

Sicre-González, P.; Pecci, A.; Niveau-de-Villedary y Mariñas, A. Análisis LiDAR del PNOA para la interpretación topográfica del paisaje funerario en el yacimiento del “Castillo de Doña Blanca” (Cádiz, España)

Análisis LiDAR del PNOA para la interpretación topográfica del paisaje funerario en el yacimiento del “Castillo de Doña Blanca” (Cádiz, España)

Sicre-González, Pablo¹ **Pecci, Antonio**¹ **Niveau-de-Villedary y Mariñas, Ana María**¹

¹ Universidad de Cádiz (España), Departamento de Historia, Geografía y Filosofía

ORCID: Sicre-González [0000-0002-6938-0174](https://orcid.org/0000-0002-6938-0174) Pecci [0009-0001-9771-3634](https://orcid.org/0009-0001-9771-3634) Niveau-de-Villedary y Mariñas [0000-0002-8888-1169](https://orcid.org/0000-0002-8888-1169)

Correspondencia: pablo.sicre@uca.es antonio.pecci@uca.es anamaria.niveau@uca.es

RESUMEN

El presente estudio analiza el potencial del LiDAR del PNOA para la interpretación topográfica del paisaje funerario asociado al yacimiento fenicio-púnico del Castillo de Doña Blanca (Cádiz), con especial atención a la Necrópolis de las Cumbres. El procesamiento de datos LiDAR ha permitido generar un Modelo Digital del Terreno de alta resolución, analizado mediante técnicas de realce del relieve en SIG. Los resultados han posibilitado identificar anomalías microtopográficas compatibles con estructuras tumulares y redefinir la extensión y organización espacial de la necrópolis, documentando un número significativamente mayor de posibles túmulos respecto a trabajo previos. El estudio pone de manifiesto el valor del LiDAR como herramienta no invasiva para la investigación y gestión del patrimonio arqueológico, estableciendo una base metodológica para futuras prospecciones y análisis geoarqueológicos.


Palabras clave: LiDAR; paisaje funerario; necrópolis tumular; teledetección arqueológica; Castillo de Doña Blanca.


Fecha de recepción: 9 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 9 febrero 2026


Análisis LiDAR del PNOA para la interpretación topográfica del paisaje funerario en el yacimiento del “Castillo de Doña Blanca” (Cádiz, España)

Sicre-González, Pablo ⁽¹⁾, Pecci, Antonio ⁽¹⁾, Niveau-de-Villedary y Mariñas, Ana María ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Cádiz (España), Departamento de Historia, Geografía y Filosofía.

 0000-0002-6938-0174, pablo.sicre@uca.es.

 0009-0001-9771-3634, antonio.pecci@uca.es.

 0000-0002-8888-1169, anamaria.niveau@uca.es.

Resumen: El presente estudio analiza el potencial del LiDAR del PNOA para la interpretación topográfica del paisaje funerario asociado al yacimiento fenicio-púnico del Castillo de Doña Blanca (Cádiz), con especial atención a la Necrópolis de las Cumbres. El procesamiento de datos LiDAR ha permitido generar un Modelo Digital del Terreno de alta resolución, analizado mediante técnicas de realce del relieve en SIG. Los resultados han posibilitado identificar anomalías microtopográficas compatibles con estructuras tumulares y redefinir la extensión y organización espacial de la necrópolis, documentando un número significativamente mayor de posibles túmulos respecto a trabajos previos. El estudio pone de manifiesto el valor del LiDAR como herramienta no invasiva para la investigación y gestión del patrimonio arqueológico, estableciendo una base metodológica para futuras prospecciones y análisis geoarqueológicos.

Palabras clave: LiDAR; paisaje funerario; necrópolis tumular; teledetección arqueológica; Castillo de Doña Blanca.

LiDAR data from the PNOA for the topographic interpretation of the funerary landscape at the Castillo de Doña Blanca (Cádiz)

Abstract: *This study analyses the potential of the PNOA's LiDAR data for the topographical interpretation of the funerary landscape associated with the Phoenician-Punic site of Castillo de Doña Blanca (Cádiz), with particular focus on the Necropolis of Las Cumbres. The processing of LiDAR data has enabled the generation of a high-resolution Digital Elevation Model, analysed using GIS-based relief enhancement techniques. The results have made it possible to identify microtopographical anomalies consistent with burial mounds and to redefine the extent and spatial organisation of the necropolis, documenting a significantly higher number of potential mounds compared to previous studies. The study highlights the value of LiDAR as a non-invasive tool for the research and management of archaeological heritage, establishing a methodological basis for future surveys and geoarchaeological analyses.*

Keywords: *LiDAR; funerary landscape; tumulus necropolis; archaeological remote sensing; Castillo de Doña Blanca.*

1. INTRODUCCIÓN

El Castillo de Doña Blanca (CDB), localizado en el término municipal del El Puerto de Santa María (Cádiz, España) (Fig. 1A), constituye uno de los asentamientos fenicio-púnicos más relevantes del Mediterráneo occidental, con ocupación desde finales del siglo IX hasta el III a.n.e. Su conjunto patrimonial incluye el *tell* principal, donde se localiza el asentamiento, además de otras áreas arqueológicas, como la necrópolis tumular de “Las Cumbres” (NC) (Fig. 1B) o el asentamiento situado en la cima de la Sierra de San Cristóbal (SSC) (Fig. 1C) (Ruiz Mata, 1993; Ruiz Mata y Pérez, 1995). Además, a estas zonas se le ha de añadir una nueva área de gran potencial arqueológico documentada gracias a técnicas geofísicas no invasivas (Ruiz Gil *et al.*, 2023) en la finca “La Martela” (LM) (Fig. 1D).

Mientras que el asentamiento principal del CDB ha sido objeto de numerosas campañas arqueológicas entre 1979 y 2005, retomadas desde 2024 por un equipo de la Universidad de Cádiz, el grado de intervención en las restantes zonas que integran el Bien de Interés Cultural (Decreto 82/2001) es variable. El poblado de la SSC ha sido objeto de algunas intervenciones, aunque menos sistemáticas que las del CDB. La necrópolis NC ha sido parcialmente excavada (campañas de 1984-1985, con dos estructuras funerarias), mientras que la finca LM solo es conocida hasta el momento por prospecciones geofísicas sin intervenciones arqueológicas directas (Ruiz Gil *et al.*, 2023).

La necrópolis (NC), parcialmente afectada por infraestructuras modernas, solo ha sido intervenida arqueológicamente durante las campañas de 1984-

1985, excavándose dos estructuras funerarias. Por su parte, en la finca LM se ha propuesto la hipótesis de la existencia de una amplia zona portuaria a partir de datos de teledetección (Ruiz Gil *et al.*, 2023).

Aprovechando la disponibilidad actual de metodologías no invasivas de fácil acceso, como el análisis LiDAR a partir de datos del PNOA, se ha aplicado este enfoque al estudio de la Necrópolis de las Cumbres con el objetivo de mejorar y facilitar la documentación del territorio, más allá de las publicaciones monográficas existentes sobre el Túmulo 1 (Ruiz Mata, 1985, 1991; Ruiz Mata y Pérez, 1989; Córdoba Alonso, 1996; Córdoba Alonso, Ruiz Mata, 2000; Pérez, 2025), resulta necesario recurrir a metodologías no invasivas capaces de documentar el territorio desde una perspectiva integral. En este contexto, el empleo de datos LiDAR procedentes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) permite reconocer anomalías microtopográficas, identificar posibles estructuras tumulares apenas visibles en superficie y contrastar las evidencias previamente sugeridas por la arqueología aérea y el reconocimiento topográfico *in situ*. Este enfoque amplía el conocimiento sobre la organización espacial del paisaje funerario protohistórico y evidencia el valor de la reutilización de recursos abiertos para investigar y reevaluar yacimientos previamente estudiados.

Los resultados aquí presentados constituyen una contribución preliminar dentro de los proyectos del GI¹, cuyos aspectos metodológicos, interpretativos y contextuales serán abordados con mayor detalle en futuras publicaciones.

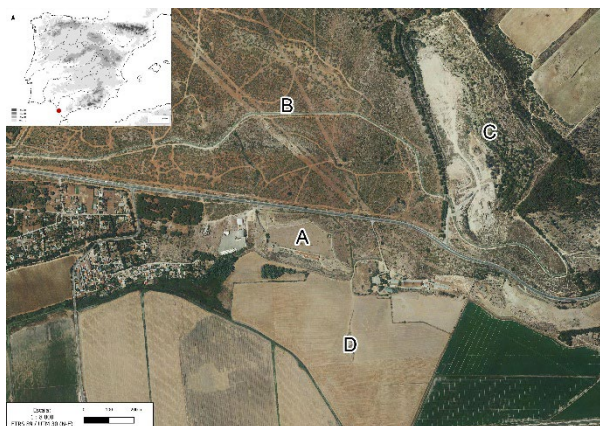


Figura 1. Localización del área arqueológica del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz) A) Castillo de Doña Blanca, B) Necrópolis "Las Cumbres", C) Poblado de la Sierra de San Cristóbal, D) Finca "La Martela". Elaboración propia.

2. CASO DE ESTUDIO

2.1. Características topográficas de la NC

El espacio funerario NC se emplaza al norte del CDB, en la falda meridional de la Sierra de San Cristóbal, ocupando un espacio amplio caracterizado por suaves elevaciones y pequeñas lomas de escasa altura. Desde el punto de vista geomorfológico, el terreno combina zonas ligeramente onduladas con cerros aislados que dominan visualmente el entorno inmediato, configurando un paisaje propicio para la implantación de estructuras tumulares visibles en el territorio. La disposición de los túmulos sobre cimas y laderas sugiere una selección consciente de puntos elevados con potencial simbólico y visual, favoreciendo tanto la monumentalidad como la relación visual con el asentamiento protohistórico del CDB y con los corredores naturales de circulación. La posible presencia de canales o surcos excavados en la roca evidencia además una dinámica hídrica condicionada por la pendiente de la sierra, lo que habría influido en la conservación diferencial de las estructuras y en la organización espacial del conjunto funerario.

2.2. Estado de la cuestión

Las referencias textuales sobre la necrópolis del CDB se centran principalmente en la morfología y el registro material del denominado Túmulo 1. La información procede de las campañas de 1984-1985 (Ruiz Mata, 1985, 1991; Ruiz Mata y Pérez, 1989; Córdoba Alonso, 1996; Pérez, 2025), en las que se excavaron dos estructuras: el Túmulo 1 y el Hipogeo 1 (algunas referencias en Ruiz Mata, 2022, p. 328); se menciona además la identificación superficial de un Túmulo 2 y la posible existencia de construcciones asociadas que configurarían complejos tumulares (Ruiz Mata, 2022, p. 329). Las prospecciones visuales sugieren la presencia de numerosos túmulos actualmente ocultos por la vegetación y una organización espacial en dos sectores: uno occidental, con mayor concentración de estructuras, y otro oriental, próximo a la Sierra de San Cristóbal, con evidencias de menor entidad (Ruiz Mata, 2022, pp. 327-328). Las sepulturas se disponen sobre pequeñas elevaciones, ocupando cimas y laderas, en un paisaje marcado por suaves relieves y posibles cauces excavados en la roca que canalizarían el agua desde cotas superiores (Ruiz Mata, 1991, p. 207). Morfológicamente, se documentan túmulos de sección semicircular, en ocasiones interpretables como troncocónicos por procesos erosivos comparables tipológicamente a los túmulos A, B y E de Setefilla (Lora del Río, Sevilla) (Aubet Semmler, 1975), que constituyen uno de los paralelos más cercanos para el análisis de este tipo de estructuras.

El Túmulo 1, único ejemplo protohistórico excavado, presenta unos 22 m de diámetro y una altura media de 1,5 m, con al menos 62 enterramientos de incineración datados en el siglo VIII a.n.e. (Ruiz Mata, 1985, 1991; Ruiz Mata y Pérez, 1989; Córdoba Alonso, 1996; Pérez, 2025). El Hipogeo 1, de planta circular (3 m de diámetro y 1,8 m de altura), adscrito a la Edad del Cobre, albergaba restos de entre 24 y 25 individuos y evidencias de

¹ Grupo de Investigación del PAIDI "PHOENIX MEDITERRANEA (HUM-509); Proyecto PDC2025-164863-I00 financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033; PHOENIX-UASL. Research on PHOENician-Punic sites in Andalusia with

eXperimental Unmanned Aerial System with LiDAR, financiado de la Comisión Europea (MSCA PF, Proyecto 101155484); «Mapping Gadir» (proyecto PDC2025-164863-I00) financiado de la Agencia Estatal de Investigación (AEI).

posibles prácticas rituales (Ruiz Mata y Pérez, 1995, p. 114). El Túmulo 2 y las estructuras secundarias carecen aún de caracterización morfológica y dimensional precisa, ya que no se han excavado.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Análisis LiDAR

Los datos LiDAR empleados en el caso de estudio del CDB proceden de los archivos digitales disponibles en el Instituto Geográfico Nacional, correspondientes al programa “LiDAR de 3ª Cobertura (2022-2025)” con una densidad aproximada de 5 puntos/m². Tras su clasificación y procesamiento, dichos datos permitieron generar un Modelo Digital del Terreno (MDT) ráster de alta resolución y calidad, base fundamental para los análisis posteriores.

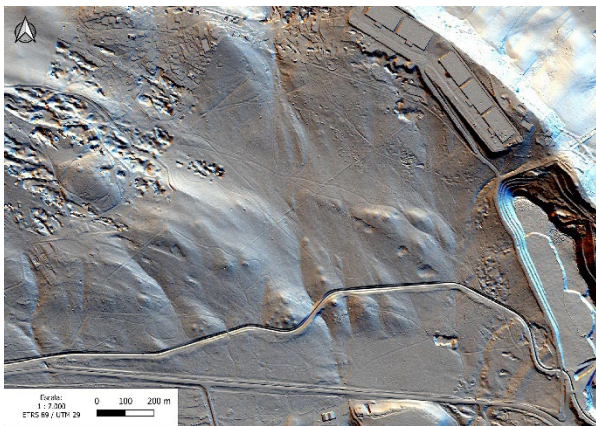


Figura 2. Visualización *Multi-Hillshading* RGB. Obra derivada de LiDAR-PNOA-cob3 2022-2025 CC-BY 4.0 scne.es



Figura 3. Visualización VAT. Obra derivada de LiDAR-PNOA-cob3 2022-2025 CC-BY 4.0 scne.es

El tratamiento y análisis de la información se llevó a cabo mediante QGIS, FugroViewer y LAsTools. Las visualizaciones se generaron con Relief Visualization Tool (RVT), aplicando un conjunto de técnicas de realce del relieve seleccionadas por su eficacia en la detección de anomalías microtopográficas en contextos arqueológicos (Kokalj *et al.*, 2019; Štular *et al.*, 2021). Entre ellas, Multi-Hillshading RGB (Fig. 2) combina iluminaciones desde múltiples direcciones para reducir la dependencia de la orientación de la luz y VAT (Visibility

Analysis Tool) evalúa la visibilidad acumulada desde el terreno (Fig. 3).

3.2. Análisis SIG

Una vez procesada la información LiDAR, se procedió al análisis detallado de las anomalías detectadas en el SIG (QGIS). En primer lugar, se diferenciaron aquellas de origen contemporáneo mediante el uso de ortofotos históricas del PNOA, prestando especial atención a la posible interferencia de la vegetación de baja densidad en la lectura de las distintas visualizaciones. Tras depurar los datos y minimizar posibles errores derivados de interpretaciones imprecisas, fue posible identificar con claridad diversas anomalías de carácter convexo, que fueron georreferenciadas mediante puntos en el entorno SIG.

4. RESULTADOS

El análisis de los datos LiDAR permitió identificar con claridad diversas anomalías microtopográficas en el ámbito de la NC (Fig. 4), distinguiéndose tanto alteraciones negativas asociadas a colapsos de antiguas canteras de extracción de caliza como variaciones superficiales vinculadas a dinámicas hídricas. Paralelamente, la georreferenciación de las estructuras previamente documentadas permitió integrar por primera vez en un entorno SIG la localización precisa de los túmulos 1 y 2 y a otros elementos tumulares conocidos. A partir del MDT se obtuvieron datos altimétricos relativos que facilitaron la caracterización morfológica de las estructuras y la detección de nuevas anomalías convexas compatibles con túmulos. Como resultado preliminar, se identificaron 35 posibles nuevas estructuras tumulares de tamaño medio y grande, elevando el número total estimado hasta 59. La totalidad de las evidencias documentadas, incluidas las de reducidas dimensiones no señaladas en este estudio, deberán ser verificadas mediante trabajo de campo.

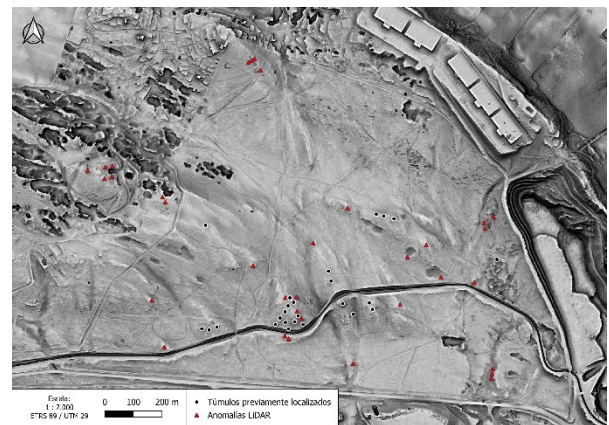


Figura 4. Túmulos ubicados previamente y anomalías detectadas mediante LiDAR en la NC. Obra derivada de LiDAR-PNOA-cob3 2022-2025 CC-BY 4.0 scne.es

5. DISCUSIÓN

Los resultados del análisis LiDAR permiten plantear la hipótesis de que la extensión y complejidad espacial de la necrópolis podrían ser mayores de lo considerado en estudios previos. Las investigaciones llevadas a cabo en

las últimas décadas del siglo XX, basadas en intervenciones puntuales y reconocimiento superficial con visibilidad limitada, no pudieron beneficiarse de las herramientas de teledetección actuales. La identificación de nuevas anomalías compatibles con túmulos, especialmente en el sector occidental, apunta a la posibilidad de un área funeraria más amplia y organizada de manera más compleja, con posibles estructuras principales acompañadas por túmulos secundarios.

No obstante, factores de ambigüedad como cavidades subterráneas, procesos erosivos y variaciones asociadas a cauces o escorrentías, ya señalados en estudios anteriores (Ruiz Mata, 2022, p. 325), introducen incertidumbre en la interpretación. Por ello, estas hipótesis requieren contrastación directa mediante prospecciones sistemáticas y estudios geoarqueológicos que permitan validar la naturaleza antrópica de las anomalías detectadas.

6. CONCLUSIONES

El análisis LiDAR ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad para el estudio de paisajes funerarios protohistóricos poco intervenidos. La generación de un MDT de alta resolución a partir de datos PNOA ha permitido aproximarse a la microtopografía del área con un nivel de detalle difícil de alcanzar mediante métodos convencionales, si bien estos también habrían podido aportar información relevante, aunque con mayor complejidad y coste.

Los resultados obtenidos sugieren, como hipótesis a contrastar, que la necrópolis de Las Cumbres podría presentar una extensión, densidad y complejidad mayores de lo que se conocía hasta ahora, con cerca de medio centenar de anomalías convexas compatibles con posibles túmulos. Esta organización apuntaría, en caso de confirmarse su naturaleza antrópica, a un paisaje funerario articulado y jerarquizado, vinculado a la topografía y la visibilidad.

Metodológicamente, la combinación de visualizaciones LiDAR con SIG ha proporcionado una base espacial coherente para la detección y reevaluación de evidencias arqueológicas. En conjunto, el estudio confirma el valor del LiDAR de acceso abierto para la investigación y gestión patrimonial, estableciendo una base sólida para futuras fases de validación empírica e integración territorial del conjunto protohistórico del Castillo de Doña Blanca.

7. REFERENCIAS

Aubet Semmler, M. E. (1975). *La necrópolis de Setefilla en Lora del Río, Sevilla*. Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Barcelona.

Córdoba Alonso, I. (1996). La Cerámica Pintada con Motivos Radiales del Túmulo 1 de la Necrópolis de las Cumbres (El Puerto de Santa María, Cádiz). En *Actas do II Encontro de Arqueología do Sudoeste Peninsular* (pp. 131–139). Universidade do Algarve.

Kokalj, Ž., Zakšek, K., & Oštir, K. (2019). Visualizations of lidar derived relief models. *Interpreting*

Archaeological Topography, II(February 2016), 100–114. <https://doi.org/10.2307/j.ctvh1dqdz.13>

Pérez, C. (2025). *El Túmulo 1 de la necrópolis de Las Cumbres en el Puerto de Santa María (Cádiz). Análisis arqueológico, histórico-cultural, ritual y simbólico. Tesis doctoral inédita*. Universidad Autónoma de Madrid.

Ruiz Gil, J. A., Lagóstena Barrios, L. G., Pérez Marrero, J., Trapero Fernández, P., Catalán González, J., Rondán-Sevilla, I. M., y Ruiz Barroso, M. (2023). GPR Survey in the Punic Harbour of La Martela (El Puerto de Santa María, Spain) and the methodology used for the processing and archaeological visualisation of the data. En I. P. Haynes, T. Ravasi, S. Kay, S. Piro, y P. Liverani (Eds.), *Non-Intrusive Methodologies for Large Area Urban Research* (pp. 99–105). Archaeopress. <https://doi.org/10.2307/jj.15136039.20>

Ruiz Mata, D. (1985). Excavación del Túmulo 1 de la necrópolis de Las Cumbres (Puerto de Santa María, Cádiz). En *Anuario Arqueológico de Andalucía, II Actividades Sistemáticas* (pp. 158–160).

Ruiz Mata, D. (1991). El Túmulo 1 de la necrópolis de Las Cumbres. *Treballs Del Museu Arqueologic D'Eivissa e Formentera*, 24, 207–220.

Ruiz Mata, D. (1993). La colonización fenicia en la Bahía de Cádiz a través del Castillo de Doña Blanca. Puerto de Santa María. En J. M. Campos Carrascto y F. Nocete Calvo (Eds.), *Investigaciones arqueológicas en Andalucía (1985-1992) Proyectos. VI Jornadas de Arqueología andaluza*. (pp. 489–496).

Ruiz Mata, D. (2022). *La ciudad fenicia del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). Historia y Arqueología, investigaciones (1979-2003)*. Cuadernos de Arqueología Mediterránea 28.

Ruiz Mata, D., y Pérez, C. J. (1989). El Túmulo 1 de la necrópolis de “Las Cumbres” (Puerto de Santa María, Cádiz). En M. E. Aubet Semmler (Ed.), *Tartessos. Arqueología protohistórica del bajo Guadalquivir*. (pp. 287–295). Editorial AUSA.

Ruiz Mata, D., y Pérez, C. J. (1995). *El poblado fenicio del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz)*. Ayuntamiento de El Puerto de Santa María.

Štular, B., Lozić, E., y Eichert, S. (2021). Airborne LiDAR-Derived Digital Elevation Model for Archaeology. *Remote Sensing*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/rs13091855>