

Jiménez, M.; Cendrero-Mateo, M.; Gómez-Giráldez, P.; Moncholi-Estornell, A.; Peón, J.; Gutierrez de la Camara Ara, O.; Muñoz Sanchez, F.; Cobos, J.; Montoro, A.; Muela, J.; Aragones, D.; Carretero, L.; López-Ballesteros, A.; Doblas-Rodrigo, Á.; Chardi-Raga, C.; Tenjo, C.; Marchante-Cambrón, J.; Van Wittenberghe, S.; Díaz-Delgado, R.; Delegido, J.; Moreno, J. SpaFLEX: estrategia Cal/Val del producto Fluorescencia y Reflectancia de la misión FLEX-S3 en test-sites de variadas formaciones vegetales y gradientes de heterogeneidad

SpaFLEX: estrategia Cal/Val del producto Fluorescencia y Reflectancia de la misión FLEX-S3 en test-sites de variadas formaciones vegetales y gradientes de heterogeneidad

Jiménez, Marcos ¹ Cendrero-Mateo, M.^a Pilar ^{2,4} Gómez-Giráldez, Pedro J. ³
Moncholi-Estornell, Adrián ² Peón, Juanjo ¹ Gutierrez de la Camara Ara, Oscar ¹
Muñoz Sanchez, Félix ¹ Cobos, Joaquín ³ Montoro, Amelia ⁴ Muela, Jimmy A. ¹
Aragones, David ³ Carretero, Laura ¹ López-Ballesteros, Ana ⁵ Doblas-Rodrigo,
Álvaro ⁵ Chardi-Raga, Cynthia ² Tenjo, Carolina ² Marchante-Cambrón, J.Cesar ²
Van Wittenberghe, Shari ² Díaz-Delgado, Ricardo ³ Delegido, Jesús ² Moreno, José ²

¹ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Torrejón de Ardoz, España

² Laboratory for Earth Observation, Universidad de Valencia (LEO-UV), Paterna, España

³ Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC), Sevilla, España

⁴ Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE), CSIC-UV-GVA, Valencia, España

⁵ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España

ORCID: Jiménez 0000-0002-6852-2732 Cendrero-Mateo 0000-0001-5887-7890 Gómez-Giráldez 0000-0002-1247-7557
Moncholi-Estornell 0000-0002-8832-2594 Peón 0000-0001-7551-2236 Gutierrez de la Camara Ara 0000-0003-2555-9292
Muñoz Sanchez 0000-0002-6421-8725 Cobos 0000-0001-6527-1440 Montoro 0000-0002-3491-6821 Muela 0009-0002-
9524-5483 Aragones 0000-0003-4989-9005 Carretero 0000-0001-5587-4707 López-Ballesteros 0000-0003-0609-360X
Chardi-Raga 0009-0007-7886-4801 Van Wittenberghe 0000-0002-5699-0352 Díaz-Delgado 0000-0002-0460-4616
Delegido 0000-0002-2819-6979 Moreno 0000-0002-5283-3333

Correspondencia: jimenezmm@inta.es m.pilar.cendrero@uv.es pedro.gomez@ebd.csic.es adrian.moncholi@uv.es
jpeogar@inta.es gutierrezcao@inta.es munozsf@inta.es joaquin.campos@csic.es amelia.montoro@csic.es
jmuepil@inta.es daragones@ebd.csic.es carreteroml@inta.es alopezb@cita-aragon.es adoblas@cita-aragon.es
Cynthia.Chardi@uv.es carolina.tenjo@uv.es jumarcam@alumni.uv.es Shari.Wittenberghe@uv.es rdiaz@ebd.csic.es
Jesus.Delegido@uv.es jose.moreno@uv.es

RESUMEN

La fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF) y la reflectancia de la vegetación (Ref) serán productos operativos de nivel 2 que proporcionará la próxima misión Fluorescence Explorer (FLEX) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Con el fin de cumplir con los requisitos de incertidumbre de la ESA para los productos de nivel 2, el proyecto SpaFLEX está implementando un plan integral de calibración y validación (Cal/Val) para la misión FLEX. El plan se basa en realizar mediciones fiduciales con instrumentos in situ (aerotransportados, UAV y terreno) en test-sites de variadas formaciones vegetales y gradientes de heterogeneidad espacial, estimando la incertidumbre para los valores agregados a los 300 m de píxel de FLEX. Los diferentes protocolos desarrollados en el marco de SpaFLEX se muestran en la campaña de campo realizada en la Reserva Biológica de Doñana (RBD), donde se ha calculado el valor de SIF y Ref con su incertidumbre total para el píxel FLEX en las parcelas de matorral. **Palabras clave:** FLEX-S3, SpaFLEX, Fluorescencia, Calibración y Validación, Medidas Fiduciales.

Fecha de recepción: 18 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 19 febrero 2026






SpaFLEX: estrategia Cal/Val del producto Fluorescencia y Reflectancia de la misión FLEX-S3 en test-sites de variadas formaciones vegetales y gradientes de heterogeneidad

Jiménez, Marcos ⁽¹⁾, Cendrero-Mateo, M.^a Pilar ^(2,4), Gómez-Giráldez, Pedro J. ⁽³⁾, Moncholi-Estornell, Adrián ⁽²⁾, Peón, Juanjo ⁽¹⁾, Gutierrez de la Camara Ara, Oscar ⁽¹⁾, Muñoz Sanchez, Félix ⁽¹⁾, Cobos, Joaquín ⁽³⁾, Montoro, Amelia ⁽⁴⁾, Muela, Jimmy A. ⁽¹⁾, Aragones, David ⁽³⁾, Carretero, Laura ⁽¹⁾, López-Ballesteros, Ana ⁽⁵⁾, Doblás-Rodrigo, Álvaro ⁽⁵⁾, Chardi-Raga, Cynthia ⁽²⁾, Tenjo, Carolina ⁽²⁾, Marchante-Cambrón, J.Cesar ⁽²⁾, Van Wittenberghe, Shari ⁽²⁾, Díaz-Delgado, Ricardo ⁽³⁾, Delegido, Jesús ⁽²⁾, Moreno, José ⁽²⁾



⁽¹⁾ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Torrejón de Ardoz, España.

 0000-0002-6852-2732, jimenezmm@inta.es ;  0000-0001-7551-2236, jpeogar@inta.es
 0000-0003-2555-9292, gutierrezcao@inta.es ;  0000-0002-6421-8725, munozsf@inta.es
 0009-0002-9524-5483, jmuepil@inta.es ;  0000-0001-5587-4707, carreteroml@inta.es

⁽²⁾ Laboratory for Earth Observation, Universidad de Valencia (LEO-UV), España.

 0000-0002-8832-2594, adrian.moncholi@uv.es ;  0009-0007-7886-4801, Cynthia.Chardi@uv.es.
carolina.tenjo@uv.es ; jumarcam@alumni.uv.es.
 0000-0002-5699-0352, Shari.Wittenberghe@uv.es ;  0000-0002-2819-6979, Jesus.Delegido@uv.es.
 0000-0002-5283-3333, jose.moreno@uv.es.


⁽³⁾ Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC), España.

 0000-0002-1247-7557, pedro.gomez@ebd.csic.es ;  0000-0003-0285-7617, joaquin.cobos@ebd.csic.es.
 0000-0003-4989-9005, daragones@ebd.csic.es ;  0000-0002-0460-4616, rdiaz@ebd.csic.es.

⁽⁴⁾ Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE), CSIC-UV-GVA, España.

 0000-0001-5887-7890, m.pilar.cendrero@uv.es ;  0000-0002-3491-6821, amelia.montoro@csic.es.

⁽⁵⁾ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), España.

 0000-0003-0609-360X, alopezb@cita-aragon.es ; adoblas@cita-aragon.es.

Resumen: La fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF) y la reflectancia de la vegetación (Ref) serán productos operativos de nivel 2 que proporcionará la próxima misión *Fluorescence Explorer* (FLEX) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Con el fin de cumplir con los requisitos de incertidumbre de la ESA para los productos de nivel 2, el proyecto SpaFLEX está implementando un plan integral de calibración y validación (Cal/Val) para la misión FLEX. El plan se basa en realizar mediciones fiduciales con instrumentos *in situ* (aerotransportados, UAV y terreno) en *test-sites* de variadas formaciones vegetales y gradientes de heterogeneidad espacial, estimando la incertidumbre para los valores agregados a los 300 m de píxel de FLEX. Los diferentes protocolos desarrollados en el marco de SpaFLEX se muestran en la campaña de campo realizada en la Reserva Biológica de Doñana (RBD), donde se ha calculado el valor de SIF y Ref con su incertidumbre total para el píxel FLEX en las parcelas de matorral.

Palabras clave: FLEX, SpaFLEX, Fluorescencia, Calibración y Validación, Medidas Fiduciales

SpaFLEX: Cal/Val strategy of the fluorescence and reflectance product of FLEX at test-sites with varied vegetation formations and heterogeneity gradients

Abstract: Sun-induced chlorophyll fluorescence (SIF) and vegetation reflectance (Ref) will be Level 2 operational products provided by the European Space Agency's (ESA) upcoming *Fluorescence Explorer* (FLEX) mission. In order to meet the ESA's uncertainty requirements for Level 2 products, the SpaFLEX project is implementing a comprehensive calibration and validation (Cal/Val) plan for the FLEX mission. The plan is based on performing fiducial measurements with *in-situ* instruments (airborne, UAV, and ground-based) at *test-sites* with varied vegetation formations and spatial heterogeneity gradients, estimating the uncertainty for the values aggregated to the 300 m pixel size of FLEX. The different protocols developed within the

framework of SpaFLEX are demonstrated in the field campaign carried out in the Doñana Biological Reserve (RBD) were the integrated SIF and Ref values and uncertainty at FLEX pixel size have been calculated for the scrubland plots.

Keywords: FLEX, SpaFLEX, Fluorescence, Calibration and Validation. Fiducial measurements,

1. INTRODUCCIÓN: PROYECTO SPAFLEX

La misión *FLuorescence EXplorer* (FLEX) de la Agencia Espacial Europea (ESA) tiene, tras varios aplazamientos, la ventana de lanzamiento prevista para septiembre de 2026. Será la primera misión diseñada para monitorizar la actividad fotosintética de la vegetación terrestre mediante la medición de la fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF) y la reflectancia (Ref) de la vegetación (productos de nivel 2).

La ESA gestiona los productos de nivel 1, y delega en los Estados miembros, como España, el desarrollo de estrategias de Cal/Val para los productos de nivel 2. Los requisitos de la misión se han establecido en incertidumbres inferiores al 30 % para la eficiencia fotosintética requiriendo incertidumbres inferiores al 10 % para la emisión de fluorescencia y la irradiancia solar, y del 1 % para la reflectancia.

El proyecto SpaFLEX (SpaFLEX.org), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación español, y herencia de anteriores proyectos (AVANFLEX, FLEXL3L4) establece un marco integral de Cal/Val para FLEX en España. El proyecto define protocolos de muestreo estandarizados en tres ecosistemas españoles diferentes: agrícola, forestal y dehesa mediterránea. El objetivo es proporcionar datos precisos sobre el terreno caracterizando la heterogeneidad espacial mediante un protocolo multiescala dentro del píxel de FLEX de 300 metros. En este trabajo se presentan las bases del proyecto y la estrategia de Cal/Val implementada, mostrando la campaña desarrollada en el *test-site* de la Reserva Biológica de Doñana-ICTS en julio de 2025.

2. ESTRATEGIA CALVAL

La estrategia Cal/Val se basa en las recomendaciones del Comité de Satélites de Observación de la Tierra (CEOS) y sigue una estrategia ascendente en la que las mediciones SIF de la copa del dosel se amplían a la escala espacial de FLEX. Para ello SpaFLEX establece una serie de pilares y desarrolla protocolos de medición.

2.1. Pilares de SpaFLEX

El proyecto SpaFLEX se asienta en un grupo multidisciplinar de investigación y tecnología, formado por universidades e institutos que disponen de instrumentación de medidas *in situ* a multiescala, instalaciones y laboratorios, y acceso a *test-sites* de Cal/Val (Cendrero-Mateo *et al.*, 2025).

El consorcio (ver filiaciones) agrupa varias fortalezas: LEO-UV ha sido el motor relevante de la misión FLEX en lo que respecta al diseño de instrumentos, el procesamiento de datos y el desarrollo de los productos finales de nivel 2, el LAST-EBD del CSIC aporta su experiencia en la validación de productos de observación de la Tierra basados en la instrumentación y las mediciones *in situ* desplegadas por la

Infraestructura de Investigación ICTS-Doñana. Además, el ITAP y el CITA tienen el acceso a *test-sites* de Cal/Val. Por último, el INTA es la organización pública española especializada en investigación y desarrollo tecnológico aeroespacial que ha ejercido de coordinador.

SpaFLEX dispone de instrumentación para la medición de SIF y Ref a todas las escalas espaciales *in situ* (avión, dron, terreno). Integra mediciones a nivel foliar (FluoWat) con monitoreo continuo a nivel del dosel: FloX (Fluorescence boX JB-Hyperspectral Devices, Düsseldorf, Germany), Piccolo-FluoCat (Moncholi-Estornell *et al.*, 2023) y ASD FieldSpec (Malvern Panalytical Ltd). Estos datos terrestres se escalan utilizando imágenes hiperespectrales Cubert S185 (Cubert GMBH) obtenidas con dron y sensores desde avión CASI 1500i (ITRES Research Limited) y Headwall CFL (Headwall Photonics, Fitchburg, MA, USA) para proporcionar un valor integrado del píxel de FLEX. Además, esta instrumentación se caracteriza y ensaya en instalaciones como la cámara de crecimiento de la UV y el laboratorio de calibración del INTA.

La red de *test-sites* Cal/Val cubre un gradiente de heterogeneidad espacial que va desde la más baja en la zona agrícola de la Finca Santa Marta (La Roda, Albacete), sustituyendo a la finca más utilizada de Las Tiesas (Barrax, Albacete). Una heterogeneidad media la encontramos en la zona forestal de Sarrión (Teruel). La mayor la encontramos en los bosques y matorrales de la ICTS-Doñana. Cada sitio Cal/Val está bien caracterizado (mapas de suelos, condiciones meteorológicas, especies vegetales y cobertura, etc.) y salvo el *test-site* agrícola, el resto tienen instaladas torres de flujos.

2.2. Protocolos de Mediciones

Los protocolos de medición desarrollados, tienen como objetivo principal la obtención de medidas fiduciales de SIF y Ref para la validación de FLEX.

Se han diseñado intercomparaciones periódicas radiométricas y espectrales de los espectrorradiómetros, siguiendo prácticas metrológicas para garantizar la trazabilidad de las mediciones. Se realizan ensayos *indoor* en condiciones controladas frente a esfera integradora, y *outdoor* en iluminación natural frente a simulaciones LibRadtran (www.libradtran.org).

Previo a la realización de medidas, se realiza la caracterización espacial de las parcelas. Mediante el uso de imágenes Sentinel-2 (S2) se estratifica y asigna un número de *Elementary Sampling Unit* (ESU) por estrato. Utilizando vuelos de dron con la cámara hiperespectral Cubert o imágenes desde avión se estima el número de puntos para caracterizar cada parcela de medidas que alcancen los requisitos de incertidumbre de FLEX (Gómez-Giraldez *et al.*, 2026)

Las mediciones de SIF y Ref se planifican siguiendo las ESUs y el número de puntos determinados, consisten en:

i) mediciones puntuales y continuadas situando FloX fijas en torres o trípodes, normalmente en localizaciones cercanas a torres de flujos, ii) mediciones movibles con FloX_toGO o FluoCat-Piccolo, y iii) mediciones de hoja con Fluowat.

La propagación de la incertidumbre de SIF y Ref para el área de 300 x 300 m que representa un píxel FLEX, se realiza utilizando la Ley de Propagación de Incertidumbres y los métodos de Monte Carlo en pasos sucesivos. En primer lugar, los componentes de incertidumbre sistemáticos y aleatorios de la radiancia (L) e irradiancia (E) se propagan utilizando la herramienta CoMet-Punpy (www.comet-punpy.org). A continuación, las simulaciones de Monte Carlo del algoritmo SpecFit propagan las obtenciones de SIF y Ref. Por último, el valor de SIF y Ref integrado al píxel de FLEX se propaga utilizando simulaciones de Monte Carlo de la función de transferencia de agregación aplicada.

3. CAMPAÑAS Y ADQUISICIÓN DE DATOS

En estos tres años de proyecto se han realizado ensayos de laboratorio, caracterización de la instrumentación y campañas de campo, tanto intensivas (*short*) como de larga duración (*seasonal*).

En los comienzos de los años 2024 y 2025 se han realizado caracterizaciones de FloX, Piccolo y ASD en laboratorio, que han recomendado recalibrar los equipos FloX. En cada campaña de campo, el primer día se dedica a una intercomparación de espectrorradiómetros con mediciones sobre paneles de referencia, que detectan posibles correcciones radiométricas y espectrales a aplicar previo a las mediciones.

Se realizaron experimentos controlados en la cámara de crecimiento de LEO-UV para caracterizar la respuesta no lineal de la SIF ante el estrés hídrico, térmico y los ciclos lumínicos. Mediante un enfoque integrado (PAM, espectroscopía y termografía), se evaluó la partición de energía y la activación de mecanismos fotoprotectores. Los resultados confirman que el estrés hídrico y las olas de calor rompen la linealidad entre la SIF y eficiencia fotosintética.

La primera campaña *short* fue Sarrión I, que se realizó del 27 al 31 de mayo de 2024. Las parcelas de Sarrión y Manzanera fueron caracterizadas con S2 y vuelo Cubert. Se midieron hojas con Fluowat, y reflectancia ASD de superficies. La campaña Sarrión II se planificó para julio de 2024 y poder realizar los vuelos dron con Piccolo, pero desafortunadamente no funcionó el dron. Para esa campaña de Sarrión I no estaba operativo el sistema aeroportado del INTA. En julio de 2025 se desarrolló la campaña Doñana 2025 (se describe en el siguiente apartado). La última campaña ha consistido en un vuelo con los sensores hiperespectrales aeroportados CFL y CASI 1500 sobre los tres *test-sites* (Sarrión, Santa Marta y Doñana), contratando a la empresa Heligrafics. Simultáneamente a los vuelos se realizaron campañas de campo en los tres sitios Cal/Val.

Sarrión y Doñana-ICTS cuentan con instalaciones de torres de flujos propiedad del CITA y EBD, respectivamente. En ellos, se han realizado dos campañas *seasonal* instalando FloX fijas en torres o

trípodes en las parcelas de Manzanera y Sarrión en 2024 y en Doñana en 2025. Todas en periodos en torno a 6 meses. Estas mediciones se comparan con las torres de flujos para evaluar la relación de SIF con la productividad primaria global (GPP) de las parcelas.

4. PROCESO, ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE DOÑANA 2025

La campaña SpaFLEX-Doñana 2025 se realizó del 6 al 12 de julio de 2025 en el *test-site* de La Reserva Biológica de Doñana (RBD). La RBD refleja la representatividad de los ecosistemas del Parque Nacional de Doñana (marismas interiores, dunas móviles y dunas estabilizadas). Se tienen instaladas 4 torres de flujo (ver figura 1), SpaFLEX situó parcelas de 1 km x 1 km de medida para la validación FLEX en torno a esas localizaciones.

La campaña de mediciones se ha centrado en las parcelas de Monte Negro (MN) y Monte Blanco (MB). Ambas parcelas son comunidades de matorral situadas en el ecosistema de las arenas estabilizadas. Este ecosistema presenta una topografía ondulada debido a la antigua morfología dunar que ha sido colonizada por la vegetación en respuesta a los cambios en el suministro de agua subterránea. La comunidad de MB se encuentra en las crestas de dunas antiguas donde el nivel freático supera en verano los 3 m, es más xerofítica y está dominada por *Juniperus phoenicea*, *Halimium commutatum*, *Halimium halimifolium*, *Rosmarinus officinalis*, *Stauracanthus genistoides* y *Cistus libanotis*. Por otro lado, el MN se encuentra en depresiones, donde el nivel freático en verano rara vez se encuentra a más de 1 m, es una comunidad higrofitica dominada por *Erica scoparia*, *Erica ciliaris*, *Calluna vulgaris*, *Ulex minor*, *Myrtus communis* y *Cistus salvifolius*.



Figura 1. Localización de las torres de flujos y las parcelas de 1km x 1km en el *test-site* de la Reserva Biológica de Doñana.

Seguendo los protocolos SpaFLEX (apartado 3), se implementó una estrategia de muestreo para ambas parcelas. La caracterización espacial determinó 2 estratos y 2 ESUs tanto en MB como MN. Se dedicaron dos días de muestreo para cada parcela, instalando/desinstalando el mismo *set-up* multiescala y multisensor, ver Figura 2: trípode con la FloX propiedad de la EBD (nº 060) para la monitorización continua de la SIF, el Fluocat-Piccolo con una longitud de transecto de 70 m y entre 2-3 m de altura mediante dos camiones-grúas, la FloX propiedad de la UV (nº 030) muestreo en modo FloX_toGO los puntos dentro las 4 ESUs mediante un carrito movible o con mochila, también las ESUs se

recogieron hojas de las distintas especies y se midieron en mesa de medidas de hoja con Fluowat + ASD FieldSpec3. En paralelo, se midió con ASD Fieldspec3 la reflectancia espectral de las especies de matorral y de las superficies (arena de duna, lonas de Cal/Val) y se realizaron vuelos UAV con la Cubert.

En cada punto de medida de FloX_toGO se realizaban tres repeticiones. Se han procesado estos datos utilizando la herramienta de SpaFLEX (Peón *et al.*, 2025) que obtiene la SIF y reflectancia real integrada para el píxel de FLEX y estima la incertidumbre siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3. Se han procesado las medidas de L y E de la FloX y se ha estimado la SIF, Ref y sus incertidumbres aleatorias, sistemáticas y totales.



Figura 2. Despliegue de instrumentación y mediciones en la parcela de Monte Blanco de la RBD.

En la Figura 3 se muestran las medias y las incertidumbres de SIF correspondientes a cada ESU de la parcela de MN. Se puede observar una mayor incertidumbre en las ESUs 2 y 3. Se observa también una mayor SIF en la ESU1. También en la figura 3 se muestra el valor de SIF, y su incertidumbre integrada para el píxel de FLEX en MN. Para ello se ha realizado la media de los valores de las ESUs, reduciendo la incertidumbre a un 8% en la región O₂B (@687nm) que la deja fuera de requisitos, y un 2 % en la O₂A (@760nm) que si está dentro de requisitos ESA.

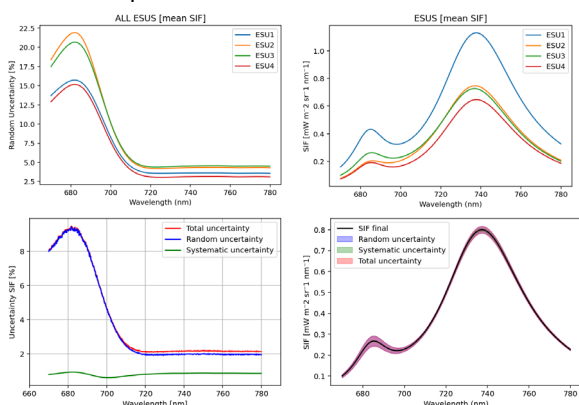


Figura 3. Valores de SIF y su incertidumbre de las ESUs de la parcela de Monte Negro. Gráficas inferiores son el valor de SIF y la incertidumbre integrada para el píxel de FLEX

5. CONCLUSIONES

El proyecto SpaFLEX establece el marco estratégico español de Cal/Val para la misión FLEX, mediante

protocolos estandarizados de medidas fiduciales y una aproximación multiescala.

Tras tres años de ejecución, se han consolidado metodologías de caracterización instrumental en laboratorio y campañas de campo (*short* y *seasonal*) en ecosistemas clave. Los ensayos en cámara de crecimiento han servido para explicar la respuesta no lineal de la SIF ante situaciones de estrés.

En la campaña de Doñana 2025, la aplicación del protocolo en comunidades de matorral (Monte Blanco y Negro) permitió escalar la SIF al píxel de 300 m. Aunque la incertidumbre en la banda O₂B (8%) superó ligeramente los requisitos, los resultados en O₂A (2%) confirman la robustez de la estrategia para la validación de productos de nivel 2.

6. AGRADECIMIENTOS

El Proyecto de investigación SpaFLEX está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades: Proyectos de Generación de Conocimiento (PID2022-137022OB-C31, C-32 y C-33), Proyectos de Colaboración Internacional (PCI2023-145955-2, PCI2023-1 46023-2 y PCI2023-145988-2).

El autor Ricardo Díaz-Delgado se encontraba afiliado a Estación Biológica de Doñana durante la realización de este trabajo. Actualmente está adscrito a Agencia Espacial Española. Su dirección de contacto actual es: ricardo.diaz@aee.gob.es

7. REFERENCIAS

- Cendrero-Mateo, M.P., Jiménez, M., Díaz-Delgado, R., Peón, J., *et al.* SpaFLEX: A Comprehensive Approach to Calibrating and Validating FLEX Level-2 Products. European Space Agency Living Planet Symposium. DOI: 10.13140/RG.2.2.33764.23684. 23-27 June 2025, Vienna, Austria.
- Moncholi-Estornell, A., S. Van Wittenberghe, M. Pilar Cendrero-Mateo, L. Alonso, M. Jiménez, P. Urrego, A. Mac Arthur, Moreno, J. (2023). FluoCat: A cable-suspended multi-sensor system for the vegetation SIF Cal/Val monitoring and estimation of effective sunlit surface fluorescence. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 116, 103147.
- Peón, J., Jiménez, M., Cendrero-Mateo, M.P., Moncholi-Estornell, A., Gorroño, J., Van Wittenberghe S., Moreno, J. (2024). Uncertainty Assessment in Sun-Induced Chlorophyll Fluorescence Retrieval for FLEX Calibration and Validation Campaigns. EARSel Valencia 2024.
- Gómez-Giráldez, P.J., Aragonés, D., Jiménez, M., Cendrero-Mateo, M.P., Muela, J.A., Moncholi-Estornell, A., Moreno, J., Cobos, J. (2026). Estrategia de muestreo espacial multiescala para el diseño de campañas de validación dentro del proyecto SpaFLEX. XXI Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Cáceres, España.