. (2024). China's nature-based solutions in the Global South: Evidence from Asia, Africa, and Latin America. *Global Environmental Change, 86*. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102842

GESTIÓN FORESTAL MEDIANTE QUEMA PRESCRITA EN UN BOSQUE DE *PINUS HALEPENSIS* Y LOS EFECTOS EN EL SUELO. MACIZO DE MONTGRÍ (GIRONA)

SEBASTIÁN ALFARO-ZEPEDA[1]

XAVIER ÚBEDA[2]

MAYRA FIGUEROA[3]

JOAQUIM FARGUELL[4]

EDUARDO GARCÍA-BRAGA[5]

ANTONIO PEÑALVER-ALCALÁ[6]

MARIANO MORENO DE LAS HERAS[7]

CARLES BARRIOCANAL[8]

[1]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), salfaro@ub.edu, https://orcid.org/0009-0009-3786-0614*

[2]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), xubeda@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-0384-8563*

[3]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), mayrafigue@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0384-8563*

[4]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), jfarguell@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-1944-6427*

[5]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), eduardogarcia@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-2256-7177*

[6]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), antonio.penalver@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-3717-0241*

[7]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), mariano.moreno@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-3366-5060*

[8]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), carles.barriocanal@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-6107-9360*

Abstract Wildfires, along with drought, are the main disturbance in Mediterranean forests. Prescribed burning is a tool used to reduce the amount of fuel in forests and reduce the risk of high-intensity wildfires. In the Montgrí massif, prescribed burning has been carried out since 2006 by the Generalitat de Catalunya GRAF firefighters to prevent vertical continuity from the shrub layer to the canopy of trees, in this case *Pinus halepensis*. The objective of this study is to evaluate the immediate effect on soil properties following the use of prescribed burning as a forest management technique and its annual evolution. Following a prescribed burn on March 1, 2022, five plots (n=5) were established

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

in the burned area (PF) and an adjacent unburned control area (C), and soil samples were taken, repeating sampling in 2023 and 2024. Electrical conductivity, pH, nitrogen, and aggregate stability showed sustained changes over three years compared to the control plot. Magnesium, potassium, and water repellence stabilized after three years. Calcium and organic carbon did not show any significant changes at any time during the study. Results seem to indicate that the use of prescribed burning does not imply a detrimental effect on soil properties in the short and medium term, however, to evaluate its long-term effect it will be necessary to continue its annual monitoring.

Keywords: Large wildfires, change of fire regime, fuel management, Montgrí massif

1. Introducción

Los incendios forestales, junto con la sequía, son las principales perturbaciones que pueden afectar a los bosques mediterráneos (Resco de Dios et al., 2018). El fuego no debería ser una perturbación que causara daños irreversibles en la vegetación o el suelo de los sistemas forestales mediterráneos, pues este ha formado parte de la evolución de nuestros bosques y está considerado un factor ecológico más. De hecho, cada ecosistema tiene un determinado régimen de incendios, que viene determinado por la recurrencia, intensidad y estacionalidad de los mismos. Por lo tanto, si no se sobrepasa el régimen, en alguna de sus variables, no debería existir peligro para la supervivencia de las especies vegetales (Pausas, 2012).

Pero, debido a la acumulación de combustible por el abandono de muchas actividades agrícolas, ganaderas y forestales; y, por el cambio climático, se ha demostrado que en los bosques españoles ha habido un cambio de régimen de incendios (Úbeda et al., 2024), lo que conlleva a más intensidad de quemado, una recurrencia más corta entre incendio e incendio, y una desestacionalización, es decir, más incendios a lo largo de todo el año. Este hecho sí que puede comportar efectos negativos en la vegetación y los suelos (Badía et al., 2025).

Como gestores del territorio si podemos influir en la gestión forestal del combustible, sea este vivo o muerto, ya que no podemos modificar las variables ambientales y tampoco prever donde será la ignición.

Hay diferentes tipos de gestión, poda, clareos, paso de ganado y quemas prescitas o quemas de gestión del combustible. En este artículo hablamos de este último, un tipo de gestión donde se utiliza el fuego como herramienta gestora del combustible.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto inmediato de una quema prescrita en algunas propiedades físico-químicas del suelo y comprobar su evolución a lo largo de tres años de estudio.

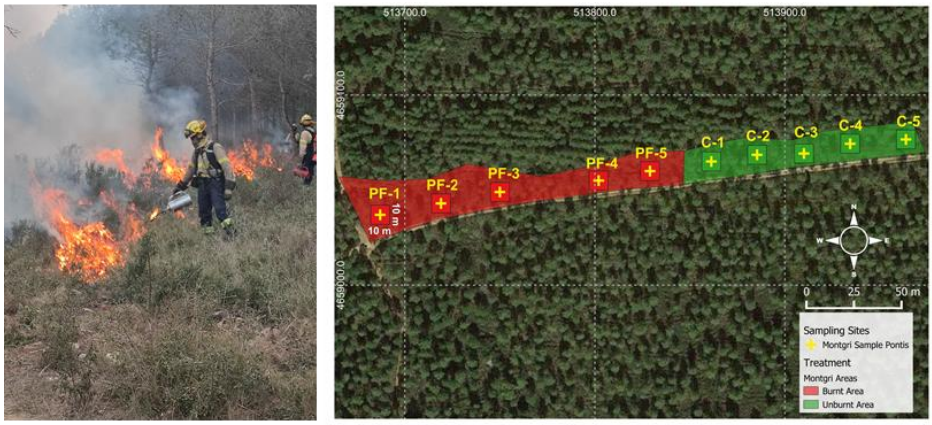
2. Área de estudio y metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio se sitúa en el macizo de Montgrí, en la provincia de Girona. En este lugar se realizaron plantaciones, a mediados del siglo XX de Pinus halepensis Mill., 1768, para fijar el suelo. En esta plantación se ha ido desarrollando un sotobosque muy denso de Quercus coccifera L. Las quemas tienen el objetivo de reducir combustible, evitar continuidad vertical y favorecer en un futuro

próximo el paso de ganado. Las quemas son ejecutadas por el GRAF (Grupo de Apoyo a Actuaciones Forestales) del cuerpo de bomberos de la Generalitat de Catalunya. Son ellos como profesionales los que determinan el tipo de prescripción, o sea, las variables ambientales de quema adecuadas (humedad, temperatura y velocidad del viento), para realizar la acción y alcanzar los objetivos de la gestión del combustible.

Figura 1. Momento de la quema y diseño de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

2.2. Muestreo

Tras una quema prescrita el 1 de marzo de 2022, se establecieron cinco parcelas (n=5) en el área quemada (PF) y en una zona control adyacente sin quemar (C), y se tomaron muestras de suelo, repitiendo el muestreo en 2023 y 2024 (Figura 1). El muestreo se basa en una muestra compuesta de los primeros 10 cm de profundidad, con un peso aproximado de 1 kg y se conservan en nevera portátil hasta su análisis en el laboratorio

2.3. Trabajo de laboratorio y tratamiento de datos

En el laboratorio de Geografía Física y los CCiTUB de la Universidad de Barcelona se analizaron las siguientes propiedades presentadas en esta comunicación: pH y Conductividad Eléctrica (MAPA, 1976), Cationes mayoritarios (Extracto con Acetato amónico y análisis mediante cromatografía iónica), Carbono orgánico yNitrógeno total (Análisis elemental), Estabilidad estructural (Low, 1954) e hidrofobicidad (Wessel, 1988). El análisis estadístico se realizó con el software R (versión 2024.12.1+563).

3. Resultados

Los resultados de la conductividad eléctrica (Figura 2) muestran que la quema prescrita incorporó significativamente elementos solubles en el suelo, pasando de una media de 192 µS/cm en la parcela control a 412 µS/cm, sobre todo K+ y Mg++, con concentraciones máximas de 457 y 394 mg/k respectivamente (Figura 3), y a medida que pasó el tiempo está concentración iónica disminuyó, incorporándose estos elementos a capas más profundas del suelo o siendo absorbidos por las plantas,

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

llegando a valores de 333 y 338 mg/k en 2024 respectivamente. No se observan cambios significativos en la concentración de calcio. La mayoría de estudios, un 75%, según Alcañiz et al., (2018) muestran un aumento de la conductividad y de los cationes mayoritarios después del paso del fuego, debido a la incorporación de materiales solubles producto de la combustión. El pH del suelo (Figura 2) se ve incrementado justo después de la quema y con el paso del tiempo, pasando de valores de 7,1 a 7,6 en 3 años. Los valores al final de este estudio continuaban siendo significativamente más elevados. Los autores coinciden en que la adición de bases y ácidos orgánicos producto de la combustión son los responsables de este aumento del pH (Muqadas et al., 2015).

El carbono orgánico del suelo (Figura 4) no muestra un cambio significativo a lo largo del estudio, con valores algo inferiores en la parcela quemada en todos los años (6,3; 5,8 y 6,2%) comparando con la parcela control sin quemar (7,0 %). En cambio, el nitrógeno total (Figura 4) sí que muestra una disminución significativa a partir del segundo y el tercer año (0,28%), no alcanzando los valores de la parcela control (0,39%). Shakesby et al., (2015) aseguran que el factor intensidad del fuego es el más importante para notar incrementos o disminución de estos elementos, a más intensidad más pérdida, sobre todo por volatilización. En el caso de estudio aquí presentado, la intensidad no fue muy alta, por lo que la variación no es muy significativa.

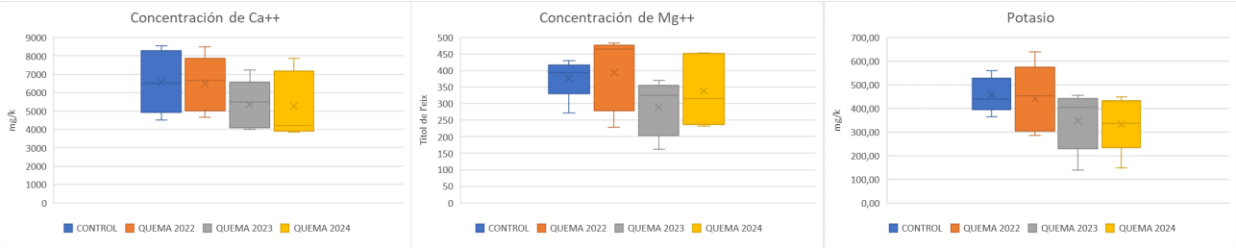
La relación del agua con la superficie del suelo se ve alterada en cuanto hay un aumento de la repelencia justo después de la quema en 2022, con un cambio significativo (Figura 5), pero al cabo de dos años más, está hidrofobicidad pasa a ser ya una condición hidrofílica del suelo. Para la discusión de este resultado este trabajo se ha basado en la revisión hecha por Alcañiz et al., (2018) donde diferentes estudios determinan que hay un 50% de autores que después de quemas prescritas notan más hidrofobicidad en el suelo. Granged et al., (2011) registran resultados parecidos, mayor hidrofobicidad justo después de la quema y comportamiento hidrofílico al cabo de tres años. Aunque los resultados muestran una gran estabilidad de los agregados frente al impacto de las gotas de lluvia con valores superiores al 80% de estabilidad en todos los momentos, la parcela de quema prescrita muestra valores significativamente menores que la parcela control sin quemar (Figura 5). Autores como Jordán et al., (2011) identifican una disminución de materia orgánica que puede desestructurar el suelo tras el paso del fuego.

Figura 2. Cationes mayoritarios (Ca^{++}; Mg^{++} y K^{+}).

pH y Conductividad eléctrica. Elaboración propia

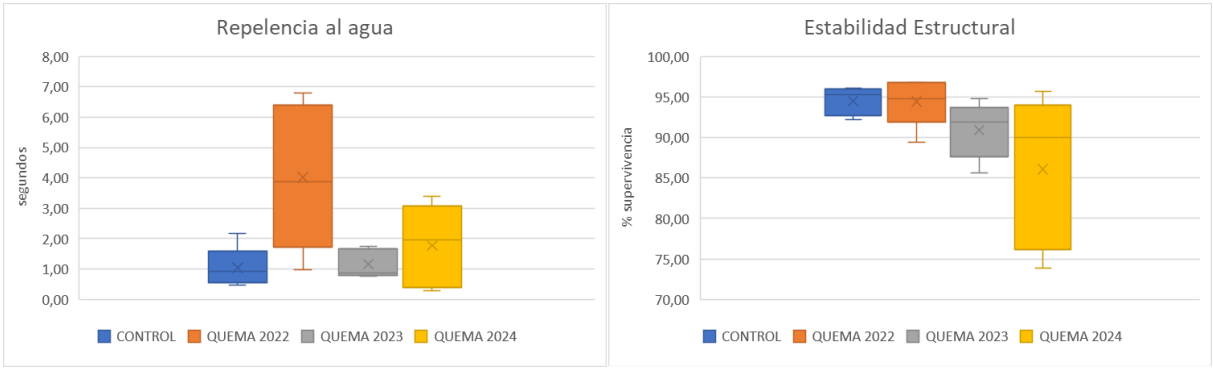
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Carbono orgánico y Nitrógeno total.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Repelencia al agua y Estabilidad estructural de los agregados

Fuente: Elaboración propia

Por los resultados obtenidos no parece que la gestión forestal o gestión del combustible con quema prescrita produzca cambios drásticos en las propiedades del suelo. Al cabo de tres años, muchas de las variables mostraban valores similares a la parcela control. Este tipo de estudios son interesantes para poder determinar que intensidad de quemado es suficiente para conseguir los objetivos de la gestión forestal, sin atravesar umbrales de intensidad de fuego que sí podrían acarrear cambios más drásticos o irreversibles en el suelo, u otras variables ambientales.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Referencias bibliográficas

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., & Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment*, 613, 944-957.

Badía, A., Francos, M., Morán, P., Quílez, R., & Úbeda, X. (2025). La integración de los incendios forestales en la gestión y planificación territorial en el contexto de cambio global. En: Cambio climático y territorio en el mediterráneo ibérico (Romero & Camarasa eds). *Tirant lo Blanch ediciones*, 95-114.

Granged, A.J.P., Jordán, A., Zavala, L.M., Muñoz-Rojas, M., Mataix-Solera, J., (2011). Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). Geoderma, 167–168, 125–134.

Jordán, A., Zavala, L. M., Mataix-Solera, J., Nava, A. L., & Alanís, N. (2011). Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on Mexican volcanic soils. Catena, 84(3), 136-147.

Muqaddas, B., Zhou, X., Lewis, T., Wild, C., & Chen, C. (2015). Long-term frequent prescribed fire decreasessurface soil carbon and nitrogen pools in wet sclerophyll forest of Southeast Queensland, Australia. *Science of the Total Environment*, 536, 39–47.

Pausas, J. G. (2012). Incendios Forestales: Una visión desde la ecología. Los libros de la Catarata. CSIC, 128 p.

Resco de Dios, V., Karavani, A., Boer, M. M., Baudena, M., Colinas, C., Díaz-Sierra, R., & Enriquez-de-Salamanca, A. (2018). Deforestación inducida por el fuego en bosques mediterráneos sometidos a sequía. *Foresta*, 70, 56-65.

Shakesby, R.A., Bento, C.P.M., Ferreira, C.S.S., Ferreira, A.J.D., Stoof, C.R., Urbanek, E., & Walsh, R.P.D. (2015). Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: an assessment based on an experimentally burned catchment in central Portugal. *Catena*, 128, 278–293.

Úbeda, X., Farguell, J., Francos, M., 2024. Incendios Forestales, in: Serrano-Notivoli, Olcina Cantos, J., Martin-Vide, J. (Eds.), Cambio Climático En España. Tirant Humanidades, Valencia.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE COMUNIDADES BACTERIANAS EN FINCAS DE GANADERÍA EXTENSIVA: UN ENFOQUE A TRAVÉS DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

JESÚS BARRENA GONZÁLEZ[1]

EVA LLORET[2]

RAUL ZORNOZA[2]

J. FRANCISCO LAVADO CONTADOR[1]

MANUEL PULIDO FERNÁNDEZ[1]

[1]Instituto Universitario para el Desarrollo Territorial Sostenible (INTERRA) Universidad de Extremadura , Av. de las Letras s/n, 100003, Cáceres, España, jesusbarrena@unex.es, 0000-0002-0876-4465

[2]Instituto de Biotecnología Vegetal (IBV), Campus Muralla del Mar, Edificio I+D+I, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202 Cartagena, Spain

Abstract: Despite the ecological significance of Mediterranean agroforestry systems and the recognized value of soil biological indicators for assessing land use impacts, the spatial distribution of soil bacterial communities remains understudied. This work investigates the spatial dynamics of bacterial communities across key grazing areas in southwestern Spain, exploring how land management, soil properties, and environmental covariates shape microbial patterns. Five farms representing a gradient of grazing intensification: occasional grazing, holistic management, organic farming, conventional dehesa, and conventional grassland, were selected. A total of 71 soil samples were collected and analyzed using 16S rRNA metabarcoding. Results showed that holistic management promoted the highest bacterial diversity. *Actinobacteriota* and *Proteobacteria* emerged as dominant phyla, with the latter being more abundant in less disturbed areas and the former in compacted, clay-rich soils. Random Forest models achieved higher accuracy when predicting *Proteobacteria* distribution, highlighting vegetation and topographic indices as key predictors for spatial modeling. This study emphasizes the significant influence of grazing management and landscape heterogeneity on bacterial community composition and reinforces the value of microbial data in sustainable land management strategies.

Keywords: grazing intensity; land management; machine learning; soil bacterial communities.

1. Introducción

La ganadería extensiva ha desempeñado un papel central en la configuración de los paisajes mediterráneos, especialmente en los sistemas agrosilvopastoriles como la dehesa. Estos territorios, de alto valor ecológico y cultural, ofrecen servicios ecosistémicos clave como la producción ganadera, la conservación de la biodiversidad o la fijación de carbono (Ferraz-de-Oliveira et al., 2016; Reyes-Palomo et al., 2022). Sin embargo, el conocimiento sobre cómo la gestión ganadera y la topografía influyen en la distribución espacial de las comunidades bacterianas del suelo sigue siendo limitado, a pesar de su importancia en el funcionamiento de los ecosistemas (Eldridge et al., 2020; Teague & Kreuter, 2020).

Los estudios más recientes revelan que la diversidad microbiana edáfica es sensible tanto al tipo de manejo ganadero como a las condiciones topográficas y edáficas locales. La heterogeneidad espacial del pastoreo, determinada por la distribución de charcas, cercados o pendientes, genera zonas con distinta frecuencia de uso por parte del ganado y, por tanto, microambientes edáficos diferenciados (Sun et al., 2020). Esto se traduce en cambios en la composición y diversidad bacteriana, donde algunos filos como Actinobacteriota y Proteobacteria se asocian con zonas más alteradas, mientras que otros como Verrucomicrobiota tienden a localizarse en áreas menos perturbadas (Wu et al., 2022).

En este contexto, los sistemas de manejo regenerativo como el Holistic Management (HM) cobran especial interés, al promover una mayor heterogeneidad espacial y temporal mediante ciclos rotacionales de pastoreo y descanso. Esta práctica ha sido señalada como favorecedora de comunidades microbianas más diversas y resilientes (Guillot et al., 2019), aunque su efecto a escala espacial aún no ha sido caracterizado en profundidad. Por otro lado, los sistemas convencionales de pastoreo continuo pueden inducir una homogeneización del microbioma del suelo y una pérdida de diversidad funcional, especialmente en ausencia de vegetación leñosa.

La cartografía de las comunidades bacterianas permite visualizar y analizar estos patrones espaciales, pero su aplicación sigue siendo escasa en agroecosistemas como la dehesa. La combinación de técnicas de secuenciación (16S rRNA), covariables ambientales derivadas de SIG y modelos de aprendizaje automático como Random Forest ofrece una vía robusta para comprender y predecir la distribución de grupos bacterianos dominantes (Hempel et al., 2023; Padarian et al., 2019). Estas herramientas no solo revelan las relaciones ecológicas subyacentes, sino que también ofrecen aplicaciones prácticas para la gestión del suelo.

Este estudio se centra en cinco fincas del suroeste peninsular que representan un gradiente de intensificación ganadera: desde pastoreo ocasional hasta pastoreo convencional sin cubierta arbórea. Nuestro objetivo general es generar información cartográfica sobre la distribución espacial de las comunidades bacterianas del suelo y analizar cómo interactúan con el manejo del territorio, las propiedades edáficas y las variables ambientales. De forma específica, se pretende: (i) caracterizar las comunidades bacterianas según tipos de manejo y posición topográfica; (ii) modelar su distribución espacial; y (iii) determinar los factores edáficos y ambientales más relevantes en su estructuración.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio.

El estudio se llevó a cabo en cinco explotaciones ganaderas localizadas en la comunidad autónoma de Extremadura, al suroeste de España. Las fincas, de entre 70 y 860 ha, representan un gradiente de intensidad de pastoreo y diferentes modelos de gestión: pastoreo ocasional (OG), manejo holístico (HM), agricultura ecológica (OF), pastoreo convencional en dehesa (CR) y pastoreo intensivo en pastizales (CG). Todas ellas están dedicadas principalmente a la cría extensiva de ganado bovino. Desde el punto de vista climático, todas las fincas presentan un régimen mediterráneo (Csa según Köppen-Geiger), con temperaturas medias anuales de 16 °C y precipitaciones entre 450 y 600 mm. La topografía es suavemente ondulada, típica de la penillanura extremeña, y los suelos dominantes son Leptosoles y Cambisoles desarrollados sobre materiales precámbricos y paleozoicos (IUSS Working Group WRB, 2022), con texturas franco-arenosas, baja profundidad, ligera acidez y escaso contenido de materia orgánica.

Las diferencias en la gestión ganadera se expresan tanto en la carga ganadera (ASR) como en el diseño espacial del uso del terreno. Por ejemplo, OG mantiene una tasa ganadera (ASR) muy baja (0.14) con periodos prolongados sin pastoreo, mientras que en HM incluye rotaciones con descanso y subdivisión parcelaria (ASR = 0.50). OF incorporan normas de la producción ecológica (ASR = 0.30), mientras que CR (ASR = 0.29) y CG (ASR = 0.67) representan sistemas convencionales sin rotación ni subdivisión, siendo el último el más intensivo.

2.2. Muestreo de suelos y análisis de propiedades

El muestreo se realizó en mayo de 2020, periodo de alta actividad microbiana. Se utilizó un enfoque basado en catenas topográficas, seleccionando 25 transectos que incluyeron las tres posiciones clave: cima (TOP), media ladera (MS) y fondo de valle (VB). En total se obtuvieron 71 muestras superficiales (0–5 cm), siguiendo el protocolo estandarizado LUCAS (Tóth et al., 2013). Las muestras fueron secadas al aire, tamizadas y analizadas en laboratorio. Se determinaron propiedades físicas (textura, densidad aparente, resistencia a la penetración) y químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, N total, P disponible y materia orgánica). Estas variables fueron utilizadas posteriormente en los análisis multivariantes y de modelización.

2.3. Extracción y secuenciación de ADN

La extracción de ADN se realizó utilizando el kit DNeasy PowerSoil Pro (Qiagen), con cuantificación mediante fluorometría (Qubit) y espectrofotometría (NanoDrop). La región 16S rRNA fue amplificada con los primers 515F/806R modificados, y las bibliotecas fueron secuenciadas mediante Illumina NovaSeq PE250 (25 GB por corrida). La preparación de bibliotecas y la secuenciación fueron realizadas por AllGenetics & Biology SL. Los datos fueron procesados en QIIME2 utilizando DADA2 para el control de calidad, ensamblado y generación de variantes de secuencia (ASVs). Se asignó la taxonomía con la base SILVA (v138.1). Se calcularon métricas de diversidad alfa y beta, aplicando rarefacción a 55,561 secuencias por muestra. Las diferencias entre grupos se analizaron mediante Kruskal-Wallis (diversidad alfa) y PERMANOVA (beta).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.4. Modelización y covariables ambientales

Se emplearon 20 covariables ambientales derivadas de modelos digitales de elevación (resolución 2 m), incluyendo índices topográficos (TPI, TRI, curvatura, pendiente) e índices de vegetación (NDVI, SAVI), calculados como medias cuatrienales (2017–2020) en Google Earth Engine. Estas variables se emplearon para modelar la distribución espacial de los filos bacterianos dominantes mediante Random Forest (RF). Para evitar el sobreajuste, se aplicó la eliminación recursiva de características (RFE). Se evaluó el rendimiento de los modelos con validación cruzada (R^2, RMSE, RMSE%) y se analizó la importancia relativa de las variables predictoras para cada filo y finca. Además, se realizaron análisis de redundancia (RDA) y modelos de ecuaciones estructurales (SEM) para evaluar relaciones directas e indirectas entre las variables ambientales, propiedades del suelo y diversidad beta microbiana.

3. Resultados

Los resultados revelaron diferencias claras en la composición de las comunidades bacterianas en función tanto del tipo de manejo ganadero como de la posición topográfica. Actinobacteriota y Proteobacteria fueron los filos dominantes en todas las fincas, representando entre el 50 % y el 54 % del total de secuencias. En el sistema OG, Proteobacteria fue el filo más abundante, mientras que en el resto de los manejos predominó Actinobacteriota. Acidobacteriota ocupó el tercer lugar en abundancia relativa (~11–12 %), seguido por Verrucomicrobiota (~4–6 %), que mostró una mayor presencia en áreas menos perturbadas como fondos de valle.

La diversidad alfa (riqueza observada) fue significativamente mayor en los sistemas HM y OF en comparación con CR y CG ($p < 0,05$), lo que sugiere una mayor heterogeneidad microbiana en sistemas regenerativos y ecológicos. En cuanto a la diversidad beta, el análisis PERMANOVA indicó diferencias significativas entre tipos de manejo ($p = 0,001$, $R^2 = 0,179$), siendo HM el sistema con una comunidad bacteriana más diferente. También se detectaron diferencias en función de la topografía ($p = 0,045$), con mayor diferenciación entre los fondos de valle y las cimas, lo que indica un efecto estructurante del gradiente topográfico sobre las comunidades bacterianas.

Los modelos espaciales de distribución, construidos con Random Forest tras aplicar RFE, mostraron una alta capacidad predictiva para los tres filos analizados (Tabla 1). Proteobacteria y Actinobacteriota obtuvieron valores de R^2 superiores a 0,75 en la mayoría de las fincas, con errores relativos (RMSE%) por debajo del 13 %. Los modelos para Verrucomicrobiota, aunque con mayor variabilidad, alcanzaron también buenos ajustes ($R^2 > 0,77$ en todos los casos), si bien con mayores RMSE%, especialmente en fincas grandes como HM y CR, lo que podría reflejar su menor abundancia general y su distribución más restringida.

Tabla 1. Rendimiento de los modelos Random Forest para mapear la distribución de filos bacterianos por tipo de manejo

Filo	Sistema	R^2	RMSE	RMSE (%)
Proteobacteria	OG	0,92	13,121	6,78
	HM	0,78	30,477	12,58
	OF	0,84	12,845	6,54
	CR	0,57	22,294	12,94
	CG	0,78	13,498	7,84
Actinobacteriota	OG	0,92	20,549	10,51
	HM	0,87	36,712	14,35
	OF	0,89	24,911	10,67
	CR	0,72	32,995	15,7
	CG	0,86	16,105	8,69
Verrucomicrobiota	OG	0,88	5,790	15,62
	HM	0,87	6,186	20,6
	OF	0,9	3,756	10,45
	CR	0,77	8,565	26,67
	CG	0,83	2,729	10,19

4. Conclusiones

Este estudio proporciona nuevos datos sobre la influencia de la gestión ganadera y la topografía en la estructura y distribución espacial de las comunidades bacterianas del suelo en sistemas agrosilvopastoriles mediterráneos. El uso combinado de secuenciación masiva, análisis multivariantes y modelización mediante aprendizaje automático permitió cartografiar los patrones de distribución de los filos dominantes y vincularlos con variables edáficas y ambientales más importantes.

Los sistemas de pastoreo regenerativo, como el manejo holístico, favorecieron comunidades bacterianas más diversas y estructuralmente diferenciadas, en comparación con los sistemas convencionales. Esto subraya el potencial de este tipo de prácticas para fomentar la biodiversidad edáfica. Por el contrario, los sistemas intensivos, especialmente aquellos sin vegetación leñosa, mostraron una homogeneización de las comunidades bacterianas, lo que podría comprometer la resiliencia de los suelos frente a perturbaciones futuras.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Los modelos predictivos mostraron una alta capacidad para cartografiar espacialmente los filos bacterianos más abundantes. Las diferencias en el número y tipo de variables necesarias para modelar cada filo confirman que su distribución está gobernada por estrategias ecológicas distintas: mientras Proteobacteria respondió a gradientes de vegetación y humedad, Actinobacteriota mostró una mayor complejidad ambiental, y Verrucomicrobiota una fuerte asociación con áreas menos perturbadas.

Además, el análisis mediante modelos de ecuaciones estructurales confirmó que tanto la carga ganadera (ASR) como el contenido de materia orgánica (SOM) son factores clave que explican la variación en la diversidad beta bacteriana. Estos hallazgos refuerzan la importancia de integrar indicadores microbiológicos en la planificación ambiental y en el diseño de estrategias de manejo más sostenibles para los suelos ganaderos.

En conjunto, este trabajo muestra que la diversidad microbiana del suelo no solo refleja el impacto del uso del territorio, sino que también puede actuar como indicador sensible de su estado ecológico. Su inclusión en el monitoreo y la gestión adaptativa de sistemas agrosilvopastoriles contribuirá a fortalecer la resiliencia y sostenibilidad de estos paisajes clave del suroeste europeo.

5. Referencias bibliográficas

Eldridge, D. J., Travers, S. K., Val, J., Wang, J.-T., Liu, H., Singh, B. K., & Delgado-Baquerizo, M. (2020). Grazing regulates the spatial heterogeneity of soil microbial communities within ecological networks. *Ecosystems*, *23*(5), 932-942.

Ferraz-de-Oliveira, M. I., Azeda, C., & Pinto-Correia, T. (2016). Management of montados and dehesas for High Nature Value: An interdisciplinary pathway. *Agroforestry Systems*, *90*(1), 1-6.

Guillot, E., Hinsinger, P., Dufour, L., Roy, J., & Bertrand, I. (2019). With or without trees: resistance and resilience of soil microbial communities to drought and heat stress in a Mediterranean agroforestry system. *Soil Biology Biochemistry*, *129*, 122-135.

Hempel, C. A., Buchner, D., Mack, L., Brasseur, M. V., Tulpan, D., Leese, F., & Steinke, D. (2023). Predicting environmental stressor levels with machine learning: a comparison between amplicon sequencing, metagenomics, and total RNA sequencing based on taxonomically assigned data. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1217750. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1217750

Padarian, J., Minasny, B., & McBratney, A. B. (2019). Machine learning and soil sciences: A review aided by machine learning tools. *SOIL*, *6*, 35-52. https://doi.org/https://doi.org/10.5194/soil-6-35-2020

Reyes-Palomo, C., Aguilera, E., Llorente, M., Díaz-Gaona, C., Moreno, G., & Rodríguez-Estévez, V. (2022). Carbon sequestration offsets a large share of GHG emissions in dehesa cattle production. *Journal of Cleaner Production*, *358*, 131918.

Sun, Z., Scherer, L., Tukker, A., & Behrens, P. (2020). Linking global crop and livestock consumption to local production hotspots. *Global food security*, *25*, 100323.

Teague, R., & Kreuter, U. (2020). Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 157.

Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L., Alewell, C., Ballabio, C., Carre, F., . . . Hemann, T. (2013). *LUCAS Topoil Survey-methodology, data and results*.

Wu, Y., Chen, D., Delgado-Baquerizo, M., Liu, S., Wang, B., Wu, J., . . . Bai, Y. (2022). Long-term regional evidence of the effects of livestock grazing on soil microbial community structure and functions in surface and deep soil layers. *Soil Biology and Biochemistry*, *168*, 108629.

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PASTOREO EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

JESÚS BARRENA GONZÁLEZ[1]

VALDEMIR ANTONELI[2]

ANTHONY GABOUREL[1]

J. FRANCISCO LAVADO CONTADOR[1]

MANUEL PULIDO FERNÁNDEZ[1]

[1]Instituto Universitario para el Desarrollo Territorial Sostenible (INTERRA) Universidad de Extremadura , Av. de las Letras s/n, 100003, Cáceres, España, jesusbarrena@unex.es, 0000-0002-0876-4465

[2]Department of Geography , Universidade Estadual do Centro Oeste , Paraná, Brazil

Abstract: Grazing lands cover most of the Earth's surface, making their management key to the sustainability of agroecosystems. This study analyzes how grazing intensity and vegetation cover influence the spatial distribution of soil properties on an estate located in a dehesa ecosystem in southwestern Spain. A total of 144 soil samples were collected at depths of 0–5 cm and 5–10 cm across six grazing intensity classes, defined based on current vegetation patterns. Twenty-five environmental covariates, five machine learning algorithms, and an ensemble model were used to predict different soil properties. Model performance was evaluated using R^2, RMSE (Root Mean Square Error), and Lin's Concordance Correlation Coefficient (CCC). Results showed that areas with high grazing intensity had higher concentrations of nutrients and soil organic carbon (SOC) compared to low-intensity zones. However, no significant differences were observed in areas covered by shrubs and trees. Differences between depths were more pronounced under high grazing intensity than under low intensity. Additionally, the most accurate predictive model varied depending on the soil property and depth analyzed. Overall, the findings offer valuable insights into how grazing and vegetation influence soil properties in dehesa ecosystems, contributing to future research in this field.

Keywords: environmental covariates, grazing intensity; machine learning; soil properties; dehesa ecosystem.

1. Introducción

Los sistemas agroforestales mediterráneos, como las dehesas en la península ibérica, constituyen un modelo de uso del territorio que combina producción ganadera, conservación de la biodiversidad y funciones ecosistémicas (Moreno & Rolo, 2019). Estos paisajes, estructurados a partir de una matriz de pastizales, árboles dispersos y matorral, han evolucionado bajo una gestión tradicional de baja intensidad que ha permitido mantener durante siglos un equilibrio entre aprovechamiento y conservación. Sin embargo, en las últimas décadas, la intensificación del uso ganadero ha provocado un aumento considerable en la presión sobre estos ecosistemas, comprometiendo su sostenibilidad. Un ejemplo claro es el incremento del 23 % en la cabaña ganadera en Extremadura entre 2009 y 2020, lo que refleja una presión creciente sobre los recursos edáficos y vegetales (Rubio-Delgado et al., 2018).

El pastoreo intensivo altera de forma significativa la estructura vegetal y las propiedades del suelo, generando patrones espaciales de degradación que incluyen la compactación del horizonte superficial, la pérdida de carbono orgánico y la aparición de zonas de suelo desnudo (Eldridge et al., 2016; Filazzola et al., 2020). Estos procesos, suelen ser tratados de forma general, sin prestar atención suficiente a su variabilidad espacial ni a la influencia moduladora de la vegetación leñosa. El uso continuado de ciertas zonas (como puntos de agua o áreas de descanso) por parte del ganado crea lo que se conoce como "piosferas", donde los efectos del pisoteo y la deposición de estiércol se concentran, modificando los gradientes de fertilidad y degradación (Pulido et al., 2018).

Para entender estos patrones espaciales es necesario integrar datos sobre la distribución de la vegetación, el relieve y la intensidad del uso ganadero. Sin embargo, cuantificar la presión de pastoreo no es tarea sencilla. Métodos como el uso de collares GPS resultan útiles, pero requieren inversiones elevadas y largos periodos de seguimiento (Paz-Kagan et al., 2016). De forma alternativa, la clasificación de imágenes aéreas de alta resolución permite identificar indicadores indirectos de presión ganadera, como presencia de veredas, áreas de suelo desnudo o densidad relativa de la cubierta vegetal, proporcionando una aproximación espacialmente explícita y económicamente viable.

Además, la respuesta edáfica al pastoreo es profundamente heterogénea y depende de múltiples factores ambientales. Propiedades como el nitrógeno total (TN), el fósforo disponible (P), el potasio (AK), el carbono orgánico del suelo (SOC) y la capacidad de intercambio catiónico (CEC) son especialmente sensibles a la intensidad del uso ganadero, pero su distribución varía también con la topografía, la profundidad del suelo y el tipo de vegetación (Yang et al., 2020). En este sentido, los algoritmos de aprendizaje automático (Random Forest, SVM, XGBoost, entre otros) ofrecen herramientas robustas para modelizar relaciones no lineales entre múltiples covariables ambientales y propiedades edáficas (Khaledian & Miller, 2020), permitiendo así realizar predicciones precisas incluso en condiciones de escasez de datos.

En este estudio se propone un enfoque integrado que combina muestreo edáfico sistemático, análisis multiescalar de covariables ambientales y modelización mediante aprendizaje automático para analizar cómo la intensidad de pastoreo y la estructura de la vegetación afectan a la distribución espacial de propiedades químicas del suelo en una finca de dehesa del suroeste peninsular. A través de este enfoque se busca no solo describir los patrones espaciales observados, sino también identificar los factores explicativos más relevantes y evaluar el potencial de estas herramientas para apoyar una gestión más sostenible de los sistemas ganaderos extensivos.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio. Apartado de segundo nivel

La investigación se llevó a cabo en una finca privada de 870 hectáreas ubicada en el término municipal de Aliseda (Cáceres), dentro del sistema agroforestal de dehesa del suroeste español. Este territorio se caracteriza por un clima mediterráneo continental (Csa), con precipitaciones anuales de entre 450 y 600 mm y una temperatura media de 16 °C (Peel et al., 2007). El paisaje presenta una topografía ondulada, típica de la penillanura trujillano-cacereña, con altitudes que oscilan entre los 216 y 338 m s.n.m. Los suelos predominantes son Leptosoles y Cambisoles, con presencia de Regosoles en fondos de valle (IUSS Working Group WRB, 2022). La vegetación está compuesta por pastizales anuales, árboles dispersos del género Quercus y matorrales como Cistus ladanifer y Retama sphaerocarpa, especialmente en zonas de baja intensidad de pastoreo.

2.2. Diseño experimental y toma de muestras

Se delimitaron seis clases de intensidad de pastoreo (GICs) basadas en la distribución espacial de la vegetación y la accesibilidad del ganado: (1) muy baja, (2) baja, (3) zonas de transición, (4) media, (5) alta en áreas abiertas y (6) alta en áreas cerradas. Estas clases fueron generadas mediante técnicas de clasificación no supervisada (Iso Cluster) sobre ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA, 2022), complementadas con mapas de densidad de vegetación. En total, se tomaron 144 muestras de suelo en dos profundidades (0–5 cm y 5–10 cm), representando de forma equilibrada las distintas combinaciones de clases de intensidad y tipo de cobertura (bajo árboles, bajo arbustos y en áreas abiertas). La toma de muestras siguió un diseño sistemático-aleatorio, con protocolos diferenciados para cada tipo de vegetación.

Las propiedades químicas analizadas fueron: nitrógeno total (NT, método Kjeldahl), fósforo disponible (P, método Olsen), potasio asimilable (AK), carbono orgánico del suelo (SOC, método Walkley & Black) y capacidad de intercambio catiónico (CEC). Los análisis fueron realizados en laboratorio especializado externo bajo estándares oficiales de calidad.

2.3. Variables ambientales y modelización

Para predecir espacialmente las propiedades edáficas, se emplearon un total de 25 covariables ambientales derivadas de modelos digitales del terreno (resolución 2 m), índices de vegetación (NDVI, SAVI) y mapas de uso/cobertura del suelo (presencia/ausencia de árboles, pastos, matorral y suelo desnudo). Estas variables se utilizaron como predictores en cinco algoritmos de aprendizaje automático: Random Forest (RF), Support Vector Machines (SVM), Cubist, k-Nearest Neighbors (kNN) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost). Posteriormente, se generó un modelo ensamblado a partir de los mejores resultados individuales.

La selección de las variables más relevantes para cada propiedad edáfica se realizó mediante eliminación recursiva de características (RFE) combinada con validación cruzada. Para evaluar la precisión de los modelos, se utilizaron coeficiente de determinación (R^2), error cuadrático medio (RMSE) y coeficiente de concordancia de Lin (CCC). Finalmente, se generaron mapas predictivos a escala de finca para cada propiedad y profundidad.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

Los análisis realizados revelan una clara relación entre la intensidad de pastoreo y la distribución espacial de las propiedades químicas del suelo. En la capa superficial (0–5 cm), las clases de alta intensidad (GIC 5 y 6) mostraron los valores medios más elevados de nutrientes esenciales como NT, P, AK y SOC, especialmente en áreas abiertas (Tabla 1). Este patrón sugiere un efecto acumulativo de la actividad ganadera en zonas frecuentadas, probablemente relacionado con la deposición de excretas y el pisoteo intensivo. No obstante, en áreas con cobertura arbórea o arbustiva, las diferencias entre clases se atenúan, indicando un posible efecto amortiguador de la vegetación leñosa.

A mayor profundidad (5–10 cm), se observa una tendencia general a la disminución de los valores medios de las propiedades edáficas, aunque las diferencias entre clases de pastoreo se mantienen. En particular, el SOC y la CEC muestran una mayor sensibilidad a la profundidad y a la cobertura vegetal, con reducciones significativas en los valores medios en comparación con la capa superficial. Las diferencias más marcadas entre profundidades se registraron en GIC 4 y 5, lo que pone de manifiesto una estratificación edáfica más pronunciada en zonas de mayor presión ganadera.

En términos de modelización, el desempeño de los algoritmos de aprendizaje automático fue variable según la propiedad edáfica y la profundidad considerada. En el intervalo de 0–5 cm, Cubist obtuvo las mejores predicciones para NT y AK, mientras que Random Forest destacó en SOC y P. En la capa más profunda, SVM se mostró más preciso para P y AK, y RF para CEC. El modelo ensamblado no siempre superó a los modelos individuales, aunque mostró un comportamiento más equilibrado en propiedades con alta variabilidad espacial.

Tabla 1. Resumen de valores medios de propiedades edáficas por clase de intensidad de pastoreo (GIC) para el intervalo 0–5 cm

GIC	NT (%)	P (ppm)	AK (meq/100g)	SOC (%)	CEC (meq/100g)
1	0.23	27.89	0.73	2.07	9.20
2	0.29	35.30	0.83	2.05	9.31
3	0.34	37.31	0.88	1.85	8.96
4	0.33	36.51	0.85	2.92	9.57
5	0.39	34.41	0.91	3.49	9.05
6	0.43	41.44	0.96	3.84	10.10

4. Conclusiones

Este estudio pone de manifiesto la influencia significativa que ejerce la intensidad del pastoreo sobre la distribución espacial de propiedades edáficas clave en un sistema dehesa del suroeste peninsular. A través de un enfoque metodológico que integra teledetección, variables topográficas y técnicas de modelización mediante algoritmos de aprendizaje automático, se han podido identificar patrones espaciales precisos que reflejan la heterogeneidad edáfica inducida por la actividad ganadera.

Los resultados muestran que en las áreas de mayor intensidad de pastoreo se concentran niveles más altos de nutrientes como nitrógeno total, fósforo disponible y carbono orgánico, lo que puede explicarse por la acumulación de excretas y el efecto del pisoteo. No obstante, estos efectos se ven atenuados bajo la cobertura de árboles y arbustos, lo que indica el papel protector que desempeña la vegetación leñosa en la conservación de la calidad del suelo.

Además, se ha constatado una mayor diferenciación entre capas superficiales y profundas en los suelos más intensamente pastoreados, lo que apunta a una estratificación inducida por el manejo. Este patrón refuerza la necesidad de considerar la profundidad del muestreo en estudios edáficos, ya que los efectos del uso ganadero no son uniformes en el perfil del suelo.

Desde el punto de vista metodológico, los modelos de aprendizaje automático han demostrado una alta capacidad para predecir propiedades edáficas a partir de un conjunto diverso de variables ambientales. En particular, el uso combinado de índices de vegetación, variables topográficas y clases de cobertura ha permitido generar mapas precisos que pueden ser de gran utilidad para la gestión adaptativa del territorio.

En conjunto, este trabajo ofrece una base empírica sólida para el diseño de estrategias de manejo más sostenibles, basadas en el conocimiento espacial de los impactos del pastoreo. La integración de tecnologías geoespaciales y modelización avanzada se consolida, así como una herramienta clave para el seguimiento y conservación de suelos en sistemas agroganaderos mediterráneos.

5. Referencias bibliográficas

Eldridge, D. J., Poore, A. G., Ruiz-Colmenero, M., Letnic, M., & Soliveres, S. (2016). Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing. *Ecological Applications*, *26*(4), 1273-1283.

Filazzola, A., Brown, C., Dettlaff, M. A., Batbaatar, A., Grenke, J., Bao, T., . . . Cahill Jr, J. F. (2020). The effects of livestock grazing on biodiversity are multi-trophic: a meta-analysis. *Ecology Letters*, *23*(8), 1298-1309.

IUSS Working Group WRB. (2022). *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition.* International Union of Soil Sciences.

Khaledian, Y., & Miller, B. (2020). Selecting appropriate machine learning methods for digital soil mapping. *Applied Mathematical Modelling*, *81*, 401-418. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.12.016

Moreno, G., & Rolo, V. (2019). Agroforestry practices: silvopastoralism. In *Agroforestry for sustainable agriculture* (pp. 119-164). Burleigh Dodds Science Publishing.

Paz-Kagan, T., Ohana-Levi, N., Herrmann, I., Zaady, E., Henkin, Z., & Karnieli, A. (2016). Grazing intensity effects on soil quality: A spatial analysis of a Mediterranean grassland. *Catena*, *146*, 100-110.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, *11*(5), 1633-1644.

Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contador, J. F., Lozano-Parra, J., & González, F. (2018). The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degradation Development 29*(2), 219-230.

Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez-Gutiérrez, Á., & Sánchez-Fernández, M. (2018). Estimation of soil erosion rates in dehesas using the inflection point of holm oaks. *Catena*, *166*, 56-67. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.017

Yang, S., Zhao, W., & Pereira, P. (2020). Determinations of environmental factors on interactive soil properties across different land-use types on the Loess Plateau, China. *Science of the Total Environment*, *738*, 140270.

VALORACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE CO_2 DE LOS ALCORNOCALES DE LA SIERRA DEL ALJIBE (PARQUE NATURAL DE LOS ALCORNOCALES, CÁDIZ)

RAFAEL CÁMARA ARTIGAS[1]

VICENTE JURADO DOÑA[2]

FERNANDO DIAZ DEL OLMO[3]

JOSE MANUEL RECIO ESPEJO[4]

CRISTINA DIAZ SANZ[5]

[1]*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla, rcamara@us.es, https://orcid.org/0000-0003-1046-3749*

[2]*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia, c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla,* vjurdon507427@gmail.com *https://orcid.org/0009-0007-0922-6929*

[3]*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla, delolmo@us.es, https://orcid.org/0000-0002-0658-4989*

[4]*Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de Córdoba, Edificio Celestino Mutis (C-4), 3ª planta y Edificio Severo Ochoa (C-6), 1ª planta Campus de Rabanales. 14014 Córdoba (España), bv1reesj@uco.es , https://orcid.org/0000-0001-5368-5072*

[5]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, C/ Francisco Tomás y Valiente, 1, Campus de Cantoblanco, UAM , 28049 Madrid cristina.diazs@uam.es https://orcid.org/0000-0002-9830-9545*

Abstract: In Spain, forests cover about 28 million hectares and include different types of ecosystems such as dense forests, dehesas, scrubland and grassland and sparsely vegetated areas. In the south of the Iberian Peninsula (Portugal and Spain), the forest formations are characteristic more or less dense forests and also cleared agro-ecosystems, called dehesa in the case of Spain and montado in the case of Portugal, managed by man and well adapted to the characteristics of the Mediterranean bioclimate. Los Alcornocales Nature Reserve is located in the southernmost part of Andalusia, close to the Strait of Gibraltar, with an area of around 1,750 km^2, an average annual rainfall of between 800 and 1300 mm and a wide variety of edaphic and biogeographical characteristics. In this Natural Park, the combination of various abiotic factors, mainly climatic, and land management (cork production, among others) has led to the presence of an excellent tree canopy of cork oaks and Andalusian gall oaks, accompanied by a dense and varied undergrowth of shrubs. It is worth noting the presence of a dense hydrographic network that forms gallery forests (canutos) with enclaves of endemic species, and the absence of holm oaks in a large part of the Natural Park due to soil exclusion and human intervention. The main

objective of our preliminary study was to count the annual CO_2 fixation of the cork oak (*Quercus suber*) forest mass in the Natural Park, with the aim of obtaining quantitative data that will allow us to know precisely the quantities absorbed in the fixation process, and to discuss the results in relation to the environmental status of the Mediterranean durilignosa, thus contributing to proposals for sustainable management aimed at better conservation and maintenance of this cork oak forest.

Keywords: Doñana, biomasa, sabinar, stock de carbono.

1. Objetivo del estudio

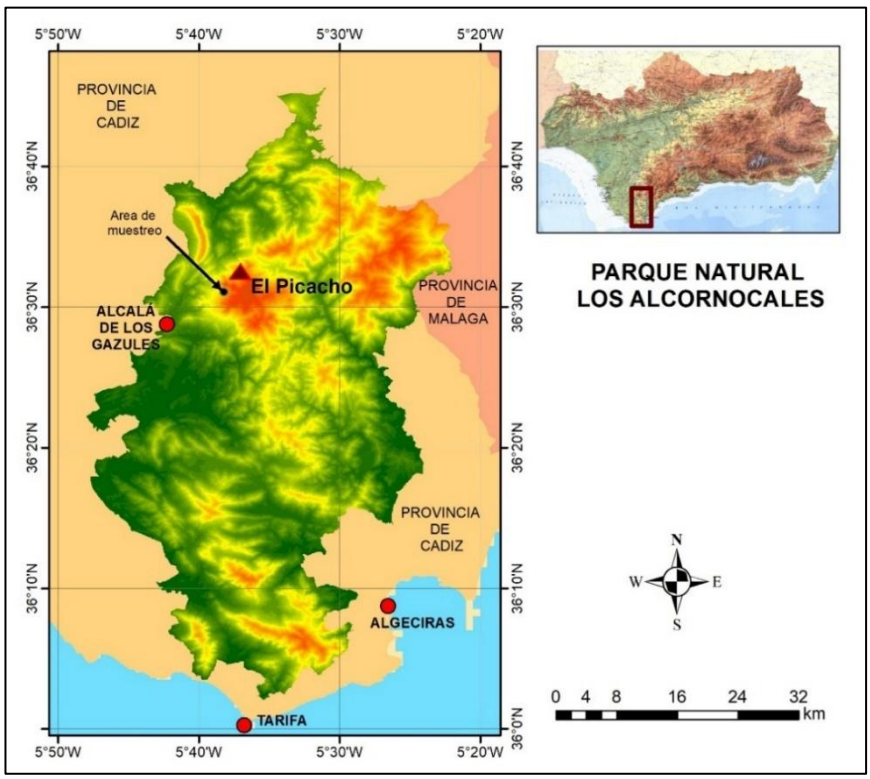
En España las áreas forestales ocupan alrededor de 28 millones de hectáreas e incluyen diferentes tipos de ecosistemas como bosques densos, dehesas, espacios cubiertos de matorral y pastos, y zonas con escasa vegetación. En el sur de la Península ibérica (Portugal y España), las formaciones forestales constituyen característicos bosques más o menos densos y también agroecosistemas aclarados denominados dehesa, en el caso de España, y montado en el de Portugal, manejados por el ser humano y bien adaptados a las características de los bioclimas mediterráneos. El objetivo principal de nuestro estudio preliminar ha sido contabilizar la fijación anual de CO_2 de la masa forestal de alcornoques (*Quercus suber*) existente en el Parque Natural de los Alcornocales, que tiene como finalidad aportar datos cuantitativos que permitan conocer con precisión las cantidades absorbidas en el proceso de fijación, y discutir los resultados en relación al estado ambiental de la durilignosa mediterránea, contribuyendo así a propuestas de gestión sostenible encaminadas a una mejor conservación y mantenimiento de dicho alcornocal.

2. El Parque Natural de Los Alcornocales

Dicha figura se ubica en la parte más meridional de Andalucía, en las cercanías del Estrecho de Gibraltar, con una extensión aproximada de 1750 Km^2, una pluviosidad anual media entre 800 y 1.300 mm y una variedad edáfica y biogeográfica. La combinación de diversos factores abióticos, fundamentalmente climáticos, y de manejo del territorio (extracción de corcho entre otros) ha originado la presencia de un excelente dosel arbóreo de alcornoques (*Quercus suber*) y quejigos andaluces (*Q. canariensis*) que aparecen acompañados de un sotobosque denso y variado de distintos taxones arbustivos. Hay que destacar la presencia de una densa red hidrográfica, que condiciona y determina la existencia de bosques de galería (canutos) con enclaves de endemismos, así como la ausencia de encinas (*Q. ilex* subsp. *rotundifolia*) en gran parte del Parque Natural por exclusión edáfica e intervención humana (Figura 1).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización de las parcelas de muestreo en el Parque Natural Los Alcornocales.



3. Metodología

Para este trabajo se ha utilizado la metodología de campo de cálculo de biomasa para establecer la captura de carbono de los alcornocales de la Sierra de El Aljibe, con la identificación y delimitación de 5 parcelas de inventario (Figura 2). Para la obtención de los datos de biomasa y captura de carbono se realizaron muestras de 10 parcelas cada una de 100 m^2 (1/10 de hectárea por muestra), midiendo el DAP (diámetro a la altura del pecho) de todos los ejemplares de alcornoque insertos dentro de cada parcela. Para ello se ha utilizado la metodología desarrollada en la monografía *Producción de Biomasa y Fijación de CO_2 por los Bosques Españoles* (Montero *et al.*, 2005), mediante la que se calcula la biomasa en función de la fórmula:

Biomasa (b) (Kg)= CF x A x d^b

Donde:

CF = $e^{((SEE2)/2)}$ que es un factor de corrección, siendo SEE el error estándar de estimación.

A = e^a

d = DAP en centímetros de cada individuo

SEE = error estándar de estimación

a y b = valores de la función alométrica

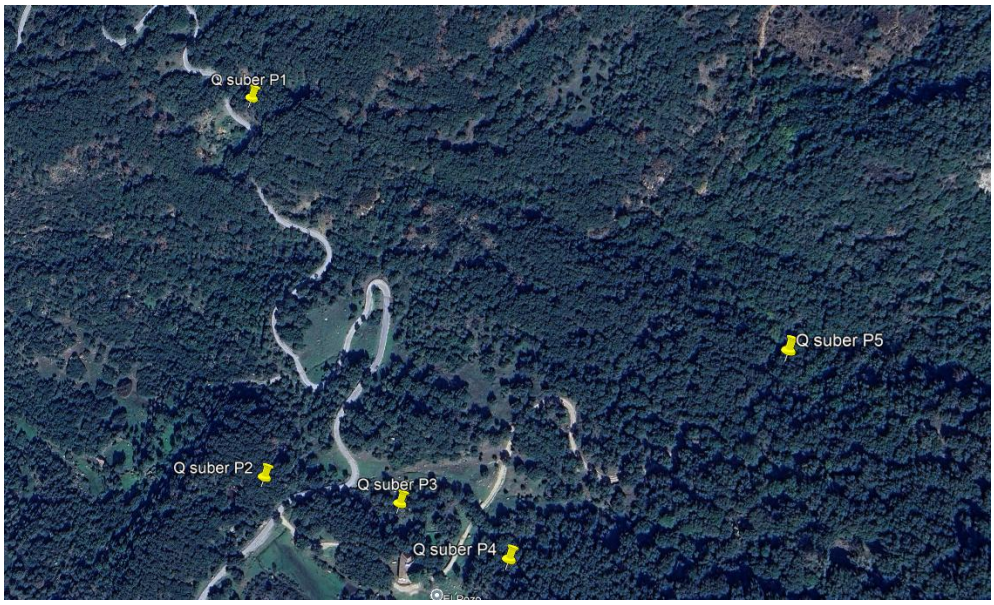
Para cada especie hay un valor de (a), (b) y SEE que para *Quercus suber* son:

a= –3,01942; b= 2,25213 y SEE= 0,405357 con un R^2_{ab} de 0,893

Para calcular la retención de carbono, se acepta que ésta es un 50% de la biomasa y para el cálculo de CO_2 se multiplica el carbono por 3,67 que equivale a dividir 44/12. que son los pesos moleculares de CO_2 (12 + 16 x 2 =44) divido por el peso molecular de C (12).

Se han delimitado e inventariado 5 parcelas al sur de el relieve del Picacho, contemplando diferentes situaciones y facies del alcornocal: alcornocal manejado sin matorral (P1), alcornocal-acebuchal con ejemplares *de Crataegus monogyna* (P2), alcornocal adehesado (P3), alcornocal con matorral diverso (P4), alcornocal con predominio de ericáceas y lentisco.

Figura 2. Localización de los 5 inventarios en parcelas realizados en la Sierra de El Aljibe.



De las tipologías de alcornocal identificadas por J. M. Montoya (1988,) el que hemos estudiado, pertenece al tipo 3 "alcornocales con quejigo andaluz (*Quercus suber-Q. canariensis*) que se distribuye por Andalucía occidental (excepcionalmente en Cataluña). Bioclimáticamente se corresponde con un régimen bioclimático euritermo tropófilo subhúmedo-húmedo (Cámara *et al.*, 2020), con paralización vegetativa hídrica de 4 meses en condiciones de mayor termalidad y con invierno sin frío (sin paralización vegetativa térmica), con abundancia de nieblas. Se destaca la presencia de *Quercus canariensis* en los "canutos" de la sierra, con restos de laurilignosa como el *Rhododendron ponticum, Laurus nobilis,* y *Davallia canariensis.* La precipitación total reveló un gradiente latitudinal, con valores más altos en el sur. Este extremo del gradiente mostró un claro efecto negativo sobre las dos variables principales que describen la dinámica poblacional de *Quercus suber*: mortalidad y regeneración. Asimismo, se propone que la presión herbívora es un factor biótico importante que causa un colapso en la dinámica de reclutamiento poblacional (Jurado *et al*, 2022).

Le acompaña como cortejo florístico importante de ericáceas *Arbutus unedo, Calluna vulgaris*, *Erica arborea, E. australis, E. ciliaris, E. multiflora, E. scoparia,* y *E. umbellata,* así como de cistáceas *Cistus crispus, C. ladanifer, C. salvifolius* y *Helianthemum guttatum.* También algunas arbustivas y arbustivas de otras familias: las rosáceas *Crataegus monogyna* y *Prunus lusitanica*; las oleáceas *Olea europea, Phyllirea media* y *P. Latifolia;* las fabáceas *Calycotome spinosa, C. villosa, Cytisus triflorus, Genista candicans, G. linifolia, G. triacanthos,* y *Ulex baeticus;* las labiadas *Lavandula stoechas y Teucrium fruticans.* Otras acompañantes son *Daphne gnidium, Pistacia lentiscus, Ruscus aculeatus* y *Pteridium aquilinum*. Finalmente, la formación es rica en lianas: *Aristolochia baetica, Hedera helix, Lonicera peryclimenum, Rubia pergrina* y *Smilax aspera* (Montoya, 1988).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Resultados obtenidos

El resultado de los inventarios otorga valores semejantes para las cinco parcelas, variando la biomasa entre 35,2 y 81,95 Mg/ha, es decir, un *stock* de carbono entre 16,64 y 38,92 Mg/ha, y una captura de carbono entre 61,06 y 142,84 Mg/ha (Tabla 1). Esto está relacionado con la densidad de individuos en cada parcela (entre 230 en el alcornocal adehesado y 412 en el alcornocal con brezo y lentisco) y la frecuencia de los DAP, es decir de los ejemplares con mayor diámetro.

Tabla 1. Valores de biomasa, *stock* de carbono y CO_2 de los inventarios de los alcornocales del Aljibe.

			Coordenadas		Mg/Ha		
parcela	formación	individuos por hectárea	X (m E)	Y (m N)	BIOMASA	CARBONO	CO_2
P1	Alcornocal	387	263678.00	4044864.00	61,80	29,17	107,06
P2	Alcornocal acebuchal	512	263838.30	4044488.55	48,72	23,01	84,44
P3	Alcornocal adehesado	552	263678.00	4044864.00	35,20	16,64	61,06
P4	Alcornocal con matorral	284	263940.00	4044450.00	56,77	26,80	98,36
P5	Alcornocal-lentiscar-brezal	412	264179,25	4044640.00	81,95	38,92	142,84

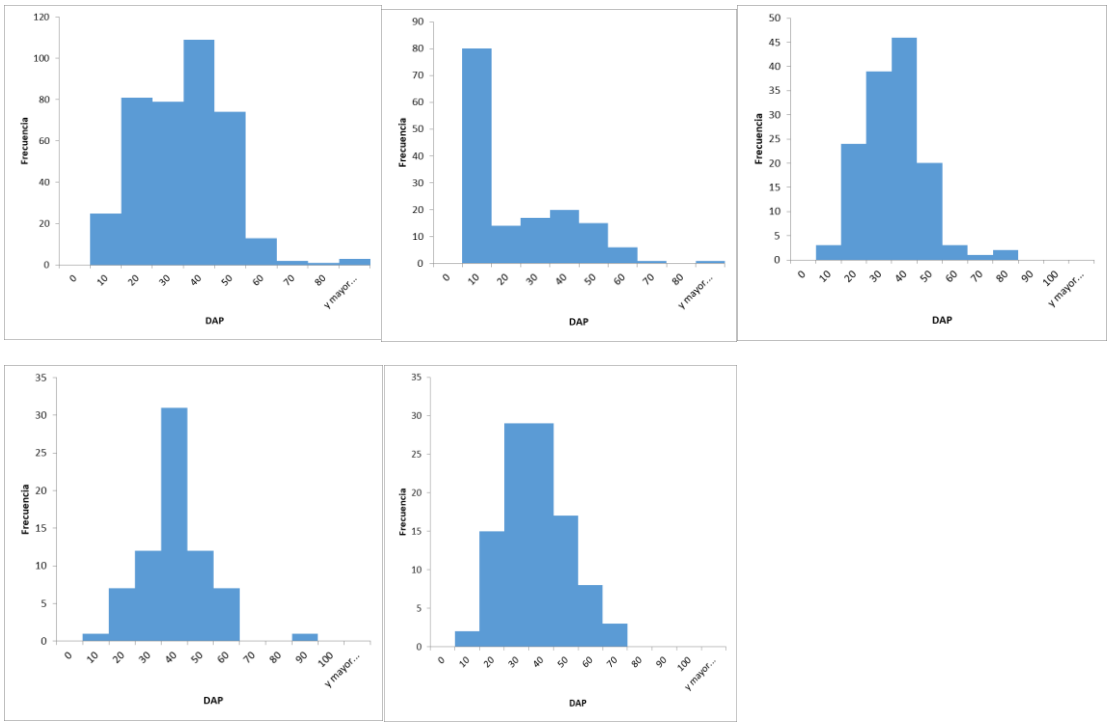
Se trata de valores bajos de biomasa con respecto a los pinares, la vegetación de ribera o bosques de encina y alcornoque (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de biomasa, stock de carbono y captura de CO_2, de datos del grupo de Investigación

formación		Biomasa Mg/ha	Carbono Mg/ha	CO_2 Mg/ha
Populus alba	Guadalquivir	259	129,5	475,26
Quercus suber/Q. faginea/Q. rotundifolia	Cerro del Hierro	124	62	229
Pinus canariensis	Tenerife	209	104	384

Los DAP presentan, según sus histogramas de frecuencia, una moda en las 5 parcelas en torno a 40-50 cm, con abundancias en torno a 67 a 124 individuos, excepto en la P3 que son 184 individuos en este rango, que no coincide con la parcela que presenta mayor biomasa, que es P5. Los individuos con DAP mayores de 70 cm oscilan entre 5 (P1) y 12 (P3), a excepción de la parcela P2 que presenta una alta tasa de renovación con 266 individuos entre10 y 20 cm de DAP (Figura 3).

Figura 3. Histograma de frecuencias de DAP de las parcelas P1, P2, P3, P4 (de izquierda a derecha, y de arriba a abajo).



5. Conclusiones

Los datos de almacenamiento de carbono de las parcelas de alcornoques en la Sierra de El Aljibe oscilan entre 16 y 39 Mg/ha, con una densidad de individuos por hectárea entre 284 y 512. Se trata de valores bajos con respecto a los obtenidos por nosotros en otras formaciones vegetales de la propia durilignosa (encinar-alcornocal del Cerro del Hierro, Sevilla) o de la vegetación de ribera del Guadalquivir (Tabla 2).

En referencia a los DAP, la moda para las 5 parcelas se sitúa en 40-50 cm, lo que nos indicaría que la edad aproximada de dichos ejemplares estaría comprendida entre los 79 y los 97 años (Montoya, 1988). En la actualidad se piensa que gran parte de los alcornocales del Parque Natural, son árboles genéticamente envejecidos, que proceden de brotes de cepa o de raíz (chirpiales) y que por ello acaban perdiendo la capacidad de crecer. Se aprecian además diferencias en cuanto a las abundancias de estos individuos que oscila entre 67 y 184 en la parcela 3. Los DAP superiores a 70 cm son escasos, entre 5 y 12 individuos, con la excepción de P2 que responde a un alcornocal más joven, con abundantes renuevos, seguramente por haber sido talado, sobrepastoreado o quemado más recientemente

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

6. Bibliografía

Cámara R., Díaz del Olmo, F., Martínez Batlle, J. R. (2020). TBRs, a methodology for the multi-scalar cartographic analysis of the distribution of plant formations. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*,85, 2915, 1–38. https://doi.org/10.21138/bage.2915

Jurado V., López-Jurado J., González A., Sánchez-Salguero R., Matías M., Díaz del Olmo F. (2022) Influence of site conditions and land management on *Quercus suber* L. population dynamics in the southern Iberian Peninsula. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 15 (2) pp. 77-84 https://doi.org/10.3832/ifor3753-015

Montero G., Ruiz-Peinado R., Muñoz M. (2005) *Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles.* Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. Montoya J.M. (1988) *Los alcornocales.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

CONSERVACIÓN VERSUS SERVICIOS AMBIENTALES: LA CAPTURA DE CARBONO COMO SERVICIO AMBIENTAL EN LA RESERVA BIOLÓGICA DE DOÑANA

RAFAEL CAMARA-ARTIGAS[1]

CÉSAR BORJA BARRERA[2]

JOSE MANUEL RECIO ESPEJO[3]

FERNANDO DÍAZ DEL OLMO[4]

[1]Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia, c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla, rcamara@us.es, https://orcid.org/0000-0003-1046-3749

[2] Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia, c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla, borja@us.es, https://orcid.org/0000-0002-2157-7250

[3]Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de Córdoba, Edificio Celestino Mutis (C-4), 3ª planta y Edificio Severo Ochoa (C-6), 1ª planta Campus de Rabanales. 14014 Córdoba (España), bv1reesj@uco.es, https://orcid.org/0000-0001-5368-5072

[4]Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, Facultad de Geografía e Historia c/ María de Padilla s/n 41004 Sevilla, delolmo@us.es, https://orcid.org/0000-0002-0658-4989

Abstract: The United Nations Framework Convention on Climate Change was established at the Rio de Janeiro summit in 1992, thus initiating a series of related conferences. However, these efforts met with limited success in achieving the convention's objectives. The Kyoto Protocol introduced regulatory measures for greenhouse gases, including CO_2, preceded by the Second IPCC Report in 1995, which posited the notion of climate change as a result of anthropogenic activities. A key objective of the Kyoto Protocol was the 'Improvement of methodologies and data for greenhouse gas inventories'. In 2008, the United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (REDD+) was initiated, Programme in which the UN, through the agencies of the Food and Agriculture Organization (FAO), the United Nations Development Programme (UNDP), and the United Nations Environment Programme (UNEP), has placed significant emphasis in recent years. Conversely, in developed countries, there has been a shift towards the official certification of projects for CO_2 absorption, which has consequently emerged as one of the most significant environmental services in the context of climate change. The present study utilises the field methodology of biomass calculation to ascertain the carbon capture capacity of the savin forests of Doñana, a designated Biosphere Reserve and National Park. These forests constitute a distinctive autochthonous plant formation within the natural environment. The capture data recorded in the study ranges from 12 to 20 Megagrams per hectare, indicating relatively low levels of carbon uptake. The conservation of the juniper forest is not contingent on its role in providing environmental

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

services related to carbon capture. The replacement of natural forests with forestry plantations is a common practice, driven by the pursuit of certification and economic benefits from carbon capture, as evidenced by the expansion of eucalyptus plantations.

1. Objetivo del estudio

En la cumbre de Río de Janeiro de 1992, se creó la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, iniciando la andadura de una serie de conferencias relativas, con poco éxito en el alcance de sus objetivos. El Protocolo de Kioto reguló los gases invernadero, entre ellos el CO_2, que tuvo como antesala el Segundo Informe del IPCC de 1995 que anunciaba el cambio del clima por causas antrópicas. Uno de los objetivos del Kioto era la "Mejora de las metodologías y datos para los inventarios de los gases de efecto invernadero". En 2008 se lanzó el programa REDD+ de colaboración de las Naciones Unidas para la *Reducción de Emisiones, de la Deforestación y la Degradación de los bosques en los países en desarrollo*, donde se ha centrado en los últimos años la ONU a través de la FAO, PNUD y PNUMA. En los países desarrollados por su parte se ha orientado más a la certificación oficial de proyectos por absorción de CO_2, convirtiendo en uno de los servicios ambientales más importantes de cara al cambio climático. Detrás de estas propuestas se encuentra la proposición de que ofrecen los bosques de cara al cambio climático. Es claro que en este caso este capítulo es la captura de carbono. De esta manera se pone en valor como servicio ambiental de los bosques en tanto en cuanto estos capturen más o menos carbono. El objetivo de este trabajo es poner en valor la conservación por sí misma de los bosques independientemente de su servicio ambiental de cara al cambio climático. Y para ello presentamos un caso paradigmático que son los bosques de sabinar en el Parque Nacional de Doñana, seña de identidad del área protegida por ser un bosque autóctono, a diferencia del pinar actual de *Pinus pinea,* que en su gran mayoría ha sido cultivado. El sabinar presenta una captura de carbono muy baja frente a otras formaciones como es el mismo pinar, pero constituye un elemento de primera magnitud de Doñana, tanto más cuando en los años 40, gran parte de su superficie en lo que hoy es la Reserva Biológica, fue desforestada, principalmente para ganar tierras de cultivo de cereal. Además, durante los años 40 del pasado siglo, Doñana fue objeto de importantes iniciativas de reforestación impulsadas durante la Dictadura como parte del Plan Nacional de Repoblaciones Forestales. Este plan buscaba recuperar terrenos dañados por la Guerra Civil Española y convertir áreas consideradas “áridas y desérticas” en zonas productivas. En este contexto, se plantaron aproximadamente 45 millones de pinos piñoneros y 15 millones de eucaliptos en zonas cercanas al Coto de Doñana, abarcando unas 31,000 hectáreas. Los eucaliptos, originarios de Tasmania y Australia, fueron introducidos con fines económicos y para desecar zonas pantanosas, lo que se consideraba útil para combatir el paludismo (Márquez *et al.,* 2023; Cámara y García, 2015)

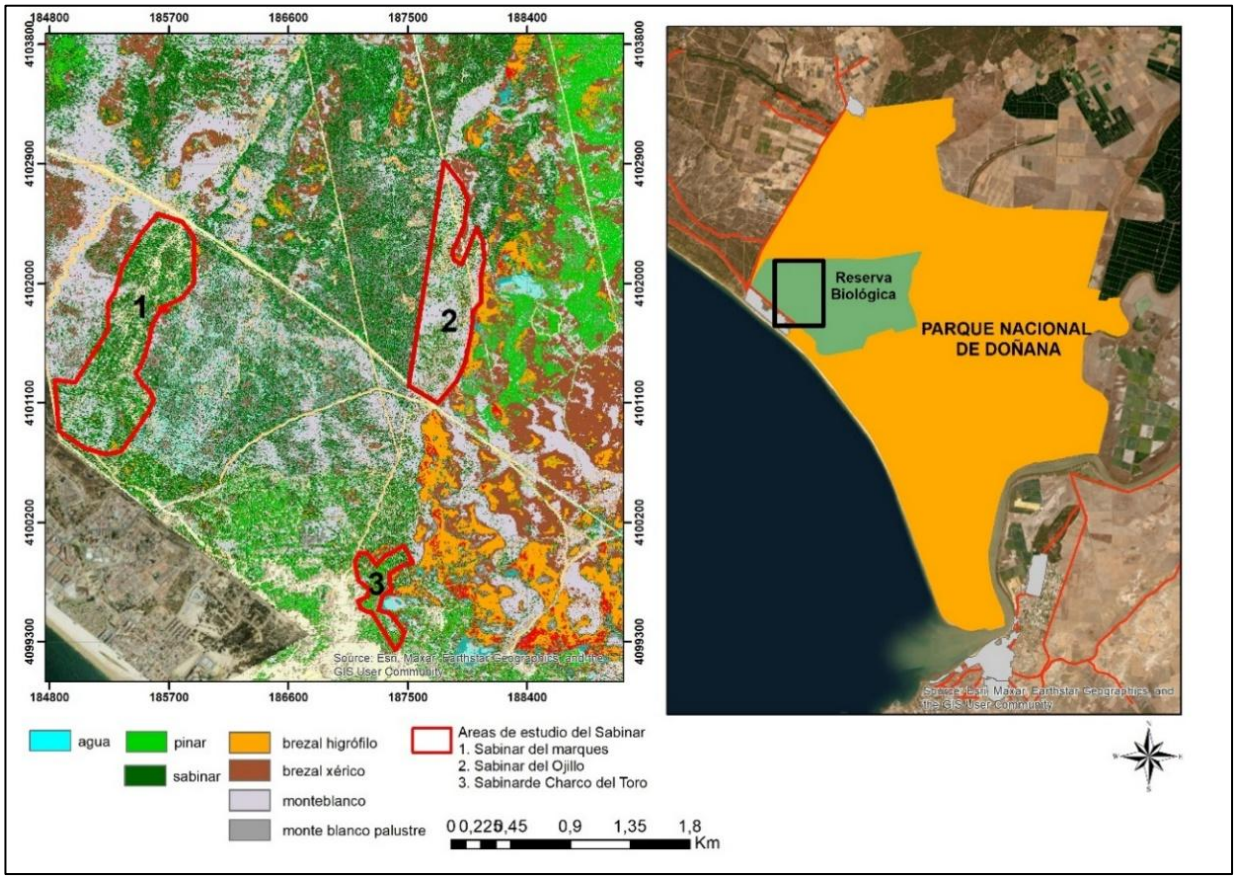
2. Sabinar de Doñana y caracterización geobotánica

El estudio se realiza en los sabinares de la Reserva Biológica del Parque Nacional de Doñana, en los lugares de Sabinar del Marqués, Ojillo y Charco del Toro (Figura 1). El sabinar es una de la formación vegetal arbórea autóctona del espacio natural, que se desarrolla sobre el manto eólico seco Subsistema SS_III3 (Goy et al. 2022)) y en la duna de Abalario (Cámara y García, 2015).

En la caracterización geobotánica del sabinar se resaltan dos grupos de factores ecológicos. El primero, de carácter edáfico, está definido por el comportamiento de cuatro variables: alta conductividad hidráulica, ausencia de dinámica hídrica subsuperficial, mantenimiento de valores elevados de humedad y comportamiento estable térmico con valores máximos y mínimos próximos a la media (Cámara *et al.,* 2014c). El segundo, de carácter geomorfológico, identifica dos situaciones del modelado dunar, con diferente respuesta en la estructura horizontal y vertical de la vegetación del sabinar: depresiones y dorsos dunares con sabinar (*Juniperus phoenicea subsp. turbinata* (Guss.) Nyman) y crestas y dorsos dunares con formaciones arbustivas abiertas de sabinar con cistáceas *Cistus libanotis* y *Halimium halimifolium* (Cámara *et al.,* 2014a). Las especies de mayor importancia (índice IVI) (Curtis y McIntosh,1951) que acompañan al sabino son *Salvia rosmarinus, Cistus libanotis, Halimium calycinum, Cistus salvifolius y Halimium halimifolium* (Cámara et al. 2013)

Descripción de la vegetación (Cámara et al. 2013).

Figura 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en el sabinar de la Reserva Biológica de Doñana.



Elaboración propia (Cámara *et al.,* 2024b).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Metodología

En este trabajo se ha realizado mediante la metodología de campo de cálculo de biomasa para establecer la captura de carbono de los sabinares de Doñana, Para la obtención de los datos de biomasa y captura de carbono se realizaron muestras de 10 parcelas cada una de 100 m^2 (1/10 de hectárea por muestra), midiendo su DAP (diámetro a la altura del pecho) de todos los ejemplares de sabino dentro de cada muestra. Para ello se ha utilizado la metodología desarrollada en la monografía Producción de Biomasa y Fijación de CO_2 por Los Bosques Españoles (Montero Ruiz-Peinado, 2005) por la que se calcula la biomasa en función de la fórmula:

Biomasa (b) (Kg)= CF x A x d^b

Donde:

CF = $e^{((SEE2)/2)}$ que es un factor de corrección, siendo SEE el error estándar de estimación

A = e^a

D = DAP en centímetros de cada individuo

Para cada especie hay un valor de (a), (b) y SEE que para *Juniperus* phoenicea:

a= –0,605689; b= 1,69417 y SEE= 0,015854 con un R^2_{ab} de 0,994

Para calcular la retención de Carbono, se acepta que ésta es un 50% de la biomasa y para el cálculo de CO_2 se multiplica el carbono por 3.67 que equivale a dividir 44/12. que son los pesos moleculares de CO_2 (12 + 16x2 =44) divido por el peso molecular de C (12)

4. Biomasa, stock de carbono y captura de CO_2 en los sabinares de Doñana

La aplicación de la metodología da para los sabinares de Doñana (Tabla 1) una media de 63,67 Mg/ha de biomasa, 31,88 Mg/ha de carbono y 116,99 Mg/ha de CO_2 que comparado con los datos de otros bosques nacionales aportados por nuestro grupo de investigación (Tabla 2) muestra unos valores muy bajos con respecto a otras formaciones vegetales en España.

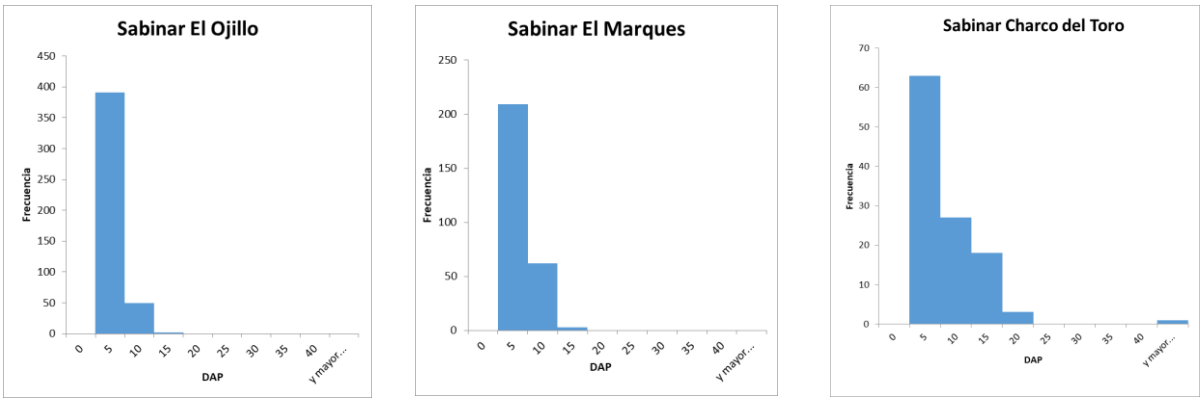
Tabla 1. Valores de Biomasa, stock de carbono y captura de CO_2 de los sabinares de Doñana

parcela	Biomasa Mg/ha	Carbono Mg/ha	CO_2 Mg/ha
Charco del Toro	19,96	9,44	34,66
Ojillo	23,74	11,21	41,14
Sabinar El Marques	20,06	9,47	34,76

Tabla 2. Valores de biomasa, stock de carbono y captura de CO_2, de datos del grupo de Investigación

formación		Biomasa Mg/ha	Carbono Mg/ha	CO_2 Mg/ha
Alcornocal *Quercus suber*	Sierra del Aljibe	61,80	29,17	107,06
Alcornocal acebuchal	Sierra del Aljibe	48,72	23,01	84,44
Alcornocal adehesado	Sierra del Aljibe	35,20	16,64	61,06
Alcornocal con matorral	Sierra del Aljibe	58,6	29,3	107,56
Alcornocal-quejigal	Sierra del Aljibe	121,85	60,9	194,1
Alcornocal-quejigal-acebuchal	Sierra del Aljibe	63,4	29,9	109,7
Populus alba	Guadalquivir	259	129,5	475,26
Eucalyptus	Guadalquivir	285,5	142,65	523,89
Quercus suber/Q. faginea/Q. rotundifolia	Cerro del Hierro	124	62	229
Pinus canariensis	Tenerife	209	104	384

Figura 2. Frecuencia de DAP de los sabinares muestreados en Doñana.



Los tres sabinares muestreados presentan una distribución de DAPs semejantes, con ejemplares más antiguos (DAP mayor de 15 cm) la muestra de Charco del Toro, donde la abundancia es menor (112 individuos) frente a la de Ojillo (443) y Sabinar del Marqués (274) (Figura 2).

5. Conclusiones

La conservación del sabinar por sí mismo es independiente de su servicio ambiental por CO_2. Muchos bosques naturales se están sustituyendo por plantaciones forestales para obtener las certificaciones y compensaciones económicas por captura de carbono, como es el caso de la plantación de eucaliptos. Si bien la valoración de los servicios ambientales que prestan las áreas

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

protegidas son importantes, éstos no deben ser un criterio determinante para las directrices de conservación de estos espacios naturales.

6.Bibliografía

Cámara R., Alonso J.R. (2015) Análisis comparativo de la estructura y biodiversidad de un sabinar litoral y su sucesión en el Espacio Natural Doñana. *Geographicallia*, 67 pp. 29-51 https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2015671214

Cámara R., Díaz del Olmo F., Borja C. (2013) Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (MIFC) (II): estudio de los sabinares de la Reserva Biológica de Doñana (RBD) (España). *Estudios geográficos*, 274, pp. 89-114. https://doi.org/10.3989/estgeogr.201304

Cámara R., Díaz del Olmo, F., Borja C., Recio Espejo, J.M., Salvá, M., Salvador, F. (2014a) Caracterización geobotánica del Sabinar del Marqués. Reserva Biológica de Doñana: factores geoedáficos y termo-higrométricos. En: *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*. Sevilla. Universidad de Sevilla y AGE. pp. 65-71.

Cámara R., Gómez C., Díaz del Olmo, F., Borja C. (2014b) Cartografía de las formaciones vegetales y unidades ambientales de los mantos eólicos del Parque Nacional Doñana y Reserva Biológica de Doñana. En*: Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*. Universidad de Sevilla. Universidad de Sevilla y AGE. Pp.. 203-208

Cámara R., Salva M., Borja C., Salvador F. (2014c) Análisis Comparado del Balance Hídrico del Suelo y Bioclimático de la Estación del Palacio de Doñana con los Datos Termohigrométricos del Sabinar del Marqués (Parque Nacional de Doñana). En: *Cambio Climático y Cambio Global*. Asociación Española de Climatología. pp. 779-788

Curtis, J.T., y McIntosh, R.P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 31, 476-496. http://dx.doi.org/10.2307/1931725

Diaz-Sanz C., Lozano P.J., Cámara R. (2023) Captura de carbono de la biomasa aérea de los bosques de Pinus canariensis en la isla de Tenerife y el impacto sobre ellos del cambio climático. En: geografía: *Cambios, Retos y Adaptación*. AGE y Universidad de la Rioja. Logroño. Pp.365-373. https://doi.org/10.21138/CG/2023.lc

Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, C.J., Martínez Graña, A.M.., Lario, J., Borja F., Bardají T., Borja C., Díaz del Olmo F. (2022) Holocene aeolian dunes in the National and Natural Parks of Doñana (SW Iberia): Mapping, geomorphology, génesis and chronology. *Geomorphology*. 398. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108066

Márquez J.A,, Jurado J.M., Díaz J. (2023) Colonización y reforma agraria en el entorno de Doñana. la heterodoxa reforma de las Malvinas (Huelva) *Historia Actual Online*, 61 (2), pp. 139-158
https://doi.org/10.36132/hao.v2i61.2354

Montero G., Ruiz-Peinado R., Muñoz M.(2005) *Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles.* Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

EL PAPEL DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

MARIO CORRAL RIBERA [1]

[1] *Filiación institucional: DPTO. Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, mario.corral@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-9349-4051*

Abstract: Ecosystem services can be defined as the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being. This concept represents a suitable approach for assessing environmental problems associated with the expansion of renewable energy. However, results in the transformation of the structure and functioning of ecosystems, reducing their capacity to generate services, and affecting human well-being. In fact, on a global scale, more than 60% of the services provided by ecosystems have diminished due to human activities, and this loss has increased over the last 50 years. In the case of Spain, 45% of ecosystem services have been degraded. In addition, 63% of supply services, 87% of regulating services and 29% of cultural services are in a critical or vulnerable state. The main objective of the research is to analyse the transformation of current ecosystem services due to the concentration of solar photovoltaic projects on the outskirts of the city of Madrid. Specifically, the work focuses on the analysis of those ecosystem services that are located within the landscapes 'Campiñas de la Sagra' and 'Alcarrias y páramos del interfluvio Henares-Tajuña', between the provinces of Madrid and Guadalajara. The results demonstrate the significant loss in the values of ecosystem services in the hypothetical future scenario, considering the implementation of the infrastructures that make up the solar photovoltaic projects.

Keywords: Energy transition; Sustainable development; Landscape; Environmental zoning.

1. Introducción

Entre los retos a los que debe de hacer frente el modelo energético europeo, destaca el de elevar para el año 2030 el consumo de energías renovables al 45% del gasto final de la energía (Edenhofer, 2015).

En este contexto, aunque se han incrementado las investigaciones que analizan los impactos sociales, económicos y medioambientales de la energía solar fotovoltaica, la falta de estudios de impactos sinérgicos por la implantación de un elevado número de proyectos en determinados territorios, implica que aquellas zonas más favorables según los modelos de zonificación, alberguen un cuantioso número de infraestructuras renovables. El resultado a corto plazo es la transformación sin precedentes del medio, y a largo plazo, la pérdida de conectividad entre la sociedad y el medio natural, o también considerada como pérdida de identidad (Montes et al., 2011).

La expansión de las energías renovables, y en especial la solar fotovoltaica, desemboca en nuevas competencias entre el uso del suelo, la aceptación social, la conservación de la naturaleza y la biodiversidad (Tilman et al., 2009; Jackson 2011, Hastik et al., 2015).

En línea con los trabajos recientes en materia de desarrollo sostenible, transición energética y protección de la biodiversidad (Resch et al., 2008; Tilman et al., 2009; Jackson 2011, Hastik et al., 2015, Gasparatos et al., 2017; Rehbein et al, 2020, entre otros), la presente investigación sitúa el concepto de servicio de los ecosistemas como pieza clave y vertebradora en la gestión integradora de proyectos renovables y el medio natural. En este sentido, aunque los ES no son de por sí suficientes para proporcionar bienestar humano, son una parte imprescindible del mismo, especialmente a largo plazo (Butler & Oluoch, 2006).

A pesar de la importancia de los servicios de los ecosistemas, el desconocimiento y poca valoración de los mismos, se traduce en que hasta la fecha no han sido considerados en la mayoría de planes y proyectos de gestión territorial (Costanza et al., 1997; Salzman et al., 2001; Balmford et al., 2002), dando como resultado la pérdida de los mismos.

En efecto, a escala global, más del 60% de los servicios, o beneficios sociales, proporcionados por los sistemas bióticos han disminuido a causa de las actividades humanas, incrementándose dicha pérdida en los últimos 50 años (Evans et al., 2009). Para el caso de España, el 45% de los servicios de los ecosistemas se han degradado. Además, el 63% de los servicios de abastecimiento, el 87% de los de regulación y el 29% de los culturales se hayan en estado crítico o vulnerable (Montes et al., 2011). La investigación tiene como objetivo principal analizar la transformación de los actuales servicios de los ecosistemas por la concentración de proyectos solares fotovoltaicos. El ámbito de actuación es la periferia de la ciudad de Madrid.

2. Materiales, datos y métodos

Tomando como base los principales problemas medioambientales derivados de la implantación de grandes proyectos solares fotovoltaicos, donde destacan el cambio de uso del suelo, el deterioro del paisaje y la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 se identifican los ES más vulnerables frente a las actuaciones de los proyectos en el ámbito de estudio (tabla 1), utilizando para ello la guía Common International Classification of Ecosystem Services (CICES. 2023) V5.1.

Tabla 1. Identificación de los servicios de los ecosistemas más vulnerables a los proyectos.

Tipología	Definición	ES y unidad de medida
Abastecimiento	Aquellas contribuciones directas al bienestar humano provenientes de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas.	Sup. agraria (ha) Sup. de producción potencial forestal (ha) Sup. Montes de Utilidad Pública (ha) Sup. de cursos fluviales (ha) Sup. de masas de agua superficiales (ha) Sup. de masas de agua subterránea (ha)
Regulación	Contribuciones indirectas al bienestar humano provenientes del funcionamiento de los ecosistemas.	Sup. Comarcas agrarias (ha) Tipología de superficie vegetal no agrícola (ha) Sup. de hábitats de interés comunitario (ha)
Culturales	Contribuciones intangibles que la población obtiene a través de su experiencia directa con los ecosistemas y su biodiversidad.	Sup. coincidente con espacios Red Natura 2000 (ha) Sup. coincidente Important Bird Areas (IBAs) (ha) Sup. coincidente con Corredores Ecológicos (ha) Sup. de LIGs (ha) Sup. de suelo de protección según planeamiento urbano (ha)

Fuente: Elaboración propia. Elaboración propia a partir de la guía guía Common International Classification of Ecosystem Services (CICES. 2023) V5.1.

Cada uno de los ES ha sido valorado de 1 a 10 en función de su importancia para el ámbito.

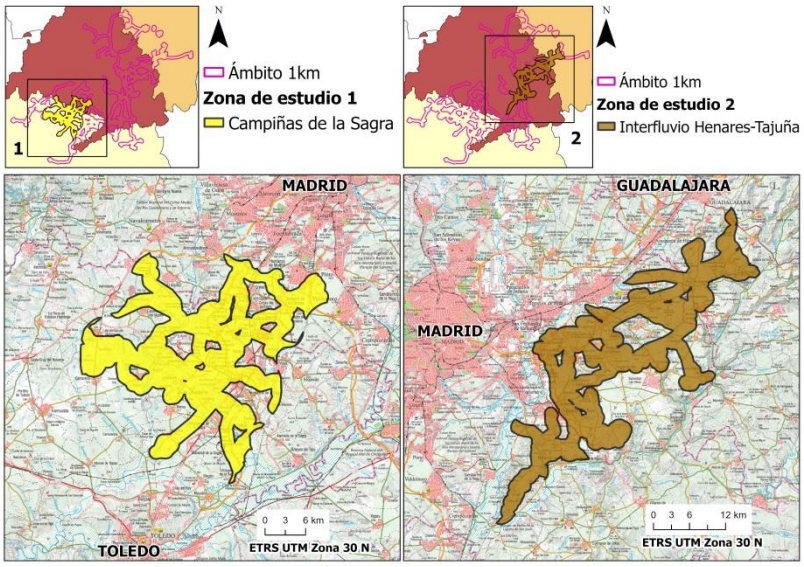
La metodología para su agregación es la combinación lineal ponderada sin estandarización, previamente multiplicados por su respectivo peso de ponderación, es decir, su valor de importancia. Después, se genera el modelo ráster resultante de la combinación, que permite analizar la valoración final de los servicios de los ecosistemas en el territorio. Por último, se realiza el sumatorio de los productos de cada uno de los modelos. El resultado final será un modelo ráster que incluye la valoración y ponderación del total de los servicios de los ecosistemas del ámbito de estudio.

2.1. Caso de estudio

La zona de estudio se ubica en la Submeseta sur, concretamente en el sector central de la cuenca hidrográfica del Tajo, aguas arriba de Toledo. El trabajo se centra en el análisis de los servicios de los ecosistemas que se localizan dentro de los paisajes Z1: "Campiñas de la Sagra" y Z2: "Alcarrias y páramos del interfluvio Henares-Tajuña" (figura 1).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Izq. Zona de estudio 1: Campiña de La Sagra. Representada en color amarillo. Dcha. Zona de estudio 2. Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña. Representada en color marrón



Fuente: Elaboración propia a partir de las unidades de paisaje definidas en el Atlas de los Paisajes de España

La unidad Z1 "Campiñas de la Sagra" se localiza al SO de la ciudad de Madrid y NE de Toledo. Se caracteriza por ser un paisaje de oportunidad, dadas sus dinámicas recientes y su fisiografía. La heterogeneidad del espacio viene dada por el corredor Madrid-Toledo; un eje económico que sólo puede crecer, y que contrasta con una estepa cerealista. En su interior, se articula una extensa superficie de campiña. Se localizan un total de 37 municipios.

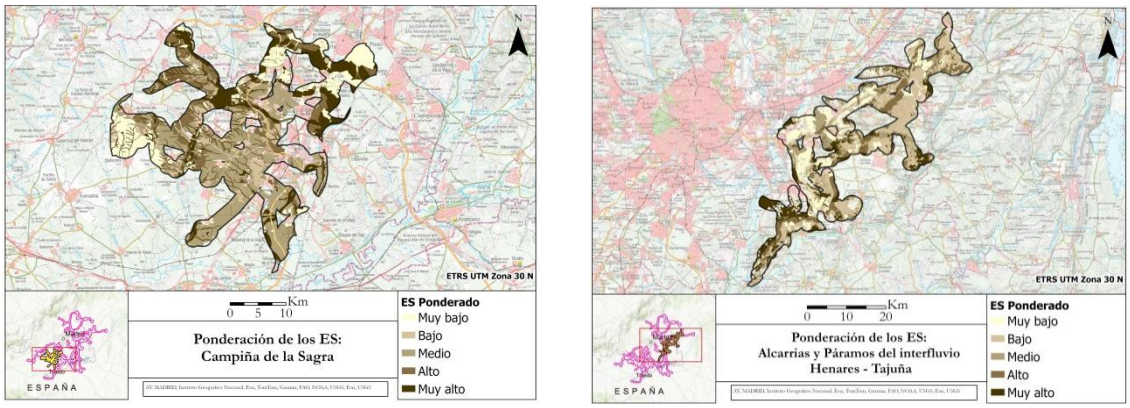
Por su parte, la Z2 "Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña" se extiendo en dirección SE-NO entre Arganda del Rey y Guadalajara. En su interior, se localizan un total de 39 municipios. Los páramos alcarreños, hacen referencia a un relieve tabular elevado topográficamente sobre el entorno, raso y con poca hierba. En las parameras se extienden también los cereales de secano, mientras que en los valles, aprovechando la mayor fertilidad, la arboricultura de las laderas da paso a las huertas.

3. Resultados

Modelo resultante del análisis y ponderación de los servicios de los ecosistemas

No se han encontrado diferencias significativas en la composición de los servicios de los ecosistemas entre las dos regiones analizadas. Así, los ES culturales son los más representativos con un 86% en los dos territorios. Por su parte, los servicios de regulación representan el 73% en la región de La Sagra y el 76% en las Alcarrias y Páramos (figura 2).

Figura 2. Mapa del modelo resultante de la ponderación de los servicios de los ecosistemas en la unidad paisajística de "Campiñas de la Sagra" (2A margen izquierdo) y en la unidad "Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña" (2B margen derecho). La gama de color marrón a amarillo se corresponde con la valoración obtenida, siendo el tono marrón oscuro el que representa lo valores más elevados y el amarillo claro los de menor.



Fuente: Elaboración propia a partir de la ponderación de los ES.

En la Campiña de la Sagra (figura 2A), los valores altos y muy altos de los ES representan el 41% del total del ámbito (21% y 20% respectivamente). Aunque no presentan una distribución homogénea, se agrupan en dirección NE-SW en al norte del ámbito, entre los municipios de Arroyomolinos, Torrejón de la Calzada y Valdemoro, donde se localizan los corredores ecológicos de La Sagra y Los Yesos.

En las Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña (figura 2B), los valores altos y muy altos de los ES representan el 31% del total del ámbito (16% y 15% respectivamente). Estos valores se distribuyen longitudinalmente de NO a SW en el centro y sur de la unidad, correspondiéndose con hábitats de interés comunitario prioritarios (6220* y 1520*), el corredor ecológico de Los Yesos y el Parque Regional Ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama.

Transformación de los valores de los servicios de los ecosistemas en el escenario de futuro

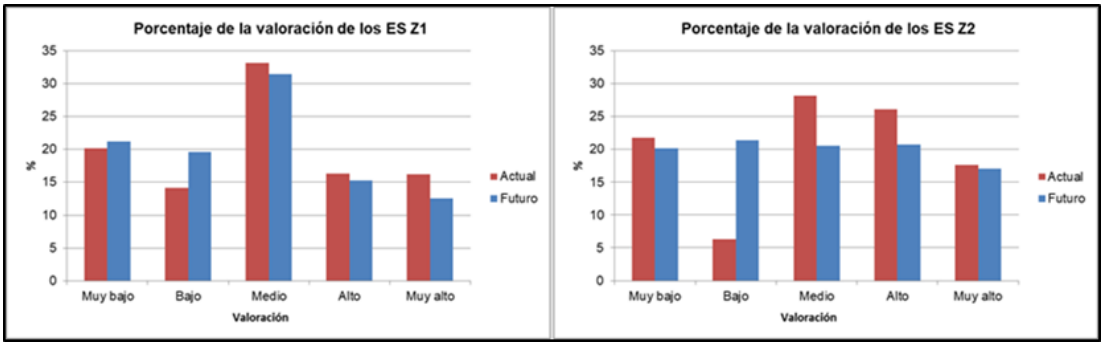
En la región de Campiñas de la Sagra los servicios de abastecimiento son los que presentarían mayor disminución con un 37%. Entre estos servicios, las trasformaciones más significativas se asociarían con las superficies agrarias, en especial en las tierras de labor de secano (11% de disminución). Por su parte, los servicios de regulación disminuirían un 30%, destacando la transformación en un 12% de los Hábitats de Interés Comunitario. Por último, los servicios culturales serían los menos transformados, con un 23% de disminución.

Para la región Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña los servicios de abastecimiento disminuirían en un 33% siendo la superficie agraria de tierras de labor de secano la más trasformada con un 15%. Para el caso de los servicios de regulación, disminuirían un 14%; si bien la superficie de vegetación no agrícola y los Hábitats de interés Comunitario apenas se verían transformados (2% de disminución cada uno de ellos). Por último, los servicios culturales serían los más transformados con un 34%.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La figura 3 recoge la variación de los servicios de los ecosistemas entre la actualidad y el escenario de futuro.

Figura 3. Variación en porcentaje de los recursos, variable ambiental y/o Servicio ecosistémico en las zonas de estudio. Z1: de "Campiñas de la Sagra" (margen izquierdo) y Z2: "Alcarrias y Páramos del interfluvio Henares-Tajuña" (margen derecho). En color rojo se muestra la valoración de los actuales ES. En color azul se muestra la valoración de los ES en el escenario de futuro.



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran la pérdida significativa en los valores de los servicios de los ecosistemas en los dos territorios analizados considerando la implantación de las infraestructuras que componen los proyectos solares fotovoltaicos. Las transformaciones más alarmantes se asociarían con la reducción de los valores altos y muy altos (10%). En este sentido y en línea con las investigaciones de Resch et al., 2008; Tilman et al., 2009; Jackson 2011, Hastik et al., 2015, Gasparatos et al., 2017; Rehbein et al, 2020 se ha demostrado que, para buscar el desarrollo sostenible e integrador con los valores naturales, culturales, sociales, históricos y/o paisajísticos del territorio, los servicios de los ecosistemas se convierten en elementos imprescindibles a valorar e incluir en la planificación. Sin su integración, la implantación de una ingente cantidad de proyectos de energías renovables, darán como resultado la transformación sin precedentes del medio, y a largo plazo la pérdida de conectividad entre la sociedad y el medio natural, también considerada como pérdida de identidad (Montes et al., 2011).

En líneas generales, los resultados obtenidos van en consonancia con las investigaciones de Evans et al., 2009; y Montes et al., 2011 quienes establecen que, a escala global, más del 60% de los servicios, o beneficios sociales, proporcionados por los sistemas bióticos han disminuido a causa de las actividades humanas, incrementándose dicha pérdida en los últimos 50 años. Para el caso de España, el 45% de los servicios de los ecosistemas se han degradado. Además, el 63% de los servicios de abastecimiento, el 87% de los de regulación y el 29% de los culturales se hayan en estado crítico o vulnerable.

Con todo lo anterior, este trabajo apuesta por la integración de los servicios de los ecosistemas como elemento imprescindible para la incorporación de proyectos renovables en el medio natural. De esta forma, se pondrían en valor los aspectos cuantitativos y cualitativos del patrimonio territorial bajo el paraguas conceptual y metodológico de los sistemas socioecológicos, que implica la comprensión de las interacciones entre la naturaleza, las sociedades que la habitan, y el bienestar humano.

5. Referencias bibliográficas

Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Jenkins, M., Jefferiss, P., Jessamy, V., Madden, J., Munro, K., Norman, M., Naeem, S., Paavola, J., Rayment, M., Rosendo, S., Roughgarden, J., Trumper, K. & Turner, R. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. Science, 297(5583), 950-953. https://www.science.org/doi/10.1126/science.1073947

Butler, C. D., & Oluoch-Kosura, W. (2006). Linking future ecosystem services and future human well-being. Ecology and Society, 11(1). 1-30. https://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art30/

Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). European Environment Agency. https://cices.eu/

Costanza, R., D'arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O´neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253-260. https://doi.org/10.1038/387253a0

Edenhofer, O.Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press. Doi: https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. Renewable and sustainable energy reviews, 13(5), 1082-1088. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008

Gasparatos, A., Doll, C. N., Esteban, M., Ahmed, A., & Olang, T. A. (2017). Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 161-184. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.030

Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., Vrščaj, B, & Walzer, C. (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48, 608-623. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.004

Jackson, A. L. (2011). Renewable energy vs. biodiversity: policy conflicts and the future of nature conservation. Global Environmental Change, 21(4), 1195-1208. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.07.001

Montes, C., Benayas, J., Santos-Martin, F., Diaz, F., SaL, A., Aguado, M., Martín-López, B., González, J., López-Santiago, C., Lomas, P., Piñeiro, C., Díaz, M., Prieto, F., Hechizo, I., Campillos, M., Andreu, N., Pereira, H., arico, S. & Acosta-Gallo, B. (2011). Ecosistemas y Biodiversidad para el Bienestar Humano. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados Fundación Biodiversidad. DOI: 10.13140/2.1.2799.9362

Rehbein, J. A., Watson, J. E., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C., & Allan, J. R. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. Global change biology, 26(5), 3040-3051. https://doi.org/10.1111/gcb.15067

Resch, G., Held, A., Faber, T., Panzer, C., Toro, F., & Haas, R. (2008). Potentials and prospects for renewable energies at global scale. Energy policy, 36(11), 4048-4056. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.029

Salzman, J., Thompson JR, B. H., & Daily, G. C. (2001). Protecting ecosystem services: Economics and Law. 20 Stanford Environmental Law Journal 309-332. https://scholarship.law.duke.edu/faculty_scholarship/1071/

Tilman, D., Socolow, R., Foley, J. A., Hill, J., Larson, E., Lynd, L., Pacala, S., Reilly, J., Searchinger, T., Somerville, C. & Williams, R. (2009). Beneficial biofuels the food, energy, and environment trilemma. Science, 325(5938), 270-271. https://www.science.org/doi/10.1126/science.1177970

ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN ZONAS COSTERAS TURÍSTICAS: UN ENFOQUE HACIA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

MARÍA DE ANDRÉS GARCÍA[1]

BEATRIZ GASALLA LÓPEZ[2]

MARIA MAESTRO CANO-MANUEL[3]

GEMA RAMIREZ GUERRERO[4]

JAVIER GARCIA ONETTI[5]

ADOLFO CHICA RUIZ[6]

MANUEL ARCILA GARRIDO[7]

1Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, maria.deandres@uca.es, https://orcid.org/0000-0002- 3969-6637

2 Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, beatriz.gasalla@uca.es

3 Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, maria.maestro@uca.es, https://orcid.org/0000-0002- 9943-6706

4Área de Comercialización e Investigación de Mercados, Universidad de Cádiz, gema.ramirez@uca.es, https://orcid.org/0000-0001-8862-4392

5 Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, javier.onetti@uca.es, https://orcid.org/0000-0002- 3798-8249

6 Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, adolfo.chica@uca.es, https://orcid.org/0000-0001- 7215-4015

7 Área de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Cádiz, manuel.arcila@uca.es, https://orcid.org/0000-0002- 9724-3767

Abstract: The communication examines the socio-ecological dynamics of the Cadiz coastal zone, highlighting the adverse effects of urbanization and tourism-driven development on natural ecosystems. The main objective is to explore how land-use changes from 1990 to 2018 have disrupted essential ecosystem services such as erosion protection, hydrological regulation, and biodiversity support. Using Corine Land Cover (CLC) data and GIS analysis, the researchers identified a 15% increase in urban areas, notably in the Bay of Cadiz, leading to the fragmentation of marshes and beaches. Marshes, which provide diverse services like carbon storage and flood mitigation, have significantly declined, primarily due to urban development associated with tourism. Beaches, critical for coastal protection and cultural activities, are similarly threatened by human activity, compromising their ecological and recreational functions. Estuaries, vital nurseries for marine species, also face pressures from

development. A structured survey of 575 residents and tourists revealed widespread public concern: 53% noticed landscape deterioration, and 81% linked it to tourism infrastructure. While coastal recreation has surged, only a small fraction acknowledged improvements in environmental education or cultural heritage promotion. The study concludes that urban and tourism expansion severely impacts the province coastal ecosystems, necessitating integrated management strategies that prioritize conservation while accommodating sustainable human activities.

1. Introducción

Las zonas costero-marinas son espacios complejos desde diferentes puntos de vista (Barragan, 2014). Desde una perspectiva físico-natural y ecológica, porque en ella se encuentran ecosistemas relativos a las interacciones tierra-mar. Desde el punto de vista socio-económico, porque en las zonas costeras tienen lugar los principales asentamientos humanos y el desarrollo de sus actividades económicas (Barragan & de Andres, 2015). Además, dichas actividades precisan de los servicios que ofrecen los ecosistemas terrestres, intermareales y marinos para su buen funcionamiento (UNEP, 2011). Por lo tanto, estudiar los la evolución de los ecosistemas en las áreas litorales con el fin de avanzar hacia una Gestión Basada en Ecosistemas (GBE) debe realizarse desde una perspectiva amplia, considerando el litoral como un sistema socio-ecológico completo (Barragán & Andrés, 2015).

La presente comunicación se desarrolla en la zona costera de la provincia de Cádiz. El modelo de expansión urbana desarrollado en algunos sectores de la zona costera de la provincia en las últimas décadas implica una utilización extensiva del territorio, suponiendo la ocupación de ecosistemas naturales que cada vez se encuentran más fragmentados y degradados (de Andrés et al., 2018). Este modelo de ocupación resulta específico del litoral, y se debe en la mayoría de los casos a la construcción de residencias estacionales, derivadas del sector turístico (IECA, 2011). Por otra parte, el aumento de la población urbana lleva asociado un incremento en la demanda de servicios, incluyendo el agua, con la consecuente sobreexplotación y pérdida de sus características físico-químicas.

En la zona costera de la provincia de Cádiz se concentran algunas de las actividades más dinámicas para su economía. En el ámbito pesquero, la pesca extractiva, especialmente la artesanal, ha sido tradicionalmente importante, aunque en las últimas décadas ha sufrido un declive debido a la sobreexplotación de los recursos. El turismo, una actividad clave, se ha desarrollado considerablemente en las últimas décadas, originando infraestructuras y equipamientos asociados que han transformado el paisaje costero. Tanto la agricultura intensiva como el turismo continúan creciendo, con una demanda elevada de suelo que presiona los ecosistemas locales.

El estudio del impacto de estas actividades económicas en los usos del suelo constituye el punto de partida para evaluar los efectos del impacto humano sobre los ecosistemas del litoral de la provincia.

2. Metodología

En este estudio, el litoral de la provincia de Cádiz se aborda como un sistema socio-ecológico, combinando aspectos naturales y sociales según la teoría de Ostrom (Ostrom, 2009). La definición del sistema socioecológico litoral ha sido adaptada y aplicada a partir de la descripción teórica de Barragán

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

y de Andrés (2015), para el caso de la provincia de Cádiz. A partir de esta definición del sistema socioecológico litoral, se desarrollaron tres pasos metodológicos clave:

El primero se centró en el estudio de los cambios de usos del suelo en el litoral. Concretamente, se compararon mapas de usos del suelo obtenidos de la base de datos Corine Land Cover (CLC) para los años 1990 y 2018. Los datos se procesaron utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (GIS), concretamente QGIS. Además, se integró la información cartográfica de CLC con datos socioeconómicos y ambientales, vinculándola con indicadores de servicios ecosistémicos. Se evaluaron los servicios de provisión (alimentos y materiales), regulación (almacenamiento de carbono, control de inundaciones) y culturales (valor estético y recreativo) mediante matrices de correspondencia entre los tipos de ecosistemas y los servicios que ofrecen, adaptadas de UNEP (2011).

El segundo paso consistió en la identificación y cartografía de los ecosistemas costeros de la provincia, utilizando como base los datos de CLC para ecosistemas terrestres e intermareales. Este proceso incluyó la validación de datos mediante trabajo de campo. Posteriormente, se integró esta cartografía con los servicios ecosistémicos identificados, a partir de un análisis bibliográfico y una consulta a expertos a través de un método Delphi.

El tercer paso consistió en el diseño y aplicación de una encuesta estructurada para evaluar la percepción social sobre el estado de los servicios ecosistémicos, seleccionados mediante un muestreo estratificado para garantizar representatividad en términos de residencias locales y visitantes. Los criterios de selección incluyeron: Residencia (habitantes locales o turistas), edad (categorizada en intervalos de 18- 30, 31-50, y mayores de 50 años), distribución espacial (municipios costeros de la provincia de Cádiz).

Las encuestas se realizaron en formato presencial y online durante los meses de julio y agosto de 2022, coincidiendo con la temporada alta turística para captar una mayor diversidad de perspectivas. Los resultados se analizaron mediante estadísticas descriptivas y pruebas de correlación para identificar patrones entre la percepción social y las actividades humanas relacionadas con el turismo y la conservación de los ecosistemas.

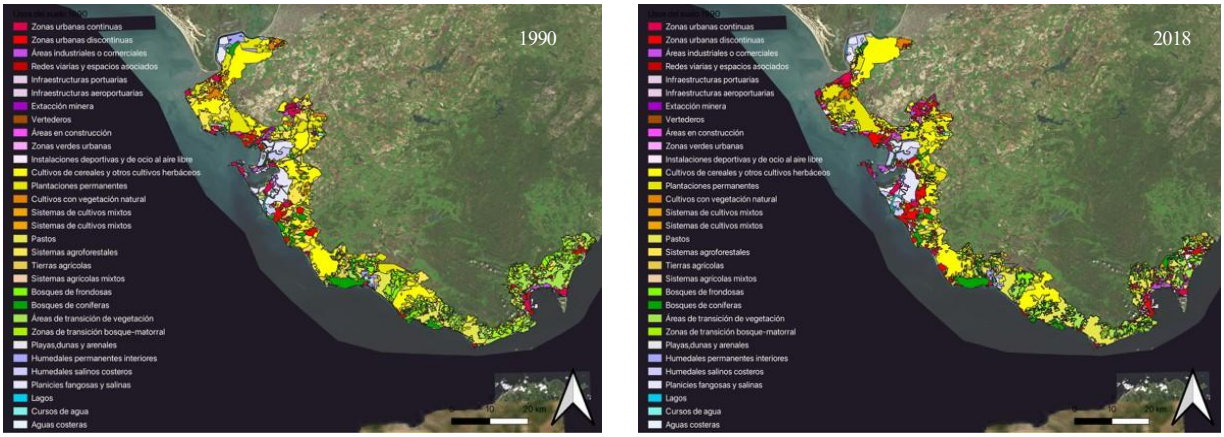
3. Resultados y discusión

3.1. Cambios de usos del suelo en el litoral de la provincia

En el litoral de la provincia de Cádiz, los ecosistemas naturales, como bosques, matorrales, marismas y playas, están en constante interacción con ecosistemas antrópicos, como cultivos y áreas urbanizadas. Es importante destacar que los sistemas de cultivo constituyen una intervención antrópica directa en el territorio. Entre1990 y 2018, cabe destacar que en el sistema socioecológico de la provincia de Cádiz, las áreas urbanas crecieron un 15%, principalmente en municipios como Chiclana de la Frontera, donde el desarrollo turístico intensivo ha provocado una significativa fragmentación y pérdida de marismas y playas (Figura 1).

Aunque algunos de estos ecosistemas están en espacios naturales protegidos (como el Parque Natural de la Bahía de Cádiz en el caso de Chiclana de la Frontera), la expansión de núcleos urbanos y turísticos en sus alrededores ha generado una fuerte fragmentación del paisaje, representando cómo el modelo turístico puede alterar los equilibrios ecológicos en favor de actividades económicas intensivas, donde el crecimiento de alojamientos y servicios turísticos ha llevado a una ocupación intensiva del litoral.

Figura 1. Usos del suelo en el litoral de la provincia de Cádiz (1990 y 2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de Corine Land Cover, 1990 y 2018

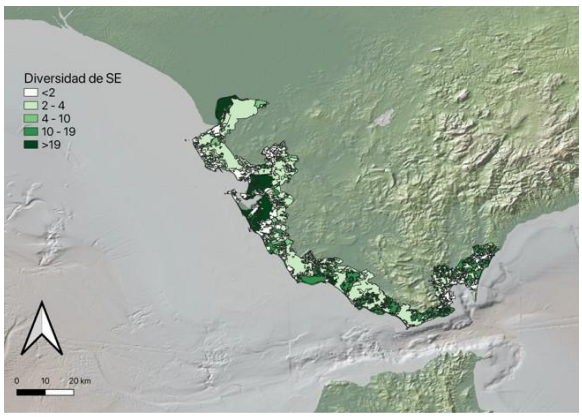
3.2. Estado de los socio-ecosistemas costero-marinos y sus servicios ecosistémicos

De forma general los ecosistemas costeros y marinos de la provincia de Cádiz han sufrido una degradación y fragmentación, aunque de forma diferente según el litoral en el que se encuentren. Además, no todos los ecosistemas ofrecen la misma variedad de servicios ecosistémicos. La consulta a expertos técnicos y científicos en temas de servicios ecosistémicos, además de un análisis bibliográfico en profundidad, ha permitido obtener la diversidad de servicios ecosistémicos que ofrecen potencialmente cada uno de los ecosistemas litorales de la provincia (Figura 2).

De lo anterior, destacan las marismas y salinas, que constituyen el 84% del área intermareal en el litoral de Cádiz, y son los que mayor diversidad de servicios ecosistémicos ofrecen a la sociedad. Destacan como ecosistemas clave debido a su capacidad para la regulación hidrológica, la filtración de contaminantes, el almacenamiento de carbono y la provisión de hábitats para especies acuáticas y aves migratorias. No obstante, la reducción a la mitad de su superficie desde 1956 refleja una pérdida significativa de estos servicios, lo que disminuye su capacidad para mitigar inundaciones, filtrar nutrientes y sostener la biodiversidad local (de Andrés, et al., 2018).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Diversidad de servicios ecosistémicos en el litoral de la provincia de Cádiz



Fuente: Elaboración propia

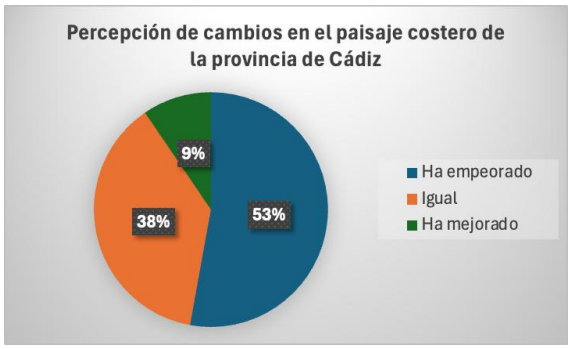
Por su parte, las playas, que abarcan solo un 9,8% del área intermareal, destacan en cuanto a los servicios de regulación como la protección costera y el mantenimiento de procesos geomorfológicos que aseguran la estabilidad del litoral. Sin embargo, su fragmentación y degradación, provocadas por el aumento de usos antrópicos asociados al turismo, comprometen su función como barreras naturales frente a la erosión y eventos climáticos extremos, además de afectar su valor recreativo y cultural.

En lo relativo a los estuarios funcionan como áreas de cría esenciales para especies marinas y contribuyen a la regulación de eventos extremos y la erosión costera, mientras que los ecosistemas urbanos y agrícolas ofrecen una menor variedad de servicios ecosistémicos diferentes, aunque relevantes en términos de infraestructura, alimentación y producción.

3.2. Percepción social del estado de los servicios ecosistémicos y su relación con la actividad turística

Se llevó a cabo una encuesta entre 575 personas con el propósito de analizar la en la provincia de Cádiz. Uno de los puntos destacados fue la percepción de cambios en el paisaje costero. Cerca de la mitad de los encuestados, un 53%, opinan que el paisaje ha empeorado, mientras que un 38% considera que se ha mantenido igual y un 9% percibe una mejora (Figura 3).

Figura 3. Análisis de respuestas a la pregunta: ¿Percibe cambios en el paisaje costero de la provincia de Cádiz?



Fuente: Elaboración propia

Además, el 81% de los participantes atribuyen estos cambios al desarrollo de alojamientos e infraestructuras turísticas, lo que refuerza la percepción de que el turismo está modificando significativamente el entorno. En cuanto a las actividades en el litoral de la provincia de Cádiz, se observó un sentimiento generalizado de que el ocio costero ha aumentado, con un 82% de los encuestados respaldando esta percepción, mientras que una pequeña proporción del 11% señala una disminución y el resto opina que estas actividades se han mantenido estables. Sin embargo, el panorama cambia al analizar otras actividades clave. Solo el 25% considera que la educación ambiental ha aumentado, mientras que el 30% cree que ha disminuido y el 45% afirma que se ha mantenido sin cambios. Respecto al patrimonio cultural, únicamente el 17% percibe un aumento en su valoración o promoción, frente al 30% que observa una disminución y un 52% que no percibe variaciones significativas.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el desarrollo urbano y turístico en el litoral de la provincia de Cádiz ha provocado una notable transformación en los usos del suelo, con un impacto especialmente significativo en ecosistemas costero-marinos como las marismas, salinas y playas. Estas áreas naturales, fundamentales para la regulación ambiental y la provisión de servicios ecosistémicos, han sufrido una considerable fragmentación. La disminución de estos ecosistemas compromete servicios ecosistémicos potenciales como la protección frente a la erosión, el mantenimiento de la biodiversidad y la regulación hidrológica.

En cuanto a la percepción social de la relación entre los cambios de usos y los servicios ecosistémicos, se refleja que gran parte de la población reconoce el deterioro del paisaje costero vinculado al incremento de infraestructuras turísticas, a la vez que percibe un aumento en las actividades recreativas, pero una menor atención hacia la educación ambiental y el patrimonio cultural.

Estos resultados subrayan la necesidad de abordar la gestión del litoral gaditano desde un enfoque integrador que contemple tanto la conservación de los ecosistemas como la sostenibilidad de las actividades humanas.

5. Referencias bibliográficas

Barragan, J. M. (2014). Política, gestión y litoral. Una nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales. Tebar, UNESCO.

Barragán, J. M., & Andrés, M. De. (2015). Aspectos básicos para una gestión integrada de las áreas litorales de España: conceptos, terminología, contexto y criterios de delimitación. Revista de Gestão Costeira Integrada, 16. https://doi.org/10.5894/rgci638

Barragan, J. M., & de Andres, M. (2015). Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. Ocean and Coastal Management, 114, 11–20. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.004

de Andrés, M., Barragán, J. M., & García Sanabria, J. (2018). Ecosystem services and urban development in coastal Social-Ecological Systems: The Bay of Cádiz case study. Ocean and Coastal Management, 154(January), 155–167. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.011

IECA. (2011). El futuro de la población. 259.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems. Science, 325, 419–423.

UNEP. (2011). Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem-Based Management- An Introductory Guide. https://doi.org/ISBN: 978-92-807-3173-6.

HACIA NUEVAS GEOGRAFÍAS ENERGÉTICAS. ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

IBAI DE JUAN[1]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Calle Freud, 10, Fuencarral-El Pardo, 28049 Madrid, ibai.dejuan@estudiante.uam.es, https://orcid.org/0000-0002-4562-5157*

Abstract: The expansion of solar energy in Spain has accelerated in recent years, instigating a reconfiguration of energy appropriation modalities and their corresponding geographies. This development is inducing land-use transformations, thereby constituting a novel subject of geographical inquiry. This communication aims to analyse the oupation by photovoltaic energy in Spain between 1998 and 2024. To this end, the concept of energy density, defined as the ratio between installed power and the surface area occupied by a generation infrastructure, has been employed. While the energy density of photovoltaic installations has conventionally been treated as a static coefficient in recent decades, this study proposes a dynamic power density coefficient that accounts for efficiency improvements enabling the deployment of greater power per unit of surface area over time. Through a literature review and the analysis of favourable Environmental Impact Assessment (EIA) from 407 photovoltaic projects, a dynamic coefficient ranging from 0.17 MW/Ha in 1998 to 0.53 MW/Ha in 2024 has been estimated. Applying this coefficient to installations registered in the Administrative Registry of Electricity Production Facilities (RAIPEE) geographically reflects a history of expansions and contractions, culminating in a total occupation of 60,577 Ha (0.12% of Spain's land area). Furthermore, considering projects with favourable EIA yet to be registered in the RAIPEE, this percentage would reach 0.25% of the national territory, exhibiting a distinctly polarized distribution between the northern and southern Iberian Peninsula. Finally, the historical trend, particularly the surge observed since 2019, underscores the necessity for in-depth investigation into emergent energy geographies.

Keywords: Power density; solar energy; political ecology; energy transition; energy geography; solar geography,

1. Introducción

La energía fotovoltaica constituye una de las principales tecnologías que han impulsado la transición energética en España a lo largo de las últimas décadas. Al mismo tiempo, su desarrollo implica la transición desde un régimen energético vertical (basado en fuentes fósiles) a uno horizontal (alimentado con fuentes renovables) (Huber & McCarthy, 2017) con importantes implicaciones geográficas. Esto se ha traducido en la incorporación de cantidades crecientes de superficie (suelo y cubiertas) a los circuitos de extracción energética, modificando su uso en la mayoría de los casos. Por ello, es pertinente el estudio de la ocupación de superficie por parte de las instalaciones fotovoltaicas con el fin de caracterizar con precisión las geografías de la transición energética. En este sentido, Smil (2015) desarrolla el concepto de densidad de potencia, el cual comprende el coeficiente de la potencia instalada por unidad de superficie de un sistema energético. Este indicador permite estimar la ocupación de superficies por parte de sistemas energéticos como la energía fotovoltaica dado que existe una correlación lineal directa entre la potencia instalada y la superficie ocupada por una instalación (de Juan & Herrada, 2024).

La densidad de potencia en la energía solar fotovoltaica ha sido objeto de estudio en las últimas décadas. Prieto & Hall (2013) estimaron para las instalaciones existentes en 2011 una densidad de potencia promedio entre 0,16 MW/Ha y 0,33 MW/Ha en función del sistema de seguimiento de paneles fijo, a un eje o a doble eje. Por otro lado, el análisis de las instalaciones de España realizado por MacKay (2013) apunta a densidades de potencia observadas en 13 instalaciones fotovoltaicas entre 0,17 MW/Ha y 0,55 MW/Ha. Dentro de este rango se encuentra el promedio de 0,37MW/Ha calculado años más tarde por Lo Piano & Mayumi (2017) a partir de una muestra de 62 plantas fotovoltaicas. Más recientemente, el modelo conformado por Felipe-Andreu et al. (2022) para estimar el potencial desarrollo de la energía fotovoltaica en la biorregión cantábrico-mediterránea emplea una densidad de potencia de 0,7 MW/Ha. Sin embargo, dicho valor procede del análisis realizado por Álvarez & Zafra (2021) sobre las 8 instalaciones con mayor potencia en 2021. Finalmente, el estudio de Pérez-Pérez et al. (2024) sobre las instalaciones fotovoltaicas de Andalucía con potencia instalada superior a 10MW (un total de 92 instalaciones) señala una densidad de potencia promedio de 0,51MW/Ha. Al mismo tiempo destacan que la mayoría de las instalaciones analizadas fueron ejecutadas con posterioridad a 2020.

Tal y como se observa la densidad de potencia instalada en el caso de la energía fotovoltaica varía con el tiempo como consecuencia del desarrollo tecnológico del sector que permite la instalación de paneles de mayor potencia, concentrando la capacidad de generación por unidad de superficie. Por ello, se propone la estimación de un Coeficiente Dinámico de Densidad de Potencia Instalada (CDDPI) que considere el efecto de las continuas mejoras tecnológicas en el cálculo de la superficie ocupada. En consecuencia, el objetivo de la presente comunicación es estimar el CDDPI para las instalaciones fotovoltaicas en España entre 1998 y 2023 realizando también una aproximación a la superficie ocupada por dichas instalaciones.

2. Materiales, datos y métodos

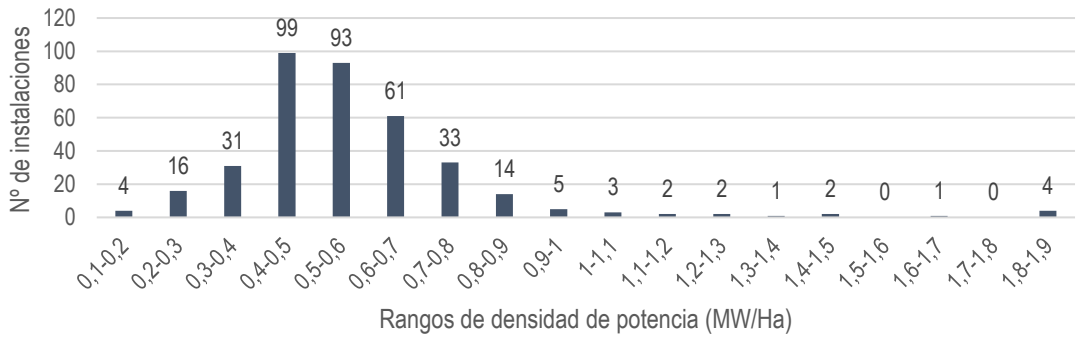
Para elaborar del CDDPI además de una revisión bibliográfica se ha llevado a cabo un análisis de las instalaciones sometidas a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) con declaración ambiental favorable emitidas en el Boletín Oficial del Estado (BOE) siguiendo una metodología similar a la empleada por de Juan & Herrada (2024). En total se han analizado 484 instalaciones en un rango

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

temporal comprendido entre 2014 y 2023. En cada Declaración de Impacto Ambiental (DIA) revisada y se ha tomado el valor de la potencia instalada total y la superficie ocupada considerando el perímetro de vallado. Debido a la ausencia de datos de superficie en una porción de las declaraciones, la base de datos final se compone de 371 instalaciones. La mayoría presenta densidades de potencia instalada entre 0,4MW/Ha y 0,6MW/Ha.

Tan solo el 4,04% de las instalaciones analizadas tienen densidades de potencia superiores a 1MW/Ha (Figura 1).

Figura 1. Número de instalaciones por rango de densidad de potencia.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que 16 instalaciones con DIA favorable que se encuentran también registradas en el RAIPEE, por lo que se encuentran en operación. Estas instalaciones fueron inscritas en el RAIPEE entre 2019 y 2024 con un promedio de densidad energética de 0,483MW/Ha.

Las 353 instalaciones restantes sobre las que se ha podido calcular la densidad de potencia se corresponden con DIAs favorables cuyos proyectos aún no están operativos ni registrados en el RAIPEE. Tal y como señala el Artículo 43 de Ley 21/2013 (Jefatura del Estado, 2013) el periodo máximo para la ejecución de las instalaciones tras la formulación de DIA es de 4 años, pudiéndose autorizar una ampliación excepcional de 2 años adicionales. El promedio de tiempo transcurrido entre la formulación de la DIA y el registro en el RAIPEE en las instalaciones ya inscritas es de 3 años. Por lo tanto, es posible considerar la entrada en operación de las instalaciones 3 años después de la formulación de su DIA. Esta consideración permite proyectar a la densidad energética promedio de las instalaciones a 3 años vista hasta 2026 habiendo recabado datos hasta diciembre de 2023. La densidad de potencia media de las instalaciones que aún no se encuentran en el RAIPEE (352 instalaciones) es de 0,579MW/Ha, por lo que se considera que esta densidad de potencia para las instalaciones construidas entre 2023 y 2026.

Es importante señalar que el análisis realizado comprende un escenario optimista en el que todas las instalaciones con DIA favorable son finalmente ejecutadas. Sin embargo, en ocasiones pueden no llegar a ejecutarse o cambiar sus características. Estos cambios se reflejan en la Autorización Administrativa Previa (AAP) y en el Autorización Administrativa de Construcción (AAC)

3. Resultados

3.1. Coeficiente Dinámico de Densidad de Potencia Instalada (CDDPI)

Para la estimación del CDDPI entre 1998 y 2010 se ha empleado el valor mínimo obtenido por MacKay (2013) (0,17MW/Ha) en 1998. Sin embargo, el valor máximo (0,55 MW/Ha) se considera poco representativo de la densidad de potencia promedio en 2010. Es necesario un valor intermedio entre el promedio observado por Lo Piano & Mayumi (2017) (0,37 MW/Ha) y el mínimo de MacKay (2013) por lo que se ha empleado el valor máximo observado por Prieto & Hall (2013) (0,33MW/Ha). En 2017 se considera que el parque fotovoltaico alcanza el promedio observado por Lo Piano & Mayumi (2017) (0,37 MW/Ha) lo que supone una desaceleración del crecimiento de la densidad de potencia promedio coherente con el estancamiento de la innovación y desarrollo del sector fotovoltaico entre 2010 y 2017. En el periodo 2018-2023 se considera un crecimiento hasta alcanzar 0,51 MW/Ha. Este valor es el resultado del promedio ponderado por el número de instalaciones analizadas de Álvarez & Zafra (2021) (0,53 MW/Ha), Pérez-Pérez et al. (2024) (0,51 MW/Ha) y las instalaciones con DIA favorable e inscritas en el RAIPEE (0,48 MW/Ha). Finalmente se estima una densidad de potencia para las instalaciones construidas entre 2023 y 2026 creciente hasta alcanzar en este último año los 0,58 MW/Ha de acuerdo con el promedio de las 352 instalaciones con DIA favorable que aún no figuran en el RAIPEE. Se ha descartado de la estimación el valor considerado por Felipe-Andreu et al. (2022) dado que no se sustenta en ningún cálculo o caso de estudio y se aleja significativamente de los valores observados en las DIA y en el resto de trabajos revisados. El coeficiente de densidad de potencia dinámico resultante se refleja en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficiente Dinámico de Densidad de Potencia Instalada (CDDPI).

Año	CDDPI	Año	CDDPI	Año	CDDPI
1998	0,17	**2008**	0,30	**2018**	0,39
1999	0,18	**2009**	0,32	**2019**	0,42
2000	0,20	**2010**	0,33	**2020**	0,44
2001	0,21	**2011**	0,34	**2021**	0,46
2002	0,22	**2012**	0,34	**2022**	0,49
2003	0,24	**2013**	0,35	**2023**	0,51
2004	0,25	**2014**	0,35	**2024**	0,53
2005	0,26	**2015**	0,36	**2025**	0,56
2006	0,28	**2016**	0,36	**2026**	0,58
2007	0,29	**2017**	0,37		

Fuente: elaboración propia.

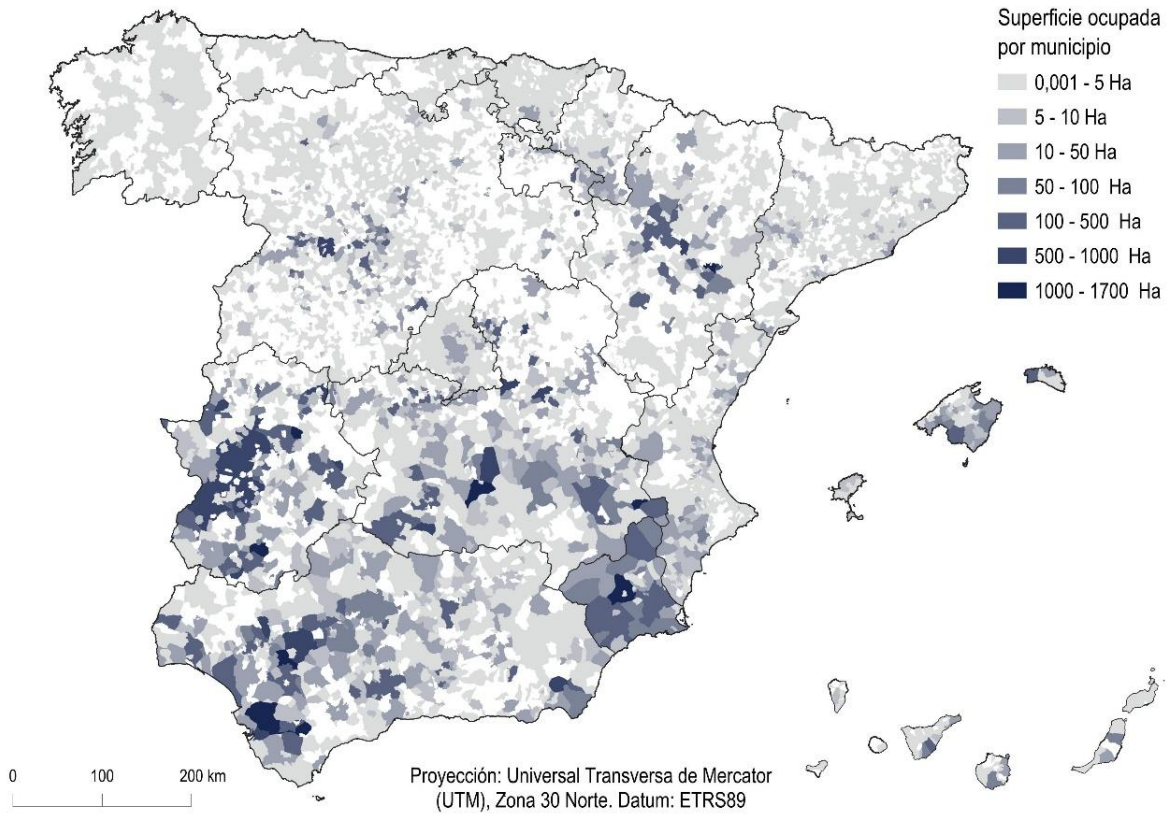
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.2. Ocupación de superficie para la generación fotovoltaica.

Una vez estimada de densidad de potencia dinámica, es posible calcular la superficie ocupada por las instalaciones fotovoltaicas inscritas en el RAIPEE hasta 2024. La ocupación de superficie por sistemas fotovoltaicos evidencia un crecimiento incipiente pero paulatino desde 1998 hasta 2007, pasando de 6,03 Ha a 2.295,33 Ha. Sin embargo, con el "boom" fotovoltaico de 2008 las instalaciones pasan a ocupar cerca de 12.000 Ha en apenas 2 años. En los años posteriores la superficie ocupada aumenta ligeramente a pesar de la deceleración del sector, alcanzado las 15.808,46 Ha en 2018. Finalmente desde 2019 hasta 2023 el segundo "boom" se ha traducido en la ocupación de aproximadamente 45.000 Ha, alcanzando en 2024 las 60.577,60 Ha lo que supone el 0,12% de la superficie de España. Sin embargo, al considerar las instalaciones con DIA favorable no registradas en el RAIPEE la superficie total ocupada se eleva a 125.716,43 Ha, el 0,25% de la superficie del país.

La distribución de los municipios según la superficie ocupada refleja una polarización entre el norte y el sur. La mayoría de los municipios con una superficie ocupada superior a 100 Ha se encuentra en la mitad sur del país exceptuando algunos puntos en el corredor del Ebro en las proximidades de Zaragoza y en el entorno de Valladolid. Al mismo tiempo, en el sur se observa una distribución en forma de "arco" con los municipios con mayor potencia instalada y superficie ocupada que comunican las provincias de Murcia Albacete, Toledo, Ciudad Real, Cáceres, Badajoz, Sevilla y Cádiz (Figura 2).

Figura 2. Superficie ocupada por instalaciones fotovoltaicas a nivel municipal aplicando el CDDPI.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de datos de RAIPEE.

4. Conclusiones

El análisis realizado en la presente comunicación evidencia la necesidad de profundizar en el estudio de las dinámicas espaciales asociadas a la transición energética. La ocupación de superficie no ha sido paulatina en el tiempo sino que se ha desarrollado principalmente a través de periodos expansivos. El primero entre 2008 y 2009 y el segundo a partir de 2018, siendo este último el más acentuado. Esta expansión tampoco ha sido homogénea en el territorio, reflejando una polaridad entre el norte y el sur de España. Finalmente, el análisis de las Declaraciones de Impacto Ambiental de los boletines oficiales autonómicos así como su actualización periódica son los siguientes pasos para aumentar la precisión de las estimaciones aquí realizadas que también serán de gran utilidad para avanzar en la cartografía y zonificación de la transición energética.

5. Referencias bibliográficas

Álvarez, C., & Zafra, M. (2021, January 23). Cuánto ocupan las megacentrales solares: investigadores alertan del impacto del 'boom' fotovoltaico. *El País*. https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-01-23/cuanto-ocupan-las-megacentrales-solares-investigadores-alertan-del-impacto-del-boom-fotovoltaico.html

de Juan, I., & Herrada, A. (2024). La transición energética y las dinámicas espaciales del desarrollo fotovoltaico en España: un análisis geográfico (1998-2023). In *Estrategias territoriales y productivas en un contexto de cambio global. Territorial and productive strategies in a context of global change*. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE GEOGRAFÍA. https://doi.org/10.21138/ge.2024.3

Felipe-Andreu, J., Valero, A., & Valero, A. (2022). Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean Bioregion. *Land*, *11*(11), 1891. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land11111891

Huber, M. T., & McCarthy, J. (2017). Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space. *Transactions of the Institute of British Geographers*, *42*(4), 655–668. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/tran.12182

Jefatura del Estado. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. In *BOE núm. 296, de 11 de diciembre de 2013*.

Lo Piano, S., & Mayumi, K. (2017). Toward an integrated assessment of the performance of photovoltaic power stations for electricity generation. *Applied Energy*, *186*, 167–174. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.102

MacKay, D. J. C. (2013). Solar energy in the context of energy use, energy transportation and energy storage. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *371*(1996), 20110431. https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0431

Pérez-Pérez, B., Díaz-Cuevas, P., & Martín-Peinado, F. J. (2024). La energía solar: ¿Un nuevo uso ordinario del medio rural? Ocupación de suelos agrícolas en el sur de España. *Hábitat y Sociedad*, *17*, 45–61. https://doi.org/https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2024.i17.03

Prieto, P. A., & Hall, C. A. S. (2013). *Methods: Calculating the Energy Output. The Energy Returned (ER or E out)* (pp. 47–60). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9437-0_5

Smil, V. (2015). *Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses*. MIT Press.

ANÁLISIS SIG DE LA CONSERVACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL CHARCO DE LOS CLICOS (YAIZA, ISLA DE LANZAROTE)

LAURA DEL VALLE VILLALONGA[1]

GUILLEM X. PONS[1]

JAUME SERVERA NICOLAU[1]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de las Islas Baleares, Ctra. de Valldemossa km 7,5, Palma, Mallorca, España. laura.del-valle@uib.eu, 0000-0003-3317-3007.*

Abstract: This study analyses the evolution and restoration mesures of the Golfo Lagoon (Charco de los Clicos) and the adjacent beach using historical orthophotos (PNOA 2005, 2012, 2018, and 2021) and ecocartographic data. Changes were evaluated before and after a regeneration project carried out in 2016, focusing on the characterization of terrestrial and marine habitats, the evolution of the lagoon surface, and the beach's carrying capacity. The results show a net increase of 5,521 m² in the lagoon's surface area and 3,329 m² in the beach, reflecting a successful environmental recovery. Additionally, the study highlights the improved conservation of *Ruppia maritima*, a species of community interest, and the stability of the beach-lagoon system due to the implemented restoration measures.

Keywords: GIS, Clicos lake, orthophotography, beach-dune system evolution, Lanzarote.

1.Introducción

El Charco de los Clicos, también denominado lago del Golfo o lago Verde, es un espacio de singular valor natural y paisajístico ubicado en El Golfo (Yaiza, Lanzarote), es una laguna costera privilegiada en un cráter volcánico parcialmente sumergido, conectada al mar por grietas subterráneas y separada por una playa de arena negra. El Charco de los Clicos había perdido hasta un 60 % de su superficie debido a la acumulación de arena procedente de extracciones de la playa en las décadas de 1960-70, lo que lo alejaba de su configuración original y amenazaba con su colmatación total de este valioso ecosistema. Con el objetivo de restaurar las condiciones ambientales y morfológicas de antaño, se emprendieron diversas actuaciones de dragado y restauración el 2016 (INURTEMA, 2014).

Este trabajo presenta un análisis de los resultados después de esta intervención y la evolución del charco y de la playa adyacente a partir de técnicas SIG y del estudio comparativo de ortofotografías históricas. Se ha puesto especial atención en la recuperación de la superficie lacustre, la caracterización de los hábitats naturales y la capacidad de carga de la playa.

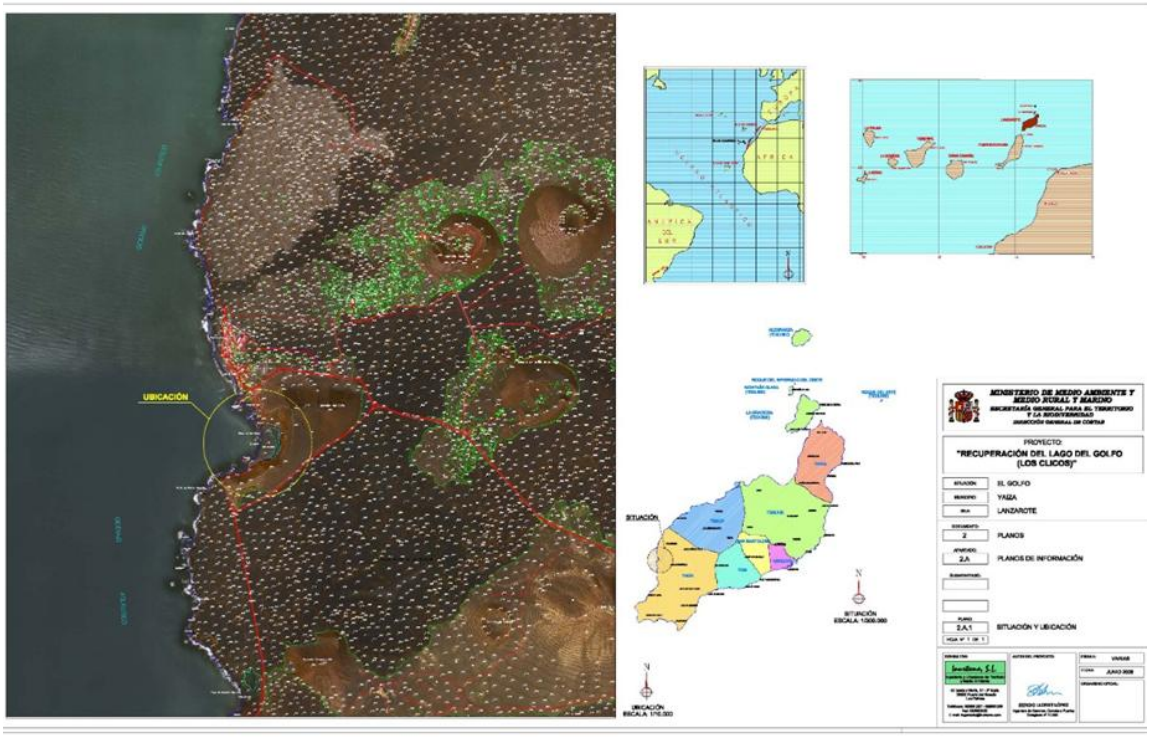
1.1. Área de estudio

El Charco de los Clicos (o lago del Golfo) está localizado en la costa noroeste del municipio de Yaiza, en el límite con Tinajo, isla de Lanzarote (Islas Canarias, España) (Figura 1). Presenta una longitud de ~200 m y una anchura media de 35 m, con un punto máximo de 50 m y un mínimo de 20 m. La superficie de lámina de agua es de 7.142 m² y está situada a la cota +2,00 m, con una oscilación del nivel del agua de unos 7 cm, en fase inversa con respecto a la marea. Su profundidad media ronda los 1,5 m, con un valor máximo de 3,6 m en la zona central ((DGCyM, 2008 en: INURTEMA, 2014).

El Lago Verde forma parte de espacios protegidos como los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) "ES7010046 Los Volcanes" y "ES0000100 La Geria", además de pertenecer parcialmente a la ZEPA marina "ES0000531 Espacio marino de la Bocayna" y a la Reserva Natural y Parque Natural de los Volcanes (ES701049). Asimismo, se integra en la Reserva de la Biosfera declarada para toda la isla de Lanzarote.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización del Lago de Clicos.



Fuente: Proyecto Recuperación del lago del Golfo - charco de Los Cliclos (DGCyM, 2008).

2. Metodología

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la evolución temporal de la superficie del lago y la playa utilizando ortofotografías históricas (PNOA 2005, 2012, 2018 y 2021), permitiendo realizar comparaciones diacrónicas de estas áreas. Este estudio incluyó una evaluación detallada antes y después de las intervenciones de restauración ejecutadas en 2016.

La dinámica litoral y los efectos de las tormentas fueron analizados como factores determinantes en las variaciones de la superficie de la playa. Para ello, se aplicaron técnicas de SIG que permitieron identificar con precisión los límites costeros, tomando como referencia el límite superior de la zona de *swash* (máximo alcance del oleaje), y utilizando metodologías reconocidas (Ojeda, 2000; Martín-Prieto et al., 2010; 2016). Además, se incluyeron los límites de las barreras de protección instaladas, asegurando así la consistencia en la identificación de los cambios a lo largo del tiempo. Para la superficie lacustre, también se emplearon SIG en la digitalización precisa de los contornos del lago.

Asimismo, se utilizaron datos ecocartográficos (GRAFCAN, 2003, 2023; Ecocartografías 2006 y 2007 del Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico) para caracterizar los hábitats terrestres y marinos del área de estudio.

Adicionalmente, una vez calculada las superficies se incorporaron valores de referencia para calcular la capacidad de carga de la playa, en función de criterios de densidad de usuarios establecidos en investigaciones previas para playas urbanas y naturales (5 m²/usuario en playas urbanas y 15 m²/usuario en playas naturales). Dado que la playa del Charco de los Clicos se clasifica como natural, se adoptó el valor de 15 m²/usuario, lo que permitió estimar la capacidad máxima de usuarios en distintos periodos.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de hábitats naturales terrestres y marinos

El entorno terrestre del lago de los Clicos presenta una notable diversidad ecológica. Predominan comunidades sabulícolas endémicas de *Traganum moquinii*, mientras que en la franja frontal hacia la playa se observan matorrales de Algoaera y Matabrusca, acompañados por las comunidades *Chenoleiodeo-Salsoletun vermiculatae* y *Chenoleoideo-Suaedetum mollis*. Los límites de playa están definidos por cinturones halófilos costeros áridos, dominados por *Frankenio ericifoliae–Zysophylletum fontanesei*, junto con hábitats característicos de tabaibal dulce (*Euphorbia balsamifera*).

En la zona intermareal destaca la presencia del coleóptero endémico *Orzolina thalassophila*, una especie catalogada como sensible a la alteración de su hábitat (GRAFCAN, 2023).

Por otro lado, los hábitats marinos del lago se clasifican como comunidades de aguas salobres (*Enteromorpho intestinalis-Ruppietum maritimae*). *Ruppia maritima*, responsable del característico color verde del lago, es un elemento clave de interés ecológico y está identificada como hábitat comunitario prioritario (CORINE 91: 23.21 o 23.22, Código 1150*115030).

3.2. Evolución de la superficie lacustre y de playa

Entre 2005 y 2021, la superficie del lago experimentó un aumento neto de 5.521 m², lo que refleja una recuperación significativa del espejo de agua. De manera paralela, la superficie de la playa también creció en 3.329 m², incluso tras las modificaciones vinculadas a la construcción y acondicionamiento del camino de entrada.

En 2018, el lago alcanzó su máxima extensión, con 13.682 m², aunque en 2021 esta superficie se redujo ligeramente a 12.901 m². A pesar de esta disminución, el incremento global desde 2005 se mantiene.

3.3. Capacidad de carga de la playa (densidad/m²)

Actualmente, la superficie de la playa asciende a 15.199 m², y por lo tanto su capacidad de carga es de 1013 personas simultáneas. Esto es debido al aumento de la superficie de la playa, porque en el 2005 su capacidad de carga era de 971 personas.

Tabla 1. Tabla resumen de la superficie útil y la densidad.

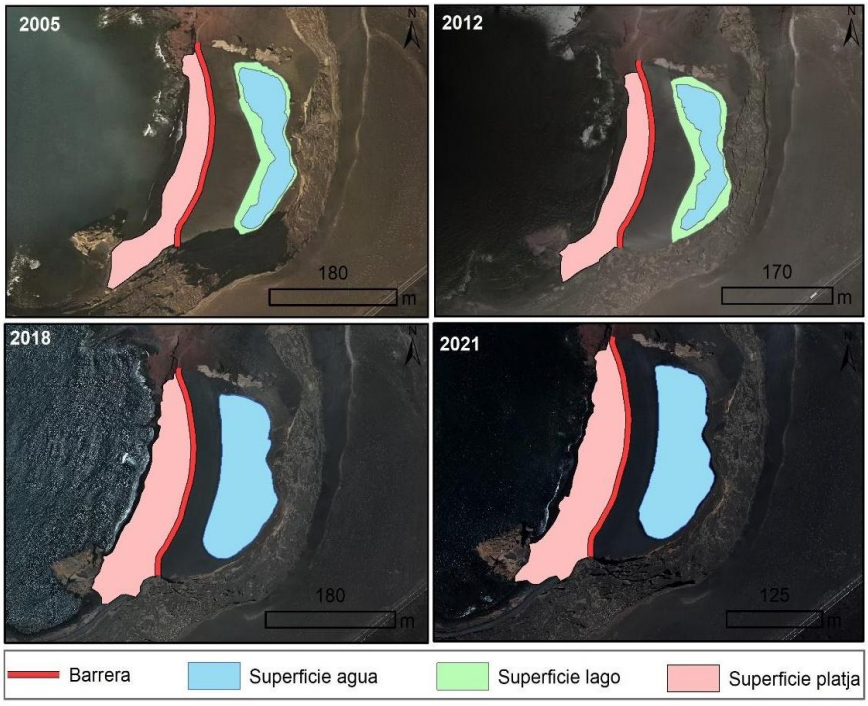
Área	Superficie m²	Densidad 5 m²/usuario	Densidad 15 m²/usuario
Playa del Charco Verde 2021	15199	3040	1013
Playa del Charco Verde 2005	11870	2374	971

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Fotografías aéreas del área de estudio 2005, 2012, 2018 y 2021.

Se aprecia un ligero aumento en la capacidad de carga, coherente con el incremento en la superficie de playa.

Figura 3. Evolución de la superficie del Lago de Clicos y de la playa del charco Verde, desde el año 2005 al 2021. Superficies. 2005: 7053 m^2; 2012: 7053 $m^{2;}$ 2018: 13.682 m^2 y 2021: 12.901 m^2.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

La restauración de zonas costeras en Canarias es un tema clave tanto desde el punto de vista ambiental como socioeconómico. Esta zona alberga una gran biodiversidad, incluyendo numerosas especies protegidas, muchas de ellas endémicas.

Las actuaciones de dragado y restauración realizadas en 2016 han tenido un impacto significativo en la recuperación del lago del Golfo (Charco de los Clicos). La extracción aproximada de arena fue de unos 40.000 m³. La superficie del lago aumentó en 5.521 m², alcanzando un máximo de 13.682 m² en 2018, lo que evidencia una recuperación considerable del espejo de agua. Este incremento ha propiciado una mejor conservación de la *Ruppia maritima*, una especie clave identificada como hábitat comunitario prioritario, contribuyendo así a la preservación de la biodiversidad lacustre.

De manera paralela, la superficie de la playa adyacente creció en 3.329 m² durante el mismo período, mejorando notablemente su capacidad de carga. Este aumento, combinado con las intervenciones de acondicionamiento del camino de entrada y la instalación de barreras de control de sedimentos, ha reducido la erosión y promovido una mayor estabilidad del sistema costero.

Los datos analizados también demuestran que, a pesar de una ligera disminución de la superficie del lago a 12.901 m² en 2021, las mejoras estructurales y ecológicas se mantienen robustas, consolidando la eficacia de las medidas implementadas.

En conclusión, las intervenciones realizadas no solo han sido esenciales para la conservación y restauración de hábitats naturales terrestres y marinos, sino que también han facilitado una ordenación sostenible del uso público, garantizando la protección a largo plazo de este valioso entorno natural.

Agradecimientos

Este trabajo está cofinanciado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) con el apoyo de la Societat d'Història Natural de les Balears. Este trabajo también contribuye al proyecto de investigación: "Emergencias crónicas y transformaciones ecosociales en áreas costeras turísticas (PID2022-137648OB-C21), financiado por MICIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por "FEDER Una manera de hacer Europa".

5. Referencias

Eco cartografías (2006 y 2007). [Consultadas entre diciembre de 2023 y mayo de 2024]. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/en/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias.html

GRAFCAN (2003, 2023). *Ecocartografías y cartografías temáticas de la isla de Lanzarote.* Gobierno de Canarias.

INURTEMA (2014). *Proyecto: Recuperación del Lago del Golfo (Clicos)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Dirección General de Costas. 16 pp.

Martín-Prieto, J. Á., Carreras, D., Pons, G. X. y Almaraz, D. (2018). *Evolución histórica de la línea de costa de playas de Menorca (Illes Balears): 1956-2015*. OBSAM-IME, Maó, 61 pp.

Martín-Prieto, J. A., Roig Munar, F. X., Rodríguez Perea, A., Mir Gual, M., Pons, G. X., & Gelabert Amengual, B. (2016). *La erosión histórica de la playa de sa Ràpita (S. Mallorca)*. Investigaciones Geográficas, 66: 135-154. https://doi.org/10.14198/INGEO2016.66.08

Ojeda, J. (2000). *Método para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuestas*. Boletín AGE, 30: 103-118.

USO DE QUEMAS PRESCRITAS PARA LA GESTIÓN FORESTAL: IMPACTO DEL FUEGO EN EL SUELO Y RECUPERACIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO EN ZONAS CON DIFERENTE USO PRE-QUEMA

MARCOS FRANCOS[1]

SEBASTIAN ALFARO-ZEPEDA[2]

LUIS OUTEIRO[3,4]

XAVIER ÚBEDA[5]

[1] *Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/ Cervantes, s/n, 37002 Salamanca (ES), mfq@usal.es, https://orcid.org/0000-0002-3311-5686*

[2] *Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, C/ Montalegre, 6, 08001 Barcelona (ES), sebastian.alfaro00@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-3786-0614*

[3] *Centro FONDAP de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL), Universidad Austral de Chile, 5090000 Valdivia, Chile. louteiro@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6536-2158*

[4] *Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 5090000 Valdivia, Chile.*

[5] *Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, C/ Montalegre, 6, 08001 Barcelona (ES), xubeda@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-0384-8563*

Abstract: Prescribed fire is an internationally widely used forest management tool. Few studies have analysed the influence of pre-fire land use on post-fire soil recovery. The aim of this study is to determine the impact of prescribed fire on soil chemical properties and evaluate the differences according to previous land use. The study area is located in Tivisa (southern Catalonia). The vegetation is mainly composed of *Pinus halepensis* Miller. and *Quercus ilex* L. and the soil type is classified as Lithic Calcixerepts. Both study areas are located 3 km apart and have similar and comparable conditions in terms of topography and fire intensity. Prescribed fire of both plots at low intensity was carried out in 2001. Five soil samplings were carried out: just before fire (BPF), after fire (APF), one year after fire (1YAPF), three years after fire (3YAPF) and 13 years after fire (13YAPF). In each sampling period, 30 samples (0-5 cm) were collected from an experimental plot of 72 m^2 (4x18 m). Soil properties analysed were: total carbon (TC), total nitrogen (TN), pH and electrical conductivity (EC). Significant changes were observed in the short and medium term on both plots but in the long-term the changes were minor remaining some of them. Despite these changes, prescribed burning proved to be a good tool for forest management. Changes in soil properties did not represent soil degradation and after 13 years there was no horizontal or vertical continuity of vegetal fuel.

Keywords: Soil chemical properties; Long-term post-fire; Wildfire risk; Forest management; Soil recovery; Fire ecology.

1. Introducción

El fuego prescrito se ha utilizado durante miles de años para gestionar el territorio, ahuyentar a los depredadores, crear espacio para el cultivo y fertilizar los suelos (Ryan et al., 2013). La quema prescrita (PF) es una de las herramientas forestales más utilizadas en los últimos años (Alcañiz et al., 2018). Los efectos del fuego sobre el suelo son muy diversos y dependen de múltiples factores como el tipo de suelo, la textura, las condiciones previas al incendio (por ejemplo, el contenido de humedad), el tipo y la estructura de la vegetación, la intensidad, las condiciones meteorológicas posteriores al incendio y la topografía (Francos y Úbeda, 2021). Uno de los factores más destacados es el uso del suelo previo al incendio, ya que la recuperación de las propiedades del suelo tras el fuego dependerá en parte de este uso (Pereira et al., 2018). El grado de impacto del fuego depende en gran medida del tipo y la cantidad de combustible vegetal previa al incendio y es más visible donde no hubo gestión y en zonas con grandes extensiones de plantaciones monoespecíficas. Estas zonas son propensas a tener una mayor degradación después del paso del fuego, permaneciendo los efectos incluso hasta el medio plazo y condicionando su recuperación. En otros casos en los que el aprovechamiento era un pastizal, no se registraron efectos negativos de la quema, pero sí cuando la recurrencia de aplicación de esta herramienta de gestión anual (Úbeda et al., 2005).

Por lo tanto, determinar la recuperación del suelo en función del uso anterior de la tierra es importante para establecer la PF como una herramienta recurrente en la gestión de la tierra, permitiendo aplicar quemas prescritas sistemáticas a lo largo del tiempo en función del uso de la tierra antes del incendio. Según nuestro conocimiento, el número de estudios que abordan el impacto de las quemas prescritas a largo plazo es muy escaso. El objetivo de este estudio es investigar los efectos de una quema prescrita sobre las propiedades químicas del suelo y las diferencias según el uso de suelo previo al paso del fuego.

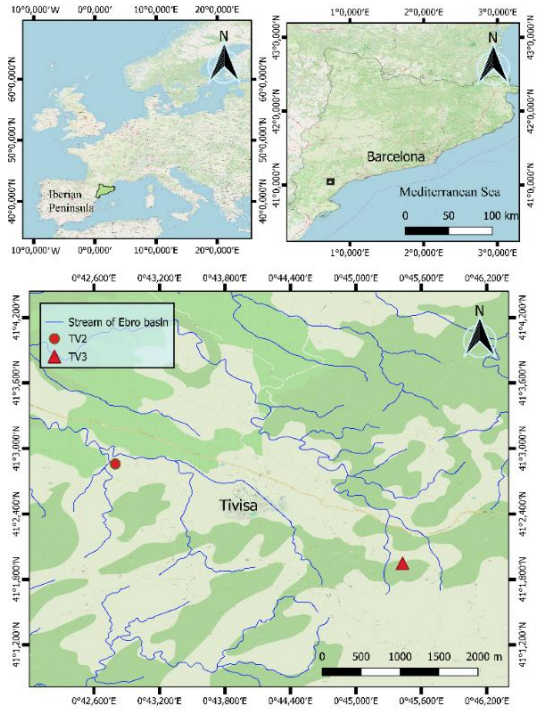
2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio

El área de estudio se localiza en la montaña de Tivisa en la provincia de Tarragona (NE de la Península Ibérica) (Figura 1) con una altitud entre 200 y 300 m.s.n.m. El suelo de esta área de estudio está clasificado como un Calcixerepts lítico, con una roca madre calcárea bajo un clima mediterráneo con una precipitación media anual de 581 mm y una temperatura media de 15,7 °C. El área seleccionada y denominada TV2, antes de la quema prescrita era una zona forestal y representa una sucesión primaria de la comunidad vegetal compuesta por *Pinus halepensis*, *Ulex parviflorum*, *Pistacea lentiscus*, *Erica arborea*, *Juniperus Oyxcedrus*, *Quercus coccifera* y *Lonicera implexa* cuando se llevó a cabo la quema prescrita y representa un área forestal natural sin perturbaciones humanas. La zona denominada TV3 era una terraza agrícola de *Prunus dulcis* hasta que fue abandonada. Se quemó durante la quema prescrita y representa una sucesión secundaria de vegetación tras una perturbación antropogénica (Guo y Gifford, 2002). Antes de ello la zona estaba ocupada por *Rubus ulmifolius*, *Rosmarinus officinalis*, *Ulex parviflorum* con una matriz de hierba. La zona TV3 representa una terraza abandonada gestionada por última vez 7 años antes de la quema. Las características topográficas son similares y la intensidad del fuego en ambos casos fue baja.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización de las zonas de estudio.



En cada una de las dos zonas de estableció una parcela experimental de 72 m^2 (18x4 m, con una cuadrícula con una separación de 2 m entre puntos de muestreo) donde se recogieron un total de 30 muestras de suelo (0-5 cm) siguiendo la metodología descrita por Alcañiz et al. (2016) y Francos et al. (2019). En cada zona se realizaron cinco campañas de muestreo: justo antes de la quema prescrita (BPF), después de la quema prescrita (APF), un año después de la quema prescrita (1YAPF), tres años después de la quema prescrita (3YAPF) y 13 años después de la quema prescrita (13YAPF).

Con respecto a los métodos de laboratorio, cada muestra se secó en el laboratorio a 25°C, y luego se tamizó para obtener la fracción <2mm. Los contenidos de nitrógeno total (TN) y carbono total (TC) se analizaron con un Flash EA Serie 112 (Thermo-Fisher Scientific, Milán). El pH y la conductividad eléctrica (EC) del suelo se analizaron previa extracción con agua desionizada (1:2,5). Los resultados se analizaron estadísticamente comprobando su normalidad y la igualdad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se aplicó la prueba post-hoc de Tukey para identificar diferencias a $p < 0,05$ para cada campaña de muestreo. Se utilizó un ANOVA unidireccional cuando los datos cumplían los criterios de distribución gaussiana e igualdad de varianzas. Para los datos que no cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para todos estos análisis se utilizaron SPSS 23.0 y MATLAB.

3. Resultados

El área forestal previa a la quema (TV2) (Tabla 1) registró valores significativamente menores de TC en BPF y APF que en 1YAF, 3YAF y 13YAF. Asimismo, en TC se registraron valores significativamente superiores en 1YAF y 3YAF que en BPF, APF y 13YAF. En cuanto al TN, se obtuvieron valores significativamente inferiores en 13YAF que en 1YAF. La zona de terrazas abandonadas previa a la quema (TV3) (Tabla 2) registró valores significativamente menores de TC en 3YAF y 13YAF que en los otros

muestreos, valores significativamente menores en 1YAF que en BPF y APF, y mayores en 1YAF que en 3YAF y 13YAF. Se obtuvieron valores significativamente más altos en BPF y APF que en los demás muestreos. En el caso del TN, se obtuvieron valores significativamente más bajos en BPF que en 13YAF.

El pH del suelo registró valores significativamente más bajos en 3YAF que en los demás muestreos, valores significativamente más altos en 13YAF que en 3YAF y más bajos que en BPF, APF y 1YAF. Los resultados mostraron valores significativamente más altos en BPF y 1YAF que en 3YAF y 13YAF y más bajos que en APF. Finalmente, el pH del suelo resultó significativamente mayor en APF que en los otros momentos de muestreo. En el caso de la EC, se obtuvieron valores significativamente menores en BPF que en los otros muestreos, valores significativamente menores en APF y 1YAF que en 3YAF y 13YAF y mayores en APF y 1YAF que en BPF. Por último, se obtuvieron valores significativamente más altos en 3YAF y 13YAF que en los demás muestreos. En cuanto al pH del suelo en TV3, se obtuvieron valores significativamente más bajos en 13YAF que en los otros muestreos, significativamente más bajos en BPF, APF y 3YAF que en 1YAF y significativamente más altos en BPF, APF y 3YAF que en 13YAF. Se obtuvieron valores significativamente más altos en 1YAF que en los demás muestreos. En cuanto a la EC, fue significativamente menor en 1YAF y 13YAF que en los otros muestreos, significativamente menor en 3YAF que en BPF y APF y mayor que en 1YAF y 13YAF. La EC del suelo resultó significativamente mayor en BPF y APF que en los demás muestreos.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las características químicas en TV2. Diferencias estadísticamente significativas a p<0.05 (*), p<0.01 (**) y p<0.001 (***). Las diferentes letras muestran los subgrupos estadísticos. N=30.

		Media	Desviación Estándar	p valor
Carbono Total (%)	BPF	8.24c	2.16	***
	APF	8.73c	1.76	
	1YAPF	16.70a	3.11	
	3YAPF	15.18a	3.30	
	13YAPF	13.35b	1.50	
Nitrógeno Total (%)	BPF	0.46ab	0.17	*
	APF	0.50ab	0.16	
	1YAPF	0.53a	0.15	
	3YAPF	0.52ab	0.13	
	13YAPF	0.42b	0.08	
pH	BPF	8.27b	0.18	***
	APF	8.43a	0.33	
	1YAPF	8.19b	0.12	
	3YAPF	7.73d	0.13	
	13YAPF	7.89c	0.15	
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	BPF	144.90c	42.12	***
	APF	191.00b	47.22	
	1YAPF	206.10b	35.19	
	3YAPF	260.52a	40.60	
	13YAPF	270.40a	73.94	

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las características químicas en TV3. Diferencias estadísticamente significativas a p<0.05 (*), p<0.01 (**) y p<0.001 (***). Las diferentes letras muestran los subgrupos estadísticos. N=30.

		Media	Desviación Estándar	p valor
Carbono Total (%)	BPF	17.64a	3.60	***
	APF	17.45a	3.58	
	1YAPF	14.71b	2.89	
	3YAPF	8.41c	1.77	
	13YAPF	9.01c	0.88	
Nitrógeno Total (%)	BPF	0.20b	0.06	*
	APF	0.21ab	0.08	
	1YAPF	0.21ab	0.07	
	3YAPF	0.21ab	0.06	
	13YAPF	0.25a	0.06	
pH	BPF	8.24b	0.11	***
	APF	8.27b	0.06	
	1YAPF	8.40a	0.08	
	3YAPF	8.23b	0.24	
	13YAPF	7.90c	0.11	
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	BPF	278.93a	47.64	***
	APF	288.83a	53.11	
	1YAPF	161.01c	23.84	
	3YAPF	206.05b	40.84	
	13YAPF	167.95c	47.29	

4. Conclusiones

Las quemas prescritas pueden tener efectos temporales sobre el suelo y la disponibilidad de nutrientes, pero si no se gestionan adecuadamente, pueden provocar pérdidas a largo plazo, afectando a la fertilidad y la salud del suelo. Es importante tener en cuenta estos aspectos en las prácticas de gestión para mantener un equilibrio adecuado de nutrientes.

Es necesario seguir estudiando los efectos del uso del suelo previo a la quema y desarrollar análisis de la vegetación existente para determinar los cambios en la diversidad y densidad de especies y analizar cómo estos cambios producen modificaciones en las propiedades del suelo. A partir de estas consideraciones se puede decidir aplicar de nuevo técnicas de gestión forestal para evitar la pérdida de nutrientes y la degradación del suelo o reducir la carga de combustible forestal. A medio/largo plazo la zona de estudio TV2 muestra recuperar mejor los valores de conductividad eléctrica y carbono total que la zona TV3. Los suelos forestales naturales tienden a experimentar cambios temporales con mayor potencial de recuperación, mientras que, en las zonas agrícolas, la vulnerabilidad a la pérdida de nutrientes aumenta debido a la alteración de la estructura del suelo y al menor contenido de materia orgánica a largo plazo. La planificación de las quemas prescritas debe considerar el uso del suelo previo a la quema para minimizar los impactos negativos sobre la fertilidad del suelo.

5. Referencias bibliográficas

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J., & Úbeda, X. (2016). Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). *Science of the Total Environment*, *572*, 1329-1335.

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., & Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment, 613*, 944-957.

Francos, M., Stefanuto, E. B., Úbeda, X., & Pereira, P. (2019). Long-term impact of prescribed fire on soil chemical properties in a wildland-urban interface. Northeastern Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment, 689,* 305-311.

Francos, M., & Úbeda, X. (2021). Prescribed fire management. *Current Opinion in Environmental Science & Health, 21,* 100250.

Guo, L. B., & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global change biology, 8*(4), 345-360.

Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Ubeda, X., & Bogunovic, I. (2018). Post-fire soil management. *Current Opinion in Environmental Science & Health, 5*, 26-32.

Ryan, K. C., Knapp, E. E., & Varner, J. M. (2013). Prescribed fire in North American forests and woodlands: history, current practice, and challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment, 11*(s1), e15-e24.

Úbeda, X., Lorca, M., Outeiro, L. R., Bernia, S., & Castellnou, M. (2005). Effects of prescribed fire on soil quality in Mediterranean grassland (Prades Mountains, north-east Spain). *International Journal of Wildland Fire, 14*(4), 379-384.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA FIGURA DE PROTECCIÓN "PARQUE NATURAL" EN LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO: CASO DE ESTUDIO ARRIBES DEL DUERO Y LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (SALAMANCA)

R. FUENTES-HERNÁNDEZ[1]

M. FRANCOS[1]

C. SÁNCHEZ-GARCÍA[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/ Cervantes s/n, rubenfh17@usal.es, mfq@usal.es, (MF: 0000-0002-3311-5686)*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Francisco Tomas y Valiente 1, Madrid 28049, carlos.sanchezg@uam.es, código ORCID: 0000-0001-6256-1127*

Abstract: This research analyses the influence of the legal designation "Natural Park" on land use and land cover changes (LULCc) from 1990 to 2018 in the province of Salamanca (Spain), comparing two Natural Parks, Arribes del Duero and Batuecas-Sierra de Francia, with adjacent unprotected areas. Using multitemporal CORINE Land Cover data and a GIS-based methodology, the study reconstructs spatial dynamics of land use to evaluate the impact of protection status. The aim is to quantify the effectiveness of the legal protection in moderating land transformations and preventing landscape degradation. The results highlight clear contrasts between protected zones (Zones 1 and 3) and unprotected ones (Zones 2 and 4), especially in forest preservation and the containment of artificial land expansion. Findings suggest that legal protection figures such as Natural Parks can mitigate land degradation processes and support environmental conservation, but their impact is context-dependent and influenced by local socioeconomic variables such as depopulation, traditional activities, and rural tourism. This study contributes to the assessment of environmental planning tools and their real effectiveness in Mediterranean agroecosystems.

Keywords: Protected areas; Land use change; Natural Park; Mediterranean landscapes; CORINE Land Cover.

1. Introducción

Los cambios en el uso y coberturas de suelo (Land Use and Land Cover change, LULCc) representan una de las primeras manifestaciones del impacto humano sobre los ecosistemas terrestres. Estas transformaciones, impulsadas por factores socioeconómicos, demográficos y ambientales, afectan tanto a la estructura del paisaje como a su funcionalidad ecológica. Los LULCc van variando a lo largo del tiempo dependiendo de diversos factores socioeconómicos: el abandono rural, el descenso y el envejecimiento de la población; y ambientales: como la disponibilidad del agua y las condiciones climáticas, ambos factores han sido causas y consecuencias de las variaciones en los cambios de uso del suelo (Nadal-Romero *et al.*, 2023). En este marco, las figuras legales de protección ambiental como los Parques Naturales se plantean como instrumentos para conservar el paisaje, reducir la artificialización y mantener la biodiversidad. Evaluar su eficacia es importante para entender hasta qué punto las políticas territoriales logran frenar los procesos de transformación (Álvarez, 2021).

Este trabajo analiza la influencia de la figura legal "Parque Natural" en la evolución de los usos del suelo en dos espacios protegidos de la provincia de Salamanca (España): el Parque Natural Arribes del Duero y el Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia. A través del análisis multitemporal con SIG y datos del programa europeo CORINE Land Cover, se comparan las dinámicas espaciales de estos dos parques con sus respectivas zonas contiguas sin protección.

El objetivo principal es identificar si la protección legal influye efectivamente en la contención del cambio de uso del suelo y en la conservación del paisaje. La hipótesis de partida sugiere que las áreas protegidas presentan una menor transformación de sus coberturas debido a las restricciones impuestas y al menor dinamismo socioeconómico.

2. Materiales y métodos

Se utilizó información del programa europeo CORINE Land Cover para los años 1990, 2000, 2006, 2012 y 2018. A partir de estos datos se generaron mapas de cambio para cada intervalo sexenal. Se reclasificaron las clases CORINE en ocho categorías adaptadas al contexto local (Francos et al., 2024). El análisis espacial se llevó a cabo mediante ArcGIS Pro, utilizando técnicas de análisis de cambio neto y comparación entre zonas protegidas y contiguas.

La metodología fue complementada con fuentes documentales sobre los planes de gestión de ambos parques, en concreto el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) de Arribes del Duero (Decreto 105/2002, de 26 de septiembre) y el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) del Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia (Decreto 141/1998, de 16 de julio). Así mismo, se consultó bibliografía relacionada con estudios de cambio de usos de suelo en entornos rurales protegidos, tanto a escala nacional como internacional (Jiménez & Diéguez, 1995; Verburg et al., 2011), que aportan marcos metodológicos útiles para contextualizar y contrastar los resultados obtenidos en el estudio.

2.1. El caso de estudio

Se han seleccionado dos áreas de la provincia de Salamanca que cuentan con la figura legal de Parque Natural. Por un lado, el Parque Natural Arribes del Duero (Zona 1), situado en el noroeste provincial, destaca por su singularidad geomorfológica, ecológica y cultural. De las más de 100.000

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

hectáreas que ocupa en total, aproximadamente 86.800 hectáreas corresponden al territorio salmantino. El parque en la provincia de Salamanca se extiende a lo largo de un relieve abrupto con encajamientos fluviales del río Duero y sus afluentes, cómo el Águeda, que generan cortados graníticos conocidos localmente como "arribes". Estos paisajes tienen un gran valor visual al ser esculpidos por la acción fluvial a lo largo de la historia.

El relieve del parque se caracteriza por la presencia de cañones fluviales encajados que alcanzan desniveles de más de 400 metros, especialmente a lo largo del cauce del Duero y de afluentes como el Huebra, Uces o Águeda. Esta topografía tan abrupta da lugar a un clima local singular, con zonas protegidas del viento, gran insolación y escasa helada, lo que ha permitido el desarrollo histórico de cultivos mediterráneos en terrazas, como la vid, el olivo, el almendro o los frutales.

Para establecer una comparación entre la evolución del uso del suelo dentro del espacio protegido de Arribes del Duero y una zona sin figura de protección, se ha delimitado una "Zona 2" que es una zona contigua adyacente al límite meridional del parque, dentro de la provincia de Salamanca. Esta franja ha sido seleccionada por su proximidad territorial, continuidad ecológica y características biofísicas similares.

Al norte, la zona queda limitada por la frontera sur del Parque Natural Arribes del Duero (Zona 1); al oeste, por la frontera hispanoportuguesa, donde predomina el paisaje de penillanura agrícola y forestal; al sur, el límite lo marca la autovía A-62, infraestructura principal que separa esta franja del resto del territorio provincial; y al este, el área queda acotada por el río Águeda, cuenca fluvial secundaria de relevancia que actúa como barrera natural y administrativa.

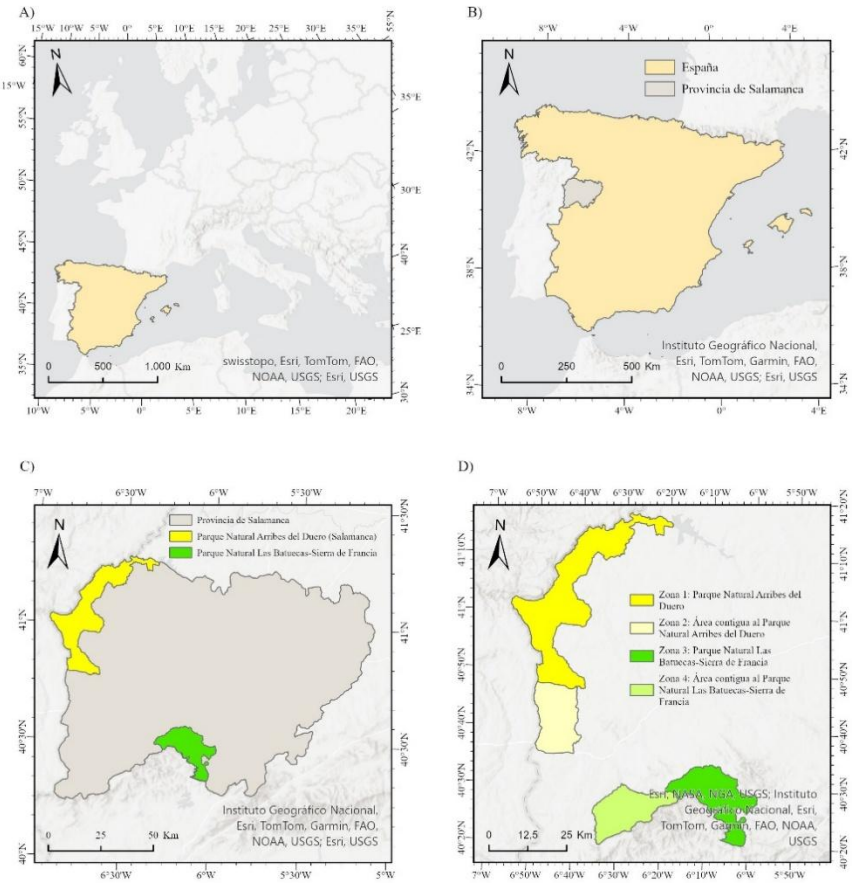
El relieve combina tramos de penillanuras suaves y onduladas con elevaciones graníticas que superan los 900 metros, alternando con pequeños valles modelados por la red hidrográfica secundaria. La altitud media es inferior a la del Parque Natural, lo que influye en la distribución de coberturas como matorral mediterráneo, cultivos de secano y mosaicos de pastizales y robledales.

Por otro lado, la segunda área protegida pertenece al Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia (Zona 3), situado al sur de la provincia de Salamanca, lindando con las Hurdes cacereñas. Consta de una superficie de 32.300 ha, ampliadas hasta las 44.800 ha si se incluye la Zona de Influencia Socioeconómica (ZIS). Este territorio montañoso forma parte del Sistema Central, destaca por su abrupto relieve y puede alcanzar altitudes superiores a los 1700 metros en el Pico de la Hastiala. El Parque se encuentra en la divisoria de dos cuencas hidrográficas: los ríos Alagón, Francia y Batuecas vierten sus aguas al río Tajo, por otro lado, el Agadón vierte al río Duero. Esta configuración hidrológica, unida a las diferencias altitudinales y la orientación de las laderas, genera una notable diversidad microclimática y ecosistémica.

La "Zona 4" es una zona contigua al Parque Natural de las Batuecas-Sierra de Francia (Zona 3), situada al oeste del espacio protegido. Esta franja comparte características ecológicas y topográficas similares, pero sin una figura legal de conservación ambiental, lo que la convierte en un entorno de referencia para evaluar los efectos de la protección sobre las dinámicas territoriales.

La delimitación de esta área viene definida por criterios hidrográficos y administrativos: al este, la frontera del Parque Natural, concretamente en la zona próxima al municipio de Monsagro; al norte, el curso del río Badillo hasta su desembocadura en el embalse del Águeda; al oeste, el río Águeda, que actúa como corredor y límite natural entre comarcas; al sur, la frontera con Extremadura, coincidiendo con el límite provincial sur de Salamanca (Figura 1).

Figura 1. Localización geográfica y delimitación de las zonas de estudio.



Fuente: elaboración propia a partir de CORINE Land Cover, Instituto Geográfico Nacional.

3. Resultados

Los resultados muestran diferencias notables entre zonas protegidas y contiguas. En el Parque Natural Arribes del Duero (Zona 1), se incrementaron significativamente las superficies forestales (bosque de coníferas: +7,60 %; frondosas: +4,78 %) y disminuyeron las dehesas, pastos y matorral (Dpm: -9,23 %), reflejando un proceso de sucesión forestal ligado al abandono agrario. En contraste, la zona contigua (Zona 2) experimentó una pérdida de bosque de frondosas (-13,04 %) y un fuerte aumento del Dpm (+19,51 %), lo que sugiere una transformación extensiva sin planificación. En Las Batuecas-Sierra de Francia (Zona 3), el bosque de frondosas creció notablemente (+15,22 %), mientras la vegetación esclerófila retrocedió (-12,05 %). Por el contrario, en su área contigua (Zona 4), se redujo la superficie de coníferas (-8,67 %) y de Dpm (-10,54 %), con un aumento de tierras cultivables y de vegetación esclerófila. Las Tablas 1-4 resumen estas transformaciones.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Evolución de LULCc entre 1990-2018 en la Zona 1: Parque Natural Arribes del Duero. Los valores en "%" indican proporción respecto al área total de la zona.

LULCc	1990 área (ha)	%	2018 área (ha)	%	variación (%) 1990-2018
A	644,22	0,94	587,64	0,86	-0,08
Bc	2.037,14	2,97	7.251,87	10,57	7,60
Bf	31.048,96	45,24	34.326,67	50,01	4,78
Dpm	19.566,11	28,51	13.232,70	19,28	-9,23
Sa	21,76	0,03	426,58	0,62	0,59
Tcs	3.277,71	4,78	4.801,21	7,00	2,22
Tr	3.177,59	4,63	1.706,32	2,49	-2,14
Ve	8.862,43	12,91	6.302,94	9,18	-3,73
TOTAL	68.635,93	100,00	68.635,93	100,00	

Tabla 2. Evolución de LULCc entre 1990-2018 en la Zona 2: Área contigua al Parque Natural Arribes del Duero. Los valores en "%" indican proporción respecto al área total de la zona.

LULCc	1990 área (ha)	%	2018 área (ha)	%	variación (%) 1990-2018
A	0,00	0,00	49,75	0,18	0,18
Bc	3.766,29	13,66	2.310,35	8,38	-5,28
Bf	13.716,58	49,75	10.122,00	36,71	-13,04
Dpm	2.712,87	9,84	8.091,46	29,35	19,51
Sa	27,31	0,10	137,66	0,50	0,40
Tcs	4.646,51	16,85	4.900,89	17,77	0,92
Tr	279,82	1,01	0,00	0,00	-1,01
Ve	2.423,70	8,79	1.960,95	7,11	-1,68
TOTAL	27.573,07	100,00	27.573,07	100,00	

Tabla 3. Evolución de los LULCc entre 1990-2018 en la Zona 3: Parque Natural Las Batuecas-Sierra de Francia. Los valores en "%" indican proporción respecto al área total de la zona.

LULCc	1990 área (ha)	%	2018 área (ha)	%	variación (%) 1990-2018
A	26,16	0,08	26,16	0,08	0,00
Bc	15.799,54	50,10	15.894,36	50,40	0,30
Bf	4.671,09	14,81	9.470,79	30,03	15,22
Dpm	2.532,81	8,03	980,86	3,11	-4,92
Sa	0,00	0,00	63,21	0,20	0,20
Tcs	140,59	0,45	255,02	0,81	0,36
Tr	50,13	0,16	330,22	1,05	0,89
Ve	8.313,37	26,36	4.513,06	14,31	-12,05
TOTAL	31.533,69	100,00	31.533,69	100,00	

Tabla 4. Evolución de los LULCc entre 1990-2018 en la Zona 4: Área contigua al Parque Natural Las Batuecas-Sierra de Francia. Los valores en "%" indican proporción respecto al área total de la zona.

LULCc	1990 área (ha)	%	2018 área (ha)	%	variación (%) 1990-2018
A	49,73	0,19	90,77	0,35	0,16
Bc	7.701,35	29,28	5.421,04	20,61	-8,67
Bf	8.981,39	34,14	11.377,34	43,25	9,11
Dpm	5.528,59	21,02	2.755,28	10,47	-10,54
Sa	0,00	0,00	85,79	0,33	0,33
Tcs	1.736,97	6,60	3.314,17	12,60	6,00
Tr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ve	2.305,81	8,77	3.259,46	12,39	3,63
TOTAL	26.303,84	100,00	26.303,84	100,00	

Fuente: elaboración propia a partir de CORINE Land Cover, ArcGIS, Instituto Geográfico Nacional.

Nota: A: Cuerpos de agua, Bc: Bosque de coníferas, Bf: Bosque de frondosas, Dpm: Dehesas, pastos y matorral, Sa: Suelos artificiales, Tcs: Tierras de cultivo de secano, Tr: Tierras de regadío, Ve: Vegetación esclerófila.

4. Conclusiones

Como conclusiones preliminares, se puede asegurar que la figura de Parque Natural actúa como moderadora del cambio de uso del suelo, aunque con variaciones según el parque y la cobertura. En zonas protegidas como Las Batuecas-Sierra de Francia (Zona 3) se incrementó notablemente el bosque de frondosas (+15,22 %), mientras que la vegetación esclerófila descendió (-12,05 %). En Arribes del Duero (Zona 1) se consolidó el aumento de superficies forestales (+7,60 % Bc y +4,78 % Bf), frente a la fuerte reducción de áreas agroganaderas (Dpm: -9,23 %). Por el contrario, las zonas no protegidas mostraron dinámicas más intensas y diversas, como el aumento del Dpm en la Zona 2 (+19,51 %) y la pérdida de bosque en la Zona 4. Estos contrastes confirman el papel amortiguador de la protección, aunque su eficacia depende de factores locales como la gestión forestal, el abandono rural o la presión turística. La comparación con zonas contiguas permite evaluar de forma más precisa la efectividad de estas figuras legales, aportando claves para diseñar políticas públicas más ajustadas a la realidad de los paisajes rurales mediterráneos.

5. Referencias bibliográficas

Nadal-Romero, E., Khorchani, M., Gaspar, L., Arnáez, J., Cammeraat, E., Navas, A., & Lasanta, T. (2023). How do land use and land cover changes after farmland abandonment affect soil properties and soil nutrients in Mediterranean mountain agroecosystems? *Catena*, 226, 107062.

Álvarez, J. F. (2021). Dinámica evolutiva de los usos y coberturas del suelo en la provincia de Salamanca. Análisis comparado y repercusiones en el paisaje rural de cuatro comarcas de estudio. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía,* (14), 259-274.

Francos, M., Sánchez-García, C., Fernández-Sangrador, L., Corvacho-Ganahin, O., & Nadal Romero, E. (2024). Past, present and future of land use and soil physicochemical properties in the Province of Salamanca (Spain). *Catena*, 246, 108416.

Jiménez, M. I. M., & Diéguez, V. C. (1995). Los Arribes. En V.C. Diéguez (Ed.), *Salamanca y sus comarcas* (pp. 113-128). Editorial Mediterráneo.

Verburg, P. H., Neumann, K., & Nol, L. (2011). Challenges in using land use and land cover data for global change studies. *Global change biology*, *17*(2), 974-989.

REDEFINIENDO LOS LÍMITES ESPACIALES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PARA MEJORAR LA CARTOGRAFÍA DE USO DEL SUELO EN EUROPA

V. ANTHONY GABOUREL LANDAVERDE[1]

JESÚS BARRENA GONZÁLEZ[1],

JUDIT RUBIO DELGADO[1]

J. FRANCISCO LAVADO CONTADOR[1]

SUSANNE SCHNABEL[1]

[1]Instituto Universitario de Investigación para el Desarrollo Territorial Sostenible, Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Extremadura, Avda. de las Letras s/n, 10004, Cáceres,

gabourel@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-5212-7551,

jesusbarrena@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-0876-4465,

juditrd@unex.es, https://orcid.org/0000-0001-9791-1035,

frlavado@unex.es, https://orcid.org/0000-0001-5736-1753,

schnabel@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-8065-8878

Abstract: Agroforestry systems are those that combine the presence of trees, shrubs, crops, and/ or livestock on the same land, with the aim of providing social, economic, and environmental benefits, improving agricultural resilience, and addressing problems associated with climate change in Europe. Accurate mapping of these systems is crucial; however, existing products often fail to capture their complexity. This study identifies the extent and spatial distribution of agroforestry systems in the European Union, the United Kingdom, and Switzerland, using Europe-wide data on land cover, tree density, and small woody features. The methodology consists of four steps: (1) selection of agricultural areas (temporary crops, permanent crops, grasslands, and heterogeneous classes); (2) estimation of tree cover density; (3) extraction of small woody features; (4) definition of common agroforestry systems and agroforestry systems associated with small woody features. The results showed that common agroforestry systems represented 8.3% of the usable agricultural area (UAA) in the studied region, with a greater presence in the Mediterranean (48%) and Continental (26%) bioregions, especially in Spain, Italy, and Portugal. Agroforestry systems associated with small woody features covered an additional 25% of the UAA, mainly in the Continental (38%) and Atlantic (30%) bioregions, particularly in France, Germany, Poland, and the United Kingdom. These findings highlight the importance of agroforestry systems in European agriculture. This research, using existing data, provides more accurate spatial information, improving current maps that do not reflect the diversity of these systems. By redefining the spatial boundaries of agroforestry systems, an updated and useful cartography is provided for landscape planning, environmental protection, greenhouse gases inventories, and agricultural policymaking.

Keywords: land use modelling, agroforestry systems, small woody features, European agriculture.

1. Introducción

Los sistemas agroforestales son aquellos que combinan árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas y/o producción ganadera en la misma tierra, ofreciendo múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos (Mosquera-Losada et al., 2009; USDA, 2025). Frente al cambio climático, se han consolidado como una estrategia prometedora para mejorar la resiliencia ambiental y potenciar la sostenibilidad agrícola (Plieninger et al., 2020). Estos sistemas proporcionan valiosos servicios ecosistémicos, como la mejora de la biodiversidad, la salud del suelo, la gestión del agua y la mitigación del cambio climático, beneficiando tanto a las explotaciones como a los paisajes (Beillouin et al., 2021). La interacción, la complejidad estructural, la riqueza de especies, la intensidad de la gestión y la escala espacial son cruciales para la calidad y extensión de estos servicios.

El alto valor ecológico y social de los sistemas agroforestales ha sido reconocido por la Unión Europea (UE) desde 2005 y respaldado por la Política Agraria Común (PAC) a través de sus reformas. En el período actual (2021-2027), los Estados miembros de la UE deben incluir una serie de intervenciones en sus planes estratégicos, entre las que se señalan los sistemas agroforestales, para cumplir los objetivos de la PAC. Además, el establecimiento de estos sistemas se alinea con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Iniciativas como el Pacto Verde Europeo, la Estrategia "De la Granja a la Mesa" y la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 promueven la adopción de sistemas agroforestales por su potencial para generar beneficios para la biodiversidad, las personas y el clima (Mosquera-Losada et al., 2023).

En este sentido, la cartografía es fundamental para el establecimiento y gestión efectivas de los sistemas agroforestales y la evaluación de sus servicios ecosistémicos. Sus aplicaciones incluyen la delimitación de la extensión espacial, la identificación de áreas adecuadas para su introducción, la conservación de la biodiversidad, la realización de inventarios de gases de efecto invernadero, la prevención de incendios forestales y la evaluación de servicios ecosistémicos. La representación espacial es clave para identificar y analizar patrones de variables ambientales y socioeconómicas, así como para localizar áreas críticas que permitan priorizar intervenciones de gestión. Estudios previos han cuantificado la extensión de estos sistemas en Europa utilizando bases de datos como la Encuesta sobre el Uso y la Ocupación del Suelo (LUCAS, por sus siglas en inglés) en la UE (den Herder et al., 2017; Rubio-Delgado et al., 2023), que también ha permitido estimar la distribución de sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (Rubio-Delgado et al., 2024), considerados un tipo de sistema que ofrece servicios ecosistémicos adicionales.

El objetivo principal de este trabajo consiste en identificar la distribución espacial de los sistemas agroforestales en los 27 Estados Miembros de la Unión Europea (UE-27), el Reino Unido y Suiza. Para lograrlo, se empleó un enfoque espacial que involucró la utilización de conjuntos de datos disponibles a escala europea, como mapas de cobertura del suelo, densidad de árboles y características leñosas pequeñas. Este análisis detallado permitió una comprensión más precisa de la distribución y extensión de los sistemas agroforestales en la región estudiada.

2. Materiales, datos y métodos

Para identificar los sistemas agroforestales en la UE-27, el Reino Unido y Suiza, se utilizó una metodología espacial de cuatro pasos: 1) selección de áreas agrícolas, 2) estimación de la fracción de cabida cubierta en estas áreas, 3) extracción de elementos leñosos, e 4) identificación final de sistemas agroforestales. Se distinguieron dos tipologías generales de sistemas agroforestales, sistemas

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

agroforestales comunes (AFc), que incluyen sistemas silvopastoriles, silvoarables, combinaciones de cultivos anuales y temporales, entre otros; y sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (AFel), como cortavientos, setos o vegetación ribereña en zonas agrícolas.

La base cartográfica principal fue el mapa de cobertura del suelo LUISA (por sus siglas en inglés) de 2018 (Batista & Pigaiani, 2021), una versión mejorada del mapa CORINE con mayor resolución y 17 categorías de uso/cubierta. Este mapa permitió estimar la superficie agrícola total y seleccionar las áreas de interés para el análisis posterior. Se incluyeron cultivos temporales y permanentes, pastizales y zonas agrícolas heterogéneas. Dentro de estas últimas, las clases "cultivos anuales asociados con cultivos permanentes" y "sistemas agroforestales", se clasificaron directamente como sistemas agroforestales. No obstante, la clase “sistemas agroforestales” de LUISA se centra mayoritariamente sistemas agrosilvopastoriles del suroeste de la península ibérica, conocidos como dehesas en España o *montados* en Portugal.

Para una caracterización más exhaustiva de los sistemas agroforestales a escala europea, se emplearon las capas de alta resolución del Servicio de Vigilancia Terrestre de Copernicus, como los mapas de fracción de cabida cubierta (FCC) y de pequeños elementos arbóreos de 2018 (Copernicus Land Monitoring Service, 2023). Se consideraron agroforestales las áreas agrícolas con más del 1% de FCC, subdividiéndolas además en grupos de 1-10% y 10-100% de FCC. Asimismo, se analizaron por separado las áreas agrícolas con más del 1% de pequeños elementos arbóreos (como setos y cortavientos), reconociéndolos como sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (AFel) debido a los servicios ecosistémicos adicionales que proporcionan (Mosquera-Losada et al., 2009).

3. Resultados

Los sistemas agroforestales comunes (AFc) abarcaron una superficie total de 148.616 km^2 en la UE-27, Reino Unido y Suiza (Tabla 1), lo que equivale al 8,3% de la superficie agraria útil (SAU). Su distribución espacial (Fig. 1) se concentra principalmente en la región biogeográfica Mediterránea (48,2% del total), seguida por la Continental (25,7%) y la Atlántica (8,4%). Esta prominencia en el Mediterráneo se debe a su arraigada tradición de integrar árboles con cultivos y ganado, en contraste con las otras dos regiones, donde predominan prácticas agrícolas más intensivas. En contraste, las regiones Panónica (2,4%), del Mar Negro (0,2%) y Estépica (0,1%) presentan proporciones más bajas, probablemente debido a sus condiciones climáticas menos favorables y a su menor superficie y representatividad. Finalmente, las regiones Boreal (8,4%) y Alpina (6,6%) muestran una menor presencia de AFc, focalizada en países como Suecia y Finlandia en la primera, y extendiéndose por las diversas cadenas montañosas europeas en la segunda.

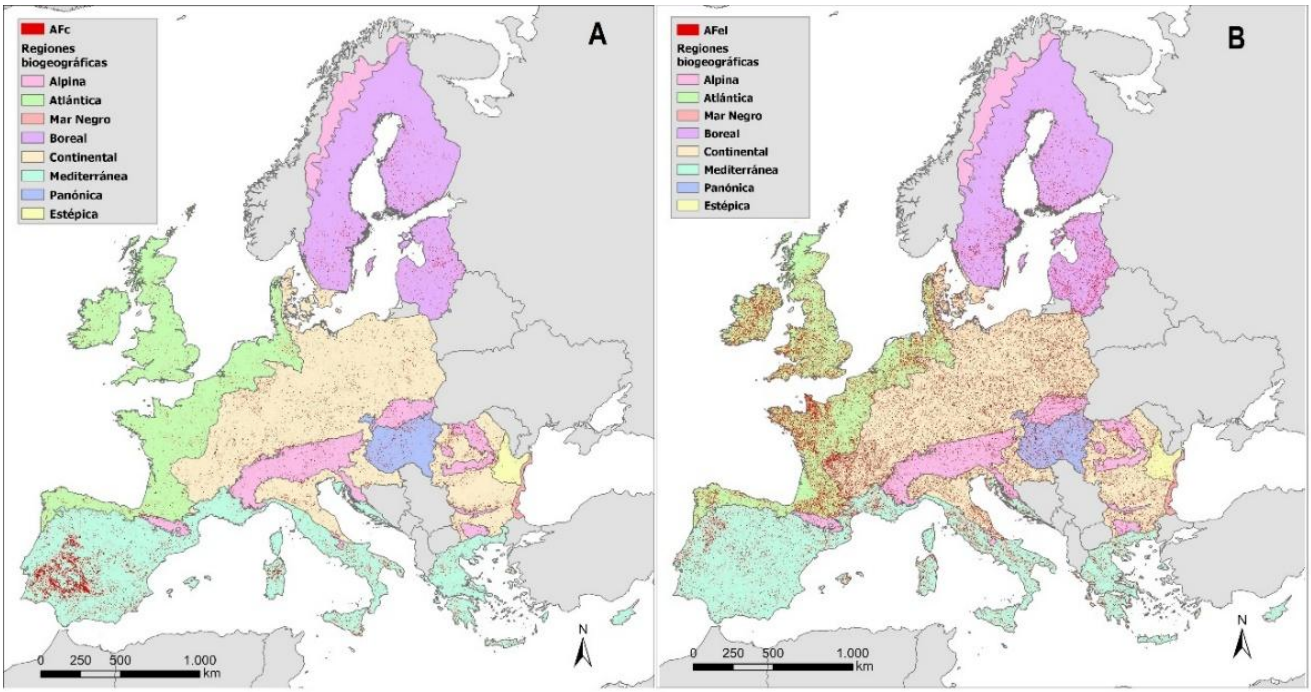
Tabla 1. Superficie estimada para sistemas agroforestales comunes (AFc) y sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (AFel) en las regiones biogeográficas de Europa.

REGIÓN BIOGEOGRÁFICA	ÁREA AFc (KM²)	ÁREA AFc (%)	ÁREA AFel (KM²)	ÁREA AFel (%)
Alpina	9.852	6,6	20.141	4,4
Atlántica	12.489	8,4	139.213	30,2
Mar Negro	268	0,2	674	0,1
Boreal	12.369	8,3	35.132	7,6
Continental	38.262	25,7	173.770	37,7
Mediterránea	71.616	48,2	77.399	16,8
Panónica	3.596	2,4	13.229	2,9
Stépica	163	0,1	1.296	0,3
Total	148.616	100,0	460.854	100,0

En cuanto a los sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (AFel), estos reportaron un área total de 460.854 km^2 (Tabla 1), lo que representa un 25% de la SAU. En cuanto su distribución espacial (Figura 1), más del 60% del área identificada se concentró en las regiones Continental y Atlántica, especialmente en Francia e Irlanda. Esto se debe a sus condiciones climáticas favorables, con lluvias y temperaturas moderadas que propician el crecimiento de setos y cortavientos. Este tipo de sistemas son cruciales para la conectividad del paisaje, la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, como la estabilización del suelo y la regulación del microclima (Rubio-Delgado et al., 2024). La región Mediterránea también reportó una proporción significativa de este tipo de sistemas (16,8%), seguida por la Boreal (7,6%) y la Alpina (4,4%). Por otro lado, estos fueron considerablemente menos comunes en las regiones Panónica, Estépica y del Mar Negro, donde representaron el 3,3% del total de la superficie identificada.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Distribución espacial de: A) sistemas agroforestales comunes (AFc) y B) sistemas agroforestales asociados a elementos leñosos (AFel) en las regiones biogeográficas de Europa.



4. Conclusiones

Los sistemas agroforestales desempeñan un papel fundamental en la agricultura europea, tanto por su extensión como por su contribución a la sostenibilidad ambiental y la resiliencia frente al cambio climático. Este estudio subraya la necesidad de redefinir sus límites espaciales para representar con mayor precisión su distribución y diversidad en el continente. Los resultados revelan que los sistemas agroforestales tradicionales ocupan el 8,3% de la superficie agraria útil (SAU), con una notable concentración en las regiones Mediterránea y Continental, mientras que los sistemas asociados a elementos leñosos abarcan un 25% adicional, predominando en las regiones Continental y Atlántica. Esta distribución pone de manifiesto la heterogeneidad y relevancia de estos sistemas en distintos contextos agroecológicos europeos.

Asimismo, el trabajo propone una metodología innovadora y replicable a escala continental, basada en la integración de datos de alta resolución sobre cobertura del suelo, densidad arbórea y presencia de elementos leñosos. Esta aproximación permite generar una cartografía más precisa y representativa, superando las limitaciones de los mapas actuales y ofreciendo una herramienta estratégica para la planificación territorial, el diseño de políticas agrarias más eficaces, la conservación ambiental y la mejora de los inventarios de gases de efecto invernadero. En conjunto, los hallazgos refuerzan el valor de los sistemas agroforestales como pilares fundamentales en la transición hacia una agricultura europea más sostenible, resiliente y multifuncional.

5. Referencias bibliográficas

Batista, F., & Pigaiani, C. (2021). *LUISA Base Map 2018 [dataset]*. European Commission, Joint Research Centre (JRC). https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/51858b51-8f27-4006-bf82-53eba35a142c

Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, *27*(19), 4697–4710. https://doi.org/10.1111/gcb.15747

Copernicus Land Monitoring Service. (2023). *High Resolution Layers*. https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R. M., Palma, J. H. N., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J. J., Crous-Duran, J., Paulo, J. A., Tomé, M., Pantera, A., Papanastasis, V. P., Mantzanas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T., & Burgess, P. J. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *241*, 121–132. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2017.03.005

Mosquera-Losada, M. R., McAdam, J. H., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes, J. J., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2009). Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe. In J. and M.-L. M. R. Rigueiro-Rodróguez Antonio and McAdam (Ed.), *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects* (pp. 3–19). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_1

Mosquera-Losada, M. R., Santos, M. G. S., Gonçalves, B., Ferreiro-Domínguez, N., Castro, M., Rigueiro-Rodríguez, A., González-Hernández, M. P., Fernández-Lorenzo, J. L., Romero-Franco, R., Aldrey-Vázquez, J. A., Sobrino, C. C., García-Berrios, J. J., & Santiago-Freijanes, J. J. (2023). Policy challenges for agroforestry implementation in Europe. *Frontiers in Forests and Global Change*, *6*. https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1127601

Plieninger, T., Muñoz-Rojas, J., Buck, L. E., & Scherr, S. J. (2020). *Agroforestry for sustainable landscape management*. *15*, 1255–1266. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00836-4

Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Burgess, P. J., & Burbi, S. (2023). *Reduced grazing and changes in the area of agroforestry in Europe*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1258697

Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., & Schmutz, U. (2024). Small woody features in agricultural areas: Agroforestry systems of overlooked significance in Europe. *Agricultural Systems*, *218*, 103973. https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2024.103973

USDA. (2025, 30 de marzo). *Agroforestry*. https://www.usda.gov/topics/forestry/agroforestry.

EFECTO DEL CULTIVO DE COBERTURA VEGETAL SOBRE LA CAPACIDAD DE SECUESTRO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN TRES PARCELAS AGRÍCOLAS DE ESPAÑA

JAVIER GONZÁLEZ PÉREZ[1,2]

JOSÉ ANTONIO SILLERO MEDINA[1,2]

PALOMA HUESO GONZÁLEZ[1,2]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ SINOGA[1,2]

[1] Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad den Málaga. jgperez@uma.es ORCID 0000-0001-8536-5129; jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; phueso@uma.es ORCID 0000-0002-2554-0041; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881.

[2] Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.

Abstract: Assessing soil health in agricultural areas is a critical task, particularly in the context of the climate crisis, where soil degradation is recognized as one of the most pressing threats to modern society. The increasing evidence of the adverse effects of climate change underscores the urgent need for effective land management strategies to ensure food security and align with the Sustainable Development Goals. Consequently, it is essential to promote sustainable and efficient adaptation practices that enhance soil resilience under changing environmental conditions. One such practice is the implementation of cover crops, which involves planting herbaceous species in the inter-row spaces between the main crop trees. Within this framework, the primary objective of this study is to evaluate the effects of applying a cover crop (Livingro®) in various agricultural plots across three distinct regions of Spain (Murcia, Zaragoza, and Valladolid). Specifically, this research examines the impact of this treatment on a key indicator of soil health and quality: soil organic carbon sequestration (SOC Stocks). To achieve this, soil samples were collected from the top 10 cm of soil at regular intervals over a three-year period (2022–2024). To assess the impact of the cover crop, a statistical analysis was conducted, comparing (i) a control area and (ii) a treated area. The results indicate that the application of the cover crop had varying effects across the study areas, with an increase in SOC Stocks observed in treated plots compared to the control plots. This effect was particularly pronounced in the plot located in Zaragoza.

Keywords: cover crops, soil carbon sequestration, climate change, sustainable agriculture.

1. Introducción

El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, especialmente en regiones de clima mediterráneo. La creciente variabilidad climática en estas zonas ha intensificado procesos como la degradación del suelo, la erosión y la disminución de la fertilidad, afectando gravemente la productividad agrícola (Kumar et al., 2022). En particular, la alteración de los regímenes de precipitación y el aumento de la frecuencia de eventos extremos, como sequías e inundaciones, comprometen la capacidad de los suelos para sostener cultivos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Muzammal et al., 2024; Shamshad et al., 2024). Ante este escenario, resulta imprescindible la implementación de prácticas de manejo sostenible que contribuyan a mitigar los impactos del cambio climático y a mejorar la resiliencia de los agroecosistemas. Una de las estrategias más prometedoras es el uso de cultivos de cobertura vegetal (Quintarelli et al., 2022).

Diversos estudios han evidenciado que la incorporación de cultivos de cobertura puede incrementar de manera significativa la calidad y funcionalidad del suelo a largo plazo (Rodríguez et al., 2022). Estas prácticas también han demostrado ser efectivas en la restauración del suelo y en la mitigación de los efectos derivados del cambio climático (Schön et al., 2024). Además, estas contribuyen de forma particular a mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua y promover el secuestro de carbono orgánico (Moukanni et al., 2022). Estos beneficios, a su vez, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecen la estabilidad de los ecosistemas agrícolas (Amin et al., 2025). Sin embargo, su adopción sigue siendo limitada, en parte debido al desconocimiento sobre su impacto bajo distintas condiciones edafoclimáticas. Por ello, resulta fundamental avanzar en la generación de conocimiento específico que permita evaluar su efectividad en diferentes escenarios agrícolas, optimizando así su implementación como herramienta para la sostenibilidad en regiones vulnerables al cambio climático.

Este estudio tiene como objetivo principal analizar el impacto de los cultivos de cobertura vegetal en parcelas agrícolas a través de la estimación del secuestro de carbono orgánico (SOC stocks), un indicador clave para evaluar el estado de salud y calidad del suelo. Específicamente, se pretende (i) determinar el SOC Stocks en tres parcelas agrícolas experimentales con diferentes condiciones edafoclimáticas; (ii) evaluar diferencias significativas entre zonas con tratamiento de cultivo de cobertura vegetales y zonas de control (sin tratamiento) en cada una de las parcelas seleccionadas.

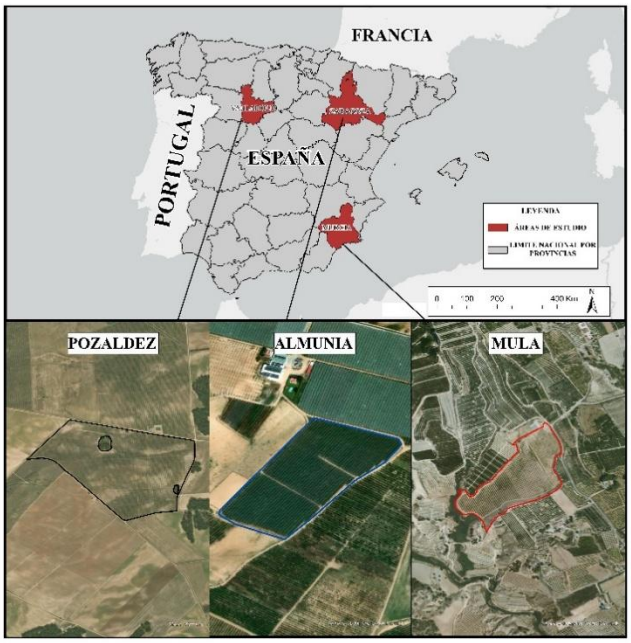
2. Materiales, datos y métodos

2.1. Áreas de estudio.

Esta investigación se ha llevado a cabo en tres parcelas agrícolas experimentales distribuidas por España (Figura 1), seleccionadas por sus características edafoclimáticas y su representatividad dentro de los sistemas agrícolas predominantes. Las parcelas con cultivos intensivos fueron los siguientes: (i) Pozaldez (Castilla y León): superficie de 36,31 ha; (ii) Almunia (Aragón): superficie de 4,6 ha; (iii) Mula (Región de Murcia): superficie de 7,21 ha. Así, sus principales características climáticas, edáficas y topográficas aparecen recogidas en la Tabla 1.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización de las parcelas experimentales.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Caracterización de las parcelas agrícolas seleccionadas.

PARCELAS	COORD.	ALTITUD (m s.n.m.)	SUELO	PENDIENTE	CLIMA	T (°C)	PP (mm)
Almunia (Zaragoza)	41°29'48.35"N 1°16'59.21"W	388,89	Franco-limoso	4,91 %	Mediterráneo Semiárido Frío (BsK)	15,54	405,65
Pozaldez (Valladolid)	41°21'47.0"N 4°47'58.8"W	740,20	Franco-arenoso	2,71 %	Mediterráneo Continental (Csa)	12,57	473,46
Mula (Murcia)	38°01'53.2"N 1°31'52.5"W	353,22	Limoso	11,88 %	Mediterráneo Semiárido Cálido (BSh)	17,69	287,04

Fuente: Elaboración propia. Leyenda: COORD.: coordenadas; T (ºC): Temperatura media anual y PP (mm): Precipitación media anual.

2.2. Diseño experimental

En cada una de estas parcelas, se establecieron dos zonas experimentales diferenciadas que han sido objetivo de estudio entre 2021 y 2024. Específicamente, se diferenció entre: Zona LivinGro®, donde se implantó una mezcla de especies herbáceas como cultivo de cobertura entre las hileras de árboles (con tratamiento); Zona de control, donde no hubo tratamiento ni se permitió el crecimiento espontáneo de vegetación. El tratamiento denominado como LivinGro® estuvo compuesto por una mezcla de semillas con las siguientes proporciones: *Chrysanthemum* spp. (3 %), *Coriandrum sativum*

L. (10 %), *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (5 %), *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (8 %), *Onobrychis viciaefolia* Scop. (22 %), *Salvia pratensis* L. (10 %), *Trifolium vesiculosum* Savi (4 %) y *Vicia sativa* L. (30 %). La siembra se realizó de forma manual a una dosis de 15 kg/ha, complementada con una sembradora eléctrica de distribución por aire. Previamente, el suelo fue acondicionado con una trituradora de martillos, y tras la siembra, las semillas fueron cubiertas con un rastrillo de púas para favorecer su establecimiento. En cada parcela experimental, las hileras tratadas fueron segadas y resembradas anualmente en otoño para garantizar la persistencia del cultivo de cobertura. En contraste, las hileras asignadas al control se mantuvieron sin vegetación mediante prácticas agrícolas convencionales, incluyendo la aplicación de herbicida residual al inicio de la temporada y el control mecánico periódico de malezas para evitar el crecimiento de vegetación espontánea.

2.3. Muestreo de suelo y análisis de propiedades edáficas

Se tomaron muestras de suelo en ambas zonas (calles entre árboles del cultivo principal y en las líneas de árboles) y en ambos tratamientos cada 2 meses, desde octubre de 2021 hasta octubre de 2024 (36 meses). En cada una de las 15 fechas de muestreo para cada parcela, se recolectaron 12 muestras de los 10 primeros centímetros del suelo, tanto alteradas (1 kg cada una) como inalteradas (cilindros de 100 cm^3). Concretamente, se recogieron 6 para la zona con tratamiento (3 en calles y 3 en líneas) y 6 para la zona de control (3 en calles y 3 en líneas). En total, se recogieron durante este proyecto un total de 432 muestras.

Tras su recogida, se analizaron en el laboratorio varios indicadores para realizar el cálculo de secuestro de carbono orgánico, entre ellos: (i) carbono orgánico del suelo, utilizando el método de oxidación de Walkley-Black con dicromato y titulación posterior; y (ii) densidad aparente, calculada a partir de la relación entre la masa de suelo seco (fase sólida y poros) y el volumen del suelo.

Para su representación y análisis de los datos, las 15 fechas de muestreo se agruparon en 6 períodos distintos definidos por estaciones húmedas (octubre–abril) y secas (mayo–septiembre): Estación 1: octubre 2021–abril 2022; Estación 2: mayo 2022–septiembre 2022; Estación 3: octubre 2022–abril 2023; Estación 4: mayo 2023–septiembre 2023; Estación 5: octubre 2023-abril 2024; Estación 6: mayo 2024-octubre 2024.

2.4. Cálculo del secuestro de carbono orgánico y análisis estadístico

Para el cálculo del secuestro de carbono del suelo se utilizó la siguiente formula (Ruiz Sinoga et al., 2012):

$$SOC\ (kg\ ha^{-1}) = (\%\ carbono\ orgánico\ del\ suelo\ /\ 100)\ \times\ masa\ del\ suelo\ (kg\ ha^{-1})$$

Donde:

$$masa\ del\ suelo\ (Kg\ ha^{-1}) = \text{profundidad (m)} * \text{densidad aparente (Mg m} - 3) * 10{,}000\ \text{m2 ha} - 1 * 1000\ \text{kg Mg} - 1$$

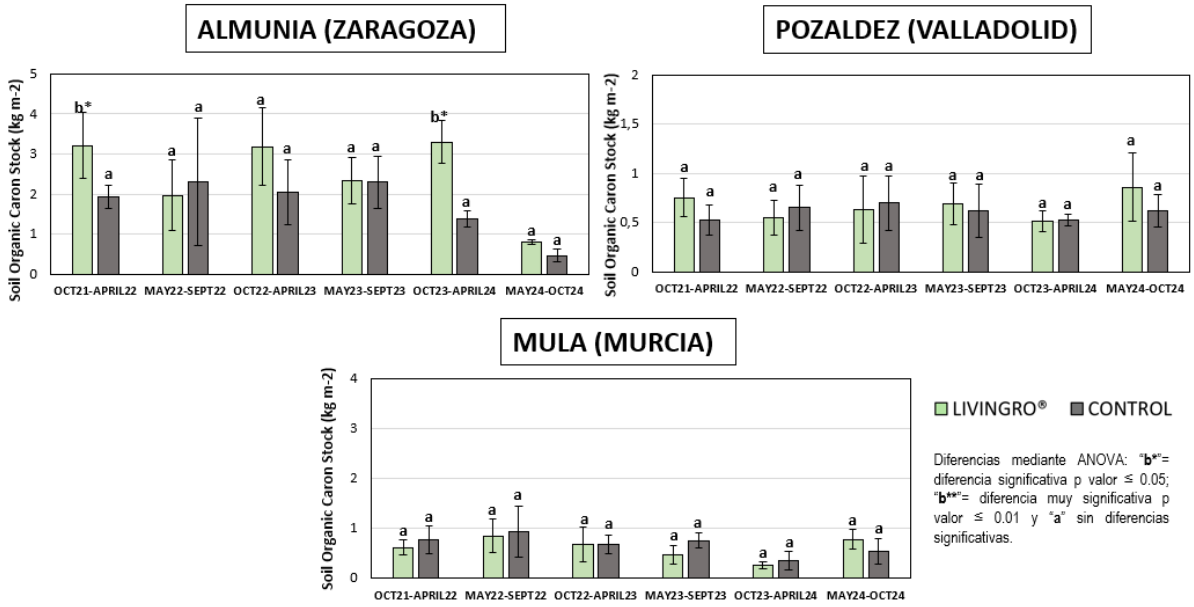
Por otra parte, se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA para comparar la significancia de las diferencias en el SOC stocks a partir de muestras independientes de los dos grupos, junto con la prueba de homogeneidad de Levene para evaluar la igualdad de varianzas. Con base a pruebas post hoc (prueba de Tukey o prueba de Games-Howell), se consideró significativo un valor de $p \leq 0{,}05$ y

altamente significativo un valor de $p \leq 0,01$. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete de software IBM SPSS Statistics versión 28.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU., 2017).

3. Resultados y discusión

La Figura 2 muestra las diferencias existentes en el contenido de SOC stocks entre las parcelas de estudio seleccionadas, diferenciando entre Zona LivinGro® y Zona de control. Además, recoge la dinámica temporal para un total de seis estaciones entre los años 2021 y 2024, lo que permite evaluar su efecto en el suelo durante la aplicación del tratamiento. En primer lugar, Almunia refleja que el tratamiento con cobertura vegetal tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo (b*) con respecto a la zona de control, concretamente en los periodos OCT21-ABRIL22 (3,21 ± 0,82 kg m^{-2}vs 1,94 ± 0,29 kg m^{-2}), OCT22-ABRIL23 (3,18 ± 0,97 kg m^{-2}vs 2,05 ± 0,80 kg m^{-2}) y OCT23-ABRIL24 (3,30 ± 0,52 kg m^{-2} vs 1,38 ± 0,21 kg m^{-2}), correspondientes a los periodos que abarcan los meses octubre/abril. Esta variabilidad estacional en el secuestro de carbono orgánico en el suelo coincide con la tendencia identificada por Peng et al. (2023), que habla de mejoras sustanciales en este indicador edáfico en periodos y condiciones húmedas. En Pozaldez no se detectaron diferencias significativas en ninguna de las estaciones (a), lo que sugiere que el tratamiento no ha tenido un impacto notable en los stocks de SOC durante el periodo de estudio, probablemente debido a limitaciones ambientales o edáficas. Sin embargo, se observan ligeros incrementos en las zonas con tratamiento con respecto al control en OCT21-ABRIL22 (0,75 ± 0,19 kg m^{-2} vs 0,52± 0,15 kg m^{-2}), MAY23-SEPT23 (0,69 ± 0,21 kg m^{-2} vs 0,61 ± 0,26 kg m^{-2}) y MAY24-OCT24 (0,86 ± 0,34 kg m^{-2}vs 0,62 ± 0,16 kg m^{-2}), lo que señala una tendencia positiva de la aplicación del tratamiento y que podría ser más acusada a más largo plazo. Por último, en el caso de Mula, no se destacaron diferencias significativas entre tratamientos en ningún periodo. Esto podría atribuirse al escaso desarrollo de biomasa del cultivo de cobertura debido a las condiciones climáticas limitantes de esta área, especialmente la temperatura, las precipitaciones y las propias condiciones edáficas como la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Van Eerd, 2018; Peng et al., 2023). Con respecto a esto último, se observa como al final del periodo de estudio (MAY24-OCT24: 0,78 ± 0,21 kg m^{-2} vs 0,53 ± 0,25 kg m^{-2}) se origina el primer incremento en las zonas LivinGro® con respecto a control, lo cual denota un posible tiempo de implementación insuficiente para inducir cambios visibles en estas condiciones específicas. Además, posiblemente el cambio de tendencia pueda estar motivado por la mayor aparición de precipitaciones con respecto al periodo previo.

Figura 2. Evolución del Secuestro de Carbono Orgánico (SOC stocks) en las tres parcelas experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

La implementación de cobertura vegetal (LivinGro®) entre las calles de los diferentes cultivos y parcelas mostraron evoluciones contrastadas para el SOC stocks. Por un lado, se incrementó de manera significativa en Almunia, parcela cultivada con nectarinas y con unas condiciones climáticas templadas y relativamente más húmedas durante ciertos periodos del año que el resto de parcelas de estudio. Por otro lado, en Pozaldez y Mula, no se observaron efectos significativos del tratamiento con respecto al control, esto podría ser causado en gran medida por sus condiciones climáticas y edáficas, que podrían haber dificultado el desarrollo de la biomasa de los cultivos de cobertura. Sin embargo, también se identifican disparidades entre ambas parcelas. En Pozaldez se ha observado una ligera mejora en los SOC stocks a lo largo del periodo analizado. No obstante, ciertos periodos se vieron puntualmente afectados por condiciones de estrés debido a sequías prolongadas. Así, el mayor contraste entre el tratamiento de control y LivinGro® se registró en el último periodo estudiado, con un claro cambio de tendencia. En Mula, los valores obtenidos entre LivinGro® y control son muy similares. Es a partir de la última estación analizada donde se intuye cierta tendencia positiva en los efectos del cultivo de cobertura vegetal.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de Syngenta Crop Protection AG, en el marco del proyecto Livingro®: "Proposal for the analysis of soil biodiversity in agricultural pilot sites in Spain" y "Analysis for soil biodiversity in agricultural pilot sites in Spain" (referencias 8.06/6.31.6286 y 8.06/6.17.5576-1).

5.Referencias bibliográficas

Amin, R., Jan, S. S., Butt, M., Manan, A., Khan, M., Haseebullah, Khan, R. A., Sadiq, A. B., & Ali, S. (2025). Soil carbon sequestration through cover crops and reduced tillage: A climate-smart agricultural strategy for mitigating climate change and improving soil health. kjmr.com.pk. https://doi.org/10.71146/kjmr396

Kumar, S., Raj, A. D., Kalambukattu, J. G., & Chatterjee, U. (2022). Climate change impact on land degradation and soil erosion in hilly and mountainous landscape: Sustainability issues and adaptation strategies. In Springer Climate (pp. 119–155). https://doi.org/10.1007/978-3-031-15501-7_5

Moukanni, N., Brewer, K. M., Gaudin, A. C. M., & O'Geen, A. T. (2022). Optimizing carbon sequestration through cover cropping in Mediterranean agroecosystems: Synthesis of mechanisms and implications for management. Frontiers in Agronomy, 4, 844166. https://doi.org/10.3389/fagro.2022.844166

Muzammal, H., Zaman, M., Safdar, M., Shahid, M. A., Sabir, M. K., Khil, A., Raza, A., Faheem, M., Ahmed, J., Sattar, J., Sajid, M., & Zaib, A. (2024). Climate change impacts on water resources and implications for agricultural management. In World Sustainability Series (pp. 21–45). https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7_2

Peng, Y., Rieke, E. L., Chahal, I., Norris, C. E., Janovicek, K., Mitchell, J. P., Roozeboom, K. L., Hayden, Z. D., Strock, J. S., Machado, S., Sykes, V. R., Deen, B., Tavarez, O. B., Gamble, A. V., Scow, K. M., Brainard, D. C., Millar, N., Johnson, G. A., Schindelbeck, R. R., . . . Van Eerd, L. L. (2023). Maximizing soil organic carbon stocks under cover cropping: insights from long-term agricultural experiments in North America. *Agriculture Ecosystems & Environment*, *356*, 108599. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108599

Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., Stazi, S. R., Haider, G., Abideen, Z., Bibi, S., Jamal, A., & Mancinelli, R. (2022). Cover crops for sustainable cropping systems: A review. Agriculture, 12(12), 2076. https://doi.org/10.3390/agriculture12122076

Rodríguez, B. C., Durán-Zuazo, V. H., Rodríguez, M. S., García-Tejero, I. F., Ruiz, B. G., & Tavira, S. C. (2022). Conservation agriculture as a sustainable system for soil health: A review. Soil Systems, 6(4), 87. https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087

Schön, J., Gentsch, N., & Breunig, P. (2024). Cover crops support the climate change mitigation potential of agroecosystems. PLOS ONE, 19(5), e0302139. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302139

Shamshad, J., Nawaz, A. F., Khan, M. B., & Arif, M. (2024). Climate change and food security. In Fahad, S., Saud, S., Nawaz, T., Gu, L., Ahmad, M., & Zhou, R. (Eds.), Environment, climate, plant and vegetation growth (pp. [num. páginas no disponibles]). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69417-2_9

Sinoga, J. D. R., Pariente, S., Diaz, A. R., & Murillo, J. F. M. (2011). Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). CATENA, 94, 17–25. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004

Van Eerd, L. L. (2018). Nitrogen dynamics and yields of fresh bean and sweet corn with different cover crops and planting dates. *Nutrient Cycling In Agroecosystems*, *111*(1), 33-46. https://doi.org/10.1007/s10705-018-9914-x

PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS NATURALEZAS METROPOLITANAS EN TRANSFORMACIÓN: EL CASO DE VILADECANS, AREA METROPOLITANA DE BARCELONA

HUG MARCH[1]

ISABEL RUIZ-MALLÉN[2]

RAQUEL COLACIOS[3]

[1]*Estudis d'Economia i Empresa & TURBA Lab, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla del Poblenou 156 08018 Barcelona, hmarch@uoc.edu, código ORCID 0000-0003-2549-0803*

[2]*Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació & TURBA Lab, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla del Poblenou 156 08018 Barcelona, iruiz_mallen@uoc.edu, código ORCID 0000-0002-9679-3329*

[3]*TURBA Lab, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla del Poblenou 156 08018 Barcelona, Dirección, rcolacios@uoc.edu, código ORCID 0000-0002-5525-6180*

Abstract: This article presents the results of a study commissioned by the City Council of Viladecans to assess its natural capital and citizens' perceptions of ecosystem services. Viladecans, located south of the Barcelona Metropolitan Area, features a rich mosaic of natural environments -including coastal, deltaic, agrarian, and forested landscapes- that provide a wide range of ecosystem services. However, its metropolitan context subjects these spaces to increasing pressures from land-use intensification and high visitor demand. Fieldwork involved 431 surveys conducted between October and December 2021. The study focused on three categories of ecosystem services: provisioning, regulating, and cultural, with a comparative analysis between the Sant Ramon forest and the Remolar wetlands. Results indicate that regulating and cultural services are the most highly valued, particularly clean air, temperature regulation, and opportunities for recreation and stress relief. Provisioning services such as plant gathering and groundwater recharge were also recognized, especially in the wetlands. Statistically significant differences in service valuation were found based on gender, age, and place of residence, with women, younger respondents, and local residents showing higher appreciation for specific services. These findings highlight the importance of integrating diverse citizen perspectives into urban and environmental planning to ensure the sustainable management of natural areas facing metropolitan pressures.

Keywords: Ecosystem Services; metropolitan natures; social perception; Metropolitan Area of Barcelona.

1. Introducción

En un contexto de emergencia climática los debates sobre la preservación de las naturalezas metropolitanas son más vigentes que nunca. En el área metropolitana de Barcelona, la ampliación del aeropuerto así como la ampliación de la Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA) muestran visiones contradictorias sobre el futuro de este espacio natural metropolitano. Desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos se pueden añadir elementos al debate sobre el papel de las naturalezas metropolitanas en el bienestar de la ciudadanía. En esta comunicación se presentan los resultados principales inéditos de una investigación sobre la percepción ciudadana de los servicios ecosistémicos en el municipio de Viladecans, situado al sur del Área Metropolitana de Barcelona. Viladecans dispone de una importante diversidad y riqueza de espacios naturales que proveen múltiples servicios ecosistémicos: su frente litoral y deltaico, conectado al núcleo urbano a través del tejido agrario y su parque forestal. Su condición metropolitana hace que esté sujeta a una serie de presiones de intensificación de ciertos usos del suelo en detrimento de los espacios verdes y naturales, así como de intensificación en el uso de los espacios naturales de alta calidad que atraen visitantes a nivel metropolitano.

En el presente artículo se presentan los resultados principales de la investigación "La percepción social de los Servicios Ecosistémicos de los espacios naturales de Viladecans", realizada por el equipo TURBA, de la Universitat Oberta de Catalunya, en el marco del proyecto "El capital natural y los servicios ecosistémicos a Viladecans". El objetivo de este trabajo era mostrar la percepción ciudadana sobre los servicios ecosistémicos (provisión, regulación y culturales) que tienen los usuarios de los dos espacios naturales más significativos de Viladecans: su zona forestal, la montaña de Sant Ramon -parte final de los contrafuertes septentrionales del Massís del Garraf-, y su zona de humedales, en el Delta del Llobregat. Este trabajo responde a la necesidad del municipio de Viladecans de conocer de manera más detallada y actualizada como la ciudadanía (tanto de su municipio como los visitantes del resto del AMB) percibían los servicios ecosistémicos de dos de sus espacios naturales más emblemáticos. En esta comunicación se presentan los resultados más relevantes sobre el estudio de valoración de los servicios ecosistémicos de manera descriptiva y se realiza inferencia estadística para indagar en cómo distintas variables influían estas percepciones.

En el marco de la investigación contratada se realizó una exhaustiva revisión del estado del arte servicios ecosistémicos existente y capital natural (más de 50 trabajos) que apuntaló el diseño del trabajo empírico. Evidentemente aproximaciones como el *Millenium Ecosystem Assessment* (2005), los trabajos Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (ej. Pascual et al. 2017) y de la Unión Europea (Maes et al. 2020) fueron claves. A parte de la amplia literatura internacional se revisaron trabajos empíricos previos desarrollados en la conurbación barcelonesa. El 2014, el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) publicó dos estudios simultáneamente relacionados con la caracterización y provisión de servicios ecosistémicos en la conurbación barcelonesa. Por un lado se publicó el estudio "Servicios ecosistémicos de la infraestructura verde del Área Metropolitana de Barcelona (AMB): primera diagnosis" (Basnou et al. 2014). Es en este contexto que el trabajo de Basnou et al. (2014) quiere hacer una primera contribución: a) identificar y cuantificar una serie de servicios ecosistémicos proporcionados por la infraestructura verde del AMB; b) analizar cómo estos servicios ecosistémicos están relacionados con la estructura del paisaje del AMB; y c) identificar los *hotspots* de provisión de los servicios ecosistémicos, así como las áreas sensibles, donde se necesita una estrategia de conservación y de ordenación del territorio para preservar y mejorar la provisión de servicios

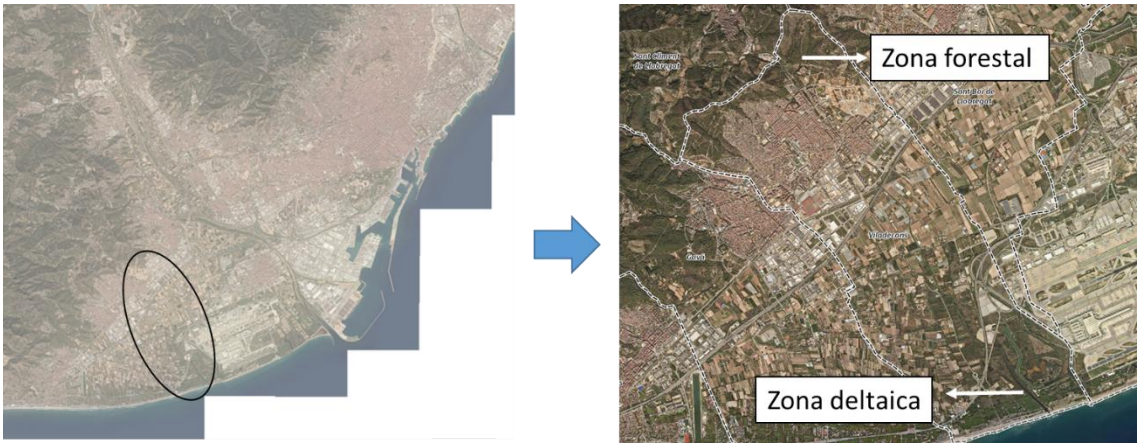
ecosistémicos. El estudio concluye argumentando que hay una serie de *hotspots* que concentran los servicios ecosistémicos de apoyo y de regulación, entre los que destaca lo Delta del Llobregat, incluyendo evidentemente también Collserola, Massís del Garraf y Serralada de Marina). También menciona el potencial del parque agrario del Baix Llobregat como *hotspot* de servicios de provisión (alimentos) y de servicios de apoyo (biodiversidad). El mismo 2014, el AMB publicó un segundo estudio alrededor de los servicios ecosistémicos denominado "Caracterización de los servicios ecosistémicos del Área Metropolitana de Barcelona y valoración de los servicios de provisión de alimentos" (Freire González et al., 2014) que se centra en presentar una aproximación cualitativa a los servicios ecosistémicos de los espacios naturales del AMB y cuantifica en términos monetarios los servicios de provisión de alimentos de la infraestructura verde de la AMB. En relación en los espacios naturales que afectan Viladecans evidentemente destacan el Delta del Llobregat, el Parque Agrario del Baix Llobregat, este último incluyendo tanto el espacio agrario como las comunidades asociadas en las zonas inundables y a las lagunas litorales, las playas metropolitanas y en menor medida las Montañas del Ordal. Finalmente, muy destacable es también el trabajo académico de Baró et al. (2016) en su trabajo para cartografiar los servicios ecosistémicos a escala metropolitana de Barcelona.

2. Materiales, datos y métodos

Viladecans es un municipio situado al sur del Área Metropolitana de Barcelona que dispone de una diversidad y riqueza muy importante de espacios naturales dentro de su territorio, con particular atención al alto valor que tiene su frente litoral y deltaico, parte del Delta del Llobregat, conectado al casco urbano a través del tejido agrario (Parque Agrario). También hay que destacar las zonas boscosas y parques forestales de la parte norte del municipio, como la montaña de Sant Ramon, que forma parte de los contrafuertes septentrionales del Massís del Garraf. Todos estos espacios proveen una serie de servicios ecosistémicos, tanto a nivel de regulación, soporte o servicios culturales. A su vez, su condición metropolitana hace que esté sujeta a una serie de presiones de intensificación de ciertos usos del suelo en detrimento de los espacios verdes y naturales, así como de intensificación en el uso de los espacios naturales de alta calidad que atraen visitantes más allá de la escala local (figura 1).

Figura 1. Situación de los casos de estudio en el municipio de Viladecans (b) en el contexto del Área Metropolitana de Barcelona (a). Fuente: adaptado a partir de SITMUN-Diputación de Barcelona

(Figura 1a) (Figura 1b)



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Se diseñó un cuestionario sobre la percepción de los servicios ecosistémicos partiendo del *Millenium Ecosystem Assesment* (2005) y de los trabajos del IPBES. Las preguntas de la encuesta seguían una escala tipo Likert (de 0 a 5, con opción 'no lo sé') y se formularon en relación con distintos servicios ecosistémicos, como en el siguiente ejemplo: "¿Considera que la zona forestal de Viladecans es importante porque le permite respirar un aire más limpio?". Se consideró que las puntuaciones de 4 y 5 mostraban que los/as encuestados/as valoraban de manera muy importante los servicios (ver tabla 1) y se recodificó en una nueva variable. Más allá de la batería de preguntas relacionadas la percepción de los servicios ecosistémicos se caracterizó el uso que la ciudadanía hacía de estos espacios y se recogieron una serie de variables sociodemográficas. En total se realizaron 431 encuestas entre los meses de octubre a diciembre de 2021 por un equipo de encuestadoras y encuestadores del Ayuntamiento de Viladecans en estos espacios (267 encuestas a la zona forestal de Viladecans –Sant Ramon- y 164 en la zona de humedales-El Remolar). Los resultados se analizaron con IBM SPSS Statistics v.28 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU., 2021) y se realizó inferencia estadística (Chi-cuadrado) para ver como las distintas variables sociodemográficas, como el sexo, afectaban la proporción de encuestados que valoraba como muy importantes los servicios ecosistémicos (Likert de 4 y 5).

3. Resultados

El análisis de los servicios ecosistémicos en la zona forestal de Viladecans (montaña de Sant Ramon) se centró en tres categorías: provisión, regulación y culturales (tabla 1). En cuanto a los servicios de provisión, el 50 % de los encuestados valoró positivamente (puntuación 4 o 5 en la escala Likert) la importancia del área para la recolección de plantas, setas y frutos, mientras que el 38 % destacó su valor como fuente de madera. Respecto a los servicios de regulación, los más valorados fueron: aire más limpio (94 %), refrescar el ambiente (89 %), promoción de la biodiversidad (89 %), absorción de gases como CO_2 (88 %), control de escorrentías de agua de lluvia (79 %), fertilidad del suelo (71 %) y control de la erosión (63 %). De servicios culturales se destacaron la reconexión con la naturaleza (94 %), la reducción del estrés (92 %) y las actividades recreativas, deportivas y culturales (84 %). También se valoraron los beneficios estéticos (75 %), el sentido de pertenencia (75 %), la promoción de relaciones sociales (71 %), el aprendizaje y conocimiento (63 %), el interés histórico y cultural (47 %) y la inspiración artística o cultural (39 %).

Se hallaron diferencias significativas entre la valoración de los servicios como muy importante (niveles 4 o 5 en escala Likert) y distintas variables sociodemográficas (tabla 2). Se destacan diferencias estadísticamente significativas según sexo, edad y lugar de residencia. Por ejemplo, las mujeres y los tramos de edades más jóvenes tienden a valorar más positivamente aspectos como la fertilidad del suelo y la absorción de gases. Asimismo, el lugar de residencia influye en la percepción de beneficios estéticos y sociales.

Tabla 1. Porcentaje usuarios Zona Forestal y Zona Humedales que valoran servicios ecosistémicos como muy importantes

Tipo de Servicios Ecosistémicos		Z. Forestal (%)	Humedales (%)
Provisión	Recolección de plantas	50%	63%*
	Provisión de madera	38%	---
	Recarga de acuíferos	---	72%
Regulación	Aire más limpio	94%	78%
	Refrescar ambiente	89%	81%
	Promueve diversidad	89%	99%
	Absorción de gases como CO_2	88%	79%
	Reducción de escorrentías de agua lluvia	79%	72%
	Fertilidad del suelo	71%	70%
	Control de la erosión del suelo	63%	70%
Culturales	Reconexión con la naturaleza	94%	96%
	Reducir el estrés	92%	94%
	Actividades de ocio, deportivas y culturales	84%	92%
	Beneficios estéticos	75%	83%
	Sentido de pertenencia	75%	65%
	Promueve relaciones sociales	71%	54%
	Lugar de aprendizaje y conocimiento	63%	81%
	Espacio de interés histórico y cultural	47%	52%
	Inspiración obras de arte/expresiones culturales	39%	51%

* Aunque no fue una categoría inicialmente prevista en la encuesta, el 63% de los encuestados reconoció realizar esta actividad, por lo que se considera relevante como servicio de provisión.

Tabla 2. Relación entre valoración servicios ecosistémicos y variables sociodemográficas. Z. Forestal

Servicio Ecos. Zona Forestal	Variable	Chi-cuadrado	p-valor	Grupo Mayor Valoración
Fertilidad del suelo	Sexo	4,578	0,032	Mujeres
Fertilidad del suelo	Edad	9,203	0,027	Grupos más jóvenes
Escorrentías de agua lluvia	Edad	17,177	0,001	Grupos más jóvenes
Absorción gases como CO_2	Edad	9,990	0,019	Grupos más jóvenes
Actividades ocio, deportivas y culturales	Lugar de residencia	8,696	0,003	Residentes locales
Beneficios estéticos	Sexo	4,885	0,027	Mujeres
Promueve relaciones sociales	Lugar de residencia	15,909	0,000	Residentes locales

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

El análisis de la valoración de los servicios ecosistémicos en la zona de humedales del Remolar revela una alta apreciación por los servicios de regulación y culturales. En cuanto a los servicios de provisión, aunque solo se preguntó explícitamente por la recarga de acuíferos (72 %), un 63 % de los encuestados también reconoció realizar actividades de recolección de plantas o frutos, lo que sugiere una importancia no prevista inicialmente para este servicio. Los servicios de regulación recibieron un reconocimiento especialmente elevado, destacando "promueve diversidad" (99 %), seguido de "refrescar ambiente" (81 %), "absorción de gases como CO_2" (79 %) y "aire más limpio" (78 %). En el ámbito cultural, los servicios mejor valorados fueron "reconexión con la naturaleza" (96 %), "reducir el estrés" (94 %) y "actividades de ocio, deportivas y culturales" (92 %), lo que evidencia el fuerte vínculo emocional y recreativo que la ciudadanía establecen con este entorno.

La tabla 3 resume cómo distintas variables sociodemográficas influyen en la valoración positiva (niveles 4 o 5 en escala Likert) de diversos servicios ambientales en la Zona del Remolar. Se observan diferencias estadísticamente significativas según el sexo, la edad y el lugar de residencia. En particular, las mujeres y los jóvenes tienden a valorar más positivamente servicios como el aire limpio y la regulación de la temperatura, mientras que los residentes locales de Viladecans muestran mayor reconocimiento del servicio de control de erosión del suelo que los visitantes de otros municipios.

Tabla 3. Relación entre valoración servicios ecosistémicos y variables sociodemográficas. Humedales

Servicio Ecos. Humedales	Variable	Chi-cuadrado	p-valor	Grupo Mayor Valoración
Aire más limpio	Sexo	4,372	0,037	Mujeres
Refrescar ambiente	Sexo	3,901	0,048	Mujeres
Refrescar ambiente	Edad	7,572	0,056	Grupos más jóvenes
Control erosión del suelo	Lugar de residencia	4,671	0,031	Residentes locales

4. Conclusiones

En un contexto de creciente presión urbanística y expansión de infraestructuras en áreas metropolitanas, como es el caso de Viladecans en el Área Metropolitana de Barcelona, conocer la percepción ciudadana sobre los servicios ecosistémicos se vuelve fundamental para orientar políticas públicas. La investigación demuestra que la ciudadanía no solo valora las dimensiones de regulación y provisión de los servicios ecosistémicos metropolitanos -como la regulación del clima, la mejora de la calidad del aire o la recarga de acuíferos-, sino que sobretodo valoran con fuerza sus funciones culturales, como la reconexión con la naturaleza, la reducción del estrés o el fortalecimiento del sentido de pertenencia. Estas valoraciones evidencian que la ciudadanía reconoce y valora profundamente estos beneficios, lo que refuerza la necesidad de integrar su voz en los procesos de planificación territorial que puedan reconfigurar estos espacios metropolitanos de vital importancia. Además, tal y como ya recoge la literatura internacional sobre el tema, los resultados del estudio subrayan que la percepción ciudadana sobre los servicios ecosistémicos no es homogénea, sino que puede verse influenciada por variables sociodemográficas como el sexo o la edad. Esta diversidad de valoraciones permite identificar qué servicios son más apreciados y por qué sectores de la población, lo cual es crucial para diseñar estrategias de conservación y gestión adaptadas a las realidades locales.

En un momento en que proyectos como la ampliación de infraestructuras de transporte pueden amenazar la integridad ecológica de zonas como el Delta del Llobregat, incorporar la percepción ciudadana en la toma de decisiones puede fortalecer la legitimidad democrática de las políticas públicas, contribuyendo a preservar el capital natural metropolitano como un bien común esencial para el bienestar presente y futuro en un contexto de emergencia climática.

5. Referencias bibliográficas

Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Hasse, D., Gómez-Baggethun, E. 2016. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case stuy in the Barcelona metropolitan region. Land Use Policy, 57:405-417

Basnou, C., Vayreda, J., Pino, J. 2014. Serveis ecosistèmics de la infrastructura verda de l'Àrea Metropolitana de Barcelona: primera diagnosi. Barcelona: Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB.

Freire González, J., Jofra Sora, M., Puig Ventosa, I. 2014. Caracterització dels serveis ecosistèmics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i valoració dels serveis de provisió d'aliments. Barcelona: BR y AMB.

Maes, J. et al. (2020). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services:An EU ecosystem assessment, EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union,Luxembourg.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Pascual, U. et al. (2017) Valuing nature' s contributions to people: the IPBES approach, Current Opinion in Environmental Sustainability, 26-27:7-16.

SIG MARINO, FUTURO Y PRESENTE EN LA GESTIÓN DE LOS ESPACIOS MARINOS

DULCE MATA CHACÓN[1]

OLVIDO TELLO ANTÓN[1]

ÁNGELA BELLIDO SOLANO[2]

[1]Filiación institucional: Instituto Español de Oceanografía, IEO-CSIC, C. del Corazón de María, 8, Madrid (ES), dulce.mata@ieo.csic.es, https://orcid.org/0000-0003-3294-8210

olvido.tello@ieo.csic.es, https://orcid.org/0000-0003-4990-1785

[2]Filiación institucional: Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia, C. Santo Cristo, 1 Murcia (ES),

angela.bellidos@um.es, https://orcid.org/0009-0000-8482-4602

Abstract: Spain has one of the longest coastlines in the world. Furthermore, the Spanish continental shelf covers an area of approximately 100,000 km2 and the Spanish Exclusive Economic Zone has an extension of almost one million km2. The large marine surface area of Spain and the uses of the coastal and marine regions allow an understanding of the importance of planning, management, and organization of marine resources and ecosystem services, which is one of the challenges of geography from the perspective of the marine environment. According to current national and international directives, the Spanish Oceanographic Institute has developed different research projects, including INTEMARES, Marine Strategy Framework Directive (MSFD) and BIODIV, whose objective is the conservation, monitoring and surveillance of marine ecosystems. These projects work on generating geographic information that helps to build the scientific basis for political decision-making. In addition, geographic data is essential for the elaboration of management plans for Marine Protected Areas (MPAs). Although the application of Geographic Information Systems (GIS) in the marine environment has been more delayed than in the terrestrial environment, it has allowed remarkable results in the collection, analysis, homogenization and validation of the data. Demonstrating its potential as a research tool for climate action (Sustainable Development Goals, SGD 13), as well as claiming its importance in the current context of the Decade for Oceans (2021-2030).

Keywords: Geographic Information Systems; Marine Protected Areas; Oceans; Marine Spatial Planning; Global Change; marine ecosystem services; Marine Geography.

1. Introducción

El litoral español cuenta con una de las costas más extensas del mundo, con aproximadamente 7.900 kilómetros de longitud si se consideran todas sus costas continentales e insulares (Ministerio de Fomento 2019), dependiendo de la escala de medición de las mismas. Esta extensa línea de costa incluye tanto la costa peninsular como las costas de las islas Baleares, las Islas Canarias, las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, además de otros territorios insulares. A su vez se divide en tres grandes regiones (Atlántico Nororiental, Macaronesia y Mediterráneo Occidental), esto supone que la costa española es muy diversa y de grandes contrastes.

La plataforma continental española, que comprende la parte del fondo marino que se extiende desde la costa hasta donde empieza la pendiente continental, abarca aproximadamente 100.000 km². Esta área es de gran interés científico y económico, ya que contiene recursos marinos, biodiversidad y potenciales zonas de explotación de hidrocarburos y minerales. Por otro lado, la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de España se extiende hasta 200 millas náuticas (unos 370 km) desde la línea base de la costa, cubriendo una superficie de casi un millón de km². La gestión de estas zonas es fundamental para la economía marítima del país, incluyendo actividades como la pesca, la extracción de recursos minerales y la protección del medio marino (Basconi et al. 2023). Desde la perspectiva de la geografía, uno de los principales retos en el medio marino consiste en desarrollar enfoques integrados que permitan equilibrar el uso económico con la conservación ambiental (Tishkov 2022), promoviendo una planificación espacial marina que optimice los beneficios sociales y ecológicos (Pegorelli et al. 2024).

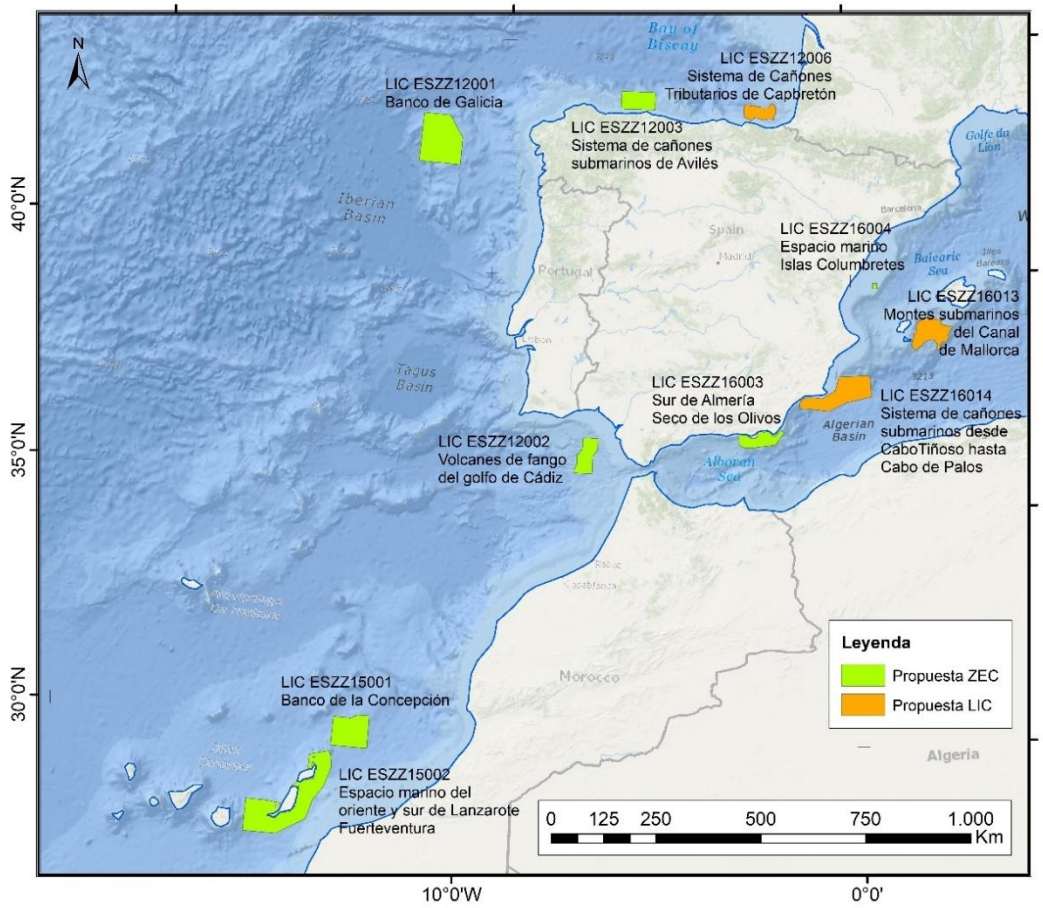
2. Materiales, datos y métodos

2.1 El caso de estudio

El caso de estudio se enmarca en el proyecto LIFE INTEMARES, que fue desarrollado desde enero de 2017 hasta diciembre de 2024, y estuvo coordinado por la Fundación Biodiversidad, dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) de España. Las actividades del proyecto estuvieron orientadas por un plan estratégico detallado, elaborado conforme a la normativa de la Unión Europea y aprobado en la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, estableciendo los objetivos específicos, las prioridades y las acciones de conservación necesarias para la gestión efectiva de la Red Natura 2000.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Áreas de estudio donde se realizaron actuaciones para mejora del conocimiento de hábitats y especies marinas desde el IEO.



Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del proyecto INTEMARES.*

Uno de los objetivos principales del proyecto se centró en la mejora del conocimiento científico para elaborar los planes de gestión de determinados espacios marinos protegidos, designados como Lugares de Interés Comunitario. En esta línea, se enmarcan distintas áreas de estudio que se han propuesto para pasar a formar parte de las Zonas de Especial Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000 marina, gracias a las investigaciones realizadas en el marco de este proyecto. Las áreas de estudio mencionadas, en las que el IEO ha profundizado en el análisis de la información científica, para su declaración como ZEC (Fig.1), son las siguientes: LIC ESZZ12003 Sistemas de Cañones de Avilés, LIC ESZZ12001 Banco de Galicia, LIC ESZZ12002 Volcanes de fango del Golfo de Cádiz, LIC ESZZ16003 Sur de Almería - Seco de los Olivos, LIC ESZZ16004 Espacio marino de Illes Columbretes, LIC ESZZ15001 Banco de la Concepción, LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

Por otro lado, como resultado de los trabajos realizados en el marco del proyecto INTEMARES, se han propuesto para su declaración como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), tres nuevos espacios marinos por su importancia para los hábitats, completando la lista de espacios marinos protegidos de la Red, los lugares de estudio de estas nuevos estudios para mejorar el conocimiento científico para su declaración de LIC (Fig.1) son: LIC ESZZ16014 Montes submarinos y campo de

pockmarks del Seco de Palos, LIC ESZZ12006 Sistema de Cañones Tributarios de Capbretón y LIC ESZZ16013 Montes submarinos del canal de Mallorca.

2.2. Materiales y datos obtenidos

Para la realización de los trabajos, en los que se apoya la investigación, destacan los buques oceanográficos como Ramón Margalef o Ángeles Alvariño, como laboratorios flotantes. En ellos se realizan gran parte de los trabajos de recogida de muestras, análisis e interpretación de los resultados, y en gran cantidad de estas actividades se utilizan los Sistemas de Información Geográfica, para localizar todos los datos recogidos con componente espacial de manera precisa. Además, se requiere de la utilización de sistemas de adquisición avanzados e instrumentación oceanográfica de última generación, como la ecosonda multihaz de alta resolución y los ROV submarinos (por Remote Operated Vehicle, o vehículo operado remotamente), con los que se logran alcanzar altas profundidades, posibilitando la obtención de fotografías y videos submarinos, muestreos de sedimentos y especies, o muestras de la columna de agua.

La información se genera a partir de los datos obtenidos en las campañas oceanográficas mediante muestreos con distintas técnicas, y, por otro lado, se realiza una recopilación de otras fuentes, si existen antecedentes para sentar bases científicas sobre las que elaborar la investigación, como datos obtenidos de literatura científica, de series temporales del IEO, o de otros proyectos de investigación marina (EMODnet, BIODIV), que complementan la información en disciplinas como la geología o la geografía marina (Bischof 2025).

2.3. Metodología

Existe una metodología común para todas las áreas de estudio en las que se han realizado las investigaciones, donde se estudiaron tanto las características geomorfológicas y sedimentarias, como las comunidades bentónicas y la presión pesquera ejercida sobre las mismas.

Los trabajos realizados para mejorar el conocimiento geológico de todas las zonas de estudio han tenido como base los datos geofísicos adquiridos de batimetría multihaz, reflectividad y de perfiles sísmicos de las diferentes campañas realizadas. Una vez procesados estos datos con Sistemas de Información Geográfica, se analizan los productos obtenidos y se realiza una caracterización morfosedimentaria mediante interpretación de las variables ambientales derivadas de la batimetría en forma de productos cartográficos; como Sombreado, Pendiente, Índice de Posición Batimétrica (BPI), Curvatura, Orientación del fondo. Por otro lado, se cartografía la distribución espacial de sedimentos y de tipos de fondo para sentar las bases geomorfológicas y sedimentarias de cada zona de estudio. Las investigaciones realizadas por los equipos de geología, sirven para determinar la diferenciación de las zonas rocosas y sedimentarias, que delimitaron espacialmente los hábitats de fondos sedimentarios de la plataforma y el talud continental y los hábitats de fondos rocosos y cañones submarinos. Por otra parte, se prepara la distribución y cartografiado de los hábitats bentónicos. Una vez obtenida la cartografía completa de hábitats de cada LIC se genera un inventario que sintetiza tanto las características de los biotopos (piso batimétrico y tipos de fondos) unidas a sus componentes bióticas (especies más representativas presentes en la comunidad). A partir del cartografiado es posible extraer la representatividad y calcular la superficie de ocupación por cada tipo de hábitat, entre otras variables, como la sensibilidad a presiones físicas sobre el fondo marino, de los principales hábitats identificados,

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

que sirva de apoyo en la toma de decisiones a la hora de establecer medidas de protección en zonas vulnerables. Estos productos cartográficos facilitan la interpretación de los resultados, además de tener un gran valor a nivel técnico y científico, y constituyen una valiosa herramienta para la investigación marina.

Figura 2. Etapas del proceso de metodológico propuesto para la el establecimiento de medidas de protección.

Fuente: Elaboración propia.

La cartografía es una información esencial para el trabajo con hábitats bentónicos, en la *figura 2* se exponen las etapas del proceso. Permite predecir la distribución de las principales comunidades bentónicas y la elaboración de un cartografiado de las comunidades presentes en la zona, mediante la combinación de datos recogidos en las campañas realizadas. Para ello, se utilizan las técnicas más modernas de modelado de distribución. seguido de la identificación de parámetros estandarizados, necesarios para el cálculo de los indicadores que identifican el estado de conservación, y proponer, posteriormente, unas medidas específicas de protección y conservación, para mantener o mejorar el estado de conservación de los hábitats marinos de importancia comunitaria. Estas medidas han de ser siempre coherentes con la conservación y la biodiversidad existente, además de ajustarse a las normativas estatales, europeas e internacionales.

3. Resultados

Los resultados cuantitativos más relevantes del caso de estudio indican el aumento significativo de la superficie marina protegida en España. Partiendo de los datos oficiales de 2004 (Tabla 1) de una superficie de 674.448 hectáreas declaradas con alguna figura de protección de la Red Natura 2000 en el medio marino, se observa un gran incremento a partir de este momento, que, en el año 2014, llega prácticamente a duplicar la superficie del año 2004. A partir del año 2014, los datos se multiplican de manera exponencial llegando a las 14.460.017,12 hectáreas, coincidiendo con el desarrollo de

algunas iniciativas europeas, entre ellas, LIFE IP INTEMARES, proyecto en el que se centra el caso de estudio.

Estos proyectos trabajan en la generación de información geográfica que contribuye a sentar las bases científicas para la toma de decisiones políticas. Además, los datos geográficos son esenciales para la elaboración de planes de gestión para las Áreas Marinas Protegidas (AMP), incorporando los avances tecnológicos que han facilitado el aumento del conocimiento en el ámbito de la exploración marina.

Por otro lado, mediante procesos participativos, se ha contribuido, con la participación real y efectiva de los sectores socioeconómicos implicados, como la pesca, en la elaboración de estrategias y planes de gestión. Estas estrategias permitan compatibilizar los usos y actividades de la ciudadanía con la conservación de los valores naturales de los espacios marinos protegidos.

Tabla 1. Superficie marina protegida por figuras de protección LIC y ZEC, de la Red Natura marina 2000.

Año	Figura de Protección Red Natura 2000	Superficie marina protegida (Ha)
2004	LIC/ZEC	674.448
2014	LIC/ZEC	1.101.172,00
2024	LIC/ZEC	14.460.017,12

Fuente*: Ministerio de Medio Ambiente, Año 2004. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Año 2014. Red Natura 2000: actualización a diciembre de 2024, según la información de los espacios Red Natura 2000 remitida por el MinisterioMinisterio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a la Comisión Europea.*

4. Conclusiones

La extensa línea de costa de España, junto con su plataforma continental y su Zona Económica Exclusiva, sitúan al país como uno de los actores más relevantes en el ámbito marítimo internacional, con una responsabilidad significativa en la conservación y el uso sostenible de los recursos marinos. Además, los progresos en tecnologías de tratamiento de información geoespacial, como los SIG y los WebSIG nos permiten conocer mejor los espacios marinos, su riqueza biológica y el comportamiento de sus ecosistemas. Esto es fundamental para identificar las necesidades de las zonas que necesitan protección y para establecer áreas marinas protegidas con medidas eficaces.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resuelven los problemas derivados del gran volumen de datos (Sartor et al. 2021), y la complejidad de los análisis requeridos para la integración de toda la información generada en el ámbito científico. Además, permiten obtener

resultados notables en el análisis, la homogeneización y la validación de los datos marinos, demostrando su potencial como herramienta de investigación para la acción climática (Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS 13), y resaltando su importancia en el contexto actual del Decenio de los Océanos (2021-2030).

Para el futuro, en la Unión Europea, existe el compromiso asumido de proteger al menos el 30% de la superficie marina antes de 2030, en línea con los objetivos del Marco Mundial de Biodiversidad adoptado en Kunming-Montreal. De acuerdo con las directrices nacionales e internacionales vigentes, en materia de conservación marina, el proyecto INTEMARES, ha contribuido a sentar las bases científicas, para lograr una gestión integrada de ecosistemas marinos en la Red Natura 2000 en España. Estos esfuerzos reflejan el compromiso de España con las políticas internacionales y nacionales para garantizar la sostenibilidad de los recursos marinos y la protección de los ecosistemas oceánicos, que según los porcentajes previstos para el año 2026, llegarán a un 25,7% de superficie marina protegida.

5. Referencias bibliográficas

Basconi, Laura, Silvia Rova, Alice Stocco, and Fabio Pranovi. 2023. "Ecosystem Services for Supporting Coastal and Marine Resources Management, an Example from the Adriatic Sea (Central Mediterranean Sea)." *Ocean and Coastal Management* 235 (March 2022): 106486. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106486.

Ministerio de Fomento. 2019. "Los Mapas Del Fondo Del Mar." *697*.

Pegorelli, Camila, Maria De Andres, Javier García-Onetti, Silvia Rayo, and Javier García-Sanabria. 2024. "Marine Protected Areas as Socio-Economic Systems: A Method for Defining Socio-Economic Criteria in Marine Planning." *Frontiers in Marine Science* 11 (October): 1–17. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1358950.

Sartor, Sílvia Maria, Marcos Reis Rosa, Juliana Tristão Pires, and Claudio Augusto Oller Nascimento. 2021. "Web Atlas Como Herramienta Para La Gestión Integrada Costera: De Los Datos Al Conocimiento Práctico." *Revista Costas* 6 (Vol Esp. 2): 427–54. https://doi.org/10.26359/costas.e1921.

MODELIZACIÓN DE LAS TASAS DE PÉRDIDA DE SUELO A TRAVÉS DE TÉCNICAS DE *RANDOM FOREST* EN EL PARQUE NACIONAL SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA, ESPAÑA)

MARIO MENJÍBAR-ROMERO[1, 2]

JOSÉ ANTONIO SILLERO-MEDINA[1, 2]

JUAN FRANCISCO MARTÍNEZ-MURILLO[1,2]

PALOMA HUESO-GONZÁLEZ[1,2]

JAVIER GONZÁLEZ-PÉREZ[1,2]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ-SINOGA [1,2]

[1]Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Málaga.

mariomenjibar@uma.es ORCID 0000-0001-9261-4445; jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; jfmmurillo@uma.es ORCID 0000-0002-8963-0505; phueso@uma.es ORCID 0000-0002-2554-0041; jgperez@uma.es ORCID 0000-0001-8536-5129; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881

[2]Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.

Abstract: The Sierra de las Nieves National Park presents notable eco-geomorphological diversity resulting from its climatic, topographic, and geological complexity, giving rise to a range of vegetation covers—some acceptably conserved, others still under recovery. In response to the impacts of global change and anthropogenic pressure, this study aims to assess soil erosion hazard as a decision-support tool for territorial management. The methodology involved collecting spatial and cartographic data on geo-environmental variables, delineating landscape units, and sampling soils for physical, chemical, and hydrological analysis. Based on this information, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) was applied, integrating remote sensing data and *machine learning* techniques (Random Forest) to estimate soil erodibility and potential soil loss. Results reveal a marked spatial variability in erosion rates, with certain areas showing values above 130 t/ha/year. This analysis provides essential information for identifying priority intervention zones, supporting effective planning, conservation, and management of the park in the face of climate change and soil degradation processes.

Keywords: Soil erosion; RUSLE; machine learning; Random Forest; landscape analysis; Sierra de las Nieves National Park.

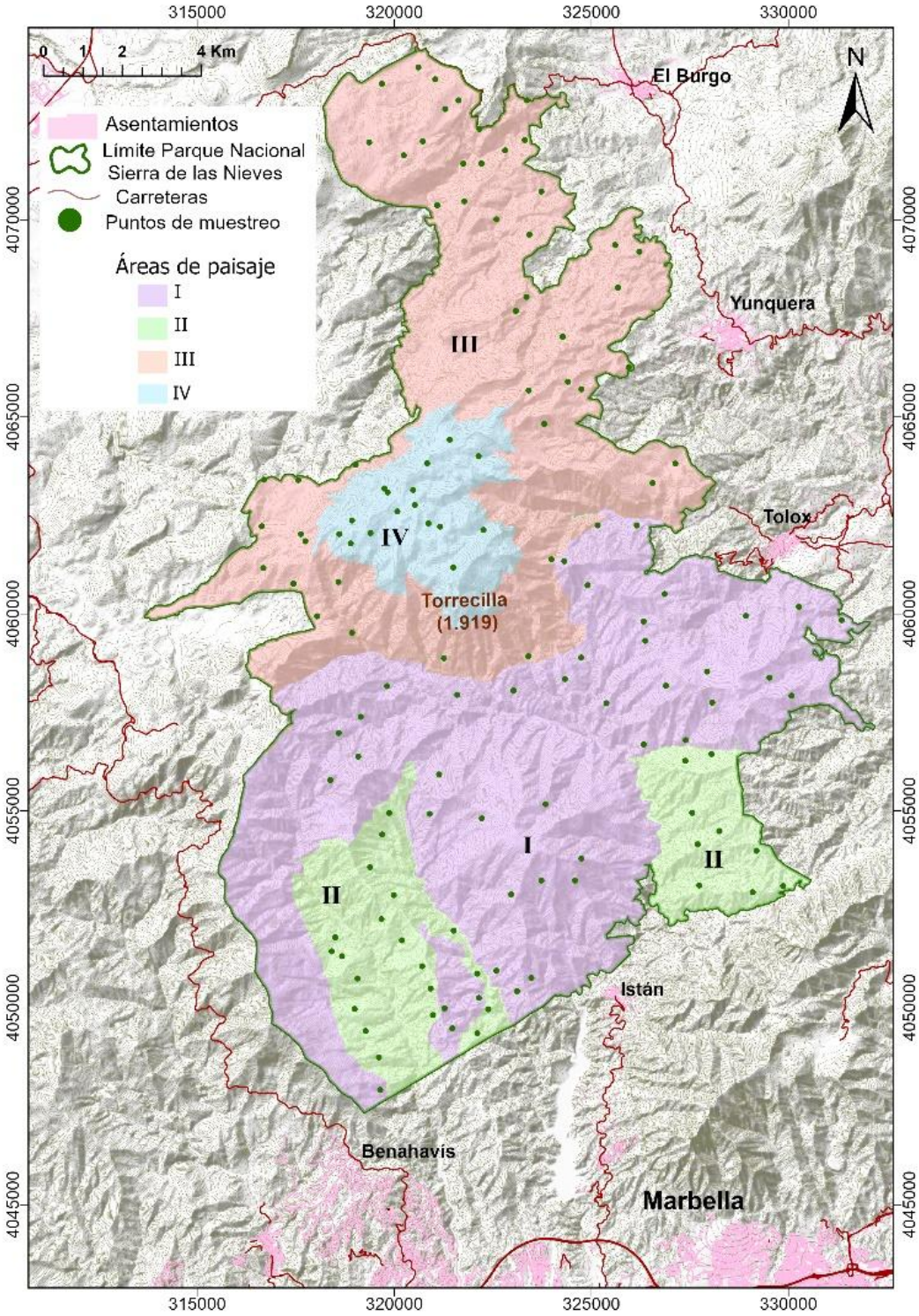
1. Introducción

El Parque Nacional Sierra de las Nieves (PNSN) alberga una destacada variedad de paisajes eco-geomorfológicos, producto de su diversidad climática, geológica y topográfica. Esta variedad se traduce en una diversidad de cubiertas vegetales que, aunque han sido intervenidas durante siglos por la acción humana, están en proceso de recuperación y presentan un buen estado de conservación (Menjíbar-Romero et al., 2024). Por su ubicación geográfica y su clima mediterráneo, el PNSN está sometido a la influencia del cambio global, reflejada en eventos extremos meteorológicos, como las sequías, y en la presión humana, principalmente por los incendios forestales (Gómez-Zotano and Olmedo-Cobo, 2021). Esta situación, junto con su relieve montañoso, implica un elevado riesgo de pérdida de suelo. En este marco, el presente trabajo tiene como finalidad llevar a cabo una evaluación inicial de la variabilidad espaciotemporal de la erodabilidad, así como una estimación del potencial de pérdida del suelo, con el propósito de identificar las zonas más vulnerables dentro del Parque Nacional.

1.1. Área de estudio

El Parque Nacional Sierra de las Nieves, localizado en la región mediterránea occidental y en el suroeste de la Cordillera Bética, fue declarado en 2021. Presenta una superficie de 22.979,76 ha repartidas por los municipios de Ronda, Tolox, Parauta, Istán, Benahavís, El Burgo, Yunquera y Monda (Fig.1). El entorno del PNSN es reconocido por la gran diversidad de ecosistemas que alberga, el cual, pertenece a varias figuras de protección por la combinación de geodiverisad, biodiversidad y el profundo patrimonio cultural que presenta entre los que destacan los bosques más meridionales de abetos (*Abies pinsapo Boiss.*). Menjíbar- Romero et al. (2024). La estructura y orografía que presenta es muy compleja en términos topográficos, geológicos y geomorfológicos, con altitudes que varían considerablemente, desde los 300 hasta los 2.000 m.s.n.m (altitud máxima Pico Torrecilla, 1.919 m.s.n.m). Menjíbar- Romero et al. (2024) delimitaron áreas de paisaje del Espacio Natural Protegido (ENP) Sierra de las nieves, que incluye los límites tanto del Parque Natural como del Parque Nacional. En este trabajo se han ajustado los límites del PNSN a las áreas de paisaje (Fig.1). Desde la perspectiva climática, el PNSN presenta un clima mediterráneo, pero con diferentes regímenes y matices debido a la influencia de la altitud y la orientación hacia las masas de aire atlánticas, existiendo un fuerte gradiente altitudinal que hace decrecer la temperatura e incrementar las precipitaciones, las cuales también se ven aumentadas de este a oeste (Olmedo Cobo et al., 2017).

Figura 1. Localización, Límites y Áreas de paisaje del Parque Nacional Sierra de las Nieves.



Fuente: Elaboración propia.

El PNSN queda dividido en cuatro áreas de paisaje con una escala de aproximación de 1:100.000. Cada área representa las siguientes superficies relativas: área I, 98 km^2; área II, 30 km^2; área III, 76 km^2 y área IV, 17 km^2. Las diferencias entre las unidades de paisaje vienen dadas especialmente por la variedad litológica y los matices climáticos que introducen la altitud y la exposición (Menjíbar-Romero

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

et al., 2024). Por otro lado, se encuentra en una región con una amplia variedad de amenazas, como el cambio climático con implicaciones para el tipo de cobertura vegetal, incendios forestales, recursos hídricos y cambios súbitos en el uso del suelo (Delgado-Peña et al., 2017; Martínez-Murillo et al., 2016).

2. Materiales, datos y métodos

Este trabajo se desarrolló mediante: i) recopilación de datos espaciales, satelitales (Sentinel-2) y cartográficos sobre variables geoambientales; ii) identificación de unidades de paisaje ecogeomorfológico; iii) muestreo y análisis de suelos para evaluar propiedades relacionadas con la erosión; iv) aplicación del modelo RUSLE (Renard et al., 1997) considerando las condiciones actuales y los cambios observados entre 2016 y 2024 con imágenes Sentinel-2; y v) delimitación de zonas con mayor vulnerabilidad a la erosión hídrica.

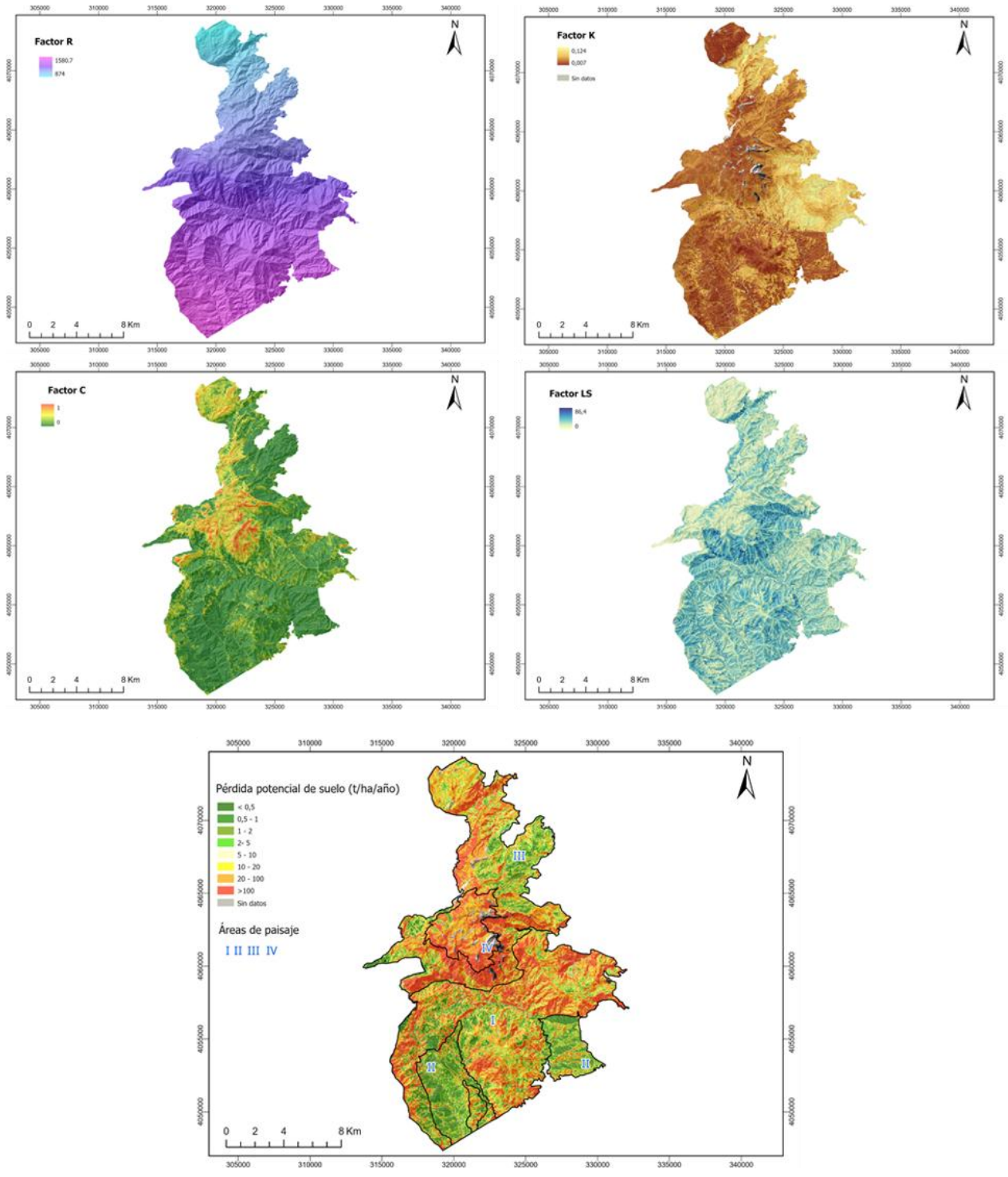
Las tasas de pérdida de suelo potencial (t ha^{-1} $año^{-1}$) se calcularon mediante la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE; Renard et al., 1997), omitiendo el factor P por no considerar prácticas de conservación: $A=R\cdot K\cdot LS\cdot C$.

- Factor K: La erodabilidad del suelo explica la susceptibilidad que presenta un suelo a ser erosionado (Sillero-Medina, 2022). Se analizaron 133 muestras superficiales (0–10 cm) para determinar la erodabilidad del suelo, aplicando la metodología de Sharpley (1990). Se usó Random Forest con 15 variables explicativas para su modelado espacial en ArcGIS Pro 10.8, con 500 árboles y validación con el 90% de los datos.
- Factor C: La principal funcion del factor *C* es representar el impacto de la cobertura vegetal sobre la erosión. Se estimó a partir del NDVI, usando imágenes Sentinel-2 (2016–2024) procesadas en Google Earth Engine, reflejando la influencia de la cobertura vegetal.
- Factor LS: Este factor es el encargado de representar el efecto combinado de la longitud y la pendiente de las laderas sobre la erosión del suelo. Calculado con un MDT 5x5 m y la fórmula de Moore et al. (1991) mediante SAGA GIS 8.4.1, representa la influencia de la pendiente y longitud de ladera.
- Factor R: Se estimó con la ecuación de Diodato (2006) a partir de datos de 11 estaciones meteorológicas (1997–2024; Red SAIH Hidrosur), interpolados con Kriging Empírico Bayesiano (Empirical Bayesian Kriging, EBK) en ArcGIS Pro 10.8.

3. Resultados

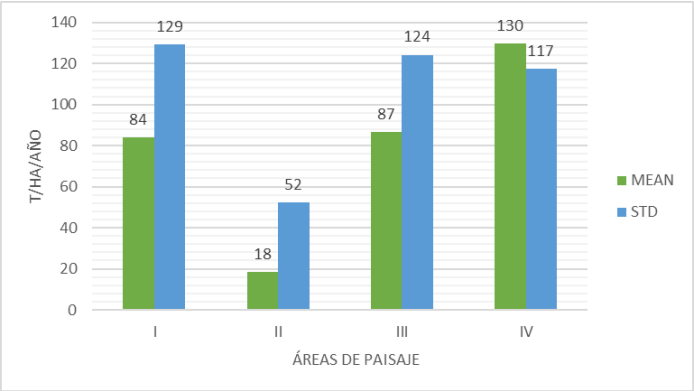
La Figura 2 muestra los resultados del modelo RUSLE y sus factores en el área de estudio. El factor R presenta un valor medio de 1.227,3 MJ ha^{-1} mm^{-1} $año^{-}$-, con máximos en el sur del parque, influido por frentes atlánticos, y mínimos en el norte, más protegido. El factor C alcanza sus valores más altos en zonas con bosques mixtos de coníferas. El factor LS, vinculado a la topografía, registra su máximo (86,4) en áreas montañosas e irregulares, como la meseta de Quejigales, donde predominan fuertes pendientes y gran altitud.

Figura 2. Cartografía ecuación RUSLE en PNSN. Fte: Elaboración Propia.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 3. Media y desviación típica de pérdida potencial de suelo (t/ha/año) por área de paisaje. Fte: Elaboración propia.



En definitiva, como resultado del modelo RUSLE y teniendo en cuenta que se observa una elevada perdida de suelo en todo el territorio, se deduce que la zona más alta (área de paisaje IV) con más de 1.500 m.s.n.m. es el área con valores más altos de perdida de suelo sobrepasando las 130 t/ha/año (Figura 2 y 3). El área de paisaje II es la zona que presenta los valores mínimos, indicando las tasas de pérdida de suelo más moderadas, también se refleja en el análisis de los factores. Las áreas de paisaje restante muestran tasas más homogéneas y no superan las 90 t/ha/año.

4. Conclusiones

1. En general, las tasas de pérdida de suelo en el Parque Nacional Sierra de las Nieves (PNSN) alcanzan niveles elevados. El factor C, vinculado a la cobertura vegetal, se presenta como el principal determinante en la distribución de las tasas de erosión del suelo en casi todas las áreas. No obstante, el papel topográfico influye significativamente, especialmente en las unidades de paisaje III y IV, donde se observa una gran variabilidad espacial.
2. La aplicación del modelo RUSLE en el PNSN resulta especialmente útil para apoyar la planificación y gestión del territorio. Este espacio protegido alberga una notable diversidad biogeográfica y geomorfológica, cuya conservación depende en gran medida del estado y funcionamiento del suelo como recurso clave. Así pues, la incorporación de técnicas de cartografía innovadoras como RF ha permitido mejorar la precisión de los resultados con respecto a trabajos previos, obteniendo unos datos clave para la creación de estrategias de conservación.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del trabajo realizado en el proyecto de investigación denominado “Laboratorio de Cambio Climático Ambiental y Biodiversidad (Lifewatch EnBi2Lab)” (LW-2019-UMA-01-SU), siendo cofinanciado por la Unión Europea y la Universidad de Málaga mediante los Fondos de Desarrollo Europeo Regional (FEDER), a través de la convocatoria del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

Además del proyecto: EcoGeografía de Paisajes de Cárcavas en Espacios Naturales Protegidos de Andalucía: Implicaciones para su Gestión y Puesta en Valor (EGEOLAND); Referencia: UMA20-FEDERJA-097; Junta de Andalucía-Fondos FEDER.

El autor agradece los fondos recibidos por la Fundación Ramón Areces que apoyó este trabajo.

5. Referencias bibliográficas

Delgado Peña, J. J., Remond Noa, R., & Martínez Murillo, J. F. (2017). Fragilidad visual del paisaje asociada a la dinámica temporal de los castañares en Faraján (España). *Cuadernos Geográficos, 56*(3), 116–135. https://www.redalyc.org/pdf/171/17154972006.pdf

Diodato, N. (2006). Predicting RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) monthly erosivity index from readily available rainfall data in Mediterranean area. *Environmentalist, 26*, 63–70. https://doi.org/10.1007/s10669-006-5359-x

Martínez-Murillo, J. F., Remond Noa, R., Hueso-González, P., & Ruiz-Sinoga, J. D. (2016). Resiliencia de la cubierta vegetal en un área de montaña mediterránea afectada por el fuego: el caso del incendio de Río Verde (provincia de Málaga, sur de España). *Pirineos, 171*, e024. https://doi.org/10.3989/pirineos.2016.171008

Menjíbar Romero, M., Remond Noa, R., & Martínez Murillo, J. F. (2024). Las unidades de paisaje del Espacio Natural Protegido de Sierra de las Nieves: caracterización, cambios y métricas. *Revista de Geografía Norte Grande, 87. (En prensa o sin DOI disponible)*

Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes, 5*(1), 3–30.

Olmedo Cobo, J., & Gómez Zotano, J. (2017). Los climas de la Serranía de Ronda: una propuesta de clasificación. *Takurunna, 6–7*, 23–57.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015047686

Sillero-Medina, J. A. (2022). *Repercusiones eco-geomorfológicas de la dinámica paisajística reciente, en ambientes mediterráneos contrastados* [Tesis doctoral, Universidad de Málaga]. Repositorio Institucional RIUMA. https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/24375

GESTIÓN DE LOS ESPACIOS FLUVIALES URBANOS Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: EL RÍO MANZANARES EN LA CIUDAD DE MADRID

PEDRO MOLINA HOLGADO[1]

FERNANDO ALLENDE ÁLVAREZ[2]

NIEVES LÓPEZ ESTÉBANEZ[3]

[1] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), pedro.molina@uam.es, https://orcid.org/0000-0001-6129-5648*

[2] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), fernando.allende@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-9941-8022*

[3] *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid (ES), nieves.lopez@uam.es, https://orcid.org/0000-0002-4556-0314*

Abstract: This work shows the environmental values of the banks of the Manzanares River in the city of Madrid, an area of great value due to its high richness and diversity: it has 619 taxa of flora and 149 bird species in a sector of 14.47 km (86.17 ha), many of them of special interest due to their rarity or conservation status. The research also critically reviews the technical specifications that regulate the maintenance of this riverbank and identifies and quantifies the impacts derived from the current management model by means of some examples. Among the negative effects observed, it is worth noting the decrease in the breeding populations of some bird species such as the common nightingale, with a 50% decrease in 2024 compared to 2023. Finally, it stresses the need to incorporate environmental criteria into the management of the river territory, as the only real possibility to maintain the values of an urban landscape that is key to the conservation of regional biodiversity.

Keywords: Urban Rivers; Urban Biodiversity; Manzanares River; Urban River Management, Urban Flora

1. Introducción

Los espacios fluviales urbanos son áreas de interés destacado para la conservación de la biodiversidad, tanto por la riqueza de las comunidades que albergan como por su importante función como corredores ambientales. En efecto, los ríos urbanos mantienen con frecuencia comunidades vegetales y fauna de especial valor por su elevada riqueza, alta diversidad o por mantener un buen número de taxa cuyo estado de conservación es desfavorable (Molina et al., 2024). Además, las áreas riparias asociadas a los ríos urbanos forman importantes corredores ambientales que, con frecuencia, representan la única posibilidad real para permeabilizar territorios intensa y extensamente urbanizados. Esto sucede en la ciudad de Madrid, el núcleo central de la tercera área metropolitana de Europa y la segunda de la Unión Europe según datos de Eurostat (2023). Se prevé además un rápido incremento de la superficie construida de esta ciudad y su entorno metropolitano (Eurostat, 2022) y con ello un aumento significativo de la artificialización del territorio, en gran medida debido a los procesos especulativos que dominan el mercado de la vivienda (Brandis, 2021), especialmente acusados en la última década.

Los trabajos propios desarrollados hasta la fecha (2020-2025) han permitido determinar en este tramo fluvial de 14.47 km, 615 especies de flora (619 taxones) (Molina, Allende, Estébanez, 2023; Molina, Allende, Estébanez et al., 2023), valor que representa el 9.6-9.8 % de la flora ibérica (6456 taxa-6276 especies) (Aedo et al, 2017; Ramos-Gutiérrez et al., 2021), el 23.4 % de la flora de la región de Madrid (2649 taxa) (Grijalbo, 2023) y el 38.6 % de la flora del territorio urbano (1603 taxa) (Bot Mad, 2023), en sólo 86.17 ha. Se han identificado también 179 especies de aves, un buen número de ellas raras, amenazas o virtualmente ausentes en espacios urbanos (Molina et al., 2024). A pesar de contar con estos importantes valores, el mantenimiento de este espacio fluvial se apoya en pliegos de prescripciones técnicas que no prestan atención a los mismos. Lamentablemente, los tratamientos y labores de mantenimiento han provocado la desaparición de flora amenazada, en algunos casos nunca citada en la ciudad de Madrid, la eliminación de especies sensibles o la drástica reducción de aves nidificantes de especial interés.

2. Materiales, datos y métodos

El área de estudio se sitúa en la ribera urbana del río Manzanares en la ciudad de Madrid. Ocupa un tramo de 14.47 km de cauce comprendido entre el entorno del antiguo jardín de Migas Calientes y el final del Parque Lineal 2, muy próximo al término municipal de Getafe. El tramo fluvial analizado se distribuye en 19 cuadrículas UTM de 1 km^2, 13 de las cuales (9.61 km de cauce, 66.41%) están localizadas en un ámbito urbano de elevada densidad edificatoria en zonas colindantes a espacios construidos o infraestructuras viarias de alta ocupación. En este tramo, el río Manzanares salva un desnivel de 32 m (553-585 m), siendo por tanto la pendiente media del cauce de 2.21 m/km

Los datos relativos al medio natural se han obtenido entre los años 2020 y 2025. En el caso de las aves, mediante transectos para los paseriformes y afines y cómputos globales para las aves acuáticas. En el caso de la flora, mediante análisis globales por cuadrícula UTM 1 km^2. Se han empleada 853 horas de trabajo de campo distribuidas en 133 jornadas hasta mayo de 2025 para la obtención de los datos de aves, 365 horas en 61 jornadas en el caso de la flora.

El pliego de prescripciones técnicas que regula en la actualidad los trabajos de mantenimiento del río Manzanares en la ciudad de Madrid y los contratos menores desarrollados en este sector del espacio

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

fluvial urbano se han obtenido en la Plataforma de Contratación del Sector Público del Ministerio de Hacienda.

3. Resultados

3.1. El valor del territorio fluvial para la biodiversidad

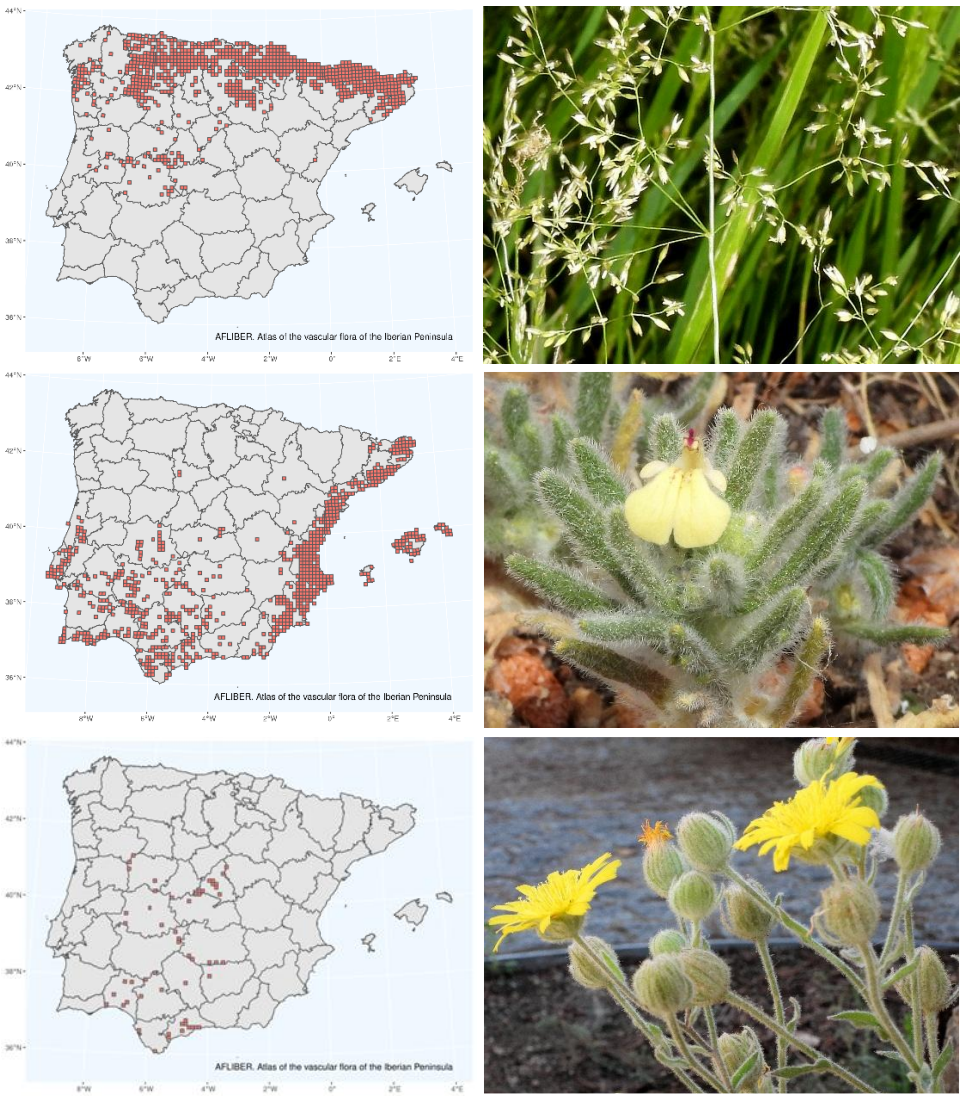
El 34.73% (215/619) de los taxa de flora de la ribera urbana del río Manzanares son elementos de especial interés. Cabe destacar la presencia de 12 taxones no citadas en la región de Madrid en *Flora Iberica* (Castroviejo et al., 1986-2019), 38 no mencionados en la ciudad de Madrid, 8 no citados en la ciudad desde el siglo XIX, 2 considerados Extintos y 24 incluidos en la *Lista Roja de la flora urbana de Madrid* (Molina, Allende, Estébanez, 2023; Molina, Allende, Estébanez et al., 2023; Molina et al., 2024). Algunos de éstos se recogen en la Figura 1, mostrando su distribución ibero-balear y rareza en la región de Madrid. Destacan por su elevada riqueza los tramos situados en torno a Legazpi-Matadero (30TVK4071, 344 taxa), Parque Lineal 2 (30TVK4366, 311 taxa; 30TVK426, 291 taxa), siendo el valor medio del conjunto de cuadrículas UTM 1 km^2 de 216.51 sd 70.88. En relación con las especies no citadas en la región de Madrid, de las 12 observadas sólo 2 son taxones autóctonos. Se trata de *Erodium chium* (L.) Willd: (30TVK4169, 30TVK4268) y *Sisymbrium erysimoides* Desf. (30TVK3874, 30TVK3972).

La primera especie es una geraniácea de distribución mediterráneo meridional (Bolòs & Vigo, 1990), presente en el E y SO de la península, llegando por el interior hasta el valle del Ebro, Córdoba y Ciudad Real (Navarro, 2015). Las poblaciones más próximas al área de estudio se encuentran alejadas varios cientos de kilómetros, en Ciudad Real. En la ribera del Manzanares, las dos únicas poblaciones conocidas se localizan en el Parque Lineal, en la zona de inundación periódica del canal de bankfull (550 m), próximas a la lámina de agua, y en el borde superior del canal, cerca de una infraestructura de paso (564 m).

El otro elemento autóctono citado *ex novo*, *Sisymbrium erysimoides*, es una crucífera anual, ruderal y arvense, de distribución mediterráneo meridional, sahariana y paleotropical (Bolòs & Vigo, 1990). Está presente en el E de la Península Ibérica y Baleares, localizándose las poblaciones más próximas al área de estudio en la provincia de Albacete (Pujadas, 1993). En la ribera del Manzanares aparece en dos ubicaciones situadas en Madrid Río, en emplazamientos similares: la berma formada sobre los muros del canal del río, en ambos casos en margen derecha y orientación E (578 m). Existe una tercera población, muy próxima a la anterior, en la calle Paseo Marqués de Monistrol (580 m), también con la misma orientación, a menos de 60 m del cauce, muy cerca del Puente de Segovia. Es interesante anotar que estas posiciones son las de mayor termicidad de la ribera por el número de horas de insolación directa acumulada. Esta característica de los emplazamientos debe favorecer a esta crucífera, dado su carácter termófilo.

En relación con las aves, se han identificado 149 especies hasta la primera quincena de mayo de 2025, de las cuales 107 son aves forestales-palustre-urbanas y 42 aves acuáticas. Es un valor muy elevado si se considera que la riqueza global de España alcanza las 638 especies, incluyendo aves accidentales (Rouco et al., 2022). Esta ribera alberga por tanto el 23% de las especies de aves presentes en España, incluyendo sólo las que utilizan el área de estudio de manera habitual. Además, mantiene poblaciones de aves globalmente amenazadas de acuerdo con los criterios del *Libro rojo de las aves de España* (López-Jiménez, 2021). Entre otras, Martín pescador (*Alcedo atthis)* (En peligro), Grajilla occidental (*Coloeus monedula*) (En peligro) o Golondrina común (*Hirundo rustica*) (Vulnerable).

Figura 1. Distribución ibero-balear UTM 10 x 10 km de algunos taxones de especial interés presentes en el área de estudio. De arriba a abajo, *Agrostis capillaris* L., *Ajuga iva* (L.) Schreb. (NC), *Andryala rothia* Pers. (LR).



Fuente: mapas, Afliber data Base Explorer https://afliber.shinyapps.io/afliber/. Imágenes, © Autores, 2025.

3.2. Las intervenciones de mantenimiento en el tramo fluvial urbano

En la actualidad, el mantenimiento del tramo urbano del río Manzanares se regula por lo establecido en el *Pliego de prescripciones técnicas que rige el contrato de servicio de conservación del río Manzanares a su paso por el término municipal de Madrid* (expediente 300/2022/00105), adjudicado a la empresa MATINSA el 31.08.2022 por 12 483 169.35 € (importe con impuestos). Este contrato, como indica el *Pliego de cláusulas administrativas particulares*, estará vigente cuatro años contados a partir del 1.10.2022. El contrato de mantenimiento ejecutado anteriormente fue adjudicado a esta misma empresa por un valor global de 4 790 582.74 (expediente 300/2018/00850, 2 años sin prórrogas, 01.02.2019-31.01.2021).

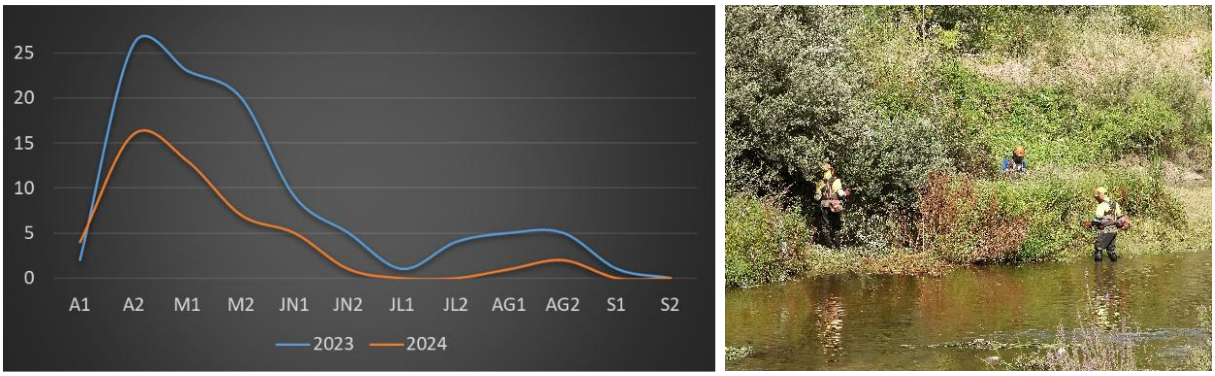
El vigente pliego hace referencia de manera genérica en el *Capítulo II. Descripción de tareas a realizar* a la "gestión de la fauna piscícola y avícola", indicando que "*las actuaciones del Servicio de Conservación en este ámbito deben estar dirigidas al fomento, protección, mantenimiento y control de la fauna autóctona asociada al río, realizando estudios y censos poblacionales periódicos, controlando el estado zoosanitario general y solventando cualquier incidencia que sobre ella se produzca*". Plantea además la realización de un censo piscícola anual en 2 puntos de muestreo por cada tramo del río (superior, urbano e inferior) y *"un censo poblacional de aves asociadas al río Manzanares al año, en el tramo comprendido entre el Embalse de El Pardo y el arroyo de La Abulera".* En relación con la flora, el pliego indica en el *Capítulo II. V.05. Elaboración de informes y estudios* la necesidad de "*Elaborar estudios y propuestas de mejora sobre la gestión del río Manzanares y sus infraestructuras, tanto desde el punto de vista natural (flora y fauna) como de sus instalaciones y mantenimiento*"

El pliego incluye cuatro unidades de ejecución anuales relativas a la *Gestión de la fauna piscícola y avícola* (Capitulo II. V03) por un importa anual de 16 089.03 € (total 64 356.12 €). A diferencia de lo que sucede en lo relativo a limpieza del cauce o a la realización de desbroces, el pliego no cuenta con una descripción detallada y no se indica el alcance de los trabajos a realizar. Además, no se incluye ninguna partida presupuestaría relacionado con el análisis, gestión o conservación de la valiosa flora del espacio fluvial.

3.3 Un ejemplo de los efectos del mantenimiento del río en su biodiversidad

La disminución de la población de Ruiseñor común (*Luscinia megarhynchos*) en el Parque Lineal 2 en 2024 (Figura 2) pone de manifiesto la limitada observación de condicionantes ambientales en el modelo de gestión del río. La eliminación de los zarzales (*Rubus ulmifolius*) de las márgenes, con la finalidad de limpiar los residuos depositados por la avenida causada por el excepcional episodio de lluvias del 19.10.2023 (93 mm en el pluviómetro P_62 de la red SAIH, https://saihtajo.chtajo.es/pluviometria), ha provocado una drástica disminución del hábitat de esta especia en este tramo del Manzanares. Como puede observarse en la Figura 2, el desplome de la población reproductora en 2024 (10±3 aves) respecto a 2023 (21.5 ±1.5 aves), superior al 50%, es evidente. Este es sólo un ejemplo, podrían mostrarse otros que ponen de manifiesto la necesidad de incorporar criterios ambientales a la gestión de especio fluvial

Figura 2. Evolución quincenal del Ruiseñor común (*Luscinia megarhynchos*) en el Parque Lineal 2 en abril-septiembre de 2023 y 2024 (nº individuos). Desbroce no selectivo de la orilla aluvial (18.07.2023/30TVK3775)



Fuente: © Autores, 2025.

4. Conclusiones

Los trabajos de conservación y mantenimiento aplicados al río Manzanares deben considerar el importante valor de este territorio fluvial urbano para la conservación de la biodiversidad a escala local, regional y suprarregional. El pliego de prescripciones técnicas que en la actualidad regula los mismos hace referencias poco concretas a la necesidad de integrar estos aspectos en el modelo de gestión del río. En el caso de las aves, el presupuesto global destinado a la obtención de información debería haber servido para plantear modelos de intervención respetuosos con esta clase de vertebrados. El escaso interés atribuido a la flora y vegetación del río queda reflejado por la ausencia de partidas presupuestarias destinadas a su estudio y conocimiento, a pesar de indicarse de manera genérica en el pliego vigente la necesidad de "*Elaborar estudios y propuestas de mejora sobre la gestión del río Manzanares y sus infraestructuras, tanto desde el punto de vista natural (flora y fauna) como como de sus instalaciones y mantenimiento*". Estas afirmaciones, sin actuaciones claras y concretas con soporte económico, son tan inútiles como impostadas. La observación de estos aspectos podría haber evitado la eliminación y desaparición de flora amenazada o el desarrollo de trabajos selvícolas en periodos de reproducción o actividad vegetativa. Por este motivo, de cara a futuro, es imprescindible que los nuevos pliegos de prescripciones técnicas que regulen los trabajos a desarrollar incorporen estos aspectos.

5. Referencias bibliográficas

Aedo, C., Buira, A., Medina, L. & Fernández-Albert, M. (2017). The Iberian Vascular Flora: Richness, Endemicity and Distribution Patterns. En J. Loidi (ed), *The Vegetation of the Iberian Peninsula. Plant and Vegetation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54784-8_4

Brandis García, D. (2021). Urban policies and large projects in central city areas: the example of Madrid (Spain). *Urban Science*, 5 (2), 42.

Bolòs, O. & Vigo, J. (1990). *Flora manual dels Països Catalans. Vol.II (Crucíferes-Amarantàcies).* Barcino.

Bot. Mat. (2023). *Flora Urbana de Madrid. Catálogo, Lista Roja y recomendaciones para la gestión del patrimonio botánico de la ciudad*. Doce Calles.

Castroviejo Bolívar, S. et al. (1986-2021). *Flora Iberica. Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. (Vols. I-XXII).* Real Jardín Botánico, CSIC. http://www.floraiberica.es/

EUROSTAT (2022). *Eurostat regional yearbook–2022 edition*. Publications Office of the European Union.

EUROSTAT (2023). *Metropolitan regions. In Regions and Cities Overview*. Publications Office of the European Union. https://ec.europa.eu/eurostat/web/metropolitan-regions

Grijalbo, J. (2023). *Catálogo Flora Madrid 2023*. http://javiergrijalbo.blogspot.com/p/catalogo.html.

López-Jiménez, N. (Ed.) (2021). *Libro Rojo de las aves de España*. SEO/BirdLife. https://seo.org/libro-rojo-2021/

Molina Holgado, P., Allende Álvarez, F. & López Estébanez, N. (2023, junio). *Los efectos positivos de la renaturalización del río Manzanares (Madrid) en la riqueza florística del espacio fluvial urbano [Anexo I. Taxones de especial interés (tramo M500-M45) (13,58 km) (30TVK37, 30TVK46, 30TVK47)]. Datos nuevos (junio 2023).* https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33134.38722/1

Molina Holgado, P., Allende Álvarez, F., López Estébanez, N. & Franco Múgica, F. (23-27 de octubre, 2023). *Are Urban Rivers Areas of Interest for the Conservation of Riparian Flora? The Case of the Manzanares River in the City of Madrid (Spain*) [Póster]. 4th Mediterranean Plant Conservation Week "Plant Conservation and Ecosystem Restoration in the Mediterranean". Valencia. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20269.87525

Molina Holgado, P. Allende Álvarez, F., López Estébanez, N. & Jendrzyczkowski Rieth, L. (2024). Los espacios fluviales urbanos, áreas de especial interés para la conservación de la biodiversidad. El caso de la ciudad de Madrid (España). En Comité Español de la Unión Geográfica Internacional (Ed.), *Diversidad, dinámicas y respuestas ante el cambio global* (pp. 91-104). Centro Nacional de Información Geográfica.

Navarro, C. (2015). *Erodium* L´Hér. En F. Muñoz Garmendia et al. (Eds.), *Flora Ibérica. Plantas vasculares de Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. IX. Rhamnaceae-Polygalaceae.* (pp. 316-372). Real Jardín Botánico, CSIC.

Pujadas, A. (1993). *Sisymbrium* L. En S. Castroviejo et al. (Eds.), *Flora Ibérica. Plantas vasculares de Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. IV. Cruciferae-Monotropaceae* (pp. 23-26). Real Jardín Botánico, CSIC.

Ramos Gutiérrez, I., Lima, H., Pajarón Sotomayor, S., Romero Zarco, C., Sáez, L., Pataro, L. & Moreno Saiz, J. C. (2021). Atlas of the vascular flora of the Iberian Peninsula biodiversity hotspot (AFLIBER). *Global Ecology and Biogeography*, 30, 1951–1957. https://doi.org/10.1111/geb.13363

Rouco, M., Copete, J. L., De Juana, E., Gil-Velasco, M., Lorenzo, J. A., Martín, M., Milá, B., Molina, B. & Santos, D. M. (2022). *Lista de las aves de España. Edición de 2022*. SEO/BirdLife.

DIAGNÓSTICO DE GOBERNANZA EN LAS MARISMAS DE LA BAHÍA DE CÁDIZ A TRAVÉS DEL GASTO PÚBLICO Y ANÁLISIS DE COMPETENCIAS EN USO PÚBLICO Y CONSERVACIÓN

CRISTINA PALLERO FLORES [1]

JOSÉ LUIS OVIEDO [2]

JAVIER GARCÍA-ONETTI[3]

[1]*Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Av. República Saharaui s/n, Campus Rio San Pedro, 11519 Puerto Real, Cádiz,* cristinapalleroflores@gmail.com, *https://orcid.org/0000-0002-5443-1506*

[2]*Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Av. República Saharaui s/n, Campus Rio San Pedro, 11519 Puerto Real, Cádiz,* jose.oviedo@csic.es, *https://orcid.org/0000-0003-2043-5020*

[3]Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz, Avda. Doctor Gómez Ulla s/n, 11003 Cádiz, España, javier.onetti@uca.es, https://orcid.org/0000-0002-4932-6138)

Abstract: The marshes of the Bay of Cádiz represent a valuable anthropized landscape, characterized by traditional uses such as saliculture and aquaculture, alongside more recent recreational and extractive activities. The economic assessment includes public spending aimed at maintaining and enhancing ecosystem goods and services, with various entities involved in their conservation and use. This complex governance structure necessitates a strategic and integrated approach to address overlapping responsibilities and the diversity of stakeholders involved. This study seeks to identify the investments and competencies required for managing public use, conserving biodiversity, and preserving the landscape. These objectives are pursued through actions such as habitat restoration, public engagement, surveillance, environmental education, scientific research, and administrative management. By emphasizing investments that support both public access and biodiversity conservation, the analysis highlights the crucial role of protected area management entities, infrastructure, and facilities in ensuring effective territorial governance in the Bay of Cádiz. Finally, the study presents an exploratory allocation of public expenditures based on adapted production, capital, and environmental-economic accounts, linking them to key elements of territorial governance. This approach contributes to a better understanding of wetland management and promotes a more coherent and efficient governance model.

Keywords: Anthropized landscape; governance; public investments; competencies.

1. Introducción

Las marismas costeras de la Bahía de Cádiz constituyen un ejemplo de paisaje antropizado, con un alto valor tanto ecosistémico como social, debido al equilibrio entre los usos tradicionales que se han dado en la zona (salicultura principalmente) [1,2]. A su vez, estas marismas son una parte importante del Parque Natural Bahía de Cádiz donde constituyen el paisaje protagonista (61% según el Plan de Ordenación de Recursos Naturales –PORN- del Parque). Asimismo, se encuentra en evolución debido a los usos y actividades emergentes tanto del tipo recreativo como extractivo con diferente grado de tecnificación (salicultura/acuicultura tradicional/extensiva, intensiva/industrial, etc.), entre otros. Las marismas naturales inalteradas conforman un pequeño porcentaje de la extensión de los humedales en la Bahía como son la Isla de Trocadero y la Marisma de Sancti Petri. No obstante, este entorno cuenta con gran valor paisajístico y con una importante biodiversidad como ecosistemas costeros y de transición fluvial.

Debido a la superposición de figuras administrativas y organización competencial, son diversas las entidades e instituciones que destinan recursos a la gestión de este espacio. El objetivo general del estudio persigue el planteamiento de un enfoque de diagnóstico de la gobernanza unificando el gasto público destinado a la gestión de las infraestructuras de uso público y a la conservación de la biodiversidad como elementos vertebradores de la gestión territorial en el caso de la Bahía de Cádiz.

2. Materiales, datos y métodos

La información necesaria para analizar el gasto público se encuentra disperso en las diferentes administraciones y entidades implicadas, siendo un caso especialmente complejo el de la Bahía de Cádiz por la distribución competencial entre las administraciones locales, regionales, nacionales y específicas. Con el propósito de recolectar la información, se ha recurrido a diferentes secciones y servicios de las administraciones públicas en todas sus escalas de actuación territorial, además de acudir a las empresas concesionarias de las obras y servicios identificados. Para abordar las entidades implicadas en la administración y gestión del ámbito de estudio, lo cual se relaciona directamente con el gasto público dirigido a los humedales costeros de la Bahía de Cádiz (en adelante HCBC), cabe identificar la organización competencial.

Atendiendo al carácter público de las entidades consideradas, a continuación, se presentan los principales documentos de acceso público consultados: Memoria 2021 Parque Natural Bahía de Cádiz (PNBC) [3]; Plan de Desarrollo Sostenible –PDS-[4] ; Plan Rector de Uso y Gestión –PRUG- y Plan de Ordenación de Recursos Naturales –PORN- del PNBC [5]; Relación Puestos de Trabajo de la Junta de Andalucía [6]; Expedientes de ejecución, contratos y anuncios de todos los proyectos/servicios/actuaciones imputables a 2021 e históricos incluidos en el estudio [7] y Portal de Transparencia de TRAGSA [8]. Además, se han ido realizando entrevistas con funcionarios y otros trabajadores con competencias en la Bahía de Cádiz tanto para la obtención de información como para facilitar la comprensión de la organización competencial del ámbito desde el enfoque del gasto público (12 entrevistas personales con funcionarios y empresas concesionarias de obras y servicios).

2.1. El caso de estudio.

Partiendo de la necesidad de diferenciar los ámbitos de actuación en el área de estudio para un abordaje coherente y que refleje la realidad del mismo, se identifican los principales grupos de actividades y actuaciones que tienen lugar en HCBC, desde el punto de vista del uso público.

I) Conservación y restauración de hábitats y especies (biodiversidad y paisaje): Se refiere a las actuaciones para el mantenimiento y mejora de las características físicas y ecológicas con el objetivo de favorecer la biodiversidad y el paisaje del entorno. Entre estas actuaciones se consideran: elaboración de inventarios de fauna y flora; recuperación de especie y hábitats amenazados; planes de ordenación y gestión de los recursos naturales y especies que así lo requieran; observación y monitorización; etc.

II) Soporte para el uso público: En este bloque de actuaciones se consideran aquellas inversiones de infraestructuras, actuaciones y equipamientos facilitados por la administración pública que sirven de soporte para el desempeño del uso público. Por ejemplo: centro de visitantes; sendas y caminos; acondicionamiento de áreas recreativas; señalización; limpieza y acondicionamiento; puntos y materiales de información; etc. Incluyen el acondicionamiento, deslinde y amojonamiento de vías pecuarias, puertas y corredores verdes y gastos administrativos relacionado con las mismas en caso de haberlas.

III) Vigilancia: Se incluye específicamente las tareas e infraestructuras asociadas referentes a la seguridad y vigilancia (puntos de vigilancia, servicio, equipos, etc.). Se contempla tanto la función de los Agentes Medioambientales de la administración, como los encargados de estas funciones por empresas privadas siempre que se realicen en el ámbito

IV) Servicios de educación ambiental y participación social: Aquí se consideran inversiones y actuaciones relacionadas con los centros de educación ambiental, producción de material audiovisual, campañas de divulgación y sensibilización ambiental, organización de jornadas y otras actividades; etc.

V) Servicios de información e investigación ambiental: En este bloque se consideran las actividades de investigación en el entorno, desarrollo cartográfico y software, gestión de la red de información ambiental (con la consecuente gestión y actuación de bases de datos); etc

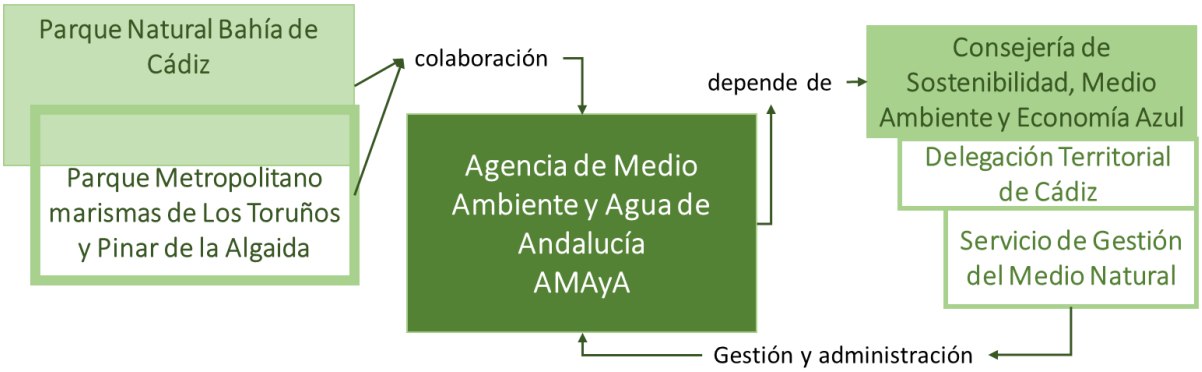
VI) Actividades administrativas y de gestión generales: Aquí se consideran, por ejemplo, el personal a cargo de las administraciones y organismos públicos identificados que trabajan en el entorno, y que no se enmarcan particularmente en las actividades nombradas en los otros bloques.

Este estudio no incluye la actividad privada ya que existe una amplia gama de usos y actividades posibles vinculados a la iniciativa privada y que deben considerarse particularmente, al requerir de procedimientos inherentes a la actividad, más allá del emplazamiento en el área protegida. Por ejemplo, el marisquero debe seguir un camino administrativo propio y vincular a las entidades relacionadas con el control de la actividad (autorizaciones, inspecciones, etc.), además de contar con las autorizaciones y limitaciones pertinentes derivadas de las características jurídico-administrativa del territorio.

3. Resultados

La Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, competente en conservación de la biodiversidad, gestiona sus actuaciones a través de la Secretaría General y la Delegación Territorial de Cádiz. La ejecución recae en la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMAyA), como entidad instrumental, con el apoyo complementario de la Oficina del Parque Natural Bahía de Cádiz y los gestores del Parque Metropolitano Marisma de los Toruños y Pinar de la Algaida. (Figura 1).

Figura 1. Entidades competentes en materia de conservación de la biodiversidad



La vigilancia ambiental en los HCBC recae en los Agentes de Medio Ambiente, dependientes de la Consejería de Sostenibilidad, con competencia en toda la Unidad Biogeográfica 4, más allá del PN Bahía de Cádiz. Actúan coordinadamente con la Oficina del PNBC y, en ocasiones, con el SEPRONA. En el Parque Metropolitano de Los Toruños, integrado mayoritariamente en el PNBC, las actuaciones deben comunicarse a la Oficina del PNBC o a los Agentes. Además, el parque cuenta con vigilancia privada centrada en usos e infraestructuras, que colabora en el cumplimiento normativo (Figura 2).

Figura 2. Competencias en materia de vigilancia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

El análisis de las relaciones jurídico-administrativa entre las entidades involucradas en la gestión y ordenación de los humedales de la Bahía de Cádiz es el primer paso para avanzar en un diagnóstico de la gobernanza que efectivamente se desarrolla en un entorno con una alta complejidad socio-ecosistémica. Por ello, caben resaltar las siguientes cuestiones:

- Los fondos públicos son canalizados a través de múltiples organismos, dependiendo de la competencia y naturaleza del proyecto: AMAyA, AVRA, y la Agencia de Obra Pública (empresas públicas); TRAGSA/TRAGSATEC (entidades semipúblicas); y Empresas privadas en casos de colaboración o externalización (ej. Dragados).
- La ejecución de infraestructuras y actuaciones no recae siempre en los órganos gestores locales (como la Oficina del PNBC), sino en servicios especializados dentro de las consejerías o entidades ejecutoras externas.
- Inversiones en infraestructuras de uso público:
- Se gestionan de manera compartida entre la CSMAEA y la CFATV.
- La ejecución concreta depende de encargos o concesiones administrativas que requieren de un contexto pormenorizado de causalidad y circunstancias en el desarrollo (incluidos los drivers socio-económicos).
- Colaboración público-privada: presente especialmente en la gestión del Parque Metropolitano (PMTyA) y representado en los encargos de empresas privadas colaboran con vigilancia e infraestructuras.
- Intervención estatal (Costas): aunque tiene competencia normativa, puede ejecutar actuaciones a través de terceros (públicos o privados), implicando la movilización de fondos estatales en coordinación con otras entidades.

Todas estas cuestiones deben ser completadas con el detalle de gasto asociado para aproximar la renta social (y ambiental) relacionada con la gestión del uso público y la conservación, como vertebradores de la ordenación del territorio y de sus servicios ecosistémicos.

5. Referencias bibliográficas

Díaz-Almela, E., Piñeiro-Juncal, E., Huertas, E., & colaboradores (2021). Las marismas de marea andaluzas como sumidero y almacén de carbono orgánico: evaluación en proyectos LIFE (Odiel y Bahía de Cádiz). Chronica Naturae, 8, 35–56

[Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (2024). Servicios ecosistémicos del Parque Natural Bahía de Cádiz: marismas, playas, dunas, pinares y medios marinos. In Servicios ecosistémicos del Parque Natural Bahía de Cádiz (pp. 1-30). Mujeres del Mar.

Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, Delegación Territorial de Cádiz, (2021). "Memoria anual de actividades y resultados. Parque Natural Bahía de Cádiz 2021". Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/memoria-de-actividades-y-resultados-parque-natural-bah-c3-ada-

Decreto 518/2022, de 11 de octubre, por el que se aprueba el II Plan de Desarrollo Sostenible del Parque Natural Bahía de Cádiz y su área de influencia socioeconómica y el Programa Operativo Horizonte 2024. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Número 199 - lunes, 17 de octubre de 2022, página 16168/1. https://www.juntadeandalucia.es/boja/2022/199/BOJA22-199-00003-16168-01_00269437.pdf

Decreto 130/2024, de 23 de julio, por el que se aprueban el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Bahía de Cádiz, el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural del Estrecho y del Paraje Natural Playa de los Lances y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural del Estrecho y medidas de gestión para la Zona Especial de Conservación y se modifican el Decreto 90/2006, de 18 de abril, y el Decreto 1/2017, de 10 de enero. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Número 146 - Lunes, 29 de julio de 2024, página 48661/1. https://juntadeandalucia.es/eboja/2024/146/BOJA24-146-00196-48661-01_00305611.pdf

Datos abiertos de la Junta de Andalucía (2023). Relación Puestos de Trabajo de la Junta de Andalucía, recuperado el 12 de junio de 2024. Disponibles en: https://www.juntadeandalucia.es/datosabiertos/portal/dataset/relacion-de-puestos-de-trabajo-de-la-junta-de-andalucia.

Portal de transparencia de Junta de Andalucía (2021). Contratos, convenios y subvenciones. Expedientes de ejecución, contratos y anuncios de todos los proyectos/servicios/actuaciones imputables a 2021 e históricos incluidos en el estudio, disponibles en: https://www.juntadeandalucia.es/organismos/transparencia/contratos-convenios.html.

Portal de Transparencia de TRAGSA (2023). Relación de contratos imputables a la anualidad 2021. Consultado a fecha 20 de marzo de 2023. Disponible en: https://www.tragsa.es/_layouts/15/GrupoTragsa/contratos.aspx.

Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Boletín número 60 de 27/7/1989. Disposición vigente publicada en BOJA núm. 67 de 11/4/2023. Disponible en https://ws040.juntadeandalucia.es/sedeboja/web/textos-consolidados/resumen-ficha?p_p_id=resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet&p_p_lifecycle=0&_resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet_recursoLegalAbstractoId=13669#.

ACEPTACIÓN SOCIAL DE LOS SISTEMAS AGROVOLTAICOS EN LA PROVINCIA DE JAÉN: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN EN EL CULTIVO DE OLIVAR

FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ-SEGURA[1]

NESLIHAN ÖNDER ÖZEN[2]

JOSÉ LUIS SERRANO-MONTES[3]

[1]*Filiación institucional: Dpto. de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, s/n., 39005, Santander, rodsegurafj@unican.es, https://orcid.org/0000-0002-3076-7515*

[2]*Filiación institucional: Dpto. de Geografía Humana, Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Cartuja s/n., 18071 Granada, neslihan@correo.ugr.es, https://orcid.org/0000-0002-7074-1993*

[3]*Filiación institucional: Dpto. de Geografía Humana, Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Cartuja s/n., 18071 Granada, joselsm@ugr.es, https://orcid.org/0000-0003-1396-9235*

Abstract: The growing global energy demand, coupled with the urgency to reduce greenhouse gas emissions, has highlighted the need to transition toward innovative renewable energy solutions. Agrivoltaic systems, which combine solar energy production with agricultural activities on the same land, present a promising approach to balancing energy generation, land-use efficiency, and environmental sustainability. However, the successful deployment of these systems hinges on public acceptance, particularly in regions with deeply rooted agricultural practices. According to the European Landscape Convention, the inclusion of public participation in landscape protection, management, and planning processes is critical. This study explores, for the first time, farmers' attitudes toward agrivoltaic systems in the Mediterranean by exploring the perceptions of olive farmers in the province of Jaén (Spain). Using a structured survey, the research examines socio-demographic factors (gender, age, and education) and their influence on perceptions of technological innovation, environmental and agricultural concerns, and economic benefits. The findings of this study will be highly valuable for policymakers in the context of expanding land for renewable energy production in many regions. Understanding farmers' acceptance of renewable energy production is also crucial to preventing the displacement of local populations from rural areas, where aging demographics and a lack of job opportunities make communities increasingly vulnerable. Within the framework of landscape democracy, this study will provide valuable insights for promoting agrivoltaic systems in Mediterranean regions, where crops such as olive groves dominate, and will serve as a reference for integrating renewable energy into traditional agricultural landscapes.

Keywords: Agrivoltaic systems; Social acceptance; Olive groves; Renewable energy; Mediterranean landscapes.

1. Introducción

La creciente demanda energética, la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la presión sobre los recursos naturales han impulsado la búsqueda de soluciones renovables innovadoras. En este contexto, los sistemas agrovoltaicos surgen como una alternativa prometedora, al permitir la producción simultánea de energía solar y actividad agrícola en una misma superficie (Toledo y Scognamiglio, 2021). Esta integración mejora la eficiencia en el uso del suelo, genera ingresos adicionales para los agricultores y reduce el impacto ambiental de las prácticas agrícolas (Dupraz et al., 2011).

Diversos estudios han demostrado los beneficios técnicos y ecológicos de estos sistemas, como la optimización de la luz, la reducción del riego o la protección frente a fenómenos climáticos extremos (Barron-Gafford et al., 2019). No obstante, su implementación enfrenta importantes desafíos sociales, siendo la aceptación social uno de los principales obstáculos. Aunque en países como Estados Unidos o Alemania se han realizado investigaciones pioneras (Pascaris et al., 2020; Ketzer et al., 2020), en el ámbito mediterráneo europeo los estudios son escasos.

Ante esta carencia de estudios y considerando la relevancia del olivar en el paisaje, la cultura y la economía del sur de Europa, el presente trabajo explora por primera vez en España la percepción de los propietarios de olivares sobre los sistemas agrovoltaicos. El estudio se centra en la provincia de Jaén, territorio que alberga más de 66 millones de olivos y concentra el 50% de la producción nacional de aceite de oliva.

A través de una encuesta estructurada, el estudio analiza tres dimensiones clave: la percepción de la innovación tecnológica, las preocupaciones ambientales y paisajísticas, y los criterios económicos. Además, se consideran variables sociodemográficas como el género, la edad y el nivel educativo, ya que influyen de forma significativa en la percepción social de las energías renovables (Karytsas y Theodoropoulou, 2014; Segreto et al., 2020). Los resultados obtenidos pretenden contribuir al diseño de políticas y estrategias que tengan en cuenta la percepción social de estos sistemas en territorios olivareros mediterráneos.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Diseño del cuestionario

Se elaboró un cuestionario enfocado en tres dimensiones esenciales:

1. Percepción de los sistemas agrovoltaicos como innovación energética.
2. Preocupaciones respecto al posible impacto sobre el paisaje, el medio ambiente y la actividad agraria.
3. Rentabilidad económica y beneficios directos e indirectos.

Para ello, el cuestionario se dividió en tres bloques temáticos:

- Bloque 1: Evaluó el conocimiento previo y las actitudes iniciales hacia los sistemas agrovoltaicos, así como su relación con la transición energética.
- Bloque 2: Se centró en los posibles impactos negativos sobre el paisaje, el medio ambiente y las prácticas agrícolas.

- Bloque 3: Analizó los factores económicos, incluyendo la disposición a aceptar estos sistemas si se perciben beneficios directos, mejoras en la valoración de la propiedad, y comparaciones con los ingresos generados por el cultivo del olivo.

Todas las preguntas fueron diseñadas con una escala de tipo Likert con tres opciones de respuesta: "de acuerdo" (1), "no sabe" (2) y "en desacuerdo" (3).

2.2. Difusión y aplicación de la encuesta

Para asegurar que los encuestados comprendieran el objeto del estudio, se ofreció una breve explicación sobre qué es un sistema agrovoltaicos al inicio del formulario. La encuesta se implementó mediante *Google Forms* y fue difundida de forma online a través de grupos de Facebook vinculados al olivar en Jaén, tanto públicos como privados, así como a través de las redes sociales oficiales de ayuntamientos locales, que colaboraron en su promoción. El único requisito para participar era ser propietario de al menos un olivar en la provincia. Esto es relevante, ya que, en el contexto andaluz, la mayoría de los propietarios también ejercen como agricultores activos: según el censo agrario más reciente, el 84,76% de los titulares de explotaciones trabajan sus tierras.

La difusión se mantuvo durante 6 meses (enero - junio de 2024), con recordatorios mensuales en los grupos. El uso de formularios digitales facilitó la recopilación y tratamiento automatizado de las respuestas.

2.3. Análisis de los resultados

Los datos obtenidos fueron analizados con el software *IBM SPSS Statistics*, aplicando una serie de pruebas estadísticas consecutivas:

- Prueba χ^2 de Pearson: Se utilizó para identificar asociaciones significativas entre las respuestas del cuestionario y, por un lado, el conocimiento previo sobre los sistemas agrovoltaicos, y por otro, las variables sociodemográficas (género, edad y nivel educativo).
- Coeficiente de correlación V de Cramer: Se aplicó para medir la intensidad de las relaciones identificadas mediante χ^2. Este coeficiente permite clasificar la fuerza de la asociación entre variables como débil (≤ 0.2), moderada ($0.2 - 0.6$) o fuerte (> 0.6).
- Análisis de residuos tipificados estandarizados: Este análisis permitió detectar qué categorías específicas (por ejemplo, mujeres, mayores de 65 años, etc.) contribuyen de forma significativa a los resultados obtenidos en la prueba χ^2. Solo se consideraron aquellos residuos cercanos o superiores a ± 2, valor que indica una desviación estadísticamente significativa respecto a lo esperado.

2.4. Características de la muestra

La muestra estuvo compuesta por 399 respuestas válidas, extraídas de una población total de 618.678 habitantes en la provincia de Jaén (INE 2024). El tamaño de la muestra presenta un margen de error del 4,9% con un nivel de confianza del 95%, lo que garantiza una representatividad adecuada para estudios en ciencias sociales. En cuanto a la distribución por género, un 31,56% de los encuestados fueron mujeres y un 68,44% hombres, reflejando una proporción coherente con el censo

agrario, que muestra una fuerte masculinización del sector (66,33% de los titulares de explotaciones son hombres). Por edades, predominan los grupos de 51 a 65 años (42,35%) y de 36 a 50 años (31,57%), lo que también se ajusta a la edad media de los agricultores de la región (61,4 años).

Territorialmente, se obtuvo participación desde 73 de los 97 municipios de la provincia, con representación en las 10 comarcas jiennenses, lo que permitió obtener una visión geográfica amplia de las percepciones sobre el tema en estudio.

3. Resultados

Los resultados del estudio muestran que existe una relación estadísticamente significativa entre la predisposición de los propietarios de olivares a instalar sistemas agrovoltaicos y la mayoría de las variables analizadas en la encuesta ($p < 0.001$). Las asociaciones más fuertes se concentran en torno a los factores económicos y a la compatibilidad con la actividad agrícola. En particular, se observa que la posibilidad de obtener beneficios económicos directos y la oportunidad de mantener la producción agrícola junto con la generación de energía solar son aspectos determinantes en la disposición favorable hacia esta tecnología. También se valora positivamente la posibilidad de arrendar terrenos a empresas sin perder la titularidad de la finca ni interferir en las labores agrarias, así como la percepción de que los ingresos procedentes de los sistemas solares podrían igualar o incluso superar a los del cultivo del olivar.

A pesar de que un alto porcentaje de los encuestados (74,2%) reconoció no conocer previamente los sistemas agrovoltaicos, se identificó una actitud generalmente receptiva hacia su implantación. Esta apertura podría estar influenciada por el conocimiento previo de la energía solar en general, dada la presencia de más de 50 plantas fotovoltaicas en la provincia de Jaén. En consecuencia, se observa una fuerte asociación con la idea de que estos sistemas pueden contribuir a acelerar la transición energética. En cambio, los aspectos relacionados con el impacto paisajístico o medioambiental, aunque también relevantes, generan asociaciones de intensidad media.

Además del análisis global, se examinaron las diferencias en las percepciones según tres variables sociodemográficas: género, edad y nivel educativo.

En cuanto al género, los resultados indican que, si bien no existen diferencias marcadas en la mayoría de los ítems, sí se identifican matices importantes en cuestiones vinculadas al paisaje y a los beneficios económicos. Las mujeres (n=126) se muestran más sensibles a los posibles efectos negativos de los sistemas agrovoltaicos sobre el entorno visual, y más dispuestas a modificar su opinión sobre la energía solar si dichos impactos fueran significativos. Por otro lado, los hombres (n=273) valoran en mayor medida la rentabilidad económica de estos sistemas en comparación con el rendimiento tradicional del olivar.

Respecto a la variable edad, se observan diferencias destacadas en la percepción de los efectos sobre la producción, el paisaje y la valoración económica. Los grupos más jóvenes, de 20 a 35 años (n=61) y los mayores de 65 años (n=43) expresan mayores niveles de preocupación por el posible impacto negativo en el paisaje, así como por una eventual reducción en la calidad o cantidad de aceitunas. También son más proclives a reconsiderar su opinión sobre la energía solar si la instalación de los sistemas afectara negativamente al entorno visual. En cambio, los encuestados de entre 36 y 50 años (n=126) se muestran menos preocupados por estos aspectos y más escépticos ante la posibilidad de que existan efectos negativos. En lo económico, los más jóvenes son quienes muestran mayor

optimismo respecto al incremento del valor de la propiedad gracias a la instalación de paneles solares, mientras que los mayores tienden a rechazar esta posibilidad.

Finalmente, el nivel educativo resulta ser la variable con mayor peso explicativo en una amplia gama de percepciones. Las personas con menor nivel formativo, bien sea sin estudios (n=52) o con estudios primarios (n=133), tienden a mostrar más dudas sobre el funcionamiento de los sistemas agrovoltaicos, y expresan mayor preocupación por el impacto en el trabajo agrícola, el paisaje y el medio ambiente. Por el contrario, quienes poseen estudios universitarios (n=66) muestran menos inquietudes en estos ámbitos y suelen tener una visión más crítica respecto a los supuestos beneficios, como el aumento del valor de la propiedad. Un punto intermedio lo constituyen quienes cuentan con formación profesional (n=72), que se muestran especialmente sensibles a las posibles consecuencias paisajísticas, pero también abiertos a modificar su percepción en función de los beneficios o perjuicios observados. En general, los encuestados con menor formación son quienes depositan mayores expectativas en los beneficios económicos de los sistemas solares, mientras que quienes tienen una formación superior adoptan una posición más moderada y crítica.

4. Conclusiones

Este estudio ofrece una contribución empírica novedosa al análisis de las actitudes comunitarias hacia los sistemas agrovoltaicos, centrándose específicamente en la percepción de los propietarios de olivares, un colectivo poco explorado hasta ahora en este ámbito. El cultivo del olivo posee un profundo valor cultural, económico y paisajístico en los países mediterráneos, lo que convierte a este contexto en un espacio estratégico para analizar la aceptación social de nuevas tecnologías energéticas.

Los resultados permiten extraer conclusiones útiles para diseñar políticas y estrategias que reduzcan las barreras sociales frente a la adopción de energías renovables, favoreciendo así la transición energética necesaria para afrontar los objetivos climáticos. Aunque estos datos no permiten predecir con certeza el comportamiento real de adopción, sí aportan claves para identificar oportunidades y obstáculos potenciales en la puesta en marcha de futuros proyectos.

En términos generales, se observa que, a pesar del escaso conocimiento previo sobre los sistemas agrovoltaicos y la ausencia de proyectos vinculados al olivar en la provincia de Jaén, no existe un rechazo inicial a la combinación entre producción energética y cultivo agrícola. Sin embargo, el análisis detallado muestra que las variables sociodemográficas —como el género, la edad y el nivel educativo— influyen de forma significativa en diferentes aspectos de esta aceptación local.

Por ejemplo, el género incide principalmente en las percepciones sobre el impacto paisajístico y la rentabilidad económica: las mujeres (n=126) muestran una mayor sensibilidad ante posibles alteraciones del paisaje, mientras que los hombres (n=273) tienden a priorizar la rentabilidad de los sistemas agrovoltaicos frente a los ingresos agrícolas tradicionales.

La edad también resulta relevante, especialmente en los aspectos relacionados con el paisaje y la valoración económica. Los grupos más jóvenes (20–35 años, n=61) y los mayores (+65 años, n=43) son los que muestran actitudes más influyentes: los mayores expresan mayor preocupación por el impacto visual negativo, mientras que los jóvenes son más proclives a cambiar su opinión sobre la energía solar si perciben consecuencias paisajísticas adversas. Además, los jóvenes son más optimistas respecto a una posible revalorización de sus propiedades, mientras que los mayores tienden a rechazar

esta posibilidad. A pesar de ello, la incertidumbre ("no sabe") es una respuesta frecuente, lo que podría deberse a la falta de experiencias previas, al desconocimiento o a un escaso interés en la temática.

En cuanto al nivel educativo, este es el factor que mayor influencia presenta en un mayor número de cuestiones. La muestra se distribuye de la siguiente manera: un 13% de los encuestados no tiene estudios (n=52), un 33,33% cuenta con educación primaria (n=133), un 19,04% tiene estudios secundarios (n=76), un 18,04% posee formación profesional (n=72) y un 16,54% ha cursado estudios universitarios (n=66). Las personas con menor nivel educativo son más propensas a expresar preocupaciones sobre la alteración del paisaje y sobre los posibles efectos negativos sobre la actividad agrícola. También muestran mayor tendencia a considerar que existen cultivos o terrenos más adecuados que el olivar para instalar este tipo de infraestructuras. Por el contrario, los encuestados con formación profesional o universitaria se muestran más receptivos, especialmente si perciben beneficios económicos, y valoran de forma más crítica las posibles repercusiones ambientales o paisajísticas.

En conjunto, los hallazgos de este estudio proporcionan una base útil para mejorar la aceptación social de los sistemas agrovoltaicos. Aunque no se trata de una medición directa de dicha aceptación, los datos permiten abordar aspectos clave que la condicionan. Comprender las percepciones y actitudes de los propietarios afectados puede facilitar el diseño de campañas informativas y estrategias de intervención más eficaces, que favorezcan la implantación de estos proyectos en regiones donde el olivar constituye un componente esencial del paisaje y de la identidad territorial.

5. Referencias bibliográficas

Barron-Gafford, G.A., Pavao-Zuckerman, M.A., y Minor R.L. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability 2*(9):848-855. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5

Dupraz,C., Marrou, H., Talbot,G., Dufour, L., Nogier, A., y Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy 36*(10):2725-2732. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). *Población por provincias, sexo y grupos quinquenales de edad*. https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2876

Karytsas, S., y Theodoropoulou, H. (2014). Socioeconomic and demographic factors that influence publics' awareness on the different forms of renewable energy sources. Renew Energy 71:480-485. https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.059

Ketzer, D., Schlyter, P., Weinberger, N., y Rösch, C. (2020). Driving and restraining forces for the implementation of the Agrophotovoltaics system technology–A system dynamics analysis. *Journal of Environmental Management*, 270:110864. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110864

Pascaris AS, Schelly C, Pearce JM (2020) A first investigation of agriculture sector perspectives on the opportunities and barriers for agrivoltaics. Agron10(12):1885. https://doi.org/10.3390/agronomy10121885

Segreto M, Principe L, Desormeaux, A, et al (2020) Trends in social acceptance of renewable energy across Europe—a literature review. *International Journal of Environmental Resilience and Public Health 17*(24):9161. https://doi.org/10.3390/ijerph17249161

Toledo,C., y Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). Sustainability *13*(12):6871. https://doi.org/10.3390/su13126871

DINÁMICAS ESPACIOTEMPORALES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA UNIÓN EUROPEA

JUDIT RUBIO DELGADO[1]

J. FRANCISCO LAVADO CONTADOR[2]

SUSANNE SCHNABEL[3]

[1]*Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, juditrd@unex.es, https://orcid.org/0000-0001-9791-1035*

[2]*Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, frlavado@unex.es, https://orcid.org/0000-0001-5736-1753*

[3]*Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, schnabel@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-8065-8878*

Abstract: Agroforestry, defined as the integration of woody vegetation with crop and/or livestock production to benefit from ecological and economic interactions, has become increasingly relevant within European agricultural, environmental, and climate framework. This study aims to assess the spatial and temporal dynamics of agroforestry systems in the European Union (EU) from 2012 to 2022 using the LUCAS survey dataset. The analysis differentiates between common agroforestry systems (AF_C) —including silvopastoral, silvoarable, grazed and intercropped permanent crops, and kitchen gardens— and those with small woody features (AF_{SWF}), encompassing arable crops with SWF, ungrazed permanent crops with SWF, grazed grassland with SWF and ungrazed grassland with SWF. The findings indicate that agroforestry systems covered approximately 408,073 km² in the EU in 2022, representing 25% of the total utilised agricultural area. Silvopastoral systems were predominant (29%), followed by arable crops with SWF (23%), ungrazed grassland with SWF (22%) and grazed grassland with SWF (15%). Over the study period, the total agroforestry area declined by 36%, with kitchen gardens being the only category to increase (by 24%). Agroforestry land use changes were largely characterized by a 77% transition from agroforestry to other land uses, 18% from other uses to agroforestry, and 5% transformations between agroforestry systems. The principal drivers of decline included agricultural intensification, leading to the loss of woody features, and grazing abandonment. The findings of this study offer critical insights into land use trends and underscore the role of agroforestry in supporting climate resilience and enhancing ecosystem services across the EU.

Keywords: Agroforestry systems; LUCAS data; spatial analysis; land use changes; intensification; extensification.

1. Introducción

Los sistemas agroforestales (AF), definidos como la integración deliberada de vegetación leñosa en sistemas agrícolas o ganaderos para obtener beneficios ecológicos y económicos (Burguess y Rosati, 2018), representan aproximadamente el 7 % de la superficie terrestre mundial (Zomer et al., 2014). En Europa, estos sistemas han cobrado creciente importancia dentro de las políticas de la Unión Europea (UE), particularmente en los ámbitos agrícola, ambiental, y climático.

Diversos estudios han abordado la caracterización y cuantificación de los sistemas AF en Europa (Den Herder et al., 2017; Mosquera-Losada et al., 2018; Rubio-Delgado et al., 2023, 2024), basándose, principalmente, en las encuestas LUCAS (Land Use-Land Cover Area Frame Survey). Esta base de datos se distingue por emplear una metodología capaz de capturar múltiples usos del suelo en cada punto de muestreo, aspecto crucial para representar adecuadamente la coexistencia de estratos arbóreos con cultivos o pastos. Sin embargo, la falta de criterios de clasificación estandarizados y de una terminología común ha generado inconsistencias entre las diferentes investigaciones, dificultando tanto el desarrollo de políticas específicas como su inclusión adecuada en la Política Agrícola Común (PAC) (Mosquera-Losada et al., 2018).

La evolución histórica de los sistemas AF en Europa ha estado influenciada por procesos de intensificación, extensificación, abandono y urbanización. La intensificación agrícola, orientada al incremento de la productividad, ha mejorado la eficiencia productiva, implementando variedades arbóreas mejoradas y tecnologías de precisión, aunque también ha contribuido a la pérdida de biodiversidad y a la degradación de los suelos. Paralelamente, el abandono de las tierras de cultivo marginales, a menudo impulsada por la baja rentabilidad y la expansión urbana, ha favorecido la recuperación de la cobertura forestal, aunque en detrimento de especies asociadas a hábitats abiertos (van Vliet et al., 2015).

En respuesta a estos cambios, las políticas de desarrollo rural han fomentado la expansión de superficies agroforestales en áreas marginales y periurbanas, destacando sus beneficios en términos de conservación de la biodiversidad, restauración de paisajes, captura de carbono y resiliencia ecosistémica (Tomar et al., 2021). No obstante, su implementación está condicionada por una compleja interacción de factores biofísicos, socio-ecológicos, políticos e institucionales. Entre las principales barreras se encuentran los conflictos de tenencia, la incertidumbre del mercado y los largos períodos de maduración de las especies agroforestales (Jose, 2019).

A pesar de los avances en la identificación y cartografía de estos sistemas en Europa, persisten importantes desafíos, especialmente en lo relativo a la unificación de criterios de clasificación, la armonización de la terminología y la comprensión de su dinámica temporal. En este contexto, el presente estudio tiene por objetivo clasificar y evaluar sistemáticamente la extensión y evolución de los sistemas AF en Europa, identificando las principales transiciones ocurridas en la última década y los factores que las explican.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio.

Con el fin de examinar la extensión y distribución espacial de los distintos tipos de sistemas AF en el ámbito de la Unión Europea (UE), así como de analizar la dinámica de los cambios en el uso del suelo ocurridos entre los años 2012 y 2022, se empleó la base de datos LUCAS, que proporciona

información detallada sobre la cobertura y usos del suelo obtenida mediante observaciones en campo o fotointerpretación en puntos de muestreo georreferenciados.

LUCAS permite identificar tanto la cobertura principal (LC1) como la secundaria (LC2) en cada punto de muestreo, lo que posibilita una identificación y clasificación más precisa de los distintos tipos de sistemas AF.

Con el fin de garantizar la comparabilidad temporal, el análisis de la dinámica de cambios se restringió a los 26 Estados miembros (UE-26) que participaron en todas las campañas LUCAS (2012, 2015, 2018 y 2022), por lo que se excluyeron Croacia, por no haber participado en la encuesta de 2012, y el Reino Unido, por no estar presente en la edición de 2022.

2.2. Clasificación y extensión de los sistemas agroforestales

La clasificación de los sistemas AF[1] se basó en la propuesta metodológica de Rubio-Delgado et al. (2023, 2024), que distingue dos categorías principales: (i) sistemas AF comunes (AF_C), incluyendo sistemas silvopastoriles, sistemas silvoarables, cultivos permanentes, cultivos permanentes intercalados con cultivos temporales, y huertos; y (ii) sistemas AF asociados a elementos leñosos del paisaje o "small woody features" (AF_{SWF}). Esta última categoría se subdivide en cuatro clases: cultivos temporales con SWF, pastizales pastoreados con SWF, pastizales no pastoreados con SWF y cultivos permanentes no pastoreados con SWF.

La extensión de los diferentes sistemas AF se estimó calculando la proporción de puntos LUCAS clasificados en cada tipo de sistema respecto al total de puntos muestreados en cada estado miembro. Estas proporciones fueron luego multiplicadas por la superficie total de cada país, permitiendo así una estimación de la distribución espacial de los sistemas AF en el conjunto de la UE (den Herder et al., 2017).

2.3. Análisis de transiciones

Con el propósito de examinar las causas que generaron los cambios en el uso del suelo entre 2012 y 2022, se llevó a cabo un análisis de transiciones que consideró tres grupos principales: AF_C, AF_{SWF} y un grupo residual denominado "otros sistemas". Esta última categoría incluye cultivos herbáceos y permanentes, pastizales destinados a la alimentación del ganado, suelos en barbecho, pequeños estanques con fines agroganaderos, así como áreas no agrícolas tales como zonas artificiales, suelos desnudos no agrícolas (rocas, piedras, arena, líquenes y musgo), bosques, matorrales, y pastizales sin uso agropecuario. Solo las transiciones relevantes se describen en los resultados, es decir, aquellos cambios que tienen lugar de una manera más intensa a lo que sería habitual para cada tipo de sistema.

El análisis se llevó a cabo utilizando el enfoque de intensidad de cambios desarrollado por Aldwaik y Pontius (2012), implementado mediante una macro en VBA para Microsoft Excel.

3. Resultados

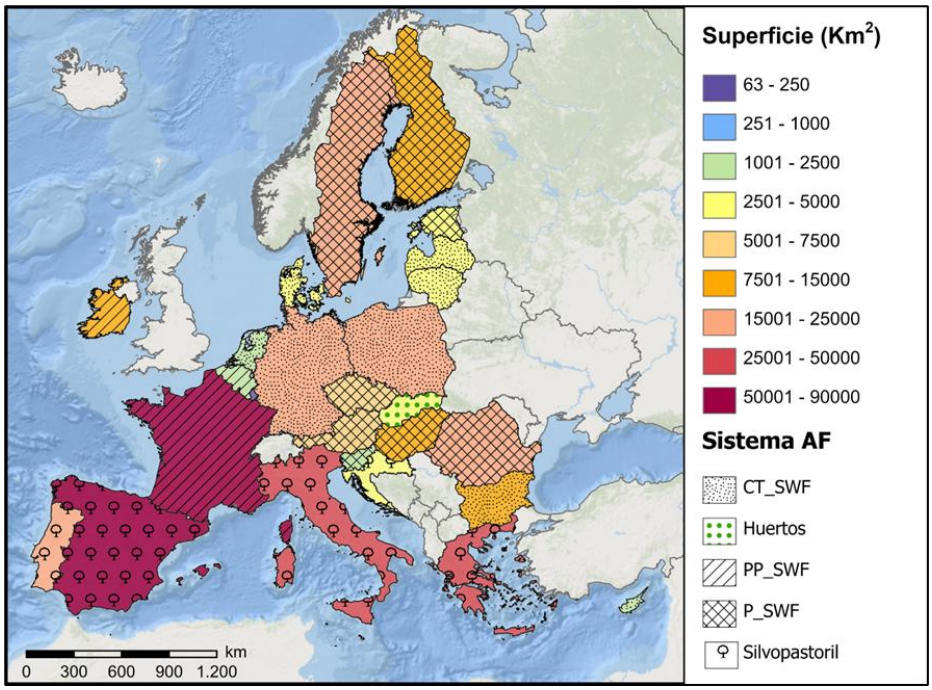
En 2022, la superficie ocupada por sistemas AF en los 27 Estados miembros de la UE (Figura 1) se estimó en 408.073 km², equivalente al 10% del territorio total y al 25% de la Superficie Agraria Útil

[1] Para consultar los criterios de clasificación de cada tipología de sistemas agroforestales, se remite al lector a los estudios de Rubio-Delgado et al. (2023) y Rubio-Delgado et al. (2024), cuyas referencias completas se encuentran disponibles en la sección bibliográfica correspondiente.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

(SAU). De ese total, los sistemas AF_{SWF} representaron el 64% (261.808 km²), mientras que los AF_C constituyeron el 36% restante (146.264 km²).

Figura 1. Distribución espacial de los sistemas agroforestales (AF) en la UE en 2022, según intervalos de superficie ocupada (km²) y sistema predominante por país: CT_SWF (Cultivo temporal con SWF), PP_SWF (Pastizal pastoreado con SWF) y P_SWF (Pastizal no pastoreado con SWF).



Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas silvopastoriles fueron los más representativos (29%), seguidos por cultivos herbáceos con SWF (23%), pastizales sin pastoreo con SWF (22%), pastizales pastoreados con SWF (15%), huertos (5%), cultivos permanentes no pastoreados con SWF (5%), cultivos permanentes pastoreados (1%), cultivos permanentes intercalados con cultivos temporales (0,2%) y sistemas silvoarables (0,1%).

España y Francia concentraron conjuntamente el 42% del área agroforestal europea, con una participación del 22% y 20%, respectivamente. En España, predominan los sistemas silvopastoriles (más del 50% del área agroforestal del país; Figura 1), mientras que en Francia destacan los pastizales con pastoreo asociados a SWF (31%; Figura 1).

Entre 2012 y 2022, la superficie agroforestal total en la UE-26 se redujo en un 36 %. La pérdida anual fue más intensa en el periodo 2012-2015 (-37,052 km²/año), con una desaceleración posterior (2015-2022: -16,981 km²/año). Los sistemas AF_C mostraron una caída del 41 % hasta 2018, seguida de una recuperación parcial del 32 % hasta 2022, resultando en una pérdida neta del 23 %. En contraste, los AF_{SWF} registraron una disminución acumulada del 42 % durante la década. Las mayores pérdidas se concentraron en cultivos temporales y permanentes asociados a SWF, ambos con reducciones superiores al 50 %, así como en pastizales pastoreados con SWF (39 %). En cambio, los sistemas silvopastoriles aumentaron su superficie en un 33 % entre 2018 y 2022, y los huertos en un 24 % durante todo el periodo (véase Tabla 1).

Tabla 1. Superficie (km²) de los sistemas agroforestales (AF) y porcentaje sobre la Superficie Agraria Útil (SAU) en la UE-26, según encuestas LUCAS (2012-2022). La SAU de referencia anual corresponde a los valores reportados por Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00025/default/table). Celdas vacías: datos no disponibles sobre SWF para 2018.

Tipos de sistemas AF	Superficie (km²)				SAU (%)			
	2012	2015	2018	2022	2012	2015	2018	2022
Cultivos permanentes pastoreados	8.147	5.382	3.406	4.138	0,51	0,34	0,21	0,26
Cultivos permanentes intercalados con cultivos temporales	1.330	654	574	655	0,08	0,04	0,04	0,04
Silvoarable	969	591	676	450	0,06	0,04	0,04	0,03
Silvopastoril	159.697	118.479	88.718	117.781	10,01	7,39	5,53	7,40
Huertos	17.154	14.250	16.259	21.215	1,07	0,89	1,01	1,33
AF_C	**187.298**	**139.356**	**109.634**	**144.240**	**11,74**	**8,70**	**6,83**	**9,07**
Cultivos temporales con SWF	191.477	174.221		92.655	12,00	10,87		5,82
Pastizales no pastoreados con SWF	115.380	91.267		88.082	7,23	5,70		5,54
Pastizales pastoreados con SWF	98.110	81.975		60.328	6,15	5,12		3,79
Cultivos permanentes no pastoreados con SWF	41.089	35.380		18.029	2,57	2,21		1,13
AF_{SWF}	446.057	382843		259.093	27,95	23,89		16,28
Todos los sistemas AF	**633.355**	**522.199**		**403.334**	**39,69**	**32,59**		**25,35**

Fuente: Elaboración propia

El análisis de las transiciones entre los diferentes tipos de sistemas indicó que el 58% de los cambios correspondieron a conversiones desde sistemas AF hacia "otros sistemas", siendo las transiciones más frecuentes aquellas desde AF_{SWF} hacia cultivos o pastos destinados al ganado (43% de todas las transiciones). Estas transiciones se caracterizan por una intensificación del uso del suelo, implicando una disminución de los SWF. En los AF_C, la principal transformación fue hacia zonas forestales o áreas improductivas (10% de todas las transiciones), en muchos casos asociadas al abandono del pastoreo. Las transiciones entre categorías agroforestales fueron poco frecuentes (8%) y relacionadas principalmente con cambios en la gestión del pastoreo. Asimismo, se observaron transiciones desde "otros sistemas" a sistemas AF (34%), especialmente desde cultivos y pastizales hacia sistemas asociados a SWF.

4. Conclusiones

Los sistemas AF ocupan una proporción significativa del territorio agrícola europeo, representando un 25 % de la SAU en 2022. Sin embargo, su superficie se ha reducido un 36 % en la última década, especialmente en los sistemas asociados a elementos leñosos del paisaje (AF_{SWF}), los cuales han sufrido

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

una pérdida acumulada del 42 %. Esta tendencia refleja el impacto de factores como el abandono de tierras, cambios en las prácticas agrícolas y presiones del mercado. A pesar de ello, se observa una recuperación parcial en los sistemas silvopastoriles y huertos en los últimos años.

Las transiciones más frecuentes revelan una sustitución de sistemas AF por usos no agroforestales, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer políticas de apoyo, criterios de clasificación armonizados y marcos institucionales que reconozcan adecuadamente su valor ecológico y económico.

Este estudio subraya la importancia de avanzar en la caracterización, monitoreo y promoción de los sistemas AF para lograr una transición hacia una agricultura más sostenible y alineada con los objetivos climáticos y de biodiversidad de la UE.

5. Referencias bibliográficas

Aldwaik, S. Z. & Pontius Jr, R. G. (2012). Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning, 106*(1). 103-114. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.010

Burguess, P. J. & Rosati, A. (2018). Advances in European agroforestry: Results from the AGFORWARD project. *Agroforestry Systems, 92*(4). 801-810. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0261-3

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R. M., Palma, J. H. N., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J. J., Crous-Duran, J., Paulo, J. A., Tomé, M., Pantera, A., Papanastasis, V. P., Mantzanas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T., & Burgess, P. J. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *241*, 121–132. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005

Jose, S. (2019). Environmental impacts and benefits of agroforestry. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.195

Mosquera-Losada, M. R., Santiago-Freijanes, J. J., Rois-Díaz, M., Moreno, G., den Herder, M., Aldrey-Vázquez, J. A., Ferreiro-Domínguez, N., Pantera, A., Pisanelli, A., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2018). Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy*, *78*, 603–613. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052

Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Burgess, P. J., & Burbi, S. (2023). Reduced grazing and changes in the area of agroforestry in Europe. *Frontiers in Environmental Science*, *11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1258697

Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., & Schmutz, U. (2024). Small woody features in agricultural areas: Agroforestry systems of overlooked significance in Europe. *Agricultural Systems, 218*, 103973. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103973

van Vliet, J., de Groot, H. L. F., Rietveld, P., & Verburg, P. H. (2015). Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe. *Landscape and Urban Planning*, *133*, 24-36. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.001

Tomar, J. M. S., Ahmed, A., Bhat, J. A., Kaushal, R., Shukla, G., & Kumar, R. (2021). Potential and opportunities of agroforestry practices in combating land degradation. En G. Shukla, S. Chakravarty, P. Panwar, & J. A. Bhat (Eds.), *Agroforestry - Small landholder's tool for climate change resiliency and mitigation*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.97843

Zomer, R. J., Trabucco, A., Coe, R., Place, F., van Noordwijk, M., & Xu, J. C. (2014). *Trees on farms: An update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics* (Working Paper 179). World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. https://doi.org/10.5716/WP14064.PDF

LA NATURALIZACIÓN DE ENTORNOS ESCOLARES: UNA APUESTA PARA MEJORAR LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS

ISABEL RUIZ MALLÉN[1]

RAQUEL COLACIOS[2]

HUG MARCH[3]

ANDREA NÓBLEGA CARRIQUIRY[4]

RAMON RIBERA[5]

IVAN SERRANO[6]

FILKA SEKULOVA[7]

[1]Estudis de Psicología y Ciencias de la Educación & TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, Barcelona, iruiz_mallen@uoc.edu , ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9679-3329

[2]Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3) & TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, Barcelona, rcolacios@uoc.edu , ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5525-6180

[3] Estudis d'Economia i Empresa & TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, hmarch@uoc.edu, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2549-0803

[4] Estudis d'Economia i Empresa & TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, Barcelona, anoblega@uoc.edu , ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1454-3482

[5]TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, Barcelona, rriberaf@uoc.edu , ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3404-6309

[6]Estudis de Derecho y Ciencia Política & TURBA Lab (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, iserranoba@uoc.edu, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9781-3096

[7]Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Rambla Poblenou 156, 08018, Barcelona, fsekulova@uoc.edu , ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6827-5359

Abstract: Nature-based solutions can enhance urban living conditions. Increasing the quantity and quality of urban green spaces contributes to temperature regulation, improves air quality, and the provision of diverse ecosystem services. However, in dense and compact urban settings, characteristic of many European cities, the availability of space for new green areas is often limited. This constraint calls for alternative strategies to reclaim and reimagine public spaces within the urban territory. In this context, several municipalities are advocating for the naturalization of schoolyards despite the socio-

cultural challenges that mediate this transformation. Through the European research project COOLSCHOOLS (2022-2025), we analysed the co-benefits of schoolyard naturalization programs in four cities (Barcelona, Paris, Rotterdam, and Brussels). Framed within this project, the present study aims to understand the ecosystem services derived from these NbS interventions. We used semi-structured interviews and informal conversations with various stakeholders (e.g., municipal technicians, teachers, students' families, architects), participatory methods with students, and participant observation to collect data on their perceptions on this topic and applied the framework of nature contributions to people (NCP) for the analysis. Our findings suggest that naturalized schoolyards are particularly seen as key generators and promoters of both regulatory and non-material ecosystem services, including pollination and new habitat creation, opportunities for learning and inspiration or experiences that support physical and emotional well-being. Since schools are distributed across the city, regardless of neighbourhood or district socio-economic status, green schoolyards can provide equitable access to these ecosystem services, particularly for children.

Keywords: Ecosystem services; Green schoolyards; Nature contributions to people; Nature-based solutions.

1. Introducción

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) están ganando popularidad tanto en círculos científicos como en políticas públicas, al ser reconocidas como estrategias efectivas para mejorar la habitabilidad urbana y reducir los riesgos climáticos. Iniciativas globales como la Nueva Agenda Urbana y la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 de las Naciones Unidas promueven las SbN para avanzar hacia ciudades neutras en carbono y resilientes al clima. Las SbN son enfoques, acciones o procesos que utilizan los principios de la naturaleza para proporcionar beneficios ambientales, sociales y económicos de manera sostenible (EC, 2015). Por ejemplo, el aumento de la cantidad y calidad de las áreas verdes urbanas contribuye a la regulación de la temperatura, mejora la calidad del aire, y aporta otros servicios ecosistémicos relacionados con el bienestar (Bijnens, 2020; Bauwelinck et al., 2021).

UNICEF y el Objetivo de Desarrollo Sostenible #11 de la ONU instan a las ciudades a garantizar que toda la ciudadanía, especialmente los grupos vulnerables como la población infantil, tenga acceso a espacios verdes seguros e inclusivos (Sugar, 2021). No obstante, el acceso a la naturaleza urbana es frecuentemente desigual. La población infantil a menudo carece de espacios verdes y adaptados al clima en sus escuelas (Gallez, et al. 2024). En ciudades densas o compactas, como es el caso de muchas ciudades europeas, la creación de nuevas áreas verdes se ve limitada, lo que requiere explorar alternativas en espacios públicos del entorno urbano construido. En este contexto, varios municipios están apostando por la naturalización de los patios de sus centros educativos. Estos programas municipales de implementación de SbN en entornos escolares parecen ser una vía prometedora para mejorar el bienestar de las comunidades escolares, a la vez que aportan otros múltiples beneficios (Ruiz-Mallén et al., 2023). Las SbN urbanas en entornos escolares, como la plantación de árboles o la sustitución las superficies de cemento impermeables por superficies ajardinadas y drenantes, no sólo ayudan a reducir la exposición del alumnado al calor extremo, sino que también generan oportunidades de aprendizaje, mejoran las interacciones sociales y reducen el estrés (Chawla et al., 2014; van Dijk-Wesselius et al., 2018; Sanz-Mas et al., 2025).

Para comprender cómo las SbN en las escuelas pueden llevar a cambios urbanos transformadores, analizamos los servicios ecosistémicos que se derivan de los múltiples beneficios que aportan. Este enfoque permite avanzar en el desarrollo de estrategias efectivas para crear ciudades sostenibles y resilientes que prioricen el bienestar de la población infantil el contexto de la actual crisis climática.

2. Materiales, datos y métodos

El proyecto de investigación europeo COOLSCHOOLS (Marzo 2022 – Febrero 2025, https://coolschools.eu) exploró y analizó los co-beneficios de los programas de naturalización de los patios de centros escolares de nivel primaria de cuatro ciudades: a) *Refugios climáticos* y *Transformamos los patios* en Barcelona, ambos coordinados por el Ayuntamiento de Barcelona; b) *Ose le vert* y *Opération Ré-création* en Bruselas, coordinados por Brussels Environment; c) *Oasis* en París, coordinado del Ayuntamiento de París; d) *Groenblauwe schoolpleinen* en Rotterdam, del Ayuntamiento de Rotterdam.

El trabajo de campo se basó en entrevistas semi-estructuradas y conversaciones informales con los diferentes actores implicados (técnicos municipales, arquitectos, docentes, familias de alumnado) para conocer sus percepciones sobre los beneficios de los patios escolares naturalizados. Con el alumnado, se usaron dibujos, grupos focales, talleres y otras dinámicas participativas. La observación participante realizada durante la etapa de co-diseño y durante el mantenimiento una vez realizada la intervención nos permitió complementar y validar las informaciones recogidas.

El análisis de estos datos cualitativos se realizó aplicando el marco de las contribuciones de la naturaleza a las personas, en inglés *Nature Contributions to People* (NCP), referidas a los beneficios o perjuicios que las personas obtienen de la naturaleza para mejorar su calidad de vida (Pascual et al., 2017). Este marco, propuesto por el Panel Internacional sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), va más allá del marco unidimensional de los servicios ecosistémicos al englobar una pluralidad de visiones y sistemas de valores sobre las relaciones entre seres humanos y naturaleza. IPBES identifica 18 categorías de NCP, organizadas en tres grupos que se solapan parcialmente:

1) Contribuciones materiales, que son los elementos de la naturaleza que sostienen directamente la existencia física y los bienes tangibles de las personas;

2) Contribuciones no materiales, que son los efectos de la naturaleza sobre aspectos subjetivos o psicológicos que sustentan la calidad de vida de las personas a nivel individual y colectivo;

3) Contribuciones reguladoras, que son los aspectos funcionales y estructurales de los organismos y ecosistemas que modifican las condiciones ambientales experimentadas por las personas, y regulan la generación de las contribuciones materiales y no materiales, afectando indirectamente la calidad de vida.

Para el análisis de los servicios ecosistémicos de los patios escolares naturalizados, descartamos ocho categorías que no aplican en este contexto: regulación de la acidificación del océano, de la cantidad y calidad del agua, de organismos perjudiciales y de eventos extremos, formación de suelo, energía, recursos medicinales y genéticos.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Resultados

Según las percepciones recogidas de los actores implicados, los patios naturalizados ofrecen servicios ecosistémicos correspondientes a 9 de las 10 categorías de NCP consideradas. Se destacan especialmente las contribuciones de regulación y las no-materiales, incluyendo la polinización o la creación de nuevos hábitats, así como el aprendizaje y la inspiración o las experiencias físicas y emocionales de bienestar (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos percibidos como resultado de la naturalización de los patios escolares

CATEGORÍA DE NCP (2022) https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/inline-files/ipbes_mep_note%20on%20NCP%20by%20MEP.pdf	GRUPO DE NCP	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL PATIO ESCOLAR NATURALIZADO
1. Creación y mantenimiento de hábitats	Reguladora	Aprovisionamiento de nuevos hábitats resultado de plantar vegetación en los diferentes estratos y crear huertos escolares
2. Polinización y dispersión de semillas	Reguladora	Atracción de diversidad de insectos, como mariposas, hormigas y mariquitas, y también mosquitos por el aumento de vegetación y la creación de hoteles de insectos
4. Regulación del clima	Reguladora	Mejora de la sensación de confort térmico en los días y horas de más calor
12. Alimento	Material	Obtención de vegetales para consumo (tomates, cebollas, zanahorias, etc.) resultado de la creación de huertos escolares
13. Materiales, compañía y trabajo	Material	Aumento de plantas y elementos vegetales ornamentales
15. Aprendizaje e inspiración	No-material	Acceso a nuevos ambientes de aprendizaje al aire libre, con mesas o ágoras, y elementos naturales móviles y manipulables
16. Experiencias físicas y psicológicas	No-material	Acceso a nuevas estructuras de juego y elementos naturales que promueven el bienestar físico y mental a través de la actividad física y la relajación

17. Apoyo a las identidades	No-material	Realización de actividades de mantenimiento de los nuevos ambientes naturales que aportan experiencias de cohesión social y refuerzan el sentido de pertinencia a la comunidad educativa y la reconexión con la naturaleza
18. Mantenimiento de opciones	Material, no-material, reguladora	Incorporación del patio naturalizado en el proyecto educativo de centro para asegurar su viabilidad en el largo plazo

Fuente: Elaboración propia.

La regulación de la calidad del aire no fue percibida como un servicio ecosistémico resultante de la naturalización de los estos espacios. Este resultado puede explicarse porque la mejora de la calidad del aire no es uno de los objetivos directos de los programas de naturalización de los patios, que se enfocan de manera más evidente en contribuir a la adaptación climática o la biodiversidad urbana. Asimismo, es interesante considerar que el efecto de los espacios verdes urbanos en la disminución de la contaminación del aire es altamente variable y depende del contexto (Venter et al., 2024).

4. Conclusiones

La naturalización de patios escolares aporta una amplia variedad de servicios ecosistémicos al que pueden percibirse a nivel comunitario en su diseño y mantenimiento. Ampliar los espacios verdes en los centros escolares beneficia a las comunidades escolares porque contribuye con nuevos ambientes, elementos naturales y experiencias pedagógicas y de juego al aire libre que promueven su aprendizaje y desarrollo, cohesión social, sentido de pertinencia y reconexión con la naturaleza. También se mejoran la sensación de confort térmico en las horas y días de más calor, se aumenta la diversidad de insectos polinizadores y las plantas ornamentales. En los patios con suficiente extensión, se instalan huertos que aportan alimentos.

Puesto que los centros educativos están distribuidos por toda la ciudad, estos servicios ecosistémicos pueden ser accesibles de manera equitativa y beneficiar a la población infantil con independencia del nivel socio-económico del barrio o distrito. Por ello, los programas de naturalización de entornos educativos deben priorizar los barrios marginales, donde la accesibilidad a espacios verdes suele ser menor (Gallez et al., 2024). También es necesario visibilizar más los servicios ecosistémicos y beneficios que promueven, relativos tanto al bienestar de la comunidad educativa como a la biodiversidad urbana y la adaptación climática, para potenciar su desarrollo y maximizar su uso. Integrar estos entornos verdes escolares como espacios de aprendizaje en los proyectos educativos de centro y las políticas educativas en general permite crear conciencia y compromiso por parte de las comunidades escolares y asegurar que estos beneficios se mantienen en el largo plazo (Sekulova y Ruiz-Mallén, 2024). A medida que las escuelas transforman sus entornos, también pueden transformar sus enfoques educativos, creando ambientes más saludables, jugables y atractivos para el alumnado y fomentado una cultura de responsabilidad compartida en su cuidado.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación COOLSCHOOLS (https://coolschools.eu) financiado por el programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención núm. 101003758, así como de la Agencia Española de Investigación (PCI2022-132958, MCIN/AEI /10.13039/501100011033), Innoviris (Región de Bruselas Capital), Dutch Research Council (NWO), The Research Foundation – Flanders (FWO) y Agence Nationale de la Recherche (ANR).

5. Referencias bibliográficas

Bauwelinck, M., Casas, L., Nawrot, T.S., Nemery, B., Trabelsi, S., Thomas, I., Aerts, R., Lefebvre, W., Vanpoucke, C., Niewenhuyse, A.V., Deboosere, P., Vandenheede, H. (2021). Residing in urban areas with higher green space is associated with lower mortality risk: A census-based cohort study with ten years of follow-up. *Environment International, 148,* 106365. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106365

Bijnens, E.M., Derom, C., Thiery, E., Weyers, S., Nawrot, T.S. (2020). Residential green space and child intelligence and behavior across urban, suburban, and rural areas in Belgium: A longitudinal birth cohort study of twins. *PLoS Medicine, 17(8)*, e1003213. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003213

Chawla, L., Keena, K., Pevec, I., Stanley, E. (2014). Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence. *Health Place, 28*, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.03.001

European Commission. (2015). *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities'*. Publications Office of the EU.

Gallez, E., Fraile Mujica, C.P., Gadeyme, S., Canters, F., Baró, F. (2024). Nature-based school environments for all children? Comparing exposure to school-related green and blue infrastructure in four European cities. *Ecological Indicators, 166*, 112374. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112374

Pascual, U.; Balvanera, P.; Díaz, S.; Pataki, G.; Roth, E.; Stenseke, M.; Watson, R.T.; Dessane, E.B.; Islar, M.; Kelemen, E.; et al. (2017) Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *26–27*, 7–16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006

Ruiz-Mallén, I., Baró, F., Satorras, M., Atun, F., Blanc, N., Bortolamiol, S., Casas, L., Clauzel, C., Gallez, E., Grand-Meyer, E., Gras-Velázquez, A., Ivanova, I., Nawrot, T., Presser, P., Reckien, D., Sekulova, F. (2023). Nature-Based Solutions for Climate Adaptation in School Environments: An Interdisciplinary Assessment Framework. En Z. Allam (Ed.) *Sustainable Urban Transitions* (pp. 87-105) Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2695-4_6

Sanz-Mas, M., Continente, X., Mari-Dell'Olmo, M., López, M.J. (2025). Community use and perceptions of climate shelters in schoolyards in Barcelona. *International Journal of Public Health, 70*, 1608083. https://doi.org/10.3389/ijph.2025.1608083

Sekulova, F., Ruiz-Mallén, I. (2024). The governance configurations of green schoolyards. *Environmental Science and Policy 156,* 103752. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103752

Sugar, S. (2021). *The Necessity of Urban Green Space for Children's Optimal Development*. Discussion paper. New York: UNICEF.

van Dijk-Wesselius, J.E., Maas, J., Hovinga, D., van Vugt, M., van den Berg, A.E. (2018). The impact of greening schoolyards on the appreciation, and physical, cognitive and social-emotional well-being of schoolchildren: A prospective intervention study. *Landscape and Urban Planning, 180* 15–26. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.003

Vener, Z.S., Hassani, A., Stange, E., Castell, N. (2024). Reassessing the role of urban green space in air pollution control. *PNAS, 121*, 6, e2306200121. https://doi.org/10.1073/pnas.2306200121

DE SEDIMENTOS A CRÓNICAS: UNA APROXIMACIÓN DUAL PARA COMPRENDER LOS USOS DEL TERRITORIO FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

CARLOS SÁNCHEZ-GARCÍA[1]

Mª CRISTINA DIAZ-SANZ[2]

PABLO HITA[3]

MARCOS FRANCOS[4]

PEDRO JOSÉ LOZANO-VALENCIA[5]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Francisco Tomas y Valiente 1, Madrid 28049, carlos.sanchezg@uam.es, código ORCID: 0000-0001-6256-1127*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Francisco Tomas y Valiente 1, Madrid 28049, cristina.diazs@uam.es, código ORCID: 0000-0002-9830-9545*

[3]*Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Francisco Tomas y Valiente 1, Madrid 28049, pablo.hita@estudiante.uam.es*

[4]*Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/Cervantes s/n, Salamanca 37002, mfq@usal.es, código ORCID: 0000-0002-3311-5686*

[5]*Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad el País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, C/Tomás y Valiente S/N, Vitoria-Gasteiz 01006, pedrojose.lozano@ehu.eus, código ORCID: 0000-0002-1345-5704*

Abstract: The SCUT project investigates long-term human adaptation to climate variability through the lens of land use and landscape transformation in central Spain. Focusing on the 6,800-hectare "*El Castañar*" *dehesa* in the province of Toledo, the study explores how local communities adapted their practices in response to environmental pressures. This area, located in a transitional climatic zone between northern and southern Iberia, is particularly sensitive to climate change. Historical records document continuous land use since at least 1415, with the foundation of the Franciscan Convent of *Nuestra Señora del Castañar*, and archaeological evidence suggests even earlier occupation (e.g., *San Pedro de la Mata*, 7th century). The project will combine archival research—drawing from Franciscan and ducal records—with geoarchaeological methods, including sediment sampling in aggradation areas to conduct geochemical, geomorphological, and paleoenvironmental analyses. SCUT aims to reconstruct land use dynamics over time and assess how these correlates with periods of climatic stress, with particular emphasis on the Little Ice Age. By integrating documentary and physical evidence, this research provides insight into how landscape and social systems co-evolved under conditions of environmental change. The results will contribute to broader debates on human resilience, socio-ecological systems, and the role of traditional land management practices in shaping adaptive strategies to climate variability.

Keywords: Climate variability; Land use change; Human-environment interaction; Livestock and agriculture.

1. Introducción

Los sistemas socioecológicos han estado sujetos a la actividad antrópica determinada por el contexto climático hasta hace pocos siglos (*Sánchez-García y Francos, 2022*). Actividades como la ganadería o la agricultura debían seguir ciertas estrategias para facilitar la adaptación a los procesos ambientales (Salzman, 2004). Por ejemplo, el auge del ganado ha impactado de forma positiva en la calidad de la ganadería (considerada como industria) en algunas zonas del oeste del Mediterráneo y más, en zonas de media y alta montaña (Azcárate *et al.* 2013). En la Península Ibérica desde la Alta Edad Media, se institucionalizó un sistema de traslado del ganado a través de todo el territorio ibérico, desde los prados de alta montaña, en verano, a las zonas de los valles, en invierno, con el objetivo de aprovechar al máximo la productividad del alimento (*López-Sáez et al.* 2017), la transhumancia. Sin embargo, este sistema, se empleaba ya desde la época del Imperio Romano (*Baena y Casas, 2010*), de forma que el impacto que estas actividades, tanto ganaderas como agrícolas, fue muy alto durante al menos 9 siglos de forma no reglada, y otros tantos, de forma institucionalizada, en la socioecología de la Península Ibérica. Este proceso que se mantuvo hasta el siglo XIX, cuando los avances tecnológicos comenzaron a permitir una mayor independencia de las condiciones meteorológicas y climáticas de cada territorio. Este proceso de adaptación estuvo acompañado por una transformación paralela del paisaje, reflejo de los usos del suelo, las tradiciones y las dinámicas sociales de cada región.

El principal objetivo del proyecto es analizar la evolución de los usos del suelo en relación con la variabilidad climática. Para ello, se trabajará (i) con fuentes históricas, como los archivos de la orden franciscana y del ducado de Pastrana, al que pertenece la finca, y se muestrearán (ii) sedimentos en zonas de agradación para estudiar la geoquímica y conocer las características geomorfológicas y paleoambientales. Con este enfoque, se espera obtener resultados que aporten un conocimiento más profundo sobre cómo las poblaciones locales han adaptado sus prácticas al contexto climático durante periodos de alta variabilidad, siendo la cronología de los archivos documentales clave para analizar en detalle esta adaptación durante la Pequeña Edad del Hielo.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

El proyecto SCUT se centra en la finca "El Castañar", un área de más de 6.800 hectáreas, ubicada en el municipio de Mazarambroz, en el extremo nororiental de los Montes de Toledo, dentro de la sierra del Castañar, que alcanza altitudes de hasta 1.200 metros sobre el nivel del mar.

Los Montes de Toledo se configuran como una de las unidades morfoestructurales más significativas del sistema orográfico de la península ibérica, ubicada en el centro de España, extendiéndose principalmente por las provincias de Toledo y Ciudad Real y cuya altitud media ronda los 1.200 metros. Se caracterizan por una forma alargada con orientación NO-SE y están compuestos principalmente por rocas graníticas y gneises, lo que genera un paisaje escarpado y accidentado en diversas zonas. La disposición estructural de estos materiales ha dado lugar a un relieve de tipo apalachense, donde se alternan crestas estrechas y resistentes, formadas por cuarcitas, con depresiones más amplias y erosionables sobre pizarras. Desde un punto de vista fisiográfico, actúa como divisoria natural entre las cuencas hidrográficas del río Tajo, al norte, y del Guadiana, al sur, desempeñando un papel crucial tanto desde el punto de vista hidrológico como ecológico (*Garrido y Nogueras, 2002–2003*).

La sierra del Castañar se distingue por su geodiversidad y su relieve característico, en el que destacan colinas, valles, formaciones de cuarcita y afloramientos rocosos. Presenta una dirección E-O y se eleva entre 200 y 400 metros sobre la unidad geomorfológica anterior, constituyendo una morfoestructura apalachiana del sinclinorio de Los Yébenes, según *García-Abad y Martín-Serrano* (*1980*).

La finca El Castañar, donde se sitúa el área de estudio, se caracteriza, por tanto, por un relieve agreste que combina sierras, valles, dehesas y humedales (Figura 1). El arroyo de los Carboneros es su principal curso hídrico, y junto a otras formaciones naturales, configura un enclave ecológico de gran riqueza y diversidad biológica.

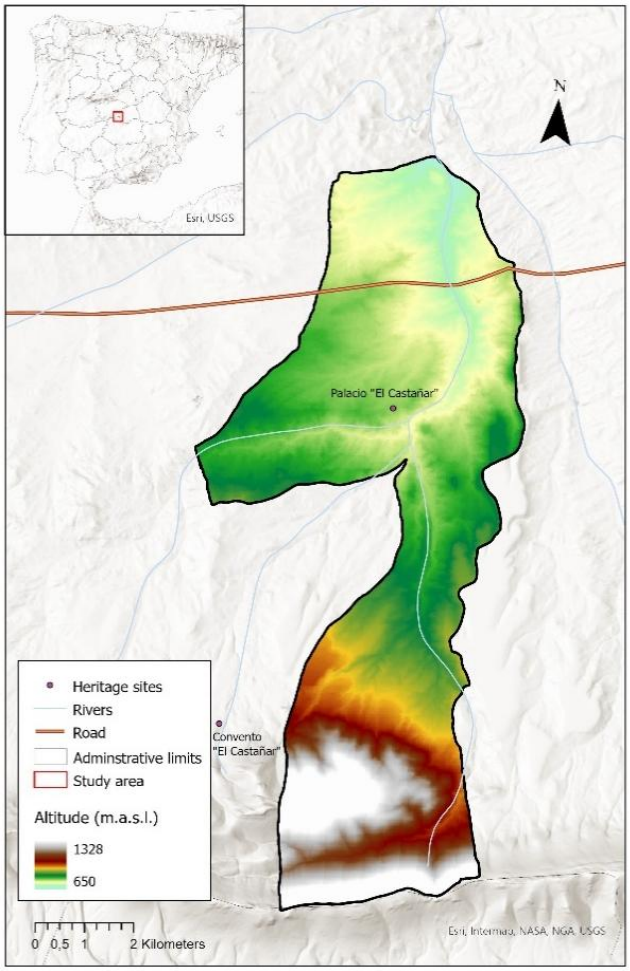
Es una zona de transición entre la región templada y la subtropical, presentando un clima mediterráneo continentalizado, con inviernos fríos, veranos secos y calurosos, y una marcada estacionalidad en las precipitaciones. La media anual oscila entre los 400 y los 700 mm, concentrada en otoño y primavera (*Olcina, 2009*), siendo más elevadas en las sierras más occidentales debido a su mayor altitud. Según *Rivas-Martínez* (*1987*), se clasifica como mesomediterráneo seco, con veranos calurosos y secos e inviernos fríos y lluviosos. La oscilación térmica es muy marcada, con máximas absolutas de hasta 49 ºC y mínimas de -11 ºC. Este contraste térmico genera una diversidad de microclimas que influyen notablemente en la distribución de especies vegetales y animales.

Históricamente, el aprovechamiento humano de los Montes de Toledo ha estado orientado a sistemas extensivos y diversificados, condicionado por sus características físicas —relieve abrupto, "suelos pobres" y clima mediterráneo continentalizado—, que limitan las posibilidades de agricultura intensiva, pero favorecen otras formas de explotación sostenible.

Nuestra investigación gira en torno al convento franciscano de Nuestra Señora del Castañar, construido en este abrupto paraje de las estribaciones de los Montes de Toledo. Fundado en 1415 por los señores del territorio de El Castañar, Juan Palomeque y Juan Ramírez de Guzmán. Fue habitado por la Orden de los Frailes Menores Franciscanos, cuyo prior fue, Francisco Jiménez Cisneros, en él, vivieron durante algo más de cuatrocientos años, teólogos ilustres, ascetas y confesores, hasta su cierre en 1985 como consecuencia de las leyes desamortizadoras de Mendizábal (*Ríos, 1994*). Actualmente, el convento está en ruinas, aunque aún se pueden observar restos de la iglesia, un pozo, viviendas y una cueva.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

2.2. Materiales y métodos

Se han llevado a cabo dos salidas de campo en diciembre de 2024 y mayo de 2025 con el objetivo de identificar puntos de interés para el análisis de sedimentos y suelos. En estas salidas se identificaron cuatro puntos clave en los que se prevé la realización de sondeos. Los análisis que se llevarán a cabo incluyen la determinación del contenido de materia orgánica mediante el método de *Loss on Ignition* (*Heiri et al., 2001*), el análisis granulométrico, la determinación de elementos químicos principales, el análisis de sedimentos mediante fluorescencia de rayos X (XRF-Scan) y el análisis de isótopos principales. Para poder saber la edad de los sedimentos se optará por la datación de 14C y, en los casos que no haya suficiente materia orgánica, datación mediante Luminiscencia Óptica (OSL).

Por otra parte, también se considera de interés el estudio de los cambios ocurridos en las últimas décadas para evaluar, desde una perspectiva instrumental, la influencia que ha podido tener la variabilidad climática en los usos del suelo en época reciente y analizar si, en el pasado, se produjeron situaciones similares. Para ello, se han utilizado las fotografías aéreas disponibles en el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home), desde el vuelo americano de 1956 hasta las imágenes más actuales distribuidas por el PNOA.

3. Resultados Preliminares

Los resultados preliminares obtenidos en el entorno de la Finca del Castañar evidencian una transformación significativa en los usos del suelo durante los últimos sesenta años. A partir de la comparación entre las imágenes del vuelo americano de 1956 y las sucesivas fotografías aéreas disponibles hasta las más recientes distribuidas por el PNOA, se aprecia una evolución diferenciada según las zonas analizadas. En el área del Monasterio se observa un progresivo abandono del uso del suelo hasta épocas recientes, momento en el cual se ha iniciado un proceso de recuperación que ha derivado en la consolidación de un uso forestal. En contraste, en el entorno próximo al Palacio del Castañar, el uso del suelo ha pasado de estar caracterizado por una ocupación más dispersa y de distribución aleatoria a un modelo de ganadería extensiva claramente orientado hacia la productividad (Figura 2).

Figura 2. Comparación del área del convento de los franciscanos en 2021 y en 1956.

Fuente: Elaboración propia a partir de fotografías aéreas suministradas por el Instituto Geográfico Nacional.

En cuanto a los resultados de los análisis de los sedimentos, los datos muestran muy poca resolución. Solamente se han analizado los perfiles de materia orgánica de los 4 puntos de muestreo y, se puede ver una sucesión negativa de niveles más elevados en todos los perfiles, de materia orgánica en superficie. Sin embargo, quedan por analizar otros aspectos como la granulometría, el XRF y los isótopos, datos que nos darán la información completa de los usos del suelo de los últimos siglos.

4. Consideraciones finales

Los resultados preliminares obtenidos en el marco del proyecto SCUT permiten destacar el potencial de una aproximación metodológica dual —basada en su mayor parte en el estudio de fuentes documentales— para comprender los cambios en los usos del suelo en respuesta a la variabilidad climática. La Finca del Castañar constituye un entorno privilegiado para abordar esta cuestión, tanto por su complejidad geoecológica como por la riqueza de registros históricos vinculados a la actividad socio-cultural, como el convento franciscano. La evolución reciente de los usos del suelo, identificada mediante el análisis de fotografía aérea, pone de relieve dinámicas diferenciadas entre zonas de

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

abandono progresivo y otras orientadas a un aprovechamiento más intensivo. Esta diversidad responde, en gran medida, a factores físicos, sociales y económicos que han condicionado la ocupación del territorio en las últimas décadas.

En paralelo, los primeros datos sedimentológicos aportarán una base empírica, que será enriquecida mediante análisis complementarios como la granulometría, el escaneo por fluorescencia de rayos X y los estudios isotópicos. La combinación de estas líneas de evidencia permitirá reconstruir la historia ambiental reciente y antigua del área de estudio, ofreciendo claves sobre la adaptación de las comunidades locales a contextos de estrés climático, especialmente durante periodos críticos como la Pequeña Edad del Hielo. En conjunto, este enfoque contribuirá a una mejor comprensión de las interacciones entre sociedad y medio ambiente, y a valorar el papel que han desempeñado las prácticas tradicionales en la configuración de estrategias resilientes frente al cambio global.

5. Referencias bibliográficas

García-Abad, F. J., & Martín-Serrano, A. (1980). Precisiones sobre la génesis y cronología de los relieves apalachianos del Macizo Hespérico (Meseta Central Española). *Estudios Geológicos*, 36, 391–461. http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCALGEODEBRGM8220337718

Garrido García, J. A., & Nogueras Montiel, J. A. (2002–2003). El paisaje de los Montes de Toledo: una aproximación geográfica. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (34), 115–132.

Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101–110.

Olcina Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, (49), 197–220. https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.10

Ríos de Balmaseda, A. (1994). El Cardenal Portocarrero y el convento franciscano del Castañar. *Toletum*, (30), 177–182.

Sánchez-García, C. & Francos, M. (2022). Human-environmental interaction with extreme hydrological events and climate change scenarios as background. Geography and Sustainability, 3. 232-236.

SISTEMAS DE DUNAS COSTEROS: DE ESPACIOS HISTÓRICAMENTE IMPRODUCTIVOS Y AMENAZANTES A RECURSOS NATURALES DE ATRACCIÓN TURÍSTICA EN LA ACTUALIDAD

AARÓN MOISÉS SANTANA CORDERO[1]

MÉLANI ALMEIDA VERA[2]

MARCOS FRANCOS[1]

JOSÉ DELGADO ÁLVAREZ[3]

CARLOS SÁNCHEZ-GARCÍA[4]

CARLA GARCIA-LOZANO[5]

[1]Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/Cervantes s/n, Salamanca 37002, aaron.santana@usal.es, código ORCID: 0000-0003-2210-1980; mfq@usal.es, código ORCID: 0000-0002-3311-5686

[2]Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, C/ Pérez del Toro 1, Las Palmas de Gran Canaria 35004, melani.almeida101@alu.ulpgc.es, código ORCID: 0009-0000-1304-8757

[3]Cátedra de Población, Vinculación y Desarrollo de la UNED. C/San Torcuato 43, Zamora 49014, jdelgado@zamora.uned.es, código ORCID: 0000-0002-4729-3678

[4]Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, carlos.sanchezg@uam.es, C/ Francisco Tomas y Valiente 1, Madrid 28049, código ORCID: 0000-0001-6256-1127

[5]Departamento de Geografía, Universitat de Girona, carla.garcia@udg.edu, Plaça Ferrater Mora, s/n, Girona 17004, código ORCID: 0000-0002-5071-1009

Abstract: The coastal dune fields of the Canary Islands have represented in the past threatening areas due to the sand movement and unhealthy characteristics which have currently become a successful natural resources. From this idea, authors explore the history of the Llobregat delta landscape for assessing if it accomplish with this same pattern, which maybe of interest to understand landscape dynamics of these areas along their history. Finally, authors preliminary find that the Llobregat delta follows this same pattern, although more research efforts are necessary to define better this question.

Keywords: costal dune systems; landscape history; threatening areas; successful natural resource, Spain.

1. Introducción

La relación de la sociedad con el medio natural es cambiante y circunstancial a cada contexto histórico. Los avances científicos y tecnológicos, y el desarrollo social definen esta relación. Así, algunos espacios que en los últimos dos siglos no han tenido valor ecológico, ni económico, se tornaron, desde mitad del siglo XX, en piezas imprescindibles para el desarrollo territorial, al ser claves para la atracción del turismo. Los estudios históricos del paisaje permiten reconstruir dicha relación socio-ecológica y económica a partir de una revisión bibliográfica y análisis diacrónicos mediante métodos cualitativos, cuantitativos y espaciales. Durante la última década, la investigación llevada a cabo en Canarias sobre estudios históricos de sistemas de dunas costeros (Santana-Cordero et al., 2014, 2016a, 2016b, 2022) ha mostrado que estos han seguido un patrón evolutivo similar en el que se observa que estos espacios han pasado de ser históricamente improductivos y amenazantes a recursos naturales de atracción turística en la actualidad, lo cual también está relacionado con el momento en que han sido concebidos y planificados sus desarrollos.

El extinto sistema de dunas de Guanarteme, en Las Palmas de Gran Canaria, cuya planificación se gestó durante el siglo XIX, hizo que se minusvaloraran sus valores ecológicos y sus posibilidades económicas como recurso natural porque, en ese momento, este tipo de espacios eran vistos como improductivos y amenazantes (Santana-Cordero et al., 2016b). Esta concepción de dicho sistema natural provocó que se extrajera masivamente su arena para obtener espacio y poder construir una nueva parte de la ciudad. Sin embargo, en la misma isla, otro sistema de dunas, el de Maspalomas, tuvo un destino diferente, ya que su desarrollo se planificó hacia los años 1960-1962, cuando el turismo de masas comenzaba su despegue y este tipo de espacios actuaba como polo de atracción de visitantes. Así, se observa que estas áreas han pasado de ser consideradas históricamente como improductivas y amenazantes a recursos naturales de atracción turística en la actualidad (Santana-Cordero et al., 2022). También existen casos intermedios que escapan a este patrón en los que los sistemas de dunas fueron explotados a través de la extracción de sus recursos: áridos y vegetación. Como conclusión se establece que dicha planificación está fuertemente relacionada con el "paradigma" que define la relación sociedad – medio natural en un momento y un lugar concreto.

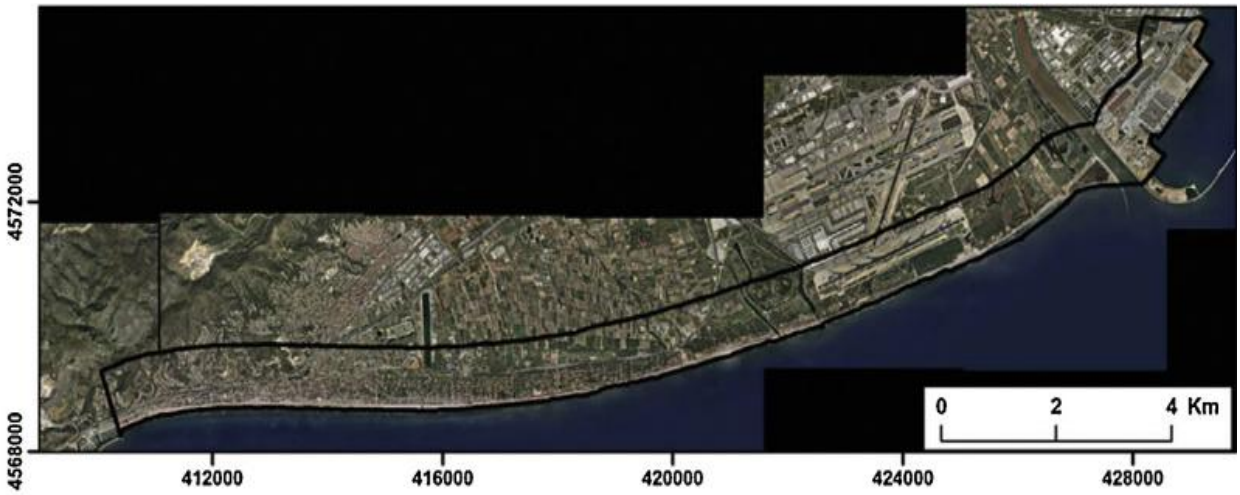
El objetivo de esta investigación es determinar la relación de la sociedad con el medio natural durante los últimos siglos, tomando los sistemas de dunas costeros españoles como caso de estudio. En concreto se plantea la siguiente hipótesis: la situación actual de los sistemas de dunas costeros en España está directamente relacionada con el momento en que se planificó su desarrollo. Para el presente caso, analizaremos el sistema de dunas costero del delta del Llobregat, utilizando la misma área de estudio que Santana-Cordero (2016c).

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

El delta del río Llobregat se encuentra en la provincia de Barcelona, al sur de la ciudad homónima. Esta estructura geomorfológica se fue formando durante los últimos 2000 años. El área de estudio se extiende por 23 km de línea de costa y tiene una superficie de 21,06 km^2. Actualmente es un espacio sobre el que se ejerce una gran presión, en casi todos sus sectores, por los cultivos, las infraestructuras y las urbanizaciones que se encuentran sobre él (figura 1).

Figura 1. Ortofoto del área de estudio.



Fuente: extraído de Santana-Cordero et al. (2016c).

2.2. Materiales y datos

Para esta investigación se hará uso del *Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona* (figura 2; https://cartotecadigital.icgc.cat/digital/collection/catalunya/id/2174/rec/2), publicado en 1891, para realizar un reconocimiento del área antes de su desarrollo. Por otro lado, se hará uso del artículo Santana-Cordero et al. (2016c), sobre la evolución histórica de los servicios ecosistémicos del delta del Llobregat (coberturas y cartografía de las mismas para los siglos XX y XXI, años 1945, 1990 y 2014) y de Garcia-Lozano et al. (2024), que recoge también la historia de este espacio hasta la actualidad. Asimismo, los datos del CORINE Land Cover de 2018 servirán para tener una imagen de cómo ha evolucionado la zona de estudio en términos de coberturas del suelo.

En el mapa de 1891 se pueden localizar ciertas coberturas y elementos del paisaje como las dunas o las lagunas. En concreto se cartografían 7 lagunas costeras de diferente tamaño (la más grande se llama *El Remolar*) y unas dunas que se encuentran en el sector oeste del área de estudio. Una de las lagunas se llama "La podrida", muy probablemente haciendo alusión al estado de insalubridad que la presencia de esta causaba en la zona. El resto del área, al no tener ni simbología ni topónimos, se podría considerar como suelo desnudo, que en el caso del delta del Llobregat se trataría seguramente de arena formando pequeños cordones dunares paralelos a la línea de costa.

Para tener una idea de cómo ha evolucionado el área, se aporta un mapa de coberturas del suelo (datos del CORINE Land Cover) de 2018.

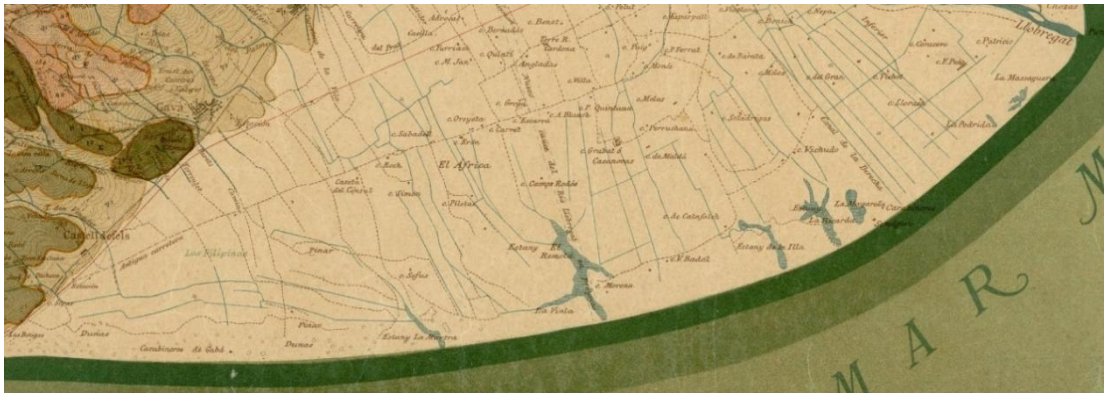
2.3. Métodos

Los métodos utilizados han sido la fotointerpretación, la consulta de cartografía y la revisión bibliográfica de dos artículos sobre la historia del delta del Llobregat (i.e. Santana-Cordero et al. 2016; Garcia-Lozano et al. 2024).

3. Resultados

El sistema dunar del delta del Llobregat albergó durante siglos uno de los cordones dunares costeros más altos de Cataluña. Hacia el siglo XVI se estima que fue plantado el pinar que ocupa parte del área de estudio con presencia, sobre todo, de *Pinus pinea* y, en menor medida, de *Pinus halepensis*. Este hecho pone de relieve el interés sobre los recursos forestales del Barón de Eramprunyà, a quien pertenecían esas tierras con la finalidad del aprovechamiento del piñón y la madera. Probablemente, la plantación de un pinar era de las pocas opciones viables existentes en el momento para el aprovechamiento económico de las dunas. En el siglo XIX hubo una cesión de tierras para ser cultivadas y, así, drenar las lagunas costeras y combatir la malaria. Para esto se llevó a cabo un movimiento masivo de arena de primera línea de costa hacia las áreas a desecar, para destinarlas al cultivo.

Figura 2. Detalle del *Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona*, 1891.

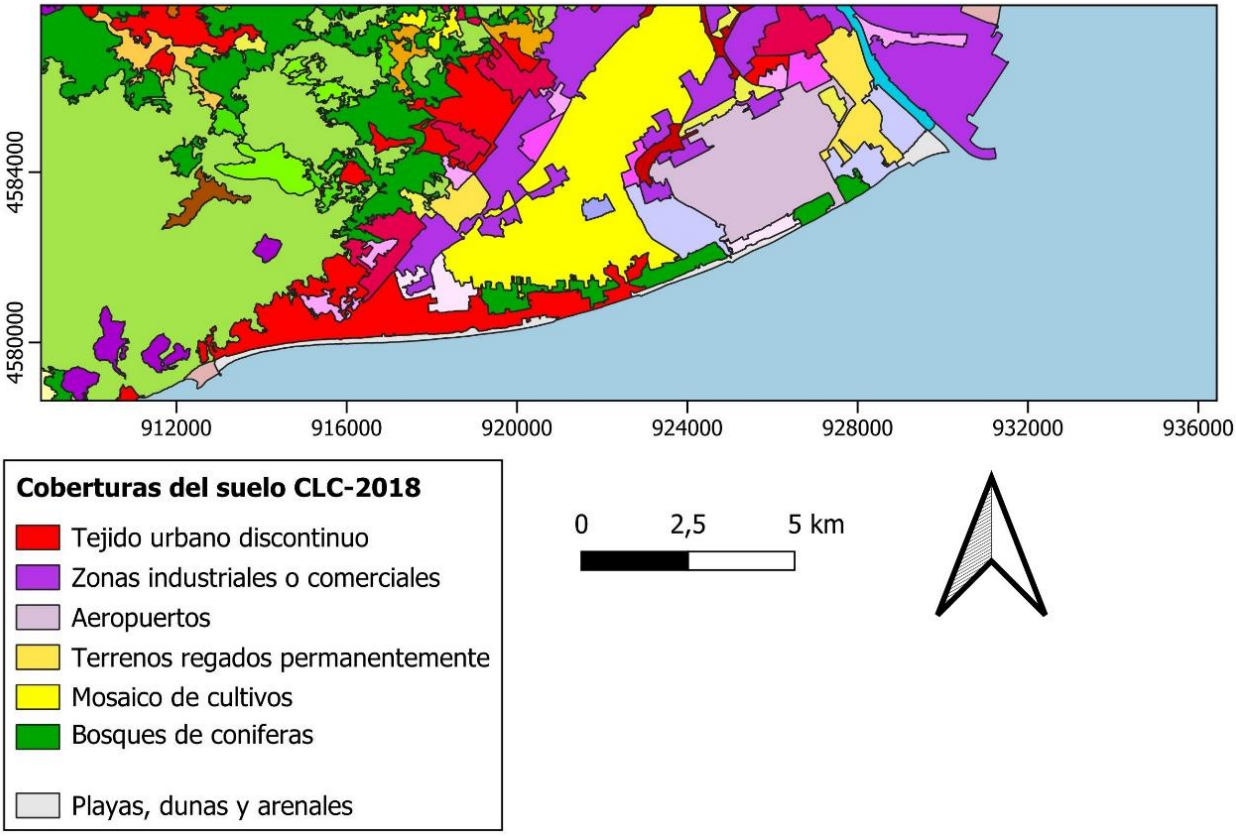


Garcia-Lozano et al. (2024) destaca lo siguiente: "durante la década de 1930 se empezó a plantear la posibilidad de establecer balnearios y lugares de ocio y recreo en las playas del delta del Llobregat". Paralelamente los cordones dunares comenzaron a desaparecer con la construcción impulsada por la compañía Baños de Castelldefels en 1930. Existen indicios de que este espacio fue percibido como amenazante debido a la insalubridad causada por sus aguas estancadas o humedales (hasta la segunda mitad del siglo XX), así como otros eventos relacionados, como las sequías (Santana-Cordero et al., 2016c). Tampoco eran valorados desde una perspectiva social o económica aunque sí que fueron considerados un recurso económico al utilizarse su arena como materia prima para la construcción, lo que resultó en su expolio y desaparición, impulsada por empresas constructoras y otros agentes cuya identidad sigue sin esclarecerse. Actualmente, no queda rastro de estas dunas, y gran parte del antiguo cordón dunar progradante se transformó a mediados del siglo pasado en una urbanización de baja densidad, cuyos jardines, plantados con pinos, aún testimonian la presencia pasada de arenales costeros.

Con todo, las fuentes señalan que no solo se hicieron infraestructuras para uso turístico sino también para uso familiar con la construcción de casas unifamiliares, aunque muchas de ellas se utilizaban como segunda residencia. En cuanto al uso turístico, la propia compañía Baños de Castelldefels proyectó y ejecutó la construcción de edificios destinados a uso turístico hacia mediados del siglo XX. En este momento las dunas eran vistas como material de construcción. El crecimiento urbano de la segunda mitad del siglo XX terminó de eliminar y fragmentar parte del pinar. Aun así, con

la llegada del siglo XXI los bosques y las áreas seminaturales suponían el 30,55% del área de estudio. En la actualidad, parte de este territorio está protegido, siendo los pinares de *Pinus pinea* y los sectores de dunas estabilizadas los valores más importantes de la zona.

Figura 3. Mapa de coberturas del suelo (CORINE Land Cover), 2018.



En la figura 3 se puede observar que las coberturas más extensas, para el año 2018, eran el tejido urbano discontinuo, los bosques de coníferas, playas, dunas y arenales, algunas zonas agrícolas y superficies dedicadas a infraestructuras

4. Conclusiones

Después de este escueto análisis cabe decir que la hipótesis de partida se cumple parcialmente debido a varias circunstancias. Por un lado, por el hecho de que junto al uso turístico y recreativo también se construyeron viviendas unifamiliares con vocación residencial. De igual modo, también debido al hecho de que el delta del Llobregat parecía ser productivo antes de la llegada del turismo ya que la zona de duna y trasduna fue sustituida por pinos para el aprovechamiento forestal desde el siglo XVI. Por otra parte, podemos afirmar que se cumple el patrón identificado en los sistemas de dunas de Canarias al haber sido considerada la zona de estudio como amenazante e improductiva para convertirse luego en un recurso natural de éxito.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias bibliográficas

Almera, J. & Brossa, E. (1891): *Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona: región primera ó de contornos de la capital detallada* [Mapa]. Cartoteca. https://cartotecadigital.icgc.cat/digital/collection/catalunya/id/2174/rec/2

Garcia-Lozano, C., Santana-Cordero, A. M., Roig-Munar, F. X., Pintó, J., Meira Barros, L. G., Furlan, S. A. (2024). From Dunes to Forest: Historical Management of Coastal Dune Fields to Understand Their Changes Across Time: The Case of the Catalan Coast. *Vegueta 24(2),* 793-827. https://doi.org/10.51349/VEG.2024.2.08

Santana-Cordero, A. M., Monteiro Quintana, M. L., Hernández-Calvento, L., Pérez-Chacón Espino, E., García Romero, L. (2016a). Long-term human impacts on the coast of La Graciosa, Canary Islands. *Land Degradation & Development, 27*, 479-489. https://doi.org/10.1002/ldr.2369

Santana-Cordero, A. M., Monteiro-Quintana, M. L., Hernández-Calvento, L. (2016b). Reconstruction of the land uses that led to the termination of an arid coastal dune system: the case of the Guanarteme dune system (Canary Islands, Spain), 1834-2012. *Land Use Policy, 55*, 73-85. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.021

Santana-Cordero, A. M., Ariza, E., Romagosa, F. (2016c). Studying the historical evolution of ecosystem services to inform management policies for developed shorelines. *Environmental Science & Policy, 64*, 18-29. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.002

Santana-Cordero, A. M., Hernández-Cordero, A. I., Marrero-Rodríguez, N., García-Romero, L., Fernández-Cabrera, E., Peña-Alonso, C., Pérez-Chacón Espino, E., Hernández-Calvento, L. (2022). Historical Ecology of the Coastal Aeolian Sedimentary Systems of the Canary Islands. En Decocq G (Ed.) *Historical Ecology: Learning from the Past to Understand the Present and Forecast the Future of Ecosystems* (pp. 247-257). ISTE-WILEY. https://doi.org/10.1002/9781394169764.ch19

INDICADORES DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN EL PARQUE FORESTAL "MONTE GIBRALFARO" (MÁLAGA, ESPAÑA)

JOSÉ ANTONIO SILLERO-MEDINA[1, 2]

MARIO MENJÍBAR-ROMERO[1, 2]

JAVIER GONZÁLEZ-PÉREZ [1, 2]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ-SINOGA[1, 2]

[1]Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad den Málaga. jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; mariomenjibar@uma.es ORCID 0000-0001-9261-4445; jgperez@uma.es ORCID 0000-0001-8536-5129; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881.

[2]Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.

Abstract: Soil conservation in natural areas within urban environments is essential for promoting environmental sustainability. These zones act as vital green lungs, providing key ecosystem services. Effective soil management in urban areas enhances air quality, human well-being, and resilience to extreme climatic events, fostering a sustainable balance between urban growth and environmental conservation. In the context of climate change, particularly in Mediterranean regions, soil degradation poses a significant threat. Therefore, implementing sustainable strategies for assessing, conserving, restoring, and rewilding these spaces is crucial to promoting more resilient land management. This study focuses on an urban forest area in the city of Málaga (Spain)—Monte Gibralfaro—characterized by low biodiversity and a lack of territorial connectivity with the natural matrix, which increases its susceptibility to climate change effects. The research aims to conduct a detailed assessment of soil degradation in this site. Specifically, the study seeks to: (i) Determine soil erosion rates using the RUSLE model; (ii) Estimate organic carbon sequestration (SOC stock); and (iii) Evaluate soil quality through the relationship between organic carbon and clay content (SOC:Clay Ratio). To achieve these objectives, a total of 23 soil samples were collected, evenly distributed across the forest park, and analyzed in the laboratory to assess their main physical, chemical, and hydrological properties. Subsequently, the established indicators were calculated and mapped using innovative machine learning techniques, such as the Random Forest algorithm. The results highlight the southern half as having very high levels of degradation, with strong agreement among the three indicators used, which allowed for the identification of priority intervention areas.

Keywords: soil conservation; erosion; SOC stock; ecosystem services; random forest.

1. Introducción

Las áreas verdes urbanas son fundamentales para garantizar servicios ecosistémicos que mejoran la calidad de vida en las ciudades, al contribuir a la regulación ambiental y al bienestar de la población (Semeraro et al., 2021). Estos espacios están reconocidos por mitigar los efectos negativos de la urbanización en el uso del suelo (Mahmoudi & Maller, 2018). Así, las áreas verdes no solo representan refugios de biodiversidad, sino que también funcionan como una herramienta eficaz para contrarrestar los retos ambientales y sociales asociados con el crecimiento y la propia actividad de las ciudades.

Una de las principales amenazas para estas áreas verdes urbanas es la falta de conectividad ecológica. Este patrón fragmentado no solo acelera la degradación de los ecosistemas, sino que también fomenta una alarmante pérdida de biodiversidad (Jamil et al., 2024). Esta desconexión ecológica representa un desafío crítico que exige una planificación estratégica y colaborativa, indispensable para garantizar la sostenibilidad de estas áreas y preservar su función ecológica en el equilibrio ambiental de las ciudades.

En este contexto, el presente trabajo se enmarca dentro del proyecto ECONECTA GIBRALFARO, cuyo propósito principal es la renaturalización del Monte Gibralfaro en Málaga, mediante intervenciones integrales que aborden los diversos elementos constitutivos del ecosistema. En particular, se pone en valor el papel del suelo como proveedor de servicios ecosistémicos fundamentales y como regulador del correcto funcionamiento del sistema. Entre sus múltiples funciones, destaca el almacenamiento de carbono, vital para mitigar el cambio climático, así como la gestión del agua, que mejora la infiltración y reduce el escurrimiento superficial, clave en la prevención de riesgos de inundaciones (Sillero-Medina, 2022). Además, los suelos en áreas verdes urbanas albergan una rica biodiversidad de microorganismos y fauna del suelo, elementos cruciales para mantener la salud y estabilidad de los ecosistemas urbanos (Burbano-Orjuela, 2016).

Bajo estas consideraciones, la investigación tiene como objetivo realizar una evaluación detallada del estado de degradación del suelo en este espacio. Específicamente, el estudio se propone realizar un diagnóstico inicial para la identificación de las áreas prioritarias de actuación e intervención a causa de un estado más desfavorable en su calidad y salud del suelo. Concretamente, (i) calcular las tasas de erosión del suelo a partir de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo Revisada (RUSLE); (ii) estimar el secuestro de carbono orgánico (SOC stock); (iii) analizar la calidad del suelo mediante la relación SOC:Clay. A partir de esta información se establecerán medidas de actuación concretas para la mejora de los suelos más susceptibles y degradados.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

El parque forestal "Monte Gibralfaro" se localiza en pleno centro de la ciudad de Málaga (España), identificándose como uno de los principales pulmones verdes de la capital y contando con una superficie de 278.094 m² (Figura 2). Como características generales, este espacio presenta una vegetación dominada por pinares de repoblación, principalmente de *Pinus halepensis*, y eucaliptos, además de otras áreas de pastizales, claramente degradados. Desde una perspectiva geológica, la zona del Monte Gibralfaro se emplaza en la zona interna de las Cordilleras Béticas, concretamente en el Complejo Maláguide. Sus materiales están vinculados al afloramiento calizo (localmente alabeadas) del periodo Silúrico y, principalmente, Devónico, durante la era Paleozoica (350-400 millones años).

No obstante, raramente se tratan de calizas en sentido estricto, ya que, según su contenido detrítico, identificamos calizas areniscosas y pizarrosas. Su potencial erosivo se asocia directamente a la propia antigüedad y tipología de los materiales, de escasa resistencia y estabilidad estructural, dando lugar a procesos erosivos diferenciales. Estas características constituyen un elemento clave en la edafogénesis y en las propiedades de los suelos en cuestión. Así, en el caso de estas calizas alabeadas, la fuerte resistencia a la meteorización, unido a las características fisiográficas de gran complejidad que presenta este territorio, los procesos de desarrollo del suelo están ampliamente condicionados. A nivel general, los suelos de este territorio están deteriorados y con claros signos de erosión, donde el desarrollo en profundidad y la aparición de horizontes es muy limitada a zonas con características bióticas y fisiográficas muy concretas.

El área de estudio ha sido seleccionada por presentar claros síntomas de degradación ambiental, principalmente motivado por su la falta de conectividad ecológica. Así, en la Figura 1 se muestra el área de diagnosis y actuación definida para este trabajo.

2.2. Recopilación de datos, cálculo de indicadores, identificación de áreas de actuación y cartografía de los resultados

Se recogieron un total de 23 muestras de suelo de la zona más superficial (0–10 cm de profundidad), distribuidas de forma homogénea por el territorio. En cada punto de muestreo se tomaron dos muestras: en primer lugar, una muestra de suelo alterada (manipulada de su estado actual durante la extracción) y, por último, una muestra inalterada en un cilindro de 100 cm^3. Estas han sido analizadas en el laboratorio, obteniendo resultados de materia orgánica, carbono orgánico, permeabilidad, densidad aparente, estabilidad estructural, gravas y textura. Los métodos utilizados para su medición son descritos por Sillero-Medina (2022). A partir de estos datos se calcularon tres indicadores representativos del estado de degradación del suelo en el Monte Gibralfaro.

- RUSLE, a partir de la metodología descrita por Renard et al (1997).

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde, A es la pérdida de suelo por unidad de superficie, medida en toneladas métricas por unidad de superficie (t ha^{-1}), R el factor de erosividad de la lluvia (Mj ha^{-1} mm-1 $año^{-1}$), K el factor de erodibilidad del suelo (Mg J^{-1}), LS el factor relativo a la longitud y pendiente de las laderas, C el factor de cubierta vegetal y, por último, el factor P relativo a las medidas de conservación y control de la erosión.

- SOC Stocks (Muñoz-Rojas et al., 2012)

$$\text{SOC Stocks} = \text{SOC} * \text{BD} * \text{D} * (1 - \text{G})$$

Donde, SOC Stocks (Mg ha^{-1}); SOC es el porcentaje de carbono orgánico del suelo (g 100^{-1} g^{-1}); BD es la densidad aparente; D es la profundidad del suelo (cm); G son las gravas (%).

- SOC:Clay Ratio

$$\text{SOC: Clay Ratio} = \text{SOC/Clay}$$

Donde SOC es el porcentaje de carbono orgánico del suelo (g 100^{-1} g^{-1}); Clay es el porcentaje de arcillas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Para la representación espacial de los indicadores seleccionados, se emplearon tecnologías avanzadas basadas en *machine learning*, específicamente Random Forest. Se consideraron trece variables explicativas (topográficas, cubierta vegetal y cobertura fraccional) para predecir la variable principal (indicador). El procedimiento incluyó un análisis exploratorio de datos y una fase de entrenamiento preliminar para ajustar el número total de árboles y el tamaño promedio de las hojas, con el objetivo de obtener el menor error cuadrático medio (RME). Finalmente, se utilizaron 200 árboles y un tamaño de hoja de 5. La validación de los resultados se realizó utilizando el 90 % de los puntos de muestreo. Todo el proceso se llevó a cabo en ArcGIS Pro 10.8. (Esri, 2003), a través de la Licencia Corporativa de la Universidad de Málaga. A partir de los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores se han delimitado zonas de actuación prioritarias que han sido delimitadas a partir una evaluación multicriterio a través de una suma ponderada.

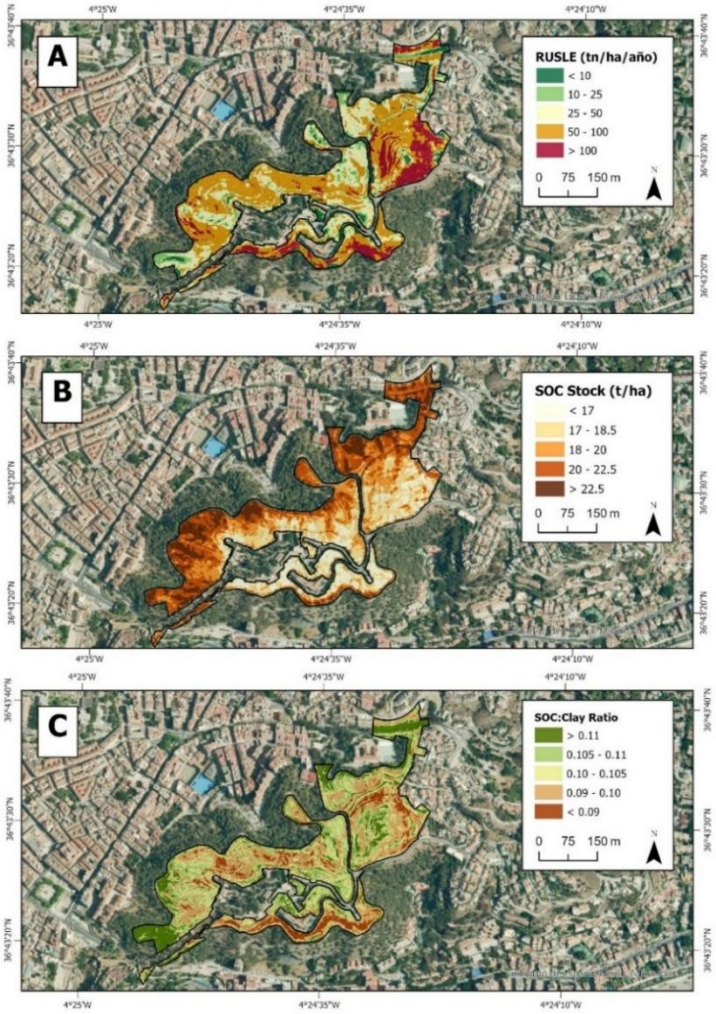
3. Resultados y discusión

El resultado de aplicar los diferentes indicadores de degradación del suelo está recogido en la Figura 1. En primer lugar, las tasas de erosión del suelo resultantes de la aplicación del modelo RUSLE registran una media de 62,5 ± 35,8 t ha^{-1}, identificando importantes extensiones (60,4 % de la superficie total) donde la carga de erosión supera las 50 t ha^{-1} y, por tanto, existe un estado de erosión potencial grave o muy grave. Concretamente, los valores más elevados se recogen en los sectores con exposición Sur, coincidentes con las mayores pendientes en laderas y con los puntos de mayor presión antrópica y turística. De igual modo, el almacenamiento de carbono orgánico muestra una distribución espacial muy similar, con valores medios 19,6 ± 2,4 t ha^{-1}. Aquellos sectores más empobrecidos, con los valores mínimos de SOC Stocks (< 17 t ha^{-1}), se encuadran también en la mitad Sur del parque forestal, ocupando un total del 18,4 % de la superficie.

El último de los indicadores seleccionados, el SOC:Clay Ratio, se desarrolló para evaluar la condición estructural del suelo y clasificarlo según su estado de salud. Concretamente, es uno de los indicadores de salud del suelo seleccionados por la Comisión Europea en la Ley de Monitoreo del Suelo Europeo. La arcilla juega un papel protector del carbono orgánico en el suelo, de este modo, la relación puede proporcionar información valiosa sobre el grado de estabilización del carbono orgánico en las partículas de arcilla presentes (Chahal et al., 2024). Los resultados para el área de estudio identifican una distribución a la recogida en los indicadores anteriores. Sin embargo, existen pequeños sectores, especialmente en la mitad nororiental, donde, a pesar de los bajos valores de carbono orgánico, se observa una buena fijación a las arcillas, con una ratio de en torno a 1:8 y 1:10 (Johannes et al., 2017).

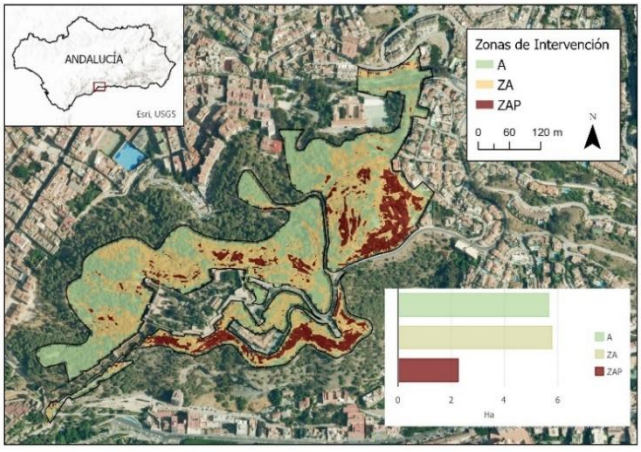
A partir de estos tres indicadores se han determinado aquellas zonas más susceptibles y degradadas del parque forestal en las que se requiere de una intervención prioritaria (Figura 2). De modo específico, se han diferenciado Zonas de Actuación Prioritarias (ZAP), Zonas de Actuación (ZA) y áreas con estado Aceptable (A). Las ZAP ocupan el 15,5 % de la superficie total y están concentradas en la franja más meridional.

Figura 1. Cartografía de los indicadores de degradación del suelo seleccionados para el ámbito de actuación del proyecto. Leyenda: A: RUSLE (t ha-1); B: SOC Stocks (Mg ha-1); C: SOC:Clay Ratio



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Zonas de intervención en el ámbito del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Los tres indicadores seleccionados para diagnosticar el estado de degradación de los suelos en el Monte Gibralfaro ofrecieron resultados bastante similares, con sectores claramente determinados de gran susceptibilidad frente a la erosión hídrica y donde la calidad y salud del suelo es muy deficiente. Estos sectores han sido delimitados como ZAP, siendo puntos clave de cara a llevar a cabo una intervención en el parque forestal e iniciar un proceso de renaturalización.

Bajo estas consideraciones, el equipo de trabajo ha propuesto una serie de medidas estratégicas para la recuperación de suelos degradados que pasan por:

(i) Mejora de propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo a través de tratamientos de *mulching* en las áreas más degradadas.

(ii) Aumento de retención y absorción de agua en taludes. En las zonas donde el perfil de suelo aparece muy desmantelado, se ha sugerido incorporar mallas de geotextil o paneles orgánicos compuestos por sales minerales, almidones, y fibras de celulosa, que permitirán crear un primer horizonte orgánico.

(iii) Intervenciones para la reducción de escorrentías, control de erosión y aumento de infiltración mediante muros (muretes de piedra seca), retenedores de solidos e hidrotecnias. Se primarán en cualquier caso la aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS).

Una vez ejecutadas, la investigación continuará con un análisis periódico y comparativo con el realizado de forma preliminar.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del trabajo realizado en el proyecto "ECONECTA GIBRALFARO C029", financiado por la FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD F.S.P.

5. Referencias bibliográficas

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas, 33(2), 106–116. http://orcid.org/0000-0003-0408-5454

Chahal, I., Amsili, J. P., Saurette, D. D., Bower, J. A., Gillespie, A. W., van Es, H. M., & Van Eerd, L. L. (2024). Soil organic carbon to clay ratio in different pedoclimatic and agronomic conditions in northeastern North America. Geoderma Regional, 39, e00893. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00893

Jamil, R., Julian, J. P., Jensen, J. L. R., & Meitzen, K. M. (2024). Urban Green Infrastructure Connectivity: The Role of Private Semi-Natural Areas. Land, 13(8), 1213. https://doi.org/10.3390/land13081213

Johannes, A., Matter, A., Schulin, R., Weisskopf, P., Baveye, P. C., & Boivin, P. (2017). Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils: Does clay content matter? Geoderma, 302, 14-21. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.021

Mahmoudi Farahani, L., & Maller, C. J. (2018). Perceptions and Preferences of Urban Greenspaces: A Literature Review and Framework for Policy and Practice. Landscape Online, 61. https://doi.org/10.3097/LO.201861

Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L. M., De la Rosa, D., Abd-Elmabod, S. K., Anaya-Romero, M. (2012) Organic carbon stocks in Mediterranean soil types under different land uses (Southern Spain), Solid Earth, 3, 375–386, https://doi.org/10.5194/se-3-375-2012.

Rabot, E., Saby, N. P. A., Martin, M. P., Barré, P., Chenu, C., Cousin, I., Arrouays, D., Angers, D., & Bispo, A. (2024). Relevance of the organic carbon to clay ratio as a national soil health indicator. Geoderma, 443, 116829. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116829.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K y Yoder, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/64080530/RUSLE/AH_703.pdf

Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A., & Aarrevaara, E. (2021). Planning of Urban Green Spaces: An Ecological Perspective on Human Benefits. Land. https://doi.org/10.3390/LAND10020105.

Sillero-Medina, J.A. (2022). Repercusiones eco-geomorfológicas de la dinámica paisajística reciente, en ambientes mediterráneos contrastados. Universidad de Málaga. https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/24375

REINDUSTRIALIZAR EUROPA SIN AMENAZAR SU SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL. EL (MAL) EJEMPLO DE ALTRI EN PALAS DE REI (LUGO)

XOSÉ SOMOZA MEDINA

Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, 24071León, somoza@unileon.es
código ORCID 0000-0002-0857-3837

Abstract: The reindustrialization of Europe is a political and economic project that can generate territorial impacts in Spain. The evolution of globalization has left Europe out of the dashboard of the great world geopolitical decisions and the future, judging by the Draghi report, is nothing flattering. According to this document, Europe needs to recover competitiveness to continue being what until now was and for this a structural change of the European economic structure must be generated, in which industry and energy recover a fundamental role. There are multiple interests that make these objectives difficult and this new mantra should allow any action in our territory that generates a huge environmental impact, with the justification that we must industrialize again. For months in Galicia there has been an industrial project in the village of Palas de Rei that has political and business support and the massive rejection of society. Support messages cite the Draghi report and the need to reindustrialize Europe, criticism of this macroproject define it as an ecological attack and environmental disaster. A challenge of geography to this local-global change can be to study the positive and negative factors and perform an objective analysis of this industrial location, being able to provide as a conclusion alternative solutions. That is what this communication proposes, analyze from a scientific point of view the location of the project of the company Altri in the heart of Galicia, which aims to implement a large cellulose plant in the Ulla River Valley.

Keywords: Reindustrialization; Altri; Palas de Rei, industrial planning; public participatiom, Eucalyptus; industrial location.

1. Introducción

Los cambios en la geopolítica global que se han desarrollado en los últimos años desafían abiertamente la continuidad de la Globalización y el papel de Europa en el escenario mundial (Stiglitz, 2017; Walter, 2021). El punto de partida de estos cambios podría situarse en la Gran Recesión, que comenzó en los Estados Unidos en 2008, y asestó un golpe significativo a la economía financiera basada en la especulación de activos inmobiliarios y productos bancarios relacionados con la construcción de viviendas. Habiendo superado la crisis financiera, la crisis pandémica generó una nueva disrupción temporal, y el mundo se contrajo, revelando la fragilidad de las cadenas de suministro globales y la inseguridad en la producción nacional, especialmente en los países desarrollados europeos (Somoza, 2022). En el momento actual, el comercio global y las relaciones internacionales están experimentando una nueva situación crítica, debido a la escalada arancelaria impuesta por los Estados Unidos y los constantes cambios de criterio de su presidente (Bouët et al, 2024).

A mediados de la década de 1980, la Unión Europea (UE) competía por ser la mayor economía del mundo, ya que la producción y exportación de bienes locales eran sus principales actividades económicas. La UE era la superpotencia comercial en un mundo donde las superpotencias tradicionales (EEUU y la URSS) se encontraban en su último episodio histórico como bloques opuestos. Desde entonces, la geopolítica de la economía, el comercio y el poder político cambiaron a escala global, dando lugar a un nuevo orden mundial (Mariotti, 2024).

Tras dos décadas en las que ha aumentado la brecha en productividad y crecimiento con respecto a otras economías competidoras, como China o Estados Unidos, el futuro de Europa está en juego (Tregenna, 2011). Si no se producen cambios fundamentales, el modelo social comunitario y la propia Unión Europea podrían llegar a su fin (Draghi, 2024).

Según el informe de Mario Draghi (2024), la única manera de que Europa sea más productiva es mediante un cambio radical en su estructura industrial. En esta comunicación, cuestionamos el papel de Europa a escala global tras las tensiones y reconfiguraciones más recientes, y exponemos un caso concreto de industrialización muy conflictiva, que ha generado un debate enfrentado entre sus impulsores, que defienden la actuación citando precisamente el informe Draghi y la reindustrialización de Europa, y sus detractores, que denuncian el gran impacto ambiental que generaría la implantación de un complejo industrial como el que Altri intenta desarrollar en la localidad de Palas de Rei, (Lugo), uno de los lugares más emblemáticos del Camino de Santiago. La comunicación pretende enunciar las contradicciones que surgen de la implementación en un espacio concreto de las grandes políticas macroeconómicas, desestimando las aportaciones que puede hacer la Geografía como ciencia del territorio para señalar el lugar más adecuado, en un proceso renovado de teorización sobre localización industrial (Benito y Somoza, 2024). El objetivo de a comunicación es, por tanto, redescubrir el papel de la Geografía Industrial en este particular *momentum* de la política estructural productiva de la UE.

2. Materiales, datos y métodos

El conocido como informe Draghi, es un análisis económico de la Unión Europea que en realidad lleva por título "El futuro de la competitividad europea" y que consta de dos volúmenes. El primero (Parte A), es un sumario de 73 páginas en el que se condensa la estrategia que se sustenta en el análisis en profundidad que muestra el segundo volumen (Parte B), de 328 páginas. Al principio de la Parte A,

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

el informe dice textualmente "Si Europa no puede ser más productiva, nos veremos obligados a elegir. No podremos convertirnos, al mismo tiempo, en un líder en nuevas tecnologías, un referente de responsabilidad climática y un actor independiente en el escenario mundial. No podremos financiar nuestro modelo social." (Draghi, 2024, 05).

Mario Draghi establece diferentes pilares para mejorar la competitividad de Europa: reducir la brecha en innovación frente a China o Estados Unidos, mejorando el proceso burocrático para la mercantilización de esa innovación, continuar con la descarbonización para así reducir los precios de la energía y su dependencia externa, mejorar en la seguridad europea y reducir las dependencias en nuevos materiales y tecnologías, establecer mecanismos conjuntos de financiación entre el sector público y el privado, y por último, reforzar la gobernanza simplificando las reglas de mercado. En el segundo volumen (Parte B) identifica diez sectores clave para la mejora de la competitividad europea y establece sus recomendaciones en cada uno de ellos, lo que denomina políticas sectoriales. Los sectores son: 1º- energía; 2º materias primas críticas; 3º digitalización y tecnologías avanzadas (banda ancha, inteligencia artificial y semiconductores); 4º Industrias intensivas en energía; 5º tecnologías limpias; 6º automoción; 7º defensa; 8º espacio; 9º farmacéutica; y 10º transporte. Para en la segunda sección desarrollar las políticas horizontales, centradas en cinco aspectos: 1º- acelerar la innovación; 2º- cerrar la brecha de capacidades; 3º- inversión sostenida; 4º- renovación de la competencia y 5º- refuerzo de la gobernanza.

El informe Draghi ha sido desde su publicación una guía de acción para el nuevo Colegio de la Presidenta de la Comisión Europea Úrsula von der Leyen, aunque desde el mundo académico ha suscitado diversas críticas (Juhász, 2024; Weck, 2024), tanto por que el análisis se queda corto en la descripción de la mala situación de la UE en comparación con sus competidores mundiales, como por las amplias diferencias existentes entre los países miembros de la Unión y la dificultad de establecer una ruta común para la reindustrialización del continente, cuando no existe la unidad política, ni el respaldo social necesario para esas políticas comunitarias.

A pesar de las críticas, el instrumento presentado por la Comisión Europea en enero de 2025, la Brújula de la Competitividad, incorpora en buena medida el Informe de Mario Draghi para fortalecer la posición económica de la UE en base a tres ejes de transformación: cerrar la brecha de la innovación, culminar la estrategia europea de descarbonización y reducir las dependencias estratégicas aumentando la seguridad. Para ello establece cuatro líneas de actuación preferente: simplificación regulatoria, reforzar el mercado único, financiar la competitividad, alcanzar un mercado laboral de trabajadores cualificados y mejorar la coordinación entre la UE y los Estados miembros. El futuro de la UE, pasa, por tanto, por recuperar la función productiva del territorio y reindustrializar el continente.

2.1. La nueva megafábrica de Altri como caso de estudio.

En Galicia, la empresa de capital portugués Altri SGPS SA anunció en abril de 2022 el proyecto Gama, que consiste en la creación de una macrocelulosa (112 hectáreas construidas de una extensión total de 366 hectáreas) en el lugar de A Vacariza (Palas de Rei, Lugo), a tres kilómetros escasos del Camino de Santiago. Según los anuncios de Altri, la planta producirá al llegar al pleno rendimiento 400.000 toneladas de celulosa y 200.000 toneladas de una fibra textil vegetal denominada lyocell. Si bien, para su funcionamiento necesitará una demanda de consumo eléctrico de 110 megavatios y un suministro de 46 millones de litros de agua al día, que captará del embalse de Portodemouros, sobre el río Ulla, y necesitará multiplicar, todavía más, la extensión de las plantaciones de eucaliptos por

toda Galicia. El anuncio, realizado junto a la empresa gallega Greenalia (25% del proyecto frente al 75% de Altri) contaba con el apoyo de la Xunta de Galicia, e inicialmente también del gobierno central, gracias a la intercesión de la consultora Acento Public Affairs, del exministro socialista José Blanco, natural de Palas de Rei (Oliver, 2025), y en la que también trabajan, entre otros expolíticos, Alfonso Alonso (PP) o Alberto Garzón (IU). De hecho, la Xunta de Galicia declaró en diciembre de 2024 el proyecto de interés estratégico, para así poder optar al PERTE (Plan Español de Recuperación, Transformación y Resiliencia) financiado con fondos Next Generation. La subvención que el proyecto pretende conseguir a través de varios mecanismos sería del 25% de la inversión total, cifrada en 1.092 millones de euros. No obstante, en abril de 2024 el gobierno central anunciaba que el proyecto Gama que aspiraba a una primera subvención del PERTE de 30 millones de euros había sido desestimada por motivos técnicos, al recibir la segunda peor puntuación de todas las solicitudes presentadas en la convocatoria. Pero el proyecto sigue su curso en Galicia y un mes antes, en mazo de 2024, la Xunta concedía la autorización ambiental integrada. Son en ambos casos estudios técnicos, avalados por administraciones públicas de distinto signo político, pero que se contradicen absolutamente en sus conclusiones.

El proyecto de macrocelulosa en Galicia ha tenido una fuerte contestación social, con manifestaciones multitudinarias en todo el trayecto del río Ulla hasta su desembocadura en la Ría de Arousa o en la capital administrativa, Santiago de Compostela. El Consello da Cultura Galega, órgano asesor de la Xunta, emitió en septiembre de 2024 un informe no vinculante muy crítico sobre la implantación del proyecto Gama por su gran impacto ambiental para toda Galicia, por lo que implicaría en relación a la utilización de ese enorme caudal de agua, su impacto paisajístico y subjetivo en el Camino de Santiago y por su afección frente al Plan Forestal, que aboga por la reducción de la plantación de eucaliptos y su sustitución por otras especies autóctonas, cuando la implantación de la fábrica generaría la extensión del eucalipto por 100.000 hectáreas más (CCG, 2024). En el informe del CCG se pone de manifiesto, también, que la ubicación es desafortunada, al tratar de situarse en uno de los hábitats geodáficos y ecológicos más singulares e interesantes de Galicia, que había sido propuesto para su inclusión en la Red Natura.

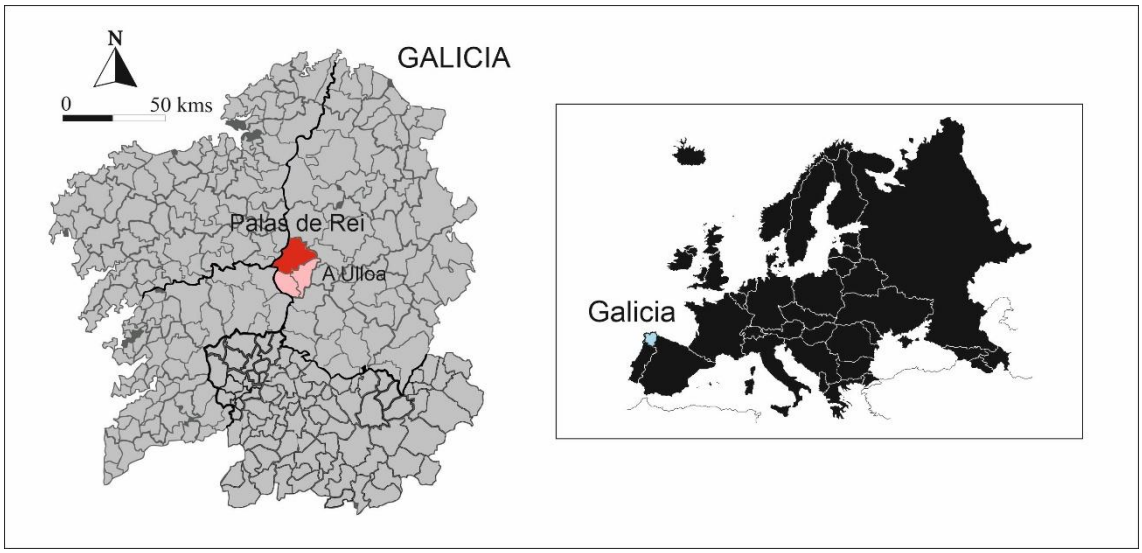
3. Resultados

Los estudios sobre localización industrial eran un tema recurrente en Geografía Económica hace algunas décadas. La industria se ubicaba en un espacio concreto por una serie de factores que la Geografía estudiaba y explicaba: existencia próxima de materias primas, mercados, mano de obra, ubicación de las redes de transporte, etc. Posteriormente esos condicionantes perdieron peso con la globalización y los nuevos factores se relacionaban en los nuevos países productores con políticas estatales de desarrollo y su conexión a las cadenas globales de suministros, y en los países desindustrializados, por otros elementos, como la metropolitanización, la innovación tecnológica o los denominados sistemas productivos locales. Además, en no pocas ocasiones, el factor fundamental de localización en regiones desindustrializadas era el peso de las subvenciones públicas o aspectos personales ligados a los empresarios promotores. Cabe preguntarse en este caso concreto cuales son los factores de localización industrial que explican la elección de Palas de Rei como espacio para la implantación del proyecto Gama y si habría otros lugares en Galicia que podían ser más adecuados para el desarrollo de este proyecto de creación de una nueva industria intensiva en energía de las que el Informe de Mario Draghi destaca como fundamentales en la política sectorial de reindustrialización de Europa.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

En el caso de A Vacariza en Palas de Rei se trata de un lugar conectado a las redes de alto tráfico (Autovía A-54 Santiago-Lugo), en una posición central dentro de Galicia, para poder recibir materia prima de todas las zonas forestales de la región, máxima productora en España de eucalipto, y próxima a un embalse de la cuenca del río Ulla, con una capacidad de 297 hectómetros cúbicos. Pero el lugar pertenece a una comarca con identidad propia, A Ulloa, de economía tradicional ganadera (Lois, 1988), que a lo largo de las últimas décadas ha perdido población y que se ha recuperado, parcialmente con el auge del Camino de Santiago y la reorientación funcional al turismo y los servicios de sus vecinos, sin abandonar totalmente la tradicional orientación ganadera (bovino de carne y leche). En 1940 la comarca, formada por los ayuntamientos de Antas de Ulla, Monterroso y Palas de Rei, contaba con 27.185 habitantes. En aquel momento, Palas de Rei era el municipio más poblado con 13.192 habitantes. Posteriormente la comarca fue perdiendo población, hasta los 8.744 habitantes registrados en 2024, siendo entonces Monterroso el municipio con mayor población (3.625), por delante de Palas de Rei (3.294) y Antas de Ulla (1.825). Esta diferencia supone una pérdida demográfica para la comarca del 70%. Siete de cada diez habitantes de la comarca han abandonado su territorio, aunque mantengan con su lugar de origen lazos de identidad y también se convierta como otras muchas aldeas en lugar de veraneo cuando sus antiguos propietarios regresan a sus viviendas familiares.

Figura 1. Mapa de localización de la comarca de A Ulloa y del municipio de Palas de Rei.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los procesos de desindustrialización generalizados en Europa durante las últimas décadas han dejado comarcas con un importante peso industrial en situación de declive, con infraestructuras abandonadas, población desempleada, dinero público invertido en reconversiones que no han fructificado y una percepción de abandono por parte de sus habitantes (Benito, 2022) que acogerían con mucha mejor receptividad un anuncio de nuevo desarrollo industrial como podría ser el proyecto Gama, si hubieran dado hace tres años un mayor peso a estas cuestiones al analizar el posible emplazamiento de su industria. Existen varias posibilidades pero quizás la más acertada sería una ubicación próxima a As Pontes de García Rodríguez, un municipio coruñés, a ochenta kilómetros al norte de Palas de Rei, con acceso a la autovía AG-64 (Ferrol-Villaba) donde hace pocos meses se

inició el desmantelamiento de una central térmica que daba empleo a cientos de personas, tanto en la propia central y auxiliares como en el transporte del carbón desde los puertos de atraque hasta la localidad. El río Eume también es caudaloso, tiene en sus proximidades un embalse de gran capacidad y aunque también existe un espacio natural protegido en sus proximidades (el Parque Natural de las Fragas del Eume, de 9.000 hectáreas de extensión) la población de la comarca del Eume, próxima a Ferrol, lleva décadas conviviendo con paisajes industriales y procesos de reconversión.

4. Conclusiones

La situación actual de la Unión Europea es muy compleja, como traslada el Informe Draghi. La brecha de innovación y crecimiento económico con China y Estados Unidos ha seguido creciendo y es cada vez más evidente la pérdida de peso político y económico de la Unión en la escena internacional. La situación de encrucijada puede resolverse en los próximos años de diferentes maneras: pueden multiplicarse los casos como el Brexit liderados por gobiernos nacionalistas y de ultraderecha que reduzcan el número de socios comunitarios hasta que se produzca su disolución, puede continuar la actual dinámica de pérdida de poder político y económico y redimensionarse como espacio terciarizado y de turismo mundial, o puede desarrollar nuevas instalaciones fabriles y retomar en el siglo XXI el pulso industrial que demandan algunos políticos, economistas y científicos. En este último caso es fundamental acertar con la localización de esos nuevos establecimientos y redibujar el mapa industrial de Europa sobre aquellas áreas más idóneas, como pareen ser las regiones ya industrializadas. Se hace necesaria una nueva política de localización industrial, que tenga en cuenta las directrices de innovación tecnológica y transición digital y verde, pero que además sea resiliente y busque los emplazamientos más adecuados, como podrían ser las áreas desindustrializadas con vocación de empleo en el sector secundario y capacidad de innovación. Así ha ocurrido en Alemania en las áreas de industrialización tradicional reconvertidas en el presente en nuevos conglomerados de empresas tecnológicas innovadoras tras un lago proceso de reestructuración de sus infraestructuras. Así debe ocurrir en el resto de Europa, huyendo de nuevas localizaciones en áreas rurales marginales, donde los anuncios de grandes proyectos industriales sólo buscan en demasiadas ocasiones réditos políticos y subvenciones públicas.

El proyecto Gama no debe desarrollarse en Palas de Rei. Existen múltiples razones en su contra y la politización del debate no va a conducir a una decisión objetiva y racional para una inversión de esta envergadura. Los proyectos industriales estratégicos, financiados por los fondos Next Generation a través del PERTE, son la aplicación de los criterios del Informe Draghi y de la Brújula de la Competitividad de la Comisión Europea en España. Esta aplicación de dinero público necesita total transparencia, objetividad, criterios técnicos e inteligencia en la toma de decisiones. Ya veremos qué ocurre al final.

5. Referencias bibliográficas

Benito del Pozo, P. (coord). (2022): Resiliencia en espacios desindustrializados. Tirant lo Blanch, Valencia.

Benito del Pozo, P. y Somoza Medina (2024). Aproximación al estudio de la reindustrialización poscrisis: líneas y enfoques desde la geografía, en Sánchez Hernández, J.L et al (Eds), Estrategias territoriales y productivas en un contexto de cambio global. AGE, pp 421-435. https://doi.org/10.21138/ge.2024.21

Bouët, A., Maty Sall, L. y Zheng, Y. (2024). Trump 2.0 Tariff: What cost for the World Economy?. Polcy Brief. CEPII. Paris. Accesible en https://www2.cepii.fr/PDF_PUB/pb/2024/pb2024-49.pdf

Consello da Cultura Galega (CCG) (2024). Informe sobre o proxecto para a implantación dunha industria de fibra textil a base de celulosa e as súas infraestruturas asociadas. Santiago de Compostela. Accesible en https://consellodacultura.gal/publicacion.php?id=4515

Draghi, M. (dir). (2024). The future of European Competitiveness. European Union. Accesible en https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en

Juhász, P. (2024). "Competitiveness Challenges and Opportunities in Light of the Draghi Report," Public Finance Quarterly, Corvinus University of Budapest, vol. 70(4), pages 63-78. https://doi.org/10.35551/PFQ_2024_4_5

Lois González, Rubén C. (1988). A gandería na Ulloa. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

Mariotti, S. (2024), "Win-lose" globalization and the weaponization of economic policies by nation-states", Critical Perspectives on International Business, Vol. 20 No. 5, pp. 638-659. https://doi.org/10.1108/cpoib-09-2023-0089

Oliver, J. (2025). "Dato mata relato": la respuesta social sitúa a Altri como el debate más relevante en Galicia en 25 años. Diario Público. 30/03/2025. Accesible en https://www.publico.es/politica/dato-mata-relato-respuesta-social-situa-altri-debate-relevante-galicia-25-anos.html

Stiglitz, J.E. (2017). The overselling of globalization. Bus Econ 52, 129–137. https://doi.org/10.1057/s11369-017-0047-z

Somoza Medina, X. (2022). From Deindustrialization to a Reinforced Process of Reshoring in Europe. Another Effect of the COVID-19 Pandemic? Land. 11(12):2109. https://doi.org/10.3390/land11122109

Tregenna, F. (2011) Manufacturing Productivity, Deindustrialization, and Reindustrialization. WIDER Working Paper 2011/057. Helsinki: UNU-WIDER. Accesible in https://www.wider.unu.edu/sites/default/files/wp2011-057.pdf

Walter, S. (2021). The backlash against globalization. Annual Review of Political Science, 24(1), 421-442. https://doi.org/10.1146/annurev-polisci-041719-102405

Weck, T. (2024). EU Competitiveness at a Crossroads: Why the Draghi Report Falls Short, and the EU Treaties Offer a Solution, EconPol Forum, CESifo, vol. 25(06), pages 26-29, November.Accesible https://ideas.repec.org/a/ces/epofor/v25y2024i06p26-29.html

GESTIÓN FORESTAL POST INCENDIO MEDIANTE PASO DE GANADO Y SUS EFECTOS EN EL SUELO. CAP DE CREUS (GIRONA)

XAVIER ÚBEDA[1]

SEBASTIÁN ALFARO-ZEPEDA[2]

JOAQUIM FARGUELL[3]

EDUARDO GARCÍA-BRAGA[4]

ANTONIO PEÑALVER-ALCALÁ[5]

MARIANO MORENO DE LAS HERAS[6]

CARLES BARRIOCANAL[7]

[1]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), xubeda@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-0384-8563*

[2]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), salfaro@ub.edu, https://orcid.org/0009-0009-3786-0614*

[3]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), jfarguell@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-1944-6427*

[4]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), eduardogarcia@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-2256-7177*

[5]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), antonio.penalver@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-3717-0241*

[6]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), mariano.moreno@ub.edu, https://orcid.org/0000-0003-3366-5060*

[7]*Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona, Montalegre, 6 - 08001 Barcelona ES), carles.barriocanal@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-6107-9360*

Abstract: Different government agencies are promoting extensive livestock farming as an additional forest management tool for fuel elimination. This is intended to create more open spaces with lower fuel loads, ensuring that in the event of a forest fire, it does not develop into a large, high-intensity blaze. Cap de Creus (Girona) is an area with a high frequency of fires, and for this reason, the managers of the Natural Park are promoting the movement of livestock (mostly cows) through areas that have recently been burned and through areas that have not suffered a fire in recent years. To verify the effects on the soil of this fire-livestock movement sequence, an area that burned in August 2021 was monitored, and soil samples were taken in 2022, 2023, and 2024. In this study are presented the results after three years. The area was divided into B = burned; U = unburned; BC = burned and cow

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

movement; and UC = unburned and cattle grazed. Five plots (n=5) were established in each of these treatments. The vegetation is primarily shrubby, with a few specimens of Quercus ilex in the unburned plots. A more detailed study of the results is still needed, but it seems to indicate that livestock movement is not playing as significant a role as the changes caused by the fire itself, although the combination of both determines the soil characteristics. However, no negative effects on the soil have been observed.

Keywords: Wildfires, livestock, forest management, Cap de Creus

1. Introducción

Los incendios forestales son un fenómeno común y recurrente en los ecosistemas de tipo mediterráneo y, al igual que en otros biomas, se consideran un proceso natural (Pausas y Keeley, 2009), aunque influenciados y modificados por la acción humana (Pyne, 2011). Además, los cambios en el paisaje, la despoblación, la reducción de las prácticas agrarias en las últimas décadas y la influencia del cambio climático, han modificado el régimen de incendios específico de cada lugar (Úbeda et al., 2024). Esto ha dado lugar a igniciones que se han convertido en grandes incendios forestales, que hoy en día suponen un problema en forma de riesgo para las personas, los bienes y el medio ambiente (Badía et al., 2025).

En Cataluña, las políticas de prevención se han implantado desde finales del siglo XX, y una de las estrategias clave fue la incorporación de la gestión forestal. Este enfoque, destinado a reducir el riesgo de grandes incendios forestales, se centra en la gestión del combustible, ya que es la variable sobre la que los gestores pueden influir (Piqué et al., 2013). Entre las acciones para reducir el combustible en las zonas forestales mediterráneas se encuentran el desbroce y las quemas prescritas, para evitar que los incendios alcancen grandes dimensiones forestales. Además, durante años se ha promovido la introducción de ganado para reducir el consumo de combustible forestal (Alcasena-Urdíroz et al., 2019) Estas prácticas se están desarrollando en Europa (Calleja et al., 2019) y, más concretamente, en países como Francia (Thavaud, 2009) o España (Varela et al., 2017).

Existen pocos estudios sobre la influencia del ganado en las propiedades del suelo; sin embargo, existen estudios sobre la erosión causada por el sobrepastoreo (Kairis et al., 2015), pero no tantos sobre la degradación bioquímica del suelo. Según Schlegel et al. (2017), los excrementos sólidos y líquidos de los animales en pastoreo no necesariamente tienen efectos negativos en las propiedades del suelo, y no se observaron cambios negativos en su trabajo; donde se observó poca variación en el pH, y los cambios más notables fueron aumentos de N, P, K y Fe.

El objetivo de este estudio es comprender los cambios en algunas propiedades del suelo en la secuencia de incendio forestal + paso de ganado, en este caso ganado vacuno.

2. Área de estudio y metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio de este trabajo de investigación se encuentra en el Cap de Creus, al noreste de la península ibérica. Es una de las zonas con mayor incidencia de incendios (Úbeda, 2021). La vegetación es altamente inflamable debido a la alta recurrencia de incendios en la zona, que es muy

arbustiva, y las condiciones meteorológicas adversas son comunes, con fuertes vientos del norte. En las últimas décadas, el Cap de Creus se ha quemado en algunas zonas del cabo hasta siete veces (Úbeda, 2021). Esta característica hace que esta zona sea muy atractiva para su estudio. Después de un incendio forestal en 2021 se estableció el diseño de muestreo para hacer un seguimiento de las consecuencias del fuego y del paso de ganado para la gestión del combustible (Figura 1).

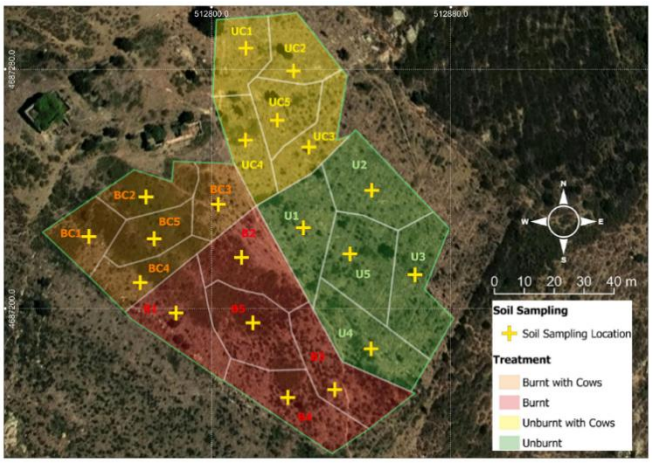
Figura 1. Imagen de la parcela sin quemar con el paso del ganado

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Muestreo

Se establecieron cinco parcelas (n=5) en el área quemada (B) en la zona sin quemar (U), la zona quemada con paso de vacuno (BC) y la zona no quemada con paso de vacuno (UC) y se tomaron muestras de suelo, los datos que aquí se presentan son los correspondientes a 3 años tras el incendio (Figura 2). El muestreo se basa en una muestra compuesta de los primeros 10 cm de profundidad, con un peso aproximado de 1 kg y se conservan en nevera portátil hasta su análisis en el laboratorio.

Figura 2. Diseño de muestreo con las cuatro parcelas de estudio. (B = quemado; U = sin quemar; BC = quemado con vacas; UC = sin quemar con vacuno



Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

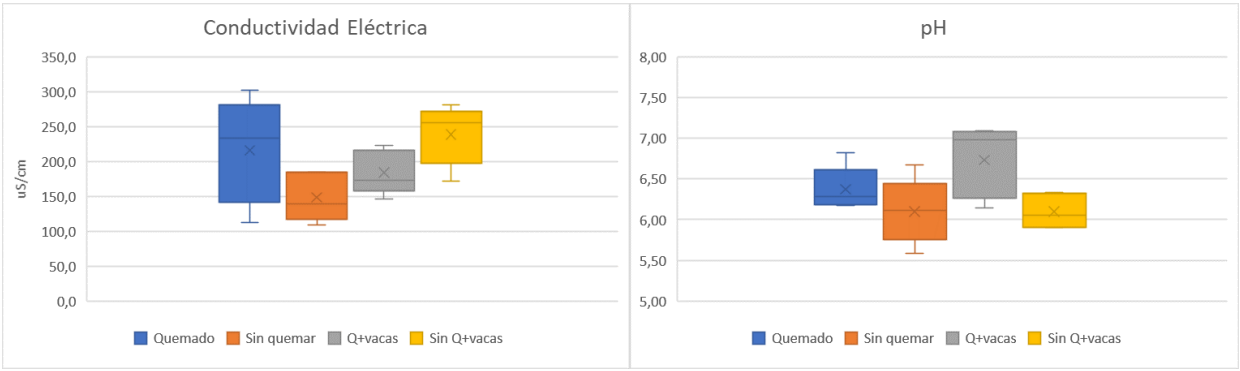
2.3. Trabajo de laboratorio y tratamiento de datos

En el laboratorio de Geografía Física y los CCiTUB de la Universidad de Barcelona se analizaron las siguientes propiedades presentadas en esta comunicación: pH y Conductividad Eléctrica (MAPA, 1976), Cationes mayoritarios (Extracto con Acetato amónico y análisis mediante cromatografía iónica), Carbono orgánico y Nitrógeno total (Análisis elemental), Estabilidad estructural (Low, 1954) e hidrofobicidad (Wessel, 1988). El análisis estadístico se realizó con el software R (versión 2024.12.1+563)

3. Resultados

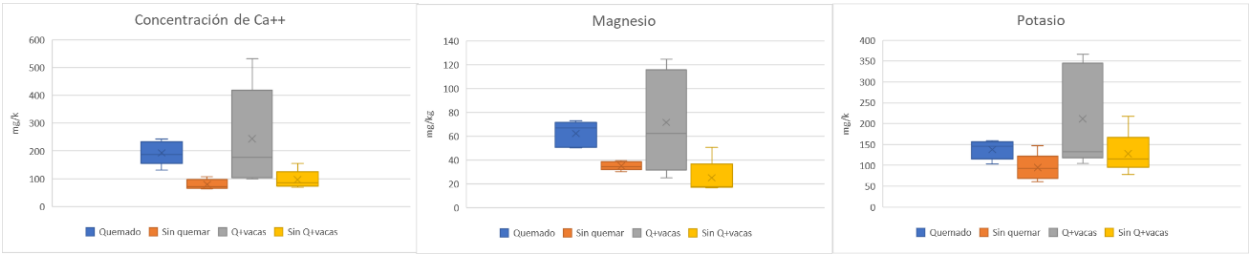
En la figura 3 se puede observar cómo la parcela quemada 3 años después del fuego continúa con valores significativos más elevados de conductividad (215 µS/cm), lo que indica que el efecto fuego es mucho más importante que el efecto del paso de ganado. La parcela sin quemar y sin paso de ganado, de hecho, es la que registra valores más bajos (148 µS/cm). Aunque es la parcela quemada con el paso de ganado la que presenta valores medios más elevados de cationes mayoritarios (Ca++ = 243 mg/kg; K+ = 211 mg/kg; Mg = 71 mg/kg) lo que parece indicar que el paso del ganado influye en esta concentración (Figura 4. En consonancia, también esta parcela (quemada + vacas) la que tiene el pH más elevado (6,7) frente a la parcela sin quemar, ni ganado, con 6,1 de pH (Figura 3).

Figura 3. Resultados de cationes mayoritarios tres años tras el incendio y paso de ganado.



Resultados de conductividad eléctrica y pH tres años tras el incendio y paso de ganado. Elaboración propia.

Figura 4.



Fuente: Elaboración propia.

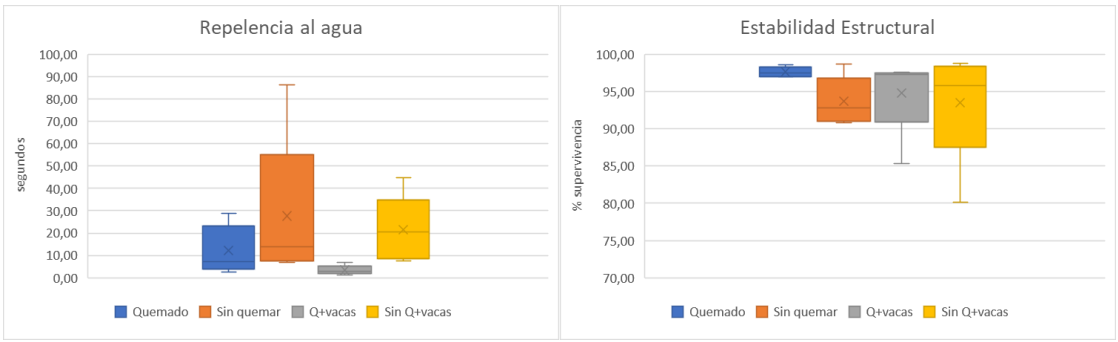
Es muy evidente, por los resultados obtenidos, que la parcela quemada por el incendio y aquella con la secuencia incendio+ganado tienen los valores más elevados de Carbono orgánico (8,3 y 7,9%) frente a las parcelas sin quemar (6,2 y 7,2%). Lo mismo ocurre con los valores de nitrógeno, 0,48% quemado, frente a 0,40% sin quemar (Figura 5).

Figura 5. Resultados de Nitrógeno total y Carbono orgánico tres años tras el incendio y paso de ganado.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores más elevados de hidrofobicidad se dieron en las parcelas sin quemar (27 y 21 segundos) frente a las parcelas quemadas (12 y 3 segundos) (Figura 6). En este caso la combustión de materia orgánica o la acumulación de cenizas no fueron determinantes para un aumento de la repelencia al agua. En lo referente a la estabilidad de los agregados, todas las parcelas muestran una gran estabilidad, con valores superiores siempre al 90% de estabilidad, lo que asegura una resistencia de la estructura del suelo a la precipitación y su impacto de gota, que podría conllevar a procesos erosivos (Figura 6).

Figura 6. Resultados de Repelencia al agua y estabilidad estructural tres años tras el incendio y paso de ganado.



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Tras tres años después del incendio forestal son evidentes los efectos en algunas propiedades del suelo, pues los resultados difieren entre las parcelas quemadas y no quemadas: siendo las primeras las que tuvieron concentraciones más elevadas en todos los parámetros. Parece que el paso de ganado no tiene una gran influencia, comparado con el impacto fuego, pues si comparamos los resultados de la

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

parcela sin quemar, con la parcela sin quemar con paso de ganado, los valores no son estadísticamente significativos.

5. Referencias bibliográficas

Alcasena-Urdíroz, F.J., Vega-García, C., Ager, A.A., Salis, M., Nauslar, N.J., Mendizabal, F.J., & Castell, R. (2019). Forest fire risk assessment and multifunctional fuel treatment prioritization methods in Mediterranean landscapes. *Geographical Research Letters*, 45, 571–600.

Badía, A., Francos, M., Morán, P., Quílez, R., & Úbeda, X. (2025). La integración de los incendios forestales en la gestión y planificación territorial en el contexto de cambio global. En: Cambio climático y territorio en el mediterráneo ibérico (Romero & Camarasa eds). *Tirant lo Blanch ediciones*, 95-114.

Kairis, O., Karavitis, C., Salvati, L., Kounalaki, A., & Kosmas, K. (2015). Exploring the impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a dry Mediterranean agro-forest landscape (Crete, Greece). *Arid land research and management,* 29(3), 360-374.

Pyne, S. J. (2011). *Fire: a brief history*. University of Washington Press.

Pausas, J.G., & Keeley, J.E. (2009). A burning story: The role of fire in the history of life. *Bioscience*, 59, 593–601.

Piqué, M., Valor, T., Larrañaga, A., & Cervera, T. (2013). *Integración de la prevención de incendios en la gestión forestal: tipologías forestales de Cataluña según su vulnerabilidad a generar fuegos de copas*. In 6º Congreso Forestal Español, Vitoria-Gasteiz.

Schlegel, A. J., Assefa, Y., Bond, H. D., Haag, L. A., & Stone, L. R. (2017). Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. *Soil and Tillage Research*, 172, 48-58.

Thavaud, P. (Coord), (2009). *Guide pratique pour l'entretien des coupures de combustible par le pastoralisme*. Éditions La Cardère—l'Éphémère, Laudun, France.

Úbeda, X. (2021). El foc com a element estructural del paisatge i el fenomen dels grans incendis forestals. In La nova geografia de la Catalunya postcovid (pp. 283-293). Societat Catalana de Geografia.

Varela, E., Jacobsen, J.B., & Mavsar, R. (2017). Social demand for multiple benefits provided by Aleppo pine forest management in Catalonia, Spain. *Reg Environ Change*, 17, 539–550.

INVENTARIO, CLASIFICACIÓN Y POSIBILIDADES DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA ESPACIOS DEGRADADOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE ASTURIAS

ALEJANDRO VEGA VIÑA[1]

ARTURO COLINA VUELTA[2]

ÍCARO OBESO MUÑIZ[3]

[1]*INDUROT, Universidad de Oviedo, C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres, vegaalejandro@uniovi.es,*

[2]*Departamento de Geografía, INDUROT, Universidad de Oviedo, C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres, colinarturo@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-7793-0837*

[3]*Departamento de Geografía, INDUROT, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo, obesoicaro@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-7905-4033*

Abstract: One of the main consequences of anthropogenic pressure on the natural environment in general, and on biodiversity in particular, is the emergence of deteriorated areas. This concept encompasses a wide range of situations, including contaminated soils; marginal spaces impacted by infrastructure, post-industrial and post-mining landscapes, old quarries as well as altered river corridors. The Metropolitan Area of Asturias serves as a good example of a territory affected by these dynamics. For all these reasons, the aim of this project is to create an inventory that compiles the various typologies and classifies them into different categories within a geodatabase using GIS. The old and current deteriorated areas were georeferenced based on cartographic sources and historical aerial imagery to determine their precise locations. The results obtained also include data sheets and an assessment of the potential ecological restoration of the sites analysed. The applications and transferability of the inventory are intended for both academic use and institutional or business contexts.

Keywords: anthropogenic pressure; deteriorated areas, contaminated soils, post-industrial landscapes, Asturias

1. Introducción

La temprana y especializada industrialización asturiana supuso un incremento notable de las infraestructuras e instalaciones relacionadas con las actividades mineras. Éstas se concentraron espacialmente en las cuencas mineras, articuladas por los ríos Nalón y Caudal, situadas en el centro de Asturias. A partir de la década de los años setenta del pasado siglo XX tuvo lugar un declive paulatino de estas actividades lo que produjo la aparición de procesos similares a la contracción urbana (*urban shrinkage*), y que tuvo como consecuencia un gran descenso del empleo y de la población, un envejecimiento y numerosos problemas sociales (Fernández et al., 2007; Prada-Trigo, 2014).

A su vez, la crisis de la minería vino acompañada del traslado de las grandes factorías siderúrgicas a emplazamientos más próximos a la costa asturiana, en un proceso de "litoralización" de la industria, que provocó un gran aumento del desempleo y un acusado descenso demográfico. La desaparición de la industria pesada en estos territorios, fuertemente especializados, generó crisis económicas y ecológicas, así como cambios sociales y una pérdida de la identidad cultural (Stilgenbauer, 2005). Así, buena parte de las infraestructuras e instalaciones vinculadas a las explotaciones mineras se han quedado obsoletas dando lugar a diferentes procesos, como el desmantelamiento, el abandono y la transformación funcional. En algunos casos, se llevó a cabo una regeneración de estos espacios, especialmente a partir del comienzo del siglo XXI; mientras que, en otros, las instalaciones han ido sufriendo un fuerte proceso de degradación, derivado de la falta de un instrumento de planeamiento vinculante y consensuado entre gobierno regional y ayuntamientos o de la falta de atención a estas áreas en situación de marginalidad.

En los últimos años se han intentado llevar a cabo diversas políticas de reindustrialización, cuyo objetivo ha sido principalmente la creación de suelo industrial para impulsar la llegada de nuevas empresas. Las instalaciones mineras, hasta entonces pertenecientes a compañías privadas, fueron traspasadas a la compañía estatal Hulleras del Norte S.A. (HUNOSA), que pasó a ser propietaria de un gran número de suelos degradados vinculados a la minería. Esto no evitó un imparable proceso de reestructuración industrial, que condujo al estancamiento de la producción de carbón y al descenso del empleo (Benito del Pozo, 1990).

De acuerdo con el marco normativo vigente en Asturias en materia de ordenación del territorio y urbanismo, tanto las directrices regionales de ordenación del territorio como el artículo 5 del Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo incluyen entre sus principios generales el desarrollo territorial y urbano sostenible, que se sustenta en la consideración del suelo como recurso no renovable por lo que su uso debería evitar un consumo innecesario de este así como la recuperación de aquellos suelos contaminados y espacios degradados. En consonancia con estos principios generales, el Gobierno del Principado de Asturias procedió de acuerdo con la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, a la caracterización de diversos emplazamientos, estableciendo el grado de contaminación.

Por todo ello, esta comunicación profundiza en las implicaciones territoriales de la elaboración de un inventario, clasificación y posibilidades de restauración ecológica para espacios degradados del área metropolitana de Asturias en el contexto del convenio suscrito entre el Principado de Asturias, la Universidad de Oviedo y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

No obstante, no todos los espacios analizados en este estudio se corresponden con antiguas áreas mineras o industriales, sino que también se incorporan otras tipologías de áreas afectadas por la acción antrópica. Un primer ejemplo de esto son los espacios residenciales degradados, que abarcan desde

antiguas áreas residenciales abandonadas a lo largo del siglo XX, que constituyen actualmente un foco de suciedad e inseguridad, hasta poblados de infraviviendas o chabolas, donde residen las clases sociales con menos recursos. Otras tipologías analizadas en este estudio son los antiguos equipamientos de carácter regional o local que, tras el cese de su función original, se encuentran a la espera de nuevos usos. Finalmente, otro de los espacios contemplados es el que corresponde a las canteras, incluyendo tanto las activas como las que están en desuso.

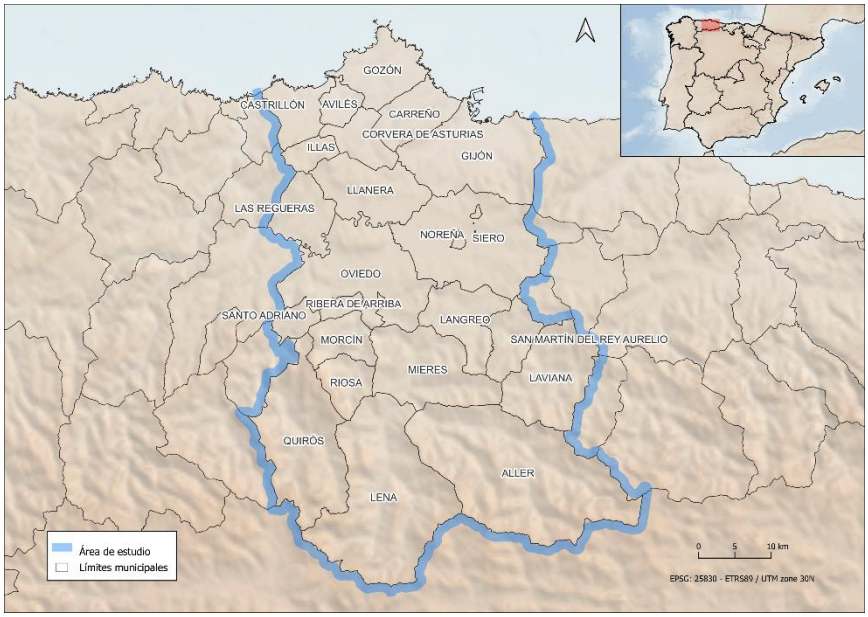
2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

El área de estudio se circunscribe al Área Central Metropolitana del Principado de Asturias, entre el mar Cantábrico y la provincia de León. La delimitación del área ha sido establecida por los límites municipales, quedando conformada por un total de 23 concejos (

Figura). De entre ellos, cabe destacar que no se ha inventariado ningún espacio ni en Illas ni en Noreña, al no haberse encontrado áreas degradadas en estos concejos.

Figura 1. Mapa de situación general



Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía ráster del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

2.2. Metodología

La metodología para la elaboración del inventario de espacios degradados del Área Central Metropolitana de Asturias se basa en un enfoque que combina la investigación documental, la fotointerpretación y el análisis de datos. La primera fase consistió en la identificación de los espacios degradados a lo largo del tiempo mediante un análisis detallado de los inventarios ya existentes, tales como el Inventario de Balsas y Escombreras del Principado de Asturias (Fernández, 2023), elaborado por el IGME o el Inventario de Escombreras de HUNOSA, que data de 1996. A partir de ahí, se

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

comenzó con el análisis de las fuentes fotográficas, utilizando las fotografías aéreas históricas existentes en los archivos digitales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias (SITPA), para localizar los espacios degradados existentes tanto en el pasado como en la actualidad, incluyendo también los que ya han sido restaurados y los que permanecen activos. Con la información recabada, se elaboró una geodatabase, con un código único para cada uno de los elementos y se clasificaron estableciendo las siguientes tipologías: balsa, cantera, equipamiento, escombrera, espacio residencial, explotación minera, lavadero, pozo o terreno industrial. Cada espacio cuenta con diferentes campos que proporcionan una gran cantidad de información acerca de su localización, su situación actual o su accesibilidad, entre otros. Así mismo, se recabó información mediante la búsqueda bibliográfica y hemerográfica, tanto de artículos académicos como de noticias que pudiesen proporcionar datos sobre la evolución cronológica del espacio analizado, con especial énfasis a su situación actual. Tras esto, se elaboraron unas fichas, que se acompañaron de imágenes y de un atlas, utilizando como base el Mapa Topográfico Nacional (MTN) y las fotografías aéreas históricas. Además de las fuentes descritas, se han utilizado otras que han sido de gran ayuda como soporte a las ortofotografías históricas. Como por ejemplo las aplicaciones *Google Maps* y *Google Street View*, permitiendo esta última herramienta conocer la evolución diacrónica de algunos de los espacios analizados a través de su archivo histórico de imágenes en 360°. También resultó de gran ayuda *Google Earth*, para conocer la topografía del terreno o *OpenStreetMap* para consultar la toponimia o los nombres de determinadas instalaciones mineras e industriales. Por último, se han realizado visitas *in situ* a algunos de los lugares presentes en el inventario, para obtener información de primera mano.

3. Resultados

El inventario está conformado por un total de 506 espacios degradados, distribuidos entre 21 concejos y 9 tipologías. La tipología más numerosa es la de la escombrera, con un total de 151 espacios georreferenciados en el área central de Asturias (29,8 %). A esta le siguen los terrenos industriales muy de cerca, con 147 (29,1 %) y, ya a una gran distancia, las canteras, con 74 (14,6 %). Cierran la tabla las balsas, aunque cabe puntualizar que algunas canteras y terrenos industriales también cuentan con sus propias balsas en el interior de sus instalaciones (Tabla 1).

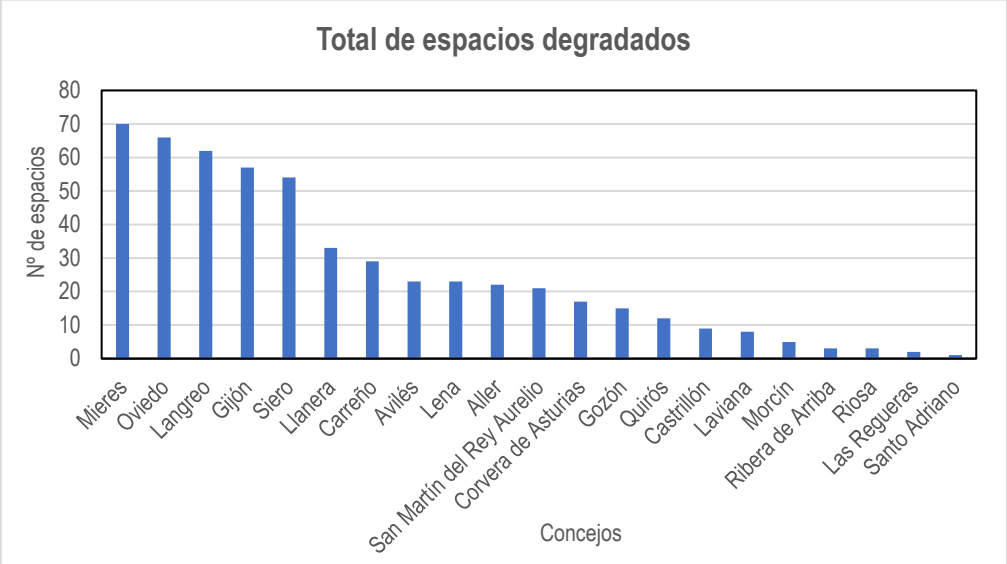
Tabla 1. Número total de espacios degradados inventariados según tipología y situación actual

TIPOLOGÍA	ACTIVO	EN RESTAURACIÓN	RESTAURADO	ABANDONADO	TOTAL
Escombrera	20	5	95	31	**151**
Industrial	53	13	28	53	**147**
Cantera	21	0	14	39	**74**
Minería	4	3	18	24	**49**
Pozo	0	6	10	23	**39**
Equipamiento	0	2		17	**19**
Residencial	11	0	1	4	**16**
Lavadero	1	0	6	2	**9**
Balsa	0	0	1	1	**2**
Total	**110**	**29**	**173**	**194**	**506**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a su distribución espacial, el concejo de Mieres es el que alberga el mayor número de espacios recogidos en el inventario, con un total de 70 (13,1 %), seguido de Oviedo, con 66 (12,3 %) y Langreo, con 62 (11,6 %). El top 5 lo completan Gijón y Siero (Figura 2). En el otro extremo, pequeños concejos como Santo Adriano o Las Regueras solo cuentan con 1 y 2 espacios respectivamente.

Figura 2. Número total de espacios degradados por concejos



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, si analizamos los espacios inventariados por concejos según su situación actual, observamos que Mieres también encabeza la lista de los espacios restaurados, ya que cuenta con un total de 38, que representan algo más de la mitad de sus áreas degradadas (54,3 %), siendo en su gran mayoría escombreras situadas a lo largo del valle del Caudal o del Turón (Ujo, San José, Reicastro…). A pesar de ello, Mieres aún cuenta con 20 espacios abandonados (28,6 %), destacando instalaciones como el Pozo Polio o el antiguo hospital Álvarez Buylla. El otro gran concejo de la cuenca hullera central asturiana, Langreo, también cuenta con un gran número de áreas restauradas: 24, que representan el 38,7 % de los espacios degradados del concejo, destacando ejemplos como el Pozo Fondón o Duro Felguera / Valnalón. Además, Langreo cuenta con 5 espacios en proceso de restauración (8,1 %), el que más, y 21 abandonados (33,9 %). Estas cifras evidencian la fuerte actividad minera e industrial que vivieron ambos concejos en el pasado y las medidas de recuperación y regeneración ejecutadas a lo largo de los últimos años. En cuanto a los espacios aún activos, se aprecia un claro liderazgo por parte de los dos grandes núcleos urbanos de la región, que conforman los concejos actualmente más poblados y con una mayor importancia económica y administrativa, como son Gijón y Oviedo. El primero alberga un total de 24 espacios degradados activos, que representan un 42,1 % del total del concejo, mientras que el segundo cuenta con 17, un 25,8 % del total. Si atendemos a la tipología de estos, observamos que en Gijón predominan los terrenos industriales degradados, que conforman 27 de los 57 espacios degradados (47,4 %), destacando industrias como factorías siderúrgicas, antiguas fábricas de loza o tejeras. Por su parte, Oviedo cuenta con 21, que

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

representan un 31,8 % del total y predominan las fábricas de armas y las antiguas fábricas de cerámicas o refractarios. En lo que se refiere a la superficie por concejos, observamos que nuevamente los dos grandes concejos más afectados por la minería y la siderurgia son los que cuentan con unas mayores extensiones de terrenos que han sufrido algún tipo de degradación en el pasado o en la actualidad. Langreo es el que cuenta con una mayor superficie, con un total de 23,73 km² afectados, seguido de Mieres, con 21,35 km². Estas cifras son principalmente fruto de las grandes explotaciones mineras a cielo abierto que se llevaron a cabo a finales del siglo XX, de entre las que caben mencionar San Víctor, Mozquita o La Matona. A mucha distancia, se encuentra Gijón en tercer puesto, con 9,12 km² afectados.

4. Conclusiones

La intensa actividad minera e industrial que tuvo lugar en el área central de Asturias propició la generación de una gran cantidad de espacios degradados, algunos de los cuales permanecen activos (21,7 %), otros ya están restaurados (34,2 %), unos pocos se encuentran en proceso (5,7 %) y la mayoría permanecen abandonados (38,3 %). Este inventario georreferenciado clasifica estos espacios en función de diferentes parámetros que nos permiten obtener una imagen de la situación actual de estos terrenos ubicados en la zona más poblada de la región. De los datos se extrae que la cuenca hullera central asturiana, principalmente conformada por los concejos de Langreo y Mieres, ha sido el área más afectada por la acción humana a lo largo del tiempo, concentrando el 39,25 % de la superficie de los espacios degradados del área de estudio. Cabe destacar que Mieres también encabeza la lista de espacios restaurados (54,3 % de sus espacios inventariados), mientras que en Langreo el porcentaje es algo inferior (38,7 %). Al contrario, Oviedo y Gijón son los que destacan en lo que a espacios activos se refiere, especialmente este último, con un total de 24 espacios degradados activos. En este predominan los terrenos industriales degradados, principalmente formados por factorías siderúrgicas, antiguas fábricas de loza o tejeras, que constituyen hasta el 47,4 % de sus espacios inventariados.

5. Referencias bibliográficas

Benito del Pozo, P. (1990). El declinar de los espacios minero-siderúrgicos tradicionales. Evolución reciente de Mieres y Langreo (Asturias). *Ería*, (23), 235–252.

Fernández, A., Sevilla, J., Ortega, M., González, J. R., & Álvarez-Cienfuegos, J. (2007). *Población, administración y territorio en Asturias*. Consejo Económico y Social.

Fernández S, J., Díez, A., Iglesias, M., Zapatero, C., Fernández, F. J. (2023). *Inventario de balsas y escombreras del Principado de Asturias* (BALESPA). CSIC – IGME.

HUNOSA (1996). *Inventario de escombreras de HUNOSA*. HUNOSA.

Prada-Trigo, J. (2014). Declive urbano, estrategias de revitalización y redes de actores: El peso de las trayectorias locales a través de los casos de estudio de Langreo y Avilés (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 33–51.

Stilgenbauer, J. (2005). Landschaftspark Duisburg Nord – Duisburg, Germany. *Places*, *17*(3). University of California, Berkeley.

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE USOS DEL SUELO EN IMÁGENES DEL VUELO AMERICANO B: PRECISIÓN, INCONSITENCIAS, Y OPORTUNIDADES PARA EL ANÁLISIS MULTITEMPORAL

ALBA VIANA-SOTO[1]

HORACIO GARCÍA[2,3]

[1]*Technical University of Munich, School of Life Sciences, Earth Observation for Ecosystem Management, alba.viana-soto@tum.de, https://orcid.org/0000-0001-5595-2170*

[2]*Departamento de Xeografía, Universidade de Santiago de Compostela, horacio.garcia@usc.es, https://orcid.org/0000-0002-3116-015X*

[3]*Centro de Investigación Interuniversitario das Paisaxes Atlánticas Culturais (CISPAC).*

Abstract: The development of automated methodologies for detecting land use change is essential for environmental monitoring and territorial management. This study evaluates land cover classification and comparison processes by combining CORINE Land Cover (CLC) data with the analysis of historical imagery from the American Flight B (1956–57) in river basins of the northwestern Iberian Peninsula.

We implemented supervised classification techniques and remote sensing-based change detection algorithms, including the integration of texture metrics to enhance accuracy. A key innovation lies in the assessment of inconsistencies within the CLC time series, resulting from the shift from manual mapping methods to automated generalization processes (such as those used in SIOSE). This methodological shift. affects data comparability over time and can introduce biases in the identification of spatial trends.

The results demonstrate the usefulness of these processes for detecting territorial transformation patterns, enabling more accurate identification of changes such as vegetation shifts, urban expansion, and reduction of agricultural areas. Furthermore, this methodology opens new opportunities for the implementation of predictive spatial models, sustainability scenario assessments, and the optimization of land-use planning strategies. The integration of historical and recent data enhances long-term trend analysis, which is critical in studies of global change and landscape evolution.

The conclusions emphasize the importance of integrating advanced methodologies and automated processes to improve land use change detection. These methods not only increase cartographic accuracy but also facilitate the calibration of spatial models that depend on land use dynamics, ultimately optimizing territorial management in the context of environmental change.

Keywords: Historical aerial imagery; Land use change; Texture metrics; Supervised classification.

1. Introducción

Comprender cómo cambian los usos del suelo a lo largo del tiempo es esencial para interpretar la evolución de los paisajes, evaluar impactos ambientales y diseñar políticas de ordenación territorial. En regiones como el noroeste ibérico, donde los procesos de abandono rural, forestación y expansión urbana se han entrelazado de forma desigual desde mediados del siglo XX (Collantes y Pinilla, 2011; Vadell, de-Miguel y Pemán, 2016), resulta imprescindible contar con métodos eficaces para detectar amplias extensiones y cuantificar esas transformaciones.

Las imágenes aéreas históricas, como las obtenidas durante el Vuelo Americano B (1956–57), ofrecen una base valiosa para estudiar estos cambios. Sin embargo, su limitada resolución radiométrica dificulta el uso de técnicas convencionales de teledetección. Por su parte, los datos *CORINE Land Cover* (CLC), disponibles a partir de 1990, permiten comparaciones sistemáticas a escala europea, aunque presentan limitaciones metodológicas, especialmente desde que en España se genera mediante generalización del SIOSE (*Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España*) (García-Álvarez y Camacho Olmedo, 2017).

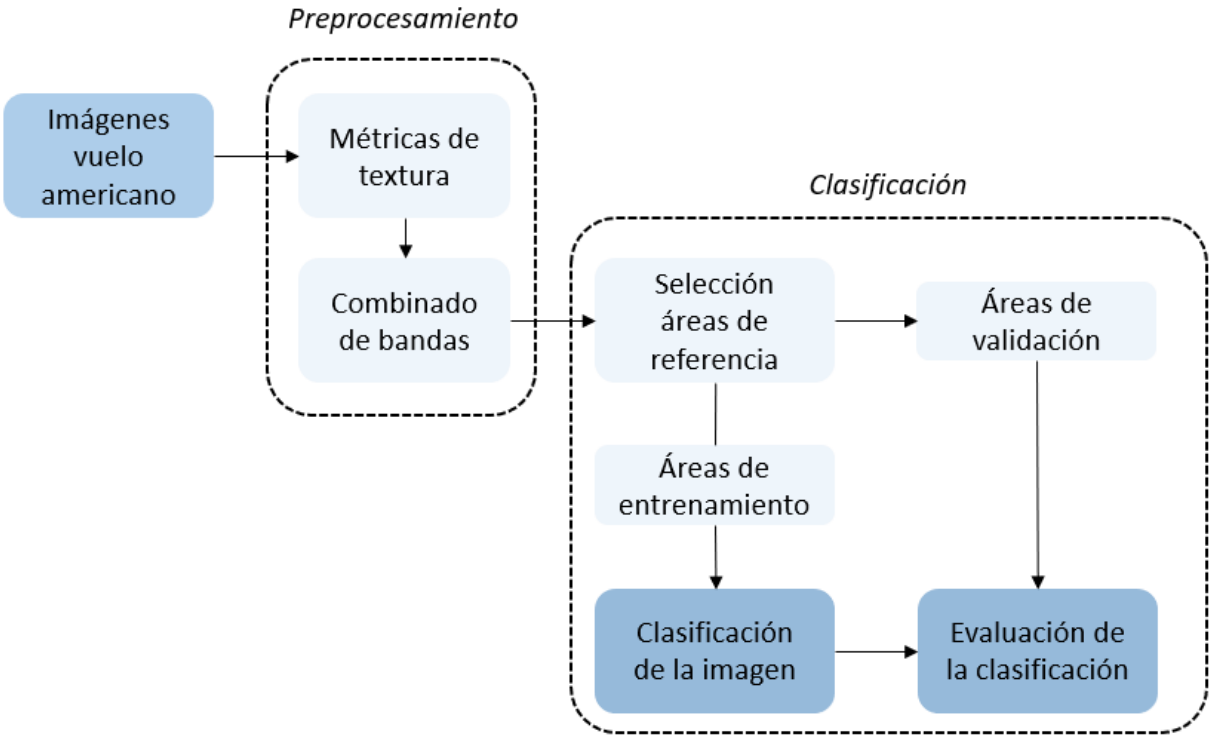
Este trabajo propone un enfoque integrado para la detección de cambios en el uso del suelo, que combina clasificación automatizada de imágenes históricas (mediante métricas de textura) con análisis multitemporal a partir de datos CLC. Se aplicó en dos cuencas gallegas —tramo bajo del río Eume (114.71 km^2) y Rego das Mestas (84,58 km^2)— con el objetivo de validar una metodología replicable que permita rastrear patrones de transformación territorial relevantes para la sostenibilidad y la planificación ambiental.

2. Material y métodos

Para este trabajo se utilizaron dos fuentes de información principal: (i) imágenes aéreas del Vuelo Americano B (1956–57), en blanco y negro (8 bits), resolución de 1 m, y (ii) *CORINE Land Cover* (CLC) de 1990 y 2018, organizadas en 4 categorías: (1) Superficies artificiales, (2) Suelo desnudo, (3) Vegetación (alta y baja), (4) Áreas agrícolas.

Las imágenes históricas fueron procesadas mediante el cálculo de métricas de textura derivadas de la matriz de co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM, por sus siglas en inglés), desarrollada por Haralick *et al.* (1973). Calculamos tres índices: entropía, momento angular (uniformidad) y contraste (Figura 1). Estos parámetros permiten caracterizar distintos aspectos de la variabilidad tonal y de la estructura interna de la imagen, posibilitando la identificación de patrones que no pueden derivarse únicamente del análisis radiométrico convencional basado en los valores individuales de gris. Al incorporar relaciones espaciales, las métricas de textura aportan información adicional sobre la organización y distribución de los niveles de gris en el espacio, lo que resulta especialmente útil para discriminar coberturas con valores radiométricos similares, pero estructuras texturales distintas, como es el caso de áreas de vegetación natural frente a superficies cultivadas.

Figura 1. Esquema del procedimiento de trabajo seguido con las imágenes del Vuelo Americano B.



Fuente: Elaboración propia.

La clasificación se realizó mediante el algoritmo *k-Nearest Neighbors (Cover y Hart, 1967)*, combinando intensidad de píxeles y métricas de textura. Se validaron los resultados con muestras aleatorias independientes en ambas cuencas (N = 100), a partir de las cuales se calcularon matrices de confusión, precisión global, y errores de comisión y omisión. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de cambios ("wall-to-wall") entre las tres fechas (1956, 1990, 2018), identificando las principales transiciones e implicaciones territoriales.

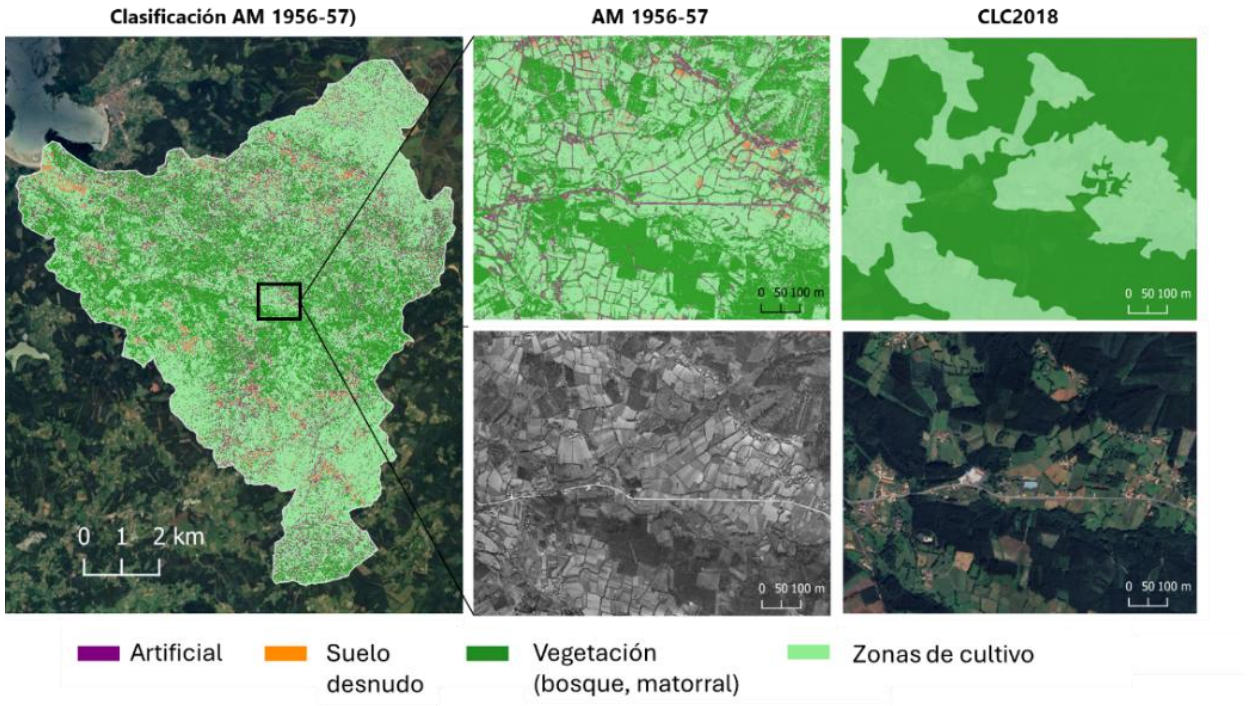
3. Resultados y discusión

La metodología aplicada arrojó una precisión global elevada: 0,89 en la cuenca del Eume y 0,83 la del Mestas (Figura 2). La clase de vegetación mostró los mejores resultados en ambas cuencas (hasta 95% de precisión en el Eume), mientras que las mayores confusiones se produjeron entre suelos desnudos, agrícolas y superficies artificiales.

En términos espaciales, los resultados mostraron contrastes claros. En el Mestas se detectó un retroceso pronunciado de áreas agrícolas entre 1956 y 2018, sustituido por vegetación de matorral y bosque, señalando un proceso de abandono rural y forestación (natural y plantada). En el Eume se observó una moderada expansión urbana dispersa, difícilmente captada por CLC debido a su unidad mínima de mapeo (25 ha), lo que subraya la importancia de este tipo de clasificación de alta resolución.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Ejemplo de la clasificación de las imágenes del vuelo americano 1956-57 en la cuenca del Rego das Mestas. Mapa resultado de la clasificación (izquierda), detalles de la imagen vuelo americano y CLC18 (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

Desde una perspectiva metodológica, el uso de métricas de textura permite superar las limitaciones espectrales de las imágenes históricas y capturar "finezas territoriales" a gran escala, como límites de parcelas, infraestructuras lineales o núcleos rurales dispersos, invisibles para métodos clásicos (Lousada y Gómez, 2022). Esta capacidad abre nuevas oportunidades para la reconstrucción histórica de paisajes y el seguimiento de transiciones clave, como el avance de cultivos, la expansión de plantaciones o el crecimiento urbano (Fuchs *et al.*, 2015)

4. Conclusiones

La detección automática de usos del suelo a partir de imágenes del Vuelo Americano B, combinando métricas de textura con aprendizaje automático, demuestra una alta precisión y una notable capacidad para identificar patrones de cambio a escala local (Ågren y Lin, 2024). Su integración con bases de datos como CLC — a pesar de sus inconsistencias (Martínez-Fernández *et al.*, 2019) — permite realizar análisis multitemporales robustos, siempre que se apliquen procedimientos de armonización adecuados.

Este enfoque es especialmente útil en territorios donde el cambio ha sido fragmentado y progresivo, como ocurre en el contexto gallego. Su aplicación permite mejorar la comprensión de procesos como el abandono agrario, la reforestación inducida y la urbanización difusa, aportando una base sólida para diseñar estrategias de restauración, conservación y ordenación del territorio.

Agradecimientos

Esta comunicación forma parte del proyecto de investigación "Evaluación integrada de los impactos MedioambientALes de las presas sobre el balance hidroSEdimentario de ríos del noroeste ibérico (EMBALSE)" – Generación de Conocimiento 2021 - Proyectos investigación orientada de la Agencia Estatal de Investigación, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

5. Referencias bibliográficas

Ågren, A.M., & Lin, Y. (2024). A fully automated model for land use classification from historical maps using machine learning. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 36: 101349. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101349

Collantes, F., & Pinilla, V. (2011). *Peaceful surrender: The depopulation of rural Spain in the twentieth century*. Cambridge Scholars Publishing. https://doi.org/10.1002/psp.1745

Cover, T., & Hart, P. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory, 13*(1), 21–27. https://doi.org/10.1109/TIT.1967.1053964

Fuchs, R., Verburg, P. H., Clevers, J. G., & Herold, M. (2015). The potential of old maps and encyclopaedias for reconstructing historic European land cover/use change. *Applied Geography*, 59, 43-55. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.02.013

García-Álvarez, D., & Olmedo, M. T. C. (2017). Changes in the methodology used in the production of the Spanish CORINE: Uncertainty analysis of the new maps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63, 55-67. https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.07.001

Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3*(6), 610–621. https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.4309314

Lousada, S., & Gómez, J. M. N. (2022). Analyzing the evolution of land-use changes related to vegetation, in the Galicia region, Spain: From 1990 to 2018. In *Vegetation Dynamics, Changing Ecosystems and Human Responsibility*. IntechOpen. 10.5772/intechopen.106015

Martínez-Fernández, J., Ruiz-Benito, P., Bonet, A., & Gómez, C. (2019). Methodological variations in the production of CORINE land cover and consequences for long-term land cover change studies. The case of Spain. *International Journal of Remote Sensing*, 40(23), 8914-8932. https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1624864

Vadell, E., de-Miguel, S., & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land use policy*, *55*, 37-48. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017

HIDROLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA EN EL CONTEXTO DE CAMBIO GLOBAL

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL RIO ESPUÑA (REGIÓN DE MURCIA, SURESTE DE ESPAÑA): IMPLICACIONES EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

ALFONSO ALBACETE MORENO[1]

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ SÁNCHEZ[2]

[1]*Institute for Agroenvironmental Research and Development of Murcia, E-30150 Murcia, Spain*

alfonso.albacete@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1332-8593

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, s/n, 30001 Murcia,*
miguelangel.sanchez2@um.es, https://orcid.org/0000-0003-0774-2560

Abstract: Forest hydrology studies the relationships between soil, land morphology, water, and vegetation within a study unit called a watershed. It highlights the role of vegetation cover in regulating and controlling the processes that occur within this unit. The objective of this work was to perform a geomorphological analysis focused on the surface hydrology of the Espuña River watershed, located in Sierra Espuña Regional Park in the Region of Murcia. Various field trips were conducted to carry out linear transects along the riverbed. Geographic Information Systems (GIS) were also used, specifically the QGIS and ArcGIS applications. It has been observed that both the local geology and the lithic materials through which the channel flows have determined the presence of diverse geomorphological elements, with an influence from the natural vegetation. There is no permanent or continuous sheet of water in the channel, so the most appropriate designation would not be "river," but rather "river-ravine" (ephemeral river). Knowledge about these fluvial systems is of great interest in the context of climate change, especially in the case of this study, given its location in an area of notable aridity, such as the southeast of the Iberian Peninsula.

Keywords: River Espuña, Geomorphology, Forest Hydrology, Aridity

1. Introducción

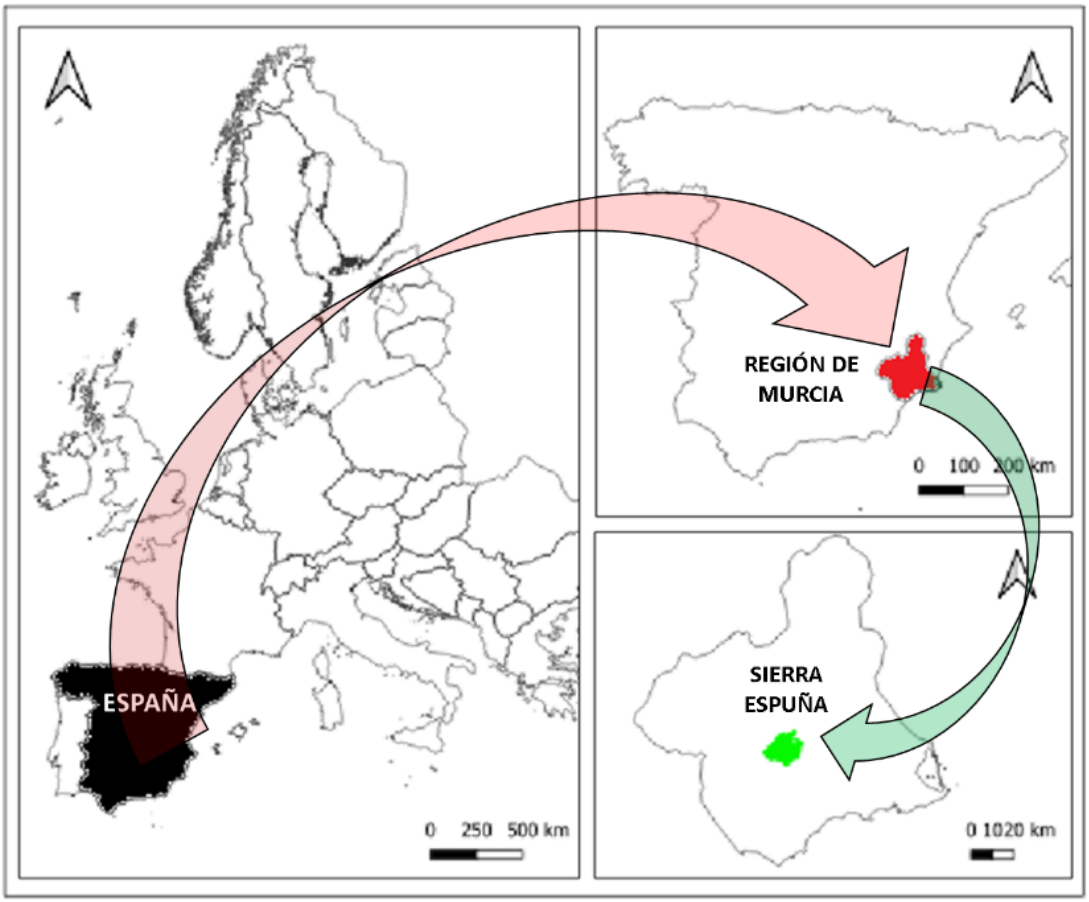
La Región de Murcia, situada en el sureste de la Península Ibérica, se caracteriza por un clima mediterráneo semiárido con notable escasez de recursos hídricos y una elevada variabilidad interanual de precipitaciones (Millán et al., 2005; García-Ruiz et al., 2011). En condiciones semiáridas los ríos presentan un comportamiento efímero o intermitente que se diferencia sustancialmente de los ríos con caudal permanente propios de zonas más húmeda. La hidrología forestal es una disciplina integradora que establece la interrelación del ciclo hidrológico con la vegetación, la geología y la geomorfología en las cuencas vertientes (Brooks et al., 2013). En particular, la vegetación forma parte de un ecosistema activo actuando como sistema modulador al controlar la interceptación de la lluvia, así como la evapotranspiración, la infiltración y, por tanto, la escorrentía superficial y los procesos erosivos (Návar & Synnott, 2000; Van Dijk & Keenan, 2007).

El estudio de la geomorfología fluvial en las regiones semiáridas es muy importante ya que los cauces no sólo sirven como rutas de descarga de flujos esporádicos, sino que también son áreas de intensa acción geomorfológica. En ellas, la erosión, el transporte y los procesos de sedimentación moldean el terreno, con consecuencias directas en la planificación espacial y la evaluación de los riesgos naturales (Tooth, 2000)

Las proyecciones de cambio climático para la cuenca mediterránea predicen un aumento de las temperaturas y una reducción e irregularidad de la precipitación. Además, se espera que el cambio climático también provoque un aumento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos como sequías prolongadas y episodios de alta intensidad (IPCC, 2024). Esto conlleva la intensificación de los procesos erosivos, aumentando las fluctuaciones en los regímenes de fluyo, que también provocará un cambio en los patrones de transporte de sedimentos, con un mayor riesgo de inundaciones (Zoccatelli et al., 2019; Benito et al., 2015).

El Parque Regional de Sierra Espuña, ubicado en la zona central de la Región de Murcia, es uno de los espacios naturales más relevantes desde el punto ecológico y paisajístico en el sureste español. A pesar del esfuerzo reforestador, este enclave sigue siendo muy susceptible a la desertificación, así como a lo efectos del cambio climático (González-Barberá et al., 2008; Andreu et al., 2016).

Figura 1: Localización del Parque Regional de Sierra Espuña



El río Espuña, que drena una parte de este macizo montañoso, constituye un espacio hidrográfico singular con un sistema de funcionamiento muy poco estudiado. Hay que resaltar que la denominación 'río' resulta algo confusa ya que no lo es en sentido estricto porque su cauce suele estar seco y su funcionalidad hidrológica se asemeja más a la de una rambla. Por ello, el objetivo principal de este estudio fue realizar un análisis geomorfológico de la cuenca del río Espuña, prestando especial atención a su hidrología superficial. Se analizaron las formas del relieve fluvial, los procesos geomorfológicos más activos y su configuración a partir de la geología, litología y cubierta vegetal, y se establecieron algunas consideraciones sobre la vulnerabilidad de este sistema ante el escenario actual de cambio climático.

2. Materiales, datos y métodos

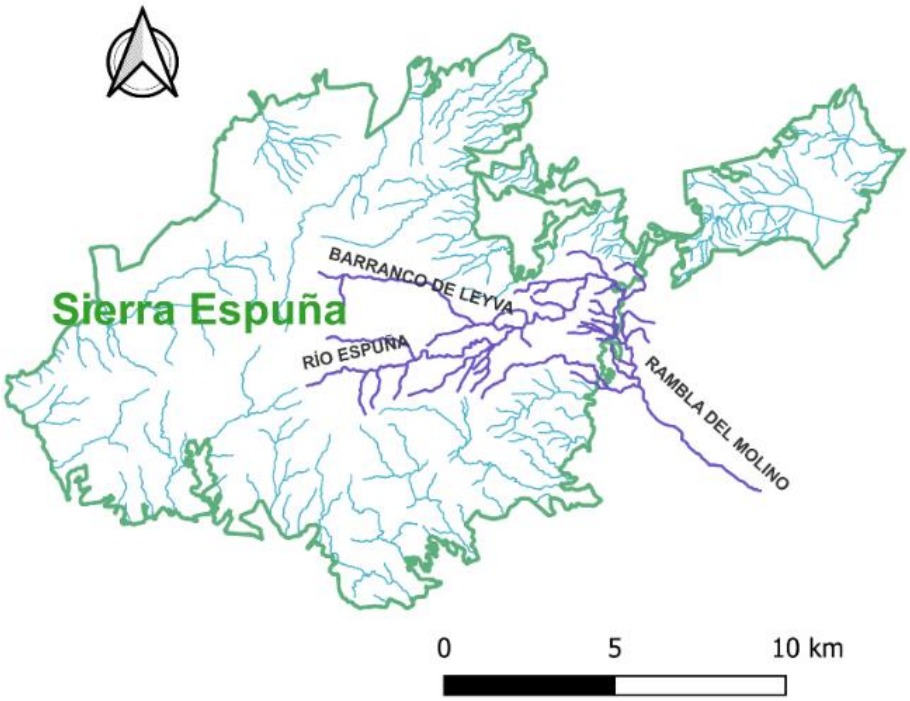
2.1. Área de estudio

La cuenca del río Espuña se localiza en la zona central del Parque Regional de Sierra Espuña, ubicado en la Región de Murcia. Este sistema montañoso se extiende en dirección noreste-suroeste y forma parte de las Cordilleras Béticas . Geológicamente, está formada por dos complejos tectónicos (Alpujárride y Maláguide) con una gran diversidad de rocas como areniscas, cuarcitas, dolomías y calizas, lo que influye directamente en la erosión y la forma de los cauces (Martínez-Aedo et al., 2011). El clima es mediterráneo semiárido, con veranos cálidos y secos, e inviernos suaves (AEMET, 2020).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Las precipitaciones son escasas e irregulares, concentrándose en primavera y otoño, y a menudo tienen un carácter torrencial que puede provocar crecidas e intensa erosión (Pérez-Cutillas et al 2021). El paisaje está dominado por pinares, resultado de una reforestación histórica, junto con encinares y matorral mediterráneo (Vallejo et al., 2006). La vegetación de ribera (adelfas, tarays) es escasa, pero está adaptada a la aridez y ayuda a estabilizar los márgenes del río. La característica más importante del río Espuña es su caudal efímero, lo que significa que solo lleva agua después de las lluvias. Nace en el Morrón de Espuña y, en su tramo bajo, se convierte en una rambla (Figura 2). Su flujo depende casi por completo de la escorrentía superficial directa generada por la lluvia.

Figura 2: Cuenca hidrográfica del río Espuña con sus cauces tributarios



2.2. Metodología

El trabajo de campo se desarrolló mediante 4 salidas programadas durante el año hidrológico 2023-2024. En estas visitas se recorrieron 6 km del cauce principal mediante transectos lineales. El objetivo de estas inspecciones fue el registro sistemático de los procesos geomorfológicos activos y heredados, permitiendo la identificación y cartografía de elementos clave como terrazas fluviales, que evidencian fases pasadas de estabilidad, canales abandonados y zonas con erosión remontante. Durante los recorridos se tomaron muestras de suelo y sedimentos en puntos representativos para su posterior análisis granulométrico y de composición. Asimismo, se documentó detalladamente la distribución y estado de la vegetación de ribera y se identificaron obstáculos, tanto naturales como de origen antropogénico, que pudieran condicionar la dinámica del flujo hídrico.

Paralelamente, el análisis con Sistemas de Información Geográfica (SIG) fue crucial para el tratamiento y la interpretación de datos a escala de cuenca. Se utilizaron los programas QGIS y ArcGIS para procesar información de diversas fuentes. A partir de Modelos Digitales del Terreno (MDT) con una resolución de 5 m, se derivaron variables topográficas esenciales como el mapa de pendientes y la orientación de laderas. Esta información, superpuesta a las ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y a mapas geológicos, permitió modelar con precisión la red de drenaje, delimitar las áreas de escorrentía preferencial y generar cartografía temática de las unidades geomorfológicas identificadas en campo.

3. Resultados

3.1. Caracterización morfométrica

La cuenca del río Espuña abarca un área de 45,8 km^2, tiene forma alargada, una altitud media de 700 m y una pendiente del 3,6%. La densidad de drenaje alcanza los 2,9 km/km^2. Se identifican tres tramos principales:

- Tramo de cabecera (0-4 km): Pendientes mayores del 8%, cauces estrechos (2-5 m), lecho con bloques y cantos y procesos erosivos predominantes.

- Tramo medio (4-10 km): Pendientes entre 2 y 5%, cauces más amplios (5-15 m), lecho con gravas y cantos y socavación de orillas activa.

- Tramo bajo (10-14,5 km): Pendientes menores del 2%, cauce amplio (hasta 30 m), predominio de arenas y gravas finas y llanuras de inundación discontinuas.

3.2. Elementos geomorfológicos

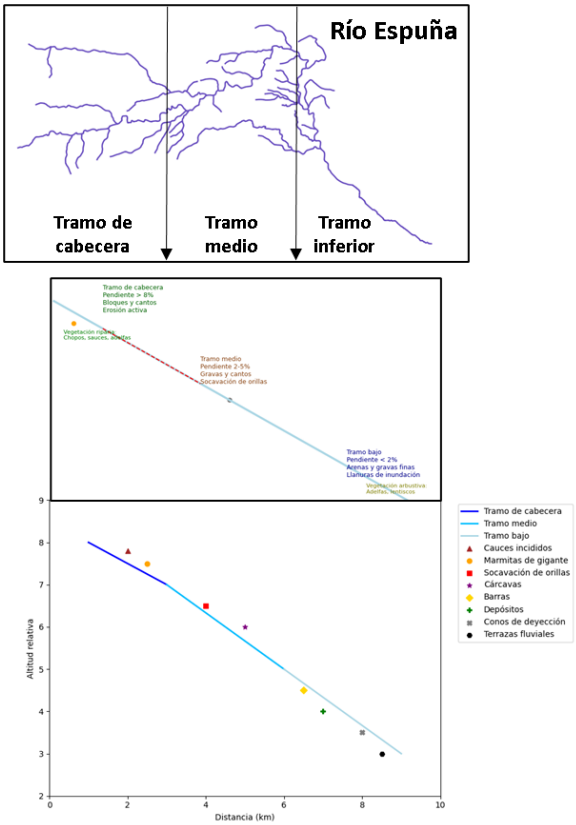
La Tabla 1 y la Figura 3 muestran los elementos geomorfológicos más importante de la cuenca del río Espuña. Los segmentos sobre areniscas son más susceptibles a la erosión y suelen presentarse en las zonas bajas, con cauces amplios. Las formaciones calizas y dolomitas generan elevaciones, estrechamientos y tramos encajados, localizados sobre todo en los tramos alto y medio. Se han identificado algunas fallas coincidentes con la dirección del cauce. La flora de ribera presenta tiene una relación estrecha con la geomorfología del cauce ya que ayuda a estabilizar los márgenes y a retener sedimentos finos. Su distribución es irregular y está adaptada a las crecidas. Se caracteriza por la presencia de especies riparias en las zonas altas y media (chopos, álamos, fresnos, adelfas, sauces, etc.) y de especies arbustivas en el tramo bajo (adelfas, lentiscos, etc.).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1: Elementos geomorfológicos de la cuenca del río Espuña

Elemento Geomorfológico	Tramo Cabecera	Tramo Medio	Tramo Bajo	Observaciones
Erosivos:				
Cauces incididos en roca	Frecuente	Ocasional	Raro	Control litológico fuerte
Marmitas de gigante	Ocasional	Raro	Ausente	En sustrato rocoso homogéneo
Socavación de orillas	Ocasional	Frecuente	Moderado	Especialmente en curvas y obstáculos
Cárcavas conectadas al cauce	Moderado	Moderado	Ocasional	Aporte directo de sedimentos
Deposicionales:				
Barras longitudinales/centrales	Raro	Moderado	Frecuente	De gravas y cantos, móviles
Barras laterales	Ocasional	Frecuente	Moderado	A veces vegetadas
Depósitos de explayamiento	Ausente	Ocasional	Frecuente	En zonas de desbordamiento
Conos de deyección (tributarios)	Moderado	Frecuente	Ocasional	Indican alta actividad en subcuencas
Terrazas fluviales (fragmentos)	Raro	Ocasional	Raro	Niveles discontinuos a +1-3 m sobre cauce activo

Figura 3: Mapa de la cuenca hidrográfica del río Espuña con sus elementos geomorfológicos



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.3. Dinámica geomorfológica

Los datos recogidos son coherentes con la dinámica de las ramblas en entornos mediterráneos semiáridos (López-Bermúdez & Conesa García, 1991). El sistema del río Espuña se modela a través de eventos de flujo episódicos y de alta energía, que son capaces de movilizar grandes volúmenes de sedimentos y reconfigurar la morfología del cauce. La alternancia entre tramos erosivos y deposicionales, influenciada por la litología y la pendiente, es una característica distintiva. Además, la conectividad entre sedimento, ladera y cauce es alta, especialmente a través de cárcavas y conos de deyección tributarios, lo que sugiere una rápida respuesta hidrosedimentaria a las precipitaciones.

3.4. Implicaciones en el cambio climático

Las proyecciones de cambio climático indican un incremento de las temperaturas y una reducción e irregularidad en las precipitaciones. Además, se prevé un aumento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, como sequías prolongadas y episodios de alta intensidad. Este escenario conlleva una intensificación de los procesos erosivos en la cuenca, lo que resultará en un aumento de las fluctuaciones en los regímenes de flujo. Dichas alteraciones también provocarán un cambio en los patrones de transporte de sedimentos, incrementando el riesgo de inundaciones en el área. A pesar de los esfuerzos de reforestación en el Parque Regional de Sierra Espuña, este enclave sigue siendo altamente susceptible a la desertificación y a los efectos del cambio climático. La naturaleza efímera del río Espuña, dependiente casi en su totalidad de la escorrentía superficial directa y en menor medida de la subsuperficial de corta duración, lo hace particularmente vulnerable a estas variaciones.

4. Conclusiones

La morfología del río Espuña está influenciada por la diversidad litológica y geológica de las Cordilleras Béticas. Los elementos geomorfológicos activos muestran una dinámica fluvial episódica de alta energía, típica de las ramblas mediterráneas. A pesar de la preeminencia de los eventos de crecida en la configuración de los ecosistemas fluviales áridos, esta investigación subraya que la vegetación ribereña no es un elemento meramente pasivo. Aunque su influencia sea secundaria en comparación con la magnitud de las crecidas, su papel en la estabilización de los márgenes locales es fundamental, ofreciendo una resiliencia importante en un contexto de aridez. Además, el cambio climático tiene implicaciones directas en la geomorfología y dinámica de la cuenca del río Espuña, por lo que se hace necesario implementar una gestión adaptativa de la cuenca para mitigar los efectos del aumento de las temperaturas y la irregularidad de las precipitaciones.

5. Referencias bibliográficas

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). (2023). Atlas climático ibérico. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Andreu, J.M., Giménez-Font, P., Pérez-Pérez, R. (2016). Soil erosion and runoff response to land cover changes in a semiarid Mediterranean catchment: El Pinar (Murcia, SE Spain). *Land Degradation & Development*, 27(4), 1199-1210.

Benito, G., Macklin, M.G., Panin, A., Rossato, S., Fontana, A., Jones, A.F., ... & Thorndycraft, V.R. (2015). Recurring megafloods produced by global warming. *Geomorphology*, 234, 1-8.

Brooks, K. N., Ffolliott, P. F., Gregersen, H. M., & DeBano, L. F. (2013). Hydrology and the management of watersheds (4th ed.). John Wiley & Sons.

García-Ruiz, J. M., López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Lasanta-Martínez, T., & Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. Earth-Science Reviews, 105(3-4), 121-139.

González-Barberá, G., Guardiola-Víllora, A. J., & Conesa-García, C. (2008). Restauración hidrológico-forestal y cambios en la peligrosidad de inundaciones en la cabecera de la rambla de la Santa (Región de Murcia). *Papeles de Geografía,* (47-48), 77-94.

International Panel of Climate Change (IPCC). (2024). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (V. Masson-Delmotte et al., Eds.). Cambridge University Press.

Martínez-Aedo, M.A., Páez M., López-Sandoval M. (2011). Guía geológica del Parque Regional de Sierra Espuña. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. 110 pp.

Millán, M. M., Estrela, M. J., Sanz, M. J., Mantilla, E., Martín, M., Pastor, F., ... & Salvador, R. (2005). Climatic feedbacks and desertification: the Mediterranean model. *Journal of Climate*, 18(5), 684-701.

Návar, J., & Synnott, T. J. (2000). The impact of forest clearing on dry tropical forest: a study in southern India. *Journal of Hydrology*, 235(1-2), 47-68.

Pérez-Cutillas, P., Catalán, V. M., & Conesa-García, C. (2021). Spatio-temporal analysis of extreme rainfall events in the Segura River Basin (SE Spain) and their relationship with teleconnection patterns. *Atmospheric Research*, 258, 105624.

Tooth, S. (2000). Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. *Earth-Science Reviews*, 51(1-4), 67-107.

Van Dijk, A. I. J. M., & Keenan, R. J. (2007). Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management*, 251(1-2), 1-9.

Zoccatelli, D., Marra, F., Smith, J. A., Goodrich, D. C., Unkrich, C. L., & Borga, M. (2019). The impact of climate change on the Colorado River basin's water resources. *Climatic Change*, 157(3), 365-383.

DETECCIÓN DE ÁREAS INUNDADAS CON IMÁGENES SAR Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO: EL CASO DEL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA, ESPAÑA)

FRANCISCO ALONSO-SARRÍA[1]

CARMEN VALDIVIESO-ROS[2]

GABRIEL MOLINA-PÉREZ[3]

FRANCISCO GOMARIZ-CASTILLO[4]

[1]*Departamento de Geografía Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100, Murcia, Spain, alonsarp@um.es, https://orcid.org/0000-0003-4306-6643*

[2]*Departamento de Geografía Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100, Murcia, Spain, mcarmen.valdivieso@um.es, https://orcid.org/0000-0002-4658-4633*

[3]*Departamento de Geografía Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100, Murcia, Spain, gabriel.molina@um.es, https://orcid.org/0009-0000-6064-2054*

[4]*Departamento de Geografía Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100, Murcia, Spain, fjgomariz@um.es, https://orcid.org/0000-0003-4306-6643*

Abstract: Monitoring flood events is an essential task to mitigate and quantify its effects. Remote sensing has been used to extract flooded areas, with SAR imagery being particularly useful as it is independent of weather conditions. This approach is difficult when detecting flooded areas in semi-arid environments, without permanent water bodies as reference. In this study, irrigation ponds has been used as training areas, Sentinel-1 SAR metrics as predictors and Random Forest to estimate flooded cells after 19 events in Campo de Cartagena, an agricultural area in SE Spain. To minimise false positives, the pre- and post-event results are compared, and only those pixels with a probability of water increase are considered as flooded areas. The RF model has detected water surfaces with a mean accuracy of 0.941 and standard deviation of 0.048 along the events. Validating using Sentinel-2 MSI reduced accuracy to 0.642, as it could only be applied to a single event using an image taken 3 days before the S1 image. The procedure developed to correct this problem gave an accuracy of 0.886 for this single event. A second form of indirect validation consisted on relating the area flooded in each event to the amount of rainfall recorded. An RF regression model using both rainfall metrics and season of the year gives a correlation coefficient of 0.451 and RMSE = 979 ha using LOO-CV, which shows a clear relationship between flooded areas and rainfall metrics.

Keywords: Synthetic Aperture Radar SAR; Sentinel-1; Sentinel-2; Flooded areas; Machine learing; Shapley.

1. Introducción

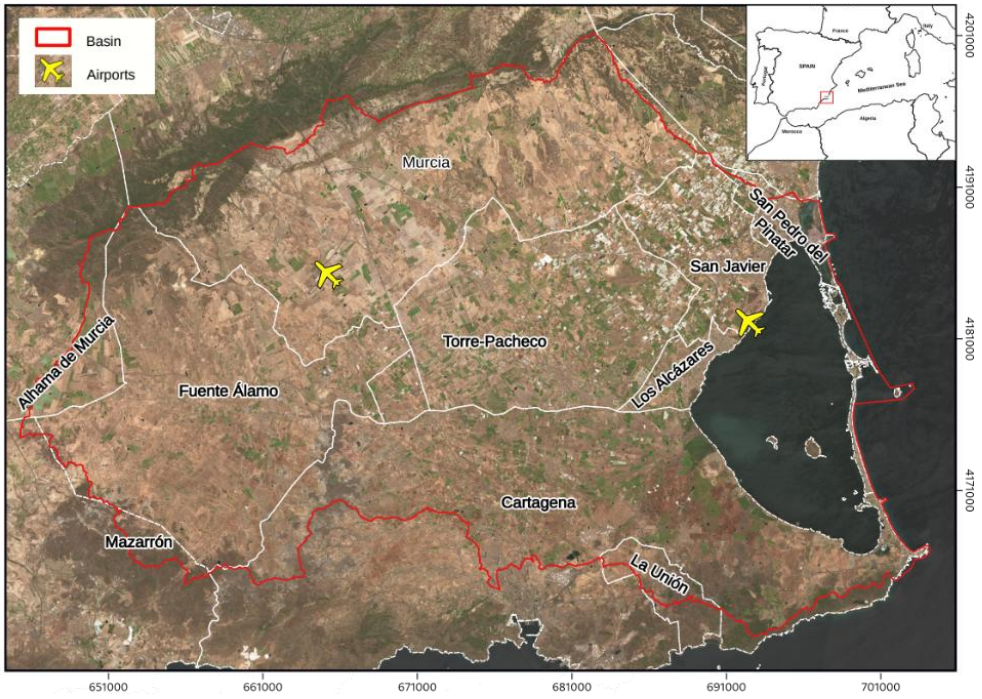
Las regiones mediterráneas semiáridas, como el Campo de Cartagena en el sureste de la Península Ibérica, son especialmente vulnerables a la creciente amenaza de las inundaciones, que se han ido incrementando su recurrencia por factores como los relacionados con del cambio climático (Jongman et al. 2012). En estas áreas, su severidad puede amplificarse localmente por su ordenación territorial o factores geográficos, geológicos e hidrológicos, lo que complica la gestión del riesgo (Nabinejad y Schüttrumpf, 2023; Luo et al., 2014). La teledetección ha demostrado ser una herramienta fundamental en la monitorización de emergencias por inundación, ya que puede proporcionar la distribución espacio-temporal de las láminas de agua con diferentes resoluciones espaciales y casi en tiempo real (Shinga et al., 2020). Particularmente, las imágenes SAR son una fuente de datos crucial para el monitoreo de la dinámica de la superficie del agua, debido a su capacidad para penetrar las nubes en cualquier condición meteorológica (Long et al., 2014). Sin embargo, la modelización de áreas inundadas afronta aún desafíos, como la minimización de falsos positivos, debido a similitudes en el comportamiento espectral de algunos tipos diferentes de superficies planas y lisas con el del agua (Li y Gong, 2016; Amitrano et al., 2024). Por otro lado, en áreas semiáridas, la cuestión de la validación de los modelos es compleja, debido a la rápida evaporación e infiltración del agua, presentando además una elevada variabilidad espacial. Esto, combinado con el desfase temporal entre imágenes de diversos tipos de sensores y al habitual desfase con el final del evento, resultan en un problema de sobreestimación de falsos negativos (Tong et al., 2018). El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una metodología para detectar superficies inundadas en áreas semiáridas típicas del sureste peninsular, caracterizadas por una alta fragmentación espacial de coberturas de uso del suelo. Para ello, se propone un modelo multi-temporal con aprendizaje automático, utilizando datos de diferentes fuentes para su entrenamiento y validación, que permita un monitoreo robusto de las láminas de agua producidas por los principales eventos entre 2016 y 2022 (19 en total).

2. Material y métodos

2.1. Área de estudio y fuentes de información

El área de estudio es la cuenca del Mar Menor (Figura 1) en la comarca del Campo de Cartagena de la Región de Murcia, al SE de la Península Ibérica. Tiene 1275 km² con una pendiente inferior al 10%. El clima es semiárido, de temperaturas cálidas todo el año y alta variabilidad temporal y espacial en las precipitaciones, con entre 300-350 mm, según se aleja de la costa. Los usos mayoritarios son el agrícola y el urbano, de fuerte componente turístico en todo el borde litoral, lo que, junto al valor ecológico de la laguna, convierte el área en una zona de gran importancia económica y ambiental. Las inundaciones, de gran impacto en las actividades humanas, el medio ambiente y la economía, son habituales.

Figura 1. Área de estudio.



En lo referente a las fuentes de información, los datos utilizados son los valores de intensidad co-polarizada (VV) y de polarización cruzada (VH) de los productos IW GRD del radar de apertura sintética (SAR por sus siglas en inglés) de Sentinel-1, aplicando el pre-proceso descrito en Filipponi (2019) a dos imágenes de fecha anterior y todas las disponibles hasta la imagen posterior a la fecha de finalización de los eventos de precipitación torrencial ocurridos entre 2016 y 2022. Estos eventos registraron de media entre 12,1 y 210,6 mm y entre 4,75 y 22,96 horas de duración en las estaciones donde se registró la máxima precipitación. Las imágenes anteriores al evento se han utilizado para caracterizar los valores de píxeles de "agua" y "no agua" y analizar su distribución. Además, se han estimado cuatro métricas como variables predictivas: VVVH, VV/VH, VV+VH y VV-VH.

2.2. Métodos para la detección de áreas de inundación

Se han utilizado dos métodos de detección: el método de umbrales (THR) y clasificación supervisada con Random Forest (RF) (Breiman, 2001). El primero es una técnica no supervisada cuyo objetivo es separar los píxeles oscuros de los más brillantes (Lee y Jurkevich, 1989); en este estudio se ha utilizado la segmentación binaria mediante el método global no paramétrico de Otsu (1979), que trata de optimizar un umbral de las funciones PDF bimodales que maximice la varianza interclase. El segundo, RF, es un método de aprendizaje automático de ensembles de múltiples árboles de decisión. El modelo RF propuesto utiliza una capa con la probabilidad media (mn) de cada píxel, según el modelo RF de los 19 eventos, de pertenecer a la clase agua, y otra con la desviación estándar (sd) de cada píxel a lo largo de todas las imágenes calculadas, obteniendo una clasificación en tres tipos de píxeles (RF_{prob}): i) Con baja mn y baja sd (áreas que no se inundan); ii) con alta mn y sd baja (superficies lisas y planas); iii) celdillas que tienen una mn intermedia y alta sd (áreas que solo aparecen inundadas en algunas imágenes).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Adicionalmente, se han calculado las diferencias entre las métricas del SAR previas y posteriores al evento para localizar áreas inundadas. Para no contabilizar los píxeles que no son de agua, se ha obtenido la distribución empírica de probabilidad de que la diferencia sea igual o mayor que la medida entre las métricas pre- y post-evento, asumiendo que no hubiese ocurrido ninguna inundación. El *p-valor* es convertido en probabilidad con la ecuación 1: $P_1(flooded) = max(0,-2*(p\text{-}val-0,5))$ (si el *p-valor* es 0, la probabilidad será 1 y si supera el 0,5, la probabilidad será 0). Los mapas de probabilidad producidos con RF hacen posible detectar el cambio de dos formas diferentes: a) Calculando en incremento en la probabilidad de "agua" en la imagen posterior al evento como $(P-P_0)/(1-P_0)$ respecto a la probabilidad anterior (RF_{inc}); y b) Calculando la diferencia de la probabilidad en dos imágenes consecutivas antes del evento, se obtiene la función de distribución empírica de las diferencias y ser recoge el *p-valor* de la diferencia de probabilidad antes y después del evento para cada píxel (RF_{dif}). Debido al efecto sombra en zonas altas, se han filtrado los píxeles de gran pendiente. Para ello, se se ha obtenido otra capa de posibilidad de presencia de inundación por la pendiente con la ecuación 2: $P_2(flooded) = max((5-s)/5, 0)$. Los mapas finales se obtienen con el mínimo tanto del modelo de probabilidad como de posibilidad de pendiente.

2.3. Validación

El método más habitual es la digitalización manual de áreas inundadas en una imagen óptica. El problema es encontrar imágenes libres de nubes tras el evento, ya que varios días de diferencia supone la pérdida de buena parte de la superficie de inundación. Solo se encontró una cercana a uno de los eventos (12/09/2019), tomada un día después con Sentinel-2 (S2), tres días antes de la imagen SAR clasificada (16/09/2019). Una validación basada en píxeles con la imagen de S2 de un modelo calibrado con la del SAR podría sobreestimar los falsos negativos del modelo. Por otro lado, se utilizó un segundo método de validación, estimando la correlación entre las métricas extraídas de los mapas de probabilidad media de inundación y área inundada con dos métricas simples, extraídas de los datos de precipitación de la estación meteorológica de la zona con la mayor magnitud de precipitación: precipitación total media y total diaria.

3. Resultados

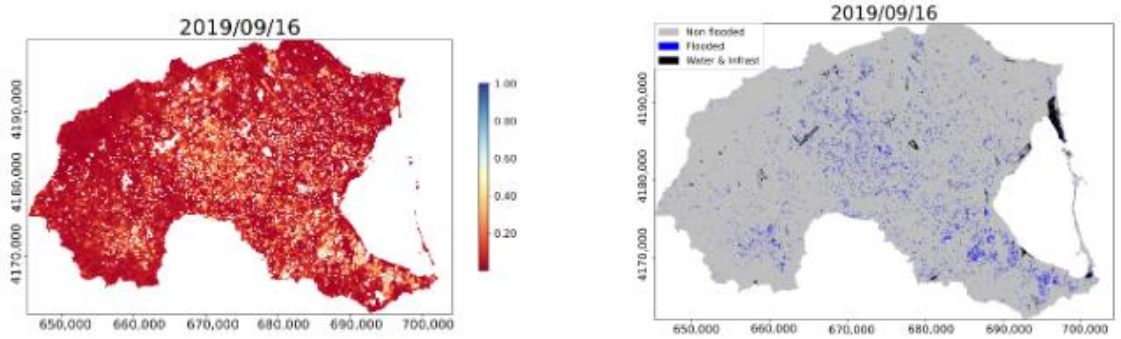
El análisis de las distribuciones de las bandas y métricas SAR utilizadas indica que, en este caso, las métricas VV, VVVH y VV+VH obtienen los mejores resultados de ajuste en los modelos THR, con errores medios del 0.169, 0.140 y 0.142 respectivamente, y medias de ajuste del 0.831, 0.86 y 0.858. Las clasificaciones con RF y métricas SAR como predictores obtienen un ajuste medio 0,941, sd de 0,048 y un F1 medio de 0,931, indicando una buena capacidad para identificar las balsas de riego. Al comparar las anomalías en las diferencias para la detección de cambios, el método RF_{prob} produce variaciones significativas menores que los enfoques basados en métricas SAR individuales, sugiriendo una sobreestimación del área inundada con THR. Los ajustes presentados en la Tabla 1 muestran unos valores bajos para un umbral de probabilidad de 0,5, mejorando al aumentar el umbral tras la recalibración del modelo con el umbral optimizado con la curva ROC.

Tabla 1. Ajuste para el umbral de probabilidad de 0,5, área bajo la curva ROC, umbral optimizado según la curva ROC y ajuste utilizando ese umbral para las tres métricas SAR más precisas: probabilidad de agua de RF, aumento y diferencia de probabilidad.

Métrica	Ajuste umbral 0,5	AUC	Umbral óptimo	Ajuste umbral óptimo
VV	0,569	0,56	0,86	0,6207
VVVH	0,599	0,59	0,834	0,632
VV+VH	0,596	0,594	0,815	0,633
RF_{prob}	0,599	0,665	0,04	0,651
RF_{inc}	0,597	0,598	0,091	0,642
RF_{dif}	0,617	0,513	0,436	0,645

El proceso de validación del único evento con una imagen óptica, el de septiembre de 2019, alcanza un ajuste de 0,642, aumentando a 0,886 tras corregir el problema de los falsos negativos esperables por el desfase entre las fechas de las imágenes MSI y SAR y el fin del evento. Con esta validación, los tres métodos basados en RF solo presentan falsos negativos atribuibles a la evaporación e infiltración del agua por ese desfase de fechas. El proceso de validación temporal, correlacionando las métricas de área de inundación con los datos de precipitación total y máxima recogida durante los eventos, muestra que las asociadas a RF_{inc} son las de mayor correlación. Por otro lado, infiere una relación entre las áreas inundadas con la precipitación y la precipitación máxima, así como con la estación del año. Finalmente, el modelo RF ajustado para evaluar la importancia y el efecto de la precipitación, la precipitación máxima y la estación en la inundabilidad de las áreas, presenta un valor de 0,404 para la precipitación total, seguida de la máxima. La estación es la menos importante entre las tres variables. La validación cruzada de este modelo RF obtiene un coeficiente de correlación de 0,451 y un RMSE de 979 ha. La Figura 2 muestra un ejemplo de los mapas de inundación obtenidos con el modelo Rf_{nc}.para la DANA de septiembre de 2019.

Figura 2. Probabilidad de inundación y áreas inundadas asociadas a la DANA del 9-14 de septiembre de 2019.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Los métodos de clasificación supervisada RF y RF_{nc}. han mostrado ser más eficientes que THR para identificar las áreas inundadas después de un evento debido a la falta de bimodalidad. RF_{nc}. permite además reducir los falsos positivos, debido a la escasa pendiente de la superficie. Gracias a las balsas de riego se han podido obtener áreas de entrenamiento de localización fija en las que, tras un episodio de lluvias, ciertamente darán una respuesta segura de agua al SAR, con la ventaja de poder conocer el contenido de agua con imágenes ópticas de la misma fecha. No obstante, es difícil calibrar y validar modelos sobre inundaciones que se desarrollan en unos pocos días. Los sensores SAR y MSI de S1 y S2, aunque disponen de imágenes en fechas cercanas y con una resolución temporal no muy alta, no coinciden nunca en la misma fecha y raramente con la de máxima inundación. Debido a ello, hay que añadir la dificultad de estimar la cantidad de agua evaporada e infiltrada entre las imágenes. Estos problemas pueden llevar a una infraestimación del ajuste del modelo al validar con MSI, por lo que es necesario encontrar y analizar mejores métodos de validación de los modelos, aunque la validación temporal propuesta ha mostrado ser efectiva en este caso, con una buena correspondencia entre áreas inundadas y los datos de precipitación recogida en los eventos analizados.

5. Referencias bibliográficas

Amitrano, D., Di Martino, G., Di Simone, A., & Imperatore, P. (2024). Flood Detection with SAR: A Review of Techniques and Datasets. *Remote Sensing*, *16*(4), 656. https://doi.org/10.3390/rs16040656

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, *45*(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Filipponi, F. (2019). Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *3rd International Electronic Conference on Remote Sensing*, 11. https://doi.org/10.3390/ECRS-3-06201

Jongman, B., Ward, P. J., & Aerts, J. C. J. H. (2012). Global exposure to river and coastal flooding: Long term trends and changes. *Global Environmental Change*, *22*(4), 823–835. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.004

Lee, J.-S., & Jurkevich, I. (1989). Segmentation of SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *27*(6), 674–680. https://doi.org/10.1109/36.35954

Li, W., & Gong, P. (2016). Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a 30-year time series of Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, *179*, 196–209. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.03.031

Long, S., Fatoyinbo, T. E., & Policelli, F. (2014). Flood extent mapping for Namibia using change detection and thresholding with SAR. *Environmental Research Letters*, *9*(3), 035002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/035002

Luo, X., Hu, Z., & Liu, L. (2023). Investigating the seasonal dynamics of surface water over the Qinghai–Tibet Plateau using Sentinel-1 imagery and a novel gated multiscale ConvNet. *International Journal of Digital Earth*, *16*(1), 1372–1394. https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2198266

Nabinejad, S., & Schüttrumpf, H. (2023). Flood Risk Management in Arid and Semi-Arid Areas: A Comprehensive Review of Challenges, Needs, and Opportunities. *Water*, *15*(17), 3113. https://doi.org/10.3390/w15173113

Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *9*(1), 62–66. https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076

Singha, M., Dong, J., Sarmah, S., You, N., Zhou, Y., Zhang, G., Doughty, R., & Xiao, X. (2020). Identifying floods and flood-affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-1 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *166*, 278–293. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.011

Tong, X., Luo, X., Liu, S., Xie, H., Chao, W., Liu, S., Liu, S., Makhinov, A. N., Makhinova, A. F., & Jiang, Y. (2018). An approach for flood monitoring by the combined use of Landsat 8 optical imagery and COSMO-SkyMed radar imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *136*, 144–153. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.11.006

DINÁMICA, ESTADO Y PATRIMONIO DE LAS FORMACIONES VEGETALES DEL MACIZO DE CALDOVEIRO (ASTURIAS)

SALVADOR BEATO BERGUA[1]

EDUARDO FLÓREZ ÁLVAREZ[2]

JOSÉ LUIS MARINO ALFONSO[3]

MIGUEL ÁNGEL POBLETE PIEDRABUENA[4]

CARMEN RODRÍGUEZ PÉREZ[5]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo (ESP), beatosalvador@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-5538-7685*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo (ESP), UO283483@uniovi.es*

[3]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo (ESP), marinojose@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0001-6213-407X* https://orcid.org/0000-0002-5900-4730

[4]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo (ESP), mpoblete@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0003-1030-5310*

[5]*Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo, C/ Francisco Rodríguez García s/n, 33011 Oviedo (ESP), crperez@uniovi.es, https://orcid.org/0000-0002-2065-7515*

Abstract: The Caldoveiro Massif is a medium-altitude outcrop of limestone (Caldoveiro peak, 1,354 m a.s.l.). This mountain range is located in the central sector of the northern side of the Asturian Massif. Its landscape is shaped by the protrusion and dissolution of limestone in an oceanic climatic environment; and its traditional livestock-forestry characteristics that have maintained a landscape mosaic, currently in transformation. Through fieldwork, photointerpretation and the preparation of cartographic materials, the recent landscape changes, dynamics, state and heritage values of its plant complexes are analysed. For example, its wide expanses of grassland are colonized by shrub formations, such as holly trees formations; the heaths-gorse and wooded masses (beech, birch), also arborescent (eutrophic shrub formations), are gaining extension and, above all, density and height; Finally, the chalcicolous casmophytic vegetation maintains its dominance where geoecological conditions make it difficult to establish other plant formations. It is worth noting the presence of several spots with an abundance of *Taxus baccata*, especially around the peak of Tórzanu, of great heritage value. The current use of livestock and as a space for leisure and nature tourism linked to the Caldoveiro Special Area of Conservation (ES1200012) does not seem to influence the dynamics and state of this enclave of great natural and cultural value.

Keywords: Vegetation mapping; plant dynamics; plant heritage; landscape

1. Introducción

Esta comunicación presenta los resultados preliminares de una investigación que tiene como objetivo principal analizar los cambios paisajísticos recientes en el macizo de Caldoveiro (Asturias) a partir del conocimiento de la dinámica, el estado y los valores patrimoniales de sus conjuntos vegetales. En este sentido, se estudian las formaciones vegetales, su composición florística y distribución en el área considerada, incluyendo el factor temporal mediante la comparación con los datos contenidos en publicaciones especializadas anteriores, cartografía temática y fotografías aéreas de fechas precedentes. Así pues, entre los objetivos complementarios se encuentra la valoración patrimonial de sus formaciones vegetales como principales elementos fisiográficos del paisaje (junto al relieve) y el diagnóstico de su estado actual para, en un futuro, poder abordar el patrimonio paisajístico y la estimación del riesgo de cambio o desaparición.

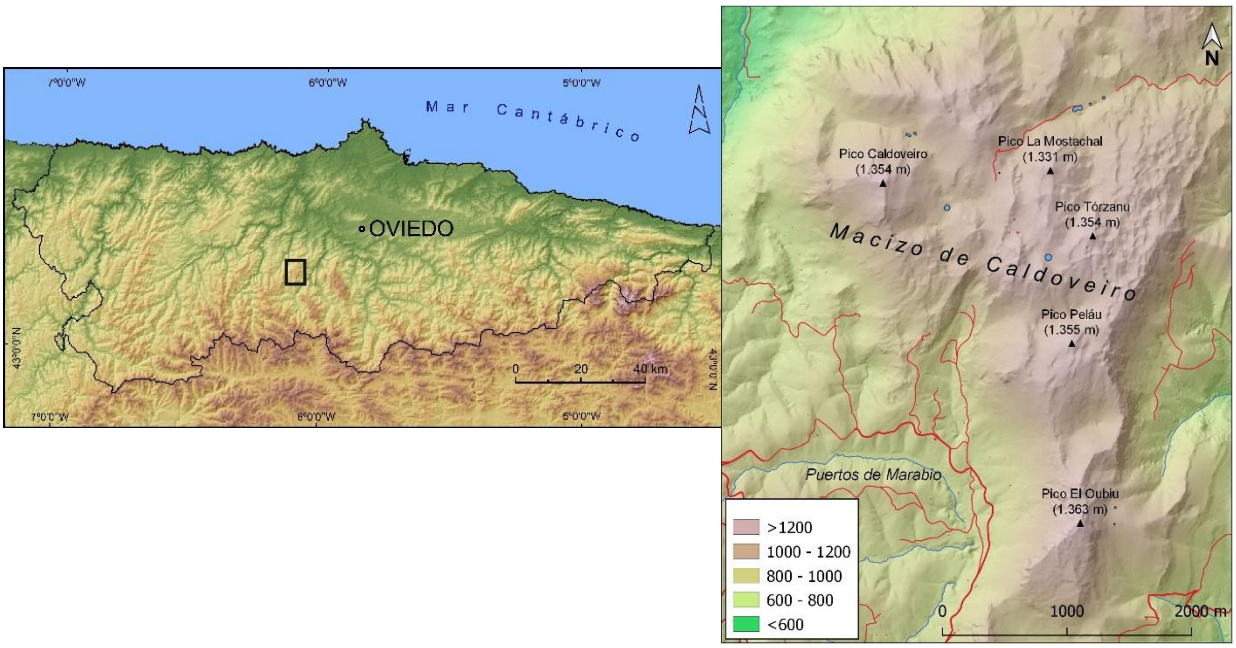
2. Materiales, datos y métodos

El método de trabajo se ha iniciado con el acopio de la información disponible sobre la vegetación del ámbito de estudio, a saber: trabajos especializados como el de Mayor y Lastra (1990), regionales (INDUROT, 1994; Díaz, 2014) y relacionados con el espacio natural protegido (Gobierno del Principado de Asturias, 2015 y 2022). Los datos georreferenciados se han tratado con el software QGis creando un proyecto cartográfico en el que se han utilizado las bases topográficas digitales del Instituto Geográfico Nacional (Base Topográfica Nacional, Modelo Digital de Superficies). Se han realizado sesiones de trabajo de campo en los años 2022, 2023 y 2024 en las que se han inventariado los diferentes elementos del paisaje, prestando especial atención a la composición, distribución y estado de las formaciones vegetales. En gabinete fue realizada la fotointerpretación de imágenes aéreas de distintas fechas (Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y Ortofotografías de Máxima Actualidad del PNOA) y se elaboraron materiales cartográficos para el análisis de los cambios paisajísticos recientes. Finalmente, se ha llevado a cabo una valoración patrimonial cualitativa y somera de los conjuntos vegetales y unidades de paisaje que servirá para el desarrollo de una metodología que pueda ser implementada en trabajos posteriores.

2.1 El caso de estudio

El macizo de Caldoveiro es un afloramiento masivo de calizas de altitud media (pico Caldoveiro, 1.354 m s.n.m.) que se halla en el sector central de la vertiente septentrional del Macizo Asturiano, a unos 20 km al suroeste de Oviedo (Fig. 1). Se trata de una plataforma carbonatada por encima de los 1.000 m de altitud con un paisaje configurado por el resalte y la disolución de las calizas en un ámbito climático oceánico, como por sus características ganadero-forestales tradicionales que han mantenido un mosaico paisajístico actualmente en transformación.

Figura 1. Localización del área de estudio.



Fuente: elaboración propia a partir de la base topográfica digital vectorial y ráster del Instituto Geográfico Nacional.

Los estratos de calizas corresponden a la Formación Valdeteja, principalmente, y a las formaciones Barcaliente y Alba bordeando todo el conjunto por el Norte y el Este. Se extienden por unos 30 km^2, con un desarrollo longitudinal meridiano de más de 10 km en su extensión hacia el Sur por Peña Gradura.

Desde el punto de vista biogeográfico, el macizo de Caldoveiro pertenece a las subprovincias Cantabro-atlántica y Orocantábrica dentro de la provincia Atlántica-Europea de la región Eurosiberiana; en concreto, a sus distritos Ovetense y Somedano respectivamente. Según el mapa de vegetación de series, geoseries y geopermaseries de Asturias a escala 1:250.000 (Díaz, 2014) en la zona de estudio se localizan los siguientes sigmetum y formaciones vegetales potenciales, tres en concreto: *Blechno spicant-Fago sylvaticae* sigmetum (Hayedos orocantábricos oligotrofos con abedul), *Blechno spicant-Querco roboris* sigmetum (Carbayedas oligótrofas con abedul) y *Linario triornithophorae-Querco pyrenaicae* sigmetum (Rebollares oro-cantábricos).

Todo el ámbito de estudio se encuentra dentro de los límites de la Zona de Especial Conservación Caldoveiro (ES1200012), declarada en 2014 afectando a los concejos de Grado, Proaza y Yernes y Tameza con una superficie de 12.709 ha. Otras figuras de protección que atañen a este espacio son la Zona de Especial Protección para las Aves Ubiña-La Mesa (ES0000315), el Parque Natural de Las Ubiñas - La Mesa, el Monumento Natural de los Puertos de Marabio y la Reserva de la Biosfera de Las Ubiñas - La Mesa.

En el año 1990 fue publicado en el Boletín de Ciencias de la Naturaleza del Real Instituto de Estudios Asturianos el Mapa de vegetación del pico Caldoveiro y sus estribaciones. Este trabajo, elaborado por Matías Mayor López y Juan José Lastra Menéndez nos sirve de punto de partida para

analizar la dinámica de la vegetación. La cartografía de Hábitats de Interés Comunitario de la ZEC Caldoveiro nos ofrece otra perspectiva e imagen temporal (Gobierno del Principado de Asturias, 2022) sobre el espacio analizado en esta investigación.

Mayor y Lastra (1990) identifican y cartografían, en un área sustancialmente mayor que en nuestro caso y con más situaciones geoecológicas diversas, alisedas, hayedos sobre sustratos ácidos y básicos; bosques mixtos de castaños y robles, bosques mixtos de fresnos y avellanos alternando con prados de siega; melojares, tojal-brezal y cervunal de suelos ácidos (en los espacios potenciales de *Quercus pyrenaica*); brezales sobre substrato calizo, matorrales y pastos sobre substrato calizo (donde la vegetación potencial corresponde a hayedos montanos y encinares colinos); encinares, pastizales de siega mesófilos e higrófilos; vegetación rupícola, de gleras, de charca y de escombrera. Buena parte de este análisis fue seguido por la cartografía temática del Principado de Asturias referida a la vegetación de la última década del siglo pasado (INDUROT, 1994).

Respecto a la delimitación de los Hábitats de Interés Comunitario dentro del espacio protegido ZEC Caldoveiro (Gobierno del Principado de Asturias, 2015), se identificaron Brezales húmedos atlánticos (4020), Prados ibéricos silíceos de *Festuca indigesta* (6160), Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (*Festuco-Brometalia*) (6210), Prados pobres de siega de baja altitud (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) (6510), Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (*Quercion robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*) (9120), Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (91E0), Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica* (9230), Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia* (9340) y Bosques de *Ilex aquifolium* (9380). Los taxones vegetales de interés comunitario encontrados dentro del área de la ZEC son *Centaurium somedanum* (1658) y *Narcissus asturiensis* (1865).

Por último, es necesario señalar que buena parte del área de estudio se encuentra catalogada como Monte de Utilidad Pública. En concreto, se trata de los M.U.P. nº 307 "Puerto Alto de Bandujo" (Ayuntamiento de Proaza con derecho de aprovechamiento por los pueblos de Bandujo y Proacina), 069 "Vega de Campos, Maravio y otros" (pueblos de Villamayor, Prado, Murias, Hedrada, Gradura, Entrago, Barzana y Santianes del concejo de Teverga), 073 "Vegas Prietas y Ortecedo" (Ayuntamiento de Yernes y Tameza), 074 "Caduco y Otros" y 077 "Sierra de la Misión, Braña de la Cueva y Otros" (ambos montes de titularidad de los pueblos de Villabre, Villaruiz, Fojó, Yernes y Vendillés, del concejo de Yernes y Tameza). Los distintos usos comunales conviven con los de algunos pequeños sectores de prados y montes de titularidad privada.

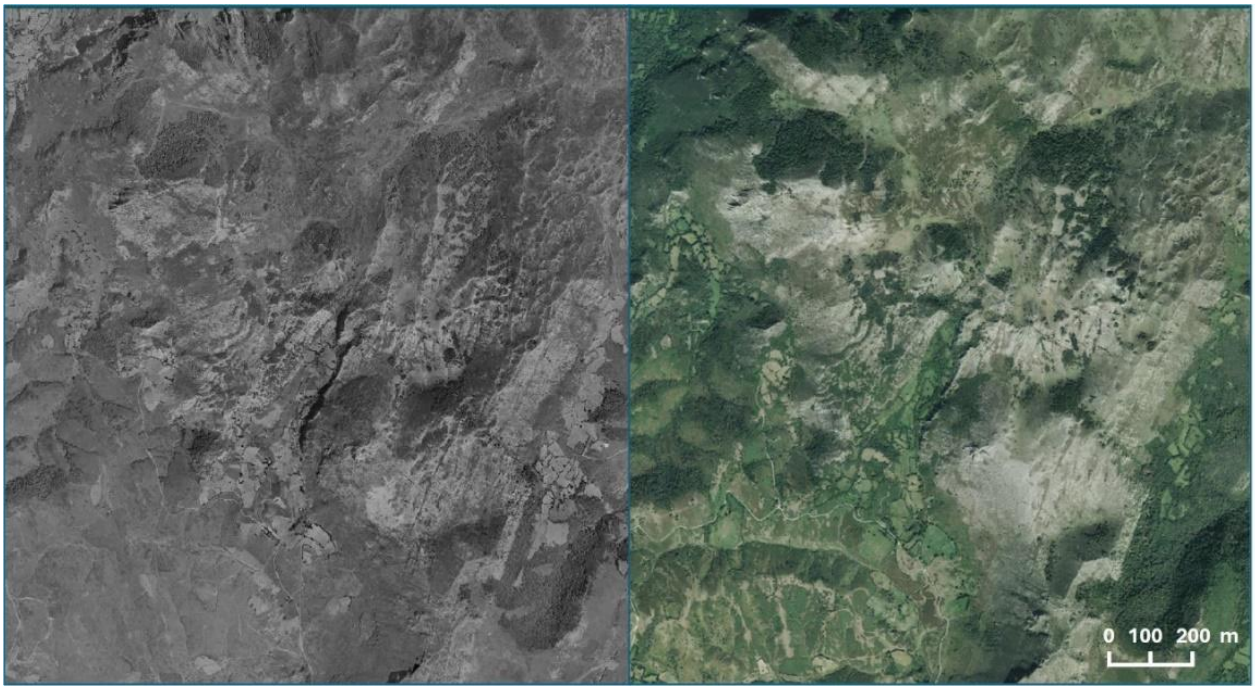
3. Resultados

El mapa de vegetación de la cartografía temática del Principado de Asturias (INDUROT, 1994), a escala 1:25.000 y con información del mapa de Mayor y Lastra (1990), identifica las siguientes formaciones vegetales: hayedos eutrofos y oligotrofos; abedulares orocantábricos altimontanos; acebedas con fresno o con abedul; formaciones arbustivas eutrofas de rebollo con *Genista occidentalis*; aulagares de *Genista occidentalis* con *Ulex europaeus*; vegetación casmofítica calcícola; brezales tojales con *Ulex galii* s.l. con *Erica vagans*; formaciones arbustivas eutrofas de avellanos, rosas y endrinos; escobonales de *Cytisus scoparius*; prados y pastos.

Los brezales-tojales ocupan en la cartografía buena parte de los Puertos de Marabio, en torno a los 1.000 m de altitud. Este espacio tiene titularidad pública y privada pero, en todo caso, una dinámica

progresiva en la sucesión vegetal y una composición paisajística diversa. En la actualidad, las formaciones arbustivas, dominadas fundamentalmente por los *Ulex*, presentan una gran extensión y densidad, colonizando buena parte de las áreas de pasto. *Ilex aquifolium*, igualmente, va aumentando su ocupación sobre matorrales y pastos. Algunos prados cerrados mantienen su producción herbácea si bien las sebes están pobladas por árboles y arbustos de gran porte y dosel.

Figura 2. Comparación de imágenes aéreas: Ortofoto Histórica AMS(B) 1956 / 1957 (izquierda) y Ortofoto del PNOA 2021 (derecha). Se aprecia el aumento de la densidad, el porte y la extensión de las cubiertas leñosas, así como el crecimiento de los cierres vegetales de los prados.



Fuente: elaboración propia a partir de las imágenes del Visor del Sistema de Información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias.

En las estribaciones montañosas se conservan algunas fincas pratenses mantenidas frente a la progresión de los cierres vegetales y las formaciones arborescentes dominadas por el acebo. Otras, sin embargo, han desaparecido ya bajo las cubiertas leñosas. Muchas de las cabañas ganaderas que formaban parte del entramado cultural y económico paisajístico están rehabilitadas como residencias temporales.

Las laderas del macizo carbonatado de Caldoveiro y el sector cacuminal aparecen en el mapa de la cartografía temática (INDUROT, 1994) cubiertas por aulagares de *Genista occidentalis* con *Ulex europaeus* y vegetación casmofítica calcícola. Bien es cierto que los afloramientos rocosos calizos presentan vegetación rupícola basófila, pero, cabe reseñar la importancia que ha adquirido *Erica vagans* en el paisaje pétreo, con una extensión muy por encima de la de la aulaga, así como la importancia de las especies características de los herbazales de la España atlántica. Del mismo modo, los amplios espacios cartografiados como aulagares son, en realidad, amplísimas extensiones de *Ulex*, muy homogéneas, densas y con alturas por encima del metro y medio. Por otro lado, las formaciones arbustivas eutrofas de avellanos, rosas y endrinos son difícilmente identificables en la actualidad por

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

el avance de la sucesión vegetal. No obstante, *Corylus avellana* forma algunas manchas monoespecíficas arborescentes y comparte con *Ilex* la colonización de parcelas en desuso de las laderas.

Los pastos identificados en altura no alcanzan una gran superficie, ceñida esta a las depresiones y vaguadas entre los resaltes calizos. Tal se percibe también hoy en día, disminuida por el crecimiento de las formaciones arbustivas, fundamentalmente de *Ulex* o *Erica vagans*, pero también de otras como *Cytisus scoparius* y *Erica arborea. Ilex,* del mismo modo, se esparce de forma dispersa sobre algunos pastizales, llegando a formar macizos cerrados de escaso porte.

La cubierta arbórea se sitúa sobremanera en las vertientes septentrionales de los picos calizos donde predomina *Fagus sylvatica*. Los hayedos mantienen su predominancia en estos enclaves con una dinámica bastante estable, aunque la orla arbustiva de estos bosquetes crece en las dos dimensiones, una vez más protagonizada por el acebo. También se hallan en la plataforma culminante agrupaciones de individuos arbóreos de *Fraxinus excelsior* y pequeños bosquetes de *Betula pubescens* subsp. *celtiberica*. El abedul se halla en formaciones arbóreas y arborescentes mixtas, bosques jóvenes con fresnos y acebos, además de en abedulares altimontanos, relativamente homogéneos.

Taxus baccata también se localiza en este macizo carbonatado, con especial distribución en torno al pico Tórzanu, al sur del cual se ha desarrollado un interesante y simbiótico bosque con individuos de *Ilex aquifolium* de una edad y tamaño inusual, constituyendo una formación vegetal de un gran valor patrimonial (Beato & Rodríguez, 2025). Por último, formaciones arbustivas eutrofas de rebollo con *Genista occidentalis* no se han encontrado como tales, si bien han sido localizadas algunas manchas arbóreas de *Quercus pyrenaica* de reducido tamaño en los Puertos de Marabio y en la vertiente oriental del Macizo de Caldoveiro.

Finalmente, hay que señalar que la cartografía de hábitats de interés comunitario de este espacio protegido es muy precisa y está actualizada. Constituye, por tanto, una fuente útil para el conocimiento de su patrimonio y para el seguimiento de las formaciones vegetales en un futuro próximo, a pesar de que algunas caracterizaciones podrían ser discutidas.

4. Conclusiones

El Macizo de Caldoveiro dispone de un paisaje vegetal que muestra el avance de la sucesión vegetal no limitado sustancialmente por las actividades humanas que tradicionalmente compusieron el mosaico paisajístico. La presencia de nueve hábitats de interés comunitario da buena cuenta del valor patrimonial de la vegetación y los ecosistemas de este enclave de media montaña, conservado mediante varias figuras de protección de la naturaleza. Sin embargo, las medidas de protección pueden entrar en contradicción con el mantenimiento del paisaje y de las formaciones vegetales actuales, bien es sabido, en constante evolución por su naturaleza dinámica. Así lo exhibe también la comparación de fuentes cartográficas, bibliográficas y la comparación de imágenes aéreas o de campo. En definitiva, el patrimonio del Macizo de Caldoveiro está indudablemente en proceso de cambio y, además, puede estar en riesgo de desaparición ya sea por su propio dinamismo o por disrupciones de índole natural o antrópica.

Agradecimientos

Este trabajo se ha elaborado en el marco del proyecto "Paisajes de Interés Cultural en riesgo de desaparición (NO de España): su documentación y digitalización", que tiene por referencia PID2023-147884NB-I00.

5. Referencias bibliográficas

Beato Bergua, S. & Rodríguez Berdasco, J.M. (2025). Sobre lo singular y lo general en el patrimonio forestal: el macizo de Caldoveiro (Asturias, NW de España). En Angelo Furlan, S. Díaz Sanz, C., Lozano Valencia, P.J. (Coords.): Anais do Congresso Iberoamericano de Biogeografia - Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - Congresso Espanhol de Biogeografia. Recife (Brasil): Even3 Díaz

González, T.E. (2014). Mapas de vegetación de las series, geoseries y geopermaseries de España. 1.250.000: Asturias. Global Geobotany, 3, 1-34.

Gobierno del Principado de Asturias (2015). Boletín Oficial del Principado de Asturias núm. 2 de 3-I-2015. Decreto 159/2014, de 29 de diciembre, por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación Aller-Lena (ES1200037), Caldoveiro (ES1200012), Montovo-La Mesa (ES1200010), Peña Manteca-Genestaza (ES1200041), Peña Ubiña (ES1200011) y Valgrande (ES1200046) y se aprueba el I Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos de la Montaña Central Asturiana. Disponible en https://naturalezadeasturias.es/upload/d-159-2014-zec-1200037-1200012-1200010-1200041-1200011-1200046-zepa-0000315.pdf

Gobierno del Principado de Asturias (2022). Hábitats de Interés Comunitario 1:5.000. Servicio de Espacios Protegidos, Dirección General de Medio Natural y Planificación Rural de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial; Servicio de Cartografía, Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial. Disponible en https://sig.asturias.es/servicios/rest/services/Visor/MedioAmbiente/MapServer/16

INDUROT (1994). Cartografía temática ambiental. Mapa de vegetación. Escala 1:25.000. Oviedo: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del

Gobierno del Principado de Asturias.

Mayor López, M. & Lastra Menéndez, J. J. (1990). Mapa de vegetación del pico Caldoveiro y sus estribaciones (Principado de Asturias). Boletín de Ciencias de la Naturaleza, (40), 103-118.

Naturaleza de Asturias. Espacios Naturales Protegidos. Gobierno del Principado de Asturias. Fecha de última modificación: mayo 2022. Hábitats de Interés Comunitario 1:5.000. Disponible en https://sig.asturias.es/servicios/rest/services/Visor/MedioAmbiente/MapServer/16

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO Y MORFOMÉTRICO DEL ARROYO DEL CHORRO EN EL PARQUE NACIONAL DE CABAÑEROS (LOS NAVALUCILLOS, CASTILLA-LA MANCHA)

RAFAEL BECERRA-RAMÍREZ[1,2], DARÍO GUEVARA[1],

ANA B. PRADO[3], ALEJANDRO LÓPEZ[3]

[1]*GEOVOL, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real,* Rafael.Becerra@uclm.es, https://orcid.org/0000-0001-7778-4892; Dario.Guevara@uclm.es, https://orcid.org/0000-0001-9417-7832

[2]*Instituto Volcanológico de Canarias, c/ Irlanda 2, 38400 Puerto de la Cruz.*

[3]*Graduados en Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad, y estudiantes de Máster de Profesorado ESO, Bachillerato, FP e Idiomas (Universidad de Castilla-La Mancha).*

Abstract: This work presents the results obtained by students of Geography, Territorial Development and Sustainability of the Universidad de Castilla-La Mancha in the subject *Hydrogeography and Edaphology* where the conceptual, methodological and practical corpus is developed, applied to a small hydrographic sub-basin, located in the Cabañeros National Park (Los Navalucillos, Toledo), the Arroyo del Chorro, which flows into the Pusa river (tributary of the Tajo river). The methodology: analysis of cartography (geological and topographical) and aerial orthophotographs of the study area (using GIS), consultation of bibliography and fieldwork. The results obtained: generation of raster layers, from DTM, and vector layers for spatial analysis and creation of cartography of the basin and its hydrographic network; Morphometric analysis of the sub-basin at a scale of 1:25,000 of basic parameters, such as surface area (26.76 km^2), axial length (9.09 km), average width (2.99 km), absolute gradient (761.6 m), average slope (8.51%), length of the main channel (9.9 km), number of channels (510,8), order of the network (5), drainage density (3.31 km/km^2) and frequency index (19.09 channels/km^2), among others; identification of landforms (valleys, terraces, fluvial islets, alluvial fans and waterfalls). Conclusions: Training in applied geomorphology and fluvial morphometry is necessary in Geography studies that will serve to characterize basins and drainage networks, classify them and be able to compare them with other basins, and to understand the fluvial dynamics of floods and/or floods, the risk they pose to the population and the alteration they may undergo in the face of the effects of environmental change.

Keywords: geomorphology; hydrogeography; morphometric analysis; Cabañeros National Park.

1. Introducción y Metodología

Geógrafos y geógrafas, como conocedores y especialistas del territorio, deben saber estudiar y analizar los procesos relacionados con los recursos hídricos de forma general, analizar el ciclo hidrológico y la capacidad de las aguas de modelar el paisaje. Pero también atender y entender los procesos estratégicos que el agua suscita como recurso indispensable para el ser humano y su actividad económica, así como su gestión sostenible, especialmente la de sus cuencas, a la hora de hacer frente al cambio ambiental y al diseño de estrategias que mitiguen los riesgos naturales.

Este trabajo presenta los resultados obtenidos por estudiantes del grado de *Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad* de la Universidad de Castilla-La Mancha en la asignatura *Hidrogeografía y Edafología* (UCLM, s.f.), donde se desarrolla el corpus conceptual, metodológico y aplicado a una pequeña subcuenca hidrográfica, el arroyo del Chorro, que desemboca en el río Pusa (afluente del río Tajo).

La metodología empleada se enmarca en el área de conocimiento de Geografía Física, en la que se realiza un análisis de la cartografía (geológica y topográfica) digital e impresa, y ortofotografías aéreas del área de estudio, para lo que también se ha utilizado la cartografía digital de servidores oficiales de la hoja 683 del MNT50 y MAGNA50 (CNIG, s.f.; IGME, s.f.). Se ha hecho una revisión bibliográfica de la memoria del mapa geológico, de trabajos sobre el relieve y el paisaje del área de estudio y la consulta de datos climáticos. Por otro lado, el trabajo de campo ha sido vital a la hora de contrastar los resultados obtenidos en laboratorio y para la identificación de morfologías asociadas a esta pequeña cuenca hidrográfica.

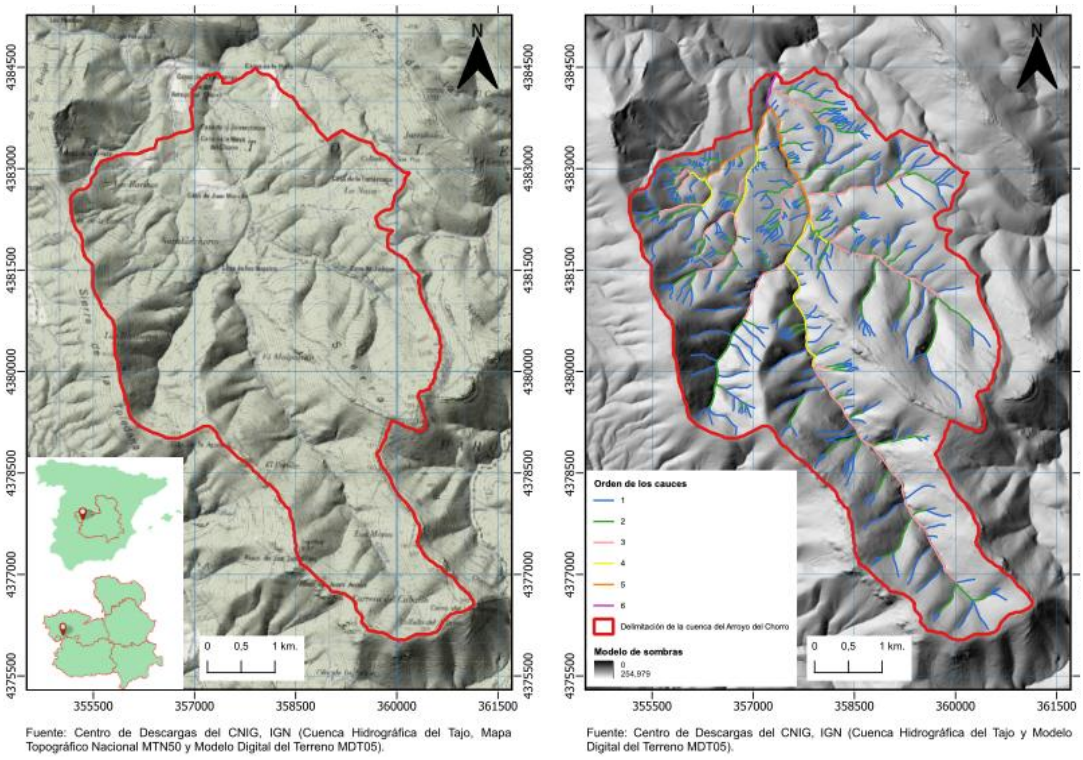
Las herramientas de trabajo para análisis espaciales y la cartografía final han sido *ArcGIS Pro* (licencia de la UCLM) y el software libre *QGIS (versión 3.40 Bratislava)*, así como el análisis estadístico a partir de MS Excel. La presentación de los resultados se ha realizado en una memoria final, en la que se recogen todas las características geográficas, geomorfológicas y morfométricas del área de estudio.

2. Área de estudio

La cuenca hidrográfica del arroyo del Chorro se localiza dentro del municipio de Los Navalucillos (Toledo, Castilla-La Mancha) (Fig. 1) y gran parte de la misma queda dentro del área de protección del Parque Nacional de Cabañeros, ampliada en 2005 para incluir la umbría del Macizo del Rocigalgo (Resolución 15 de noviembre de 2005, BOE nº 293, de 8 diciembre) donde se localiza esta pequeña cuenca. Este sector de la cuenca del río Tajo, y subcuenca del Pusa, se caracteriza por la subdivisión en pequeñas cuencas independientes y de dimensiones similares con valles bien modelados y profundamente encajonados en los piedemontes (Muñoz, 1991), de hecho, la cuenca del Chorro tiene tres subunidades: la principal, el Chorro, y dos arroyos tributarios, la Arañosa y la Calanchera.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Mapas de localización, delimitación de la cuenca, red de drenaje y órdenes de los cauces. Elaboración propia a partir de los resultados del curso 2022-23.



Fuente: Centro de Descargas del CNIG, IGN (Cuenca Hidrográfica del Tajo, Mapa Topográfico Nacional MTN50 y Modelo Digital del Terreno MDT05).

Fuente: Centro de Descargas del CNIG, IGN (Cuenca Hidrográfica del Tajo y Modelo Digital del Terreno MDT05).

La cuenca se desarrolla en el corazón del macizo hercínico, entre las sierras de la Toledana al OSO (1.134 msnm), la Parrilla al NE (1.363 m) y Sierra Fría al ESE, donde se alcanza la cota más elevada del conjunto de Montes de Toledo, el Pico Rocigalgo (1.448 m). Es un conjunto montano en el que las sierras se elevaron durante la orogenia Hercínica y se retocaron durante la Alpina, dando lugar a un relieve apalachense intensamente plegado y fracturado con tendencia anticlinoria (Muñoz, 1991; Serrano y Becerra-Ramírez, 2018) condicionante del encajamiento de la red hidrográfica que perdura hasta la actualidad, y es la base del paisaje. Esto sucede en el arroyo del Chorro, encajado a lo largo del sinclinal colgado de Las Becerras o Rocigalgo, intensamente fracturado con dirección NO-SE, que pudo actuar como cabalgamiento o falla inversa a lo largo de su charnela (Moreno y Gómez, 1984), y fallas transversales que condicionarán la morfología del cauce principal y los tributarios, generando saltos de falla y dando lugar a las cascadas del Chorro y Chorrera Chica, entre otros pequeños saltos de agua.

La litología del macizo sobre la que discurre el arroyo del Chorro, según Moreno y Gómez (1984) y Muñoz (1991), es básicamente ordovícica (Paleozoico), aunque también afloran materiales cámbricos. En la zona de cabecera y tramo medio de la cuenca predominan las cuarcitas armoricanas, areniscas, ortocuarcitas, pizarras y conglomerados (Ordovícico inferior), y en el tramo final hasta la desembocadura hacia el río Pusa, predominan las pizarras del Arenig (Ordovícico medio). Entre los materiales más jóvenes destacan las pedrizas o canchales en los flancos de las sierras, junto a coluviones de ladera y aluviones cuaternarios de la red hidrográfica actual.

El climodiagrama de Los Navalucillos (según climate-data.org) muestra precipitaciones medias de 650 mm anuales, con marcada sequía estival de mayo a septiembre y lluvias repartidas en los meses fríos, especialmente octubre y noviembre. La temperatura media anual es de 14,1ºC, siendo enero el

mes más frío (4,9ºC) y julio el mes más cálido (25ºC). Otros estudios climáticos muestran un gradiente S-N y según la altitud se desarrollan diferentes pisos bioclimáticos: mesomediterráneo de ombroclima seco (350-600 mm), supramediterráneo de ombroclima subhúmedo (600-1000 mm) (García-Herrera *et al.*, 2011). Aunque es un clima propiamente mediterráneo, o *Csa*, la cuenca del Chorro se puede caracterizar como una zona con un microclima de influencia oceánica, por su orientación y su localización geográfica, que ha contribuido a modelar la zona y ha determinado la red de drenaje.

El área presenta una ocupación humana escasa y un uso agrícola muy limitado a las zonas menos escarpadas, debido a la orografía accidentada y a la desfavorable naturaleza del roquedo y el relieve, con una densidad demográfica que ronda inferior a 6 hab/km^2 (datos del INE de 2023) en el municipio.

3. Resultados

Los resultados obtenidos tras la caracterización morfológica y morfométrica de la subcuenca del arroyo del Chorro, presentados por estudiantes de varios cursos académicos, se resumen en 4 puntos principales:

1. Análisis espacial mediante SIG. A partir de capas ráster del MDT05 (CNIG, s.f.) del área de estudio se generó el relieve sombreado y capas vectoriales para el análisis espacial y la creación de cartografía de la cuenca y su red hidrográfica (superficie, cauce principal y tributarios, órdenes de los cauces, pendientes, acumulación de flujo, etc.), que facilitó la caracterización y análisis morfométrico.

2. Análisis morfométrico de la subcuenca a escala 1:25.000. Se realizó el cálculo de diferentes parámetros de la cuenca y de la red de drenaje del arroyo del Chorro, de forma automática (análisis espacial con SIG) y mediante correlaciones morfométricas. En el trabajo final, se describe y aplica el cálculo de cada parámetro extrayendo las conclusiones oportunas, atendiendo al comportamiento de la cuenca. En una tabla-resumen final (Tabla 1) se muestran tanto los valores medios como los medianos, dada la disparidad de resultados obtenidos, agrupados en función del tipo de parámetro.

La morfología de la red (Fig. 1) es rectangular en su tramo de cabecera (afectado por la tectónica) y dendrítica en el tramo medio y final, y los análisis morfométricos obtenidos muestran que es una cuenca de tamaño pequeño (área 26,76 km^2, longitud axial 9,09 km, y anchura media de 2,99 km). El desnivel de más de 761 m y una pendiente media del 8,51%, y la del río principal de 6,51%, indica un terreno accidentado medio. Los parámetros de geometría de la cuenca indican que tiene una forma ligeramente alargada, con lo cual las crecidas no serían demasiado violentas, y los picos máximos se producirían de forma más dilatada que si su forma fuera más redondeada. La red cuenta con un número importante de cauces (510,8), especialmente de orden 1 (369,4), donde son 3,94 más numerosos los cauces de órdenes inferiores que los de orden superior (relación de bifurcación) y son 1,54 veces más largos los cauces de un orden que los de orden inferior (relación de longitud). La densidad de drenaje media es de 3,31 km/km^2, una frecuencia de 19,09 cauces/km^2 y una torrencialidad relativamente elevada de 13,81.

3. Identificación de procesos, depósitos (aluviones) y formas de relieve fluvial (Fig. 2). La pequeña cuenca hidrográfica no presenta morfologías como la de los grandes ríos de la península ibérica, o incluso la del propio Tajo a la que pertenece el arroyo del Chorro, pero se identificaron varios procesos fluviales (puntos de rezume, veneros, corrasión, cavitación) y depósitos aluviales (limos,

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

arenas, gravas, cantos rodados – barras, brazos). Se identificaron pequeñas morfologías fluviales erosivas y deposicionales en diferentes tramos de la cuenca y cauces: valles (en V, vagonadas y vaguadas) condicionados por la tectónica (sinclinal y fallas transversales), regueros y cárcavas, pilancones y marmitas de gigante, terrazas (erosión y acumulación), isletas fluviales, abanicos aluviales y saltos de agua. Y también, otros depósitos y morfologías propios de la dinámica de vertientes (coluviones, pedrizas, crestones…).

4. Alteraciones antrópicas del cauce: canalizaciones y represamientos de agua ("toma del agua"), puentes que seccionan el curso en varios tramos "cegando" el flujo de agua especialmente en las crecidas.

Tabla 1. Relación de parámetros morfométricos principales medidos en el arroyo del Chorro (Los Navalucillos, Toledo) durante varios cursos académicos.

PARÁMETROS		CURSOS ACADÉMICOS					MEDIA	MEDIANA
		2018-2019	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025		
GEOMETRÍA	Área (km²)	26,72	26,73	26,80	26,72	26,81	**26,76**	26,73
	Perímetro (km)	25,12	26,56	26,55	25,78	26,6	**26,12**	26,55
	Longitud Axial (km)	7,42	11,10	8,91	9,14	8,9	**9,09**	8,91
	Anchura media (km)	3,60	2,41	3,01	2,92	3,01	**2,99**	3,01
	Relación de Elongación (Re)	0,79	0,53	0,66	0,64	0,66	**0,65**	0,66
	Relación de Forma (Rf)	0,49	0,22	0,34	0,32	0,34	**0,34**	0,34
	Índice Gravelius (Ic)	1,37	1,45	1,45	1,41	1,45	**1,42**	1,45
	Relación de Circularidad (Rc)	0,53	0,47	0,48	0,50	0,48	**0,49**	0,48
RELIEVE	Altitud máxima (m)	1449	1447	1448	1446	1448	**1448**	1448
	Altitud mínima (m)	690	685	685	685	685	**686**	685
	Desnivel absoluto (m)	759	762	763	761	763	**761,60**	762
	Pendiente media cuenca (%)	10,23	6,86	8,56	8,33	8,57	**8,51**	8,56
	Pendiente cauce principal (%)	1,24	6,86	7,87	8,65	7,95	**6,51**	7,87
TOPOLOGÍA	Cauces orden 1	431	393	344	286	393	**369,40**	393,00
	Cauces orden 2	98	121	95	73	102	**97,80**	98,00
	Cauces orden 3	21	8	17	19	103	**33,60**	19,00
	Cauces orden 4	6	2	5	4	26	**8,60**	5,00
	Cauces orden 5	1	1	2	1	1	**1,20**	1,00
	Cauces orden 6	-	-	1	-	-	**1,00**	1,00
	Nº total cauces	557	525	464	383	625	**510,80**	525,00
	Orden de la red	5	5	5	5	5	**5,00**	5,00
	Rel. Bifurcación (Rb)	4,63	3,35	3,42	4,14	4,16	**3,94**	4,14
LONGITUD	Long. cauce principal (km)	10,2	11,1	9,7	8,8	9,6	**9,88**	9,70
	Long. cauces ord. 1 (km)	61,4	s.d.	67,2	50,2	39,8	**54,65**	55,78
	Long. cauces ord. 2 (km)	28,9	s.d.	27,5	24,6	20,1	**25,24**	26,03
	Long. cauces ord. 3 (km)	17,0	s.d.	14,8	17,2	16,4	**16,35**	16,69
	Long. cauces ord. 4 (km)	10,1	s.d.	4,9	7,5	5,2	**6,93**	6,35
	Long. cauces ord. 5 (km)	2,5	s.d.	3,4	1,5	1,5	**2,25**	2,03

	Long. cauces ord. 6 (km)	-	-	0,5	-	-	**0,50**	0,50
	Long. total cauces (km)	58,5	82,0	118,3	101,0	83,0	**88,57**	82,99
	Long. media cauces (km)	0,1	0,2	0,25	0,26	0,1	**0,18**	0,16
	Relación de Longitud (Rl)	2,4	1,3	1,53	0,73	1,8	**1,54**	1,53
INTENSIDA	Densidad Drenaje (km/km^2)	2,19	3,07	4,41	3,78	3,10	**3,31**	3,10
	Índ. Frecuencia (cauces/km^2)	20,85	19,64	17,31	14,33	23,31	**19,09**	19,64
	Coeficiente Torrencialidad	16,13	14,70	12,84	10,70	14,66	**13,81**	14,66

Nota: s.d. (sin datos), los estudiantes no mostraron la contabilización por órdenes en el trabajo. Elaboración propia.

4. Conclusiones

Desde el punto de vista geomorfológico, en el primer tramo del arroyo del Chorro la morfología está condicionada por la morfoestructura paleozoica (roquedo muy duro, sinclinal colgado, encajonamiento del río a lo largo de la charnela fallada, saltos de agua…), mientras que, en el segundo tramo, la acción erosiva del arroyo es más evidente en materiales que, aunque son del paleozoico, son más blandos (pizarras) y el río desarrolla una acción modeladora más eficaz.

Desde el punto de vista académico, es necesaria la formación en geomorfología aplicada y morfometría fluvial en los estudios de Geografía, que servirán para caracterizar cuencas y redes de drenaje, clasificarlas y poder compararlas con otras cuencas, y para entender la dinámica fluvial de las crecidas/avenidas, el riesgo que suponen para la población y la alteración que pueden sufrir ante los efectos del cambio ambiental, especialmente en territorios bien conservados y protegidos. El uso de SIG como herramienta básica de estudio, análisis espacial y caracterización del comportamiento de las cuencas con análisis morfométricos, es imprescindible en la labor de geógrafos-as, que pueden complementar el estudio del cambio ambiental y sus efectos sobre la naturaleza, especialmente en espacios naturales protegidos, y en la prevención y gestión de riesgos de inundaciones.

Figura 2. Diferentes morfologías y depósitos identificados en el arroyo del Chorro, durante los trabajos de campo: a) Valle sinclinal del arroyo del Chorro; b) El Chorro; c) Chorrera chica; d) terrazas de acumulación; e) abanico aluvial; f) corrasión, pilancones y marmitas de gigante; g) pequeña presa sobre el cauce.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Referencias bibliográficas

CNIG - Centro Nacional de Información Geográfica (s.f.). *Centro de Descargas del CNIG*. https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home

García-Herrera, J.J.; Carrasco Redondo, M; Gómez Manzaneque, Á.; Bonache López, Á. y Fernández Valero, E. (2011). *Guía de visita del Parque Nacional de Cabañeros*. OAPN.

IGME – Instituto Geológico y Minero de España (s.f.). *Cartografía geológica digital continua a escala 1:50.000* [cartografía]. https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Geode.aspx

Moreno, F.; Gómez, J. (1984). *Memoria mapa geológico de España: 683 Espinoso del Rey*. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Muñoz, J. (1991). El Parque Natural de Cabañeros, en J.A. González (ed.), *Guía de los Espacios Naturales de Castilla-La Mancha*, (pp. 441-459). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Serrano, M., Becerra-Ramírez, R., Marchán, C.P. (2018). Itinerario didáctico para el reconocimiento de plantas en la ruta del Chorro (Parque Nacional de Cabañeros), en R.U. Gosálvez, M.C. Díaz, J.L.García, M.A. Serrano de la Cruz, O. Jerez (coord.), *Bosque mediterráneo y humedales: paisaje, evolución y conservación. Aportaciones desde la Biogeografía, Tomo II* (pp. 942-952). Ed. Almud Ediciones de Castilla-La Mancha. https://www.researchgate.net/publication/324993528

UCLM (s.f.). *Plan de Estudios de Geografía, Desarrollo Territorial y Sostenibilidad*. Recuperado el 4 de marzo de 2025 de https://www.uclm.es/estudios/grados/geografia-desarrollo-territorial-sostenibilidad

CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS FLUVIALES MEDITERRÁNEAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y BALEARES

JAVIER BERENGUER-SALA[1]

JORGE HERMOSILLA-PLA[2]

JOAN CARLES MEMBRADO-TENA[3]

[1]Filiación institucional: Investigador Predoctoral, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), javier.berenguer@uv.es, https://orcid.org/0009-0007-0980-8072

[2]Filiación institucional: Catedrático, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), jorge.hermosilla@uv.es, https://orcid.org/0000-0003-1125-2556

[3]Filiación institucional: Profesor titular, Departamento de Geografía, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València (ES), joan.membrado@uv.es, https://orcid.org/0000-0001-6961-1449

Abstract: This study deals with the delimitation of Spanish river basins of more than 30 km² that flow into the Mediterranean Sea. This research, which is based on official cartography obtained from the National Geographic Institute, distinguishes between basins with continuous or discontinuous flowing watercourses, based on criteria such as the presence of reservoirs, photo-interpretative and toponymic (river vs. wadi / ravine / torrent / stream / creek / brook). When starting a doctoral thesis, the authors of this text (thesis candidate and co-directors) had to decide and delimit the study area. This area was to be characterised by its operability and, at the same time, by its diversity. The Gorgos-Xaló river basin, in the north of the province of Alicante, was chosen as the study area, as it included mountainous areas, intermediate drylands and densely touristified areas in the lower part. Spain's Mediterranean areas are coveted for their valued landscape and environmental diversity, but they are also heavily exploited and speculated upon. At the same time, after the Valencia DANA of 29/10/2024, it is clear that Mediterranean rivers and ravines can be highly destructive, although the perception of risk and knowledge of the territory itself is often unknown to the people who live there. This watershed delimitation model can be extrapolated and applied by other authors to delimit their own study areas.

Keywords: river basin, risk, watercourses, touristified, Mediterranean.

1. Introducción

En la península Ibérica y en las Islas Baleares, las cuencas fluviales que desembocan en el mar Mediterráneo constituyen sistemas de una gran relevancia hidrológica, ecológica, social y económica. El análisis, delimitación y caracterización de las cuencas del ámbito mediterráneo, concretamente las que poseen una superficie superior a los 30 km^2, puede resultar esencial para comprender la dinámica del agua, la planificación territorial y la gestión sostenible de los recursos hídricos, fundamentalmente en las áreas que se ubican dentro de los ámbitos de las mismas. En el ámbito de la hidrología, la clasificación de los ríos según su régimen hidrológico se erige como un tema de gran relevancia. En este contexto, los ríos mediterráneos constituyen un grupo distintivo, ya que representan cuencas que normalmente se encuentran en áreas de clima mediterráneo, caracterizado por un régimen de precipitaciones escasas e irregulares, con una marcada estacionalidad (Martín Vide & Olcina Cantos, 2021). Durante el período estival, el déficit hídrico se manifiesta a consecuencia de la escasez de precipitaciones y el aumento de las temperaturas, lo que resulta en la disminución temporal del caudal de los ríos. La incidencia de episodios meteorológicos extremos pone de manifiesto la vulnerabilidad de las áreas urbanas ligadas a sistemas fluviales mediterráneos. Claro ejemplo de ello es la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) que tuvo lugar el 29 de octubre de 2024 y que afectó principalmente a la Comunitat Valenciana y, en menor medida, a Castilla-La Mancha. En la localidad valenciana de Turís se registraron 771 l/m2 en 24 horas, de los cuales 185 precipitaron en una hora (MITECO, 2024). Esta DANA extrema provocó el desbordamiento de diferentes ríos y barrancos y las consecuentes inundaciones en las poblaciones cercanas a los cauces.

Este trabajo presenta la cartografía de las cuencas mediterráneas de la península y Baleares y las clasifica en dos tipologías: de flujo continuo y de flujo discontinuo. Al mismo tiempo, propone un método de delimitación, el cual permite generar una serie de información espacial, estandarizada y extrapolable a cualquier otra demarcación hidrográfica del ámbito mediterráneo.

(El doctorando del presente trabajo, Javier Berenguer Sala, está subvencionado por la Generalitat Valenciana y el Fondo Social Europeo. Beca CIACIF).

2. Materiales, datos y métodos

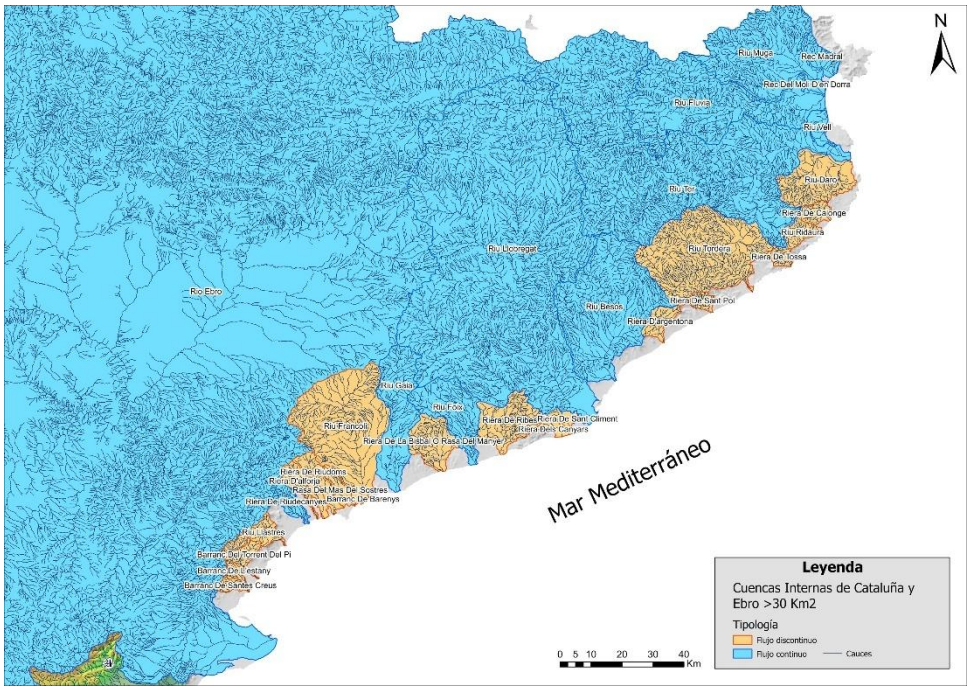
La acotación de las cuencas hidrográficas se ha obtenido de la cartografía disponible en el IGN (2025). Los cauces fluviales provienen de los datos proporcionados por el CEDEX (2024). La presencia de embalses según cada demarcación hidrográfica se ha obtenido de diferentes fuentes: la Agència Catalana de L'Aigua (2024) para las cuencas Internas de Cataluña; la publicación de Los embalses en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (Hermosilla Pla et al., 2024) para la Confederación Hidrográfica del Júcar; la Confederación Hidrográfica del Segura (2024) para la demarcación del Segura; El Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2024) para las Cuencas Mediterráneas Andaluzas; y el Instituto Geográfico Nacional (2025) para las cuencas del Ebro y de las Islas Baleares. El método utilizado en una primera etapa ha sido la delimitación de las cuencas hidrográficas mediterráneas, tanto en la Península Ibérica como de las Islas Baleares, que poseen una superficie mayor a 30 km^2. En una segunda parte, estas cuencas se han clasificado en cuencas con flujo de agua continuo o discontinuo, basándonos en tres criterios principales: 1) la presencia o ausencia de embalses en los cursos fluviales; 2) fotointerpretativos: mediante la detección de láminas de agua, tipo y forma de la vegetación, aspecto del cauce o infraestructuras, entre otras; y 3) toponímicos: río vs rambla/barranco/torrent/riera/arroyo. Además de estos tres métodos, en algunos

casos se ha precisado de una revisión documental exhaustiva para confirmar la presencia de agua permanente o no en algunos cauces. En la etapa final, esta recopilación de información se ha procesado mediante el Software ArcGis Pro de ESRI para obtener las diferentes representaciones cartográficas mostradas en esta comunicación. (Figuras 1, 2, 3, 4 y 5).

3. Resultados

Se han analizado un total de 155 cuencas: 51 cuencas se han determinado de flujo continuo y 104 de flujo discontinuo. Los resultados para cada demarcación hidrográfica son los siguientes: En las Cuencas interiores de Cataluña se han estudiado un total de 31 cuencas, 11 son de flujo continuo y 20 de flujo discontinuo. Asimismo, se ha examinado la única cuenca del Ebro, que presenta flujo continuo. En la demarcación del Júcar se han estudiado un total de 44 cuencas, 15 de flujo continuo y 29 de flujo discontinuo. En la demarcación del Segura se han estudiado un total de 15 cuencas, 1 de flujo continuo y 14 de flujo discontinuo. En la demarcación de las cuencas mediterráneas andaluzas se han estudiado un total de 36 cuencas: 21 de flujo continuo y 15 de flujo discontinuo. Finalmente, en la demarcación de las Islas Baleares se han estudiado un total de 28 cuencas: 2 de flujo continuo y 26 de flujo discontinuo.

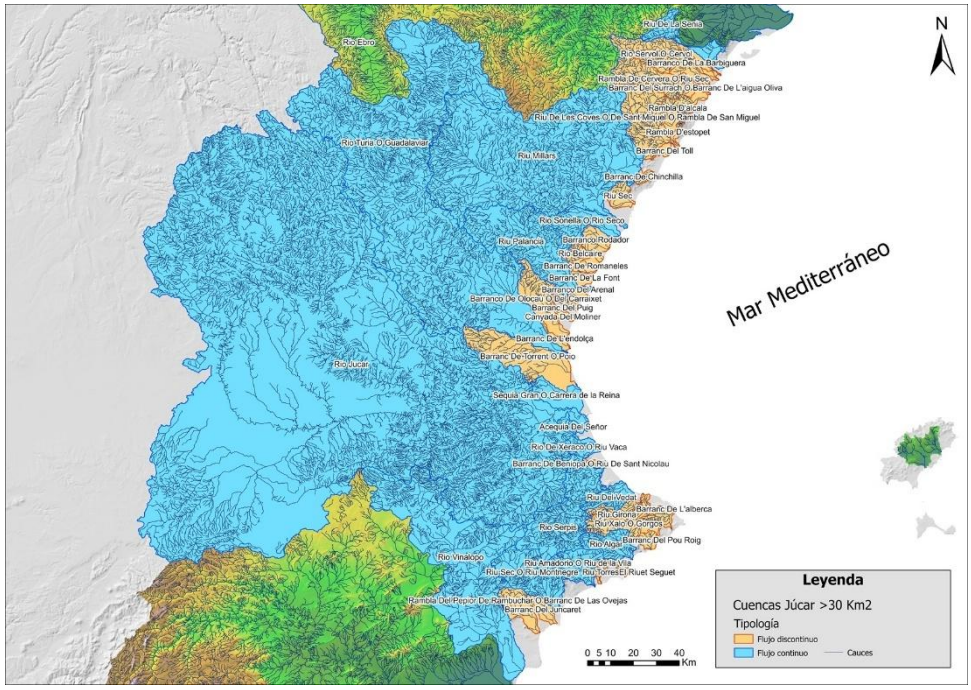
Figura 1. Demarcaciones Hidrográficas de las Cuencas Interiores de Cataluña y del Ebro.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

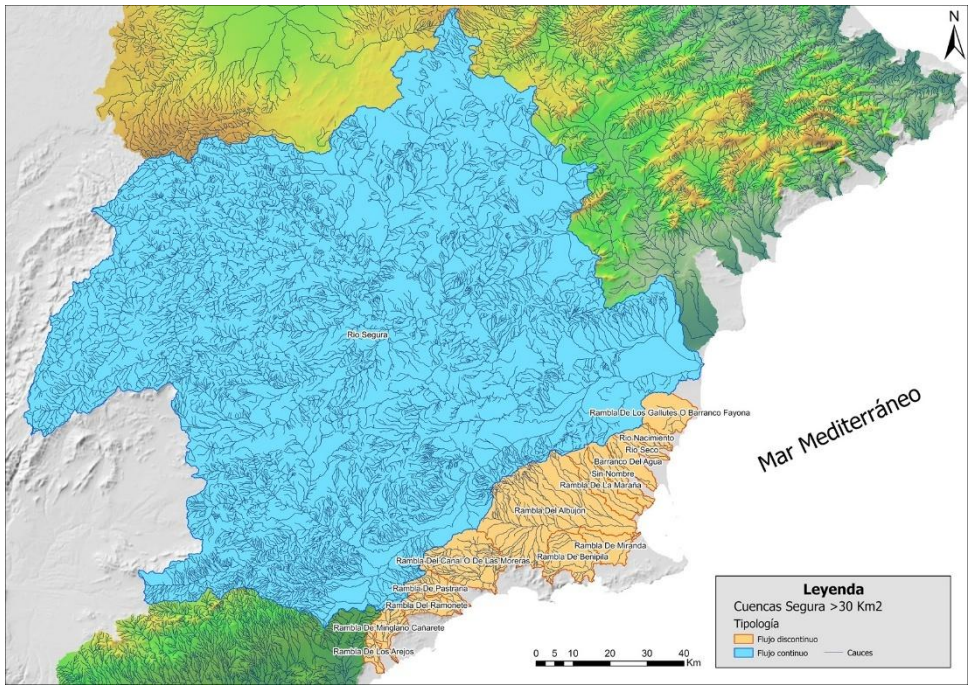
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Demarcación Hidrográfica del Júcar.



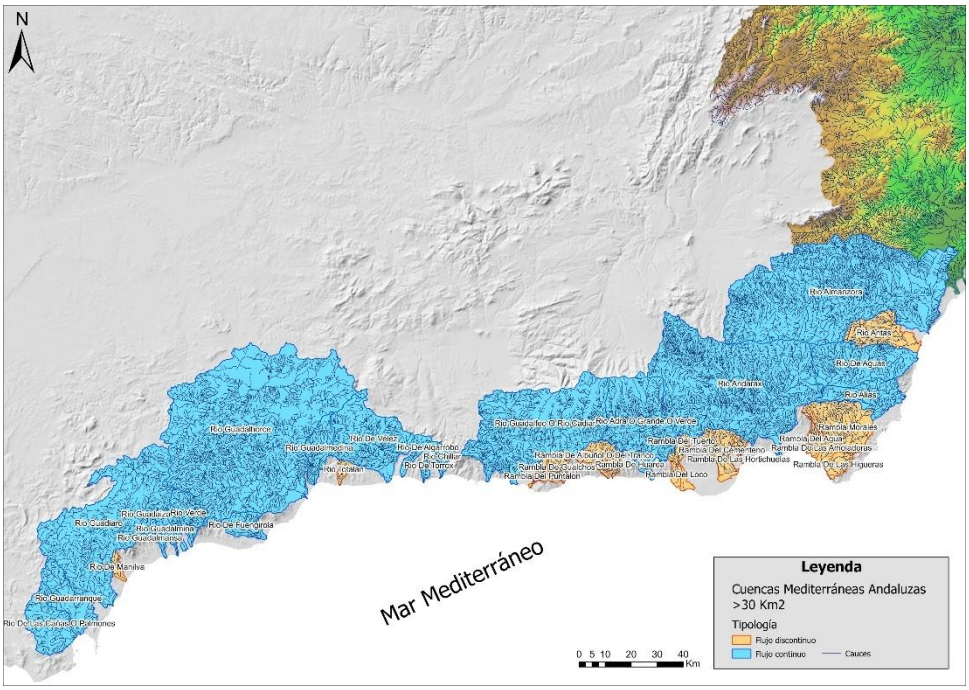
Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

Figura 3. Demarcación Hidrográfica del Segura.



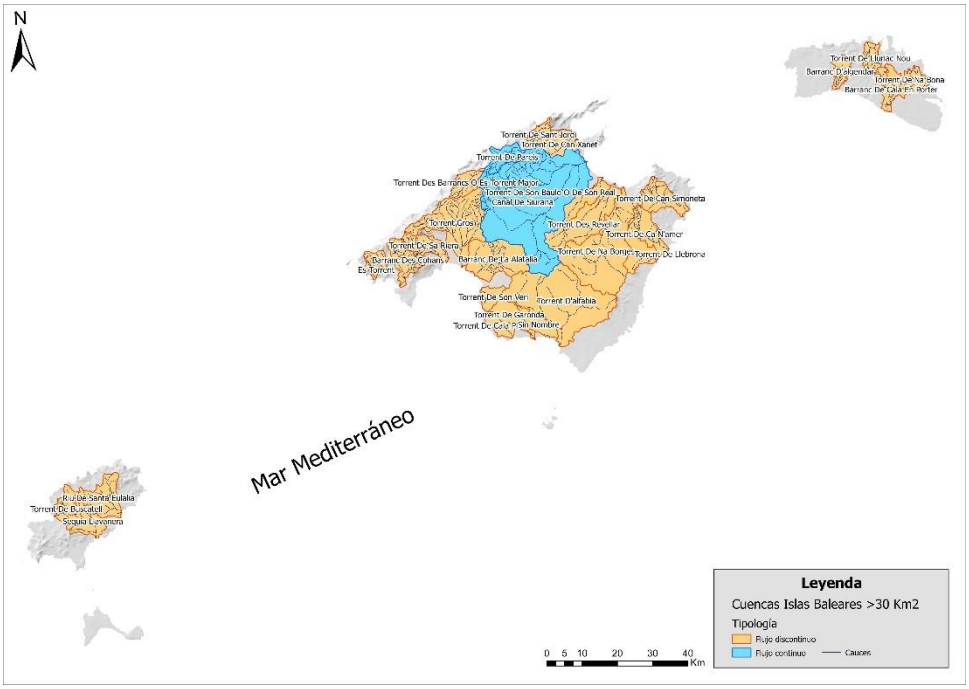
Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

Figura 4. Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

Figura 5. Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

Se observa que la mayoría de las cuencas españolas del ámbito mediterráneo presentan flujos de agua discontinuos, lo que evidencia la marcada estacionalidad de las cuencas fluviales mediterráneas. El 33% de las cuencas peninsulares y de las Islas Baleares con una superficie mayor a 30 km^2 que desembocan en el mar Mediterráneo son de flujo continuo, mientras que el 67% de estas son de flujo discontinuo.

La superficie media de las cuencas de flujo continuo es notablemente mayor que la superficie media de las cuencas de flujo discontinuo: El tamaño medio de las cuencas de flujo continuo es de 3.246 Km^2, mientras que el tamaño medio de las cuencas de flujo discontinuo es de 126 Km^2 (26 veces menor).

El método de caracterización fluvial aquí expuesto ofrece una nueva alternativa para la clasificación y análisis de las cuencas ubicadas en el ámbito mediterráneo. A su vez, la cartografía presentada permite identificar de manera rápida y clara los ríos de flujo continuo y los ríos de flujo discontinuo en la zona estudiada.

5. Referencias bibliográficas

Agència Catalana de l'Aigua. (2024) https://aca.gencat.cat/ca/laigua/infraestructures/preses-i-embassaments/

CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) (2024).

Confederación Hidrográfica del segura. (2024). https://chsegura.es/es/

Hermosilla Pla, J., Mayordomo Maya, S., Fidalgo Pelarda, A., & Equipo de investigación Estepa. (2024). Los embalses en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar ([1a edición]). Tirant humanidades.

IGN (Instituto Geográfico Nacional) (2025). *Hidrografía* https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/hidrografia

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (2024). https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/datos-espaciales-de-referencia-de-andalucia-dera/descarga-de-informacion

Martín Vide, J. & Olcina Cantos, J. 2001. Climas y tiempos de España. Madrid: Alianza Editorial. 258 pp.

MITECO (2024). *Balance climático de Aemet.* https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2024/noviembre/octubre-de-2024-fue-el-mas-lluvioso-de-la-serie-historica.html

LA PRESENCIA DEL HIC "2150* DUNAS FIJAS DESCALCIFICADAS ATLÁNTICAS (*CALLUNO-ULICETEA*)" EN LA COSTA GALLEGA: PRIMEROS RESULTADOS

DANIEL CAJADE-PASCUAL[1]

RAMÓN BLANCO-CHAO[1,2]

MANUELA COSTA-CASAIS[1,2]

SARA LEMA-IGLESIAS[1]

[1]*Departamento de Xeografía, Universidade de Santiago de Compostela, danielcajadepascual@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-4575-2794*

[2]*Centro de Investigación Interuniversitario das Paisaxes Atlánticas Culturais (CISPAC).*

Abstract: Among the different Habitats of Community Interest (HIC) identified on the Spanish coast, the presence of HIC "2150* Atlantic decalcified fixed dunes (*Calluno-Ulicetea*)" is restricted to the Atlantic coast of the southwest of the Iberian Peninsula. This study presents a preliminary assessment of its potential presence along the Galician coast, based on fieldwork, sedimentological analysis of aeolian levels, and photointerpretation of aerial imagery. Fieldwork was conducted in two sectors: Monte Branco - A Barra (Anllóns River estuary, Ponteceso) and Seiras - Porto Nadelas (Porto do Son). Sediment samples were obtained at different depths for subsequent sedimentological analysis (granulometry, morphometry, loss on ignition, biogenic carbonate content, and pH). Sampling locations were selected using aerial imagery (from 1956 to 2023), identifying the different evolutionary phases of aeolian levels since the mid-20th century. The results obtained enable the define geomorphological parameters and methodologies for the identification of HIC 2150*, develop a preliminary estimate of its potential occurrence on the Galician coast, and evaluation of its implications for the management and planning of coastal systems.

Keywords: Coastal habitats; aeolian facies; coastal management; coastal sedimentology; NW Spain.

1. Introducción

El anexo I de la Directiva Hábitats (directiva 92/43/CEE) incluye entre su extensa lista de Hábitats de Interés Comunitario (HIC), el denominado: "2150* Dunas fijas descalcificadas atlánticas *(Calluno-Ulicetea)*", definido en el *Manual de interpretación de los hábitats de la Unión Europea* (Eur25, abril 2003) como "dunas descalcificadas en Francia, Bélgica y Gran Bretaña, colonizadas por brezales de las alianzas *Calluno-Genistion* o *Ulicion minoris*, y de Iberia, colonizadas por brezales de la alianza *Ericion umbellatae"*. A nivel español, en el manual de referencia del ministerio con las competencia en medio ambiente (*Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España)* es descrito como "parte de las dunas terciarias, mucho más consolidadas que las de las bandas dunares más cercanas a la costa, y por tanto, con una evolución progresiva del suelo hacia estados algo más maduros (…) En esas circunstancias, la vegetación de las dunas terciarias cambia de aspecto, dando paso a brezales acidófilos"; mientras que restringe su presencia a "las costas atlánticas del suroccidente peninsular, fundamentalmente a lo largo de las dunas evolucionadas del litoral onubense, sin descartar su presencia en el litoral gaditano" (Gracia y Muñoz, 2009). En contraposición, el manual de HIC adaptado a Galicia de Ramil-Rego et al. (2008) si recoge su presencia en gran parte de los espacios costeros de la Red Natura 2000. También centrado en el contexto autonómico, el estudio de Otero et al. (2023) pone en duda la presencia de este hábitat en Galicia, más allá de localizaciones puntuales.

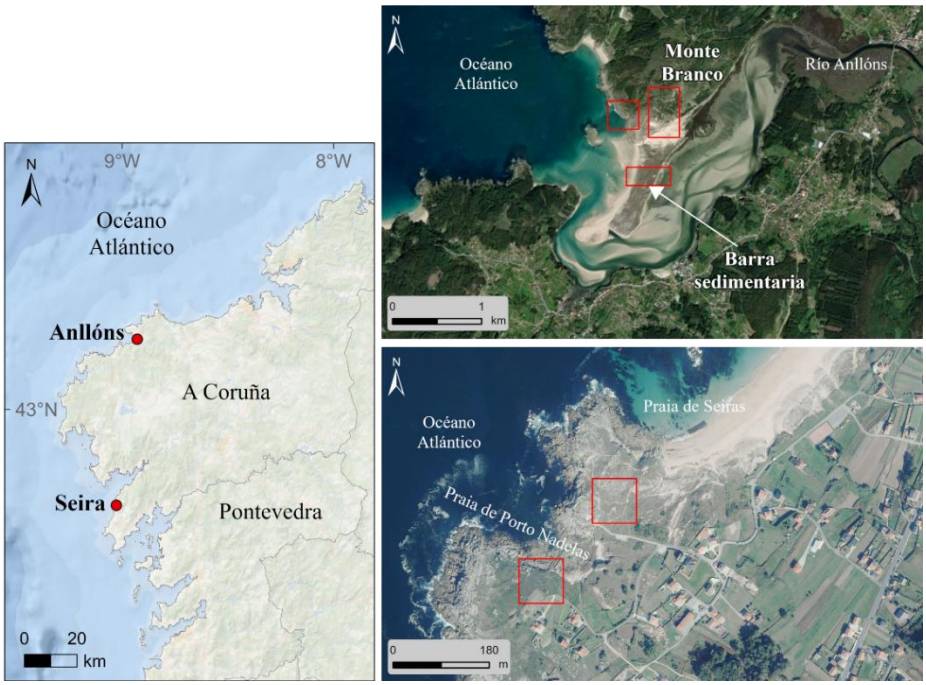
La identificación de este HIC presenta dos problemáticas principales. La primera es la ausencia de un bioindicador de vegetación que sea específico de este hábitat. La vegetación característica son matorrales (*Calluno-Ulicetea*) desarrollados sobre niveles eólicos que fueron perdiendo su contenido en carbonato cálcico ($CaCO_3$), pero que también puede desarrollarse sobre sustratos edáficos de diferente naturaleza. La segunda problemática se refiere al propio concepto de "duna descalcificada", que menciona expresamente la nomenclatura de HIC 2150*. En este sentido, Provoost et al. (2004) definen la descalcificación de las dunas como la pérdida de carbonatos biogénicos, siendo esta disolución resultado de procesos de edafización en dunas estabilizadas, mediante la liberación de ácidos húmicos en los horizontes superficiales. El contenido en $CaCO_3$ de los sedimentos eólicos depende principalmente del porcentaje de la componente biogénica del área fuente, pero puede verse alterado en los horizontes superficiales por la presencia de gasterópodos terrestres, removilización del sedimento por efecto de la fauna, o incluso por la actividad de ciertos insectos. Gracia y Muñoz (2009) vinculan el concepto de descalcificado al lavado (lixiviado) del contenido carbonatado, por lo que se produce una evolución edáfica hacia condiciones ácidas. Sin embargo, el manual no recoge unos parámetros de contenido carbonatados concretos, ni una metodología de análisis del sedimento para poder definir una duna como descalcificada. De esta forma, la identificación de este HIC necesita de mediciones edáficas de campo, que permitan definir si se encuentra o no descalcificado. En trabajos previos realizados en las costas europeas se consideran como valores altos en carbonato, para suelos desarrollados sobre dunas, aquellos con un contenido en $CaCO_3$ superior al 1 %, parcialmente descalcificados entre el 0,3 - 1,0 %, y suelos descalcificados aquellos con un contenido inferior 0,3 % (Rozema et al., 1985). En el caso de Galicia, Otero et al. (2023) también consideran descalcificados aquellos niveles eólicos con un contendido carbonatado inferior 0,3 %. Además, justifican la limitada presencia de este HIC en Galicia en base a que los suelos con valores de $CaCO_3$ superiores a 0,3 %, los altos contenidos en iones Ca^{2+} junto con valores pH alcalinos (entre 7 y 9) resultan tóxicos para la *Calluna vulgaris*, una de las especies identificadoras de este hábitat.

Ante la dificultad para su identificación, el presente estudio tiene como objetivo principal la definición de parámetros y procedimientos geomorfológicos que posibiliten la identificación del HIC "2150* Dunas fijas descalcificadas atlánticas (*Calluno-Ulicetea*)", como base para elaborar una aproximación preliminar de su presencia potencial en la costa gallega, y valorar su implicación en la gestión y ordenación de los sistemas costeros.

2. Área de Estudio

Se han seleccionado dos localizaciones de estudio (Fig. 1). La primera se corresponde con el estuario del río Anllóns (Ponteceso, A Coruña). El complejo está conformado por una barra sedimentaria de gran movilidad situada en el cierre del estuario, que constituye el complejo de desembocadura del río Anllóns. La parte interior de la barra está ocupada por un sistema dunar con diferentes morfologías y grados de estabilización (desde dunas embrionarias hasta dunas secundarias), resultado de la compleja evolución del sistema desde mediados del siglo XX. La barra está anclada a tierra por el extremo septentrional, donde se localiza el Monte Blanco. La presencia de esta elevación (190 m de altitud) próxima a la costa, lleva a que la margen septentrional del estuario presente una topografía abrupta, donde la ladera más próxima a la barra y orientada hacia el SE, se encuentre ocupada por dunas remontantes que alcanzan los 80-100 m de altitud. Una parte de la extensión original ha sido alterada mediante la plantación de coníferas (*Pinus pinaster*) durante la segunda mitad del siglo XX. El segundo sector de estudio se localiza en la margen sur de la ría de Muros e Noia. Se trata de un manto eólico que se extiende al SO de las playas de Seiras y Porto Nadelas, fosilizando pequeños resaltes topográficos de morfología granítica. Se trata de superficies dunares muy modificadas, especialmente el sector situado al sur de la playa de Porto Nadelas.

Figura 1. Mapa de localización de los dos sectores de estudio. En rojo, las zonas de recogida de muestras.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3. Metodología

Se seleccionaron 17 puntos de muestreo, obteniendo muestras superficiales y a diferentes profundidades según la potencia y las características del sedimento. En la Barra del Anllóns se seleccionaron tres puntos de muestreo (BAN-1, BAN-2 y BAN-3), según la antigüedad de su formación (se emplearon las imágenes aéreas de 1956, 1985 y las series de ortofotos SIGPAC y PNOA entre 2003 y 2023), además de dos muestras superficiales de la playa actual (BAN-4 y BAN-5). En Monte Blanco se eligieron ocho localizaciones, seis de ellas en diferentes cotas de la ladera ocupada por la duna remontante, con presencia de especies propias de la asociación *(Calluno-Ulicetea)* (MB-1 a MB-6); y una muestra superficial localizada en la zona de deflación eólica situada en el extremo NE de la Barra (MB-7). La última localización (MB-8) se sitúa en la ladera occidental, en un suelo desarrollado aparentemente sobre substrato eólico, sin morfología dunar y totalmente vegetado por herbáceas y con importante presencia de matorral *(Calluno-Ulicetea)*. En el sector de Seiras, se eligieron tres localizaciones, dos de ellas (SEIRA-1 y SEIRA-2) en el sistema dunar comprendido entre las playas de Seiras y Porto Nadelas, y una (SEIRA-3) en la ladera situada al S-SO de Porto Nadelas, con aparente sedimento eólico, donde dominaba la vegetación propia de zonas de cultivo abandonado, con presencia de taxones propios de *Calluno-Ulicetea* y de sistemas dunares.

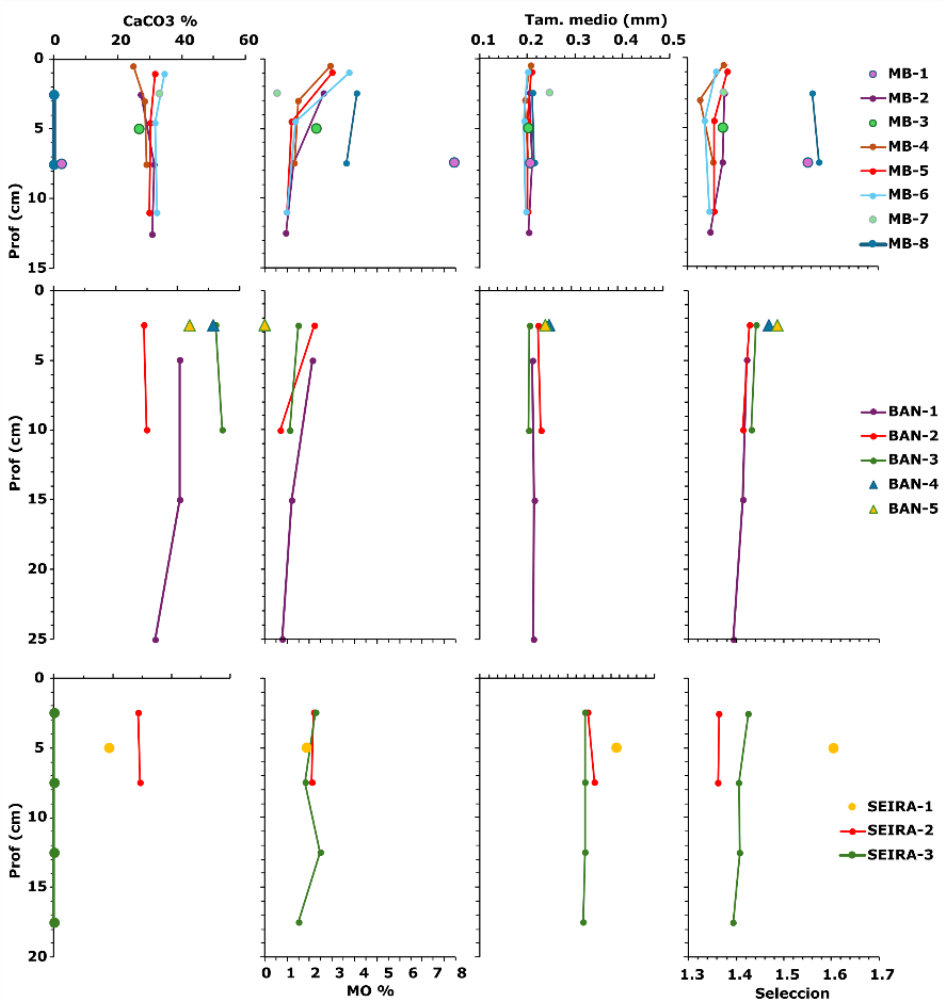
Con el fin de cuantificar la presencia de malacofauna propia de hábitats dunares, y a la vez para efectuar una determinación de carbonatos biogénicos correcta, en cada muestra se retiraron y agruparon los gasterópodos encontrados, clasificándolos por especies. El contenido en carbonatos biogénicos se determinó por diferencia de peso atacando las muestras con ácido clorhídrico (HCl) diluido al 10 %. Para el análisis granulométrico se utilizó una columna de tamices con aperturas de malla de entre 0,063 mm y 2 mm, y se calcularon los parámetros estadísticos de tamaño medio y selección. Por el potencial contenido en partículas inferiores a 63 μ, en cuatro de las muestras (Seira-1, MB4-1, MB5-1 y MB6-1) fue necesario utilizar dispersante. Se determinó el contenido en materia orgánica por el método de pérdida por calcinación (*Lost Organic Ignition* LOI), para lo cual se retiraron previamente los restos vegetales que podrían afectar al resultado. Finalmente se midió el pH en agua y KCl con un pH-*metro Crison GLP21*.

4. Resultados y Discusión

Las propiedades granulométricas de todas las muestras corresponden a un sedimento de origen eólico, con tamaño medio entre 0,2 y 0,3 mm y una clasificación buena o moderadamente buena, al igual que las muestras de playa (BAN-4 y BAN-5). Solamente tres muestras (MB-1, MB-8 y SEIRA-3) presentan una peor clasificación y tamaños medios ligeramente superiores. El alto contenido en $CaCO_3$ es también característico de los sedimentos eólicos de la costa gallega, con valores entre 18,7 % y el 54,3 %, y con un valor medio de 33 % (Fig. 2). Las muestras de playa presentan un alto contenido carbonatado (43,7 % y 51,5 % respectivamente); mientras los valores más bajos se corresponden con la muestra MB-1, donde el contenido en carbonatos biogénicos es muy bajo (2,3 %), y MB-8 y SEIRA-3, sin contenido en $CaCO_3$. En algunas de localizaciones de la ladera del Monte Blanco donde se tomaron muestras en profundidad, se detecta un muy ligero descenso de los valores de $CaCO_3$ en las muestras superficiales. El contenido en materia orgánica (MO) es relativamente bajo (<2 %) en todas las muestras, superándose el 2 % solamente MB-1 y MB-8. Sin embargo, en el caso de la materia orgánica, si se observa un horizonte superficial más rico en varias de las muestras de las dunas remontantes del Monte Blanco. Finalmente, los valores de pH oscilan entre 6,48 y máximos 9,32 (en

agua) y 5,5 y 9 en KCl, siendo los valores mínimos los correspondientes de nuevo a las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3.

Figura 2. Valores de $CaCO_3$, materia orgánica, tamaño medio y selección de los sectores de estudio: Monte Branco (MB), Barra del Anllóns (BAN) y Seiras (SEIRA).



Las propiedades granulométricas han permitido identificarlas como sedimento de origen eólico todas las localizaciones seleccionadas. De acuerdo a los resultados, solamente tres de las muestras (MB-1, MB-8 y SEIRA-3) podrían considerarse como dunas descalcificadas, caracterizadas por contenido en $CaCo_3$ muy bajo o nulo, valores de pH inferiores y un contenido en materia orgánica superior al 2 %. Las tres propiedades pueden responder a los procesos de edafización, acidificación y lavado de carbonatos biogénicos que generan las condiciones potenciales para el desarrollo del HIC* 2150. Las tres muestras corresponden a localizaciones en los que se identificó la existencia de una densa cubierta vegetal ya presente en la imagen aérea de 1956, por tanto, aquellas en las que se han podido edafizar durante más tiempo. En el caso de la muestra BAN-1, situada en el flanco oriental de la barra del Anllóns, aunque también se ha constatado la presencia de una fitoestabilización desde 1956, los parámetros difieren de los obtenidos en MB-1 y MB-8, probablemente por causa de la incorporación de material coluvial en ambas muestras de Monte Blanco. Respecto a la cobertura

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

vegetal, en las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3, se caracterizan esencialmente por una cobertura herbácea con presencia de matorral-brezal *(Calluno-Ulicetea)*, en algunos casos muy semejante a las comunidades encontradas en las laderas superiores de los acantilados gallegos, lo que dificulta o simplemente impide su identificación como HIC 2150*. Teniendo en cuenta las variables analizas, se puede concluir que las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3 cumplen los parámetros para ser definidas como HIC 2150*.

5. Conclusiones

Los resultados preliminares permiten confirmar la presencia del HIC "2150* Dunas fijas descalcificadas atlánticas (*Calluno-Ulicetea*)" en la costa gallega, sin poder estimar su superficie potencial. No obstante, los resultados de esta investigación han constatado que para la identificación de este hábitat es indispensable la obtención de muestras del suelo en campo, y su caracterización como sedimento eólico descalcificado. La metodología para la identificación de este HIC puede ser reproducible en otros sectores, permitiendo así, determinar con más precisión su presencia en la costa gallega y sus posibles problemáticas, como base para la elaboración de medidas de gestión y conservación específicas.

6. Referencias

Gracia, F. J., Muñoz, J. C. (2009). 2150 Dunas fijas descalcificadas atlánticas (Calluno-Ulicetea)(*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Otero, X. L., del Carmen de la Cerda, M., Pérez-Alberti, A. (2023). Coastal Soils and Their Associated Habitats in Galicia. En A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, D. Fernández-Calviño (Eds.), *The Environment in Galicia: A Book of Images: Galician Environment Through Images* (pp. 149-178). Springer Nature.

Provoost, S., Ampe, C., Bonte, D., Cosyns, E., Hoffmann, M. (2004). Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. *Journal of Coastal Conservation*, 10(1), 33-42.

Ramil Rego, P.; Rodríguez Guitián, M.A.; Ferreiro da Costa, J.; Rubinos Román, M.; Gómez-Orellana, L.; de Nóvoa Fernández, B.; Hinojo Sánchez, B.A.; Martínez Sánchez, S.; Cillero Castro, C.; Díaz Varela, R.A.; Rodríguez González, P.M., Muñoz Sobrino, C. (2008). *Os Hábitats de Interese Comunitario en Galicia. Fichas descritivas*. Monografías do Ibader. Universidade de Santiago de Compostela.

Rozema, J., Laan, P., Broekman, R., Ernst, W. H. O., Appelo, C. A. J. (1985). On the lime transition and decalcification in the coastal dunes of the province of North Holland and the island of Schiermonnikoog. *Acta botanica neerlandica*, 34(4), 393-411.

ESTUDIO GEOMÁTICO (2001-2022) DEL GLACIAR ROCOSO DEL CORRAL DEL VELETA EN SIERRA NEVADA (ESPAÑA)

JOSÉ JUAN DE SANJOSÉ BLASCO[1]

ANTONIO GÓMEZ ORTIZ[2]

ALAN ATKINSON GORDO[1]

ALVARO GÓMEZ GUTIÉRREZ[3]

FERRAN SALVADOR FRANCH[2]

MANUEL SÁNCHEZ FÉRNANDEZ[1]

[1]Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, jjblasco@unex.es, 0000-0002-2928-3150

[2]Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Barcelona, gomez@ub.edu, 0000-0002-6017-0357

[1]Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, atkinson@unex.es, 0000-0002-9408-334X

[3]Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, alvgo@unex.es, 0000-0002-2337-26380000-0002-2801-0898

[2]Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Barcelona, fsalvador@ub.edu@ub.edu, 0000-0002-0695-3326

[1]Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, msf@unex.es, 0000-0002-6418-7332

Abstract: The Corral del Veleta rock glacier is located in the southwest of the Mediterranean basin, in the Sierra Nevada Mountain range (Spain), the highest in the Iberian Peninsula. It lies within the Guarnón Quaternary cirque, at an altitude of 3,100 m below the Veleta peak at 3,398 m and orientation northeast.

Monitoring carried out during the period 2001-2022 was carried out using various geomatic techniques (topography, photogrammetry, GNSS, TLS, UAV, GPR), in addition to thermal measurements of the active layer. The analysis and results of the monitoring carried out show that it is undergoing an accelerated process of immobilization, while the relict glacial ice and permafrost on which it resides show continued degradation. The origin of the changes can be related to the prevailing climate variations in the high Sierra Nevada mountains, particularly since the last third of the 20th century and the beginning of the 21st century, whose general trend involves rising temperatures, decreasing annual snow cover, and shorter duration of snow on the ground.

Keywords: rock glacier, geomatic techniques, permafrost, Sierra Nevada.

1. Introducción y área de estudio.

Las cumbres de las principales montañas mundiales y mediterráneas albergaron sistemas glaciares durante el Cuaternario. En la Pequeña Edad del Hielo (PEH) y como respuesta a las condiciones climáticas reinantes en las montañas donde aún persistían glaciares, sus frentes avanzaron (Bradley & Jones, 1992), mientras que en otras montañas sin espacio glaciado, el dominio periglaciar impuesto en sus cumbres propició el desarrollo de focos glaciares (Gómez-Ortiz & Plana, 2006). En el caso de la Península Ibérica, a excepción del Pirineo que experimentó avance glaciar en su sector central (González-Trueba et al., 2008), sólo la cordillera Cantábrica (Picos de Europa) y Sierra Nevada (Cordilleras Béticas) se pudieron desarrollar los referidos focos glaciares (Gómez-Ortiz & Plana, 2006). En la actualidad, el retroceso de los frentes glaciares y glaciares rocosos en montañas glaciadas es una evidencia demostrada (Kellerer-Pirklbauer & Kaufmann, 2018; Pandey et al., 2018) así como la merma o desaparición de los focos glaciares generados en la PEH (Chueca & Julián, 2003; Chueca et al., 2005).

Para analizar el comportamiento dinámico y superficial de los glaciares rocosos es necesario el empleo de técnicas geomáticas tradicionales (geodesia-topografía, fotogrametría aérea-terrestre) y también la utilización de metodologías más modernas, como los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS), Láser Escáner Terrestre (TLS) y Vuelos Aéreos No Tripulados (VANT) (Eiken et al., 1997). El objetivo de nuestras investigaciones es la determinación cuantitativa del proceso degradativo de los cuerpos helados subyacentes en el glaciar rocoso del Corral del Veleta. Para ello, se analizará y valorará el significado de los valores procedentes de los controles continuados efectuados durante el periodo 2001-2022 (está previsto que en agosto de 2025 se realice una nueva medición).

Figura 1. Vista del Corral del Veleta en agosto de 2022.

Fuente: Elaboración propia.

El Corral del Veleta forma parte de la cabecera del barranco del Guarnón. Está situado en la cara norte de Sierra Nevada, al pie del picacho del Veleta (3.398 m) y el cerro de Los Machos (3.374 m)

(Fig. 1). En su conjunto conforma un cuenco ovalado abierto al noreste y labrado en bancos de micaesquistos feldespáticos de distinta naturaleza y resistencia (Gómez-Ortiz et al., 2008). El Corral del Veleta tiene una longitud (Oeste-Este) superior a los 600 m y una anchura (Norte-Sur) que oscila entre los 175 m y 250 m. Su desnivel es de 300 m, fijándose su cota más baja en los 3.050 m.

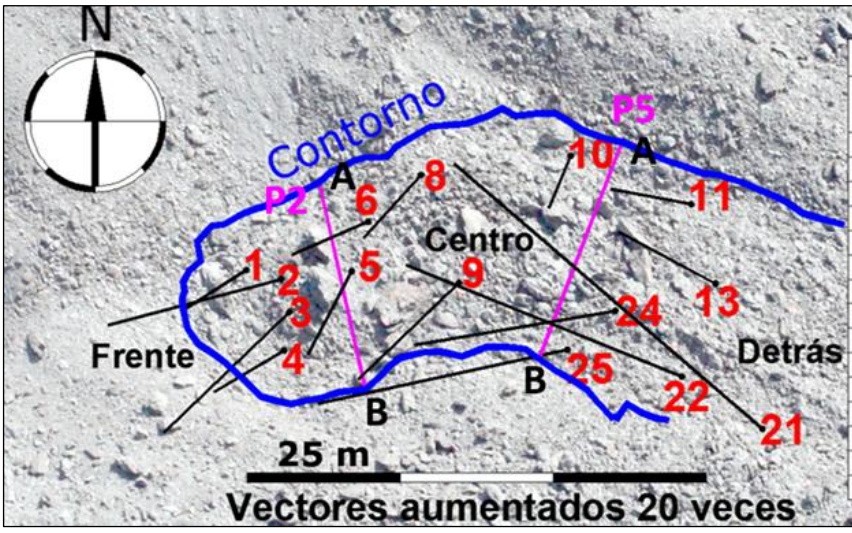
2. Metodología y resultados.

Las técnicas geomáticas pueden emplearse para el control de desplazamientos y deformaciones de estructuras geomorfológicas (glaciares, glaciares rocosos, dunas, laderas deslizantes…). Dependiendo de los medios disponibles, se pueden emplear desde instrumentos tan simples como inclinómetros y cintas métricas hasta las modernas estaciones totales, GNSS, cámaras fotogramétricas, TLS, LiDAR, VANT... Con el empleo de las modernas técnicas geomáticas se ha determinado el valor numérico de los movimientos superficiales y la pérdida de volumen de los cuerpos helados subyacentes que ha experimentado el glaciar rocoso del Corral del Veleta, durante un periodo de 22 años de observaciones (2001-2022).

2.1. Resultado de la dinámica general del glaciar rocoso.

En diferentes publicaciones se ha mostrado el comportamiento y valores de los desplazamientos horizontales y verticales del glaciar rocoso del Corral del Veleta obtenidos con estación total a lo largo de los periodos de medición (Sanjosé et al., 2007; Gómez-Ortiz et al., 2008). Para ello, se dispone de controles anuales del periodo de observación (última semana de agosto) de las 25 varillas ubicadas sobre el glaciar rocoso (Fig. 2). No se hicieron mediciones los años en los que el glaciar rocoso permaneció cubierto por la nieve estacional durante el mes de agosto de los años 2010, 2011, 2013 y 2018, y tampoco de los años 2015, 2017, 2020 y 2021, donde el glaciar rocoso estuvo sin nieve.

Figura 2. Desplazamiento (horizontal y vertical) del glaciar rocoso para el periodo: 2001-2022.



PERIODO 2001 - 2022		
Punto	Desplazamiento horizontal	Desplazamiento Vertical
1	0.873	-3.786
2	1.848	-6.464
3	2.038	-6.686
4	0.920	-4.064
5	1.181	-4.493
6	1.199	-5.574
8	1.272	-4.867
9	1.637	-6.466
10	1.501	-4.609
11	1.089	-5.562
13	1.538	-6.744
21	5.061	-9.081
22	3.642	-9.235
24	2.381	-8.453
25	2.830	-5.490

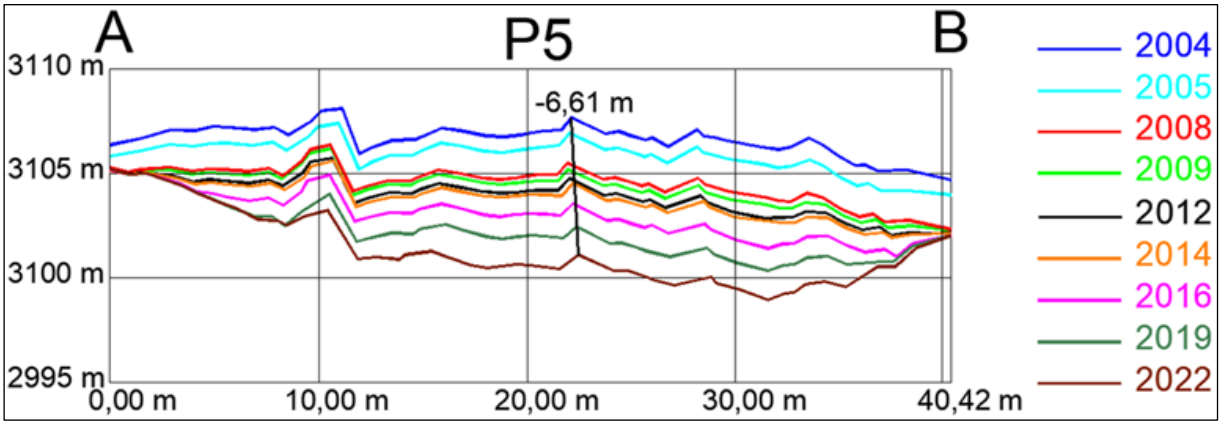
Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.2. Evolución perimetral y subsidencia.

La evolución de la superficie del glaciar rocoso se ha realizado con equipos GNSS, sobre 68 puntos señalizados en las rocas del área perimetral del glaciar. De igual manera, para la determinación del hundimiento del glaciar rocoso se han señalizado y observado con GNSS, sobre 88 puntos sobre las rocas, configurando cuatro perfiles transversales y un perfil frontal.

Figura 3. Evolución del perfil P5 (Fig. 2) entre los años 2004 y 2022.



Fuente: Elaboración propia.

Los perfiles topográficos indican que para el periodo 2004-2022 (periodo de 18 años), en la zona frontal del glaciar rocoso, la pérdida media de masa helada subyacente ha sido superior a los 5,30 metros. Algunos puntos de la zona central (P5) y la raíz del glaciar rocoso han tenido una subsidencia mayor (hundimientos de 6,61 metros) (Fig. 3). La evolución general de los perfiles (2004-2022) indican que la pérdida media de cota en el glaciar rocoso es de aproximadamente 6,5 m, lo cual extrapolado al volumen de permafrost perdido durante el periodo 2001-2022 corresponde a 24.805 m^3.

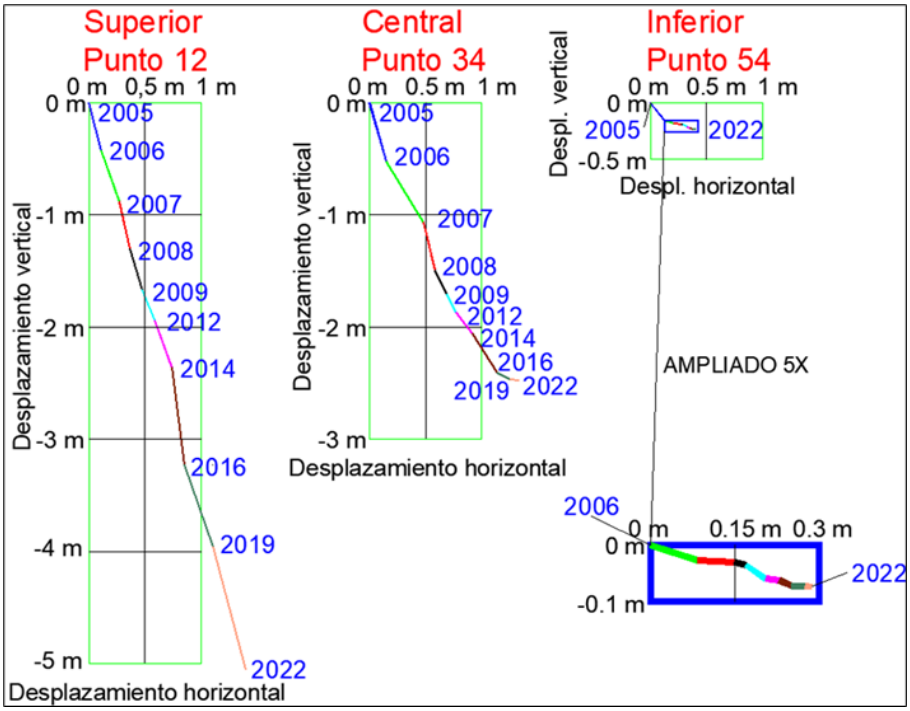
2.3. Comportamiento del frente.

Para este estudio se han medido puntos en los bloques de las rocas de la zona superior, central e inferior del frente, siendo en total 22 puntos los que han perdurado durante el periodo total de análisis (2005-2022). Las observaciones se han hecho con periodos anuales, excepto los años que el glaciar rocoso estaba cubierto por la nieve estacional (2010, 2011, 2013 y 2018) y los años que, sin existir nieve, no se hicieron mediciones (2015, 2017, 2020 y 2021).

La dinámica frontal del glaciar rocoso no es homogénea, como puede observarse en la figura 4, donde hay un elemento puntual como representación de toda la muestra por zonas (superior: punto 12, central: punto 34, inferior: punto 54). En el periodo 2005-2006, los puntos de la parte superior y central (puntos 12 y 34) tenían una dinámica (desplazamiento horizontal y subsidencia) muy parecida, y esta dinámica es generada por la inestabilidad de los bloques y supeditada a la pendiente abrupta del frente. Pero, llegado un determinado momento (año 2008), los puntos en la zona central muestran una menor pendiente, tendiendo a un comportamiento parecido a los puntos ubicados en la zona inferior (punto 54) para el periodo 2005-2006. Inicialmente (año 2005) los puntos ubicados en la parte inferior tenían un valor de desplazamiento vertical parecido al horizontal, pero a partir del año 2006,

el desplazamiento horizontal pasa a ser mayor que el vertical, llegando a no moverse desde el año 2012. Lo ocurrido con el punto 54, le está pasando al punto central 34 para periodo 2016-2022.

Figura 4. Desplazamientos en el periodo 2005-2022 de puntos ubicados en la zona superior (punto 12), central (punto 34) e inferior (punto 54).



Fuente: Elaboración propia.

3. Conclusiones

En el glaciar rocoso del Corral del Veleta se han aplicado diversas técnicas geomáticas (topografía, fotogrametría, GNSS, TLS y VANT). Con este estudio se ha justificado la utilización de cada método para adaptarlo a las condiciones de la orografía, y siempre buscando la máxima precisión en la determinación de la dinámica glaciar. En nuestro caso, el empleo de las diferentes técnicas geomáticas descritas ha permitido disponer de datos relevantes del comportamiento morfodinámico del glaciar rocoso del Corral del Veleta. Una vez realizada la investigación, podemos indicar que no existe una única técnica geomática ideal aplicada para cada situación, sino que pueden ser diversas las técnicas para resuelven una problemática y en el desarrollo del artículo estás metodologías pueden servir de referencia a otras investigaciones con situaciones similares.

El control dinámico en el período 2001-2022 deja claro que estas masas de glaciares relictas y permafrost atrapados en profundidad están siendo sometidas a un proceso continuo de degradación. La consecuencia de esta degradación se observa en la subsidencia repetida y visible en la superficie de bloques que conforma el glaciar rocoso. La interpretación que se hace de estos acontecimientos es resultado de la sucesión de procesos físicos en cascada, iniciados a partir de la radiación externa que incide en el suelo, muy en particular desde que el glaciar rocoso queda liberado del manto nival y las aguas de fusión recorren la capa activa. La degradación de estas masas heladas sucede en verano, en pocas semanas (mes de agosto), y de manera más notoria y acelerada desde que la nieve tiende a

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

permanecer menos tiempo en las cumbres de Sierra Nevada. Así mismo, hay una predominancia de la degradación en los movimientos verticales, que suponen colapso, son respuestas de la fusión paulatina de los cuerpos helados subyacentes.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación de la Junta de Extremadura y FEDER, a través de la ayuda de referencia GR24156 al Grupo de Investigación NEXUS (Universidad de Extremadura).

4. Bibliografía

Bradley, R.S. & Jones, P.D. (1992). Climate since AD 1500. Raymond S. Bradley and Philip D. Jones (eds). Routledge (London). Pp. 679.

Chueca, J. & Julián, A. (2003). Movement of Besiberris rock glaciar, Central Pyrenees, Spain: data from a 10-year geodetic survey. Antarctic, Arctic and Alpine Research, 37 (2), 163-170.

Chueca, J., Julián, A., Sanz, M.A., Creus, J., López, J.I. (2005). Responses to climatic changes since the Little Ice Age on Maladeta glacier (Central Pyrenees). Geomorphology, 68 (3-4): 167-182.

Eiken, T., Hagen, J.O., Melvold, K. (1997). Kinematic GPS survey of geometry changes on Svalbard glaciers. Annals of Glaciology, 24, 157-163.

Gómez-Ortiz, A. & Plana, J.A. (2006). La pequeña edad del hielo en Sierra Nevada a través de los escritos de época (siglos XVIII y XIX) en su relación con el progreso de la geografía física y la geomorfología española. Boletín de la Asociación Española de Geomorfología, 42: 71-98.

Gómez-Ortiz, A., Salvador-Franch, F., Schulte, L., Sanjosé Blasco, J.J., Atkinson, A., Palacios, D. (2008). Evolución morfodinámica de un enclave montañoso recién deglaciado: El caso del Corral del Veleta (Sierra Nevada), ¿consecuencia del cambio climático?. Scripta Nova, 270 (26): 1-18.

González-Trueba, J.J., Martín, R., Martínez de Pisón, E., Serrano, E. (2008). `Little Ice Age' glaciation and current glaciers in the Iberian Peninsula. The Holocene, 18 (4): 551-568.

Kellerer-Pirklbauer, A. & Kaufmann, V. (2018). Deglaciation and its impact on permafrost and rock glacier evolution: New insight from two adjacent cirques in Austria. Science of the Total Environment, 621: 1397-1414.

Pandey, A., Sarkar, M.S., Kumar, M., Singh, G., Lingwal, S., Rawat, J.S. (2018). Retreat of Pindari glacier and detection of snout position using remote sensing technology. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 11: 64-69.

Sanjosé Blasco, J.J., Atkinson, A., Salvador-Franch, F., Gómez-Ortiz, A. (2007). Application of geomatic techniques in controlling of the dynamics and cartography of the Veleta rock glacier (Sierra Nevada, Spain). Zeitschrift für Geomorphologie, 51, 79-89.

EVOLUCIÓN DE LA COSTA (1956-2024) EN EL ENTORNO DE LAREDO (CANTABRIA): PLAYA DE LA SALVÉ Y ENSENADA DE ERILLO

JOSÉ JUAN DE SANJOSÉ BLASCO[1]

MANUEL GÓMEZ-LENDE[2]

ENRIQUE SERRANO[3]

MANUEL SÁNCHEZ-FÉRNANDEZ[1]

[1]Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Avenida de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, jjblasco@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-2928-3150

[2]Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, 44, 39005 Santander, manuel.gomezlende@unican.es, https://orcid.org/0009-0000-2875-8268

[3]Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Plaza del Campus s/n, 47011 Valladolid, e.serrano@uva.es, https://orcid.org/0000-0001-9760-3876

[1]Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Avenida de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, msf@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-6418-7332

Abstract: Two photogrammetric flights were used to study the evolution of La Salvé beach in Laredo: American flight in 1956 and the flight in 2014. Monitoring has been maintained from 2015 to 2024 using the Terrestrial Laser Scanner (TLS), with two uninterrupted annual measurements. Between 1956 and 2014, a 90 meters retreat of the beach shoreline was determined, and between 2015 and 2024, the most dynamic dune front area lost 6 meters in height and retreated 20 meters. Erillo cove is located two kilometers east of the town of Laredo. For the study of the Erillo coast, orthophotos from photogrammetric flights between 1956 and 2023 were used, where the same specific features were identified on large blocks. In addition, a total station "reflectorless" (TS) collected data annually (August 2010-2024) at these same monitoring points. Erillo cove's dynamics are highly active and variable depending on the location of the control point. For the photogrammetric study period (1956-2023), the average displacement of its central area was 11 cm/year, which coincides with the annual measurements taken with the total station for the period 2010-2024.

This research demonstrates the specific and current geomorphological dynamics of both sectors of the Cantabrian coast, as well as the integration of both techniques (photogrammetry, TLS and TS). Historical photogrammetry allows us to extend the study period (back to 1956) and TLS, TS allows us to add current measurements with great precision.

Keywords: coastal geomorphology, coastal retreat, geomatic techniques.

1. Área de estudio.

La playa de La Salvé (Fig. 1) está en la desembocadura del estuario del río Asón. La playa tiene una longitud de 4.250 metros, y se desarrolla dentro de una amplia bahía bajo la protección del Monte Buciero (Santoña). El retroceso de la playa puede afectar a las infraestructuras (como ya ocurrió en marzo de 2014 con el restaurante Barlovento).

Figura 1. Área de estudio: Puntal de la Playa de La Salvé y ensenada de Erillo.

Fuente: Elaboración propia.

La ensenada de Erillo (Fig. 1) es un sitio turístico por el que discurre el Camino de Santiago Norte (Inventario de Sitios Culturales). El retroceso del acantilado podría afectar a algunas antiguas estructuras patrimoniales del cargadero de Yesera (cargadero de yeso), ubicado en la cima oriental del acantilado.

2. Metodología y resultados.

2.1. Playa de "La Salvé" en Laredo.

El objetivo de esta investigación en la playa de La Salvé es el seguimiento de la evolución de la dinámica litoral, mediante el empleo de las siguientes técnicas geomáticas:

2.1.1. Fotogrametría Aérea.

Existen vuelos fotogramétricos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de los años: 1956, 1970, 1980, 2001, 2007, 2010, 2014, 2017 y 2020. De todos los vuelos del IGN, se han realizado para este estudio cartografía de la línea de costa de la playa de "La Salve" de los años 1956 y 2014. La comparación entre ambos vuelos permitió determinar la zona del frente dunar o línea de costa que más ha cambiado. La zona que más ha evolucionado desde mediados del siglo XX es "El Puntal" de la playa, y por tanto es la zona de estudio donde se harán las mediciones con TLS.

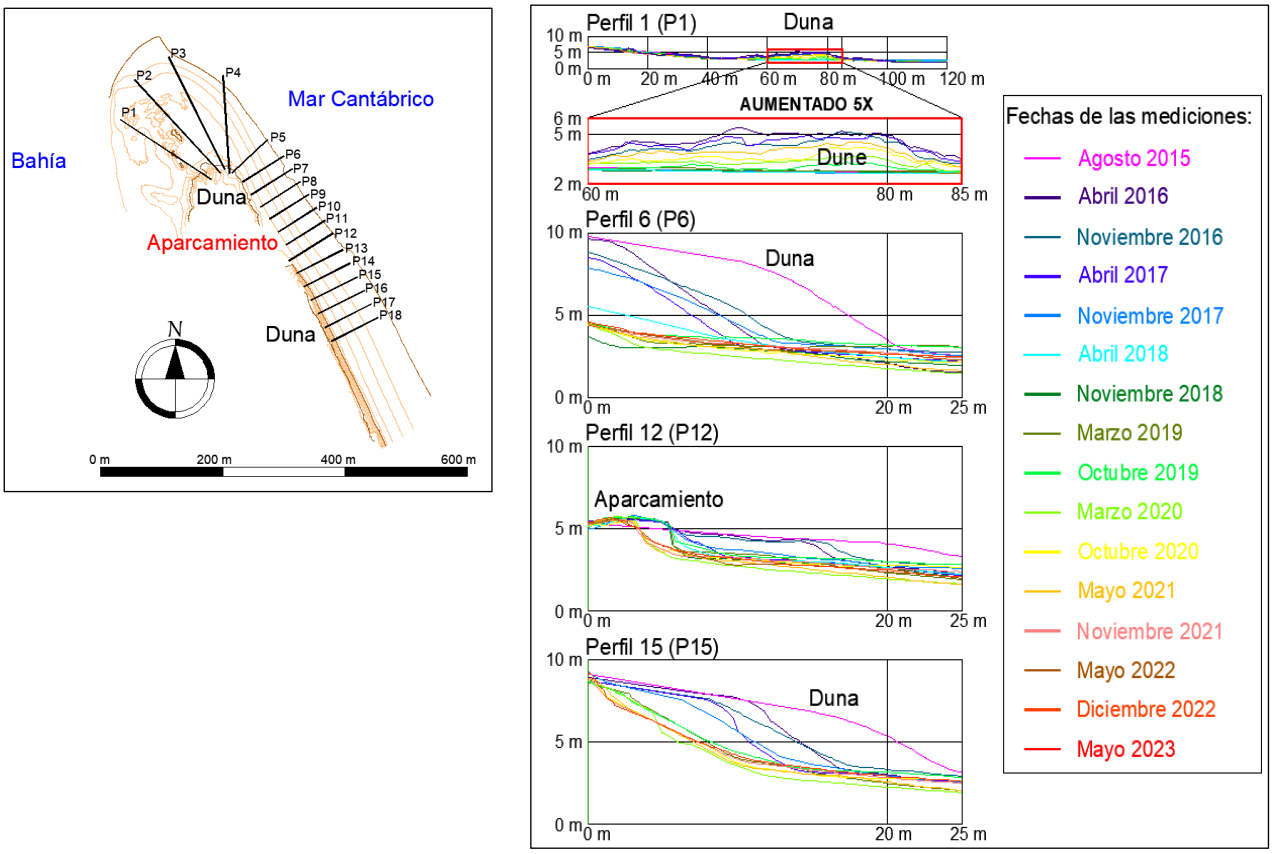
2.1.2. Escáner Láser Terrestre (TLS).

Desde 2015, el seguimiento de la playa se ha realizado mediante TLS. Dos mediciones anuales ininterrumpidas han permitido obtener 16 mediciones: una medición antes de las tormentas invernales (en los meses de octubre y noviembre) y otra en primavera (en los meses de marzo, abril o mayo).

En cada campaña TLS se realizan al menos veinte escaneos utilizando cuatro objetivos (dianas) para registrar escaneos adyacentes. La nube de puntos completa de cada observación contiene más de 900 millones de puntos, con una exactitud posicional 3D de cada punto de ±3 cm. Con las nubes de puntos se generan los Modelos Digitales de Elevaciones. Posteriormente, se calculan modelos de diferencia para períodos específicos comparando nubes de puntos sucesivas y modelos de superficie. Además, se determinan la evolución de dieciocho perfiles (P1...P18). Este procedimiento permite visualizar áreas sujetas a cambios temporales en la superficie, y por lo tanto monitorizar y cuantificar los cambios (Fig. 2).

En agosto de 2015 (primera medición) la altitud de la duna era superior a los 5 metros y en mayo de 2023 (última medición) la cota era inferior a los 3 metros, por tanto, se puede considerar que ha existido una pérdida generalizada de arena.

Figura 2. Perfiles y evolución de los perfiles desde 2015 hasta 2023.



Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

El perfil P6 está situado en la zona donde mayor pérdida del frente dunar se ha producido durante estos años, principalmente desde agosto de 2015 hasta noviembre de 2018 y posteriormente se ha estabilizado la situación de este frente dunar (Fig. 2). Durante los 8 años de medición la duna ha perdido más de 6 metros en cota y ha retrocedido más de 20 metros.

El perfil P12 está ubicado en el aparcamiento de la playa, o sea es la zona asfaltada donde aparcan los vehículos, y por tanto la que menos debería retroceder debido al obstáculo del asfalto. El frente dunar existente en 2016, actualmente ha desaparecido, incluso se ha perdido más de 3 metros del frente del asfalto del aparcamiento (Fig. 2).

El perfil P15 está ubicado en la zona de una duna artificial que se generó en el año 2014, después de los temporales de febrero de 2014 y que afectaron toda la costa del Mar Cantábrico. La mitad de esta duna artificial ha desaparecido durante el periodo de mediciones (2015-2023) (Fig. 2).

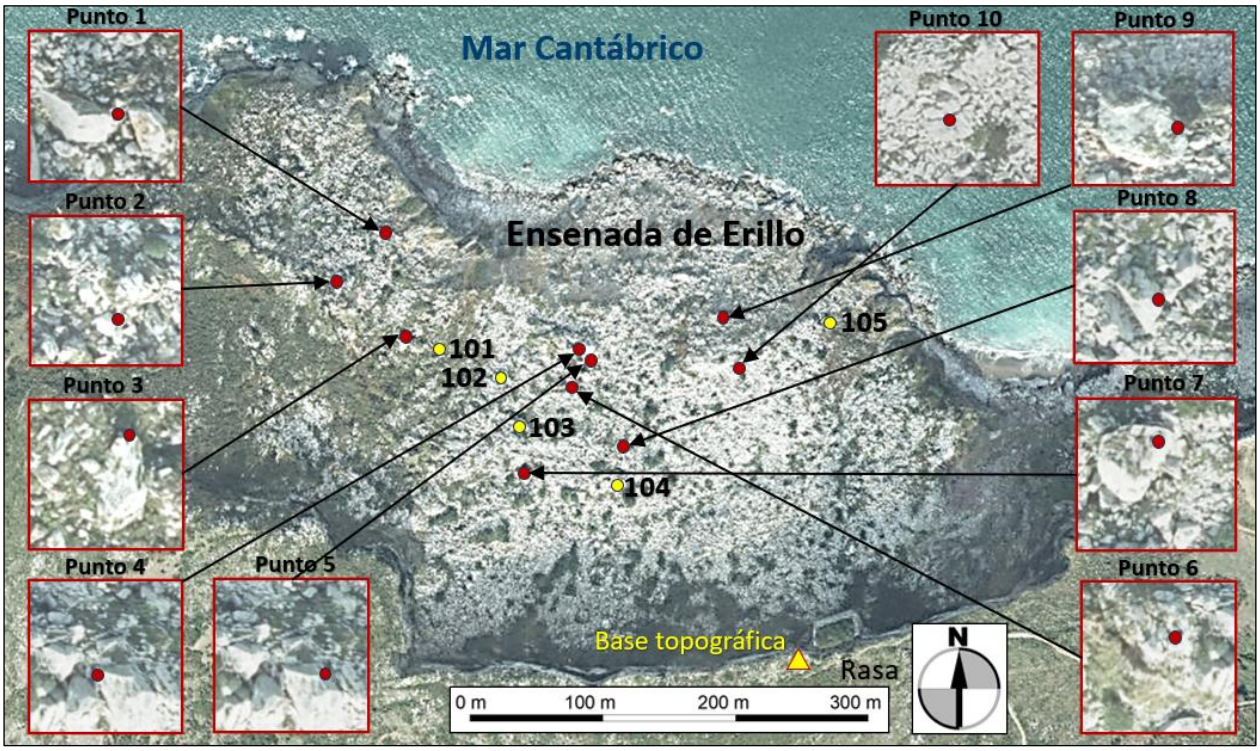
2.2. Ensenada de Erillo.

Las técnicas geomáticas empleadas en la ensenada de Erillo, para la determinación de su dinámica, han sido:

2.2.1. Fotogrametría aérea.

Para hacer la comparativa de evolución en el tiempo se han buscado los mismos elementos puntuales en las rocas sobre las ortofotografías de los años 1956, 1980, 2001 y 2023. Estos puntos son: 101, 102, 103, 104, 105 (Fig. 3).

Figura 3. Ubicación de puntos medidos en ortofotografías (101…105) y estación total (1…10).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Desplazamiento de los puntos en los vuelos: 1956, 1980, 2001 y 2023.

	1956-1980 (24 años)		1980-2001 (21 años)		2001-2023 (22 años)		1956-2023 (67 años)	
Punto	Desplazamiento (m)	Despl. por año (m)	Desplazamiento (m)	Despl. por año (m)	Desplazamiento (m)	Despl. por año (m)	Desplazamiento (m)	Despl. por año (m)
101	1,635	0,068	2,415	0,115	2,389	0,126	6,281	0,093
102	1,381	0,057	2,309	0,109	3,384	0,178	6,689	0,099
103	2,381	0,099	2,863	0,136	2,963	0,155	8,108	0,121
104	1,608	0,067	2,451	0,116	2,109	0,111	5,966	0,089
105	1,796	0,074	1,062	0,051	0,766	0,040	3,301	0,049

La interpretación de la tabla 1 es la siguiente:

- La precisión de las coordenadas de los puntos obtenidos para cada ortofotografía (1956, 1980, 2001 y 2023) es de ±50 cm.
- Si se compara el comportamiento dinámico de los puntos de los periodos parciales (1956-1980; 1980-2001; 2001-2023) con respecto al periodo total (1956-2023), indicar que el periodo parcial (1980-2001) es el que tiene un comportamiento similar al periodo total (1956-2023). El periodo parcial (1956-1980) tiene menor dinámica anual y el periodo (2001-2023) tiene mayor dinámica anual. Por tanto, podemos afirmar que la dinámica de la ensenada se está acelerando con el paso de los años.

2.2.2. Estación total "sin prisma".

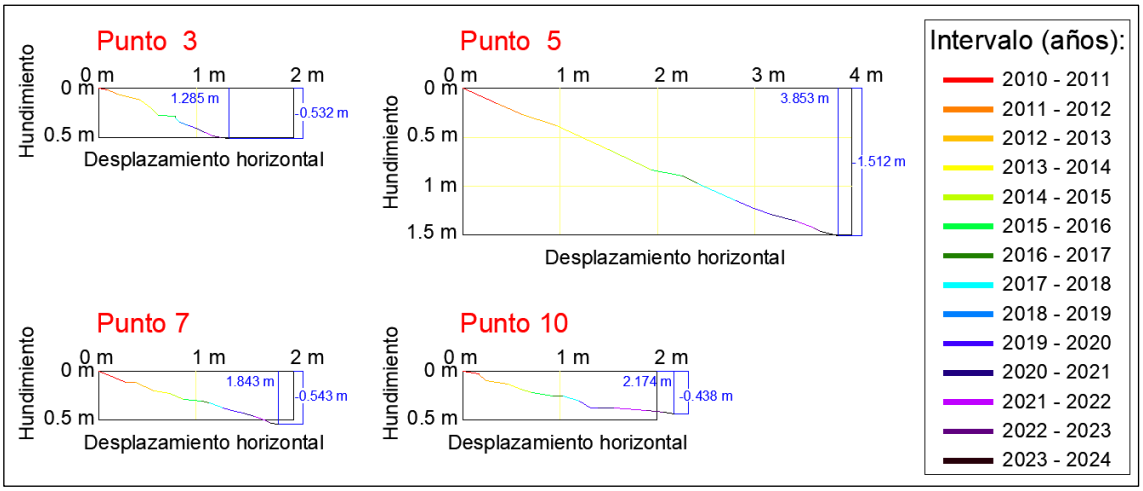
El acceso a la ensenada de Erillo es muy complicado y transitar por esta zona se hace muy peligrosa, por ello se decidió hacer la medición con una estación total de medición "sin prisma". La base topográfica se situó en el borde de la "rasa" (Fig. 3). La distancia máxima entre la base topográfica y el punto más alejado es de ±500 m, por tanto, el error máximo en la medición de un elemento puntual en el área es de ±2 cm (incluido el error de estacionamiento de la estación total: ±0.5 cm).

La interpretación de la medición de algunos puntos medidos en la ensenada (Fig. 3 y Fig. 4), indica:

- Según la ubicación (frente, centro, raíz) de los puntos dentro de la zona de la ensenada muestran diferente comportamiento dinámico.
- Los puntos 4, 5 y 6 están en el centro y cercano al frente del acantilado y por tanto tienen una dinámica superior al del resto de puntos.
- Los puntos 4 y 5 se encuentran ubicados en la misma roca, lo cual nos indica un comportamiento idéntico y las diferencias de coordenadas entre ellos está relacionada con la precisión de las mediciones (±2 cm).
- El punto 5 mantiene la pendiente durante todos los años de medición, mientras que el resto de los puntos siguen la tendencia de desplazamiento del punto 5, pero hay años que estos puntos tienen mayores o menores pendientes.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 4. Perfiles de desplazamiento y hundimiento de los puntos 3, 5, 7 y 10.



Fuente: Elaboración propia.

3. Conclusiones

Referente a la instrumentación geomática terrestre (GNSS, estación total y TLS) se ha llegado a un nivel de precisión impensable hace 20 años. En la actualidad es posible conseguir datos 3D (X,Y,Z) de los puntos observados con errores inferiores a 1 cm.

La playa de La Salvé y la ensenada de Erillo tienen un retroceso continuado desde que se dispone de registros. Este retroceso costero se está acelerando a medida que pasan los años, al igual que está ocurriendo en otras playas del norte de España (de Sanjosé et al., 2016; de Sanjosé et al., 2018; de Sanjosé et al., 2020). Los mayores retrocesos se producen con la coincidencia de temporales, como el ocurrido entre diciembre del año 2013 y marzo del año 2014.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación de la Junta de Extremadura y FEDER, a través de la ayuda de referencia GR24156 al Grupo de Investigación NEXUS (Universidad de Extremadura).

4. Referencias bibliográficas

de Sanjosé, J. J., Serrano, E., Berenguer, F., González-Trueba, J. J., Gómez-Lende, M., González-García, M., Guerrero-Castro, M. (2016). Evolución histórica y actual de la línea de costa en la playa de Somo (Cantabria), mediante el empleo de la fotogrametría aérea y escáner láser terrestre. Cuaternario y Geomorfología, 30, 119–130. https://doi.org/10.17735/cyg.v30i1-2.41464

de Sanjosé, J. J., Gómez-Lende, M., Sánchez-Fernández, M., Serrano, E. (2018). Monitoring Retreat of Coastal Sandy Systems Using Geomatics Techniques: Somo Beach (Cantabrian Coast, Spain, 1875–2017). Remote Sensing, 10, 1500. https://doi: 10.3390/rs10091500.

de Sanjosé, J. J., Serrano, E., Sánchez-Fernández, M., Gómez-Lende, M., Redweik, P. (2020). Application of Multiple Geomatic Techniques for Coastline Retreat Analysis: The Case of Gerra Beach (Cantabrian Coast, Spain). Remote Sensing, 12, 3669, doi:10.3390/rs12213669.

LA PEDOANTRACOLOGÍA COMO DISCIPLINA PALEOECOLÓGICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

FRANCISCA FERNÁNDEZ-CASTAÑO[1]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada, Calle del Prof. Clavera, s/n - 18011 Granada (ES), franciscafc@ugr.es, https://orcid.org/0009-0005-8654-4301*

Abstract: This study presents the results of an international systematic review of pedoanthracology and its main applications in the paleoecological field. This methodology is based on the search, processing, taxonomic analysis, and radiocarbon dating of charcoal fragments originating from forest fires and preserved in natural soils, thus distinguishing it from anthracology, which is linked to archaeological contexts. The dating of samples allows for precise chronological information about the composition and dynamics of past woody plant communities. The objectives of the review were to identify the scientific fields where the discipline is developed, its most prominent applications, the countries with the greatest research tradition, the most studied regions, and the most represented species and ecosystems. To achieve this, key terms such as *pedoanthracology*, *soil charcoal*, and *Holocene vegetation* were used in scientific databases such as Web of Science and Scopus. The results obtained reveal the high potential of this technique for reconstructing historical species distribution areas, as well as for detecting variations in the upper forest limit. Its combined application with other methodologies in multiproxy approaches has proven especially valuable for studies of Mediterranean high-mountain ecosystems, considered sensitive areas in the face of Global Change. Although still consolidating in some contexts, pedoanthracology is emerging as a key tool for paleoenvironmental reconstruction and forest management based on paleodata.

Keywords: Pedoantrhacology; charcoal analysis; taxonomic identification; natural soil; paleoecology; macrocharcoal.

1. Introducción

La pedoantracología es una metodología de corte paleoecológico que se encarga de analizar fragmentos de vegetación leñosa quemada (carbones) presentes en suelos naturales, originados principalmente por incendios forestales. Este enfoque permite la cuantificación (concentración de carbón por unidad de peso de tierra muestreada), identificación taxonómica y datación mediante radiocarbono (Carcaillet y Thinon, 1996; Talon et al., 1998) del carbón presente en el suelo. Los fragmentos de carbón vegetal se conservan en el suelo durante milenios, dado su alto grado de estabilidad; no obstante, procesos como la congelación y descongelación, la sequía o el desarrollo radicular de las raíces pueden provocar su fragmentación. Solo los incendios severos, capaces de mineralizar completamente el carbón en cenizas, pueden interrumpir esta persistencia (Nelle et al., 2013).

Durante la carbonización, se produce la degradación de componentes de la estructura molecular de la madera como la lignina y la celulosa (Bansal et al., 1988), aunque la estructura anatómica de la madera se conserva, lo que permite su identificación botánica (Talon, 1977). Así, el carbón vegetal constituye un elemento clave en estudios paleoambientales, proporcionando información sobre la composición y dinámica de las comunidades vegetales leñosas pasadas con una resolución espacial superior a la de otras metodologías como el polen.

El análisis taxonómico de la madera carbonizada, originalmente asociado a contextos arquelógicos y actividades humanas y conocido como antracología o arqueoantracología, se remonta al siglo XIX aunque experimentó un auge a partir de la década de 1970 (Unger, 1846; Hollendonner, 1925). En esta misma línea, la pedoantracología fue formalmente definida por Thinon (1992) y consolidada metodológicamente por Carcaillet y Thinon (1996), orientándose al estudio de la dinámica de la vegetación del Holoceno desde su registro edáfico, lo que dio lugar a una nueva metodología en el análisis fitocronológico.

Actualmente, la pedoantracología se ha consolidado como una disciplina de referencia dentro de la investigación paleoambiental, con aplicaciones destacadas en el estudio del límite altitudinal del boque, la composición florística pretérita de ecosistemas forestales, la reconstrucción de regímenes de incendios y la evaluación de la ecología actual. Sin embargo, a pesar de su consolidación teórico-metodológica, persisten usos imprecisos del término, siendo frecuente que se hable genéricamente de "análisis de carbones", sin hacer referencia explícita a la disciplina.

En este contexto, aunque ya se cuenta con una revisión bibliográfica enfocada en el ámbito español (Pardo-Martínez, 2020), aún no se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la literatura a nivel internacional. Por ello, la presente comunicación expone los resultados de una revisión sistemática de la literatura científica indexada en las principales bases de datos internacionales, con los objetivos de: (i) identificar los campos científicos en los que se desarrolla la pedoantracología y sus principales aplicaciones; (ii) reconocer los países con mayor tradición investigadora en esta materia; (iii) delimitar los ámbitos regionales más frecuentes en su aplicación; y (iv) caracterizar las especies y ecosistemas más estudiados. Para el desarrollo de este trabajo se han considerado las directrices y estándares de calidad establecidos en la última actualización de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), metodología específica para las revisiones sistemáticas de literatura científica (Page et al., 2021).

2. Metodología

La búsqueda sistemática se realizó utilizando las principales bases de datos de Web of Science y Scopus, atendiendo a su amplio alcance a nivel internacional, así como a la calidad y rigor científico de los artículos indexados en ellas. Se emplearon como principales términos de búsqueda: "vegetation Holocene", "soil charcoal" y "pedoanthracology". Además, para dotar de mayor pertinencia y rigurosidad al estudio, se amplió el uso combinado de los operadores boleanos AND y OR en las diferentes búsquedas.

En la Tabla 1 se muestra la cadena de búsqueda que se ha seguido para cada una de las bases de datos, así como el número de registros obtenidos al introducirlas en el campo tema.

Tabla 1. Bases de datos, ecuaciones de búsqueda y número de registros encontrados

BASE DE DATOS	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	Nº DE REGISTROS ENCONTRADOS
Web os Science	TS= ("vegetation Holocene") AND TS= (("soil charcoal")) OR TS= (((pedoanthracology))) NOT TS= ((((("archaeology")))) NOT TS= (((((("microscopic charcoal")))))	583
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (vegetation AND Holocene) AND TITLE-ABS-KEY (soil AND charcoal) OR TITLE-ABS-KEY (pedoanthracology) NOT TITLE-ABS-KEY (archaeology) NOT TITLE-ABS-KEY (microscopic AND charcoal))	299

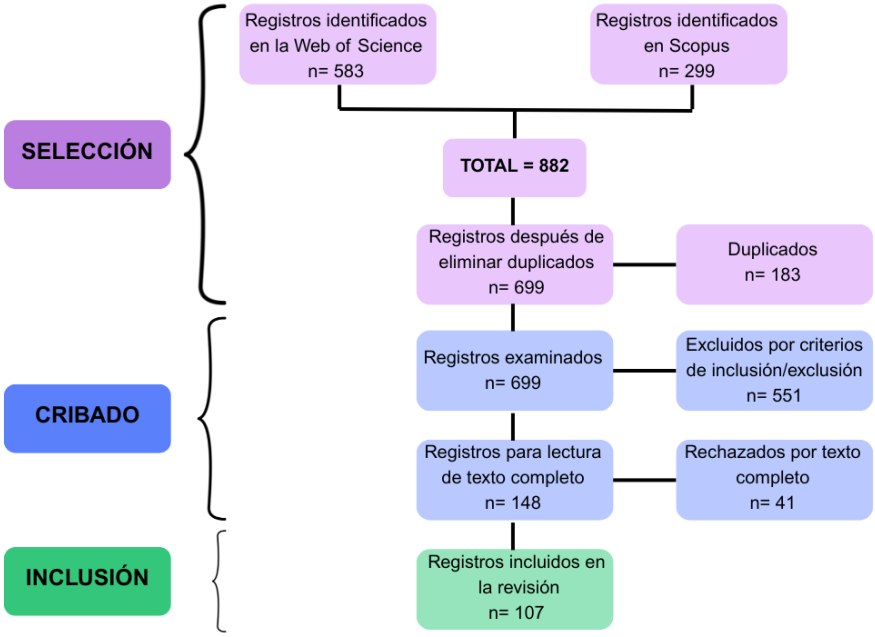
Fuente: elaboración propia

El proceso de selección de los estudios se concretó en tres fases fundamentales (Figura 1): selección, cribado e inclusión. En cuanto a la primera fase, que alude a la *selección*, tras introducir en las bases de datos los descriptores especificados anteriormente, se obtuvieron un total de 882 registros, de los cuales 183 fueron eliminados por razones de duplicidad. A continuación, en la fase de *cribado*, se procedió a la lectura del título y resumen, considerando para ello los criterios de inclusión y exclusión establecidos. En el primer cribado, se desecharon 734 fuentes por no ser trabajos específicos de pedoantracología. El análisis de los 148 documentos restantes a texto completo permitió concretar la muestra en 107 estudios potencialmente válidos, correspondiendo con el 12,1% de la totalidad de fuentes recopiladas de pedoantracología. En la última fase, correspondiente a la inclusión, se llevó a cabo un análisis detallado de los 107 trabajos seleccionados, con el fin de obtener una visión sistemática de los enfoques, áreas de aplicación y líneas de investigación predominantes en el ámbito de la pedoantracología.

Cabe señalar que, durante el proceso de análisis, se identificó que numerosos estudios aplicaban el enfoque pedoantracológico sin referirse explícitamente a esta metodología mediante su denominación formal. Esta circunstancia implicó la necesidad de llevar a cabo una revisión más detallada y rigurosa de los documentos.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso sistemático de revisión

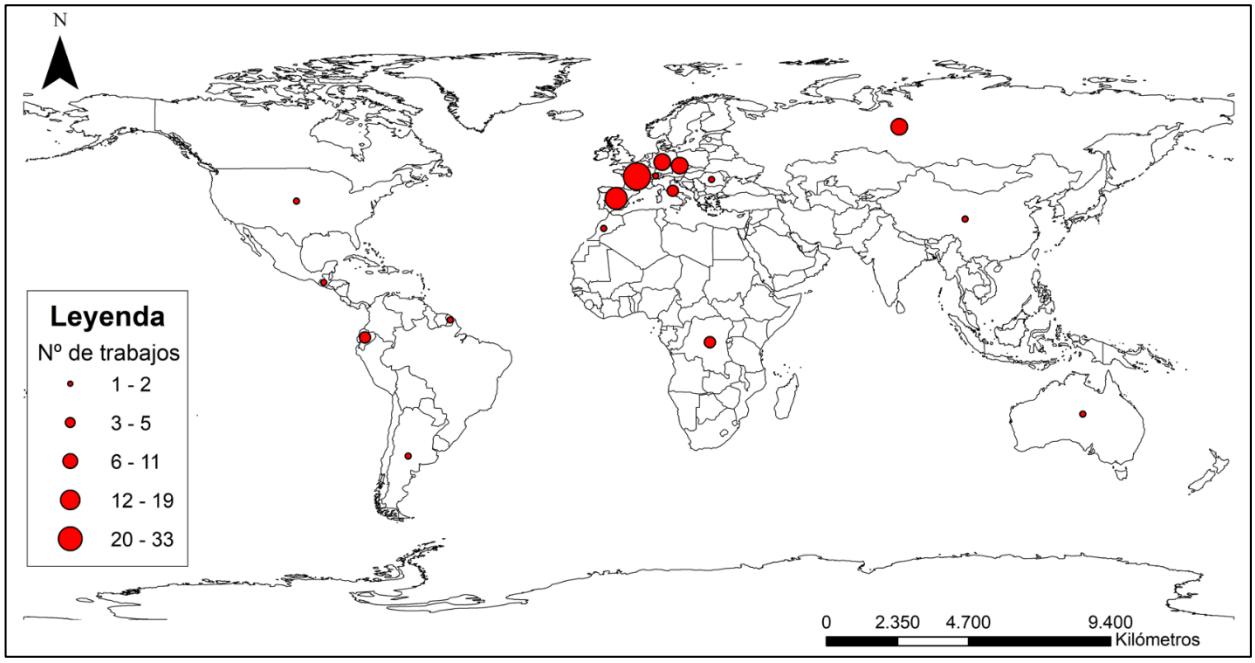


Fuente: elaboración propia a partir del método PRISMA

3. Resultados

Atendiendo a la distribución geográfica de las publicaciones analizadas (Figura 2), se observa que la mayor parte de la producción científica se concentra en Europa.

Figura 2. Países donde se ha aplicado la metodología pedoantracológica



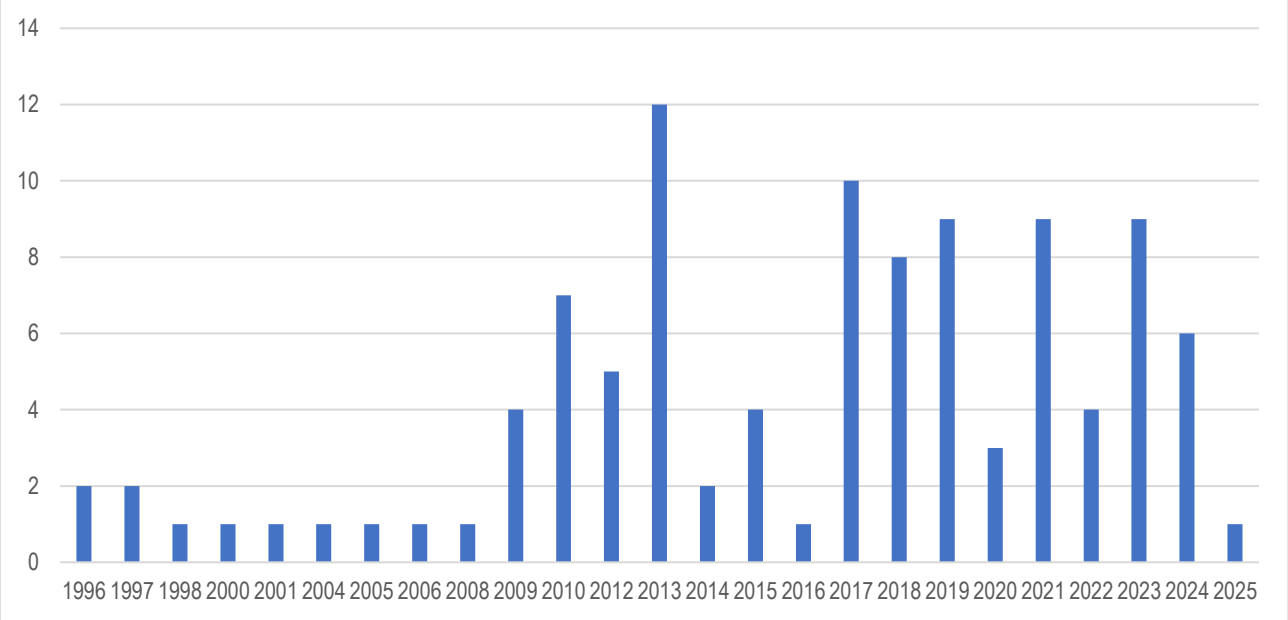
Fuente: elaboración propia

Encabezada en Francia, esta metodología ha sido aplicada en todo el territorio galo, destacando especialmente los estudios realizados en los Alpes y el Pirineo. En segundo lugar, se sitúa España, con investigaciones focalizadas principalmente en la cordillera Bética y el Pirineo. También destaca República Checa, con trabajos centrados en la región de Bohemia, seguida de Alemania, donde predominan los estudios en las regiones de Baviera y Harz. Finalmente, dentro de los países pioneros en la aplicación de esta metodología se encuentra Rusia, que centra el mayor número de sus publicaciones en la región del Volga.

Estos datos reflejan la consolidación de la metodología en el contexto europeo, tanto en términos de producción científica como de diversidad geográfica de las áreas analizadas. No obstante, también se han identificado investigaciones aplicadas a otras regiones del mundo, lo que pone de manifiesto su creciente proyección internacional, con estudios realizados en América, África, Asia y Oceanía.

En cuanto a la evolución temporal, la producción científica relacionada con la pedoantracología ha experimentado diversos repuntes significativos a lo largo del tiempo, destacando especialmente los años 2013 y 2017 como periodos de mayor actividad investigadora. No obstante, en los años más recientes se observa una tendencia irregular con sucesivos altibajos (Figura 3).

Figura 3. Distribución temporal de los documentos analizados



Fuente: Web of Science

Respecto al tipo de publicación, predomina de forma clara el artículo científico, que representa el 94,4 % del total de documentos analizados, lo que evidencia la consolidación académica de esta línea de investigación. Las revistas más representativas en las que se han publicado estos trabajos son *Quaternary International*, *The Holocene* y *Vegetation History and Archaeobotany*, mientras que las editoriales más frecuentes han sido Elsevier, Sage y Springer Nature.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Desde la perspectiva lingüística, el inglés es el idioma predominante, presente en el 85,1 % de los documentos, situándose muy por encima del francés y el español. En cuanto a la autoría, destaca la notable presencia de investigadores franceses, lo que refuerza el papel de Francia como país pionero y referente en el desarrollo y aplicación de esta metodología.

En lo que respecta a las áreas temáticas abordadas por los estudios, las disciplinas que han acogido con mayor frecuencia investigaciones pedoantracológicas son la Geología, la Geografía Física y las Ciencias Ambientales–Ecología. Según la clasificación temática de Web of Science, la mayor parte de los trabajos se inscriben dentro de las categorías de *Geosciences, Multidisciplinary* y *Geography Physical*, lo que evidencia el carácter transversal y aplicado de esta línea de investigación.

Como síntesis, la mayoría de los estudios se han desarrollado en ecosistemas forestales de alta montaña, dada su vulnerabilidad al cambio climático y su amplia representación en las regiones analizadas. Las familias más recurrentes en los análisis pedoantracológicos han sido Fagaceae (*Quercus*), Pinaceae (*Abies*, *Pinus*, *Larix*, *Picea*), Sapindaceae (*Acer*), Oleaceae (*Fraxinus*), Cupressaceae (*Juniperus*) y Salicaceae (*Salix, Populus*), reflejando la dominancia de estos taxones leñosos característicos de biomas templados y montanos.

4. Conclusiones

La revisión sistemática realizada confirma la consolidación de la pedoantracología como disciplina científica dentro de la paleoecología. Inicialmente referida como "análisis del carbón", su formalización conceptual y metodológica han permitido su reconocimiento como herramienta clave para el estudio de dinámicas vegetales pretéritas. En este sentido, esta metodología no solo complementa otras aproximaciones paleoecológicas, sino que aporta una mayor precisión espacial y temporal en la reconstrucción del paisaje forestal del Holoceno.

Aunque su desarrollo ha estado históricamente centrado en Europa, especialmente en Francia –país pionero en la aplicación de esta técnica-, en la actualidad ha comenzado a expandirse a nuevos contextos geográficos, lo que refuerza su valor y aplicabilidad internacional.

Entre sus principales líneas de investigación destacan el análisis paleoecológico de los ecosistemas forestales y la delimitación del límite superior del bosque en el pasado, contribuyendo de forma significativa a la compresión de los procesos de cambio ambiental a escala local y regional. Asimismo, su aplicación conjunta con otras metodologías, como la palinología, ofrecen un enfoque multiproxy que permite una reconstrucción más completa y certera de la evolución vegetal en el pasado.

Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del apoyo institucional y financiero de los siguientes proyectos de investigación: PALEOPINSAPO II (PID2022-141592NB-I00) financiado por MICIU/ AEI / 10.13039/501100011033 y por "FEDER /UE"; PALEONIEVES (Ref. SPIP2023-03025), financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales, dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico; y un contrato predoctoral FPI que es parte de la ayuda PID2022-141592NB-I00 financiado por MICIU/ AEI / 10.13039/501100011033 y por el FSE+

5. Referencias bibliográficas

Bansal, R. C., Donnet, 1.-B., and Stoeckli, E. (1988). Active Carbon. New York: Marcel Dekker Inc. 482 pp.

Carcaillet, C. & Thinon, M. (1996). Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology 91*, 399–416. https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00060-7

Hollendonner, F. (1925). Mikroskopische Untersuchung der ungarländischen praehistorischen Hölzer und Holzkohlen. In: Erste Mitteilung. Budapest XLII.

Nelle, O., Robin, V. & Talon, B. (2013). Pedoanthracology: analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments. *Quaternary International, 289*, 1–4. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.11.024

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L.,Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M.,Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., ..., y Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología, 74(9)*, 790-799. http://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016

Pardo-Martínez, R. (2020). La pedoantracología en España: una revisión bibliográfica. *Pirineos*, *175*, e059. https://doi.org/10.3989/pirineos.2020.175009

Talon, B., (1997). *Evolution des zones supra-forestieres des Alpes sud-occidentales francaises au cours de l'Holocene – analyse pedoanthracologique* (Tesis doctoral) PhD thesis, Aix-Marseille III.

Talon, B., Carcaillet, C. & Thinon, M. (1998). Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocene dans les Alpes Francaises. *Géographie physique et quaternaire 52*, 195–208. https://doi.org/10.7202/004875ar

Thinon, M., (1992). *L´analyse pédoanthracologique, aspects méthodologiques et applications. Thèse ès sciences,*(Tesis doctoral, Université d´Aix Marseille III).

Unger, D.F. (1846). *Pflanzengeschichtliche Bemerkungen über den Kaiserwald bei Grätz.* Botanische Zeitung 7 (17), 313–321.

PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS EN LA INTERFAZ FLUVIO-MARINA: DINÁMICA SEDIMENTARIA Y VALORACIÓN DE LA GEODIVERSIDAD DEL SISTEMA ALEMPARTE-RIOSMAR (A MARIÑA, LUGO)

KESIA GALDO[1]

DANIEL CAJADE-PASCUAL[1]

RAMÓN BLANCO-CHAO[1,2]

HORACIO GARCÍA[1,2]

[1]Departamento de Xeografía, Universidade de Santiago de Compostela, danielcajadepascual@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-4575-2794

[2]Centro de Investigación Interuniversitario das Paisaxes Atlánticas Culturais (CISPAC).

Abstract: This paper analyzes the geomorphological dynamics of the Alemparte River and Riosmar Beach, located in Foz (Lugo, NW Iberian Peninsula). The aim is to provide a scientific basis for land use and management following the principles of "know and value". The study begins by mapping the erosional escarpment at the river-sea interface from 1956 to the present. At a finer spatial and temporal resolution, sedimentary and topographic changes between the dry (summer) and wet (winter) seasons were assessed using gravelmeters and UAV imagery. Results indicate a highly dynamic sedimentary environment at Riosmar Beach, although with a neutral balance in sediment input and output. The alluvial fans feeding the beach are directly connected to the sea through the Alemparte River, forming a significant sediment transfer corridor. The study concludes by emphasizing the need for evidence-based management of highly geodiverse landscapes.

Keywords: morfodynamic; geodiversity; land management; Galicia.

1. Introducción

Los estudios sobre la dinámica de los sistemas naturales muestran una notable diversidad, tanto en las disciplinas implicadas como en los enfoques y metodologías empleados. Entre las líneas de investigación con mayor tradición destacan aquellas centradas en la biodiversidad, que analizan y describen los hábitats y las especies que los integran. En contraste con esta atención predominante a los componentes bióticos, los estudios centrados en el medio abiótico han recibido hasta ahora un menor desarrollo, situándose en una fase menos avanzada en cuanto a su conocimiento y reconocimiento por parte de la sociedad. En las últimas décadas, desde la comunidad científica se ha ampliado el interés por la componente inerte del medio, que conforma el soporte físico sobre los que se desarrollan los hábitats (Fuller et al., 2019). El término geodiversidad aparece por primera vez en la primera mitad del siglo XX, aunque en aquel momento su significado se refería principalmente a la diversidad paisajística y cultural de un territorio, entendida desde la perspectiva de las sociedades que lo habitaban. Su concepción actual, más precisa y centrada en el ámbito científico, se consolida a finales de la década de 1990, cuando se hace evidente la necesidad de un concepto que englobara de forma específica los elementos abióticos del medio natural. Se origina, en cierto modo, como contraposición y complemento a la diversidad biológica (biodiversidad), que alcanzó una importante difusión después de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 (Brilha et al., 2018; Carcavilla et al., 2008). Posteriormente se han desarrollado enfoques conceptuales más amplios e integradores, donde se entrelazan diferentes aspectos abióticos (Brilha et al., 2018; Serrano Cañadas y Ruiz Flaño, 2007). Gray (2004) define la geodiversidad como "el rango natural de diversidad de trazos geológicos, geomorfológicos y edáficos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas". Más recientemente, autores como García et al. (2021) señalan que es "lo muerto" (geodiversidad) lo que de la vida a "lo vivo" (biodiversidad).

La geodiversidad también puede ser considera un valor patrimonial en sí misma, constituyendo un recurso paisajístico que debe ser preservado y protegido (Carcavilla et al., 2008; Costa-Casais et al., 2015). Parks y Mulligan (2010) fijaron una relación de simbiosis entre la biodiversidad y la geodiversidad, donde las políticas de conservación de la biodiversidad deberían tener también un alto grado de protección del medio físico. Por el contrario, la realidad es que en muchas de estas políticas el medio abiótico es tratado como una parte residual, sin ningún tipo de influencia, siendo visto como un recipiente que contine los hábitats y las especies. En el contexto español, la valoración de los elementos geomorfológicos en los Espacios Naturales Protegidos (ENP) ha sido habitualmente relegada a un segundo plano. Así, incluso los ENP con gran valor geomorfológico, seleccionados con criterios derivados de su morfología, son justificados y declarados por sus valores biológicos, apoyados en las normativas europeas que establece prioridades alrededor de especies, ecosistemas o hábitats, en detrimento de aspectos abióticos. Solo en las últimas décadas, se ha incrementado la valoración de los aspectos geomorfológicos, en parte por el estrecho vínculo que guardan estos elementos con el paisaje (González-Trueba y Cañadas, 2008).

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis y la valorización de la cuenca del río Alemparte y su desembocadura en la playa de Riosmar (Lugar de Interés Geológico (LIG), Código AL002c y Denominación "Zona de cizalla basal del manto de Mondoñedo en Cangas"), conformando un sistema de elevado dinamismo geomorfológico. De forma más específica se realizará (i) el análisis de la dinámica geomorfológica de la interfaz fluvio-marina; (ii) la puesta en valor del patrimonio natural y la geodiversidad; y (iii) su relación con la gestión de sectores costeos.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2. Área de estudio

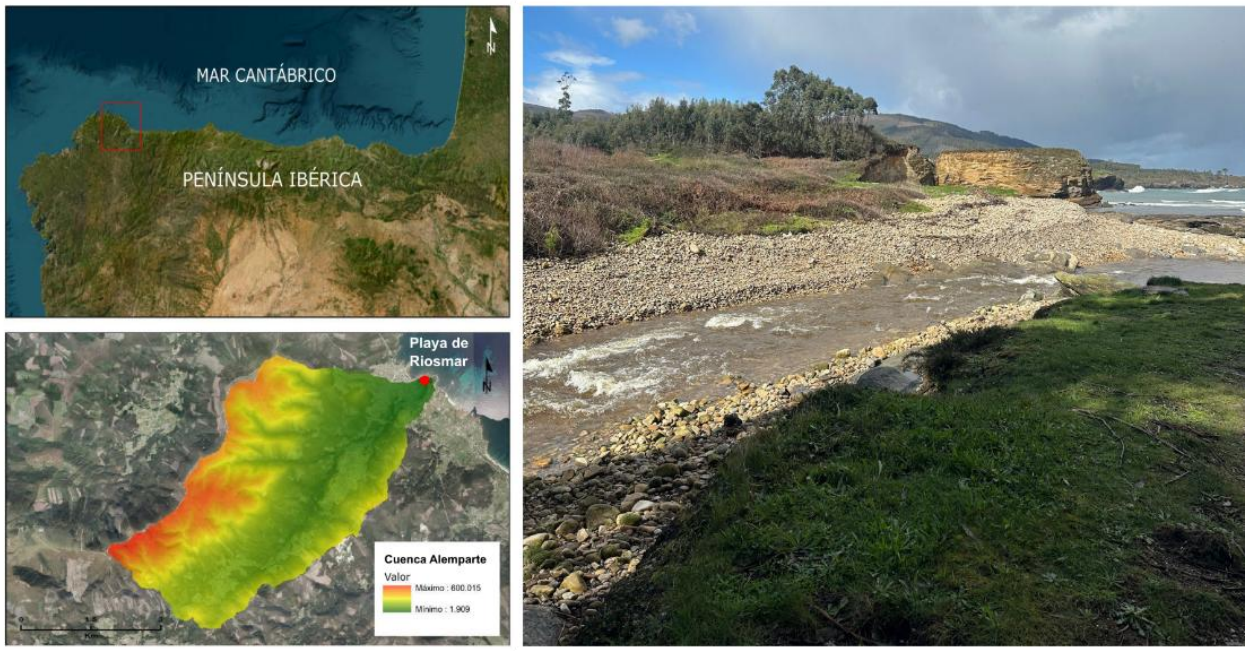
El área de estudio abarca la cuenca hidrográfica del río Alemparte hasta su desembocadura, en la playa de Riosmar, situada en el término municipal de Foz (A Mariña, Lugo) (Fig. 1). Las líneas estructurales están dominadas por la componente tectónica, dando como resultado una costa recortada, donde se alternan sectores acantilados, con pequeños entrantes ocupados por complejos sedimentarios. El río drena una superficie de 32,5 km^2, conformando un valle de unos 10 km de longitud y entre 2 y 3,5 km de ancho, con una disposición principal SO-NE. El flanco occidental está delimitado por cordales montañosos, con altitudes máximas cercanas a los 600 m, mientras que en el flanco oriental apenas se sobrepasan los 200 m. La litología de la cuenca está dominada por pizarras y cuarcitas cámbricas, con intercalaciones de esquistos, areniscas y calizas, con una importante presencia de abanicos aluviales. Solamente el sector de cabecera del valle está próximo al contacto con el sector septentrional del batolito granítico de Ferreira (A Toxiza). El importante desnivel que tiene que salvar el río Alemparte, en especial alguno de los pequeños regatos tributarios de la vertiente occidental, unido a una pluviometría notable (1200-1800 mm/año) y regular a lo largo del año, hacen que su potencial erosivo y de transporte sea elevado. Riosmar se trata de una pequeña playa de 150 m de longitud, compuesta de bloques, dispuesta sobre una plataforma rocosa y flanqueada por dos salientes acantilados. La desembocadura del río Alemparte se sitúa en el extremo oriental de la playa. La zona de trasplaya está ocupada por una pequeña llanura aluvial muy modificada.

3. Materiales, datos y métodos

Para el estudio de la dinámica costera se realizó un análisis diacrónico de los cambios del frente costero desde mediados del siglo XX, empleando imágenes aéreas de 1956 (Vuelo Americano B), 1990 (Vuelo de Costas) y la ortofotografía del PNOA de 2014, aunque por cuestiones de espacio no se muestran en este trabajo. Si bien, los resultados obtenidos sí están integrados en el relato de la discusión y conclusiones alcanzadas. Además, se realizaron dos vuelos con dron (UAV), el primero en octubre de 2022 y el segundo en marzo de 2023. Las imágenes ópticas obtenidas de ambos vuelos se emplearon para obtener modelos topográficos de alta resolución, mediante técnicas *Structure from Motion-Multi View Stereoscan* (SfM-MVS). Para comparar los cambios entre ambos modelos topográficos se empleó el *sotfware Geomorphic Change Detection (GCD)*. Para la caracterización del oleaje se emplearon datos procedentes de puntos SIMAR, procedentes de *Puertos del Estado*. Se analizaron los datos de dirección y la altura significante (Hs) del punto SIMAR 3053039. La granulometría del sedimento de Riosmar se realizó en dos campañas de campo, coincidentes con las fechas de los vuelos UAV. Se realizaron 7 transeptos para cubrir la superficie de la playa, tomándose medidas cada 30 cm con la ayuda de un gravelómetro. Por último, se calculó la potencia específica del río Alemparte mediante el *sofware ArcGIS* y con el apoyo de un MDE con 10 m de resolución, siguiendo la siguiente fórmula:

*Potencia específica = Flujo acumulado * tamaño de pixel * tan (pendiente * 0,017453)*

Figura. 1. Localización del área de estudio. Detalle de la desembocadura del río Alemparte.



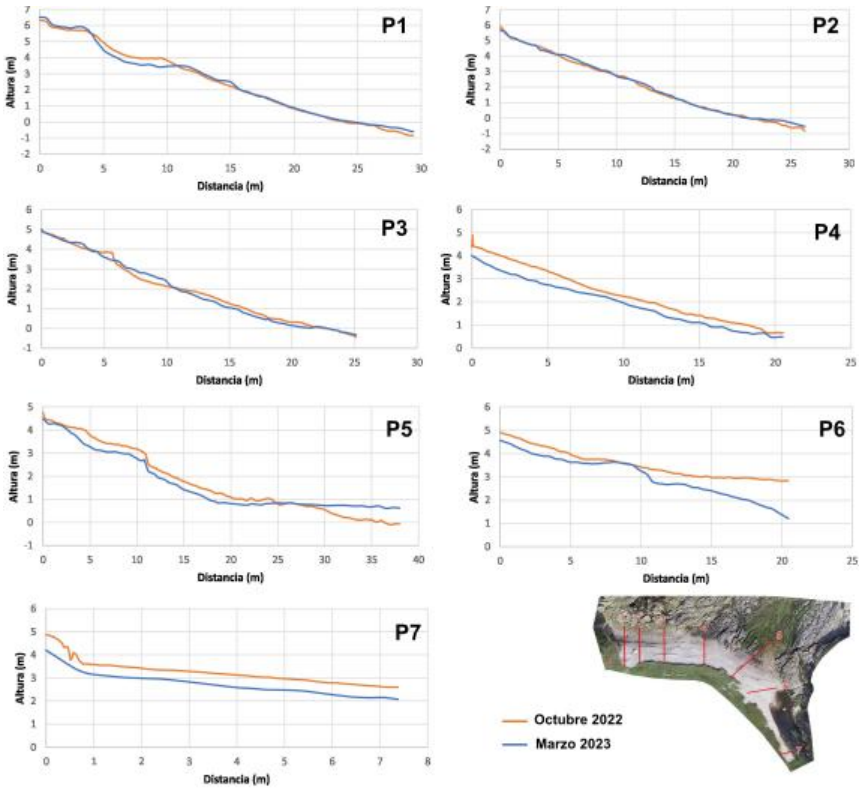
4. Resultados y Discusión

4.1. Morfodinámica de la playa de Riosmar

Al tratarse de una playa de cantos, la morfodinámica de Riosmar está marcada por la permeabilidad del sedimento, que causa una disimetría entre la energía de la ola durante el ascenso sobre el perfil de la playa (*run-up*) y el descenso del agua por gravedad. Los valores obtenidos del DoD (*DEM of Difference*), donde se comparaba la morfología de la playa tras el período estival (octubre de 2022) y a finales del invierno (marzo 2023), sugiere un balance sedimentario cuasi cerrado. El incremento energético del oleaje en las fechas previas al segundo vuelo (temporales), supuso un intenso proceso de remoción sedimentaria en forma de rebajes y acumulaciones. Se observa un aumento del rebaje de la playa hacia el este y un transporte de material hacia el borde distal de la misma, en su extremo occidental (Fig. 2). Los datos topográficos obtenidos por GCD y la fotointerpretación de imágenes aéreas señalan dos tendencias. En el sector de predominio energético del oleaje, el sedimento tiende a desplazarse hacia la plataforma debido al arrastre de las olas, generando un leve rebaje de las cuotas. Mientras que el sector oriental, vinculado a la desembocadura del río, se registró una pérdida significativa de sedimento con un descenso general de la cota de la playa, si bien, esto es debido principalmente al transporte del sedimento hacia la plataforma, resultado de los intensos procesos de descarga fluvial durante el otoño-invierno. El comportamiento morfodinámico del sector parece señalar la acumulación del sedimento en la desembocadura durante el período estival, donde la incidencia del oleaje domina sobre la descarga fluvial. En contraposición, la mayor pluviosidad durante el otoño-invierno produce el aumento del potencial energético del rio, superando al del oleaje, lo que lleva a un transporte del sedimento hacia la plataforma.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Perfiles topográficos elaborados a partir de los MDEs derivados de los vuelos UAV.



4.2. Morfodinámica del río Alemparte

Los cálculos de la potencia específica aplicados sobre la red de drenaje del río Alemparte marcan aquellas zonas donde la capacidad erosiva del lecho presenta mayor relevancia. Los afluentes copan buena parte de los kilómetros con potencia específica alta, mientras que en el Alemparte apenas se reduce a algunos enclaves. Los afluentes del margen occidental registran los valores de potencia más elevados, coincidiendo con la localización de abanicos aluviales de espesores notables. En esta línea, los datos obtenidos también permiten interpretar el origen del sedimento que conforma en la actualidad la playa de Riosmar. Una primera hipótesis podría apuntar a que este procede de la erosión costera de los depósitos sedimentarios del entorno. No obstante, debido a la configuración de este sector y la presencia de la plataforma rocosa intermareal, se produce una importante atenuación de la energía del oleaje de los temporales, viéndose muy reducidos con respeto al potencial que podrían alcanzar. Los resultados obtenidos apuntan a que el sedimento de Riosmar es principalmente de origen fluvial, ya que la red de drenaje presenta la suficiente energía para transportar sedimento grueso, por lo menos, los tributarios del flanco occidental. Así, el curso principal, que ostenta menores valores de potencia específica, ejerce como "cinta transportadora" de sedimento resultante del desmantelamiento de los abanicos aluviales que realizan sus afluentes.

4.3. Geodiversidad y gestión: una necesidad necesaria.

El área de estudio, Riosmar y Alemparte, supone un caso de geosingularidad (García et al., 2019) en el contexto de la Mariña lucense. La playa y el río son elementos individuales que convergen en la desembocadura, configurando una interfaz fluvio-marina de gran dinamismo y diversidad de

geoformas, destacando la propia configuración de la ensenada o la presencia a lo largo de la cuenca de algunos de los abanicos aluviales más notables y visibles de Galicia. La cuestión que emerge es si esta geosingularidad debe ser protegida. En este sentido, es fundamental trasladar a la sociedad que un sistema fluvial debe ser comprendido como un elemento conector, que transporta los sedimentos que conforman las playas, reforzando la interconectividad entre ambos sistemas, por lo que su gestión no se puede abordad de forma individualizada, como si se tratase de elementos inconexos. Desde el punto de vista de los gestores y de la forma de transferir el conocimiento científico a través de un turismo educativo y sostenible, se trataría de buscar nuevas racionalidades productivas basadas en el potencial de la naturaleza y la sociogeomorfología (Ashmore, 2015). Todo ello estaría alineado con los principios que deben regir a un elemento con geovalores notables, ofreciendo enfoques alternativos a la producción y al consumo que prioricen la sostenibilidad ambiental, la equidad social y la viabilidad económica (Henriques et al., 2011). Para que el visitante acerque valor científico-geológico al valor paisajístico de entornos como Alemparte-Riosmar, son necesarios (i) incrementar los estudios científicos centrados en el funcionamiento de los sistemas naturales desde su perspectiva abiótica; (ii) la puesta en valor de la geodiversidad; (iii) una mayor apuesta por la educación y divulgación de estos valores entre la sociedad local y los visitantes.

5. Conclusiones

A pesar de no haberse aplicado una metodología específica para la valoración cuantitativa de la geodiversidad, este trabajo adoptó un enfoque funcional y territorial de la misma, poniendo en valor su papel estructurante en la dinámica del sistema fluvio-marino. La identificación de procesos activos, formas singulares y conexiones sedimentarias permite reconocer la geodiversidad como un componente clave en la conservación del paisaje y en la gestión integrada de estos espacios. En este sentido, consideramos que la aproximación adoptada contribuye a avanzar hacia una geoconservación aplicada. De un modo más concreto, las principales conclusiones alcanzadas en este estudio se sintetizan en tres puntos:

- Gran capacidad de movilización de sedimento por parte del complejo fluvial del río Alemparte, que actúa como fuente de alimentación principal de la playa de Riosmar.
- El balance sedimentario de Riosmar se comporta como un sistema cuasi cerrado, con elevado dinamismo y una tendencia ligeramente regresiva.
- El sistema fluvio-costero Alemparte-Riosmar puede ser considerado como un caso de geosingularidad en el contexto regional, tanto por la importancia de la geodiversidad como por el papel de la conectividad en la conservación de los sistemas naturales.

6. Referencias

Ashmore, P. (2015). Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology*, 251, 149-156.

Brilha, J., Gray, M., Pereira, D. I., Pereira, P. (2018). Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science & Policy*, 86, 19-28.

Carcavilla, L., Durán, J.J., López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303.

Costa-Casais, M., Caetano, M.I., Blanco-Chao, R. (2015). Assessment and management of the geomorphological heritage of Monte Pindo (NW Spain): a landscape as a symbol of identity. *Sustainability*, 7(6), 7049-7085.

Fuller, I.C., Gilvear, D.J., Thoms, M.C., Death, R.G. (2019). Framing resilience for river geomorphology: reinventing the wheel? *River Research and Applications*, 35(2): 91-106.

García, J.H., Muñoz-Narciso, E., Sierra-Pernas, J.M., Canosa, F., Pérez-Alberti, A. (2019). Geo-Singularity of the Valley-Fault of Teixidelo and Candidacy to Geopark of Cape Ortegal (NW Iberian Peninsula): Preliminary Assessment of Challenges and Perspectives. *Geoheritage*, 11(3), 1.043-1.056.

García, J.H., Ollero, A., Ibisate, A., Fuller, I.C., Russell, G.D., Piégay, H. (2021). Promoting fluvial geomorphology to "live with rivers" in the Anthropocene Era. *Geomorphology*, 380, 107649

González-Trueba, J.J., Serrano, E. (2008). La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa. *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, 47, 175-194.

Gray, M. (2004) *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature.* John Wiley & Sons.

Henriques, M.H., dos Reis, R.P., Brilha, J., Mota, T. (2011). Geoconservation as an Emerging Geoscience. *Geoheritage*, 3(2): 117-128.

Hjort, J., Tukiainen, H., Salminen, H., Kemppinen, J., Kiilunen, P., Snåre, H., Alahuhta, J., Maliniemi, T. (2022). A methodological guide to observe local-scale geodiversity for biodiversity research and management. *Journal of Applied Ecology*, 59(7): 1.756-1.768.

Parks, K.E., Mulligan, M. (2010). On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2751-2766.

Serrano Cañadas, E., Ruiz Flaño, P. (2007). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes Caracena (Soria). *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, 45, 79-98.

CONSIDERACIONES TERMINOLÓGICAS RELACIONADAS CON LA EVOLUCIÓN DE LAS INTERPRETACIONES SOBRE LA FORMACIÓN DEL SISTEMA CENTRAL IBÉRICO

ROBERTO GARCÍA ESTEBAN[1]

[1]*Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey, 7, Moncloa-Aravaca, 28040 Madrid, rgarcia@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0002-9683-8777*

Abstract: This communication presents a comprehensive overview of the most widely accepted interpretations regarding the origin and evolution of the Central System in the Iberian Peninsula. As the various hypotheses have developed over time, the terminology employed to explain them has also evolved. Consequently, several new terms have emerged over the past decades. In addition to synthesizing the evolution of interpretations concerning the genesis and development of this mountain range, this work proposes a critical discussion, and a terminological framework derived from specific terms that have been progressively introduced into geomorphological nomenclature—particularly within the field of structural geomorphology—which appear to require further clarification and standardization.

Keywords: Iberian Central System; horst; pop-up structure; structural geology; structural geomorphology

1. Introducción

El Sistema Central Ibérico o Hispano-Portugués está formado por alineaciones montañosas compuestas por materiales geológicos muy antiguos. Su configuración actual, con bloques elevados y hundidos, es resultado de una larga historia geológica cuyo origen se relaciona con dos orogenias principales, la Varisca (o Herciniana) y la Alpina, que se ha esquematizado, tradicionalmente, en fases: Antehercinianа, formación de la cordillera Herciniana, arrasamiento y situación Antealpina, y desarrollo de la tectónica Alpina.

Esta comunicación recopila y presenta las principales hipótesis sobre su formación y evolución tectónica y morfoestructural. Analiza y realiza las consideraciones terminológicas oportunas en la actualidad, derivadas de las diferentes posturas relacionadas con las interpretaciones correspondientes, principalmente, a la orogenia Alpina, refiriéndose, tanto a la historia geológica del Sistema Central Ibérico como a algunos de sus sectores más estudiados, como, por ejemplo, la Sierra de Guadarrama.

2. Origen y evolución tectónica y morfoestructural del Sistema Central Ibérico

2.1. La Orogenia Varisca. Generación de rocas metamórficas y plutónicas

Las explicaciones clásicas generales más aceptadas atribuyen el origen geológico del Sistema Central a los procesos tectónicos del plegamiento Hercínico o Varisco, que se desarrollaron desde el Devónico inferior (hace unos 350 Ma) hasta finales del Pérmico. La Orogenia Varisca afectó materiales precámbricos a paleozoicos, generando pliegues, cizallas dúctiles y metamorfismo. Inicialmente, hubo una fase compresiva con pliegues tumbados y cabalgamientos, interrumpiendo el estadio sedimentológico del mar de Thetys por el acercamiento de Laurasia y Gondwana. Posteriormente, hace unos 310 Ma (transición del Carbonífero inferior a medio), ocurrieron los plegamientos que afectaron, por ejemplo, a Guadarrama. Siguió un periodo de distensión entre el Westfaliense y el Pérmico (310 Ma a 270 Ma), caracterizado por una tectónica de fracturación, con sistemas de fracturas y diaclasas importantes en el Guadarrama central. Los cambios en presión y temperatura causaron procesos de metamorfismo. Se relaciona la intrusión de diques y granitos tardíos, actividad volcánica y la intrusión de plutones con estos sistemas de fracturas. Durante las fases tardihercínicas, el enfriamiento de los magmas formó plutones de rocas ácidas, principalmente granitos. Rocas plutónicas (granitoides) y metamórficas (gneises) dominan el conjunto. Al finalizar la orogenia Varisca, en el Pérmico, hubo un potencial de relieves emergidos debido a reajustes isostáticos. Sucedió una gran fase de inactividad tectónica durante el Mesozoico inferior y medio, dominada por la erosión continental de la cordillera.

2.2. Los grandes aplanamientos erosivos y transgresiones cretácicas

Durante el Mesozoico inferior y medio, el escenario era de una superficie erosionada inclinada hacia el este. El sector occidental de la Meseta no se sumergió, mientras que el oriental experimentó varias transgresiones y regresiones del mar Cretácico. Evidencias de estas invasiones marinas son la secuencia sedimentaria de la cobertera, depósitos marinos y carbonatos que se conservaron en algunas estribaciones del Sistema Central a pesar de la erosión posterior (De Vicente, 2009). Muestras de sedimentos cretácicos se encuentran en la Sierra de Guadarrama, en la fosa tectónica del Lozoya, con secuencias de arcillas, arenas, gravas, lutitas y carbonatos del Cretácico medio, y sedimentos de transgresión marina (carbonatos, lutitas, areniscas, dolomías) del Cretácico superior. Al final del Cretácico, se acumularon depósitos lacustres y yesos (Arenas et al., 1991; Bellido et al., 1991). Estas

secuencias forman relieves similares a cuestas (De Vicente et al., 1996). Posteriormente, después de esta etapa de tranquilidad tectónica las condiciones geológicas van a variar de nuevo con la orogenia Alpina que tendrán como consecuencia el levantamiento del actual sistema montañoso.

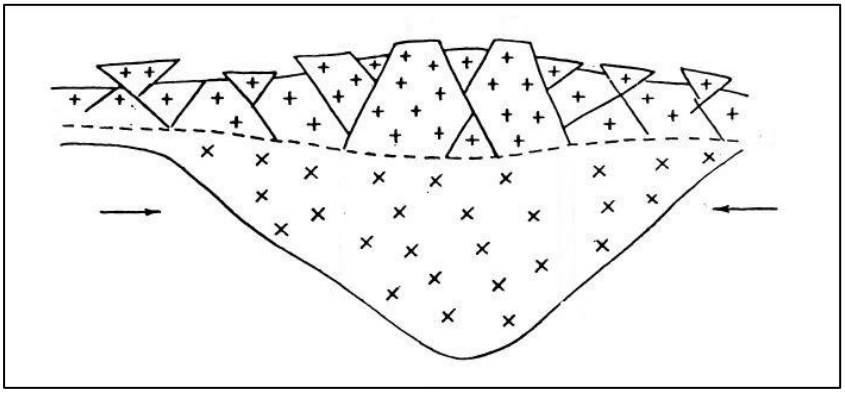
2.3. La tectónica Alpina

2.3.1 Interpretaciones clásicas

Desde principios del siglo XX, las interpretaciones clásicas de estas fases de deformación Alpina coincidían, de manera generalizada, en la organización estructural del Sistema Central como un sistema de bloques elevados y bloques hundidos (faultblock mountain o horst-block y grabens, respectivamente) separados por fallas y desgarres (Hernández Pacheco, E., 1923; Ubanell, 1994).

Este modelo estaría vigente hasta mediados de los setenta del siglo pasado y para el cual, este relieve germánico de bloques elevados y bloques hundidos comenzaría a configurarse ya en la edad miocena. Tras una primera fase Alpina de carácter compresivo durante el Oligoceno que afectaría al zócalo limitado por fallas inversas y plegaría suavemente la cobertera sedimentaria, a inicios del Mioceno se produce el levantamiento de los principales bloques que configuran el Sistema Central debido a la reactivación de las fallas, interpretados por estas posturas clásicas como consecuencia de ajustes isostáticos y fases de compresión-descompresión (Solé Sabarís, 1952; y Birot y Solé Sabarís, 1954), (Fig. 1).

Figura 1. Interpretación estructural del Sistema Central Ibérico a mediados del siglo pasado.



Fuente: Tomado de Birot y Solé Sabarís (1954).

De este modo, se produce también una desnivelación general formándose una sucesión de bloques fallados que van definiendo *horst* o macizos tectónicos y *grabens* o fosas tectónicas, por escalonamiento, donde las cumbres son modeladas por los agresivos sistemas morfogenéticos del Terciario y las fosas y cuencas se rellenan de sedimentos que formarán grandes abanicos aluviales. Esta desnivelación que produciría un hundimiento diferencial general entre ambas mesetas ya era señalado y relacionado incluso con los movimientos hercinianos póstumos de descompresión que dislocarían la antigua cordillera herciniana dejando el Sistema Central como un conjunto de bloques erguidos sobre ambas mesetas (Hernández-Pacheco, 1923 y 1932).

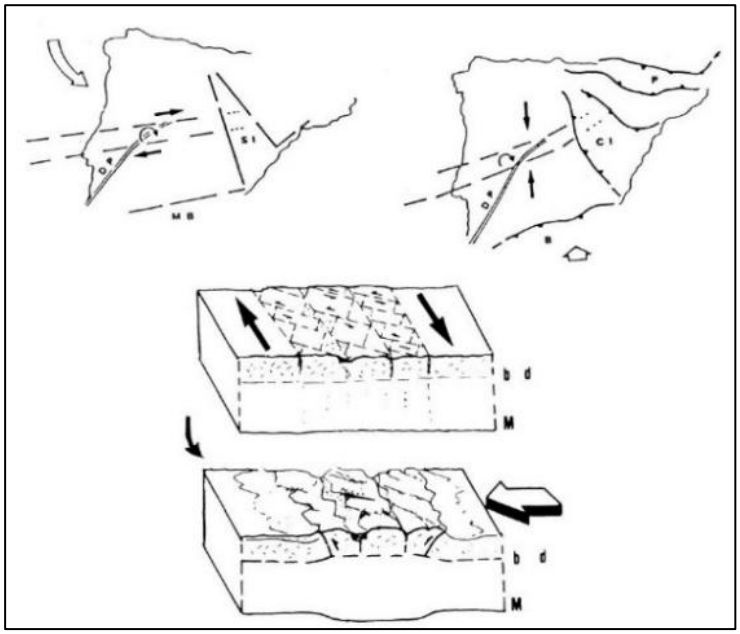
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.3.2 Interpretaciones recientes

Interpretaciones más recientes consideran la génesis del Sistema Central como un proceso de abombamiento regional de la corteza (Alía Medina, 1976). Basándose en estudios gravimétricos que no evidenciaban ningún engrosamiento apreciable de la corteza en el área del Guadarrama, ésta es considerada como un sistema montañoso sin raíces (Rosales et al., 1977). Durante el Paleógeno comenzaría la formación de una gran bóveda de forma elíptica y con orientación NE-SW respondiendo a los esfuerzos compresivos laterales, denominada por Alía Medina, (1976) como "Bóveda Castellano-Extremeña". En esta línea se explica la génesis del Sistema Central como una gran bóveda fruto de regímenes tectónicos compresivos que al cesar en la compresión durante el Mioceno produciría el hundimiento de unos bloques y el levantamiento de otros.

Este planteamiento fue posteriormente desarrollado por Portero García y Aznar Aguilera (1984) quienes sitúan el inicio del levantamiento del Sistema Central como un bloque elevado de forma romboidal (*rhomb horst*) y la aparición de fosas intramontañosas tipo *pull apart*, como la del Lozoya, formada por el hundimiento de bloques de forma romboidal (*rhomb graben*) durante los sucesivos episodios compresivos acontecidos durante el Oligoceno y Mioceno que habían comenzado en el Eoceno y que reactivarían las fracturas tardihercínicas. Durante el Mioceno medio-superior se producirían episodios de sedimentación Terciaria hacia los bordes. Pero el límite definitivo entre el sistema montañoso y las cuencas no sería establecido hasta el Plioceno con el acontecimiento de nuevas fases compresivas que afectaron aún más a la desnivelación de los bloques.

Figura 2. Modelo de "deformación distribuida".



Fuente: Vegas et al. (1986, 1990).

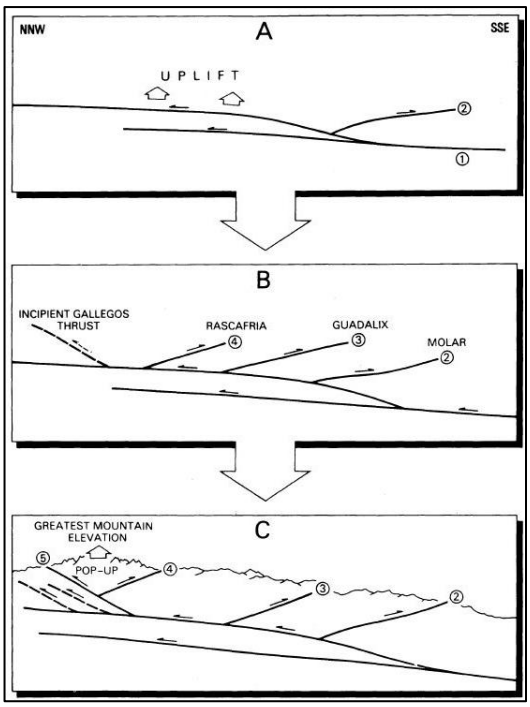
Esta interpretación sería de nuevo reinterpretada algunos años después por Vegas et al. (1986), Vegas y Suriñach (1987) y Vegas et al. (1990), quienes coinciden en una fase compresiva que comenzó en el Eoceno hasta la actualidad y que acabó configurando el relieve de este sistema montañoso, debido a la convergencia de placas tectónicas de Eurasia y África, en lo que se denomina como modelo

de "deformación distribuida", (Fig. 2). Basándose en estudios geológicos y geofísicos más recientes, primero apuntan a una primera fase anterior (Cretácico Superior-Paleógeno) con la translación de la placa Ibérica respeto a la de Eurasia, causando que las fallas actuaran como cizallas simples y originaran rotaciones dextrales en los bloques limitados por fallas (Vegas et al., 1990). Y segundo, según estos estudios y registros sísmicos, se reconoce un engrosamiento de la corteza bajo Gredos, pero extensible al resto del Sistema Central y, por lo tanto, a diferencia de Rosales et al. (1977) si se pudiera considerar como una macroestructura cortical con raíces. Señalan además un comportamiento diferencial entre el engrosamiento generalizado y arqueado de la corteza inferior de naturaleza dúctil y el engrosamiento de la corteza superior, frágil y que se habría levantado a través de bloques articulados por fallas inversas durante la fase compresiva que se inició en el Eoceno.

2.3.3 Últimas Interpretaciones

A partir de 1990, nuevas publicaciones aportan diferencias sustanciales con modelos anteriores. En líneas generales, y diferenciando varios sectores y estilos tectónicos, éstas van a interpretar el levantamiento del Sistema Central Ibérico como un gran "*pop-up*", que representaría el límite externo del sistema de estructuras compresivas asociadas al orógeno Bético vinculadas a la Tectónica Alpina, y como resultado de una "*thin-skin thrust tectonic*" (tectónica cabalgante de piel fina) que afectaría a la corteza superior, (Warburton y Álvarez, 1989), (Fig. 3). También Ribeiro et al. (1990), (Fig. 4), interpretan como un "*pop-up*" por la reactivación Alpina del basamento varisco del antepaís a través de fallas inversas con vergencia NW, asociado a la compresión Bética y un despegue o detachment profundo a lo largo de Moho. No obstante, la extrapolación de este modelo al resto del Sistema Central presenta dudas pues este modelo de "Despegue en el Antepaís Alpino" se basa en estudios realizados en el borde Atlántico de Portugal (Ubanell, 1994).

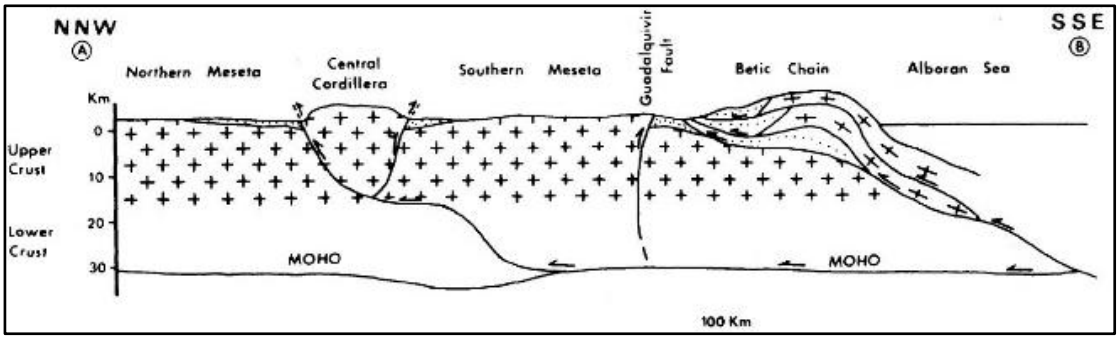
Figura 3. Despegues bajo el Sistema Central, según Warburton y Álvarez, (1989).



Fuente: Warburton, J., & Álvarez, C. (1989).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 4. Estructura del Sistema Central, según Ribeiro et alt. (1990)



Fuente: Ribeiro et alt. (1990).

Actualmente, se sitúa el Cenozoico como la edad de formación del relieve del Sistema Central, fundamentalmente durante el Oligoceno-Mioceno Inferior como consecuencia de los esfuerzos compresivos intraplaca que ocasionaron una serie de cabalgamientos que levantaron el basamento varisco sobre las cuencas de Duero y Madrid en un sistema de *pop-up* y *pop-down* (bloque levantado y bloque hundido, respectivamente, entre dos cabalgamientos de vergencia contraria). Así se configura, por ejemplo, la actual estructura morfotectónica específica que presenta el sector de la Sierra de Guadarrama dentro del conjunto evolutivo de la macroestructura o unidad tectónica común del Sistema Central Hispano-Portugués. Mientras que los cabalgamientos activos ya sólo se detectan en la parte más occidental de esta cadena intraplaca, en el tramo portugués (De Vicente, 2019). Se aprecia además una disposición asimétrica entre los bordes N y S que delimitan esta cadena antepaís o intraplaca: en el sur, básicamente mediante una gran falla (el Cabalgamiento del Borde Sur, con un salto vertical de más de 5 km), mientras que, en el norte, aparece más repartida mediante una serie de cabalgamientos imbricados de piel gruesa (*thick-skin thrust tectonic*), (De Vicente, 2009). Igualmente, tras las fases alpinas las dos cuencas quedaran a diferentes altitudes, permaneciendo la norte más elevada y como consecuencia de ello, un incremento e intensificación de la erosión fluvial en la zona meridional debido al menor nivel de base de la cuenca de Madrid.

3. Estado actual de la cuestión

El estado actual de la cuestión se enfoca en detallar y precisar los últimos modelos, datando y cuantificando el levantamiento del Sistema Central y determinando el origen del campo de esfuerzos durante la compresión Alpina en la Península Ibérica. Aunque sigue habiendo una carencia de perfiles sísmicos completos y sistemáticos, los estudios se basan en su mayoría en el avance de las técnicas geológicas y geofísicas: análisis de anomalías gravimétricas, modelos análogos litosféricos simulados en laboratorio con diversos materiales, estudio de cuencas sedimentarias (de rampa abierta, *open ramp basins*, de los bordes e intramontanas), y métodos de termocronología de baja temperatura. Las cuencas sedimentarias son vitales por la información que contienen, permitiendo interpretar tasas de levantamiento, hundimiento y erosión mediante curvas de subsidencia/edad (*backstripping curves*). La termocronología, como el análisis de huellas de fisión en apatitos. Huellas de fisión espontánea en minerales ricos en uranio que se borran si el cristal supera los 160 °C y se expresan en gráficas edad/temperatura a través de los cuales se pueden detectar movimientos de elevación u hundimiento.

4. Consideraciones terminológicas y conclusiones

Observando y analizando la evolución de estas interpretaciones se aprecia similitudes y diferencias entre las diferentes terminologías empleadas para referirse a los *bloques elevados* y *bloques hundidos* que forman las estructuras de esta cadena montañosa. Desde los bloques elevados y bloques hundidos que forman macizos y fosas tectónicas, denominados por las interpretaciones clásicas como *horsts* y *grabens*, respectivamente, hasta el sistema de *pop-up* y *pop-down*, como bloque levantado y bloque hundido, entre dos cabalgamientos de vergencia contraria, como resultado de una "*thin-skin thrust tectonic*" (tectónica cabalgante de piel fina) que afectaría a la corteza superior. Pasando por otras terminologías que atribuyen una forma romboidal al bloque elevado (*rhomb horst*) y al hundido (*rhomb graben*), con la aparición de otra terminología para denominar la aparición de fosas intramontañosas tipo *pull apart*, como la del Lozoya.

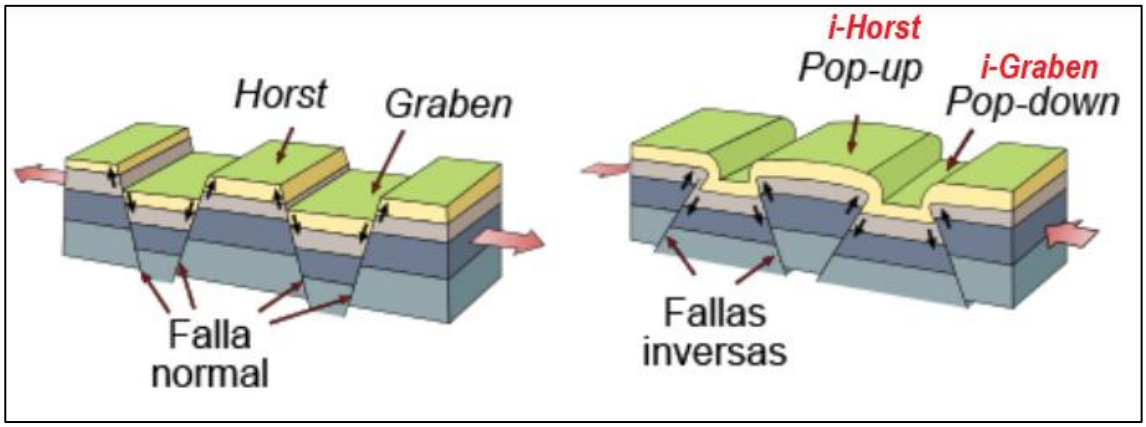
En geología estructural, tanto los *horsts* y *grabens*, como las estructuras *pop-up* y *pop-down,* son formas de relieve resultantes de la actividad tectónica, pero difieren significativamente en su geometría, mecanismos de formación y contexto tectónico. Por definición y contexto tectónico en el que se forman, un *horst* es un bloque elevado de la corteza terrestre limitado por fallas normales a ambos lados. Se forma en ambientes tectónicos extensionales, donde la litosfera se estira y se adelgaza. Los bloques adyacentes al *horst*, llamados *graben*, se hunden mientras el *horst* permanece elevado o se levanta ligeramente. Una estructura *pop-up* (o "levantamiento por empuje") es un bloque elevado entre dos fallas inversas convergentes o de cabalgamiento. Se forma en contextos compresivos, como los márgenes convergentes de placas, donde los esfuerzos tectónicos empujan los bloques centrales hacia arriba como resultado de la compresión. Por ello, los *horsts*, frecuentes en regiones con tectónica extensiva, tiene un perfil simétrico o asimétrico, pero su forma suele ser más rectilínea, mientras que las estructuras *pop-up/pop-down* son comunes en cinturones de pliegues y cabalgamientos.

Esta comunicación plantea el debate sobre el acierto o no de la aparición de esta nueva terminología en la literatura científica que ha venido apareciendo desde principios de siglo en trabajos sobre algunos sectores de este sistema montañoso equiparando ambos términos.

A este respecto, sobre interpretaciones clásicas, hay que señalar que, aunque estas aportaciones fueron de gran importancia para el conocimiento morfoestructural de algunos sectores del Sistema como la Sierra de Guadarrama, con los conocimientos geológicos y geofísicos actuales ambos modelos están descartados. Por este motivo, algunos autores consideran que los términos *horst* y *graben*, tradicionalmente empleados en tectónica para describir bloques limitados por fallas normales, deberían de dejar de utilizarse al referirse a los bloques elevados y hundidos presentes en este sistema montañoso.

No obstante, a pesar de estas propuestas, el uso de los términos *horst* y *graben* sigue estando ampliamente extendido y empleado en la actualida. Lo cierto es que la terminología inglesa disponible (*pop- up* y *pop-down*) resulta, en muchos casos, demasiado genérica, y la fuerte tradición en el uso de estos conceptos (*horst* y *graben*) dificulta su abandono. Como conclusión y posible alternativa, una solución podría ser la incorporación de sufijos que indiquen el tipo de falla responsable de la estructura, ya que es este el rasgo más sobresaliente en su diferenciación terminológica: por ejemplo, *i-horst* para bloques elevados por fallas inversas y *n-horst* o simplemente *horst*, para los generados por fallas normales, (Fig. 5), como ya se ha apuntado en algunas publicaciones recientes (García-Esteban, 2022, pág. 132).

Figura 5. Propuesta terminológica para *horst* y estructuras *pop-up (i-Horst)*.



Fuente: Elaboración propia a partir de Wikipedia Common.

5. Referencias bibliográficas

Alía Medina, M. (1976). Una megaestructura de la Meseta Ibérica: la Bóveda Castellano-Extremeña. *Estudios Geológicos*, *32*(2), 229–238.

Arenas Martín, R., Fúster, J. M., Martínez, J., Del Olmo, A., & Villaseca, E. (1991). *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, Segovia (483)*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Bellido, F., Escuder, J., Klein, E., & Del Olmo, A. (1991). *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, Buitrago de Lozoya (484)*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Birot, P., & Solé Sabarís, L. (1954). *Investigaciones sobre morfología de la Cordillera Central Española*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Juan Sebastián Elcano.

De Vicente, G., González-Casado, J. M. & Benjamín de la Viña, F. J. (1996). Evolución Alpina del Sistema Central Español. En M. Segura, I. Bustamante, & T. Bardají (Eds.), *Itinerarios geológicos desde Alcalá* (pp. 141–151). Universidad de Alcalá. IV Congreso Geológico de España.

De Vicente, G. (2009). Guía ilustrada de los cabalgamientos alpinos en el Sistema Central. *REDUCA (Geología)*, *1*(1).

De Vicente, G., Muñoz-Martín, A., Olaiz, A. J., Vegas, R.; Antón López, L., Martín-Velázquez, S., Giner-Robles, J., Rodriguez-Pascua, M. (2019). La Deformación Alpina En El Sistema Central Español. Geo-Guías, 11 (11), 299-308.

García-Esteban, R. (2022). Summit typology and detailed geomorphological landscape units mapping through the application of direct and indirect methods: A case study in the Sierra de Guadarrama National Park, Spain. *Cuaternario y Geomorfología, 36*(1–2), 129–157. https://doi.org/10.17735/cyg.v36i1-2.89468

Hernández Pacheco, E. (1923). Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Salamanca*, Tomo 2.

Hernández Pacheco, E. (1932). *Síntesis fisiográfica y geológica de España. Trabajos del Museo de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, *38*, 1–584.

Portero García, J. M., & Aznar Aguilera, J. M. (1984). Evolución morfotectónica y sedimentaciones terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo). En *Actas del I Congreso Español de Geología* (Vol. III, pp. 253–263). Segovia.

Ribeiro, A., Kullberg, M. C., Kullberg, J. C., Manuppella, G., & Phipps, S. (1990). A review of alpine tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics, 184*, 357–366.

Rosales, F., Carbo, A., & Cadavid, S. (1977). Transversal gravimétrica sobre el Sistema Central e implicaciones corticales. *Boletín Geológico y Minero*, *88*, 567–573.

Solé Sabarís, L. (1952). Geografía física de España. En M. de Terán (Ed.), *Geografía de España y Portugal* (T. 1, p. 487). Muntaner y Simón.

Ubanell, A. G. (1994). Los modelos tectónicos del Sistema Central Español. *Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, *19*, 249–260.

Vegas, R., Vázquez, J. T., & Marcos, A. (1986). Tectónica y morfogénesis en el Sistema Central Español: Modelo de deformación intracontinental distribuida. *Geogaceta*, *1*, 24–25.

Vegas, R., & Suriñach, E. (1987). Engrosamiento de la corteza y relieve intraplaca en el centro de Iberia. *Geogaceta*, *2*, 40–42.

Vegas, R., Vázquez, J. T., Suriñach, E., & Marcos, A. (1990). Model of distributed deformation, block rotations and crustal thickening for the formation of the Spanish Central System. *Tectonophysics*, *184*, 367–378.

Warburton, J., & Álvarez, C. (1989). A thrust tectonic interpretation of the Guadarrama Mountains, Spanish Central System. En *Libro Homenaje a Rafael Soler* (pp. 147–155). Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo (AGGEP).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

DINÁMICA GEOMORFOLÓGICA POST-INCENDIO Y FLUJO DE DERRUBIOS EN UNA VERTIENTE DEL SISTEMA CENTRAL

ÁLVARO GÓMEZ-GUTIÉRREZ[1]

MANUEL SÁNCHEZ FERNÁNDEZ[1]

SUSANNE SCHNABEL[1]

FRANCISCO LAVADO CONTADOR[1]

FRANCISCO CASTAÑO-MARTÍN[1]

DANIEL NEVADO CEBALLOS[1]

[1]*Instituto Universitario de Investigación para el Desarrollo Territorial Sostenible, Universidad de Extremadura, avda. de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, España, alvgo@unex.es, https://orcid.org/0000-0002-2337-2638*

Abstract: Debris flows (DFs) pose a significant hazard to populations and infrastructure in mountainous regions, particularly in the Mediterranean region where predisposing factors such as intense rainfall, frequent wildfires, topography, and a long history of dynamic land use converge. This study investigates the geomorphological dynamics of a hillslope in the Spanish Central System that experienced a wildfire in 2016 and a DF in 2019. To achieve this, four LIDAR datasets (three from CNIG and one acquired by a UAS-LIDAR system) were utilized to calculate three-dimensional changes spanning the period from 2011 to 2024. Additionally, precipitation data and other cartographic products, including orthophotographs, a connectivity index, and digital elevation models, were employed to complement the analysis. Between 2011 and 2018, widespread hillslope lowering was observed due to sheet erosion exacerbated by the 2016 fire. In 2019, a shallow landslide evolved into a DF, mobilizing 2,867 m^3 of regolith and unconsolidated material. From 2023 to 2024, stabilization was noted in the upper hillslope, while the lower part continued to experience erosion. The DF increased hydro-sedimentary connectivity, particularly within the scarp and channel, fragmenting drainage through the formation of discontinuous levees and rills parallel to the channel, and partially blocking the stream at the hillslope toe. A new intensity-duration threshold was established using precipitation data. Our findings indicate that relatively common precipitation events (with a 5-year return period) can trigger DFs in wildfire-affected areas, significantly altering hydro-sedimentary connectivity, even several years after the fire.

Keywords: Debris flow, hillslope, geomorphic change, wildfire, LIDAR.

1. Introducción

Los Flujos de Derrubios (FD) son un factor modelador de vertientes en zonas montañosas e implican importantes riesgos para las infraestructuras y la población que habita estos lugares. De forma específica, en la región mediterránea, los FD son bastante comunes al darse diversas circunstancias que favorecen este fenómeno (por ejemplo, la topografía intrincada, los cambios en los usos del suelo y la cubierta vegetal y las precipitaciones intensas). Los cambios en la cubierta vegetal son un factor clásico de inestabilidad en dichos ambientes (García-Ruiz et al., 2013). Los efectos negativos de los FD van más allá de los mencionados daños a infraestructuras y población. In situ, existe una degradación del suelo que pierde sus capas más superficiales y una alteración de la conectividad hidro-sedimentaria de la vertiente. En las zonas de deposición, se produce una destrucción del hábitat y de la biodiversidad, así como alteraciones o bloqueos en la red de drenaje, fomentando la erosión aguas abajo o las inundaciones cuando el dique formado por los sedimentos se rompe (Dang et al., 2013). Finalmente, también se produce un incremento repentino de sedimentos en el flujo que puede alterar la calidad del agua (Nyman et al., 2013). Pese a estas consecuencias, el proceso de formación y desarrollo de FD sigue presentando algunas incógnitas. Muchos de los FD se forman justo después de un incendio y a consecuencia de un incremento en la escorrentía superficial (Cannon et al., 2001; García-Ruiz et al., 2013). Sin embargo, algunos autores también observado el desarrollo de FD asociados a deslizamientos poco profundos propiciados por saturación años después de la perturbación debida al fuego (Rengers et al., 2020). Dilucidar el mecanismo de inicio, así como la dinámica del FD es crucial para minimizar los riesgos y priorizar los trabajos de restauración tras un incendio forestal. Una de las principales limitaciones para alcanzar dicha comprensión es la dificultad de realizar un seguimiento del proceso de forma detallada en el tiempo debido a su naturaleza episódica, ya que desconocemos dónde y cuándo tendrá lugar (Rom et al., 2023). Sin embargo, en los últimos años hemos asistido a un incremento en la disponibilidad de datos topográficos de alta resolución espacial (por ejemplo el programa PNOA-LIDAR del Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG) y en el instrumental y técnicas disponibles para su adquisición, que ahora es más barato y ofrece mejores prestaciones: Los sistemas LIDAR a bordo de vehículos aéreos no tripulados (UAS-LIDAR), los sistemas LIDAR terrestre (TLS) o la fotogrametría automatizada (SfM-MVS).

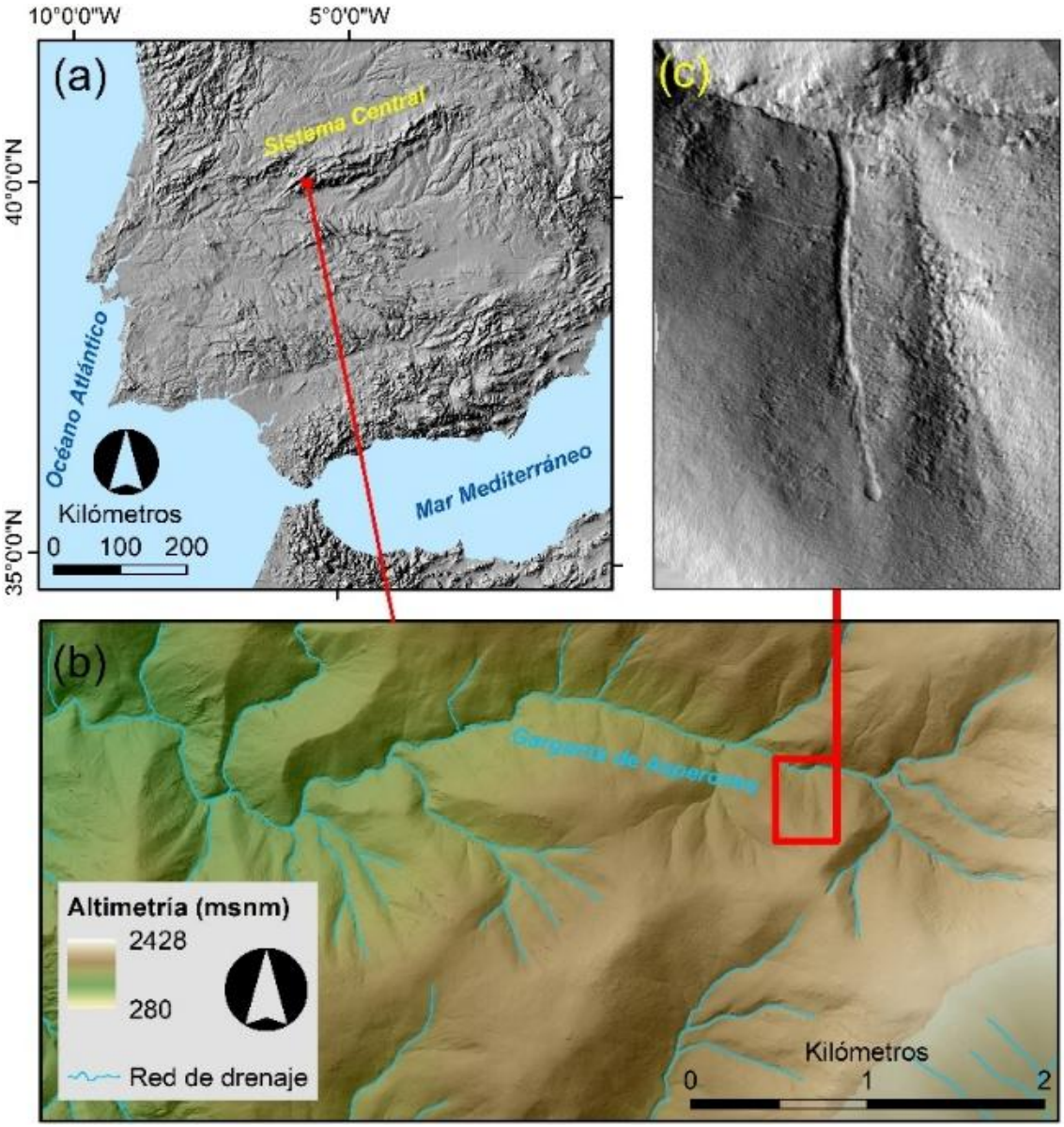
Los objetivos de este trabajo son analizar en detalle la dinámica de una vertiente que sufrió un incendio forestal en 2016 y un FD tres años más tarde, así como analizar los cambios en la conectividad hidro-sedimentaria de dicha vertiente tras el incendio y el FD, utilizando los datos LIDAR que ofrece el CNIG y datos propios adquiridos con un sistema UAS-LIDAR.

2. Área de estudio

La vertiente estudiada se localiza en el Sistema Central, dentro del Valle del Río Jerte, de hecho, la vertiente drena a la Garganta Asperones. El clima es mediterráneo con influencia continental con una temperatura media anual de 8ºC y una precipitación anual de 1400 mm, concentrándose principalmente en otoño y primavera y produciéndose ocasionalmente en forma de nieve. La litología está formada por granitos hercínicos muy plegados, fracturados y desplazados. Existe un manto de material meteorizado sobre el granito fracturado (Palacios et al., 2003; Ruiz-Villanueva et al., 2011). También existen en algunas depresiones de las vertientes depósitos de material no consolidado. La vertiente estudiada sufrió un incendio en agosto de 2016 que eliminó la cubierta vegetal preexistente (piorno serrano y brezo común).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Localización del Sistema Central (a), la Garganta Asperones y la ladera estudiada sobre el MDE (b) y el modelo digital de sombras de la ladera objeto de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3. Metodología

Cuatro conjuntos de datos LIDAR se han empleado para analizar la dinámica de la vertiente. Los tres primeros fueron proporcionados por el CNIG y adquiridos los años 2011, 2018 y 2023 mientras que el último fue adquirido en octubre de 2024 empleando un sistema UAS-LIDAR (DJI Matrice 300 RTK con Zenmuse L1). Todas las nubes de puntos de puntos fueron co-registradas a la adquirida con el UAS-LIDAR empleando elementos estables del paisaje. La dinámica de la vertiente se abordó empleando el algoritmo Multiscale Model-to-Model Cloud-Comparisom (M3C2; Lague et al., 2013) que permite estimar cambios en un entorno plenamente tridimensional. Para el cálculo del volumen de los cambios se proyectaron las distancias M3C2 sobre los planos de mejor ajuste a la nube de puntos en la vertiente y en el cauce y se llevó a cabo una rasterización. Además de las nubes de puntos, se

emplearon los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) de 2011, 2018, 2023 y 2024 para generar modelos digitales de sombras que junto con ortofotografías aéreas de alta resolución espacial facilitaron la creación de cartografía geomorfológica, la interpretación de los procesos y el cálculo del índice de conectividad hidrosedimentaria para cada fecha. Se empleó el índice definido por Cavalli et al. (2013) que modifica el originalmente propuesto por Borselli et al. (2008).

El análisis de la precipitación se llevó a cabo con datos de la estación meteorológica de Valdastillas, situada a 19 km del área de estudio. La resolución temporal es de 30 m y se empleó un pluviómetro ARG100 (Campbell) y la serie de 2011-2024 que cubre el periodo de estudio. Se estimó el umbral Intensidad-Duración necesario para desencadenar un FD empleando la ecuación $I=aD^{-b}$ (Caine, 1980), siendo I la intensidad, D la duración y a y b valores empíricos que varían en función de la zona de estudio. En nuestro caso, mantuvimos el exponente $-b$, y usamos la ecuación de Ruiz-Villanueva et al. (2011) para producir un umbral adaptado a zonas donde la cubierta vegetal se ha perdido debido a un incendio.

4. Resultados

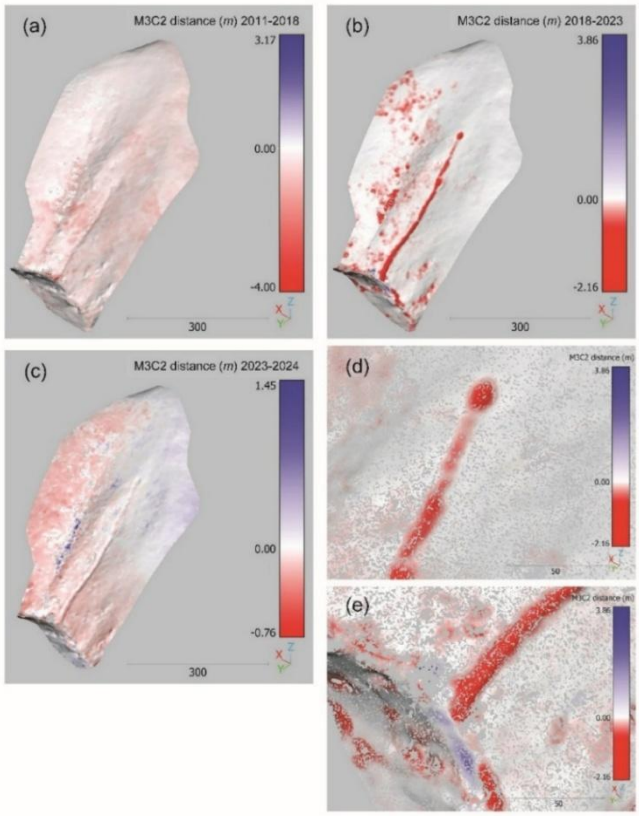
La vertiente mostró una dinámica erosiva durante el primer periodo (2011-2018; Fig. 2), debida a la erosión laminar y típica de vertientes de elevada pendiente que han sufrido perturbaciones relevantes como el incendio de 2016. Durante el segundo periodo, 2018-2023, se produjeron importantes cambios en la vertiente. El 20 de diciembre tuvo lugar un deslizamiento superficial que evolucionó hacia un FD formando un canal de 311 m desde la zona del escarpe del deslizamiento hasta la Garganta Asperones, donde acumuló una parte de los 2.867 m^3 que movilizó el FD (Fig. 2). Durante este segundo periodo se registró una erosión neta en la vertiente de 5.307 m^3, de los que el 54% se corresponden con el material movilizado por el FD. Durante el tercer periodo (2023-2024) la parte superior del canal formado por el FD se estabilizó mientras que la erosión continuó en la parte inferior.

El evento de precipitación que ocasionó el FD comenzó el 15 de diciembre de 2019 y se extendió hasta el 20, acumulando una precipitación total de 145 mm (periodo de retorno de 5 años). Los datos de precipitación permitieron obtener un nuevo umbral I-D para la zona de estudio bajo condiciones de cubierta vegetal degradada, que resultó sustancialmente inferior a los previamente establecidos (Fig. 3).

Por lo que respecta a la conectividad hidrosedimentaria, los mapas elaborados mostraron importantes modificaciones introducidas por el FD entre 2018 y 2023. En primer lugar, el cauce incrementó la conectividad de la parte central de la vertiente, pero a su vez desconectó las partes laterales ya que desarrolló levees discontinuos flanqueando el cauce del FD. Finalmente, el material de mayor tamaño depuesto bloqueó el cauce de la Garganta de Asperones.

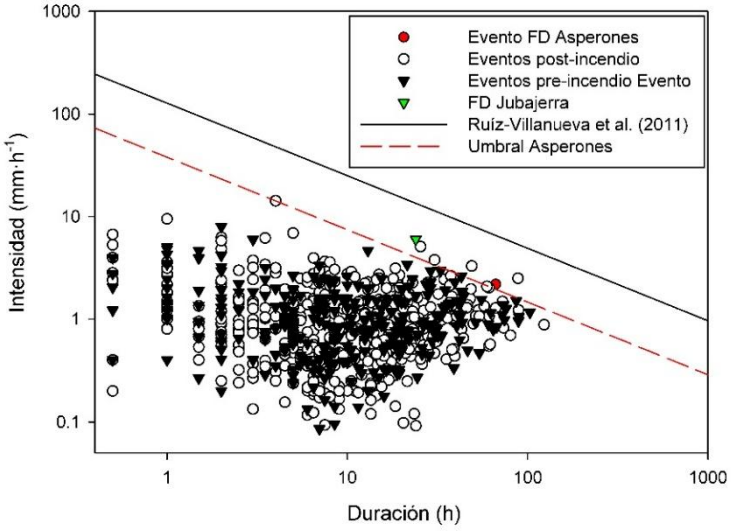
 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Distancias M3C2 para el periodo de (a) 2011.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Intensidad-Duración de los eventos registrados durante el periodo de estudio (2011-2024) en la estación meteorológica de Valdastillas diferenciando aquellos que se produjeron antes y después del incendio y con el evento que dio lugar al FD de Asperones en rojo. También se incluye el umbral calculado por Ruiz-Villanueva et al. (2011) y un evento previo en la zona sobre una vertiente no quemada (Jubajerra).



Fuente: Elaboración propia.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

5. Conclusiones

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio detallado de una ladera en el Sistema Central que se vio afectada por un incendio forestal y posteriormente por un FD. Se han integrado datos de diferentes fuentes y se documenta por primera vez un FD relacionado con un incendio en este sistema montañoso. Se presenta un nuevo umbral regional I-D de precipitación para el desarrollo de FD bajo las mencionadas circunstancias, mostrando que incluso eventos de lluvia relativamente comunes pueden desencadenar FD y que esto puede suceder varios años después del incendio.

Se han documentado y cuantificado diversos procesos geomorfológicos en la ladera: erosión laminar post-incendio, un deslizamiento superficial que evolucionó a FD y que tuvo lugar 3 años después del incendio y la estabilización del a parte superior del FD. La aplicación de nubes de puntos y técnicas plenamente tridimensionales como la distancia M3C2 permitieron la comprensión de los procesos. Nuestros hallazgos demuestran que el incendio forestal ha inducido cambios a largo plazo en la ladera, alterando significativamente la conectividad hidro-sedimentaria y manteniendo las tasas de erosión elevadas.

6. Referencias bibliográficas

Borselli, L., Cassi, P., & Torri, D. (2008). Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment [Article]. *Catena*, *75*(3), 268-277. https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.006

Caine, N. (1980). The Rainfall Intensity: Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flows. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, *62*(1/2), 23-27. https://doi.org/10.2307/520449

Cannon, S. H., Kirkham, R. M., & Parise, M. (2001). Wildfire-related debris-flow initiation processes, Storm King Mountain, Colorado. *Geomorphology*, *39*(3), 171-188. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00108-2

Cavalli, M., Trevisani, S., Comiti, F., & Marchi, L. (2013). Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments [Article]. *Geomorphology*, *188*, 31-41. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.05.007

Dang, C., Chu, N. N., & Cheng, Z. L. (2013). The Formation of Debris Flow Dams: Geomorphic Setting and Influential Factors. *Advanced Materials Research*, *807-809*, 1666-1670. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.807-809.1666

García-Ruiz, J. M., Arnáez, J., Gómez-Villar, A., Ortigosa, L., & Lana-Renault, N. (2013). Fire-related debris flows in the Iberian Range, Spain. *Geomorphology*, *196*, 221-230. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.03.032

Lague, D., Brodu, N., & Leroux, J. (2013). Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *82*, 10-26. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.009

Nyman, P., Sheridan, G. J., & Lane, P. N. J. (2013). Hydro-geomorphic response models for burned areas and their applications in land management. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, *37*(6), 787-812. https://doi.org/10.1177/0309133313508802

Palacios, D., García, R., Rubio, V., & Vigil, R. (2003). Debris flows in a weathered granitic massif: Sierra de Gredos, Spain. *Catena*, *51*(2), 115-140. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00094-2

Rengers, F. K., McGuire, L. A., Oakley, N. S., Kean, J. W., Staley, D. M., & Tang, H. (2020). Landslides after wildfire: initiation, magnitude, and mobility. *Landslides*, *17*(11), 2631-2641. https://doi.org/10.1007/s10346-020-01506-3

Rom, J., Haas, F., Hofmeister, F., Fleischer, F., Altmann, M., Pfeiffer, M., . . . Becht, M. (2023). Analysing the Large-Scale Debris Flow Event in July 2022 in Horlachtal, Austria Using Remote Sensing and Measurement Data. *Geosciences*, *13*(4), 100. https://www.mdpi.com/2076-3263/13/4/100

Ruiz-Villanueva, V., Bodoque, J. M., Díez-Herrero, A., & Calvo, C. (2011). Triggering threshold precipitation and soil hydrological characteristics of shallow landslides in granitic landscapes. *Geomorphology*, *133*(3), 178-189. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.05.018

DINÁMICA HIDROLÓGICA DE DOS CUENCAS TORRENCIALES PERIURBANAS ANTE EVENTOS EXTREMOS (MÁLAGA, ESPAÑA)

PALOMA HUESO-GONZÁLEZ [1, 2]

JOSÉ ANTONIO SILLERO-MEDINA [1, 2]

MARIO MENJÍBAR-ROMERO [1, 2]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ-SINOGA [1, 2]

[1]Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad den Málaga. phueso@uma.es ORCID 0000-0002-2554-0041; jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; mariomenjibar@uma.es ORCID 0000-0001-9261-4445; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881.

[2]Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.

Abstract: Recent episodes of DANAs have highlighted the fragility of certain Mediterranean coastal and pre-coastal areas. This vulnerability stems from the spatial and temporal convergence of chaotic land-use planning and the occurrence of extreme rainfall events of exceptional intensity. The territorial consequences vary significantly depending on the interaction between these two factors. This study analyzes the hydrological behavior of two small torrential catchments where specific forest-hydrological interventions have been implemented to mitigate potential impacts on the city of Málaga, whose urban center lies just 100 meters downstream from these basins. Comparing the hydrological response of two Mediterranean torrential basins with differing forest-hydrological treatments involves the evaluation of various hydrological and environmental indicators. Differences in these interventions can influence infiltration capacity, runoff velocity, sediment retention, and the volume of water reaching the stream channels, among other factors. The findings suggest that revegetation and the construction of retention check dams are among the most effective measures for improving the hydrological performance of Mediterranean torrential basins. Under extreme precipitation events, the Arroyo Hondo basin—reforested at its headwaters and equipped with erosion control structures—demonstrates superior infiltration capacity, reduced surface runoff, lower sediment load, and attenuated peak flows compared to the Arroyo de Mendelín basin. In the latter, more recent interventions are not yet fully functional, and the reforestation efforts are expected to yield hydrological benefits within 25–30 years. Consequently, this basin currently exhibits higher surface runoff, greater peak discharges, increased erosion, and sediment transport, thereby elevating the risk of downstream flooding.

Keywords: climate change, torrential rainfall, hydrological modelling, mediterranean, DANA.

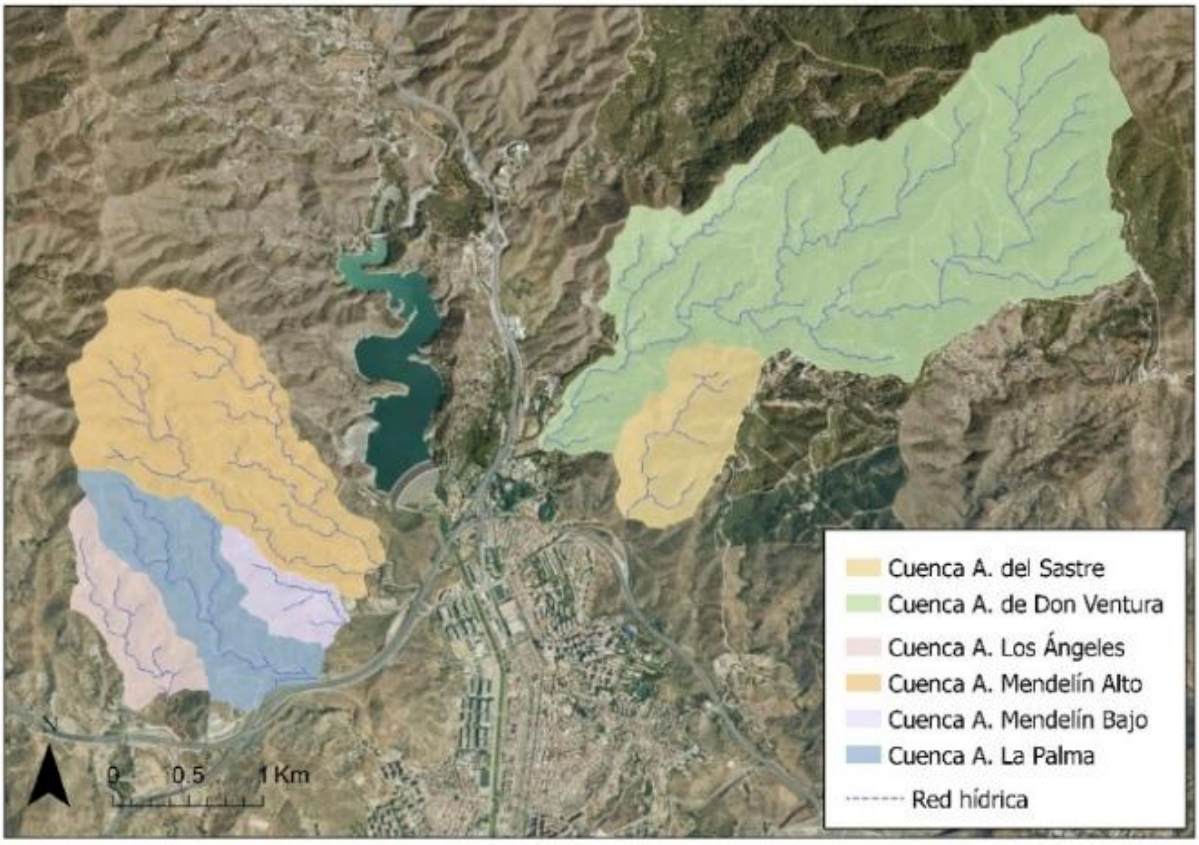
1. Introducción

Determinar los caudales de avenida en cuencas urbanas mediterráneas es crucial debido a la exposición de estas áreas a inundaciones repentinas y sus impactos significativos en la infraestructura y la vida humana. Los recientes acontecimientos en el litoral mediterráneo nos muestran una extrema afección relacionada con la fenomenología torrencial, con lluvias intensas y repentinas que requieren de una gestión cuidadosa para mitigar los riesgos de inundación. Como se ha comprobado, por diversos factores, las áreas mediterráneas son especialmente susceptibles a este tipo de inundaciones que pueden causar daños devastadores a propiedades e infraestructuras, así como pérdidas de vidas humanas (Rozalis et al., 2010; Ibarra, 2012; Romero González & Camarasa Belmonte, 2025), por lo que es de suma importancia la determinación, calibración y ajuste de los caudales de avenida de unas ramblas extraordinariamente agresivas. Y esto se debe a que si bien, en el último medio siglo se ha observado un aumento en las precipitaciones extremas en algunas áreas, no siempre se ha traducido en inundaciones más severas, precisamente por el papel de las características geográficas e infraestructurales de las zonas de afección. Sin embargo, la crisis climática sigue siendo un factor de preocupación debido a su potencial para intensificar eventos de lluvia extrema (Tramblay et al., 2019; Tramblay & Somot, 2018; Thober et al., 2017; Romero González & Camarasa Belmonte, 2025). La expansión urbana y el cambio en el uso del suelo han aumentado la peligrosidad a las inundaciones en las zonas costeras mediterráneas. La urbanización intensifica el riesgo al modificar los sistemas de drenaje naturales y aumentar el escurrimiento superficial (Ibarra, 2012; García-Botella & Ramón-Morte, 2023), de ahí la necesidad de integrar soluciones basadas en la naturaleza con infraestructuras tradicionales para reducir significativamente los caudales pico y los volúmenes de escorrentía, ayudando a mitigar los efectos de las inundaciones en áreas urbanas (Sciuto et al., 2024). El uso de estrategias de monitorización y simulación, de modelos hidrológicos y datos de radar de lluvia ha demostrado ser eficaz en la predicción de inundaciones repentinas, especialmente en eventos de tormentas convectivas intensas y de corta duración (Rozalis et al., 2010), más que las estimaciones basadas en los clásicos periodos de retorno. Por lo tanto, determinar los caudales de avenida en cuencas urbanas mediterráneas es esencial para gestionar el riesgo de inundaciones, especialmente en el contexto de la urbanización y el cambio climático. En este sentido, el presente trabajo aborda el comportamiento hidrológico de dos pequeñas cuencas periurbanas en las que se han llevado a cabo determinadas actuaciones hidrológico-forestales a efectos de prevenir las consecuencias en Málaga capital, cuyo casco urbano se sitúa apenas a 100 m aguas abajo de las mismas.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

Figura. 1. Mapa de localización.



Fuente: Elaboración propia

Las cuencas objeto del presente estudio, aguas debajo de la presa del Limonero (Málaga), se extienden por un total de 17,55 kilómetros cuadrados, ocupando zonas muy heterogéneas como el sector más meridional del Parque Natural de los Montes de Málaga, áreas cultivadas y gran parte de la ciudad de Málaga (Figura 1). Geomorfológicamente, se ubican en el sector de dominio metamórfico, con presencia de rocas muy impermeables donde el arrastre es el mayor agente erosivo. Se trata de un área de pendientes elevadas donde una gran cantidad de sedimentos se transportan y depositan en las zonas del fondo del valle, especialmente en eventos de fuertes crecidas que evacúan hacia el Mediterráneo. Por tanto, la morfología del río queda determinada por esta fisiografía del terreno y por la dinámica erosiva, siendo un curso de agua fuertemente encajado entre las laderas de las montañas hasta la ciudad de Málaga, donde este se encuentra canalizado de forma artificial como medida para evitar posibles episodios de avenidas.

2.2. Fuentes de información

Para este estudio se ha utilizado información hidrometeorológica: (i) de la red SAIH, en concreto la referida a la precipitación cincominutal y horaria; (ii) de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

para la precipitación diaria. Además, para la caracterización eco-geomorfológica de las cuencas hidrográficas, se han utilizado una serie de variables ambientales obtenidas de la REDIAM (Junta de Andalucía).

2.3. Modelización hidrológica

La modelización hidrológica (cálculo de caudales sólidos y líquidos) de las cuencas analizadas se llevó a cabo conforme a la metodología descrita por Sillero-Medina y Ruiz-Sinoga (2023). Para cada cuenca se estimaron los caudales de avenida y las tasas de emisión de sedimentos, considerando cuatro eventos de precipitación tipo (véase Tabla 1). Con este propósito, se utilizaron los softwares ArcGIS Pro 10.8, mediante su módulo de hidrología, y HEC-HMS versión 4.3, para la generación de los correspondientes hidrogramas.

Tabla 1. Información hidrológica en las cuencas y escenarios analizados.

ESCENARIO	NOMBRE DEL EVENTO	PP TOTAL RECOGIDA	I_{max}	FECHA
1	TURÍS	748,60	42 / 10 min	29-10-2024
2	CHIVA	490,20	122,00 / 60 min	29-10-2024
3	SANTO PITAR	156,20	49,80 /60 min	13-11-2024

Fuente: Red SAIH y AEMET. Elaboración propia.

3. Resultados

Los resultados obtenidos mediante la modelización hidrológica de los tres eventos tipo analizados en cada una de las cuencas vertientes al cauce principal del río Guadalmedina, en el área periurbana de la ciudad de Málaga, permiten caracterizar los caudales líquidos y sólidos generados. A continuación, se detallan los principales valores obtenidos:

- Escenario 1 (Tabla 2): Si simulamos la precipitación de Turís, la confluencia de los distintos arroyos de ambas márgenes supondría que el rio Guadalmedina llevaría en su tramo primero, un caudal pico de descarga de 597,8 m^3/seg, de los que 597 m^3/seg sería caudal líquido y 7.203 t serian acarreos y solidos incorporados.

Tabla 2. Información hidrológica en las cuencas para el escenario 1.

ARROYO	PICO DESCARGA (m^3/s)	VOLUMEN (mm)	VOLUMEN (m^3)	ACARREOS EVENTO (t)
MENDELÍN ALTO	135,6	617,1	1370	3.082,25
MENDELÍN BAJO	19,8	627,22	200,7	276,06
LA PALMA	61,6	638,29	639,3	1.096,74
LOS ÁNGELES	35,2	653,23	372,3	554,28
DON VENTURA	297,7	582,07	3.119,9	1.451,97
SASTRE	47,9	636,75	496,7	742,24
TOTALES	597,8	3.754,66	6.198,9	7.203,54

Fuente: Elaboración propia

- Escenario 2 (Tabla 3): Sí simulamos el hietograma de Chiva, la confluencia de los distintos arroyos de ambas márgenes supondría que el rio llevaría en su tramo primero un caudal pico de descarga de 272 m^3/seg y 3.422 t serían acarreos.

Tabla 3. Información hidrológica en las cuencas para el escenario 2.

ARROYO	PICO DESCARGA (m^3/s)	VOLUMEN (mm)	VOLUMEN (m^3)	ACARREOS EVENTO (t)
MENDELÍN ALTO	60,3	361,35	802,2	1.450,83
MENDELÍN BAJO	8,8	370,34	118,5	130,51
LA PALMA	28	381,17	381,2	527,96
LOS ÁNGELES	16,3	393,69	224,4	271,25
DON VENTURA	136,9	331,2	1.775,2	685,31
SASTRE	21,8	378,83	295,5	357,1
TOTALES	272,1	2.216,58	3.597	3.422,96

Fuente: Elaboración propia

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

- Escenario 3 (Tabla 4): Sí simulamos el hietograma de Santo Pitar, de la reciente DANA en la provincia de Málaga, la confluencia de los distintos arroyos de ambas márgenes supondría que el rio llevaría en su primer tramo un caudal pico de descarga de 36,3 m^3/seg líquidos, más 630 t de acarreos.

Tabla 4. Información hidrológica en las cuencas para el escenario 3.

ARROYO	PICO DESCARGA (m^3/s)	VOLUMEN (mm)	VOLUMEN (m^3)	ACARREOS EVENTO (t)
MENDELÍN ALTO	8,6	51,86	115,1	164,35
MENDELÍN BAJO	1,3	56	17,9	15,52
LA PALMA	4,7	61,67	61,7	70,09
LOS ÁNGELES	2,9	67,9	38,7	38,55
DON VENTURA	15,3	39,68	212,7	61,2
SASTRE	3,5	60,13	46,9	45,74
TOTALES	36,3	337,24	493	395,47

Fuente: Elaboración propia

A estos caudales hemos de añadir dos variables: De un lado, la capacidad de desagüe del tramo urbano del rio Guadalmedina, actualmente encauzado hasta su desembocadura, que es de 600 m^3/seg. De otro, que los arroyos analizados se encuentran justo aguas debajo de la Presa del Limonero, construida de escollera, con dos aliviaderos, uno de fondo, con una capacidad de desagüe de 100 m^3/s por desagüe, y otro de labio fijo, con una capacidad máxima de 614 m^3/s. Es decir, que los caudales anteriores se podrían incrementar en la zona urbana de manera muy importante si consideramos las aportaciones derivadas de la presa, rebasando ampliamente la capacidad de desagüe.

4. Conclusiones

En definitiva, los arroyos aguas abajo de la presa del Limonero y debido a sus condiciones eco-geomorfológicas tienen un carácter torrencial, con un comportamiento hidrológico ante eventos intensos como auténticos barrancos. Esto conlleva a unos tiempos de concentración muy cortos, entre 14´ y 16´dependiendo de si se trata del margen derecho o izquierdo del río Guadalmedina. Así, tras un evento pluviométrico intenso aguas abajo, en apenas un cuarto de hora se puede empezar a concentrar un caudal de avenida, que ya irá laminando hasta la desembocadura a lo largo de tramos de diferente capacidad de evacuación. Dicho caudal, dependiendo de la intensidad de la precipitación

que lo genera, puede llegar a incrementarse hasta un 30% debido a la carga de sólidos, es decir, piedras, troncos, y toneladas de suelo, convirtiéndose en tremendamente agresivo. Considerando este incremento, las simulaciones con las precipitaciones máximas constatadas en la provincia, en Santo Pitar, en esta reciente DANA, muestran un rango de caudales soportable por la actual configuración hidráulica del rio. Sin embargo, la simulación de la precipitación de Turís en las cuencas no reguladas rebasa los 900 m^3/seg lo que supondría el colapso del sistema hidráulico de la ciudad. Lo consideramos muy poco probable dada la termodinámica de nuestro mar de Alborán. Pero dado que se trata de una precipitación medida y no consecuencia de un cálculo probabilístico y, sobre todo, considerando sus catastróficas consecuencias, debe ser tenida en cuenta al menos como referencia. En el caso de la simulación de la precipitación de Chiva, aunque excede al máximo evento registrado en nuestro entorno, las características eco-geomorfológicas de las cuencas torrenciales, pueden potenciar sus efectos hidrológicos, con lo que los picos de avenida calculados si deben ser muy tenidos en cuenta a la hora de llevar a cabo actuaciones hidráulicas en el tramo final. Así pues, considerando que la ciudad de Málaga se sitúa a escasos metros de los arroyos analizados, estamos ante un peligro al que está expuesta una importante población, con un riesgo de avenidas cada vez más frecuente en la dinámica actual de cambio climático, lo que debiera traducirse en actuaciones basadas en la prudencia y en el sentido común.

Agradecimientos

Este trabajo ha formado parte del contrato de investigación "Determinación de la vulnerabilidad y riesgos de erosión en las cuencas aguas abajo de la presa del Limonero" (8.06/6.26.6045), financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

5. Referencias bibliográficas

García-Botella, E., & Ramón-Morte, A. (2023). Ephemeral Mediterranean Watercourses Strongly Altered by Growth in Tourism: The Case of Benidorm (Spain). Geosciences. https://doi.org/10.3390/geosciences13080247

Ibarra, E. (2012). A geographical approach to post-flood analysis: The extreme flood event of 12 October 2007 in Calpe (Spain). Applied Geography, 32, 490-500. https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2011.06.003

Romero González, J. & Camarasa Belmonte, A. M. (2025). Evidencias científicas sobre cambio climático y territorio en el Mediterráneo ibérico. Efectos, estrategias y políticas públicas. Principales recomendaciones. Obtenido de: https://doi.org/10.7203/10550.107077.

Rozalis, S., Morin, E., Yair, Y., & Price, C. (2010). Flash flood prediction using an uncalibrated hydrological model and radar rainfall data in a Mediterranean watershed under changing hydrological conditions. Journal of Hydrology, 394, 245-255. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2010.03.021

Sciuto, L., Licciardello, F., Scavera, V., Verde, D., Giuffrida, E., & Cirelli, G. (2024). The role of Nature-Based Solutions for the water flow management in a Mediterranean urban area. Ecological Engineering. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107375

Sillero Medina, J. A., Ruiz Sinoga, J. D. (2022). Determinación de la vulnerabilidad y riesgos de erosión en las cuencas aguas abajo de la presa del limonero. Informe realizado a petición de Cuencas Mediterráneas Andaluzas, dependiente de la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucia.

Sillero-Medina, J.A. & Ruiz-Sinoga, J.D. (Eds.) (2023). La cuenca del río Guadalmedina: peligrosidad frente a la erosión hídrica. Studia Malacitana. ISBN: 978-84-1335-251-0

Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Marx, A., Pan, M., Rakovec, O., Samaniego, L., Sheffield, J., Wood, E., & Zink, M. (2017). Multi-model ensemble projections of European river floods and high flows at 1.5, 2, and 3 degrees global warming. Environmental Research Letters, 13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9e35

Tramblay, Y., & Somot, S. (2018). Future evolution of extreme precipitation in the Mediterranean. Climatic Change, 151, 289-302. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2300-5

Tramblay, Y., Mimeau, L., Neppel, L., Vinet, F., & Sauquet, E. (2019). Detection and attribution of flood trends in Mediterranean basins. Hydrology and Earth System Sciences. https://doi.org/10.5194/HESS-23-4419-2019

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA Y APTITUD GLOBAL DEL TERRITORIO: EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN TERRITORIAL DE RIBEROS DEL TAJO-PLASENCIA

ENRIQUE LÓPEZ RODRÍGUEZ[1]

LUIS QUESADA MUELAS[2]

MANUEL BOROBIO SANCHIZ [3]

[1]Doctor en Geografía. Área de Planificación Urbana y Ordenación del Territorio, Geoinnova S.L, C/ Luis Morondo Urra nº 8 Bajo A, 31006 Pamplona (Navarra), enrique.lopez@geoinnova.es, https://orcid.org/0000-0001-5789-0217

[2]Director Geoinnova S.L, C/ Luis Morondo Urra nº 8 Bajo A, 31006 Pamplona (Navarra), luis.quesada@geoinnova.es

[3]ABTEMAS S.L, C/ Neira de Mosquera 8, 15702 Santiago de Compostela. (A Coruña), mborobio@abtemas.es, https://orcid.org/0000-0002-3128-4152

Abstract: Territorial carrying capacity refers to the suitability of a geographic area to support specific human activities without undergoing significant environmental degradation. This concept involves the evaluation of the quantity and type of land use a territory can sustain, considering factors such as biodiversity, natural resources, existing infrastructure, and the population's quality of life. The formulation of a supramunicipal-scale Territorial Plan necessitates the delineation of planning zones based on the intrinsic characteristics of the territory. To determine the most appropriate planning alternative, a multicriteria evaluation was conducted, along with the calculation of the Global Suitability–Carrying Capacity matrix, primarily employing weighting methodologies established under the SAATY hierarchical analysis scale. The factors considered encompass critical dimensions, including Territorial Heritage (comprising Natural and Cultural Heritage), Territorial Connectivity (Accessibility and Infrastructure), and Territorial Organization (Public Services and Constraints). The outcome consists of the definition of multiple potential scenarios, wherein the implementation of projects, plans, or programs may result in varying levels of territorial susceptibility, contingent upon the applied weighting criteria. This methodological approach has provided the foundation for the spatial zoning necessary for the development of a supramunicipal Territorial Plan within the Riberos del Tajo–Plasencia area, located in the province of Cáceres.

Keywords: Carrying Capacity; Multicriteria Evaluation; Territorial Zoning; Supramunicipal Planning.

1. Introducción

La capacidad de acogida del territorio se refiere a la capacidad de un área geográfica para soportar determinadas actividades humanas sin sufrir deterioro ambiental significativo (Gómez Orea, 2007; Cendrero & Fischer, 1997). Este concepto evalúa la cantidad y tipo de uso que un territorio puede soportar, considerando factores como la biodiversidad, los recursos naturales, la infraestructura existente y la calidad de vida de la población (McHarg, 1969).

Los principales objetivos que se desprenden del cálculo de la capacidad de acogida y la aptitud global del territorio se resumen en:

1. Evaluar el impacto ambiental: Ayuda a prever y mitigar los efectos negativos de las actividades humanas sobre el medio ambiente (Gómez Orea, 2007).
2. Planificar el uso del suelo: Permite una distribución equilibrada y sostenible de las actividades económicas, residenciales y recreativas (Martínez de Pisón, 2001).
3. Conservar recursos naturales: Facilita la protección de áreas sensibles y la gestión sostenible de los recursos naturales (Cendrero & Fischer, 1997).
4. Mejorar la calidad de vida: Contribuye a crear entornos saludables y habitables para las comunidades (Gómez Orea, 1993).

El ejemplo que aquí se desarrolla corresponde con los trabajos de elaboración del Plan Territorial de Riberos del Tajo-Plasencia, llevado a cabo por Geoinnova S.L. y Abtemas para la Junta de Extremadura. El resultado es la presentación de una serie de posibles escenarios donde la aplicación de proyectos, planes o programas puede causar mayor o menor susceptibilidad en función de los distintos patrones de ponderación. Esta metodología ha sentado las bases para la definición de zonas de ordenación del territorio para el desarrollo del Plan Territorial.

2. Materiales, datos y métodos

Para el desarrollo y cálculo de la Aptitud Global del Territorio para soporte de actividad urbanizadora, se han seguido los preceptos metodológicos derivados por un lado de la aplicación de la Evaluación Multicriterio (EMC) y el cálculo de la Matriz de Aptitud Global-Capacidad de Acogida a partir de la Aptitud Estructural inicial y Vulnerabilidad Territorial (Gómez y Barredo, 2005) (Galacho y Ocaña, 2006) (Galacho y Arrebola, 2013).

Un aspecto a tener en cuenta de la aplicación de análisis EMC es que se ha realizado mediante tres tipos de ponderaciones, siguiendo, en todo momento la línea de aplicación metodológica basada en escalas de Saaty (1980):

- Ponderación cuantitativa de variables: definición de umbrales y valores de ponderación en base a los valores obtenidos de las capas originales. Su clasificación se basa en un sistema numérico de 4 valores, de 1 (muy bajo valor) a 4 (muy alto valor).
- Ponderación cuantitativa binaria: cuando la ponderación de valores se basa en la presencia-inexistencia de un factor. Se cuantifica en un sistema binario de 1 (inexistencia) y 4 (existencia).
- Factor de ponderación: se aplican distintos factores de ponderación para la realización de cálculos de escenarios. Estos factores de ponderación se establecen en función de si los elementos a analizar se consideran positivos o por el contrario se penalizan, según el modelo

a definir. Este factor de ponderación varía entre la sustracción (*0,5), la positivización leve (*1,5) o el duplicado (*2).

El objetivo de la presente metodología es la obtención de distintas zonas con mejores cualidades para la implantación de actividades, mediante el desarrollo de tres escenarios posibles en función de las distintas ponderaciones.

En el caso del ámbito de estudio, se ha llevado a cabo una evaluación multicriterio partiendo de los siguientes aspectos territoriales:

Tabla 1. Aspectos territoriales considerados y utilizados en la Evaluación Multicriterio

Estructura	Categoría	Aspectos evaluados
Patrimonio Territorial	Natural (abióticos)	Altitud, Pendiente, Hidrografía, Riesgos
	Natural (bióticos)	Dinámicas territoriales: antrópicas, agrológicas y naturales
	Cultural	Yacimientos, BIC, Caminos culturales, Vías Pecuarias, Sendas, Acequias y Energía del Relieve
Vertebración Territorial	Infraestructuras	Accesibilidad desde infraestructuras viarias: áreas de 15 min. Infraestructuras energéticas e Infraestructuras de telecomunicaciones
Organización Territorial	Accesibilidad dotacional	Áreas de 15 minutos desde las principales dotaciones y servicios
Organización Territorial	Afecciones	Red ENP, Natura 2000, Hábitats, MUP y Zonas Regables

Fuente: elaboración propia

2.1. Tratamiento de la información

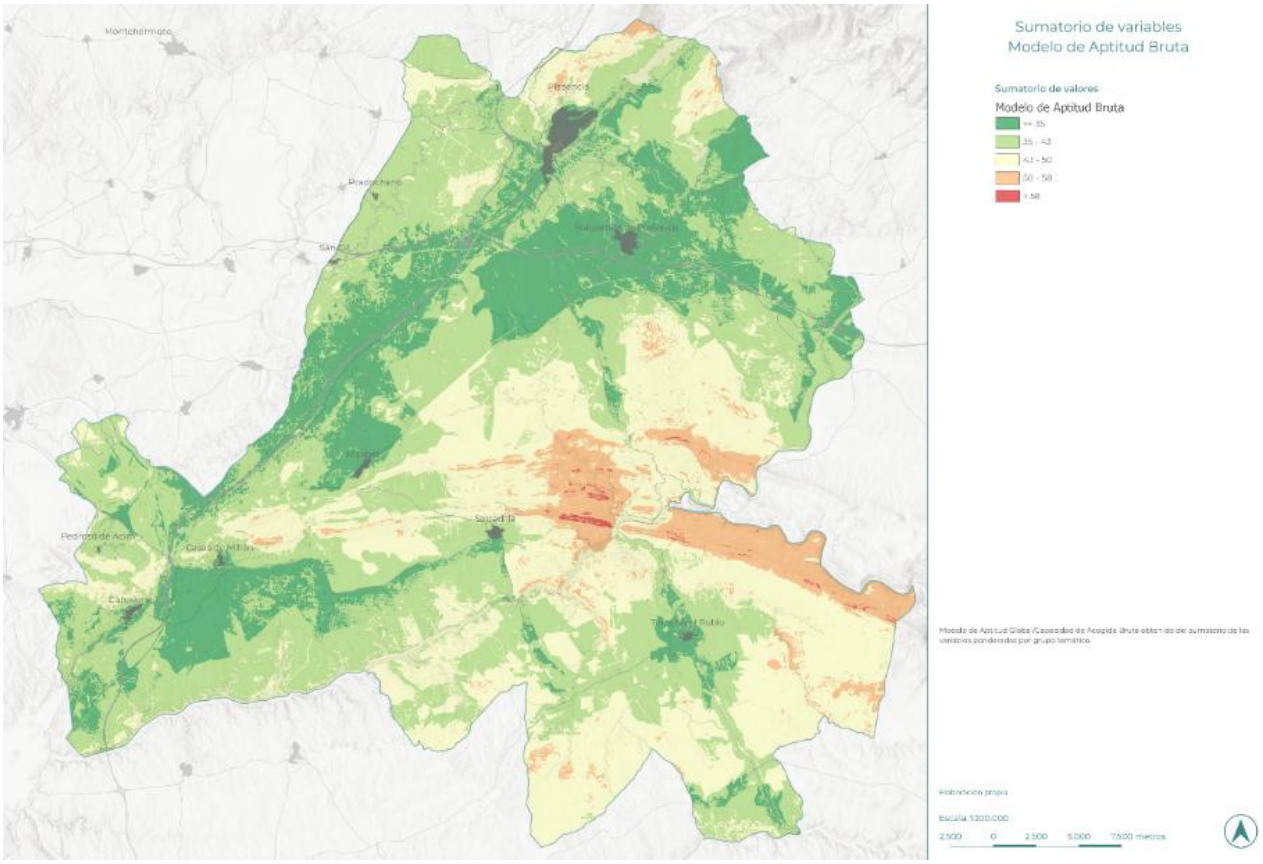
El desarrollo metodológico continúa con la aplicación del álgebra de mapas. Una vez determinado el volumen de la información, así como su correspondiente clasificación, se procede a la obtención de los distintos ráster en bruto que sentarán las bases del cálculo de la Capacidad de Acogida/Aptitud Global. Para cada grupo temático se ha realizado el sumatorio de sus valores ponderados cuantitativamente:

$$\sum_{i=1}^{i=n} f_i = N$$

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Dicho sumatorio se ha realizado tanto para los elementos que integran cada grupo temático, como para el conjunto de ellos una vez calculados, generando un modelo de aptitud bruto global (Figura 1).

Figura 1. Modelo de Aptitud Bruta procedente de la agrupación temática



Fuente: elaboración propia

2.2. Integración de resultados

El cálculo final de la Aptitud Global/Capacidad de Acogida se realiza mediante la aplicación de la siguiente expresión la cual se define como sistema de normalización de vectores (Voogd, 1983):

$$e_{ij} = \frac{(X_{ij} - min X_{ij})}{(\max X_{ij} - \min X_{ij})} * 4$$

Donde eij valor normalizado de la alternativa i en el criterio j. Xij valor de la alternativa i en el criterio j. min y max: los valores mínimos y máximos de las alternativas en el criterio.

Tabla 2. Determinación de los valores del cálculo de la Aptitud Global/Capacidad de Acogida y su explicación

VALOR CUANTITATIVO	VALORACIÓN CUALITATIVA	EXPLICACIÓN
3<AG<4	MUY BAJA	Presenta condiciones muy desfavorables para la actividad urbanística, por elevados riesgos territoriales o situación geomorfológica
2<AG<3	BAJA	Es desfavorable las condiciones del territorio para albergar actuaciones urbanísticas
1<AG<2	MEDIA	Presenta condiciones para realizar actividades urbanísticas, pero limitadas, ya sea por la presencia de riesgos o elementos desfavorables. Habría que tener en cuenta medidas correctoras o de integración.
0<AG<1	ALTA	El territorio es más favorable para el desarrollo de actuaciones urbanísticas

Fuente: elaboración propia.

3. Resultados

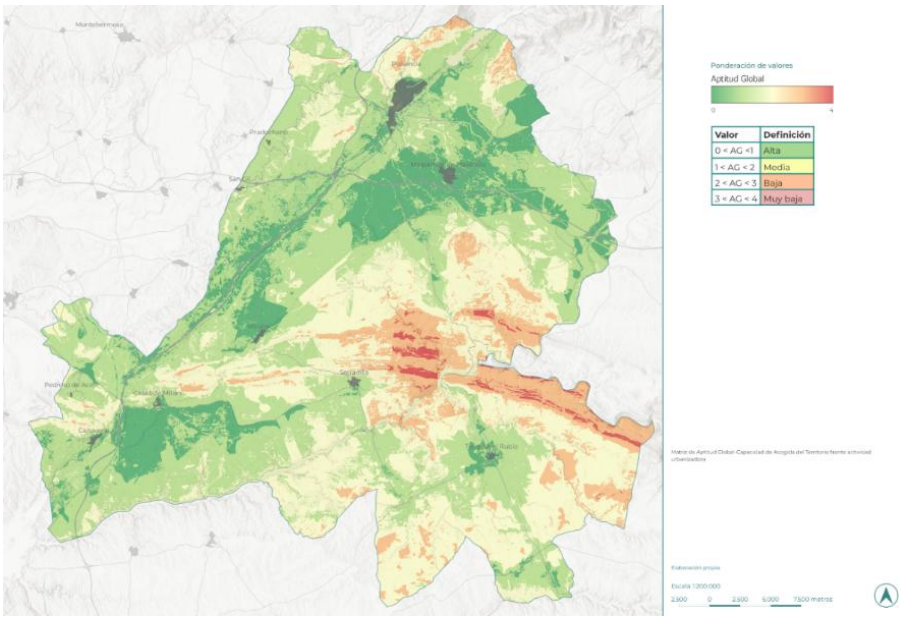
Para una mejor definición de los posibles escenarios a considerar para el desarrollo del Plan Territorial, se han contemplado hasta tres modelizaciones posibles frente a la Capacidad de Acogida-Aptitud Global del Territorio. Cada escenario viene determinado por el cambio en los pesos de los factores de ponderación a la hora de realizar los cálculos, siendo su definición como sigue:

- Escenario 1: En este apartado se incluye el resultado de la integración de los datos para la obtención de la Capacidad de Acogida-Aptitud Global del Territorio de forma predeterminada. Ello se fundamenta en la ponderación de todas las variables por igual, siendo el factor de ponderación cuantitativo definido en la fase de tratamiento de la información con el manejo de 4 valores (de 1, muy bajo; a 4, muy alto) (Figura 2).
- Escenario 2: Para la definición del segundo escenario del modelo de Aptitud Global-Capacidad de Acogida, se ha considerado la variación de los pesos de ponderación en base a los criterios de sostenibilidad y protección del patrimonio territorial, así como la "penalización" de los elementos correspondientes a la Vertebración Territorial y la consideración positiva de los elementos de la Organización Territorial. Dichos pesos se han aplicado una vez se han obtenido los distintos ráster por cada eje temático (Figura 3).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

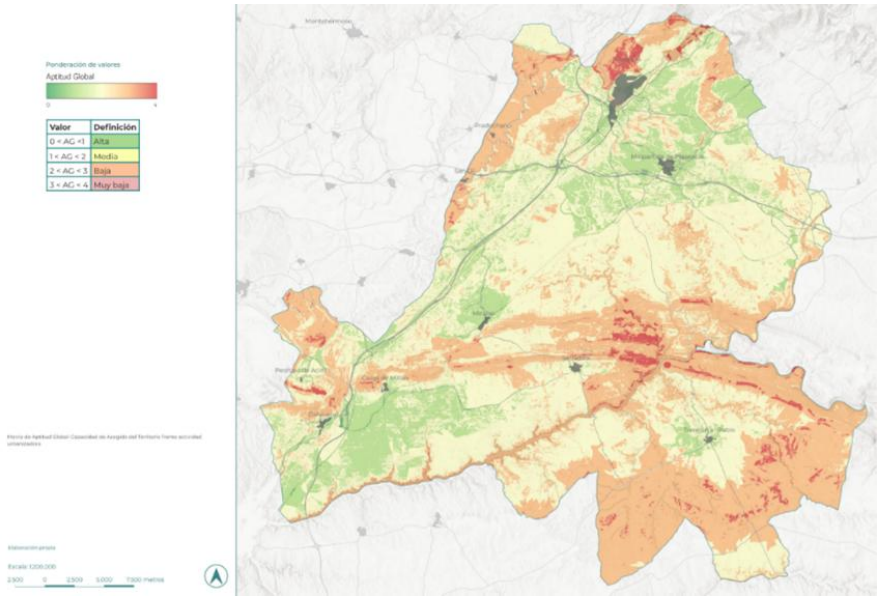
- Escenario 3: En el caso del escenario 3, se plantea un modelo de corte más desarrollista, donde los factores ligados al Patrimonio Natural o Cultural pierden peso en favor de las características propias del desarrollo socioeconómico, caso de la Vertebración Territorial. Asimismo, es un modelo que penaliza los elementos de la Organización Territorial, esto es, accesibilidad a dotaciones y servicios y afecciones territoriales ligadas a la regulación de espacios de protección o consideración ambiental (Figura 4).

Figura 2. Escenario 1: ponderación de todas las variables por igual.



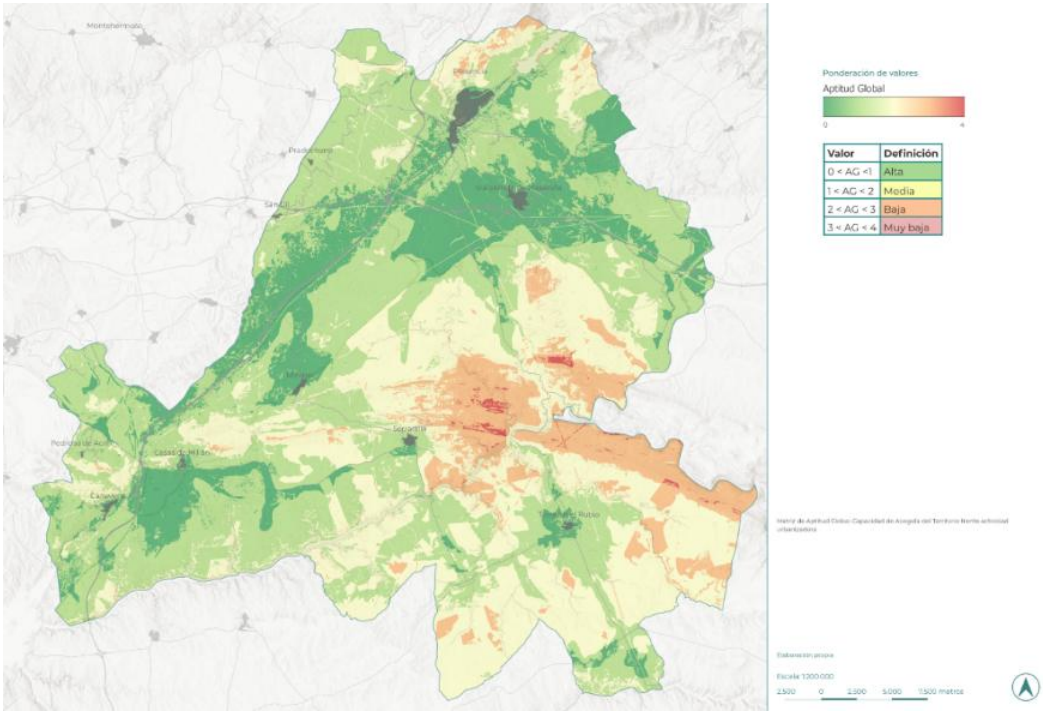
Fuente: elaboración propia

Figura 3. Escenario 2: ponderación aumentada en criterios de sostenibilidad y protección del patrimonio territorial



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Escenario 3: ponderación en favor de un modelo más desarrollista con mayor peso a los factores relacionados con la vertebración territorial.



Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

La Capacidad de Acogida - Aptitud Global es un concepto clave en la planificación territorial que evalúa la capacidad de un territorio para soportar y facilitar actividades humanas de forma sostenible, considerando factores ambientales, sociales y económicos. Su aplicación permite analizar la idoneidad de distintas áreas para usos como la agricultura, la urbanización o el turismo, en función de su equilibrio ecológico.

Este enfoque se basa en cuatro dimensiones principales:

1. Evaluación integral del territorio, atendiendo a múltiples variables como biodiversidad, recursos o calidad de vida.
2. Sostenibilidad, orientada a evitar la sobrecarga ambiental y promover usos adecuados.
3. Instrumento de planificación, útil para delimitar usos y orientar decisiones estratégicas.
4. Aplicaciones prácticas en densidad poblacional, infraestructura o actividades económicas.

En conjunto, ambos conceptos permiten una gestión territorial más eficiente, coherente con los principios del desarrollo sostenible.

5. Referencias bibliográficas

Cendrero, A., & Fischer, D. W. (1997). A procedure for assessing the environmental quality of coastal areas for planning and management. *Journal of Coastal Research, 13(3),* 732–744.

Coccossis, H., & Mexa, A. (2004). *The Challenge of Tourism Carrying Capacity Assessment: Theory and Practice*. Ashgate.

De Lucio, J. V., & Atauri, J. A. (2002). Evaluación de la capacidad de acogida del territorio mediante SIG: Aplicación a espacios naturales protegidos. *Revista de Estudios Regionales, 63*, 85–105.

Galacho, F. B. (2013): Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales. *Investigaciones Geográficas, nº 60*, pp 69-85.

Galacho, F.B. y Ocaña, M.C. (2006). Tratamiento con SIG y Técnicas de Evaluación Multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos: residenciales y comerciales. *Actas del XII Congreso Nacional De Tecnologías de la Información Geográfica*, Cd-Rom. Granada, pp. 1.509-1.525.

Gómez Orea, D. (1993). *Ordenación del territorio: una aproximación desde el medio rural*. Mundi-Prensa.

Gómez Orea, D. (2007). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Mundi-Prensa.

Gómez, M. y Barredo, J.I. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Ra-Ma Editorial, Madrid, 279 p.

Martínez de Pisón, E. (2001). *La ordenación del territorio y el medio ambiente*. Ediciones Cátedra.

McHarg, I. L. (1969). *Design with Nature*. Doubleday/Natural History Press.

Saaty, T. (1980). *Multicriteria decision making: the analytic hierarchy process*. New Yorkm McGraw Hill.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.

Voogd, H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. Pion, London, 367 p.

AVANCES PRELIMINARES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL DE LOS CAMPOS DE PENITENTES EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES

LAURA MALERMO GUAJARDO[1]

JAVIER MARTÍN-VIDE[2]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, Laboratorio Climatología, Montalegre 6, 08001Barcelona, España, penitentesmalermo@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-5055-9916*

[2] *Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona, Laboratorio de Climatología, Climate Change and Landscape Ecology, Montalegre, 6, 08001 Barcelona, jmartinvide@ub.edu, https://orcid.org/0000-0002-1179-7380*

Abstract: Penitentes are a particular form of differential ablation that occur in periglacial and glacial environments in the high mountains of arid, semi-arid and subtropical mountain ranges, on snowfields and glaciers. Despite its importance in the energy balance, due to its impact on radiative exchange, decreasing the albedo of the snow and ice surface, there are few studies on this cryoform. Given the lack of regional studies on penitent fields in the Andes, this doctoral thesis addresses their spatial and temporal distribution, as well as their behaviour and dynamics. Specifically, this contribution will advance our knowledge of their latitudinal development. According to the preliminary advances of this research, in which more than 400 records from primary sources have been analysed by means of a file of our own elaboration, which constitutes a contribution of Citizen Science, penitentes form in a wide latitudinal range in the Andes (between 4°53'31''and 39°38'13''S), at altitudes between 2,360 and 6,220 m, the highest concentration of observations (73.7 %) corresponds to the altitudinal range between 4,000 and 5,500. The height of the penitentes ranges from 0.01 m (micro-penitentes) to 12 m, with an average of 1.18 m. They form in the dry season of each latitudinal zone, when the sublimation process is greater than the melting process, reaching greater development in dry years.

Keywords: Andes; Glaciers; Penitentes; Differential Ablation; Distribution; Climate Change.

1. Introducción

Los penitentes son crioformas resultado de la ablación diferencial descritas como puntas, pináculos, crestas, columnas, pirámides, prismas, bloques malformados, agujas y tabiques irregulares de nieve, neviza o hielo, que van desde unos pocos centímetros y hasta varios metros de altura (Lliboutry, 1954; Betterton, 2001; Corripio & Purves, 2006). Según Lliboutry (1954) reciben este nombre dado su similitud con procesiones religiosas de penitentes o nazarenos encapuchados con capirote. Los penitentes aparecen generalmente en glaciares y campos de nieve desde los 3.700 m s.n.m. hasta los 5.200 m en función del emplazamiento altitudinal de la cordillera, condiciones climáticas, características topográficas, etc. Entre los principales factores que determinan su desarrollo y distribución, destacan las variables meteorológicas (Lliboutry, 1953 y 1954; Betterton, 2001), tales como: nevadas de cierto espesor, presencia de nieve fresca; larga temporada seca, sin precipitaciones; cielo descubierto o despejado; aire frío y muy seco, temperatura del aire inferior o muy próxima a 0ºC; intensa radiación solar, con un número elevado de horas de sol; baja humedad relativa y punto de rocío netamente inferior a 0ºC durante un largo periodo. Para Stichler et al. (2001), los penitentes son unas pirámides impresionantes de varios metros de altura, remanentes de ablación, forzados por una alta radiación global, una baja humedad relativa, fuertes vientos y depósito de polvo en las cavidades, que reducen el albedo.

Su estudio es importante ya que tienen un rol fundamental en el balance de energía, por su impacto en el intercambio radiativo, disminuyendo el albedo de la superficie de nieve y hielo en hasta un 40% con respecto al albedo plano (Corripio & Purves, 2006; MacDonell et al., 2013; Abermann et al., 2014), modificando la forma en la que ocurre la ablación diferencial entre las crestas y los surcos interpenitentes y aumentando su rugosidad, lo que afecta los flujos de calor turbulentos (Nicholson et al., 2016). Los penitentes modifican la pérdida de masa glaciar y la producción de agua de deshielo.

Respecto a su alcance geográfico se han reportado formación de penitentes en zonas de alta montaña, en cordilleras áridas, semiáridas y subtropicales del planeta. Según Cathles et al. (2014), la formación de penitentes ocurre principalmente en latitudes bajas (entre 55°S y 55°N), donde la radiación solar permite un ángulo de incidencia más perpendicular. Fuera de este rango, la inclinación oblicua del sol impide la formación de estas crioformas. Para Nicholson et al. (2016), los penitentes son una característica distintiva de los Andes semiáridos, presentes en glaciares de gran altitud y baja latitud. Se consideraba que su presencia se limitaba a los Andes centrales de Chile y Argentina (28°a 34°S).

Los últimos estudios en los Andes se han focalizado en balance radiativo, albedo y sublimación (Stichler et al., 2001; Winkler et al., 2009; Abermann et al., 2014), balance de energía (Arias, 2018), modelamientos (Betterton, 2001; Corripio & Purves, 2006; Nicholson et al., 2016; Mir, 2019) y glacioquímica (Stichler et al., 2001; Sinclair & MacDonell, 2016).

Sin embargo, se desconoce su distribución espacial —más allá que son típicos de los Andes secos o semiáridos—, así como las variables topográficas, por esta razón actualmente se desarrolla la tesis doctoral "Distribución espacio-temporal y caracterización morfométrica de los campos de penitentes en los Andes", uno de cuyos objetivos es determinar la distribución latitudinal de los campos de penitentes.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de Estudio

La cordillera de Los Andes, con más de 7.500 km, desde los 11°N hasta los 56°S, tiene numerosos glaciares en diferentes latitudes y, en su extremo meridional, campos de hielo, por lo que constituye un área de gran interés en los estudios de la criósfera. La compartimentación del relieve determina un gran mosaico climático en función de las temperaturas, precipitaciones y humedad. Sagredo & Lowell (2012) han propuesto una clasificación del clima andino con 7 grupos glacio-climáticos.

Los componentes de la criósfera (nieve, glaciares y permafrost) sirven como indicadores sólidos del cambio climático y al mismo tiempo son perceptibles para la sociedad. En el contexto del calentamiento global el retroceso glacial es casi generalizado, con reducciones de la superficie y del espesor o volumen de hielo muy marcadas. El Sexto IPCC subraya que la criósfera está sufriendo cambios drásticos debido al calentamiento global. En particular, los glaciares de montaña están experimentando una acelerada pérdida de masa. Las tasas de disminución han sido especialmente pronunciadas en los Andes, el Cáucaso y los Alpes. Por su parte, los glaciares andinos enfrentan un retroceso acelerado y una pérdida de masa sin precedentes, alcanzando niveles no vistos en casi 12.000 años, especialmente en los Andes tropicales (IPCC, 2021). Además, 5.500 glaciares han perdido aproximadamente el 25% de su capa de hielo, mientras que los glaciares tropicales de los Andes se derriten diez veces más rápido que la media mundial (ICCI, 2024). Esto ha llevado a la desaparición de glaciares en Venezuela, Bolivia y Perú.

2.2. Datos y métodos

La tesis doctoral en curso utiliza métodos estadísticos, métodos cartográficos, ciencia ciudadana, datos primarios de penitentes, datos de reanálisis, datos de estaciones meteorológicas, fuentes geohistóricas y análisis bibliométrico. Para el objetivo abordado en este artículo se utilizan fuentes primarias de observaciones en terreno de campos de penitentes a través de una ficha de datos de elaboración propia que fue distribuida y completada por montañistas (incluyendo a la autora), en base a observaciones realizadas durante sus ascensos en la alta montaña andina, acompañado siempre de los registros fotográficos respectivos, obteniéndose 417 registros de campos de penitentes de distintas fechas, en más de 180 enclaves. Las personas que han completado la ficha practican regularmente alta montaña en Andes, entre 3 a más de 20 años de experiencia en ascensos. La distribución de ficha se llevó a cabo desde enero del 2016 y su recepción hasta abril del 2019. Los atributos que contiene la ficha se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de todas las variables consideradas en la ficha de datos

ATRIBUTOS	VARIABLES
De los campos de penitentes	• Zona geográfica • Sector: Fondo de valle / Ladera / Cumbre • Fecha de observación • Fase: En formación / Bien desarrollados / En destrucción • Estacionalidad (mes o meses) • Altitud mínima del campo de penitentes • Altitud máxima del campo de penitentes
De los penitentes	• Altura de los penitentes (eje mayor) • Ancho de los penitentes (eje menor) • Orientación: Dirección de las láminas de penitentes (en °) • Inclinación de los penitentes respecto a la superficie (en °) • Surcos interpenitentes: Longitud - Ancho (en m) • Base de los penitentes. Si / No • Altura de la base de los penitentes (en m) • Densidad de los penitentes: Nieve / Neviza / Hielo • Presencia de impurezas: Color, Contenido de detritos
Del terreno y superficie	• Superficie del campo de penitentes (en m2) • Pendiente de la superficie (en grados) • Ambiente morfogenético: Glaciar / Periglaciar • Contexto Geomorfológico: Proglaciar / Morrena / Material no consolidado

Fuente: Elaboración propia

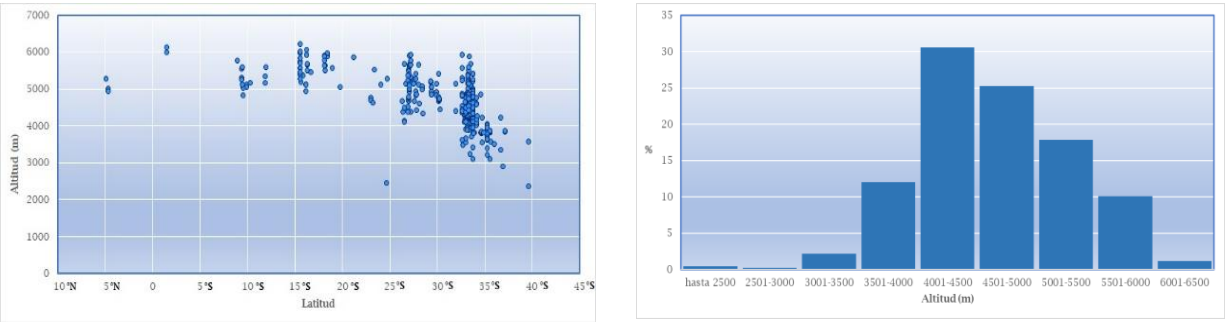
Para determinar la ubicación exacta de los campos de penitentes, se realizó un trabajo de georreferenciación en Google Earth Pro usando parámetros como exposición de la ladera y altitud. Se analizaron imágenes de época seca y se consultaron rutas de montañismo en páginas especializadas. Este procedimiento permitió identificar con mayor precisión 414 ubicaciones. En los últimos años se han registrado nuevas observaciones en rutas de montaña, que serán contempladas en la tesis doctoral, la cual incorporará 100 nuevos registros hasta 2025.

3. Resultados

Los campos de penitentes observados se distribuyen ampliamente entre los 4°53′31″N hasta los 39°38′13″S. Esta extensión latitudinal abarca una gran distribución geográfica, desde los Andes de Colombia, en los volcanes Nevado del Ruiz y Nevado de Tolima, donde los penitentes se emplazan entre los 4.900 y 5.100 m, con penitentes de 0,1 a 0,3 m. En Ecuador, en el Volcán Chimborazo en sus cumbres Ventimilla y Whymper, donde los penitentes se desarrollan entre los 6.000 y 6.155 m, con micropenitentes de 0,1 a 0,15 m. En Perú, en la Cordillera Blanca, los penitentes se ubican entre los 5.000 y 5.781 m, con micropenitentes de 0,15 hasta penitentes de 2,2 m (Nevado Vallunaraju,

Nevado Huascarán, Nevado Ishinca, Nevado San Juan -Glaciar Shallap-, Nevado Artesonraju y Nevado Pastoruri); en la Cordillera Huayhuash (Raju Collota o Diablo Mudo) los penitentes se ubican entre 5.100 y 5.250 m, con una altura de 0,3 a 0,6 m; en Cordillera Central los penitentes se desarrollan entre los 4.500 y 5.800 m, con una altura que fluctúa entre 1,5 a 2,0 m (Nevado Sullcón -Glaciar Sullcón-); en Cordillera Vilcanota (Cerro Ausangate y Glaciar Quelccaya) y en la Cordillera de Ampato los penitentes se emplazan entre los 5.500 y los 6.300 m, con una altura de 0,15 hasta 3,0 m (Nevado Coropuna -Glaciar Tuailqui y Glaciar Cavalca-, Nevado Chachani y Volcán Misti). En Bolivia, en la Cordillera Real los penitentes se localizan entre los 5.300 y los 5.710 m, con una altura que oscila entre 0,1 y 0,6 m (Nevado de Illampu, Nevado Huayna Potosí -Glaciar Zongo-, Nevado Illimani, Nevado Condoriri, Nevado Pequeño Alpamayo y Cerro Tarija) y en la Cordillera Occidental se emplazan entre los 5.750 y los 5.910 m en el Volcán Acotango y Volcán Sajama, con micropenitentes de 0,15 m hasta penitentes de 0,5 m. En Argentina y Chile las observaciones son numerosas, comprenden desde el extremo norte de cada país (volcanes Taapaca, Pomerape, Parinacota, Guallatiri, Quimsachata y Cerro Chuquiananta en Chile y volcanes Tuzgle y Llullaillaco en Argentina) donde los penitentes se emplazan entre los 5.000 y 6.000 m (con alturas de 0,2 a 4m) hasta las observaciones más meridionales que corresponden a los volcanes Domuyo, Chillán, Tromen y Lanín con penitentes que se localizan entre los 2.300 y los 4.215 m, con alturas desde 0,1 (micropenitentes) hasta 1,6 m.

Figura 1. Distribución de campos de penitentes (latitud-altitud) en la Cordillera de Los Andes (izquierda) y Distribución porcentual de campos de penitentes según altitud (derecha)



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Los penitentes se localizan entre los 4°53'31"N hasta los 39°38'13.72"S. Los penitentes se forman en un rango amplio latitudinalmente en la Cordillera de Los Andes; contrario a lo que dicen otros autores que restringen su presencia y formación a los Andes semiáridos y los

Andes centrales de Chile y Argentina, entre los 28° a 34°S. Este estudio da cuenta que la formación de penitentes se da en zonas de alta montaña, en cordilleras áridas, semiáridas, subtropicales y tropicales.

Se forman a altitudes entre los 2.360 y 6.220 m, donde la mayor concentración de las observaciones (73,7%) corresponde al rango altitudinal entre los 4.000 y los 5.500. La altura de los penitentes va desde 0.01 m (micropenitentes) hasta 12 m, con un promedio de 1,18 m.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

La formación de campos de penitentes a mayor altitud corresponde a los volcanes emplazados en latitudes entre los 1°27'S y 32°39'S, dentro de los cuales se destaca el Coropuna (6.220 m, 6.026 m, 5.973 m), Chimborazo (6.130 y 6.004 m), Chachani (6.056 m, 5.937 m y 5.932 m), Guallatiri (5.987 m y 5.882 m), Monte Aconcagua (5.928 m), Volcán Río Salado (5.922 m), Nevado Ojos del Salado (5.917 m), volcanes Pomerape (5.917 m) y Acotango (5.910 m). Los campos de penitentes a más baja altitud registrados corresponden a cumbres localizadas entre los 24°27'S y 39°38'S de latitud, tales como el Volcán Lanín (2.363 m), Cerro Paranal (2.447 m), Volcán Chilllán (2.896 m), Volcán Descabezado Chico (3.106 m), Cerro San Gabriel (3.111 m), Volcán Azúfre (3.222 m), Cerro San Ramón (3.242 m), Volcán Domoyu (3.365 m) y Volcán Planchón (3.388 m).

Los 417 registros de observaciones han permitido contar con un catálogo compuesto por un amplio abanico de características y atributos de los campos de penitentes: ubicación, fecha, fase de formación, altitud, extensión, ambiente morfogenético. De los penitentes: altura y anchura, inclinación, orientación de las láminas, presencia de base y su altura, densidad, presencia de impurezas por detritos, longitud y ancho de los surcos. Del terreno y superficie: tipo y pendiente. Cada una de estas observaciones están respaldadas por un set de fotografías. Estos registros van más allá de la franja descrita por otros autores en estudios previos. Así mismo, se evidencia la importancia de los penitentes para el estudio de la variabilidad climática, ya que su formación sobre los glaciares aumenta la fusión de éstos, pues se reduce el albedo por el contenido de impurezas que quedan en la superficie y en los surcos interpenitentes y corredores donde se van acumulan los detritos.

5. Referencias bibliográficas

Abermann, J., Kinnard, C., & MacDonell, S. (2014). Albedo variations and the impact of clouds on glaciers in the Chilean semi-arid Andes. *Journal of Glaciology, 60*(219), 183–191. https://doi.org/10.3189/2014JoG13J094

Arias, V. (2018). *Simulación del balance de masa distribuido de verano (2011-2012) del Glaciar Tapado, Valle del Elqui, Chile, y análisis e incorporación del efecto de los penitentes en el intercambio energético* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152418

Betterton, M. D. (2001). *Theory of structure formation in snowfields motivated by penitentes, suncups, and dirt cones*. *Physical Review E, 63*(5), 056129. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.63.056129

Cathles, L. M., Abbot, D. S., & MacAyeal, D. R. (2014). Intra-surface radiative transfer limits the geographic extent of snow penitentes on horizontal snowfields. *Journal of Glaciology, 60*(219), 147–154. https://doi.org/10.3189/2014JoG13J124

Corripio, J. G., & Purves, R. S. (2006). Surface energy balance of high altitude glaciers in the Central Andes: The effect of snow penitentes. En C. de Jong, D. Collins, & R. Ranzi (Eds.), *Climate and hydrology in mountain areas* (pp. 15–27). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/0470858249.ch3

ICCI. (2024). *State of the cryosphere 2024 – Lost ice, global damage*. International Cryosphere Climate Initiative (p. 72). Stockholm, Sweden. https://iccinet.org/statecryo24/

IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 2391). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

Lliboutry, L. (1953). El origen de los penitentes. *Revista Informaciones Geográficas, 3*(1), 2–9.

Lliboutry, L. (1954). The origin of penitents. *Journal of Glaciology, 2*(15), 331–338.

MacDonell, S., Kinnard, C., Mölg, T., Nicholson, L., & Abermann, J. (2013). Meteorological drivers of ablation processes on a cold glacier in the semiarid Andes of Chile. *The Cryosphere, 7*(1513–1526). https://doi.org/10.5194/tc-7-1513-2013

Mir, B. (2019). *Modelamiento de formación de penitentes y su efecto en los flujos turbulentos* (Tesis de grado). Universidad de Chile. Santiago, Chile. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173900

Nicholson, L., Petlicki, M., Partan, B., & Mac Donell, S. (2016). 3D surface properties of glaciers penitentes over an ablation season, measured using a Microsoft Xbox Kinect. *The Cryosphere, 10*(10), 1897–1913. https://doi.org/10.5194/tc-10-1897-2016

Sagredo, E. A., & Lowell, T. V. (2012). Climatology of Andean glaciers: A framework to understand glacier response to climate change. *Global and Planetary Change, 86*, 101–109. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.02.010

Sinclair, K., & MacDonell, S. (2016). Seasonal evolution of penitente glaciochemistry at Tapado Glacier, Northern Chile. *Hydrological Processes, 30*(2), 176–186. https://doi.org/10.1002/hyp.10531

Stichler, W., Schotterer, U., Fröhlich, K., Ginot, P., Kull, C., Gäggeler, H., & Pouyaud, B. (2001). Influence of sublimation on stable isotope records recovered from high-altitude glaciers in the tropical Andes. *Journal of Geophysical Research, 106*(D19), 22613–22620. https://doi.org/10.1029/2001JD900179

Winkler, M., Juen, I., Mölg, T., Wagnon, P., Gómez, J., & Kaser, G. (2009). Measured and modelled sublimation on the tropical Glaciar Artesonraju, Perú. *The Cryosphere, 3*(1), 21–30. https://doi.org/10.5194/tc-3-21-2009

MODELIZACIÓN AVANZADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL SUR DE ESPAÑA

JULIÁN MOLINA [1, 3]

JOSÉ ANTONIO SILLERO-MEDINA [2, 3]

DAVID CASADO-TENORIO [3]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ-SINOGA [2, 3]

[1] *Departamento de Economía Aplicada. Matemáticas. Universidad de Málaga. Facultad de Económicas. julian.molina@uma.es ORCID 0000-0002-1006-875X*

[2] *Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad den Málaga; jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881.*

[3] *Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.* davidcasadoten@gmail.com

Abstract: The variability in rainfall distribution in southern Spain, along with a pronounced longitudinal pluviometric gradient and the evident signs of climate change, are significantly affecting soil moisture content, which directly impacts the amount of water available for plants. As a result, various levels of susceptibility are established, given that ecosystems possess different degrees of resilience. Additionally, the edaphic characteristics are equally variable in this territory, leading to a heterogeneous distribution in the soil's capacity to retain and manage water. Ultimately, soil water conditions will be strongly influenced by the dominant edaphic, climatic, and biotic characteristics in each system. This work is based on the "MOISES" project (PDC2021-120768-I00), whose main objective was the continuous monitoring and simulation of the soil's hydrological state using mathematical modeling methods. Its goal is to propose an improved methodology for the simulation and prediction of soil moisture in environmental areas with contrasting characteristics, using tools based on machine learning, deep learning, and artificial intelligence. For validation, different soil moisture sensors distributed across the Mediterranean slope of Andalusia were used, obtaining relevant and highly reliable results.

Keywords: water resources; climate change; hydrological modelling; soil moisture.

1. Introducción

El contenido de agua en el suelo desempeña un papel crucial en el sistema climático, ya que regula procesos fundamentales como la transpiración y la fotosíntesis vegetal (Seneviratne et al., 2010). Este contenido influye directamente en diversos factores ambientales, entre ellos la salud de la vegetación, la susceptibilidad del terreno a la erosión y la estabilidad estructural de los agregados del suelo (Quan et al., 2022). Por estas razones, el análisis de la humedad edáfica resulta esencial tanto para evaluar fenómenos asociados al cambio climático —como la desertificación— como para optimizar la gestión de los recursos hídricos en sectores estratégicos como la agricultura (Jodar-Abellán et al., 2019). En este contexto, el monitoreo continuo de la humedad del suelo permite anticipar necesidades hídricas adicionales y mitigar los efectos de la sequía sobre la vegetación, contribuyendo así a reducir los impactos ecológicos y económicos adversos en las áreas más expuestas a estos riesgos (Blanka-Végi et al., 2025). No obstante, las condiciones hídricas del suelo presentan una elevada variabilidad espacial y temporal, determinada por factores edáficos, climáticos y bióticos (Cerdà et al., 2018), lo que hace imprescindible la evaluación detallada y localizada de estos condicionantes.

Particularmente en regiones mediterráneas, altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, las alteraciones en el balance hídrico del suelo inciden directamente en la disponibilidad de agua para el desarrollo fenológico de la vegetación. Esta variabilidad representa un factor limitante clave para la productividad agrícola y la estructura de los ecosistemas (Sharma et al., 2024; Sillero-Medina et al., 2025). En consecuencia, se plantea un desafío crítico que debe ser abordado mediante estrategias innovadoras en la gestión del agua, del suelo y del territorio.

En este escenario, contar con información precisa, actualizada y espacialmente representativa sobre el contenido hídrico del suelo resulta esencial para una planificación territorial eficiente. Sin embargo, su medición directa a gran escala presenta importantes limitaciones técnicas y económicas, debido a la alta variabilidad espacio-temporal de este parámetro (Zhao et al., 2020). Por ello, algoritmos de optimización como Nelder-Mead (Nelder & Mead, 1965), también conocido como método símplex no-lineal, se han consolidado como herramientas clave para generar estimaciones y predicciones en este tipo de variables ambientales con un alto grado de ajuste y fiabilidad. Por todo ello, el objetivo de este estudio es diseñar una metodología avanzada para la simulación y predicción de la humedad del suelo en entornos mediterráneos caracterizados por una elevada heterogeneidad ambiental. Para ello, se emplean técnicas matemáticas innovadoras que integran múltiples variables ambientales y climáticas, con el fin de mejorar la precisión y aplicabilidad de los modelos desarrollados.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Resumen del modelo

El reto al que se enfrenta el modelo matemático utilizado es el de predecir de forma continua la humedad en la capa arable del suelo a partir de un gran número de variables hidrometeorológicas y geoambientales. Así, existen parámetros que han sido medidos directamente, como las características edáficas, el umbral de escorrentía o los datos climáticos, y, por otro lado, una serie de variables que el propio modelo es capaz de ajustar, como es el caso de la percolación y el parámetro de ajuste de la velocidad a la que deseca el suelo (k).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Con el fin de obtener el ajuste óptimo de estos parámetros, se plantea un problema de optimización cuyo objetivo es minimizar el error cuadrático medio (MSE) entre el valor estimado de la humedad del suelo (expresado en tanto por ciento) y el valor real observado por la red de sondas instaladas. Para ello, el modelo evalúa distintos valores de las variables de percolación y del parámetro k, recogidas en las ecuaciones desarrolladas en el siguiente apartado, con el fin de identificar aquellos que minimizan dicho error y, por tanto, explican con mayor precisión el comportamiento hídrico del suelo.

El método de optimización empleado para resolver este problema es un algoritmo Nelder-Mead de desarrollo propio, para el cual se ha establecido un criterio de parada basado en un máximo de 20 iteraciones consecutivas sin mejora. Todo este procedimiento ha sido implementado en Python, versión 3.13.2.

2.2. Fuente de datos

Los datos utilizados para parametrizar el modelo han sido recopilados a partir de cuatro fuentes principales. En primer lugar, se han empleado registros procedentes de cuatro sondas de humedad por capacitancia HOBO, distribuidas estratégicamente a lo largo de la vertiente mediterránea andaluza. Estas sondas han permitido obtener mediciones continuas y precisas del contenido de humedad en el suelo. En segundo lugar, se han descargado y procesado los datos meteorológicos proporcionados por las estaciones de la red SAIH Hidrosur más próximas a las ubicaciones de las sondas. Estas estaciones ofrecen información esencial sobre temperatura (T) y precipitaciones (P), con una resolución temporal de 60 minutos, lo que facilita un seguimiento detallado de las condiciones atmosféricas. Como tercera fuente, se han calculado los valores de radiación extraterrestre (R_M) correspondientes a cada mes del periodo de estudio, así como el umbral de escorrentía. Para ello, se han utilizado variables ambientales obtenidas tanto en campo como en laboratorio, complementadas con datos descargados de la plataforma REDIAM. Finalmente, se ha llevado a cabo un análisis de laboratorio de 400 muestras de suelo, recolectadas de forma homogénea a lo largo de la vertiente mediterránea andaluza. Este análisis ha permitido caracterizar hidrológicamente los suelos de la región, aportando información clave para la calibración y validación del modelo.

2.3. Escenarios definidos en el modelo

El modelo empleado para la predicción de la humedad en el suelo contempla dos escenarios principales. Por un lado, el periodo de humectación, que corresponde a los momentos en los que el suelo recibe aportes de agua, principalmente a través de las precipitaciones. Por otro lado, se considera el periodo de desecación, en el que el suelo pierde humedad debido a procesos como la evapotranspiración y la percolación. Este segundo escenario resulta especialmente relevante en contextos mediterráneos, donde predominan las condiciones secas durante gran parte del año. A continuación, detallamos los pasos del procedimiento recursivo para calcular la humedad en un instante t, H_t, en ambos escenarios

2.3.1. Periodo de humectación del suelo

(i) Cálculo de la precipitación efectiva, donde P_t es la precipitación total y EV_t la evapotranspiración.

$$P_e = P_t - EV_t$$

(ii) Cálculo de la Evapotranspiración (EV_t) donde T representa la temperatura tomando como referencia para la temperatura máxima y mínima la de las últimas 24 horas previas a la hora de estudio. A su vez R_M es el valor de la radiación extraterrestre de dicho mes de estudio. Esta ecuación está basada en la metodología propuesta por Hargreaves.

$$EV_t = 0{,}0023 * (T_{Hora} + 17{,}8) * (T_{Máxima} - T_{Mínima})^{0{,}5} * R_M$$

(iii) Cálculo de la Humedad (H_t) en el periodo t. El cálculo se basa en añadir la cantidad de agua que entra a formar parte de los poros del suelo al agua ya existente en el tiempo anterior. Para su determinación, más adelante se describe cómo se ha obtenido el valor de P_{neta}

$$H_t = H_{t-1} + P_{neta}$$

(iv) Cálculo del agua incorporada al suelo (P_{neta}), donde a la P_e descontamos la humedad perdida por escorrentía superficial (umbral de escorrentía, P_0) y la percolación, ambas en mm, en un tiempo de 24 horas. Ambas variables tomarán tres valores diferentes en función de si la humedad registrada en el periodo anterior se encuentra por encima de la capacidad de campo del suelo, bajo el punto de marchitez o entre estos, es decir, en agua útil. Se ha determinado que la percolación solo es mayor a 0 si el suelo se encuentra saturado, mejorando la estimación ante fuertes precipitaciones. Esta ecuación proviene de una adaptación del modelo SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number), desarrollado por el USDA. Un modelo ampliamente utilizado en hidrología para estimar la escorrentía superficial a partir de la precipitación.

$$P_{neta} = \frac{(P_e - \frac{P_0 + Percolación}{24})^2}{P_e + 4 * \frac{P_0 + Percolación}{24}}$$

Además, se establece la condición de capacidad total del suelo ($H_{Capacidad\ Total}$) donde a partir de este nivel el suelo no recoge más agua en sus poros.

$$H_t \leq H_{Capacidad\ Total}$$

2.3.2. Periodo de desecación del suelo

Una vez analizado el comportamiento de la serie de datos obtenida de las diferentes sondas de humedad instaladas en el campo, se incluye un factor de descuento k que actúa como reductor exponencial de la tasa de secado. Esto permite que a mayor tiempo sin precipitaciones (sin aporte de agua al suelo) menor sea la tasa de secado, es decir, se reduzca la velocidad. Este hecho se encuentra vinculado a la capacidad de retención hídrica de cada suelo (pF). Es importante destacar que ha sido clave la introducción de este factor para modelizar el comportamiento de la serie, especialmente cuando el contenido de humedad del suelo se encuentra por debajo del punto de marchitez.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

En este sentido, la activación de los procesos de secado del suelo puede iniciarse en dos situaciones contrastadas. Por un lado, cuando el suelo se encuentra saturado (Situación 1) y existe una pérdida de agua por percolación y, por lo contrario, cuando el suelo no está saturado (Situación 2) y la pérdida se produce exclusivamente por procesos de evapotranspiración. Para su cálculo se han incluido en el modelo las siguientes ecuaciones:

- Situación 1.

$$Tasa\ de\ secado\ 1 = \left(EV_t + \frac{Percolación\ secado}{24}\right) * e^{-k*horas\ \text{sin}\ lluvia}$$

Donde la percolación de secado se ajusta a través del propio modelo y se ajusta el parámetro k, que se multiplica por el número de horas desde el último aporte de agua al suelo. Así pues, la humedad final del suelo estaría dada por la siguiente ecuación, que incluiría la profundidad del suelo, en mm, a la que se quiere predecir el contenido de humedad (z_{pred}).

$$H_t = H_{t-1} * \left(1 - \frac{Tasa\ de\ secado\ 1}{z_{pred}}\right)$$

- Situación 2.

$$Tasa\ de\ secado\ 2 = EV_t * e^{-k*horas\ sin\ lluvia}$$

$$H_t = H_{t-1} * \left(1 - \frac{Tasa\ de\ secado\ 2}{z_{pred}}\right)$$

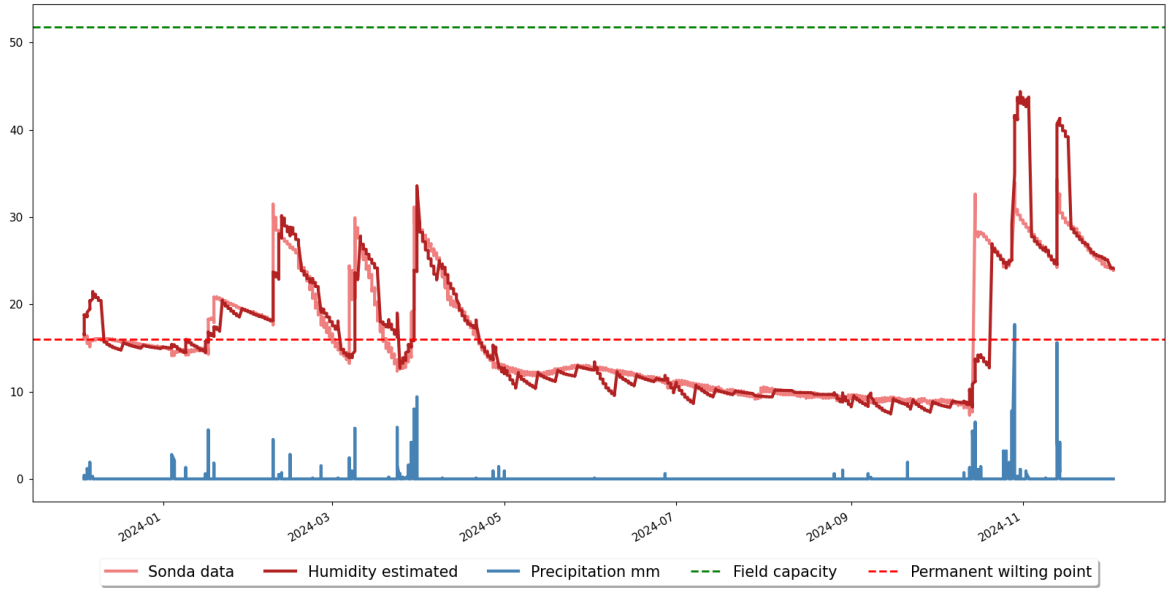
3. Resultados

Los resultados obtenidos del modelo son altamente satisfactorios. En todos los casos estimados, los parámetros muestran excelentes ajustes con respecto a los datos reales medidos en campo. A modo de ejemplo, se presentan algunos resultados correspondientes a una parcela experimental ubicada en el IHSM La Mayora (Algarrobo, Málaga) (Figura 2). Esta serie abarca el periodo comprendido entre el 4 de diciembre de 2023 y el 5 de febrero de 2025, durante el cual la sonda registró un total de 10.320 lecturas.

En cuanto al MSE obtenido durante la fase de entrenamiento del modelo, se observa un valor de 9,64, que en determinadas ocasiones puede deberse a la variabilidad de los parámetros climáticos entre la ubicación de la estación meteorológica y la localización de la sonda de humedad en la parcela experimental.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 2. Evolución del contenido de humedad del suelo (%) medido y estimado para una parcela experimental en Algarrobo (Málaga).



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

La metodología propuesta ha demostrado ser altamente eficaz en la estimación de la humedad del suelo en entornos mediterráneos caracterizados por su elevada heterogeneidad ambiental. Los resultados obtenidos para la parcela experimental de Algarrobo reflejan un ajuste significativo entre las simulaciones y las mediciones reales, validando la precisión del modelo desarrollado. Así, la integración de técnicas de aprendizaje automático ha potenciado la capacidad predictiva del sistema, ofreciendo una herramienta valiosa para la gestión hídrica en regiones sometidas a un estrés hídrico creciente debido al cambio climático. La capacidad del modelo para anticipar distintos escenarios de humectación y desecación proporciona un recurso estratégico para optimizar el uso de los recursos hídricos y mejorar la toma de decisiones en ámbitos ambientales y agrícolas.

La ampliación del conjunto de datos reales sobre humedad del suelo, junto con la instalación de un mayor número de sondas en diferentes entornos, permitirá una notable mejora en la precisión y fiabilidad del modelo. Además, se está avanzando significativamente en la predicción aplicada a sistemas agrícolas, donde la incorporación de agua al suelo puede ocurrir de forma natural, a través de precipitaciones, o de manera artificial, mediante distintos sistemas de riego.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de dos proyectos de investigación: (i) "Manejo sostenible de los frutales subtropicales en Andalucía en un contexto de escasez hídrica" (PLSQ_00309), financiado por la Junta de Andalucía; (ii) "Monitoreo y simulación del estado hidrológico del suelo" (PDC2021-120768-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

5. Referencias bibliográficas

Blanka-Végi, V., Tobak, Z., Sipos, G., Barta, K., Szabó, B., & van Leeuwen, B. (2025). Estimation of the spatiotemporal variability of surface soil moisture using machine learning methods integrating satellite and ground-based soil moisture and environmental data. Water Resources Management, 39, 2317–2334. https://doi.org/10.1007/s11269-024-04069-3

Jodar-Abellan, A., Fernández-Aracil, P., & Melgarejo-Moreno, J. (2019). Assessing Water Shortage through a Balance Model among Transfers, Groundwater, Desalination, Wastewater Reuse, and Water Demands (SE Spain). Water, 11(5), 1009. https://doi.org/10.3390/w11051009

Nelder, J. A., & Mead, R. (1965). A simplex method for function minimization. The Computer Journal, 7(4), 308–313.

Quan, Q., Liang, W., Yan, D., & Lei, J. (2022). Influences of joint action of natural and social factors on atmospheric process of hydrological cycle in Inner Mongolia, China. Urban Climate, 41, 101043. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101043

Seneviratne, S. I., Corti, T., Davin, E. L., Hirschi, M., Jaeger, E. B., Lehner, I., Orlowsky, B., & Teuling, A. J. (2010). Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. Earth-Science Reviews, 99(3–4), 125–161. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004

Sharma, A., Surkar, P. P., Khare, R., et al. (2024). Cuantificación de los requerimientos de riego para los principales cultivos bajo la influencia del cambio climático en una región semiárida. Water Resources Management. https://doi.org/10.1007/s11269-024-03927-4

Sillero-Medina, J. A., Galacho-Jiménez, F. B., Molina, J., & Ruiz-Sinoga, J. D. (2024). Análisis de la dinámica de los cambios en el uso del suelo en la región mediterránea del sur de España y su relación con la disponibilidad de agua. Geo: Geography and Environment, 11(2). https://doi.org/10.1002/geo2.161

Zhao, T., Shi, J., Lv, L., Xu, H., Chen, D., Cui, Q., Jackson, T. J., Yan, G., Jia, L., Chen, L., et al. (2020). Soil moisture experiment in the Luan River supporting new satellite mission opportunities. Remote Sensing of Environment, 240, 111680. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111680

TERRITORIO FLUVIAL: GRADO DE APLICACIÓN Y ACTUALIZACIÓN PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL Y DE RIESGOS

ALFREDO OLLERO OJEDA[1]

GUILLERMO ÁNGELES[2]

DANIEL BALLARÍN FERRER[3]

N. PAULINA ESPINOSA ROJAS[4]

SAIOA GARCÍA RODRÍGUEZ[5]

ASKOA IBISATE GONZÁLEZ DE MATAUCO[6]

ORBANGE ORMAETXEA ARENAZA[7]

VALERIA N. PIRCHI[8]

MARÍA RODRÍGUEZ GALLEGO[9]

ANA SÁENZ DE OLAZAGOITIA BLANCO[10]

MIGUEL SÁNCHEZ FABRE[11]

ANA SORIA NUEZ[12]

PAULA A. ZAPPERI[13]

[1]Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, aollero@unizar.es, ORCID 0000-0002-9745-5866

[2]Dpto. de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS), 12 de Octubre 1198, Bahía Blanca, Argentina, guillermo.angeles@uns.edu.ar, ORCID 0000-0002-0187-6421

[3]Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, danielbf@unizar.es, ORCID 0000-0003-4022-8432

[4]Dpto. de Urbanismo, Universidad de Concepción, Victoria 486-490, Concepción, Chile, nespinosa@udec.cl, ORCID 0000-0002-3073-2646

[5]Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, calle Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz, saioa.garciar@ehu.eus

[6]Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, calle Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz, askoa.ibisate@ehu.eus, ORCID 0000-0002-9396-476X

[7]Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, calle Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz, orbange.ormaetxea@ehu.eus, ORCID 0000-0001-8573-280

[8]Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, vpirchi@unizar.es, ORCID 0009-0005-1829-2106

[9]Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, 798980@unizar.es

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

[10]*Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, calle Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz, ana.saenzdeolazagoitia@ehu.eus*

[11]*Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, msanchez@unizar.es, ORCID 0000-0002-9513-1075*

[12]*Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna, s/n, 50009 Zaragoza, 779325@unizar.es*

[13]*Dpto. de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS), 12 de Octubre 1198, Bahía Blanca, Argentina, paula.zapperi@uns.edu.ar, ORCID 0000-0003-0783-1467*

Abstract: The return of room to rivers, especially in lowland reaches, is a key river restoration measure for flood management. Under various names, this paradigm began to be promoted in different countries in the last decade of the 20th century. In Spain, it was established as "Fluvial Territory" in the 2006 National River Restoration Strategy. Since then, actual implementation has been generally partial, irregular, and limited, albeit with good results, in a context of fluvial environmental change that requires ongoing adaptive management. The objective of study (SEDEXCHARE project) is to update, locate, and evaluate the applications and achievements of this idea, primarily in Spain, and in comparison with other territories, with a record of application cases. The implementation in the Middle Ebro River is relevant, associated with another package of actions currently within the framework of the Ebro Resilience strategy and project, which is being implemented and acquiring a model value for actions in other basins. This current assessment also deserves a review of the concept itself and its objectives from a geographic perspective, which is strongly present in several of the initiatives. It is essential to integrate environmental management, respect for and adaptation to the natural system, risk management, and land use planning in flood-prone river areas. Recent extreme events with significant damage demonstrate the urgent need to respect, conserve, restore, and plan for river territories, with proposals adapted to current situations and future contexts.

Key words: River hydromorphology, floods, risk management, Nature-based solutions, Middle Ebro River

1. Introducción

Los ríos son sistemas naturales complejos que funcionan como mecanismos fundamentales del planeta en la conexión de materia, energía y procesos para la salud ambiental global. Conforman una zona crítica terrestre (Wymore et al., 2023) de tres dimensiones que funcionan de forma interconectada: el cauce activo, la llanura de inundación y la zona hiporreica. Conservar sus conectividades longitudinal, transversal y vertical en todos los ríos es clave para que el sistema fluvial cumpla sus funciones. La alteración de caudales hídricos y sólidos y la ocupación humana de cauces y llanuras de inundación han deteriorado o impedido este complejo funcionamiento, generando en muchos ríos procesos de simplificación geomorfológica, estrechamiento de cauces activos y llanuras de inundación, desconexiones e incisión, procesos que se han generalizado y acelerado en el último medio siglo.

Es preciso enfrentar este grave problema ambiental y, para ello, devolver su espacio a los ríos debería ser la medida clave de adaptación humana y sentido común, una medida de restauración

fluvial y de gestión de riesgos, solución basada en la naturaleza, que puede recuperar la naturalidad de unos ríos deteriorados en el Antropoceno por embalses, defensas, canalizaciones y dragados.

La presente investigación geoecosocial se inscribe en la Geografía Física Crítica y reúne a un grupo de trabajo que participa en el proyecto *Sedexchare – Observatorio del río Ebro,* centrado en el curso medio del Ebro, donde se manifiesta de forma muy clara esta situación ambiental en la que se enfrentan sistemas fluviales que buscan y necesitan su espacio e intereses económicos que consumen río y se exponen en riesgo, un territorio del río ocupado, consumido y simplificado por las acciones humanas. Es un caso de máximo interés geográfico en el que desde diversas perspectivas críticas se aborda el problema y se pretende definir soluciones en torno a la propuesta sostenible de territorio fluvial, que busca el equilibrio, la interacción y la resiliencia mutua del medio natural y social que convive en el río.

2. Evolución de la idea y aplicaciones

La idea de Territorio Fluvial (TF) surgió en el ámbito académico de la Geografía como paradigma aplicable en gestión ambiental y de riesgos y en ordenación del territorio. Apareció de forma paralela en varios países a comienzos de la década de los noventa. Precisamente esta diversidad en el origen implicó la ausencia de un término común, que quizás habría consolidado un paradigma más universalmente reconocido. En el ámbito anglosajón y en Alemania, Suiza y Holanda se fue desarrollando, desde otras denominaciones, hacia el término *room for rivers,* con clara vocación de gestión de inundaciones. En Francia *(espace de liberté),* en Italia *(fascia di mobilità)* y en Norteamérica *(free space, erodible corridor)* puso más el acento en la dinámica de los cauces.

En España el concepto derivó desde el espacio de movilidad de Ollero (1992) hasta el territorio fluvial consensuado en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos de 2006, enfocándose como una medida de restauración fluvial útil en la gestión de inundaciones y en la ordenación de márgenes fluviales y espacios inundables. Los objetivos de la propuesta siempre han sido complejos, con versiones que inciden más en lo biológico, en lo geomorfológico, en la ordenación o en la inundabilidad. Paralelamente se fue desarrollando una metodología de delimitación de territorios fluviales sobre el mapa, estableciendo anchuras aconsejables y mínimas. Las dificultades de aplicación, en especial en relación con la propiedad privada, han ido consolidando la primacía del objetivo de la gestión de inundaciones (Ribas y Saurí, 2022; Olcina y Díez Herrero, 2025) sobre los más puramente geomorfológicos y ambientales, especialmente en España, donde no se admite la erosión de márgenes y la posibilidad de movilización de cauces. La Directiva europea de Inundaciones (2007-60-EC) pareció reforzar la idea del TF, por cuanto defiende el respeto por la función mitigadora de las llanuras de inundación, pero en realidad diluyó en cierto modo el paradigma dentro de conjuntos más amplios de medidas de restauración fluvial y de mitigación de riesgos, como las medidas naturales de retención de agua (NWRM) y otras soluciones basadas en la naturaleza. En este contexto, a comienzos de la segunda década de siglo XXI, la idea del TF fue dejando el ámbito científico y fue calando en el técnico, expandiéndose las aplicaciones locales (Kondolf, 2012; Biron et al., 2013). Desde entonces no se constatan nuevas aportaciones científicas relevantes, pero sí se va contando con iniciativas de aplicación desde ámbitos de gestión hidrológica y territorial.

El TF puede definirse como el terreno, espacio o paisaje dominado por un sistema fluvial, como un espacio del río que incluye el cauce, el corredor ribereño y, total o parcialmente, la llanura de inundación. Y se trata de un espacio a reivindicar, que choca con los intereses socioeconómicos sobre la red fluvial. Debería ser una banda geomorfológica y ecológicamente activa, de máxima eficiencia y

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

complejidad como sistema natural, ancha, continua, inundable, erosionable, no defendida y no urbanizable. Exige eliminar las defensas de margen y quitar o alejar las motas (Knox et al., 2022). Sus límites son precisos, pero no deberían ser permanentes, sino adaptados a la movilidad fluvial. Debería ser una figura de ordenación del territorio, una adaptación de la planificación de los usos humanos a la dinámica fluvial (Ollero, et al., 2009).

En la actual investigación se ha realizado una búsqueda de casos de aplicación y en España son todavía escasas las iniciativas. Destacan los 107 km de defensas eliminados por la Confederación Hidrográfica del Duero, principalmente en los ríos leoneses, siendo el más significativo el Órbigo. También se han realizado varias actuaciones en las dos últimas décadas en los cursos bajos del Arga y el Aragón en Navarra. Hay que sumar las actuaciones integradas en la estrategia y proyecto Ebro Resilience en el curso medio del río Ebro desde 2015. En algunos casos, sin lograr un espacio considerable, se han reconectado meandros, como en Almenara de Tormes (Salamanca) o en el río Segura en el Vivillo (Murcia), o se ha descanalizado y recuperado el cauce natural, como en el río Sequillo en Belver de los Montes (Zamora). Y en ámbitos urbanos se contabilizan algunas acciones locales en Catalunya, como la del Besòs en Santa Coloma, destacando también el derribo del barrio de Canterería en Ontinyent, en el río Clariano, después de la DANA de 2019, y más recientemente los proyectos del río Congost en Granollers y del río Gafos en Pontevedra. Son todos ellos casos positivos e interesantes, pero en general se quedan cortos en el logro de los objetivos de recuperación del espacio fluvial y de su complejidad natural, porque el espacio a recuperar y su potencial geoecosocial son siempre mayores que lo conseguido.

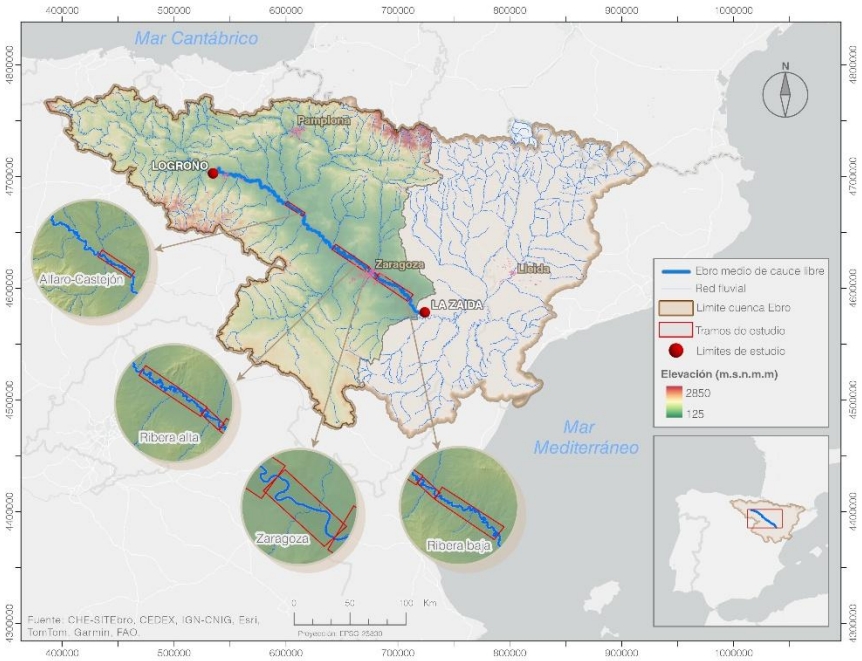
3. Implementación en el curso medio del Ebro

Este gran río del sur de Europa es en su curso medio (unos 340 km desde Logroño hasta La Zaida) un buen ejemplo de río de llanura (figura 1). Su cauce activo, muy dinámico en el pasado, circula por una llanura de inundación de una anchura media de unos 4 km (Ollero, 1992), en lo que constituye el espacio inundable fluvial de interior más extenso de la Península ibérica. Esto por sí solo ya debería implicar que, tanto el curso medio del Ebro como las crecidas que lo construyen, mantienen y aportan salud, fueran un espacio protegido, una reserva fluvial en todo su recorrido. Muy regulado con embalses desde mediados del siglo XX, el río ha ido sufriendo progresivamente sus efectos negativos. Muy defendido desde los años 60 del siglo pasado y casi eliminada su dinámica desde los años 80, ha asistido a un proceso continuo de contracción de su espacio. Un periodo con escasas crecidas entre 1980 y 2003 consolidó la sensación de seguridad (evidentemente falsa) e implantó granjas, urbanizaciones y servicios públicos en zonas de riesgo, incrementándose considerablemente los daños en las crecidas de 2003, 2007, 2015, 2018 y 2021.

En el Ebro desde 1991 se ha promovido la idea de devolver espacio al río en diferentes trabajos (e.g. Ollero, 1992; 2007; Ollero et al., 2015) y foros técnicos de debate, primero desde el concepto de espacio de movilidad, después con el de territorio fluvial. La Confederación Hidrográfica del Ebro comenzó a dar algunos pasos en esta línea en 2015, enmarcándolos luego en la estrategia Ebro Resilience y en el proyecto LIFE+ del mismo nombre. En ese marco se han podido retranquear algunas motas y ganar algo de espacio, pero son todavía acciones muy locales y escasas. La gran devolución de espacio es un desafío pendiente, con un potencial de recuperación enorme, pero tardará en llegar por la dificultad de lograr apoyos políticos y sociales decididos. En la actualidad se sigue trabajando para redefinir y conseguir esta acción desde el proyecto de investigación *Sedexchare – Observatorio del río Ebro,* y en concreto desde

el subproyecto PID2022-138196OB-C31 *Gestión de riesgos y de cambios ambientales en el Ebro medio: restauración fluvial y resiliencia territorial*. Recuperando su espacio el Ebro medio conseguiría de nuevo la dinámica que perdió, funcionaría mejor en aguas altas y crecidas, lograría complejidad geomórfica y biodiversidad, reduciría peligrosidad y riesgo, y con una sociedad ribereña bien adaptada disminuirían enormemente las pérdidas económicas y desaparecería el eterno conflicto. Además, el Ebro en su conjunto es un eje de identidad, cultura y afectividad que podría ser aprovechado y exportado como ejemplo para la reconciliación de personas y ríos (Mariano et al., 2023).

Figura 1: Localización del Ebro de meandros libres y de las áreas de aplicación del proyecto Sedexchare



4. Diagnóstico y perspectivas

La aplicación del territorio fluvial ha presentado hasta ahora tres problemas relevantes. Primero, se ha aplicado poco, de forma parcial y local, en muy pocos tramos de la red fluvial, por lo que no se han conseguido apenas sus objetivos, que requieren una acción más decidida y extendida. En segundo lugar, se ha empleado solo como sistema de gestión de inundaciones, no para recuperar la movilidad fluvial, lo que implica también una utilidad restauradora ambiental baja e incompleta y que la salud fluvial asociada a la salud global sigue estando muy limitada. En tercer lugar, no se ha empleado su propio nombre, no se le ha denominado de forma contundente, probablemente para no llamar la atención sobre sus objetivos y para enfrentarse lo menos posible a la propiedad privada y a los intereses económicos dominantes.

A ello hay que añadir la falta de integración del TF con la figura legal del Dominio Público Hidráulico (DPH), que constituye una buena oportunidad en nuestro país, sobre todo después de su redefinición técnica en 2023, pero que no termina de aplicarse forma efectiva y, por tanto, sigue sin conseguir recuperar espacio fluvial real. Sería conveniente y urgente integrar las dos líneas y encaminarlas a la puesta en práctica efectiva, mediante compras, permutas, expropiaciones o simples

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

desprotecciones compensadas. Tras eventos extremos recientes de gran extensión y complejidad, como la DANA de 2024, es evidente el debate y la propuesta de que para salvar vidas y economías hay que determinar unas "áreas de sacrificio" que asuman la inundación, lo cual es, en la práctica, aplicar el DPH y el TF.

En suma, desde una perspectiva de auténtica restauración fluvial, el diagnóstico de lo realizado hasta ahora puede resumirse como interesante localmente pero escaso y decepcionante en conjunto, lo cual nos lleva directamente a la necesidad y urgencia de reforzarlo y promocionarlo. Situaciones fluviales de gran deterioro muy extendidas y eventos extremos de creciente gravedad animan a recuperar y fomentar esta propuesta del TF, muy geográfica y de ordenación del territorio, que cuenta aún con poca fuerza y escasas opciones frente a las medidas ingenieriles tradicionales y frente a las ansias de seguir ocupando espacios inundables de alto riesgo, en suma, frente a lobbies muy potentes. El TF podría ser la gran solución única si hubiera voluntad para cambiar y replanificar el territorio. Tendría que ser la medida estrella de los Planes de Gestión del Riesgos de Inundación (PGRI). Pero mientras tanto, y a falta de verdadero apoyo sociopolítico, habrá que seguir introduciéndolo poco a poco a la par que medidas tradicionales, en un parcheo que seguirá resultando escaso y poco eficaz en próximos eventos extremos.

5. Referencias

Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.A., Ouellet, M.A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C., Eyquem, J. (2013). Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental Management,* 54, 1056–1073.

Knox, R.L., Wohl, E., Morrison, R.R. (2022). Levees don't protect, they disconnect: A critical review of how artificial levees impact floodplain functions. *Science of the Total Environment,* 837, doi 10.1016/j.scitotenv.2022.155773

Kondolf, G.M. (2012). The Espace de Liberté and restoration of fluvial process: when can the river restore itself and when must we intervene? In Boon, P.J., Raven, P.J. (eds.) *River conservation and management,* 223–241, Wiley, Chichester.

Mariano, M., Abella, S., Araujo, R., Ibisate, A., Ollero, A. (2023). Nature-human-river relationships at the Ebro River and its Delta (Spain). En Wantzen, K.M. (Ed.) *River Culture – Life as a dance to the rhythm of the waters,* 745–782. UNESCO, Paris.

Olcina, J., Díez Herrero, A. (2025). Inundaciones en España: el papel de la planificación territorial. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales,* LVII(223): 7-46.

Ollero, A. (1992). *Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos.* Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.

Ollero, A. (2007). *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes.* Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao.

Ollero, A., Ibisate, A., Elso, J. (2009). El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. *Geographicalia,* 56, 37–62.

Ollero, A., Ibisate, A., Granado, D., Real de Asua, R. (2015). Channel responses to global change and local impacts: perspectives and tools for floodplain management (Ebro River and tributaries, NE Spain). In Hudson, P.F. and Middelkoop, H. (ed.) *Geomorphic approaches to integrated floodplain management of lowland fluvial systems in North America and Europe,* 27–52, Springer, New York.

Ribas, A., Saurí, D. (2022). Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València,* 108-109(2): 819-832.

Wymore, A.S., Ward, A.S., Wohl, E., Harvey, J.W. (2023). Viewing river corridors through the lens of critical zone science. *Frontiers in Water,* 5, doi 10.3389/frwa.2023.1147561

ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CONGELADOS (HIELO Y PERMAFROST) EN LOS DOS MAYORES GLACIARES TROPICALES DEL MUNDO: NEVADO COROPUNA Y QUELCCAYA (PERÚ)

RAMÓN PELLITERO[1]

JOSÉ ÚBEDA[2]

VELNIA CHACCA[3]

ÁLVARO NAVARRO[4]

RICARDO VILA[5]

ÓSCAR VILCA[6]

ALAN ATKINSON[7]

ADRIANO RIBOLINI[8]

LUIS MARIANO DEL RÍO[9]

JOSÉ PASAPERA[10]

[1]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey s/n, 28040 Madrid (ES), rpellitero@geo.uned.es, https://orcid.org/0000-0002-0283-379X*

[2]*Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid, Edif. B, C/ Profesor Aranguren, s/n, Moncloa - Aravaca, 28040 Madrid, joseubeda@ucm.es, https://orcid.org/0000-0003-1304-9607*

[3]*Filiación institucional: Instituto Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Av. Centenario 2656 - Sector Palmira, Independencia, - Independencia - Huaraz - Áncash – Perú, velniachl@gmail.com*

[4]*Filiación institucional: Esri España. P.º de la Castellana, 91, Planta 3ª, Tetuán, 28046 Madrid, alvaro.navarro@esri.es, https://orcid.org/0000-0001-7891-8717*

[5]*Filiación institucional: Instituto Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Av. Industrial Nro 1, Mz. N Lt. 1 Urb. Residencial Huancaro - Santiago - Cusco - Cusco - Perú, rvila@inaigem.gob.pe,*

[6]*Filiación institucional: Instituto Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Av. Industrial Nro 1, Mz. N Lt. 1 Urb. Residencial Huancaro - Santiago - Cusco - Cusco - Perú, ovilca@inaigem.gob.pe,*

[7]*Filiación institucional: Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Avd. Universidad s/n 10003 Cáceres, España, atkinson@unex.ex, https://orcid.org/0000-0002-9408-334X*

[8]*Filiación institucional: Department of Earth Sciences, University of Pisa, via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italia, adriano.ribolini@unipi.it, https://orcid.org/0000-0001-5851-8775*

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

[9]*Filiación institucional: Departamento de Física Aplicada.Universidad de Extremadura. Escuela Politécnica de Cáceres. Av. Universidad, s/n. 10003 – Cáceres, lmdelrio@unex.es, https://orcid.org/0000-0003-4587-8194*

[10]*Filiación institucional: Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial. Luis Felipe Villarán 1069, San Isidro 15046, Perú, jpasapera@conida.gob.pe*

Abstract: Preliminary results from the MOTICE project are presented here. This project involves collaboration among Spanish, Peruvian, Italian, and British institutions, and aims to reveal the future of the two largest tropical glaciers in the world. Through differential GPS measurements, satellite imagery, geomorphological mapping, and GPR and IPR campaigns, the project has achieved an estimation of the permanent frozen water resources (glacier ice and permafrost) in the Quelccaya Ice Cap (5620 m a.s.l.) and Nevado Coropuna (6377 m a.s.l.), both located in southern Peru. Quelccaya lies on the humid eastern flank of the Andean Altiplano, while Coropuna sits on the dry western side. Both glaciers are of vital importance for the economic development of the surrounding basins. The Nevado Coropuna icefield, developed on an active volcanic complex, contains 3273 Hm^3 w.e. of glacier ice, with a notable presence of debris-covered glaciers. It also features an extensive periglacial belt where approximately 170 Hm^3 of ice has been estimated, stored in rock glaciers, talus slopes, debris cones, and permanently frozen soils. The Quelccaya Ice Cap, which lies on a granitic platform above 5000 meters, contains around 2207 Hm^3 w.e. of debris-free glacier ice, with no permafrost-related water resources in its surroundings. Current knowledge of these frozen water resources, as well as the retreat of both glaciers, will allow us to estimate their future evolution in the context of climate change, considering the influence of ENSO events. This knowledge will be key for the estimation and management of the associated water resources.

Keywords: Tropical glaciers, global warming, ice thickness, water resources, permafrost.

1. Introducción

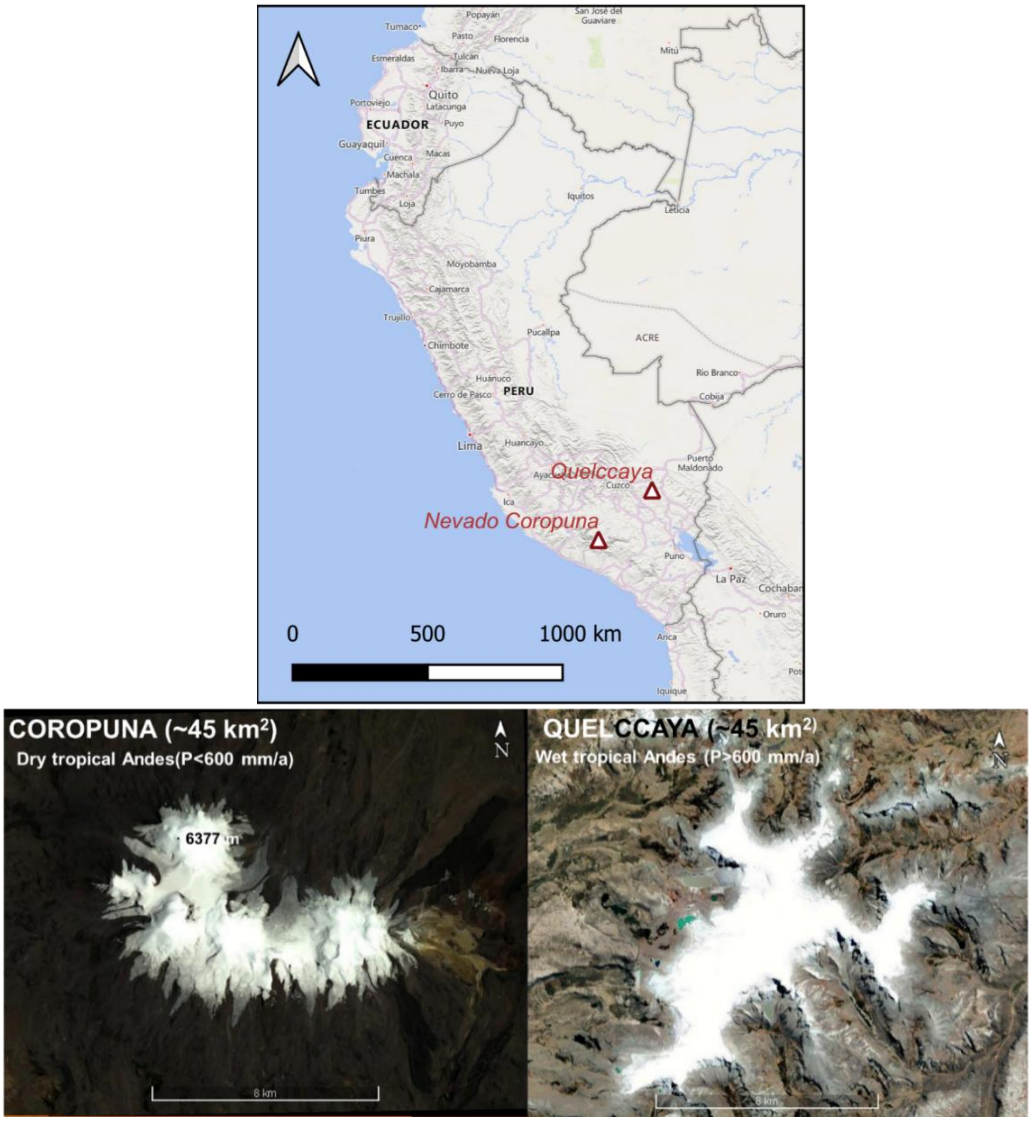
Los glaciares del mundo están retrocediendo de manera acelerada debido al calentamiento global (Hugonnet et al. 2021). Entre los glaciares más afectados por este fenómeno se encuentran los glaciares tropicales (Masiokas et al. 2020), cuya inmensa mayoría se encuentra en Perú. El proyecto MOTICE, en el que colaboran instituciones españolas, peruanas, italianas y británicas, busca modelizar el futuro de los dos mayores campos de hielo (*icefield*) tropicales del mundo, situados ambos al sur de Perú, el Nevado Coropuna y el Quelccaya. Ambos glaciares tienen una extensión aproximada de 40 km^2, y están situados en dos ambientes contrastados a pesar de su relativa cercanía y su idéntica situación latitudinal.

El Nevado Coropuna se sitúa al borde oeste del altiplano andino, en el clima hiperárido propio de la franja costera peruana, originado por la corriente fría de Humboldt y por el efecto de sombra pluviométrica de los Andes. Se trata de un complejo volcánico parcialmente activo, con al menos cuatro conos que, debido a su altura, alojan un gran campo de hielo que cubre cumbres y conos volcánicos. El hielo se desarrolla aproximadamente por encima de 5100 metros hasta los 6377 metros

de la cumbre más alta. La alimentación nival se concentra en una corta temporada de lluvias entre diciembre y marzo, mientras que la pérdida de masa está originada por fusión principalmente entre abril/junio y octubre/noviembre, mientras que en los meses invernales la extrema aridez, baja presión atmosférica, alta radiación solar y baja temperatura provocan que la pérdida de masa esté dominada por la sublimación.

El Quelccaya se sitúa en el borde oriental del altiplano andino, en el contacto entre este y la cuenca amazónica. El campo de hielo se formó sobre una plataforma estructural granítica por encima de los 5000 metros de altitud, siendo su parte más alta una gran montera o llanura de hielo a 5600 metros de altitud. El Quelccaya recibe precipitaciones más abundantes que el Nevado Coropuna, procedentes tanto del llamado monzón sudamericano estival como de procesos convectivos locales inducidos por la elevada temperatura y humedad dominante en la citada cuenca amazónica. Su temporada húmeda es por tanto más extensa, entre septiembre/octubre y abril/mayo. La pérdida de masa es principalmente por fusión, aunque la sublimación también juega un papel relevante durante los meses invernales, en los que dominan condiciones estables.

Figura 1. Localización del Nevado Coropuna y Quelccaya, e imagen aérea de los mismos.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Los glaciares tropicales son especialmente sensibles al cambio climático debido a que presentan un delicado equilibrio térmico por la escasa oscilación térmica estacional. Esencialmente un glaciar tropical posee un área de ablación continua todo el año, con tasas de ablación mayores que los glaciares en zonas templadas o polares. El área de acumulación es, sin embargo, activa solamente durante la temporada húmeda. Cualquier pequeño calentamiento no solamente aumenta el área de fusión por radiación de onda larga, desequilibrando el glaciar, sino que induce la caída de precipitación líquida sobre el hielo, contribuyendo aún más a la ablación. Es por ello que los glaciares tropicales se caracterizan por un muy escaso desarrollo del hielo por debajo de la línea de equilibrio glaciar (*Equilibrium Line Altitude, ELA*). La tendencia climática actual en el sur de Perú es al aumento de temperaturas, con una media de 0,1 grados por década desde 1950, pero los modelos indican una aceleración de dicha tendencia, con un calentamiento entre 1 y 3,5 grados en 2100 con respecto a la media entre 1961 y 1990, lo cual puede situar los glaciares más bajos, como el Quelccaya, enteramente por debajo de la ELA (Yarleque et al. 2018).

2. Objetivos, materiales y métodos

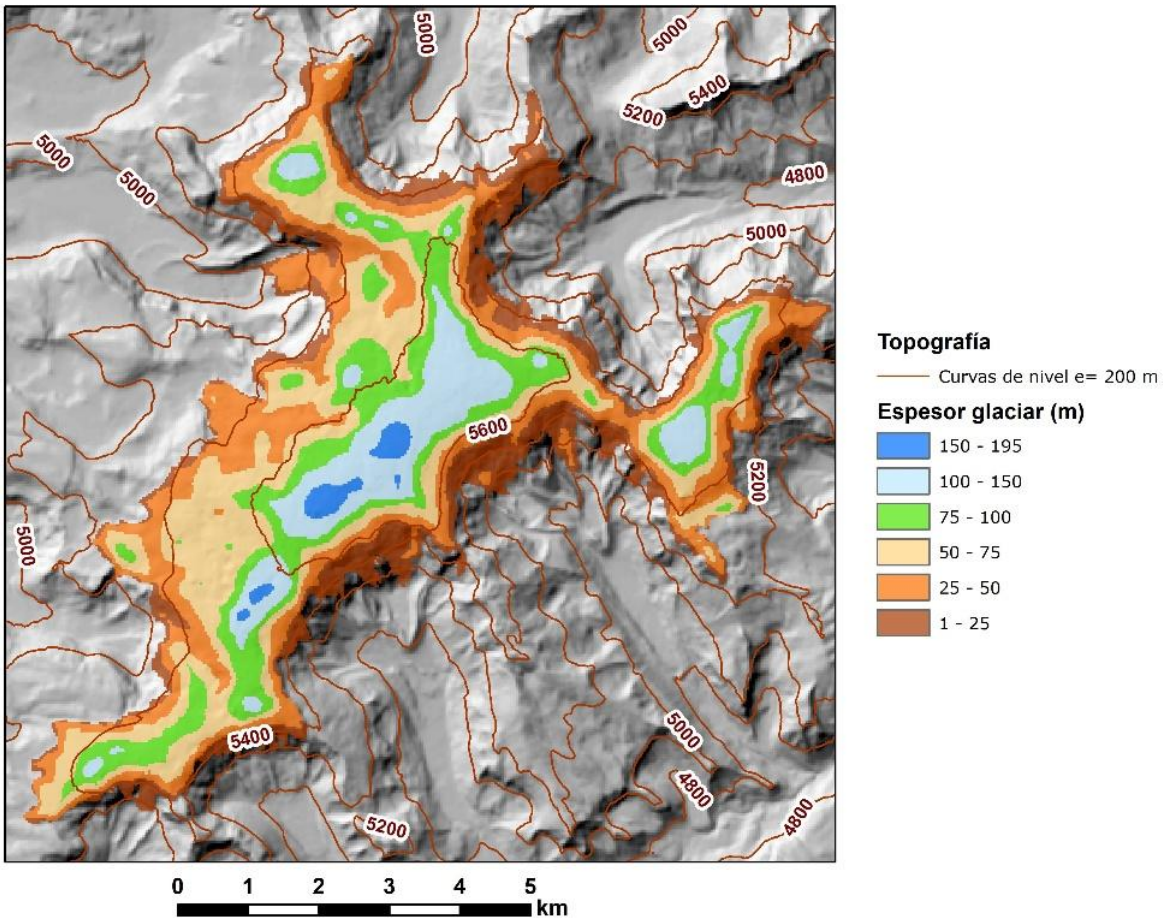
El objetivo del proyecto MOTICE es determinar la evolución de la extensión y volumen del hielo en el Nevado Coropuna y el Quelccaya entre la actualidad y el año 2100. Para que los modelos futuros sean fiables han de ser calibrados con datos reales. Por ello, es necesario realizar una medición de la evolución reciente del hielo en ambas localizaciones y una estimación de la situación actual del mismo. En este caso nos centraremos en el segundo objetivo: estimar el espesor de hielo disponible en la actualidad tanto en el Nevado Coropuna como en el Quelccaya.

La medición del espesor de hielo suele realizarse mediante técnicas geofísicas: pulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o sísmicas que viajan a través del hielo y rebotan contra su base, permitiendo al aparato emisor/receptor calcular la distancia recorrida. Dada la extensión de los glaciares estudiados y su situación remota no es posible realizar una medición directa en toda la superficie de hielo, por lo que hemos acudido a la modelización del mismo a partir de la superficie glaciar. Dicha modelización se realizó utilizando los modelos Glabtop (Linsbauer et al. 2012) y VOLTA (Li 2023), cuyas necesidades en cuanto a datos de partida son muy limitadas, esencialmente el modelo digital de elevaciones (DEM), un shapefile con el límite del glaciar y un mapa de flujo del hielo que permita distinguir los distintos glaciares y líneas de flujo. Los modelos utilizan parámetros fijos cuya variación tiene consecuencias en el espesor de hielo resultante. Para conseguir los valores óptimos en dichos parámetros se realizaron mediciones directas mediante el uso de dos georradares: el primero, de la marca Unmanned Industrial, está equipado con antenas de una frecuencia nominal de 10 MHz, que permiten una baja resolución (alrededor de 6 metros) pero alta penetración (hasta 300 metros) en el hielo. Este radar ha sido diseñado para la investigación glaciológica y registra la posición mediante GPS. El segundo es un georradar de la marca Radar System (IDS Georadar, TR25) equipado con una antena de 25 MHz, que permite una resolución mayor (alrededor de 2 metros) pero una penetración limitada a 75 metros, por lo que se utilizó únicamente en los frentes glaciares. En el caso del Nevado Coropuna, donde tanto las imágenes de satélite, como el trabajo de campo previo, como publicaciones recientes (Yoshikawa et al. 2020) confirman la existencia de hielo enterrado en las márgenes del glaciar blanco, en forma de permafrost, glaciares rocosos o glaciares cubiertos de derrubios, la campaña de GPR se extendió al entorno del glaciar, para poder caracterizar y estimar la cantidad de hielo almacenada en el permafrost. Además, se contó con mediciones de campañas previas (Peduzzi et al. 2010). En el caso de Quelccaya, las mediciones se realizaron partiendo de frentes glaciares y recorriendo la mayor parte del área cimera.

3. Resultados

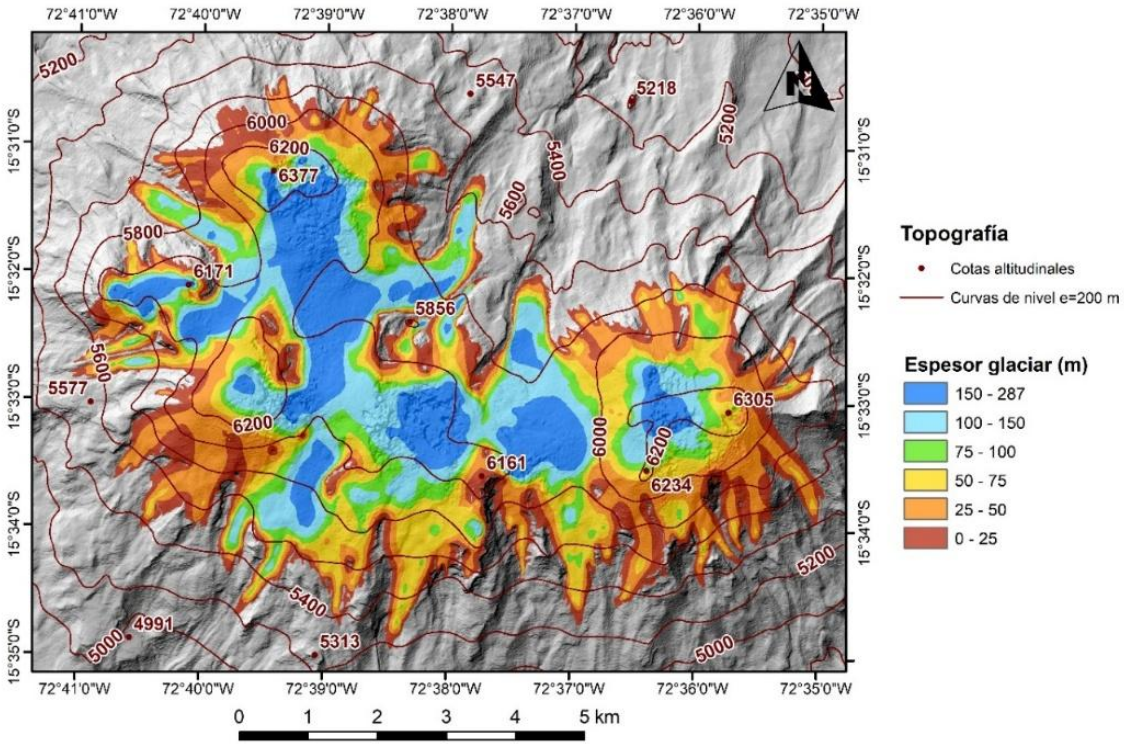
El Quelccaya posee una cantidad estimada de hielo de alrededor de 2207 Hm^3 equivalentes de agua. Las mediciones arrojan un espesor máximo alrededor de los 180 metros de hielo en la plataforma cimera. El error medio de la mejor modelización es de tan solo 0,9 metros, aunque el error medio cuadrático es de 30,5 metros. La modelización corresponde al método de Linsbauer con un f=1, en vez del f=0,8 prescrito por la herramienta y una tensión de cizalla de 121 kPa. En el caso del Nevado Coropuna el volumen de hielo modelizado es de 3273 Hm^3 equivalentes de agua, a los que hay que añadir 170 Hm^3 equivalentes de agua alojados en la orla periglaciar. En el caso del Nevado Coropuna el espesor máximo estimado ronda los 256 metros, mientras que el espesor máximo medido está en los 160 metros. Hay que tener en cuenta que las mediciones en el área cimera del Nevado Coropuna son mucho más escasas, reducidas a los pocos puntos tomados por Peduzzi et al. (2010) y una expedición francesa en 2006 cuyos datos nunca fueron publicados. El error medio de nuestra mejor modelización en el Nevado Coropuna es de 25 metros, correspondiente al método VOLTA, con un factor f=1 y una tensión de cizalla adaptada a la pendiente.

Figura 2. Mapa de espesor glaciar en Quelccaya.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 3. Mapa de espesor glaciar en el Nevado Coropuna.



4. Conclusiones

A pesar de encontrarse en una situación altitudinal y latitudinal similar, el espesor de hielo de los glaciares Quelccaya y Nevado Coropuna es significativamente diferente. Nuestros estudios señalan que el Nevado Coropuna no solamente almacena una mayor cantidad de hielo, sino que además está menos expuesto a la ablación gracias a la cantidad de hielo alojado en glaciares rocosos, glaciares cubiertos de derrubios y permafrost, de los que el Quelccaya carece. Además, su mayor gradiente altitudinal lo hace menos vulnerable al calentamiento global. Como resultado, es esperable que el Quelccaya, cuyas observaciones recientes indican que al final de la temporada seca se sitúa íntegramente en la zona de ablación, retroceda de una manera más acelerada que el Nevado Coropuna en un futuro cercano.

5. Referencias bibliográficas

Hugonnet, R., McNabb, R., Berthier, E., Menounos, B., Nuth, C., Girod, L., Farinotti, D., Huss, M., Dussaillant, I., Brun, F., & Kääb, A. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. Nature, 592(7856), 726-731. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z

Kaser, G., & Osmaston, H. (2002). Tropical glaciers. Cambridge University Press.

Li, Y. (2023). PalaeoIce: An automated method to reconstruct palaeoglaciers using geomorphic evidence and digital elevation models. Geomorphology, 421, 108523. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108523

Masiokas, M. H., Rabatel, A., Rivera, A., Ruiz, L., Pitte, P., Ceballos, J. L., Barcaza, G., Soruco, A., Bown, F., Berthier, E., Dussaillant, I., & MacDonell, S. (2020). A Review of the Current State and Recent Changes of the Andean Cryosphere. Frontiers in Earth Science, 8, 99. https://doi.org/10.3389/feart.2020.00099

Peduzzi, P., Herold, C., & Silverio, W. (2010). Assessing high altitude glacier thickness, volume and area changes using field, GIS and remote sensing techniques: The case of Nevado Coropuna (Peru). The Cryosphere, 4(3), 313-323. https://doi.org/10.5194/tc-4-313-2010

Yarleque, C., Vuille, M., Hardy, D. R., Timm, O. E., De La Cruz, J., Ramos, H., & Rabatel, A. (2018). Projections of the future disappearance of the Quelccaya Ice Cap in the Central Andes. Scientific Reports, 8(1), 15564. https://doi.org/10.1038/s41598-018-33698-z

Yoshikawa, K., Úbeda, J., Masías, P., Pari, W., Apaza, F., Vasquez, P., Ccallata, B., Concha, R., Luna, G., Iparraguirre, J., Ramos, I., De La Cruz, G., Cruz, R., Pellitero, R., & Bonshoms, M. (2020). Current thermal state of permafrost in the southern Peruvian Andes and potential impact from El Niño–Southern Oscillation (ENSO). Permafrost and Periglacial Processes, 31(4), 598-609. https://doi.org/10.1002/ppp.2064

OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS FOTOGRAMÉTRICOS RPAS PARA ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICOS MULTITEMPORALES. CASO DE ESTUDIO FIUMARA AMENDOLEA (ITALIA)

PEDRO PÉREZ CUTILLAS[1];

CARMELO CONESA GARCIA[2];

GIUSEPPE BOMBINO[3];

ÁNGELA BELLIDO SOLANO[4];

FRANCISCO J. SEGURA-MÉNDEZ[5];

DANIELA D´AGOSTINO[6];

PIETRO DENISI[7]

[1]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Santo Cristo,1, 30001 Murcia (España), pedrope@um.es, 0000-0003-1271-3895*

[2]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Santo Cristo,1, 30001 Murcia (España), cconesa@um.es, 0000-0001-6764-3148*

[3]*Departamento di Agraria, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 89124 Reggio Calabria (Italia), giuseppe.bombino@unirc.it, 0000-0003-0278-9642*

[4]*Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Santo Cristo,1, 30001 Murcia (España), angela.bellidos@um.es, 0009-0000-8482-4602*

[5]*Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), Campus de Murcia, Av. de los Jerónimos, 135, Guadalupe 30107 (Murcia), fjsegura@ucam.edu, 0000-0002-4661-0192*

[6]*Departamento di Agraria, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 89124 Reggio Calabria (Italia), daniela.dagostino@unirc.it, 0000-0003-0278-9642*

[7]*Departamento di Agraria, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 89124 Reggio Calabria (Italia), pietro.denisi@unirc.it, 0000-0003-0278-9642*

Abstract: This study presents a methodological validation of spatial alignment between two RPAS-based photogrammetric surveys conducted over a fluvial system, one with RTK positioning and the other without. The main objective was to assess the geometric consistency of products generated under different acquisition and processing conditions, particularly when no ground control points (GCPs) are available. The workflow involved the reconstruction of dense point clouds using Agisoft Metashape, comparing two alignment configurations (standard and high-precision) for the non-RTK dataset. A detailed Cloud-to-Cloud (C2C) analysis was then performed using CloudCompare, applying a common spatial mask to isolate a coincident area between models. Results show that the differences between the standard and high-precision alignments are minimal, with sub-metric deviations and no clear spatial

patterns, indicating that computationally demanding configurations are not necessarily more accurate. Furthermore, the RTK and non-RTK models were successfully aligned using only automatic tie points, resulting in low reprojection errors and consistent elevation products. A Difference of DEM (DoD) map between the 2022 and 2024 surveys confirmed that most discrepancies are constrained to fluvially active areas, while stable zones display minimal vertical differences. These findings support the use of internal adjustment workflows for aligning non-synchronous surveys, even in the absence of RTK or GCPs, and highlight the potential for optimising photogrammetric processing in large-scale or resource-limited scenarios.

Keywords: RPAS photogrammetry; RTK; point cloud comparison; DEM differencing; geomorphological change.

1. Introducción

La fotogrametría con Sistemas de Aeronaves tripuladas por control remoto (acrónimo en inglés RPAS) se ha consolidado como una herramienta eficaz para la generación de productos geoespaciales de alta resolución, especialmente en contextos donde se requiere un seguimiento multitemporal de procesos geomorfológicos (Gómez-Gutiérrez et al., 2024). Sin embargo, las diferencias en la calidad de georreferenciación entre vuelos, debidas al uso o no de posicionamiento GNSS diferencial (RTK), pueden comprometer la comparación directa de modelos en ausencia de puntos de control en tierra (GCPs). Ante esta limitación, resulta necesario validar procedimientos de ajuste interno que permitan alinear modelos de distinta precisión, garantizando la coherencia geométrica entre campañas (Feurer & Vinatier, 2018).

El objetivo principal de este trabajo es validar el alineamiento espacial entre dos vuelos fotogramétricos realizados sobre un cauce fluvial mediante el sistema '*structure from motion*' (SfM), uno de ellos sin posicionamiento RTK y otro con RTK integrado, ambos procesados mediante el software Metashape. La correcta georreferenciación y ajuste de ambos modelos resulta fundamental para la generación de productos cartográficos de alta precisión (ortofotografías y modelos digitales de elevación) destinados al análisis geomorfológico multitemporal. Como objetivo complementario, se presenta un procedimiento comparativo entre nubes de puntos generadas con distinta configuración de parámetros de procesado (densidad de 'tie points' y precisión de alineamiento). Esta comparación permite evaluar el impacto de diferentes niveles de exigencia computacional, asociados al manejo de grandes volúmenes de imágenes de alta resolución, sobre la calidad geométrica final del modelo. El análisis, basado en métricas Cloud-to-Cloud (C2C), ofrece una base para la optimización de flujos de trabajo en contextos donde la precisión es prioritaria pero los recursos de cálculo son limitados.

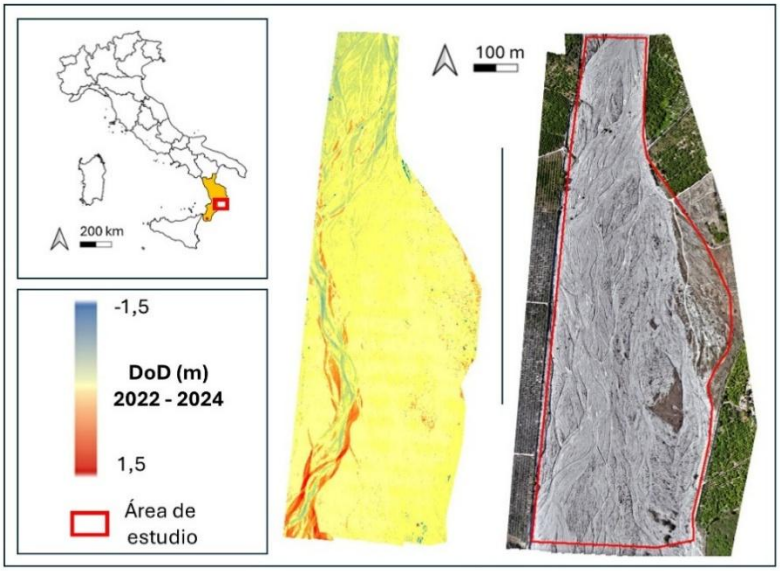
2. Materiales, datos y métodos

2.1. El caso de estudio.

El área de estudio corresponde a un tramo del cauce de la fiumara Amendolea (Calabria, sur de Italia), caracterizado por la presencia de barras de sedimentación, sectores de encajamiento y morfologías activas (Figura 1).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Figura 1. Área de localización y Diferencia de Modelos Digitales de Elevación (DoD) entre los vuelos de 2022 (sin RTK) y 2024 (con RTK). Los valores negativos (en rojo) indican zonas de erosión donde el modelo de 2024 presenta menor altitud, mientras que los valores positivos (en azul) reflejan procesos de sedimentación. El buen ajuste entre modelos se confirma por la escasa diferencia en las zonas estables, siendo los mayores cambios atribuibles a dinámicas fluviales entre campañas.



Se realizaron dos vuelos fotogramétricos con dron sobre la misma zona:

- Vuelo sin RTK (campaña 2022): Ejecutado con cámara RGB de alta resolución, sin corrección GNSS diferencial. Se capturaron un total de 500 imágenes con fuerte solape y resolución submétrica.
- Vuelo con RTK (campaña 2024): Realizado con integración GNSS-RTK y condiciones similares de iluminación y altitud relativa. Se adquirieron 427 imágenes con mejor control posicional y calidad radiométrica comparable.

Ambos conjuntos de datos fueron procesados en Agisoft Metashape v.2.1.1., con configuración específica para comparar el rendimiento en términos de precisión geométrica y eficiencia computacional.

2.2. Alineación y ajuste fotogramétrico en Metashape

El proceso principal de reconstrucción 3D se llevó a cabo mediante el software Metashape, comparando dos niveles de parametrización para el modelo sin RTK:

- Un primer procesamiento con configuración estándar: 40.000 puntos clave / 4.000 puntos por par.
- Un segundo procesamiento más exigente: 60.000 puntos clave / 20.000 puntos por par, con mayor coste computacional.

Ambos modelos se alinearon con el modelo RTK como referencia espacial, empleando puntos de enlace generados a partir de coincidencias automáticas y verificando la calidad del ajuste mediante la

métrica de error de reproyección y la distribución espacial del error residual. Se generaron ortomosaicos y modelos digitales de superficie para cada combinación, evaluando su consistencia visual y geométrica.

2.3. Comparación geométrica con CloudCompare

Con el objetivo de evaluar cuantitativamente la concordancia entre los modelos generados, se aplicó una comparación directa entre las nubes de puntos resultantes, utilizando la herramienta Cloud-to-Cloud (C2C) del software CloudCompare v.2.13.2.

Para ello, se definió una zona común de análisis mediante recorte espacial con polilínea cerrada aplicada de forma idéntica sobre ambas nubes. La nube RTK se empleó como referencia, mientras que las versiones de menor precisión se analizaron como comparadas. El análisis permitió estimar las distancias geométricas absolutas entre modelos, así como su distribución espacial, y se complementó con representaciones gráficas (histogramas, mapas y boxplots) para evaluar la homogeneidad del error y su relevancia en el ajuste general del modelo.

Para facilitar la interpretación de las diferencias geométricas obtenidas mediante el análisis C2C, se definieron tres umbrales de distancia máxima admisible entre puntos: <2, <1 y <0.5 unidades. Estos valores fueron establecidos durante el cálculo del C2C en CloudCompare y representan límites crecientemente restrictivos para la búsqueda de correspondencias entre nubes. El umbral de 2 unidades garantiza la inclusión de la mayoría de los puntos con independencia de pequeñas desviaciones, mientras que los umbrales más estrictos (<1 y <0.5) permiten acotar el análisis a zonas con mayor solapamiento efectivo y menor dispersión, haciendo más visibles las diferencias en zonas críticas. Estas tres escalas se utilizaron tanto en el análisis estadístico de las distancias como en la representación espacial de los errores.

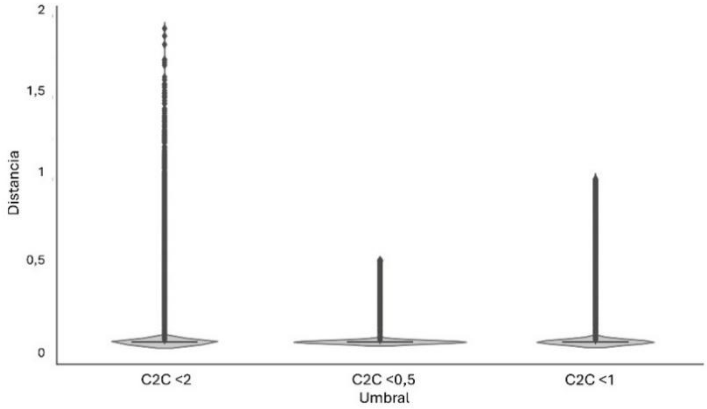
3. Resultados

3.1. Comparación geométrica entre modelos con diferente parametrización

El primer análisis se centró en la comparación entre dos modelos fotogramétricos generados a partir del vuelo sin RTK, procesados con distintas configuraciones de alineamiento. La configuración estándar empleó 40.000 puntos clave y 4.000 puntos por par, mientras que la configuración más exigente aumentó estos valores a 60.000 y 20.000, respectivamente, incrementando sustancialmente los tiempos de procesamiento y consumo de recursos computacionales (2 días frente a 5 días de computación de este segundo procesamiento). Para evaluar la diferencia geométrica entre ambas reconstrucciones, se aplicó un análisis C2C sobre las nubes de puntos resultantes, utilizando como zona de comparación un recorte espacial común definido mediante polilínea cerrada en CloudCompare.

La figura 2 muestra la distribución de distancias absolutas C2C obtenidas en esta comparación. El histograma de frecuencias y la figura combinada tipo violin-boxplot indican que la mayoría de los puntos presentan diferencias inferiores a 0.5 unidades, con una clara concentración de valores próximos a cero. Esto sugiere una elevada consistencia geométrica entre ambos modelos, a pesar de la diferencia en exigencia de parametrización.

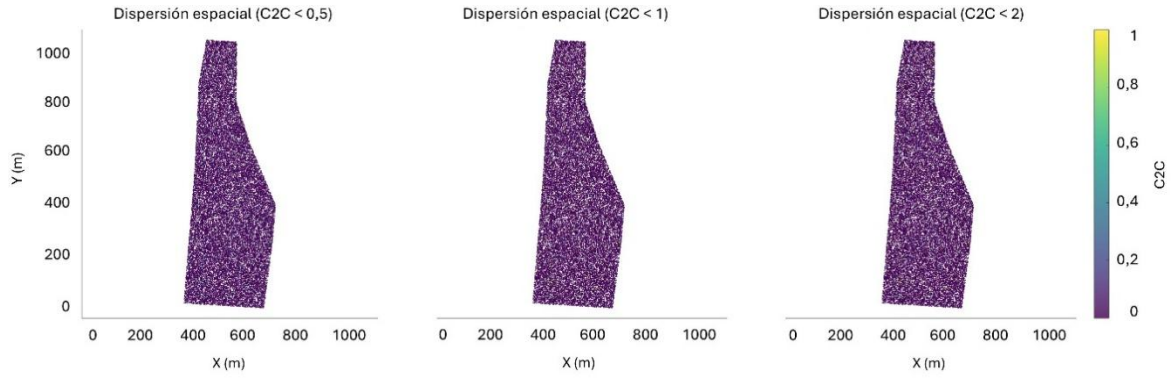
Figura 2. Distribución de las distancias Cloud-to-Cloud (C2C) entre las nubes de puntos generadas a partir del vuelo sin RTK con dos configuraciones de alineamiento (estándar y exigente). Se muestra la frecuencia de las diferencias mediante un histograma y su distribución por umbral (<2, <1 y <0.5) mediante diagramas combinados tipo violin-boxplot. Los resultados indican diferencias submétricas con alta concentración de valores próximos a cero, sin patrones de dispersión significativos.



Por su parte, la figura 3 presenta la dispersión espacial de los valores C2C, representados sobre el plano XY para tres umbrales distintos (<2, <1, <0.5). Las tres visualizaciones utilizan una escala de color común, lo que permite comparar visualmente el comportamiento geométrico de ambas nubes. Se observa que los errores se distribuyen de manera homogénea en el interior de la zona común, sin agrupamientos ni patrones espaciales evidentes que indiquen deformaciones locales relevantes (tonos lilas: valores cercanos a 0).

En conjunto, estos resultados apoyan la hipótesis de que, en este caso concreto, el uso de una configuración exigente no aporta una mejora geométrica significativa con respecto al ajuste estándar, lo que tiene implicaciones directas sobre la optimización de los flujos de trabajo en contextos de alta carga computacional.

Figura 3. Distribución espacial de las distancias C2C entre nubes de puntos generadas con distinta parametrización (configuración estándar y configuración exigente), empleando la nube de mayor precisión como referencia. Se representan los valores de error bajo tres umbrales progresivamente más restrictivos (<2, <1 y <0.5), con una escala de color común (0–1) para facilitar la comparación visual. La dispersión de los errores es homogénea y no presenta agrupamientos estructurales relevantes.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

3.2. Ajuste y comparación entre vuelos RTK y no RTK

El segundo bloque de análisis se centró en el alineamiento entre los dos vuelos realizados en años distintos: uno sin RTK (2022) y otro con posicionamiento diferencial RTK (2024). El procesamiento y ajuste se llevó a cabo en Metashape empleando la configuración estándar de alineamiento para ambos vuelos. A pesar de las diferencias en los parámetros de adquisición y la ausencia de puntos de control terrestre (GCPs), el modelo sin RTK fue correctamente alineado sobre la geometría del modelo RTK mediante puntos de enlace automáticos, con un error medio de reproyección inferior a 0.5 píxeles y una distribución espacial del error homogénea.

Para evaluar el resultado del ajuste en términos morfométricos, se generaron los modelos digitales de superficie (DEM) de ambos vuelos y se calculó la diferencia de elevaciones (DoD) entre ellos. La figura 1 muestra el resultado de esta comparación, donde los valores negativos (en rojo) indican zonas de erosión y los positivos (en azul), zonas de sedimentación o acumulación. Tal como se observa, el ajuste espacial entre ambos modelos es muy preciso en la mayor parte de la superficie, con diferencias mínimas en las zonas sin alteraciones morfológicas. Las mayores discrepancias se concentran en los canales principales y secundarios del cauce, reflejando procesos naturales de evolución fluvial entre ambas campañas. Este resultado confirma tanto la calidad del ajuste como la validez del método para estudios geomorfológicos de cambio multitemporal a partir de vuelos no sincronizados.

Los resultados obtenidos muestran que es posible alcanzar un ajuste espacial robusto entre modelos generados a partir de vuelos fotogramétricos con y sin RTK, siempre que se disponga de suficiente solape, calidad de imagen y control del procesado (Knuth et al., 2023). En este caso, el modelo de 2022, sin corrección GNSS diferencial, fue correctamente alineado sobre el modelo RTK de 2024 mediante la identificación automática de puntos comunes, sin necesidad de puntos de control en tierra. Esta alineación, verificada mediante análisis visual y métricas de reproyección, permitió la comparación multitemporal fiable de ortomosaicos y DEMs, confirmando su aplicabilidad en estudios geomorfológicos.

En relación con el análisis de las configuraciones de alineamiento, los resultados C2C entre las nubes generadas con parámetros estándar y exigentes mostraron diferencias submétricas, sin patrones espaciales que sugirieran deformaciones estructurales. Esta homogeneidad indica que, al menos en este contexto, el incremento del número de puntos clave o de coincidencias por par no se traduce necesariamente en una mejora geométrica significativa. Este hallazgo es especialmente relevante para el diseño de flujos de trabajo en estudios de gran escala o con recursos computacionales limitados, donde la eficiencia puede priorizarse sin comprometer la calidad.

Por último, el uso de herramientas como CloudCompare para la evaluación cuantitativa y visual de las diferencias geométricas ha resultado clave para validar los productos generados. La definición de un área común de análisis y el empleo de métricas C2C han permitido aislar las diferencias reales del efecto de los bordes o zonas sin solape, lo que refuerza la fiabilidad de los resultados. Esta aproximación puede ser replicable en otros contextos donde se desee validar modelos multitemporales o con distintas configuraciones de captura.

4. Conclusiones

Este estudio ha permitido validar un procedimiento de alineación precisa entre vuelos fotogramétricos con y sin RTK, demostrando que es posible generar productos georreferenciados

consistentes sin apoyo terrestre, siempre que se disponga de un modelo de referencia fiable. Además, se ha comprobado que el uso de configuraciones exigentes en la reconstrucción fotogramétrica no aporta mejoras geométricas significativas frente a la configuración estándar, al menos en zonas topográfica y texturalmente homogéneas, optimizando así el tiempo de procesado sin pérdida de calidad.

Como líneas de trabajo futuro, se propone aplicar este enfoque en escenarios con mayor variabilidad topográfica o vegetación densa, así como incorporar técnicas de filtrado y segmentación automática para facilitar la detección de cambios geomorfológicos a partir de los modelos ajustados.

5. Referencias bibliográficas

Feurer, D., & Vinatier, F. (2018). Joining multi-epoch archival aerial images in a single SfM block allows 3-D change detection with almost exclusively image information. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, *146*, 495-506. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.016

Gómez-Gutiérrez, Á., Sánchez-Fernández, M., de Sanjosé-Blasco, J. J., Gudino-Elizondo, N., & Lavado-Contador, F. (2024). Is it possible to generate accurate 3D point clouds with UAS-LIDAR and UAS-RGB photogrammetry without GCPs? A case study on a beach and rocky cliff. Landscape Ecology, 39(11), 1-24. https://doi.org/10.1007/s10980-024-01984-z

Knuth, F., Shean, D., Bhushan, S., Schwat, E., Alexandrov, O., McNeil, C., ... & O'Neel, S. (2023). Historical Structure from Motion (HSfM): Automated processing of historical aerial photographs for long-term topographic change analysis. *Remote Sensing of Environment*, 285, 113379. https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113379

DINÁMICA GEOMORFOLÓGICA RECIENTE EN EL PARQUE NACIONAL DE LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA, ESPAÑA)

MANUEL SÁNCHEZ FERNÁNDEZ[1]

JUAN FRANCISCO MARTÍNEZ-MURILLO[2]

MARIO MENJÍBAR-ROMERO[3]

ÁLVARO GÓMEZ GUTIÉRREZ[4]

[1,4]Departamento de Arte y Ciencia del Territorio, Universidad de Extremadura, Avenida de la Universidad s/n, 10003 Cáceres (ES), [1]msf@imex.es, https://orcid.org/0000-0002-6418-7332

[2]alvgo@unex.es, 0000-0002-2337-26380000-0002-2801-0898

[2,3]Filiación institucional: Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos 29071 Málaga, [2]jfmmurillo@uma.es, https://orcid.org/0000-0002-8963-0505, [3]mariomenjibar@uma.es, https://orcid.org/0000-0001-9261-4445

Abstract: The Sierra de las Nieves National Park is located in Malaga (Spain) and has as its main features a rich biodiversity and a mountainous terrain with unique geomorphological formations. Previous observational studies show that there is soil and vegetation degradation. This degradation can be caused by overgrazing, hiking and/or the inability of the vegetation cover to settle on such a dynamic soil (from a geomorphological point of view). In the present work, topographic changes have been analysed in two headwater areas in the surroundings of the Pilar de Tolox site. The work carried out assesses soil loss and sediment accumulation as a consequence of erosion produced mainly by runoff water between 2019 and 2025. For this purpose, two topographic data records were carried out using an unmanned aerial vehicle. The first survey was carried out in September 2019, with a fixed-wing UAS with metric GNSS, equipped with a photographic camera, and the second in January 2025, with a multi-rotor UAS equipped with a LiDAR sensor, RGB camera and centimetric GNSS. Both the photogrammetric processing of 2019 and the LiDAR data processing of 2025 produced georeferenced point clouds in absolute coordinates with a positional accuracy +/- 5 cm that allowed the comparison of both surfaces using fully three-dimensional techniques. The results show a predominance of erosional processes, which are greatest in the gullies on the left bank of the southern basin. Even in the valley bottom during the period 2019-2025, erosion of previously deposited sediments has dominated.

Keywords: UAS, eroded and sedimentation areas, connectivity index, gully, badland.

1. Área de estudio

El área experimental se localiza en el Parque Nacional Sierra de las Nieves (Málaga, sur de España), y perteneciente tanto a la Red Natura 2000 como a la Reserva de la Biosfera UNESCO. Este espacio protegido es notable por su elevada geodiversidad y biodiversidad, albergando distintos paisajes caracterizados por la litología, el relieve estructural y la variabilidad climática (Gómez-Zotano et al. 2015; Menjibar-Romero, Remond, and Martinez-Murillo 2024). El área concreta de estudio se sitúa en un macizo calizo elevado y ligeramente ondulado, con predominio del relieve estructural, clima mediterráneo semicontinental, y altitudes que superan los 1.600 m s.n.m., lo que le confiere rasgos propios de la alta montaña mediterránea, como la exposición a frentes atlánticos y masas de aire polar, así como la presencia de especies vegetales relictas y formas periglaciares (Figura 1) (Gómez-Zotano et al. 2015; Latorre et al. 2025; Martínez-Murillo et al. 2024; Menjibar-Romero et al. 2024) .

Figura 1. Vista aérea de la zona de estudio.

El área experimental abarca 38,9 ha e incluye dos depresiones típicas del macizo calizo superior, representativas en términos de geología, topografía y procesos geomorfológicos. Las altitudes oscilan entre 1.664 y 1.746 m, y el relieve está formado por cumbres redondeadas, laderas rectilíneas con pendientes entre 20–50 %, y fondos de depresión más suaves. El substrato geológico principal es caliza jurásica muy fracturada, con planos de estratificación visibles, acompañada por brechas calcáreas, materiales arcillosos terciarios y depósitos aluviales cuaternarios, (Martínez-Murillo et al. 2024; Menjibar-Romero et al. 2024).

A pesar de su extensión limitada, el área presenta una gran diversidad de procesos y formas . Destacan las formas kársticas por disolución en lapiaces, condicionadas por la disposición y espesor de los estratos calizos, así como procesos de gelifracción en zonas de alta pendiente. También se observan afloramientos de brechas calcáreas con manantiales en sus contactos, y depósitos coluvio-aluviales significativos en el fondo de la depresión norte, datados por ^{14}C C14 con edades entre ~318 y ~3.000 años Antes del Presente (AP), incluyendo carbones de hasta 10.000 años, (Menjibar-Romero et al. 2024).

Especial relevancia adquieren los materiales arcillosos terciarios, por su elevada dinámica geomorfológica. Estos están afectados por procesos de meteorización y erosión hídrica que originan morfologías tipo badlands y redes de cárcavas activas. El regolito asociado presenta una textura franco-

limosa, densidad aparente media de 1,37 g cm^{-3}, pH ligeramente ácido (6,4), y bajo contenido de carbonatos (1,4 %), entre otros parámetros edáficos.

Finalmente, el sistema fluvial que incide sobre los badlands ha sido parcialmente modificado mediante la construcción, en 1992-93, de diques de retención, destinados a controlar la emisión de sedimentos hacia el embalse de la concepción aguas abajo. Aunque algunos diques están colmatados, aún se observa conectividad hídrica y sedimentaria durante episodios de precipitación intensa o deshielo rápido, (Latorre et al. 2025; Martínez-Murillo et al. 2024; Menjibar-Romero et al. 2024).

2. Materiales y métodos

En el presente trabajo se aborda el estudio de la evolución del paisaje, en relación con la dinámica fluvial, a partir de la comparativa de modelos digitales de nube de puntos. Para la obtención de los modelos del terreno se han realizado trabajos de captura de datos topográficos en campo en dos campañas, una primera en septiembre de 2019 y una segunda campaña en enero de 2025, representándose la evolución acontecida en un periodo de cinco años y cuatro meses.

Para la obtención de los modelos digitales de nube de puntos se han empleado dos metodologías diferentes en relación con el equipamiento empleado para los trabajos. Por un lado, en 2019 se obtuvo el modelo del terreno mediante fotogrametría SfM-MVS. Por otro lado, en 2025 se emplea LiDAR aéretransportado para la obtención del modelo del terreno. En ambos casos el resultado principal que se obtiene, es un modelo digital de terreno de nube de puntos. Mediante la comparativa de estos modelos se obtiene la evolución acontecida.

En 2019 se realizó un vuelo fotogramétrico en el mes de septiembre empleando el UAS Ebee classic. En esta campaña se planificó una única ruta de vuelo que cubrió 90 Ha de superficie. El equipo GNSS instalado en el UAS no permite correcciones en tiempo real o postproceso, de modo que la precisión esperada de las coordenadas de las imágenes es de en +/- 7 metros. La carga del pago del UAS fue un sensor RGB CMOS 1/2,3 (7,76 mm) de 18.2 MP y una distancia focal de 4.45 mm. El vuelo fue programado en el software E-motion 3, éste permite configurar un vuelo adaptativo al terreno empleando el Modelo Digital del Terreno del SRTM, estableciendo una altura de vuelo de 100 m sobre el terreno. Los solapes configurados en la pasada fueron el 80% y entre pasadas el 70%.

Los trabajos de campo de 2025 se llevaron a cabo en el mes de enero. En esta campaña se realiza un vuelo LiDAR y fotogramétrico con el UAS DJI M300 RTK y la carga de pago el sensor Zenmuse L1 con sensores LiDAR y RGB. El sensor LiDAR dispone de un alcance de hasta 450 m y una precisión horizontal de 10 cm a 50 m y vertical de 5 cm a 50 m, permitiendo la lectura de hasta 3 rebotes. El sensor fotográfico tiene una arquitectura igual al sensor de la carga de pago del Phantom 4 RTK (CMOS de 1" de tamaño y 20 MP efectivos con un objetivo 8.8 mm). El UAS empleado está equipado con sensores GNSS que permiten la corrección diferencial tanto en RTK, mediante correcciones por NTRIP o empleando una estación propia (DRTK-2), como en PPK. La zona de vuelo sin interrupciones obtenida es de 59,30 Ha. Para ello se realizan dos vuelos que contiene ambas vaguadas y parte del collado del Pilar de Tolox. El vuelo fue programado con la aplicación DJI Pilot 2 integrada en la controladora del propio UAS. Las dos rutas fueron configuradas para una altura de vuelo de 90 m sobre el terreno empleando el sistema de vuelo de terrain folow de DJI. El solape entre pasadas del sensor LiDAR ha sido del 50% correspondiéndose con un solape del sensor RGB del 61%. El solape en la pasada para el sensor RGB ha sido del 70%. La carga de pago ha sido configurada para el registro de tres rebotes a una frecuencia de muestreo de 160 kHz escaneado en modo repetitivo, capturando color

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

y con una velocidad de avance de 5.9 m/s. En relación con la configuración de vuelo descrita la densidad de puntos predicha por la aplicación DJIJ Pilot 2 es de 180 puntos*m^{-2}.

Para el escalado y georreferenciación del vuelo fotogramétrico de 2019 ha sido necesario el registro de coordenadas Puntos de Control (PC). La zona de trabajo carece de cobertura de telefonía estable, por lo que resulta complejo el registro de datos GNSS en RTK con correcciones mediante servicios NTRIP. Por tanto, en la campaña de 2019 se empleó la combinación de dos equipos GNSS (base+rover) para registrar las coordenadas de los PC en modo RTK en las dos zonas de estudio. Para los trabajos se emplearon dos equipos GNSS Emlid reach RS+ conectadosa través de radio LoRA, con la base enviando correcciones en tiempo real al rover. La base fue colocada en un punto desconocido en el collado del Pilar de Tolox. Ésta fue configurada para emitir correcciones en tiempo real y el registro de datos en estático. Para la corrección de las coordenadasde la base se ha realizado un post-proceso empleando los datos RINEX registrados por la estación de RONDA de la Red Andaluza de Posicionamiento (línea base de 13,8 km). El vector de error obtenido en el post-proceso de la base propia fue trasladado a las coordenadas de los PC para incrementar la exactitud posicional de éstos a valores < 1 cm más el propio error del sistema RTK (+/- 3 cm).

En la campaña de 2025, para la función de vuelo adaptativo al terreno (terrain Flow), el UAS DJI M300 requiere de mantener activo durante el vuelo la solución fija (FIX) en modo RTK de los datos GNSS. Para ello, se ha empleado la estación GNSS DJI DRTK-2 durante el vuelo como base a partir de las cual se transmiten las correcciones RTK al UAS. La estación GNSS se emplazó en un punto de coordenadas desconocidas. Para el cálculo del modelo de nube de puntos con exactitud posicional < 1 cm, más el error propio del sistema, se ha realizado el post-proceso de la base DRTTK-2 para la corrección de las coordenadas de navegación. Estas coordenadas de exactitud < 1 cm han sido trasladadas a los cálculos posteriores de nubes de puntos LiDAR y fotogramétrica.

Para el procesado fotogramétrico se dispone de dos conjuntos de datos, los tomados en 2019 con un UAS con GNSS métrico y los capturados durante el vuelo LiDAR en 2025 con un UAS con GNSS centimétrico con posibilidad de trabajar en RTK y PPK. En este aspecto, la exactitud posicional de las imágenes condiciona en alto grado la calidad del modelo fotogramétrico elaborado y por tanto la exactitud de los modelos de nube de puntos obtenidos (Gómez-Gutiérrez et al. 2024; Štroner et al. 2021). Por tanto, para el procesado fotogramétrico se procesan en conjunto las imágenes de 2019 y 2025, empleando la metodología descrita por los autores (Almonacid-Caballer et al. 2025; Feurer and Vinatier 2018). De esta forma las imágenes de 2025 aportan una mayor rigidez y precisión al modelo fotogramétrico.

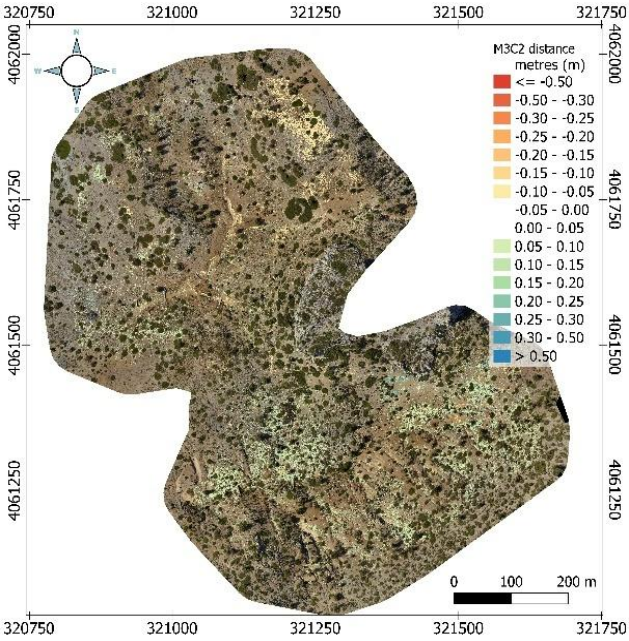
El procesado de los datos LiDAR se realizó con el software DJI Terra V4.2.5. Las dos rutas realizadas han sido procesadas en conjunto en un mismo proyecto, obteniéndose como resultado, un único modelo de nube de puntos de la superficie total compuesta por las dos rutas ejecutadas. En la configuración de los datos LiDAR importados se han corregido las coordenadas de la base de referencia, insertando las coordenadas obtenidas del post-proceso de la estación DRTK-2 con exactitud posicional < 1 cm.

Previo a la comparativa de los modelos de nube de puntos se ha filtrado la vegetación mediante filtros de vegetación alta y filtros RGB para la eliminación baja en el programa Cloud Compare. Finalmente, se co-registraron ambas nubes empleando medidas de desplazamiento en cota en zonas estables de la zona de estudio (afloramientos rocosos).

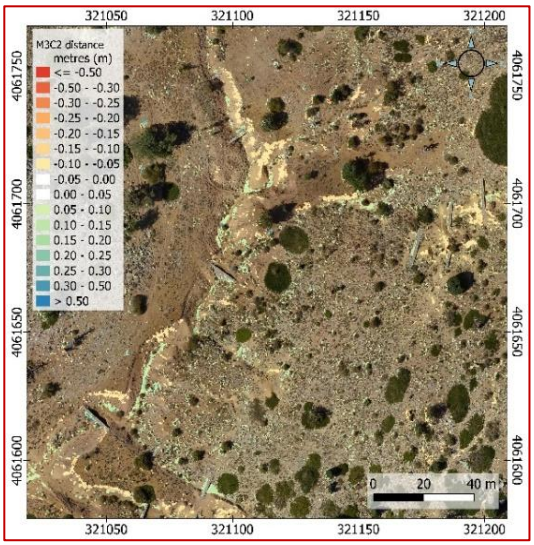
3. Resultados y discusión

En relación con el procesado fotogramétrico el informe de procesado arroja un error RMSE de 8.45 cm, estando distribuido en las componentes X = 2.76 cm, Y = 4.00 cm y Z=6.91 cm. El mayor error obtenido ha sido para la componente Z, asumiendo que los errores en las componentes X e Y se encuentran dentro del error propio del método. Los resultados obtenidos reflejan que, aplicando a los modelos obtenidos, un ajuste en Z, del valor promedio de las cuatro zonas de comparación, la exactitud del modelo fotogramétrico de 2019 es de +/- 4 cm.

Figura 2. Mapa general de las áreas de estudio, distancias significativas M3C2 (metros) obtenidas de la comparación de los modelos 2019-2025. Ortofoto de fondo obtenido durante el trabajo de campo de 2019. a) vista general del área de estudio; b) vista de detalle.



a)



b)

La resolución temporal del análisis realizado se corresponde con un intervalo de 5 años y cuatro meses, en la 2 a) se muestran los resultados generales del área de estudio y en la Figura 2 b) una porción de cauce de la vertiente oeste. De los resultados obtenidos puede observarse, en la cuenca norte, en la zona nor-este, ausencia de cambios en el terreno. De igual modo ocurre en la ladera norte de la zona sur-oeste de esta misma cuenca. En el área evaluada de la subcuenca situada al sur, predomina de forma general el proceso de sedimentación (Figura XXX). Es decir, los procesos de erosión se localizan en las zonas de mayor pendiente de las laderas de la cuenca estudiada y en las márgeness de los propios cauces, (Figura b), igualmente se observan procesos de sedimentación en los propios cauces próximos a los diques de contención, tanto en el cauce principal como en los tributarios formados en las laderas.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

4. Conclusiones

En el trabajo realizado se ha estudiado la dinámica del terreno de una cuenca de cabecera que presenta indicios claros de procesos de erosión y sedimentación y que además dispone de mecanismos de reducción de los efectos de sedimentación como la existencia de diques en cauces. Para la obtención de los modelos del terreno se han combinados dos métodos de trabajo (fotogrametría SfM-MVS y LiDAR), la metodología empleada ha permitido la obtención exactitudes menores a 4 cm.

El análisis realizado contempla los procesos observados en un periodo de 5 años y cuatro meses, como resultado se obtiene, que parcialmente, en algunas laderas solo existe erosión o sedimentación, en consecuencia, la resolución temporal de estudio podría reducirse con el fin de captar con mayor detalle los procesos geomorfológicos, el mecanismo de funcionamiento de los mismos y los eventos para los que se producen. No obstante, el trabajo realizado permite observar la dinámica de erosión y sedimentación en el cauce principal.

Agradecimientos

This work was supported by the following research projects: GEOCOMES project [Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, ref. PID2022-137004OB-I00]. Plan de Investigación y Transferencia de la Universidad de Málaga [ref. B-5_2020], Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020 [UMA20-FEDERJA-097, 2020].

5. Referencias bibliográficas

Almonacid-Caballer, Jaime, Carlos Cabezas-Rabadán, Denys Gorkovchuk, Jesús Palomar-Vázquez, and Josep E. Pardo-Pascual. 2025. "Re-Using Historical Aerial Imagery for Obtaining 3D Data of Beach-Dune Systems: A Novel Refinement Method for Producing Precise and Comparable DSMs." *Remote Sensing* 17(4). doi: 10.3390/rs17040594.

Feurer, D., and F. Vinatier. 2018. "Joining Multi-Epoch Archival Aerial Images in a Single SfM Block Allows 3-D Change Detection with Almost Exclusively Image Information." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 146:495–506. doi: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.016.

Gómez-Gutiérrez, Álvaro, Manuel Sánchez-Fernández, José Juan de Sanjosé-Blasco, Napoleón Gudino-Elizondo, and Francisco Lavado-Contador. 2024. "Is It Possible to Generate Accurate 3D Point Clouds with UAS-LIDAR and UAS-RGB Photogrammetry without GCPs? A Case Study on a Beach and Rocky Cliff." *Landscape Ecology* 39(11):191. doi: 10.1007/s10980-024-01984-z.

Gómez-Zotano, José, Jorge Alcántara-Manzanares, José Antonio Olmedo-Cobo, and Emilio Martínez-Ibarra. 2015. "La Sistematización Del Clima Mediterráneo: Identificación, Clasificación y Caracterización Climática de Andalucía (España)." *Revista de Geografía Norte Grande* (61):161–80.

Latorre, Andrés Vicente Pérez, Federico Casimiro-Soriguer Solanas, Noelia Hidalgo Triana, and Baltasar Cabezudo. 2025. "Vegetación Del Parque Nacional Sierra de Las Nieves y Su Entorno (Málaga, España)." *Acta Botanica Malacitana* 50:20465.

Martínez-Murillo, Juan F., Mario Menjíbar-Romero, David Carruana-Herrera, and Paloma Hueso-González. 2024. "Análisis de Las Relaciones Eco-Geomorfológicas y Edáficas a Lo Largo de Un Transecto En Un Sector de Alta Montaña Del Parque Nacional Sierra de Las Nieves." *Pirineos* 179:e082–e082.

Menjibar-Romero, Marío, Ricardo Remond, and Juan-Francisco Martinez-Murillo. 2024. "Las Unidades de Paisaje Del Espacio Natural Protegido de Sierra de Las Nieves (Sur de España): Caracterización, Cambios y Métricas." *Revista de Geografía Norte Grande* (87).

Štroner, Martin, Rudolf Urban, Jan Seidl, Tomáš Reindl, and Josef Brouček. 2021. "Photogrammetry Using UAV-Mounted GNSS RTK: Georeferencing Strategies without GCPs." *Remote Sensing* 13(7). doi: 10.3390/rs13071336.

LAGUNAS Y TURBERAS DEL ALTO SIL (CORDILLERA CANTÁBRICA): SIGNIFICADO AMBIENTAL

JAVIER SANTOS-GONZÁLEZ[1];

ALFONSO PISABARRO[2];

JOSÉ MARÍA REDONDO-VEGA[1];

SERGIO A. PEÑA-PÉREZ[1];

ADRIÁN MELÓN-NAVA[1];

ROSA BLANCA GONZÁLEZ-GUIERREZ[1];

AMELIA GÓMEZ-VILLAR[1]

[1] *Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León. Campus de Vegazana S/N. León (España).*

[2] *Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León. Campus de Vegazana S/N. León (España). apisp@unileon.es, https://orcid.org/0000-0002-7084-2508*

Abstract: Just over a hundred small ponds and peat bogs have been inventoried in the Alto Sil region, in the northwest of León (Cantabrian Mountains). Understanding their origin and characteristics is important, as they require different management approaches. Some have formed in recent decades as a result of mining activity, related to slate and coal extraction, or older, linked to Roman gold mining. Of the natural ones, 67 in total, the vast majority are the result of glacial action and were formed during different stages and geomorphological contexts prior to the Holocene. The most common are located at the bottom of glacial cirques and occupy overdeepened basins, enclosed by thresholds, moraines, or both. Less common are those formed in glacial valleys, either at glacial transfluence passes or due to blockage by lateral moraines. Due to postglacial fluvial activity and slope dynamics, lakes are only preserved where geomorphological activity has been less intense, such as in cirques and interfluves. In valley bottoms, lakes also formed, but many were destroyed by paraglacial dynamics. The environmental situation of lakes is highly diverse, especially between artificial and natural ones. Artificial lakes may pose contamination and safety risks, while natural ones hold greater environmental value.

Keywords: lakes, Cantabrian Mountains, geomorphology, coal mining, slate mining

1. Introducción

Las lagunas son masas de agua de extensión reducida, con un orden de magnitud entre decenas y centenares de metros, pero que tienen un gran valor ambiental y social, puesto que son lugares que incrementan la biodiversidad de un territorio.

En la provincia de León, se han hecho clasificaciones parciales por Redondo-Vega et al. (2018), distinguiendo las lagunas de áreas endorreicas de las lagunas de origen glaciar (Redondo-Vega et al., 2024a). Además, la actividad minera ha generado diversas lagunas, en ocasiones de dimensiones notables, que están relacionadas con la minería aurífera romana (Redondo-Vega et al., 2021a), las explotaciones de carbón (Redondo-Vega et al., 2021b) y las de pizarra (Redondo-Vega et al., 2024b).

Fuera del contexto provincial, los estudios sobre geomorfología de lagunas de montaña no son abundantes, aunque se pueden encontrar algunos ejemplos, con trabajos sobre la Sierra de Guadarrama (Toro et al., 2023), el norte de León y Palencia (Fuentes-Pérez et al., 2015), o del complejo lacustre de Sanabria (Morales & Negro, 2021).

En el Espacio Natural del Alto Sil hay numerosas pequeñas lagunas que contribuyen a aumentar el valor ambiental de un territorio donde aún se preservan rasgos naturales en el medio. Este trabajo pretende profundizar en el estudio de las lagunas de origen natural y antrópico, que apenas han sido mencionadas previamente (Fuentes-Pérez et al., 2015; Santos-González, 2011). Catalogarlas y caracterizarlas por su origen y cronología contribuirá a ser conocidas por parte de la sociedad, y repercutirá en su preservación y, eventualmente, en una mejor gestión de estos espacios de montaña.

2. Materiales, datos y métodos

Las lagunas se han delimitado utilizando ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de diversos años, así como del vuelo americano de 1956-1957 y del vuelo interministerial de 1977, disponibles a través del Instituto Geográfico Nacional. La delimitación y la obtención de parámetros básicos se ha realizado mediante el software ArcGIS Pro.

Para determinar el origen de las lagunas, se ha realizado en primer lugar una revisión de las publicaciones previas de la zona y, en segundo lugar, se ha realizado trabajo de campo cuando éste ha sido necesario. Las lagunas se han clasificado en categorías de acuerdo con su origen, posición y cronología relativa.

La delimitación del área de estudio se corresponde con la ZEPA y ZEC Alto Sil (ES0000210), si bien se ha ampliado la zona a los valles de Valdeprado, Valseco y Salentinos no incluidos en dichos espacios, dada la continuidad geográfica de los mismos.

3. Resultados

Se han localizado un total de 108 lagunas en el Alto Sil (Tabla 1). De ellas 67 son de origen natural, mientras que 41 son consecuencia de la actividad humana, bien sea de la minería de carbón (35), de explotaciones de pizarra (5), o, probablemente, de minería aurífera romana (1). Salvo 9 pequeñas lagunas que se encuentran en collados de montaña, el resto de las naturales derivan de la acción glaciar, si bien se encuentran en diferentes ambientes. Algunas se han transformado en turberas, al irse colmatando de sedimentos y turba progresivamente, como las existentes en el valle del Chao (Valseco).

Las lagunas más recientes, resultado de la fusión en las últimas fases frías de la última glaciación, son las de los circos glaciares. Se sitúan en altitudes de entre 1600 y 1900 m. Las más habituales son las que se encuentran en cubetas de sobre-excavación en el fondo de circos. Son también las de mayor tamaño y profundidad dentro de los circos, como ocurre en el Pozo Cheiroso (Figura 1A). En el caso de las Lagunas de Fasgueo, se encuentran dos lagunas escalonadas separadas por un umbral rocoso. En ocasiones, también aparecen lagunas en pequeñas cubetas laterales de los circos, generalmente de menor tamaño. En cualquiera de los dos casos, es habitual que estén cerradas por un umbral rocoso (29 lagunas), o bien que haya depósitos glaciares poco potentes sobre el umbral (13), como ocurre en La Chagunona (Figura 1B). Solo en tres ejemplos la laguna está claramente cerrada por morrenas bien definidas, como en la Laguna Las Borras (Figura 1C).

Fuera de los circos, con una antigüedad mayor, también aparecen lagunas de origen glaciar. Algunas se sitúan próximas al fondo de valles moldeados por glaciares, como una pequeña laguna en la Braña de Orallo, o la Turbera de Riegos (también conocida como laguna de la Vega del Palo), que está cerrada por morrenas laterales. Un caso singular es el de las Lagunas de Valbuena, que ocupan un collado de trasfluencia glaciar entre los valles de Sosas y San Miguel. Otras 6 lagunas son de carácter yuxtaglaciar, estando cerradas por morrenas laterales, a veces de diferentes fases de avance y retroceso glaciar, como ocurre en la Laguna del Castro (Figura 1D). Mención aparte merece una pequeña laguna en Páramo del Sil, que se ha formado sobre un potente depósito fluvioglaciar, a solo 865 m de altitud lo que parece indicar la mayor antigüedad, entendiendo que se produjo en pleno máximo glaciar (UMG).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 1. Resumen de las lagunas del Alto Sil en función de su origen y tipo de cierre

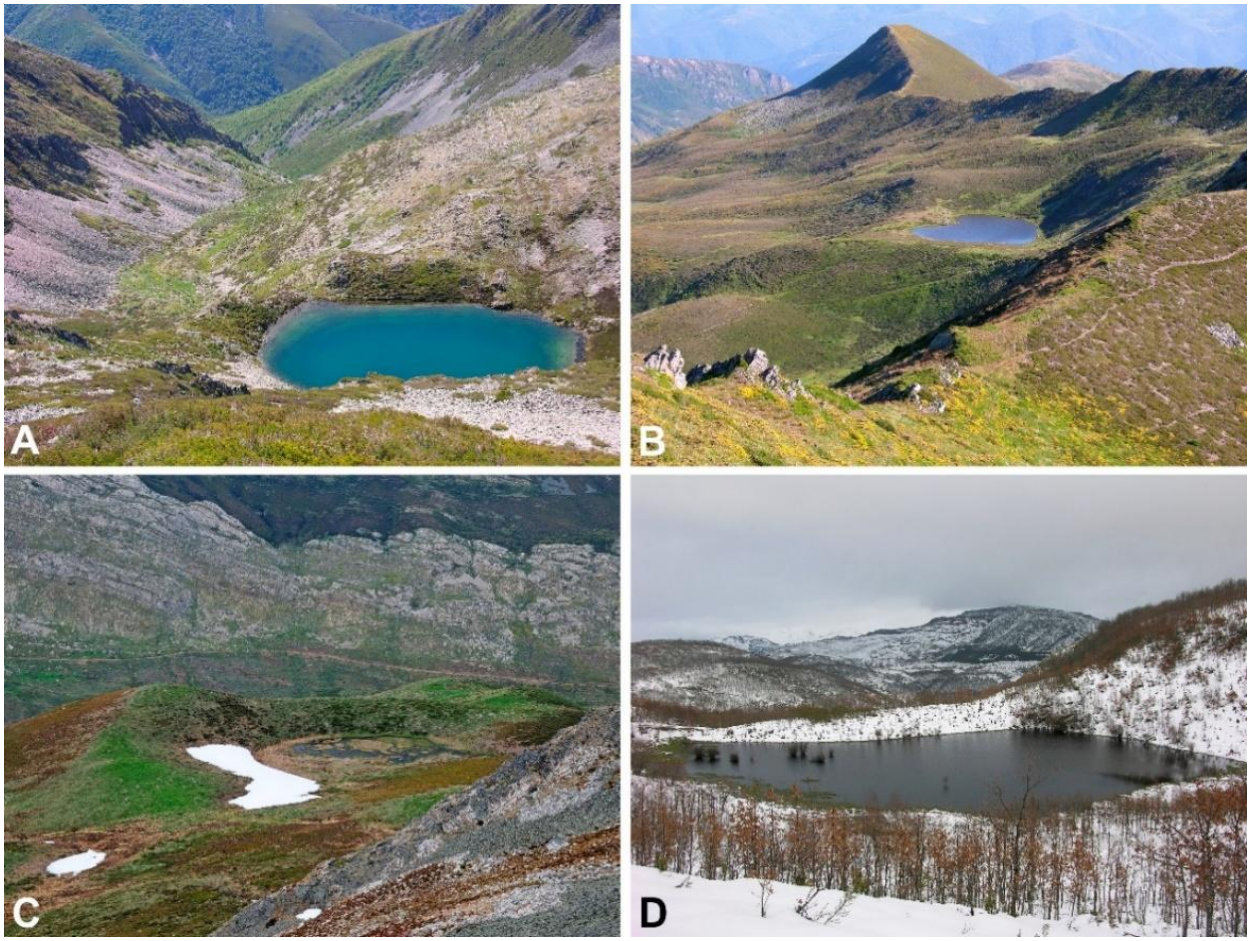
TIPO	CIERRE	Nº	EJEMPLOS
Lagunas de origen glaciar		58	
Circo	Cubeta	29	Pozo Cheiroso (0,9 ha)
Circo	Morrena	3	Laguna del Corral (0,35 ha)
Circo	Cubeta y morrena	13	Chagunona (0,5 ha)
Transfluencia glaciar	Cubeta y morrena	3	Lagunas de Valbuena (0,36 ha)
Yuxtaglaciar	Morrena	6	Laguna del Castro (1,5 ha)
Valle	Morrena y cubeta, Cubeta	3	Riegos (3,9 ha)
Depósito fluvioglaciar	Depresión	1	Páramo del Sil (0,18 ha)
Lagunas naturales con otros orígenes		9	
Collado	Collado	9	Tierrafracio (0,0075 ha)
Lagunas de origen antrópico		41	
Minera de carbón		35	Sorbeda del Sil (1,15 ha)
Minera de pizarra		5	Sorbeda del Sil (1,67 ha)
¿Minería romana?		1	Las Murias (0,15 ha)

Fuente: Elaboración propia

Los distintos ambientes en los que aparecen las lagunas, evidencian que están formadas en momentos diferentes, en casi todos los casos tras la deglaciación. Hay que tener en cuenta que muchas de las lagunas que debieron formarse durante las diferentes fases de avance y retroceso glaciar desaparecieron por acciones erosivas posteriores. De esas antiguas lagunas se han conservado, en algunos casos, sedimentos glaciolacustres, que son visibles en diferentes valles de la cuenca del Sil (Redondo Vega et al., 2006). El hecho de ocupar con frecuencia valles laterales que fueron obturados por los glaciares que ocuparon los valles principales hizo que la intensa incisión fluvial posterior terminara por destruir los depósitos que cerraban las lagunas. Otras lagunas debieron generarse en el fondo de cubetas de los valles principales. En esos ambientes, el ritmo de deposición es elevado, por lo que las cubetas acabaron por colmatarse totalmente de sedimentos.

Figura 1. A) Pozo Cheiroso (Valdeprado), situada a 1785 m de altitud, ocupando una cubeta en el fondo de un circo glaciar. B) La Chagunona (Sosas de Laciana), a 1875 m, en una depresión de un circo glaciar poco desarrollado, cerrada también por depósitos morrénicos. C) Laguna Las Borras, a 1696 m, cerrada por una morrena frontolateral, en el valle de Lumajo. D) Laguna del Castro (Villaseca de Laciana), a 1305 m, cerrada por dos morrenas glaciares. Esta laguna ha sido datada en más de 35.000 años (Jalut et al., 2010).

Fuente: Fotografías de Javier Santos



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

En la actualidad no existe una gestión específica de las lagunas naturales, que debería estar adaptada a cada una de ellas, ya que ni siquiera se detalló en el Plan de Gestión del LIC-ZEPA "Alto Sil" ES0000210 aprobado en la Resolución de 27 de diciembre de 2013 de la Junta de Castilla y León. Además, es un área que carece de Plan de Ordenación de Recursos Naturales a pesar de haber sido designada como parte de los Espacios Naturales de Castilla y León Ley 8/1991, actualmente derogada por la actual Ley 4/2015, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León.

Pero además de las lagunas naturales, es destacable la presencia de numerosas lagunas de origen minero, que demuestran la intensidad de actividad humana y cómo ésta es capaz de transformar notablemente el relieve (Redondo-Vega et al., 2017). Estas lagunas mineras son aún más desconocidas que las naturales y abordar su gestión es uno de los retos de futuro para estas zonas de montaña debido a los problemas de contaminación y seguridad que tienen.

4. Conclusiones

Se han identificado 109 lagunas en el Alto Sil. Aunque la mayoría, 67, son de origen natural, también destaca la presencia de 42 lagunas derivadas de la actividad minera, destacando las lagunas relacionadas con explotaciones de carbón, aunque también las hay en explotaciones abandonadas de pizarra y, en un caso, con explotaciones auríferas romanas.

Salvo pequeñas lagunas en collados, el resto de las naturales son de origen glaciar, si bien presentan una diversidad de orígenes y ubicaciones, incluyendo circos glaciares, collados de transfluencia glaciar, lagunas yuxtaglaciares y depósitos fluvioglaciares. Además, hay que destacar la existencia de depósitos glaciolacustres que indican que otras lagunas generadas durante la última glaciación fueron destruidas por la erosión fluvial y la dinámica de laderas. Estos factores explican que las lagunas actuales se preserven en ambientes con una dinámica geomorfológica menos intensa, como los interfluvios y los circos.

5. Referencias bibliográficas

Fuentes-Pérez, J. F., Navarro Hevia, J., Ruiz Legazpi, J., & García-Vega, A. (2015). Inventario y caracterización morfológica de lagos y lagunas de alta montaña en las provincias de Palencia y León (España). *Pirineos*, *170*, e013. https://doi.org/10.3989/Pirineos.2015.170006

Jalut, G., Turu i Michels, V., Dedoubat, J. J., Otto, T., Ezquerra, J., Fontugne, M., Belet, J. M., Bonnet, L., de Celis, A. G., Redondo-Vega, J. M., Vidal-Romaní, J. R., & Santos, L. (2010). Palaeoenvironmental studies in NW Iberia (Cantabrian range): Vegetation history and synthetic approach of the last deglaciation phases in the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *297*(2), 330–350. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.08.012

Morales, J., & Negro, A. I. (2021). Caracterización del complejo lacustre glaciar de alta montaña de sierra segundera (NO de Zamora). *Pirineos*, *176*, e063. https://doi.org/10.3989/pirineos.2021.176001

Redondo-Vega, J. M., Gómez-Villar, A., González-Gutiérrez, R. B., & Santos-González, J. (2018). El origen de las lagunas de León. In R. Blanco-Chao (Ed.), *Xeomorfoloxía e paisaxes xeográficas, catro décacas de investigación e ensino: homenaxe a Augusto Pérez Alberti* (pp. 469–486). Universidade de Santiago de Compostela.

Redondo-Vega, J. M., Gómez-Villar, A., Santos-González, J., González-Gutiérrez, R. B., & Álvarez-Martínez, J. (2017). Changes in land use due to mining in the north-western mountains of Spain during the previous 50 years. *Catena*, *149*, 844–856. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.017

Redondo-Vega, J. M., González-Gutiérrez, R. B., Santos-González, J., Melón-Nava, A., Peña-Pérez, S. A., & Gómez-Villar, A. (2024). Lagunas de origen glaciar en León: génesis, tipología y significado paleoambiental. In S. Lorenzana Jabares, P. García González, & M. J. Vallejo Fernández (Eds.), *Cultura, historia y patrimonio del Reino de León* (pp. 217–230). Universidad de León; Cátedra de Estudios Leoneses. https://buleria.unileon.es/handle/10612/22463

Redondo-Vega, J. M., González-Gutiérrez, R. B., Santos-González, J., Peña-Pérez, S. A., & Gómez-Villar, A. (2021). Cambios antiguos en el paisaje de origen minero en León (España): Localización y caracteres morfométricos de las lagunas auríferas romanas. In N. Salazar Simarro, D. Arciello, & J. Paniagua Pérez (Eds.), *Ruina Montium: Estudios sobre la plata en Iberoamérica. De los orígenes al siglo XIX. Universidad de León* (pp. 19–32). Universidad de León. https://buleria.unileon.es/handle/10612/17112

Redondo-Vega, J. M., Melón-Nava, A., Peña-Pérez, S. A., Santos-González, J., Gómez-Villar, A., & González-Gutiérrez, R. B. (2021). Coal pit lakes in abandoned mining areas in León (NW Spain): characteristics and geoecological significance. *Environmental Earth Sciences*, *80*(24), 792. https://doi.org/10.1007/s12665-021-10037-6

Redondo-Vega, J. M., Santos-González, J., Melón-Nava, A., Gómez-Villar, A., Peña-Pérez, S. A., & González-Gutiérrez, R. B. (2024). Pit Lakes in Abandoned Slate Quarries in Northwestern Spain: Characteristics and Potential Uses. *Water*, *16*(17), 2403. https://doi.org/10.3390/w16172403

Redondo Vega, J. M., González Gutiérrez, R. B., Santos-González, J., & Gómez Villar, A. (2006). Sedimentación glaciolacustre en la Montaña Cantábrica Leonesa. In A. Pérez-Alberti & J. López Bedoya (Eds.), *Geomorfología y territorio. Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología* (pp. 83–100). Universidade de Santiago de Compostela.

Santos González, J. (2011). *Glaciarismo y periglaciarismo en el Alto Sil, provincia de León (Cordillera Cantábrica)*. Universidad de León.

Toro, M., Granados, I., Camacho, A., Montes, C., & Oliva, M. (2023). Morfogénesis de las lagunas glaciares de las sierras de Guadarrama y Gredos (sistema Central ibérico). *Pirineos*, *178*, e076. https://doi.org/10.3989/pirineos.2023.178002

¿CONDICIONA LA RUGOSIDAD DEL TERRITORIO LA RESPUESTA HIDRÁULICA DE LOS CAUCES EFÍMEROS ANTE EXTREMOS CLIMÁTICOS? UN ENFOQUE DESDE LA GEOMORFOLOGÍA DINÁMICA EN EL SURESTE ESPAÑOL

FRANCISCO J. SEGURA-MÉNDEZ[1]

CARMELO CONESA-GARCÍA[2]

PEDRO PEREZ-CUTILLAS[2]

JOAQUÍN FRANCISCO LAVADO CONTADOR[3]

ÁLVARO GÓMEZ GUTIÉRREZ[3]

[1]Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), Campus de Murcia, Av. de los Jerónimos, 135, Guadalupe 30107 (Murcia), fjsegura@ucam.edu

[2]Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia, España. Facultad de Letras, Campus de la Merced, 30001 (Murcia), cconesa@um.es; pedrope@um.es

[3]Instituto Universitario de Investigación Para el Desarrollo Territorial Sostenible, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad S/N, 10003, Cáceres, alvgo@unex.es, frlavado@unex.es

Abstract: This study investigates the influence of surface roughness on the hydraulic response of ephemeral channels in semi-arid environments, focusing on the Valdelentisco basin in southeastern Spain. Utilizing a dynamic geomorphology approach, we analyze how variations in roughness—modulated by sediment texture, bedforms, and vegetation—affect flow dynamics during extreme climatic events. High-resolution digital elevation models (DEMs) and orthophotography, obtained via drone surveys, were used to classify surface roughness, with Manning's coefficient (*n*) assigned to distinct geomorphic and vegetation classes. Hydraulic modeling was performed using HEC-RAS 6.4.1 under unsteady flow conditions, simulating three rainfall events (ranging from 10.6 mm to 146.6 mm) recorded in March 2025. Preliminary results reveal significant differences in flow propagation and energy dissipation between low- and high-roughness zones, particularly during extreme events. Low-flow conditions concentrate runoff in smoother areas, while high-magnitude events promote lateral expansion, homogenizing roughness effects and increasing flood risk in adjacent agricultural lands. Post-event morphological adjustments, such as sediment accretion and channel migration, further underscore the structural control of initial roughness on hydraulic resilience. These findings highlight the critical role of surface heterogeneity in mitigating flood impacts and inform strategies for enhancing geomorphic resilience in ephemeral systems under climate change.

Keywords: fluvial geomorphology, hydraulic modeling, surface roughness, ephemeral streams, flood propagation

1. Introducción

En el marco del Cambio Global, la dinámica fluvial de cuencas áridas y semiáridas presenta una elevada sensibilidad a perturbaciones antrópicas y climáticas. Las cuencas mediterráneas semiáridas, caracterizadas por una elevada estacionalidad pluviométrica y un régimen fluvial predominantemente efímero, son especialmente vulnerables a los efectos del Cambio Global (García-Ruiz et al., 2011). La interacción entre el uso del suelo, la rugosidad superficial y la dinámica fluvial constituye un eje prioritario para el análisis hidrogeomorfológico, en tanto que condiciona la capacidad de amortiguación y resiliencia del sistema hidrológico ante eventos extremos.

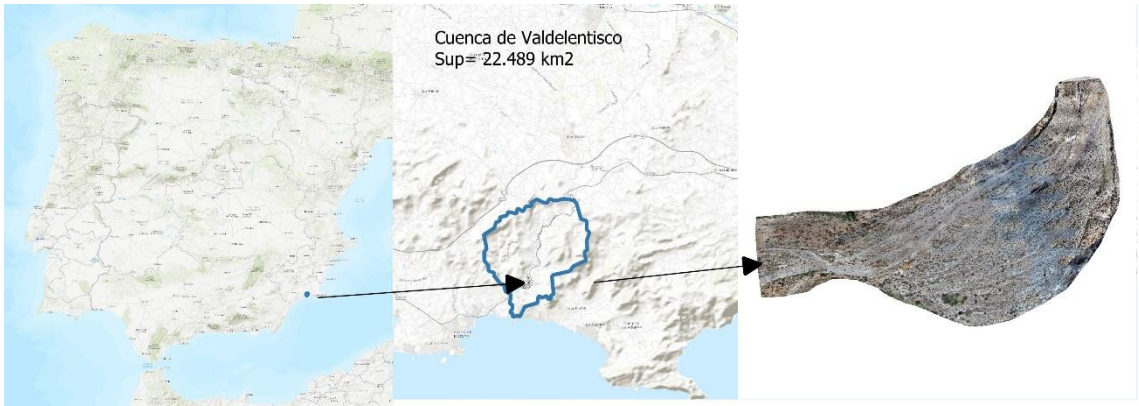
La rambla de Valdelentisco, ubicada en la franja costera del sureste peninsular, ejemplifica estas condiciones. Estudios previos han evidenciado que los eventos de avenida, aunque esporádicos, pueden inducir procesos significativos de incisión y acreción vertical en el cauce, modificando la geometría del canal y su capacidad de transporte de sedimentos (Conesa-García et al., 2020, 2022). La presente investigación tiene por objeto analizar de forma sistemática la influencia de la rugosidad superficial del cauce sobre la dinámica hidráulica a lo largo del tramo medio de la citada rambla, mediante un enfoque comparativo multiescenario que contempla condiciones y estadios de aguas de avenida bajas, altas y extraordinarias. Como indicador de rugosidad se ha empleado el coeficiente de Manning, ponderando el efecto de factores como la geometría del cauce, la distribución granulométrica y las formas de lecho y la cubierta vegetal, ésta última altamente variable en función de la estación del año.)

2. Metodología

2.1. Área de estudio

La cuenca de Valdelentisco (22,49 km^2) se ubica en la zona litoral de la Región de Murcia, en un contexto de clima semiárido, con precipitaciones anuales inferiores a los 300 mm y un régimen pluviométrico estacional muy irregular. El tramo seleccionado para el análisis hidráulico se sitúa en el tramo medio de la rambla del mismo nombre y se caracteriza por una morfología trenzada, de estabilidad muy diferenciada a lo ancho del cauce y un lecho compuesto principalmente por arenas y gravas, en cuyas barras más altas y menos activas se ha desarrollado una densa vegetación xerófila de matorral y arbustos.

Figura 1. Zona de estudio. Tramo bajo rambla de Valdelentisco.



 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2.2. Recopilación y pretratamiento de datos

Se obtuvieron Modelos Digitales de Elevación (MDT) y ortofotografías correspondientes a diferentes vuelos realizados con dron. La caracterización hidrometeorológica se realizó a partir de datos pluviométricos horarios registrados por una estación próxima perteneciente a "SAIH-Segura", (Sistema Automático de Información Hidrológica de la cuenca hidrográfica del Segura), centrando el análisis en tres eventos de precipitación intensa durante marzo de 2025:

- Evento 1 (28 febrero – 1 marzo): 146.6 mm
- Evento 2 (5–6 marzo): 52.4 mm
- Evento 3 (18 marzo): 10.6 mm

Se aplicaron técnicas de teledetección a los vuelos realizados para identificar las geoformas y tipos de cubierta vegetal, creando geometrías para cada uno de ellos y asignándole un coeficiente de Manning representativo, también dependiente de la textura de los sedimentos del lecho, de acuerdo referencias estandarizadas (Chow, V. T. 1959; Arcement and Schneider 1989; Boulomytis et al. 2017). El rango de valores medios fue de 0,025 para zonas desnudas o erosionadas, hasta 0,080 en sectores densamente vegetados. Entre las clases identificadas figuran, por ejemplo, las correspondientes a "lecho de textura mixta compuesto por arena, grava y cantos, con intercalación de bloques aislados" (n = 0.040), arbustos y matorral diseminados (n=0.035), etc.

2.3. Modelización hidráulica con HEC-RAS 6.4.1

La simulación hidráulica se llevó a cabo mediante el modelo bidimensional de **HEC-RAS 6.4.1**, utilizando su entorno geoespacial **RAS Mapper** para la construcción del mallado computacional, la definición de condiciones hidrológicas de entrada, y la obtención de salidas hidráulicas. La finalidad de esta modelización fue evaluar cómo los cambios en la rugosidad superficial, inducidos por variaciones en los componentes morfológicos, texturales y vegetales del lecho, afectan la propagación del flujo superficial y la extensión de las zonas hidromorfológicas activas bajo distintos escenarios hidrológicos (Alipour et al. 2022).

Para la generación del modelo, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE) ubicado en el tramo medio de la rambla, con un tamaño de pixel de 0,156 m lo que permitió centrar el análisis en los sectores con mayor complejidad morfológica y dinamismo hidráulico.

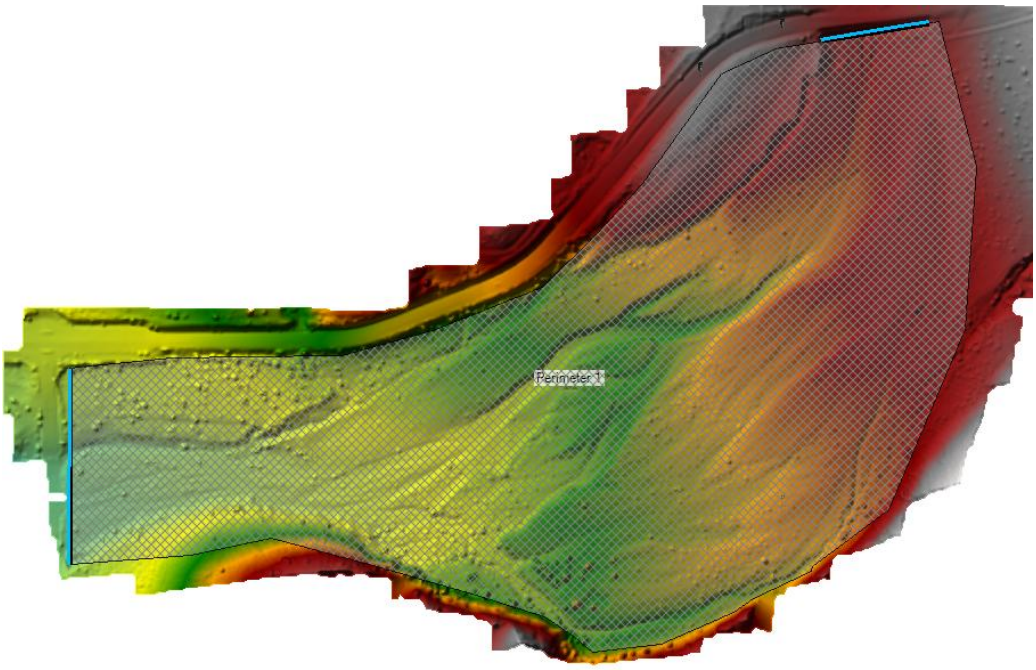
El mallado computacional se construyó utilizando celdas irregulares (mesh) con tamaño variable, adaptando resoluciones más finas en el eje del canal y en zonas de interés hidráulico, mientras que se aplicaron resoluciones más gruesas en los llanos y barras medias-altas esporádicamente inundables. La generación del mallado consideró automáticamente los contornos de flujo a partir del relieve y se ajustó manualmente en los tramos con presencia de barras transversales o formas sedimentarias activas, tal y como se reconocieron en campo y en las ortoimágenes obtenidas del vuelo realizado con dron.

Las condiciones de entrada fueron definidas mediante hidrogramas de caudal no permanente, generados a partir de los hietogramas horarios de tres eventos extremos registrados en marzo de 2025 (28 febrero–1 marzo, 5–6 marzo y 18 marzo). Estos hietogramas, se obtuvieron de la estación meteorológica del SAIH del Cedacero (muy próxima a la cabecera de la cuenca de Vandelentisco).

La rugosidad superficial fue asignada espacialmente mediante geometrías de coeficiente de Manning, construidas a partir de la clasificación multitemporal de usos del suelo (geoformas y cubierta vegetal) mediante técnicas de teledetección. A cada clase se le asignó un valor de *n* de Manning basado en la literatura técnica (Arcement y Schneider, 1989; Chow, 1959), ajustado con observaciones de vegetación y textura superficial in situ.

La simulación se realizó en régimen no permanente (*unsteady flow*), con un periodo de análisis de acorde al tiempo de cada evento y paso temporal de 1 minuto, permitiendo capturar tanto el ascenso como el descenso de los caudales.

Figura 2. Proceso de mallado realizado con HECRAS 6.4.1



Las salidas principales de los modelos simulados incluyeron mapas de profundidad, velocidad media, energía específica, sección mojada, número de Froude y distribución espacial de la zona activa ocupada por el flujo de avenida. Estas salidas fueron exportadas como capas georreferenciadas y analizadas posteriormente en SIG para cuantificar las diferencias entre escenarios de alta y baja rugosidad, y entre eventos de aguas bajas, altas y extraordinarias.

3. Resultados y discusión (preliminares)

Los resultados preliminares indican diferencias significativas en la propagación lateral del flujo y en la energía hidráulica disponible en tramos con distinta configuración superficial, lo que pone en evidencia el papel de la rugosidad inducida por las diferencias texturales y geometría de las geoformas del lecho y la vegetación en la modulación de los procesos hidromorfológicos en sistemas fluviales áridos. Esta transformación se traduce en una mayor eficiencia hidráulica del cauce, evidenciada por incrementos en la velocidad del flujo y en la capacidad de transporte, particularmente en escenarios de aguas extraordinarias

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Durante el suceso de aguas bajas, la escorrentía tiende a concentrarse en zonas con baja rugosidad, lo que limita la extensión lateral del flujo. En contraste, los eventos extremos, con desbordamiento, generan una expansión significativa del flujo, con una propagación lateral favorecida por superficies con rugosidad homogeneizada. Esta dinámica incrementa la vulnerabilidad de sectores adyacentes al cauce, especialmente aquellos con usos agrícolas recientes.

Además, el modelo identificó ajustes morfológicos post-avenida en sectores con alta carga de fondo, consistentes con procesos de acreción vertical sedimentaria y migración lateral inducidos por cambios en la potencia fluvial. La correlación entre estas transformaciones y la rugosidad inicial sugiere un fuerte control estructural por parte de las condiciones superficiales en la respuesta hidrogeomorfológica del sistema.

4. Conclusiones (preliminares)

Este estudio evidencia que la rugosidad superficial, modulada por los cambios en la vegetación, la morfología y textura del lecho, constituye un factor crítico en la dinámica hidráulica de sistemas fluviales efímeros en ambientes semiáridos. La aplicación integrada de técnicas de teledetección, análisis SIG, trabajo de campo y modelización hidráulica permite generar escenarios predictivos robustos, útiles para la gestión del riesgo y la planificación territorial en el contexto del Cambio Global. El área hidromorfológica activa y la energía del flujo en los sucesos de avenida están directamente condicionadas por la rugosidad espacialmente distribuida.

Los resultados sientan las bases para el desarrollo de estrategias de restauración fluvial orientadas a restablecer la heterogeneidad rugosa de este tipo de medios fluviales, promoviendo su resiliencia geomorfológica frente a escenarios con mayor recurrencia de eventos extremos bajo el actual contexto de cambio climático.

5. Referencias bibliográficas

Alipour A, Jafarzadegan K, Moradkhani H (2022) Global sensitivity analysis in hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. Environmental Modelling & Software 152:105398. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105398

Arcement GJ, Schneider VR (1989) Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. U.S. G.P.O. ; For sale by the Books and Open-File Reports Section, U.S. Geological Survey,

Boulomytis VTG, Zuffo AC, Dalfré Filho JG, Imteaz MA (2017) Estimation and calibration of Manning's roughness coefficients for ungauged watersheds on coastal floodplains. International Journal of River Basin Management 15:199–206. https://doi.org/10.1080/15715124.2017.1298605

Chow, V. T. (1959) Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.

Conesa-García C, Puig-Mengual C, Riquelme A, et al (2020) Combining SfM Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning to Assess Event-Scale Sediment Budgets along a Gravel-Bed Ephemeral Stream. Remote Sensing 12:3624. https://doi.org/10.3390/rs12213624

Conesa-García C, Puig-Mengual C, Riquelme A, et al (2022) Changes in stream power and morphological adjustments at the event-scale and high spatial resolution along an ephemeral gravel-bed channel. Geomorphology 398:108053. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108053

García-Ruiz JM, López-Moreno JI, Vicente-Serrano SM, et al (2011) Mediterranean water resources in a global change scenario. Earth-Science Reviews 105:121–139. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.006

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS ACANTILADOS DEL ARCHIPIÉLAGO DE CABRERA (ILLES BALEARS)

JAUME SERVERA NICOLAU[1]

MIQUEL MIR GUAL[1]

GUILLEM X. PONS[1]

LAURA DEL VALLE VILLALONGA[1]

[1]Departamento de Geografía, Universidad de las Islas Baleares, Ctra. de Valldemossa km 7,5, Palma, Mallorca, España, email: jaumeserveranicolau@gmail.com

Abstract: This article presents a geomorphological classification and description for first time of the cliffs of the main island (Cabrera Gran) in the Maritime-Terrestrial National Park (Balearic Islands). For this purpose, 22 profiles corresponding to all typologies have been created. From a general perspective, the cliff formations of the Cabrera Gran coastline are divided into two main types: a) plunging cliffs, where their general subaerial profile plunges into the sea to a certain depth, and b) cliffs where their general profile changes abruptly upon contact with the coastline, followed by a marine abrasion platform in the immediately submerged area.

Keywords: Coastal Geomorphology; cliff; GIS; Cabrera Archipelago Maritime-Terrestrial National Park; Balearic Islands.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

1. Introducción

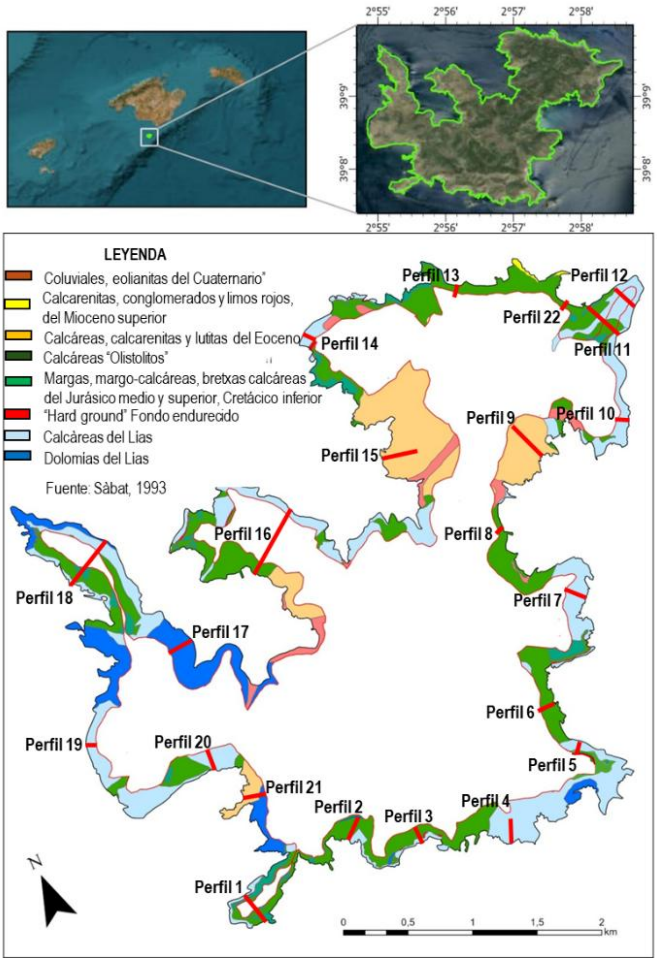
El Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera se localiza en el Mediterráneo Occidental, a unas diez millas náuticas al Sur de Mallorca, la isla mayor del Archipiélago Balear. Actualmente, el Parque tiene una superficie total de 90.794 hectáreas, de las cuales 89.478 son marinas y 1.316 terrestres. Este sub-archipiélago Balear lo constituyen 19 unidades insulares, dos mayores: Cabrera Gran y l'Illa des Conills con una superficie de 1.139 ha. y 136,21 ha. respectivamente. El resto, 17 islas e islotes de menores dimensiones, no superan una hectárea, a las que hay que añadir 142 pequeños escollos y arrecifes inferiores al 0,1 ha. El conjunto se localiza en un sector de compartimento de las plataformas marinas, correspondiente a la etapa distensiva del Neógeno, que afecta el extremo sur-occidental de las Serres de Llevant de Mallorca. Actualmente Cabrera, debido a su historia natural, presenta unas características fisiográficas singulares, con una extraordinaria variedad litológica y una compleja estructura geológica a lo largo de toda su costa. Este hecho, junto a las oscilaciones del nivel del mar en el Pleistoceno, ha implicado que la línea costa de Cabrera dibuje una recortada silueta, con un recorrido de 45,86 km y un alto índice de articulación (IA=3,85). Además, entorno del 75% de la costa son acantilados de entre 10 m y 154 m de altura que presentan diferentes perfiles con complejas formas sujetas a diferentes dinámicas de modelado (Servera *et al.*, 2024).

1.1. Área de estudio

En este trabajo se ha analizado y descrito la geomorfología de los acantilados exclusivamente de la isla principal (Cabrera Gran). El Archipiélago de Cabrera lo forma una alineación de NE a SW de siete islas mayores que ganan dimensión de norte a sur. Todo el conjunto de tierras emergidas y del relieve batimétrico que enmarca el Archipiélago son el reflejo morfológico de la prolongación en dirección al SSW de la Serres de Llevant de Mallorca (Rodríguez-Perea y Servera, 1993). Los materiales que se encuentran en Cabrera son predominantemente de naturaleza carbonatada del Mesozoico, aunque también están presentes materiales más jóvenes, correspondientes al Eoceno, Mioceno Superior, Pleistoceno y Holoceno.

La fisiografía y topografía del archipiélago de Cabrera se explica por su afectación por las dos últimas etapas tectónicas: la compresión Alpina y la distensión neógena. La primera etapa, estructura los materiales en pliegues y encabalgamientos con una convergencia mayoritaria al NO. La segunda da lugar a fallas normales con orientaciones NE-SO y NO-SE suponiendo el compartimento de las plataformas marinas (Gelabert *et al.*, 2020) y dando lugar a la individualización de las diferentes islas. El segundo factor, lo constituyen las fluctuaciones del nivel marino como consecuencia de la sucesión de regresiones y transgresiones asociadas a los periodos fríos acaecidos a lo largo del Pleistoceno.

Figura 1. Localización del Área de Estudio. Cartografía geológica costera (modificada de Sàbat, 1993). Localización de los 22 perfiles tipográficos analizados.



La línea de costa de Cabrera presenta un recorrido en donde se definen imponentes salientes, como el Cap de Llebeig, Cap Ventós o la Punta de N'Ensiola, entre otros, y remarcadas bahías, como la del Port de Cabrera, la de Cala Santa Maria o l'Olla. Esta configuración responde en gran parte a la inundación de antiguos valles fluviales donde, en ocasiones, la penetración marina hoy está instalada en la zona de cabecera de la antigua red de drenaje.

El balance hídrico anual podría justificar su clasificación como un clima mediterráneo de veranos secos (Jansà y Guijarro, 2020). La precipitación total mediana anual se encuentra entorno de los 410 mm y la temperatura media anual entorno a los 17,5˚.

En referencia al oleaje, en un 75% de los días no supera el metro de altura y, entre los meses de noviembre a marzo, es cuando se registran los valores más altos, pudiendo superar los 6 m de altura. La dirección cambia estacionalmente, con una componente predominante de O-SO en invierno y E-SE en verano. Las componentes de N y NE que son las que registran las mayores frecuencias e intensidades en el Mar Balear, no son destacables en Cabrera debido a la protección que ejerce la isla mayor de Mallorca (Gomis *et al.,* 2020).

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

2. Metodología

La propuesta del trabajo se centra en el objetivo de la clasificación de los diferentes sectores de acantilados en base a su litología y a la descripción de la diferente génesis de modelado implicadas (La Roca, *et al.* 2005).

Una vez definida la línea de delimitación de los acantilados, esta fue digitalizada utilizando el software ArcGIS Pro©. A partir de dicha línea y mediante la integración de un Modelo Digital del Terreno (MDT) con una resolución espacial de 2 m, se generaron 21 perfiles topográficos representativos para cada una de las tipologías de acantilado identificadas, teniendo presente sus características litológicas y estructurales, igualmente que su exposición a las condiciones del clima marítimo. Este análisis permitió caracterizar geomorfológicamente los acantilados a partir de su morfología transversal.

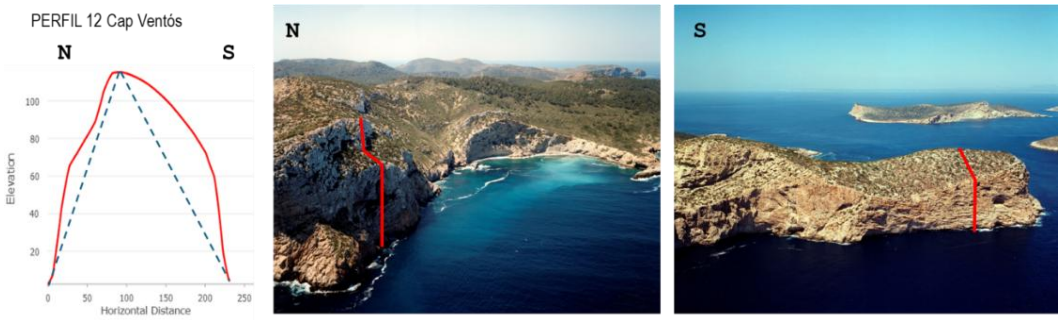
3. Resultados

Desde un punto de vista general las formaciones acantiladas del litoral de Cabrera Gran presentan dos tipos principales: a) acantilados tipo *plunging*, donde su perfil general sub-aéreo se sumerge en el mar hasta una determinada profundidad y b), los acantilados donde su perfil general se modifica bruscamente al contacto con la línea de costa seguido de una plataforma de abrasión marina en la zona inmediatamente sumergida (La Roca *et al.*, 2002). En Cabrera Gran, la presencia de una u otra tipología, entre otros factores, responde básicamente a la naturaleza litológica y su disposición estructural. Las diferentes unidades estructurales, a su contacto con el litoral, exponen la combinación y superposición de materiales de diferentes edad, dureza y resistencia que perfilan el frente de los acantilados en diferentes segmentos de manera simple o compuesta y la capacidad de respuesta a los diferentes procesos de erosión y mecanismos de denudación.

- Acantilados de perfil simple

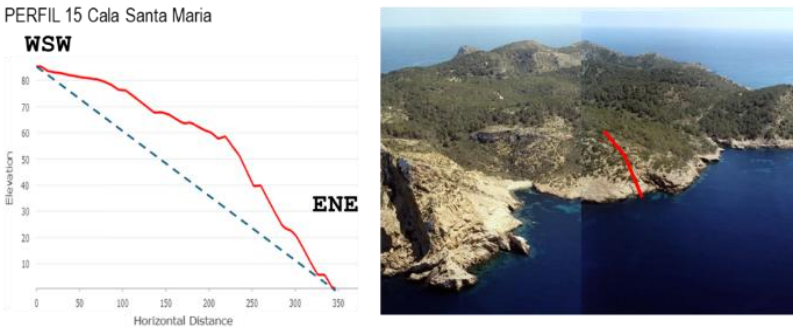
Se trata de acantilados conformados por uno o dos segmentos, pero con una sola litología implicada. En los sectores de costa donde en todo el perfil solo afloran las dolomías o las calcáreas masivas del Lías, los acantilados responden a líneas de fractura o fallas y presenta un perfil cóncavo que arranca en la parte sumergida - tipo *plunging*- por debajo del nivel de mar. A partir de la línea de costa, se eleva un segmento vertical o sub-vertical que puede ir de unos pocos metros a, en ocasiones, superar los 60 m. En la base, en contacto con la línea de costa, se define una escotadura irregular *notch* de génesis mecánica-bioquímica, que constituye una pieza clave en el retroceso erosivo de estos acantilados y puede generar sectores con formaciones de balma superando la verticalidad absoluta. Hacia la parte somital, el perfil se bisela y prosigue un segmento que su pendiente está sujeta a la disposición de la estratificación y su buzamiento. Son claros ejemplos los perfiles (ver Figura 1): Pf-4 Cap des Falcó 115 m, Pf-7 Punta de Burrí 79 m, Pf-12 Cap Ventós 118 m (detalle en Figura 2), Pf-14 Punta de Cala Santa Maria 29 m, Pf-16 Cap Xoriguer 62 m, Pf-17 Caló des Forn 75 m, Pf-19 Na Picamosques 153 m y Pf-20 Penyal Roig 155 m.

Figura 2. Perfil simple del acantilado norte y sur del Cap Ventós sobre calcáreas masivas del Lías (Fotografia: MITECO).



El perfil simple en los acantilados de Cabrera Gran, también se dan en los sectores donde afloran materiales del Paleógeno de época del Eoceno conformados por margas, margo-calcáreas, calcarenitas y lutitas. Estos acantilados, de menor dureza y resistencia que los afloramientos mesozoicos, arrancan en la línea de costa después de una pequeña plataforma de abrasión sumergida, seguida de un segmento con una pendiente muy bien regularizada por movimientos gravitacionales y con relativa verticalidad, directamente controlado por secuencia de la alternancia de los materiales y por la efectividad de la erosión marina en su base. Por encima del primer segmento, hacia la parte más somital del acantilado y sin dejar la implicación de la erosión litoral, el perfil está más controlado por las características estratigráficas de los materiales. Son claros ejemplos los perfiles (ver Figura 1) Pf-9 Cova dels Francesos 55 m, Pf-15 Cala de Santa Maria 65 m (detalle en Figura 3) y Pf-21Cala del Coll Roig 125 m.

Figura 3. Perfil simple de Cala Santa Maria sobre materiales del Eoceno (Fotografía: MITECO).



En tercer lugar, encontramos los acantilados modelados sobre materiales de margas, margo-calcáreas y calcáreas margosas que pueden presentar alternancias del orden 20 cm correspondientes al Dogger y Malm del Jurásico medio y superior, y al Cretácico inferior. Estos acantilados arrancan de una amplia plataforma de abrasión marina trabajada en la zona frontal, como consecuencia del importante retroceso temporal del conjunto del acantilado. Morfológicamente presentan un perfil cóncavo de un solo segmento, con la parte superior del cantil que puede llegar a ultrapasar la vertical. En su base se desarrollan potentes cantorrales con cantos bien redondeados y relacionados con las litologías calcáreas duras del acantilado. Estas playas de cantos, en su parte superior, a su contacto con la base del acantilado, desarrollan una considerable escotadura de abrasión –*notch*- que, con unas

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

dimensiones variables a escala métrica según el sector, constituyen un factor directamente implicado en el control y el retroceso del perfil. No obstante, en cada uno de los tres ejemplos de este tipo de acantilado que se encuentran en la isla de Cabrera Gran presentan, recostados en su pared, uno o más conos deyección producidos por los desplazamientos de masas por ajustes gravitacionales. En esta tipología de acantilado se encuentra el Pf-8 Codolar des Burrí 65m. (detalle en Figura 4), Pf- Cala Emboixar 70m. y el Pf-13 el Rost d'En Campos 30 m.

Figura 4. Acantilado de perfil simple del Codolar des Burrí. Margas, margocalcáreas y calcáreas margosas del Dogger y Malm y del Cretácico inferior. En la parte central, un cono de derrubios con una pendiente de equilibrio (Fotografia: MITECO).

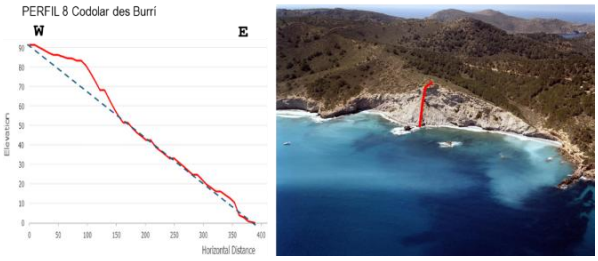
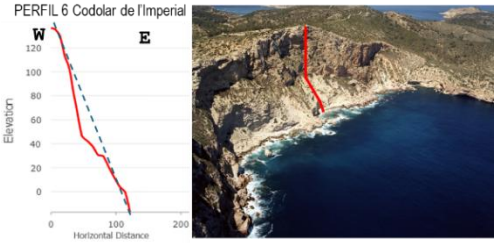


Figura 5. Acantilado de perfil compuesto del Codolar de l'Imperial. Margas, margocalcáreas y calcáreas margosas del Dogger y Malm y del Cretácico inferior primer segmento y calcáreas del Jurásico Inferior y olistolito a techo en el segmento superior (Fotografia: MITECO).



- Acantilados de perfil compuesto

Dentro de la unidad de materiales relativamente blandos del Jurásico medio y superior y del Cretácico inferior se ubican de forma inserida olistolitos de calcáreas duras del Jurásico inferior, que en el perfil de la costa, muestran su disposición superpuesta dando lugar a un complejo y variado escalonamiento. Se trata de acantilados en que la alternancia de los diferentes materiales dan lugar a unos perfiles compuestos de segmentos verticales o subverticales -cantiles- formados por materiales duros (e.g. calcáreas masivas, dolomías o olistolitos) separados entre sí por segmentos cóncavos con menor pendiente –taludes- formados por materiales blandos (e.g. margas o margo calcáreas). En Cabrera estos acantilados presentan unas secuencias de dos a cinco segmentos, según se dé la disposición de los materiales implicados. Si el primer segmento corresponde a materiales duros suele presentar un arranque en la zona sumergida tipo *plunging* por debajo del nivel de mar y un *notch* mecánico y bioquímico activo en el nivel actual del mar, implicado directamente en este primer segmento y el reajuste sucesivo del resto de perfil. En la secuencia entre un talud y un cantil superior, el reajuste suele producirse por el descalzado de los materiales duros y la implicación de otros procesos propios de meteorización. Son buenos ejemplos de este tipo de acantilado el Pf 1 N'Ensiola 101 m, el Pf 3 dels Estells 122 m, Pf 5 Es Niu de s'Àguila 125 m y el Pf 18 de Cap Llebeig 106 m.

En los casos en que el primer segmento se corresponde con un afloramiento de materiales blandos, la situación cambia a una rasa de abrasión marina en la parte inmediatamente sumergida, con la presencia de playas de cantos en la base, grandes bloques en la línea de costa y la presencia de conos de derrubios respaldados en el acantilado. Responden a este tipo el Pf 2 Codolar dels Estells 147m. y Pf 6 Codolar de l'Imperial, donde se da el acantilado de mayor verticalidad y altura 162 m en la parte más somital (detalle en Figura 5).

4. Conclusiones

Los acantilados del litoral de la isla de Cabrera Gran constituyen una ventana al interior de la compleja estructura geológica de la Isla, lo que repercute en una heterogénea tipología geomorfológica. En este sentido se han establecido cuatro tipos de perfiles de acantilados, en función de la implicación de la diferente gama de materiales litológicos que afloran y su capacidad de resistencia a los procesos de erosión: a) perfiles simples, cuando es solo una litología la que aparece en el perfil, dando perfiles convexos los materiales más resistentes y perfiles cóncavos los más desmontables, aunque sean estos últimos los que alcanzan una mayor verticalidad y b) los perfiles complejos, que implican más de una litología, lo que los caracteriza por un perfil escalonado con alternancia de segmentos verticales cantiles sobre materiales duros y segmentos de talud sobre materiales blandos.

Agradecimientos

Hemos de agradecer la ayuda del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Organismo Autónomo Parques Nacionales, para la realización de proyectos de investigación científica en la red de parques nacionales: "Geomorfología litoral del Pleistoceno-Holoceno del Parque Nacional del archipiélago de Cabrera. Cambio climático y dinámica de su costa" proyecto ref. 3046/2023. Este trabajo también contribuye al proyecto de investigación: "Emergencias crónicas y transformaciones ecosociales en áreas costeras turísticas (PID2022-137648OB-C21), financiado por MICIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por "FEDER Una manera de hacer Europa".

5. Bibliografía

Gelabert, B., Rodríguez-Perea, A., Sàbat, F. y Giménez, J. (2020). L'Arxipèlag de Cabrera dins el context tectònic del Mediterrani Occidental. *In:* Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A. y Terrasa, B. (eds.). *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 131-137. ISBN 978-84-09-23487-5.

Gomis, D., Jordà, G., Balbín, R., Reñones, O. y Vázquez, M. (2020). Context Oceanogràfic de l'illa de Cabrera. *In:* Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A. y Terrasa, B. (eds.). *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 101-129. ISBN 978-84-09-23487-5.

Jansà, A. y Guijarro, J.A. (2020). Climatologia de l'Arxipèlag de Cabrera. *In:* Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A. i Terrasa, B. (eds.). *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 83-99. ISBN 978-84-09-23487-5.

La Roca, N., Sanjaume, E. y Gil, M.V. (2005). Principales características de los acantilados de la Nau. *In*: Sanjaume, E. y Mateu, J. F. (eds.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge al profesor Vicenç M. Rosselló i Verger*. Universitat de València. 223-244. ISBN 84-370-6441-4.

Rodríguez-Perea, A. y Servera, J. (1993). II. Geomorfologia. *In*: Alcover, J.A.; Ballesteros, E. y Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. CSIC – Edit. Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 33-60.

Sàbat, F., Santanach, P. y Casas, J. M. (1993). III. Estructura Geològica. *In*: Alcover, J.A., Ballesteros, E. y Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. CSIC – Edit. Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 61-77.

Sàbat, F. (1993). Mapa Geològic de l'Illa de Cabrera. Per F. Sàbat (1984). *In*: Alcover, J.A., Ballesteros, E. y Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. CSIC – Edit. Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2.

Servera-Nicolau, J., Pons, G.X. y Del Valle, L. (2024). Descripción geomorfológica de los sistemas deposicionales en la línea de costa de la isla de Cabrera (Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera, Islas Baleares) *In*: Palomar, J y Pardo, J E. (eds.). GEOLIT 24. *Actas de las XII Jornadas de Geomorfología Litoral*. 272-278. València.

Fotografías oblícuas del litoral de MITECO.

Trenhaile, A. S. (1987). *The geomorfology of the rock coast*. Oxford, University Press. 348 pp.

OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL AGUA EN CULTIVO DE AGUACATES: ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE HUMEDAD DEL SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO

JOSÉ ANTONIO SILLERO-MEDINA[1, 2]

PALOMA HUESO-GONZÁLEZ[1, 2]

JAVIER GONZÁLEZ-PÉREZ [1, 2]

JOSÉ DAMIÁN RUIZ-SINOGA[1, 2]

[1]Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad den Málaga. jasillero@uma.es ORCID 0000-0002-7856-3239; phueso@uma.es ORCID 0000-0002-2554-0041; jgperez@uma.es ORCID 0000-0001-8536-5129; sinoga@uma.es ORCID 0000-0002-2303-0881.

[2]Instituto Universitario de Hábitat, Territorio y Digitalización, Universidad de Málaga, Avda. Arquitecto Francisco Peñalosa, 18. Edificio de Investigación Ada Byron.

Abstract: Water resource scarcity, within the context of the climate crisis, represents one of the most pressing challenges currently facing the Mediterranean region. Recent studies have identified a dual pattern of hydrological risks, characterized by an increase in short-term torrential rainfall events and a rising frequency and intensity of droughts. Additionally, the region has undergone significant territorial transformations due to increasing anthropogenic pressures and the expansion of irrigated agricultural areas. Understanding future territorial dynamics requires acknowledging the combined impact of climate change and the escalating water demand driven by human activities. In this context, the agri-food sector emerges as one of the most vulnerable, particularly regarding the cultivation of subtropical crops in several regions of southern Spain. Given these considerations, this study aims to analyze soil hydrological dynamics in a representative experimental plot of young avocado trees (Hass variety) located at the experimental station of IHSM "La Mayora" (Málaga). The research evaluates the effects of contrasting irrigation regimes applied to different rows within the plot. Capacitance-based soil moisture sensors were installed at multiple depths (15 and 30 cm) to monitor volumetric water content, while soil properties related to water retention capacity (pF) were also analyzed. The results indicate that applying lower volumes of water in multiple daily irrigation events maintains soil moisture at optimal levels while promoting greater uniformity in the soil moisture profile. These findings suggest that more frequent, lower-volume irrigation could enhance water use efficiency in avocado cultivation under Mediterranean climatic conditions, contributing to the sustainable management of water resources in the face of increasing hydrological stress.

Keywords: water resources; climate change; avocado; irrigation regimes.

1. Introducción

La región mediterránea enfrenta un desafío persistente en la gestión de los recursos hídricos. Por un lado, en términos de disponibilidad hídrica, se ha constatado un notable incremento de la recurrencia del número de eventos torrenciales y un aumento de la intensidad, duración y frecuencia de las sequías (Sillero-Medina et al., 2019; IPCC, 2021). Por otro lado, es fundamental destacar que esta región ha experimentado en las últimas décadas una transformación de su dinámica territorial, con un considerable incremento de la presión antrópica (crecimiento poblacional, turismo, desarrollo urbanístico, entre otros), y un significativo aumento de los espacios agrícolas de regadío (Yus-Ramos et al., 2020; Francos et al., 2024), generando una mayor fragilidad sobre este recurso.

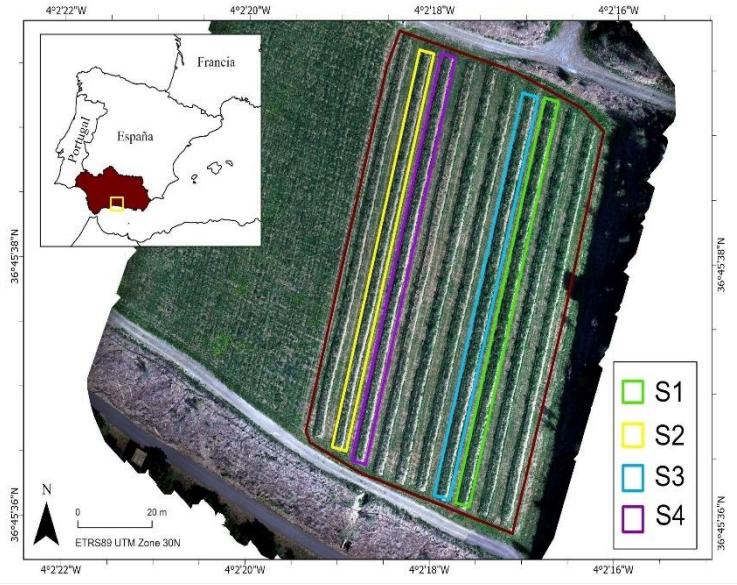
Como consecuencia de esta dinámica, una de las áreas más susceptible a este proceso es el litoral de las provincias de Málaga y Granada. En concreto, en la comarca de la Axarquía se ha producido un aumento significativo de los espacios dedicados a los cultivos subtropicales (principalmente aguacate), posicionándose como un pilar fundamental en la economía local (Yus-Ramos et al., 2020). En este contexto, el agua es el principal factor limitante para la producción agrícola, por lo que comprender la hidrodinámica del suelo y, por lo tanto, la disponibilidad de agua para las plantas, es una tarea esencial (Chaudhry & Sidhu, 2021; Ceppi et al., 2025). Esta situación ha originado la necesidad de implementar estrategias concretas, adaptándose a las características hídricas específicas de los cultivos para garantizar la sostenibilidad a medio y largo plazo. En este sentido, en la Axarquía se han puesto en marcha diversas medidas para optimizar el uso del agua dedicada al riego. Destacan la aplicación de aguas residuales regeneradas y desaladas, cuyo impacto en la calidad del suelo y los cultivos no siempre es predecible (Zhang et al., 2022); y la implementación de riegos deficitarios como técnica de optimización del uso del agua sin comprometer significativamente el rendimiento agrícola (Sillero-Medina et al., 2024). Sin embargo, otra de las posibles estrategias estaría relacionada con la distribución y la periodicidad de la aplicación del riego, asegurando que el contenido de humedad del suelo sea óptimo para el desarrollo del cultivo. Así, es fundamental el monitoreo continuo del estado de humedad en el suelo y la consideración de los umbrales clave desde el punto de vista hidrológico, como el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo. Con base en estas consideraciones, este trabajo tiene como objetivo desarrollar estrategias para optimizar los recursos hídricos en cultivos de regadío mediante la implementación de distintos sistemas de riego. Estas estrategias se diferenciarán según la distribución del agua alrededor del árbol, el momento del día en que se aplica y la duración del riego.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. Área de estudio

Para llevar a cabo este estudio, se ha seleccionado una parcela en la Estación experimental del Instituto Hortofrutícola Subtropical y Mediterránea "La Mayora" en Algarrobo (Málaga), situada a 99 m.s.n.m. (Figura 1). Su superficie es de 0,62 ha, estando cultivada en su totalidad por aguacates jóvenes de la variedad Hass. Concretamente, cuenta con un total de 170 árboles distribuidos en 10 hileras (17 árboles/hilera).

Figura 1. Localización de la parcela experimental y distribución de los sistemas de riego implementados.



Fuente: Elaboración propia

El entorno en el que se sitúa dicha parcela presenta unas condiciones típicas del clima mediterráneo seco-semiárido, con una temperatura media anual de aproximadamente 17 ºC y una precipitación anual de 400 a 450 mm, distribuidas de forma irregular. Además, unas de las principales cuestiones a tener en cuenta desde el punto de vista agroclimático es la elevada evapotranspiración potencial, que supera los 1.300 mm anuales y que alcanza su máximo durante los meses de verano. En cuanto a sus características edáficas (Tabla 1), la parcela se asienta sobre micaesquistos, filitas y areniscas, con una textura franco-limosa dominada por limos finos (≃ 40%).

Tabla 1. Resumen de las características edáficas de la parcela experimental.

CO	AWC	Pr	BD	Gr	pH	CE	CIC	Clase textural
4,5	11,6	55	1,12	22,8	7,6	0,69	22,2	Franco limoso

Fuente: elaboración propia. Leyenda: CO, carbono orgánico (%); AWC, agua útil (%); Pr, porosidad (%) BD, densidad aparente (gr/cm3); Gr, gravas (%); CE, conductividad eléctrica (dS/m); CIC, capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g).

2.2. Diseño experimental y análisis de datos

En la parcela, se han establecido diversos regímenes de riego, cada uno con variaciones en los pulsos y tiempos de aplicación, pero asegurando una cantidad constante de agua por árbol. Así, se ha implementado un sistema de monitoreo continuo de la humedad del suelo en cada hilera, utilizando sondas de humedad por capacitancia HOBO, así como el seguimiento del aporte hídrico recibido por

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

cada árbol, tanto a través del riego artificial como de la pluviometría registrada. Para cada sistema de riego se instalaron dos sondas de humedad, por lo que en total se utilizaron los datos registrados por ocho sondas. Estas fueron colocadas a 10 cm de los goteros de riego. En detalle, los sistemas de riego evaluados en este estudio incluyen (Tabla 2):

Tabla 2. Esquema y descripción de los sistemas de riego utilizados.

CÓDIGO	SISTEMA DE RIEGO	DÍAS DE RIEGO	HORA DE INICIO	TIEMPO DE RIEGO	HILERA
S1	4 goteros/planta de 2 l/h	L-X-V-D	11:00 h	50 min	8
S2	4 goteros/planta de 2 l/h	L-X-V-D	08:00h / 16:35h	25 min	2
S3	2 goteros/planta de 4l/h	L-X-V-D	11:00 h	50 min	7
S4	2 goteros/planta de 4l/h	L-X-V-D	08:00h / 16:35h	25 min	3

Fuente: elaboración propia

Los datos de humedad del suelo fueron analizados con una resolución horaria durante el período comprendido entre agosto y diciembre de 2024. La elección de este intervalo temporal se basa en que corresponde a la temporada de mayor estrés agronómico, caracterizada por una intensa sequía estival que se extiende hasta los primeros meses del otoño. A partir de los registros horarios de humedad, se cuantificó el tiempo en que cada hilera se mantuvo por encima de la capacidad de campo o por debajo del punto de marchitez, lo cual actúa como indicador de una posible gestión inadecuada del riego. Asimismo, se analizó la evolución de la curva de humedad para evaluar qué tipo de régimen de riego mantiene condiciones más favorables en términos de continuidad de humedad en el perfil edáfico. Todo el procedimiento estadístico ha sido llevado a cabo utilizando Python 3.13.2.

3. Resultados

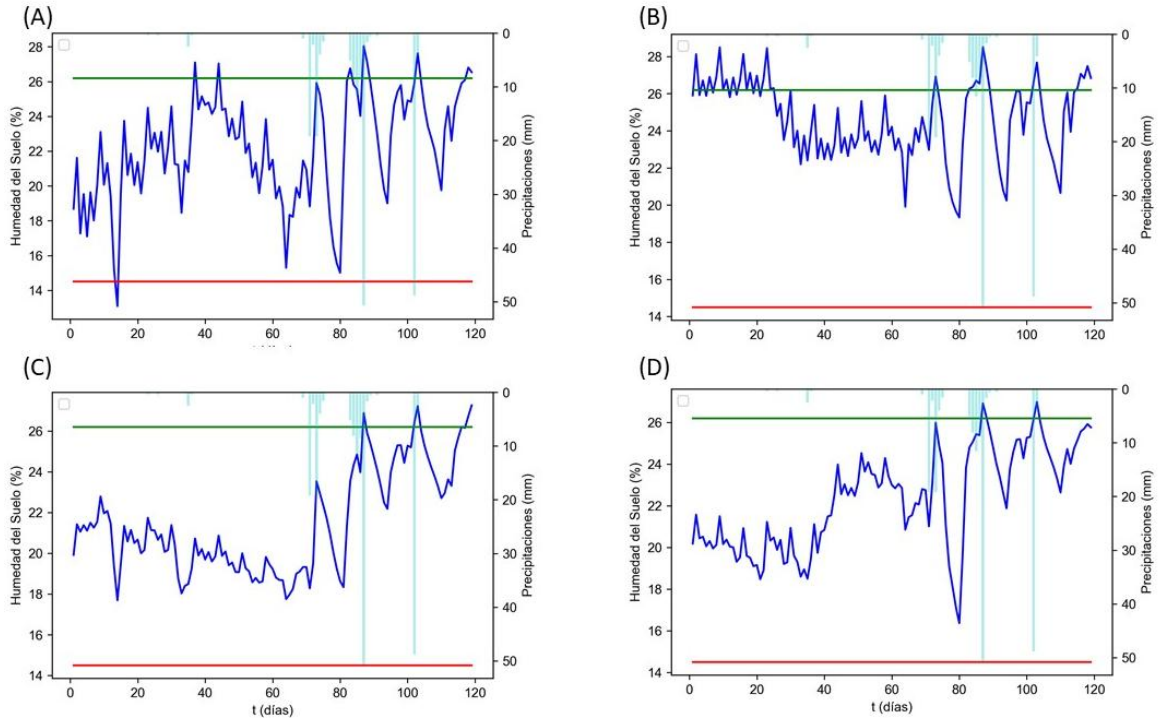
Los principales resultados obtenidos aparecen recogidos en la Figura 2 y en la Tabla 1. En primer lugar, hay que tener en cuenta que el aporte hídrico en cada hilera es exactamente el mismo, sin embargo, se aprecian importantes diferencias en la evolución del contenido de humedad del suelo entre hileras, lo que es un indicador de que la distribución del agua en goteros y la existencia de más o menos pulsos de riego repartidos durante el día puede optimizar los recursos hídricos.

S1 y S2 tienen un sistema de riego similar, basado en cuatro goteros por árbol y de un caudal de 2 litros por hora de riego. No obstante, la principal diferencia entre ambos viene dada por los tiempos y frecuencia de riego, en S1 se realiza un riego de 50 minutos una vez al día y, por su parte, en S2 se

activa el riego en dos periodos de 25 minutos al día. Observando los gráficos, vemos como S2 identifica una evolución de la humedad mucho más estable que en S1, lo que determina una mayor seguridad hídrica para el cultivo. En la última etapa de los gráficos, la aparición de las lluvias y la ausencia de riego artificial provoca que los datos no sean representativos. En el caso de S3 y S4, la idea que se deduce es similar a la comentada anteriormente. Sin embargo, la existencia exclusiva de dos puntos de goteo por árbol y con un caudal de 4 litros por hora hace que la humedad esté más concentrada en un punto del suelo, generando una mayor heterogeneidad en la distribución de la humedad en el perfil del suelo.

Atendiendo a la distribución de las condiciones de humedad del suelo en cada sistema de riego (Tabla 3), se observa como prácticamente no existen diferencias significativas entre S1, S3 y S4. No obstante, S2 presenta una diferencia notable respecto al resto de sistemas en cuanto al número de días en los que la humedad del suelo supera el umbral de capacidad de campo, alcanzando un total de 31 días. Esta diferencia es especialmente marcada durante la primera fase del periodo analizado, situándose ampliamente por encima del resto de sectores. Esta información resulta especialmente valiosa en un contexto donde es urgente implementar estrategias de optimización del riego, particularmente en zonas con alta fragilidad climática y una marcada recurrencia de episodios de sequía prolongada. Los niveles de humedad registrados en S2 se mantienen consistentemente más elevados, lo que sugiere la posibilidad de reducir la cantidad o la duración del riego, contribuyendo así a una gestión más eficiente del recurso hídrico.

Figura 2. Evolución del contenido de humedad del suelo (%) en los diferentes sistemas de riego utilizados.



Fuente: Elaboración propia. Leyenda: A, S1; B, S2; C, S3; D, S4; Rojo, punto de marchitez; Verde, capacidad de campo.

 https://doi.org/10.17398/3101-7177.1.1

Tabla 3. Distribución (número de días) de las condiciones de humedad del suelo por sistema de riego.

CÓDIGO	H > CC	H < PM	H = AU
S1	8	1	110
S2	31	0	88
S3	6	0	113
S4	3	0	116

Fuente: elaboración propia. Leyenda: H > CC, humedad del suelo por encima de la capacidad de campo; H < PM, humedad del suelo por debajo del punto de marchitez; H = AU, humedad del suelo en estado de agua útil.

4. Discusión y conclusiones

Aunque el volumen de agua aplicado fue el mismo en todas las hileras, se observaron diferencias en la evolución y contenido de humedad en el suelo, lo que evidencia la influencia del diseño del sistema de riego en la gestión de los recursos hídricos. En este ensayo llevado a cabo en aguacates jóvenes, el riego por pulsos, como en el sistema S2, favorece una mayor estabilidad hídrica frente al riego continuo (S1 y S3). Kandelous y Simunek (2010) determinan que el riego por pulsos permite una mejor distribución del agua en el perfil del suelo, reduciendo pérdidas por percolación y mejorando la eficiencia del riego en cultivos con raíces superficiales, como es el caso del aguacate. Además, una mayor cantidad de goteros con menor caudal mejora la uniformidad del bulbo húmedo, a diferencia de configuraciones con menos emisores y mayor caudal (S4). Así, teniendo en cuenta que el aguacate tiene un sistema radicular superficial y sensible al exceso de humedad, esta mayor homogeneidad en la distribución del aporte hídrico permite mantener una humedad constante en la zona activa de raíces, evitando tanto el estrés hídrico como la asfixia radicular. S2 destaca como el sistema más eficiente, con más días por encima de la capacidad de campo, lo que sugiere un uso más eficaz del agua al poder reducir la cantidad total aportada.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación "Manejo sostenible de los frutales subtropicales en Andalucía en un contexto de escasez hídrica" (PLSQ_00309), financiado por la Junta de Andalucía.

5. Referencias bibliográficas

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas, 33(2), 106–116. http://orcid.org/0000-0003-0408-5454

Ceppi, A., Achite, M., Toubal, A. K., & Caloiero, T. (2025). Mapping drought characteristics in northern Algerian Basins using the ERA5-Land dataset. *Scientific Reports*, *15*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-025-95418-8

Chaudhry, S. & Sidhu, G. (2021). Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. *Plant Cell Rep*, *41*(1), 1-31. https://doi.org/10.1007/s00299-021-02759-5

Claro, A. M., Fonseca, A., Fraga, H., & Santos, J. A. (2024). Future Agricultural Water Availability in Mediterranean Countries under Climate Change: A Systematic Review. *Water*, *16*(17), 2484. https://doi.org/10.3390/w16172484

Francos, M., Sánchez-García, C., Fernández-Sangrador, L., Corvacho-Ganahin, O., & Nadal-Romero, E. (2024). Past, present and future of land use and soil physicochemical properties in the Province of Salamanca (Spain). *CATENA*, *246*, 108416. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108416

Garau, E.; Vila-Subirós, J.; Ribas Palom, A. (2020). Agua, turismo y servicios de los ecosistemas: el ciclo hidroturístico en la cuenca mediterránea. En: Escribano J., Peñarrubia M.P., Serrano J., Asins S. (eds): Desafíos y oportunidades de un mundo en transición. Una interpretación desde la Geografía. Tirant lo Blanc.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. Climate Change 2021. The Physical Science Basis.

Kandelous, M. M., & Simunek, J. (2010). Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under pulsed and continuous irrigation. Agricultural Water Management, 97(5), 856–864. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.004

Ortíz-Samprón, E. J., et al. (2024). Influencia del bulbo húmedo efectivo en el diseño de sistemas de riego por goteo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.

Sillero-Medina, J., González-Pérez, J., Hueso-González, P., González-Fernández, J., Hormaza-Urroz, J., & Ruiz-Sinoga, J. (2024). Effect of Different Deficit Irrigation Regimens on Soil Moisture, Production Parameters of Mango (Mangifera indica L.), and Spectral Vegetation Indices in the Mediterranean Region of Southern Spain. Remote Sensing Applications Society And Environment, 101415. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101415

Sillero-Medina, J.A., P. Hueso -González, J.D. Ruiz-Sinoga (2019). La precipitación geomorfológica como elemento clave en el modelado del paisaje mediterráneo. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 82, 2780: 1-40.

Yus Ramos, R., O. Carrillo Romero; V. Fernández Camacho & M.A. Torres Delgado (2020). La burbuja de los cultivos subtropicales y el colapso hídrico en la Axarquía. Gabinete de Estudios de la Naturaleza de la Axarquía (GENA), Vélez-Málaga.

Zhang, Y., Li, X., Šimůnek, J., Shi, H., Chen, N., & Hu, Q. (2022). Optimizing drip irrigation with alternate use of fresh and brackish waters by analyzing salt stress: The experimental and simulation approaches. *Soil And Tillage Research*, *219*, 105355. https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105355