

INFORME DE ACTIVIDADES ICOS-ESPAÑA 2023–2024



Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)



ICOS



Citar como:

Torres, C. J., Álvarez-Hernández, A., González-Dávila, M., Carrara, A., Rivas-Soriano, P. P., Adame, J. A., Delory, E., Calle, A., García, O. E., Villalba-Méndez, G., Barreto, A., Arrieta, J. M., Cabello, I., Cianca, A., Curbelo-Hernández, D., Curcoll, R., González, A. G., González, R., González-Santana, D., León-Luis, S. F., Martín, M. P., Monteiro, V., Santana-Casiano, J. M., Sepúlveda, E., Taquet, N., Vélez-Belchí, P. y Yela, M.: Informe de Actividades ICOS-España 2023–2024. (Eds. Torres, C. J. y Álvarez-Hernández, A.), Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, España, NIPO: 666-26-004-7, <https://doi.org/10.31978/666-26-004-7>, 2026.

Para más información, contactar con:

Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI)
Calle La Marina, 20
Santa Cruz de Tenerife
Tenerife, 38001, España
Tel: +34 922 151 718
Fax: +34 922 574 475
E-mail: ciai@aemet.es
<https://izana.aemet.es>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
Calle Leonardo Prieto Castro, 8
Ciudad Universitaria
28071, Madrid, España
www.aemet.es

NIPO: 666-26-004-7
<https://doi.org/10.31978/666-26-004-7>

INFORME DE ACTIVIDADES ICOS-ESPAÑA 2023–2024

Elaborado por:

C. J. Torres¹, A. Álvarez-Hernández², M. González-Dávila³, A. Carrara⁴, P. P. Rivas-Soriano¹, J. A. Adame⁵, E. Delory⁶, A. Calle⁷, O. E. García¹, G. Villalba-Méndez⁸, A. Barreto¹, J. M. Arrieta⁹, I. Cabello², A. Cianca⁶, D. Curbelo-Hernández³, R. Curcoll⁸, A. G. González³, R. González⁷, D. González-Santana³, S. F. León-Luis^{2,*}, M. P. Martín¹⁰, V. Monteiro⁸, J. M. Santana-Casiano³, E. Sepúlveda², N. Taquet², P. Vélez-Belchí⁹ y M. Yela¹¹

Editores:

Carlos J. Torres¹ y Ayoze Álvarez-Hernández²

¹Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI), Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Santa Cruz de Tenerife, España.

²TRAGSATEC, Madrid, España.

³Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Las Palmas de Gran Canaria, España.

⁴Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), Valencia, España.

⁵Estación de Sondeos Atmosféricos – El Arenosillo. Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Mazagón-Huelva, España.

⁶Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), Telde, España.

⁷Grupo de Óptica Atmosférica (GOA), Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

⁸Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental, Universidad Autónoma de Barcelona (ICTA-UAB), Barcelona, España.

⁹Centro Oceanográfico de Canarias, Instituto Español de Oceanografía - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IEO-CSIC), Santa Cruz de Tenerife, España.

¹⁰Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (SpecLab-CSIC). Madrid, España.

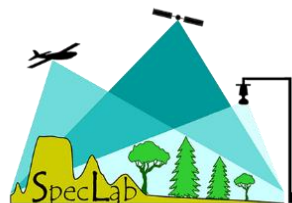
¹¹Área de Instrumentación e Investigación Atmosférica, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Torrejón de Ardoz-Madrid, España.

*Actualmente en Departamento de Física, Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España.



Universidad de Valladolid

UNIVERSIDAD DE GRANADA



CSIC

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	I
1 ICOS-ERIC	1
2 La red ICOS-España.....	5
3 Estado y actividades de las estaciones de ICOS-España durante el periodo 2023–2024.....	8
3.1 Estación Oceánica CanOA-VOS.....	8
3.2 Estación Atmosférica del CIBA.....	12
3.3 Estación Atmosférica de El Arenosillo	15
3.4 Estación Oceánica ESTOC.....	18
3.5 Estación Atmosférica de Izaña.....	21
3.6 Estación de Ecosistema Majadas de Tiétar	25
4 Disponibilidad y visibilidad de los datos de ICOS-España.....	28
4.1 ICOS Carbon Portal.....	28
4.2 European Obspack.....	29
5 Proyectos de investigación asociados.....	30
5.1 ICOS Cities – Barcelona	30
5.2 Proyecto KADI.....	33
5.3 Proyecto GEORGE.....	34
5.4 COCCON-España	35
6 Difusión, formación y comunicación científica (2023–2024).....	37
6.1 Portal web y redes sociales.....	37
6.2 Publicaciones y contribuciones a congresos.....	37
6.2.1 Artículos científicos en revistas con revisión por pares	37
6.2.2 Contribuciones a congresos (comunicaciones orales y pósteres).....	38
6.2.3 Publicaciones técnicas sin revisión por pares.....	41
6.3 Actividades de formación y divulgación.....	42
7 Miembros de la red ICOS-España.....	43
7.1 Delegados en la Asamblea General de ICOS-ERIC.....	43
7.2 Estación Oceánica CanOA-VOS.....	43
7.3 Estación Atmosférica del CIBA.....	43
7.4 Estación Atmosférica de El Arenosillo	43
7.5 Estación Oceánica ESTOC.....	44
7.6 Estación Atmosférica de Izaña.....	44
7.7 Estación de Ecosistema Majadas de Tiétar	44
7.8 ICOS Cities Project	44
7.9 ICOS KADI.....	44
7.10 COCCON-España	44

8	Referencias	46
9	Lista de Acrónimos	48

Esta edición del Informe de Actividades de ICOS-España está dedicada a la memoria del Dr. Emilio Cuevas Agulló, quien fuera director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, como homenaje a su trayectoria y a su contribución decisiva al impulso, desarrollo y consolidación de ICOS-España.



Resumen Ejecutivo

El presente informe resume el estado y la evolución de la contribución española al Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación del Sistema Integrado de Observación del Carbono (ICOS-ERIC) durante el periodo 2023–2024. ICOS-ERIC es una infraestructura paneuropea dedicada a la observación estandarizada de gases de efecto invernadero (GEI) y del ciclo del carbono. España se unió oficialmente al consorcio en 2021, tras la aprobación de su solicitud de adhesión por la Asamblea General en noviembre de 2020. La representación de España ante ICOS-ERIC recae en la Subdirección General de Consorcios, Organismos e Infraestructuras Científicas Internacionales, dependiente de la Secretaría General de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), que mantiene un convenio con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para la coordinación de ICOS-España a través del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI-AEMET).

A finales de 2024, la red nacional ICOS-España estaba compuesta por seis estaciones distribuidas en los tres dominios de observación de ICOS (atmósfera, océano y ecosistemas) y operadas por ocho grupos e instituciones españoles: el CIAI-AEMET, el Instituto de Oceanografía y Cambio Global de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (IOCAG-ULPGC), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), el Instituto Español de Oceanografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IEO-CSIC), el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), el Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (SpecLab-CSIC), y la Universidad de Valladolid (UVa). En comparación con la situación descrita en el informe 2021–2022, la red ha consolidado su presencia en los tres dominios y ha ampliado su cobertura geográfica con la incorporación de la estación atmosférica continental del Centro de Investigación de la Baja Atmósfera (CIBA) en Valladolid.

Durante el periodo 2023–2024 se produjeron avances significativos en el proceso de certificación de todas las estaciones de ICOS-España. La Estación Atmosférica de Izaña (Tenerife) completó su certificación en mayo de 2023, convirtiéndose en la primera estación de España plenamente integrada en ICOS. Posteriormente, la estación oceánica móvil CanOA-VOS y la estación de ecosistemas Majadas de Tiétar (Cáceres) obtuvieron también la etiqueta ICOS en noviembre de 2023, mientras que las estaciones de El Arenosillo (Huelva), ESTOC (Gran Canaria) y CIBA continuaron avanzando en el proceso de evaluación.

Paralelamente, la participación de ICOS-España en proyectos internacionales asociados a ICOS-ERIC se ha mantenido activa. El grupo URBAG del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona (ICTA-UAB) ha continuado su contribución al proyecto ICOS Cities, monitorizando la evolución de los GEI en el área metropolitana de Barcelona. Por su parte, el CIAI-AEMET ha seguido colaborando en el proyecto KADI (Knowledge and Climate Services from an African Observation and Data Research Infrastructure), coordinado por ICOS-ERIC y orientado al desarrollo de una futura infraestructura panafricana de observación climática. Asimismo, el grupo QUIMA del IOCAG-ULPGC ha mantenido su participación en proyectos internacionales como GEORGE (PROJ 101094716 -GEORGE) y el proyecto Interreg MAC PLANCLIMAC2 (1/MAC/2/2.4/0006). Además de estas iniciativas directamente vinculadas a ICOS-ERIC, el CIAI-AEMET ha comenzado el despliegue de la red COCCON-España, destinada a la medición de GEI en columna y con un alto grado de complementariedad y cooperación con ICOS-España.

En este periodo también se ha reforzado la visibilidad y la actividad de la red. Investigadores de ICOS-España participaron activamente en diversos eventos de ICOS-ERIC, incluida la ICOS Science Conference 2024, donde presentaron varios trabajos basados en datos de las estaciones españolas. Al

mismo tiempo, la red ha continuado sus actividades de divulgación a través de su página web (<https://icos-spain.aemet.es/>) y de sus redes sociales, y por otro lado, ha obtenido financiación específica mediante el proyecto “Consolidación y crecimiento de la red de observación de gases de efecto invernadero ICOS-España”, concedido en la convocatoria Redes de Investigación 2024 de la Agencia Estatal de Investigación. Esta financiación permitirá reforzar las actividades de coordinación, consolidación y expansión de la red durante 2025–2026.

Además de los aspectos resumidos en este apartado, el informe ofrece información histórica y operativa sobre cada estación, así como una guía práctica para acceder a los datos oficiales generados por las estaciones certificadas, junto con los listados de publicaciones, actividades y personal de la red.

1 ICOS-ERIC

El Sistema Integrado de Observación del Carbono (Integrated Carbon Observation System, [ICOS](#)) es un Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación ([ERIC](#)) dedicado al estudio de los gases de efecto invernadero (GEI). Financiado por la Unión Europea y los países socios, ICOS-ERIC se estableció en 2015 con el objetivo de mejorar el conocimiento sobre el sistema Tierra-atmósfera y su respuesta frente al cambio climático. De este modo, contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas y a los retos estratégicos de la Unión Europea relacionados con el calentamiento global. Para ello, ICOS-ERIC proporciona datos públicos y estandarizados sobre los GEI y el ciclo del carbono. Estas mediciones se realizan siguiendo protocolos estandarizados en cerca de 180 estaciones distribuidas por Europa y los océanos adyacentes. Dichas estaciones se organizan en nodos nacionales, que actualmente conforman 16 redes: Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza. En conjunto, ofrecen una amplia cobertura espacial en Europa, complementada por la extensión hacia otros continentes a través de varias líneas marítimas y algunas estaciones fijas en esos territorios (**Figura 1**).

ICOS-ERIC se organiza en tres dominios de observación: atmósfera, ecosistemas y océanos. Para las estaciones de cada dominio se han definido un conjunto de variables obligatorias y deseables que deben monitorizar las estaciones de la red. Entre estas variables se incluyen, por ejemplo, las concentraciones de CO₂, CH₄ y otros gases atmosféricos; los flujos de CO₂ y otros intercambios de energía y carbono en ecosistemas; y los parámetros del sistema carbonato y propiedades físico-químicas en el océano.

Las estaciones se clasifican en dos categorías:

- Clase 1, que monitorizan tanto las variables obligatorias como las deseables.
- Clase 2, que únicamente garantizan el cumplimiento de todas las variables obligatorias.

Además, la red de ecosistemas se complementa con un conjunto de estaciones asociadas, que operan bajo requisitos menos estrictos en cuanto al número de variables medidas y la frecuencia de muestreo.

En la **Figura 2** se muestra la estructura organizativa de ICOS-ERIC. Cada uno de los tres dominios (atmósfera, ecosistemas y océanos) está coordinado por un Centro Temático, que garantiza la calidad de los datos y proporciona apoyo técnico y científico a las estaciones asociadas. Estos centros supervisan el cumplimiento de los protocolos de medida, la correcta aplicación de los procedimientos de control de calidad, y la integración de los datos validados en la base de datos de acceso abierto de ICOS, el Carbon Portal (ver **Sección 4.1**). Los Centros Temáticos trabajan en estrecha coordinación con las Asambleas de Estaciones de Monitorización (MSA) y con los Laboratorios Analíticos Centrales ([CAL](#)), coordinando las observaciones y homogeneizando los procedimientos dentro de cada dominio.

El Centro Temático de Atmósfera ([ATC](#)) está compuesto por un centro de datos y un laboratorio de metrología, complementados por un laboratorio móvil para el control de calidad in situ de las estaciones. Está coordinado y gestionado por el Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement ([LSCE](#)) de Francia, con el apoyo del Finnish Meteorological Institute ([FMI](#)).

El Centro Temático de Ecosistemas ([ETC](#)) está coordinado y gestionado por el Euro-Mediterranean Centre on Climate Change ([CMCC](#)), en colaboración con la University of Tuscia ([UNITUS](#)) en Viterbo (Italia), el grupo de investigación Plants and Ecosystems ([PLECO](#)) de la University of Antwerp de Bélgica y el National Research Institute for Agriculture, Food and Environment ([INRAE](#)) de Francia.

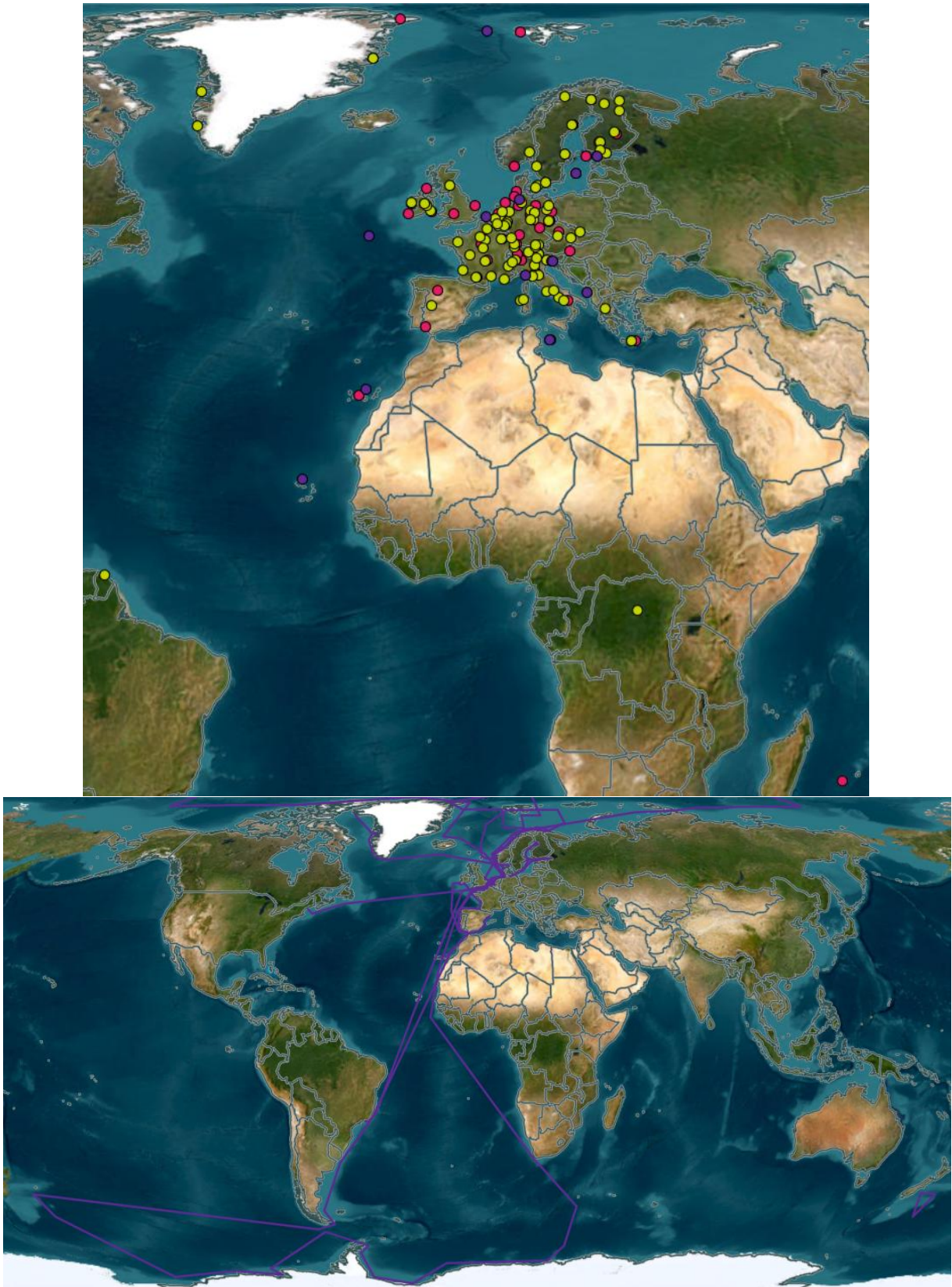


Figura 1. Mapa de las estaciones de ICOS-ERIC: atmosféricas (magenta), de ecosistemas (verde) y oceánicas —boyas y líneas marítimas— (violeta). Fuente: ICOS-ERIC, www.icos-cp.eu.

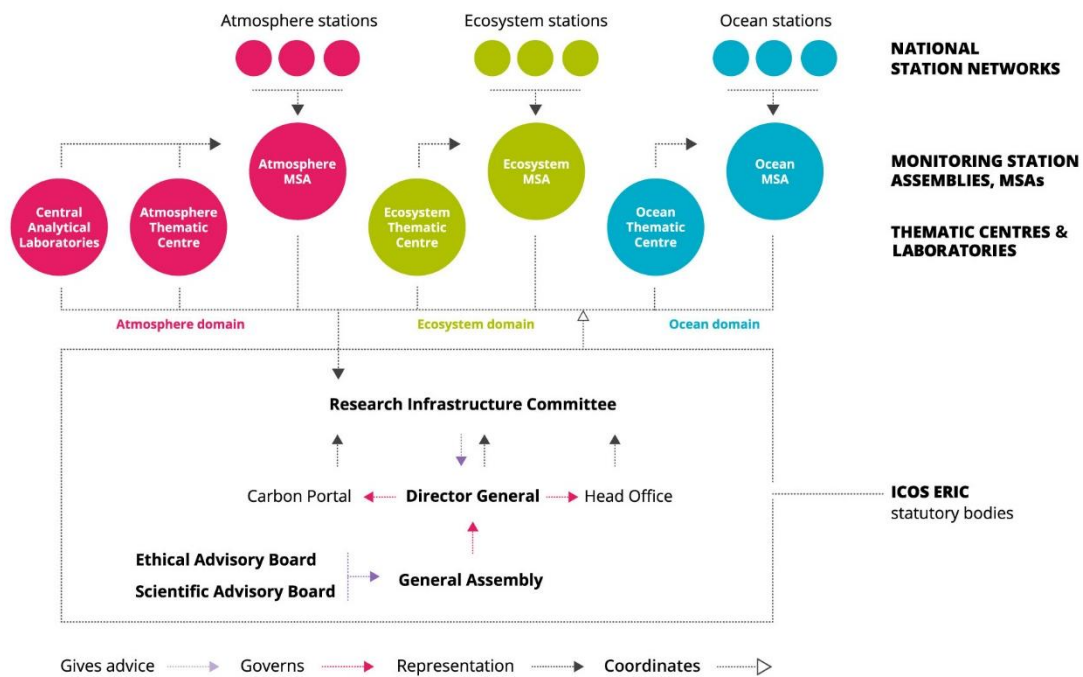


Figura 2. Estructura organizativa y de investigación de ICOS-ERIC. Fuente: ICOS-ERIC, www.icos-cp.eu.

El Centro Temático Oceánico (OTC) está coordinado y operado por el Norwegian Research Centre (NORCE) y la University of Bergen (UiB) en Noruega, junto con la University of Exeter (UOE) y el National Oceanography Centre (NOC) en el Reino Unido.

El CAL, ubicado en Alemania, consta de dos laboratorios: el Flask and Calibration Laboratory (FCL), dependiente del Max Planck Institute for Biogeochemistry (MPI-BGC), y el Central Radiocarbon Laboratory (CRL), dependiente del Institute of Environmental Physics of the Heidelberg University (UHEI). El FCL analiza las concentraciones de GEI y diversos trazadores atmosféricos en muestras de aire en flasks enviadas por varias estaciones atmosféricas ICOS. Estos análisis incluyen la composición isotópica estable del CO₂ ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$), el ratio O₂/N₂ y otros parámetros que aportan información sobre el origen de las masas de aire. Asimismo, produce y calibra los tanques de referencia usados por todas las estaciones ICOS. Estos tanques garantizan la compatibilidad interna de la red y permiten la comparabilidad externa con las escalas internacionales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y con otras redes de observación, como el programa de Vigilancia Atmosférica Global (GAW). El CRL, por su parte, cuantifica el contenido de radiocarbono (¹⁴C) del CO₂ en muestras recogidas en estaciones atmosféricas ICOS de Clase 1 y desarrolla métodos para derivar la contribución de los combustibles fósiles al CO₂ atmosférico (ffCO₂).

Para la incorporación de una nueva estación a la red ICOS, el punto focal nacional presenta la estación candidata ante la sede central de ICOS-ERIC. Tras su aceptación, se inicia el proceso de certificación (*labelling*), que es coordinado por el Centro Temático correspondiente al dominio (atmósfera, ecosistemas u océanos) y es desarrollado en tres etapas:

1. Evaluación del emplazamiento, verificando que la estación se encuentra en una localización científica representativa y adecuada para la medición de los procesos de interés.
2. Verificación técnica, que incluye la inspección de la configuración instrumental, los sistemas de adquisición y transmisión de datos y los procedimientos de control de calidad.
3. Aprobación final por la Asamblea General de ICOS-ERIC, basada en el informe del Centro Temático y la recomendación del Director General.

Una vez superadas estas etapas, la estación obtiene la etiqueta ICOS, y pasa a formar parte oficialmente de la infraestructura.

La sede central de ICOS-ERIC, ubicada en Helsinki (Finlandia), coordina los aspectos técnicos, organizativos y administrativos de la infraestructura. Además, organiza dos reuniones anuales de la Asamblea General, en las que se alcanzan acuerdos con los puntos focales y delegados nacionales sobre cuestiones clave de la red, como la financiación, la incorporación de nuevos países o estaciones y otras decisiones estratégicas.

A nivel global, ICOS-ERIC participa activamente en iniciativas internacionales como el Sistema Mundial Integrado de Información sobre los Gases de Efecto Invernadero ([IG3IS](#)) de la OMM. Desde 2019, ICOS-ERIC es también entidad observadora en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ([UNFCCC](#)) y, en este contexto, contribuye al trabajo de la Convención y de su Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Técnico ([OSACT](#)), pudiendo organizar sus propios eventos paralelos en las Conferencias de las Partes ([COP](#)) anuales. Además, actúa como organización observadora del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático ([IPCC](#)), lo que le permite fomentar la participación activa de su comunidad científica en la redacción de los informes de evaluación del IPCC. Finalmente, ICOS-ERIC también contribuye al desarrollo del sistema europeo de Copernicus para la monitorización y apoyo a la verificación de las emisiones antropogénicas de CO₂ (CO₂MVS), proporcionando observaciones esenciales para la validación de productos satelitales y modelos atmosféricos.

Con el objetivo de difundir las medidas y registros de su red de estaciones, ICOS-ERIC mantiene sinergias con otras redes de observación. Por ejemplo, los datos de flujo de carbono de un gran número de estaciones de ecosistemas están integrados en [FLUXNET](#) y las estaciones oceánicas participan en iniciativas como Surface Ocean CO₂ Atlas ([SOCAT](#)) y Global Ocean Data Analysis Project ([GLODAP](#)). Varias estaciones atmosféricas de ICOS también participan o colaboran con el programa de GAW de la OMM, ya sea mediante su integración en la red o a través del intercambio de datos y procedimientos comunes.

Asimismo, ICOS-ERIC impulsa activamente el desarrollo de actividades y proyectos de investigación relacionados con los GEI y el ciclo del carbono. Entre los ejemplos más relevantes figura el [ICOS Cities Project](#), destinado a probar y evaluar enfoques innovadores de medición de las emisiones de GEI en áreas urbanas densamente pobladas, en apoyo del Pacto Verde Europeo y de los planes locales de acción climática, el [proyecto GEORGE](#), centrado en el desarrollo de mejoras tecnológicas para optimizar toda la cadena de datos del sistema de carbonato oceánico, o el [proyecto KADI](#), dedicado al desarrollo de sistemas de observación climática en el continente africano.

2 La red ICOS-España

España se unió oficialmente a ICOS-ERIC en 2021, tras la aprobación de su solicitud de adhesión por la Asamblea General el 17 de noviembre de 2020. La representación de España ante ICOS-ERIC recae en la Subdirección General de Consorcios, Organismos e Infraestructuras Científicas Internacionales, dependiente de la Secretaría General de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades ([MICIU](#)), que mantiene un convenio con la Agencia Estatal de Meteorología ([AEMET](#)) para la coordinación técnica de ICOS-España y la gestión de las obligaciones derivadas de la pertenencia al consorcio. Además, la AEMET se hace cargo de la contribución económica como país y por las estaciones que forman el nodo español. Dentro de AEMET, la coordinación nacional recae en el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña ([CIAI-AEMET](#)), que actúa como punto de contacto con ICOS-ERIC y es responsable de las tareas de gestión y enlace institucional.

A finales de 2024, la red ICOS-España estaba formada por seis estaciones distribuidas en los tres dominios de ICOS y operadas por ocho instituciones y grupos científicos españoles:

- **Dominio atmosférico:** el CIAI-AEMET, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial ([INTA](#)) y el Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid ([GOA-UVa](#)).
- **Dominio oceánico:** el grupo de Química Marina ([QUIMA](#)) del Instituto de Oceanografía y Cambio Global de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ([IOCAG-ULPGC](#)), la Plataforma Oceánica de Canarias ([PLOCAN](#)), y el Instituto Español de Oceanografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas ([IEO-CSIC](#)).
- **Dominio de ecosistemas:** el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo ([CEAM](#)) y el Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas ([SpecLab-CSIC](#)).

La **Tabla 1** recoge el listado de estaciones junto con un resumen de sus características principales y el estado actual en el proceso de certificación de ICOS. La **Figura 3** muestra la distribución geográfica de las estaciones. Las dos estaciones del dominio oceánico, ESTOC y CanOA, difieren principalmente en su modo de operación: ESTOC es una estación permanente, fondeada en un punto al norte de Gran Canaria y dedicada a mediciones *in situ* continuas de parámetros oceánicos locales, mientras que CanOA está implementada en un buque de observación voluntario (VOS) que navega regularmente entre Gran Canaria y Barcelona, registrando datos oceánicos en esa ruta.

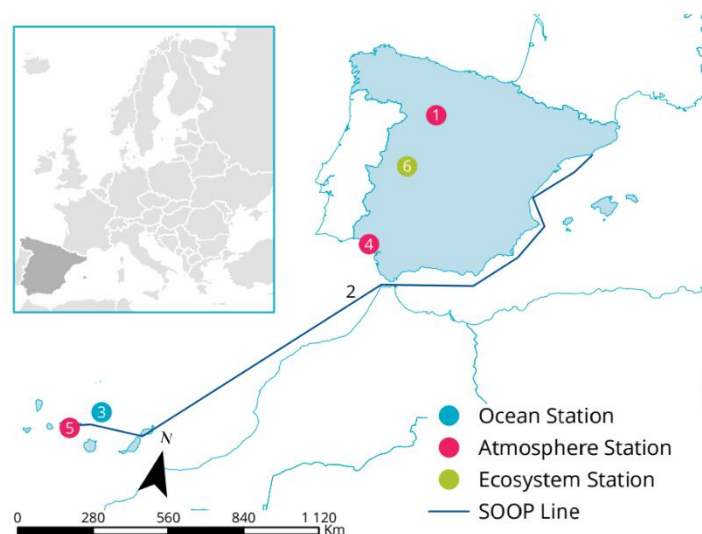


Figura 3. Red de estaciones de ICOS-España a finales de 2024. Los números del mapa corresponden a los indicados en la Tabla 1. Fuente: ICOS Handbook 2024 (ICOS-ERIC, 2024).

Tabla 1. Estaciones que integraban ICOS-España a finales de 2024 y estado de su proceso de certificación en ICOS-ERIC a fecha de publicación de este informe.

Estación (Institución)	Dominio (Clase)	Año de admisión	Estado del proceso de certificación	Número en la Figura 3
CIBA (GOA-UVa y CIAI-AEMET)	Atmósfera (Clase 2)	2024	Etapa 1 completada el 23/05/2024.	1
CanOA-VOS (QUIMA-IOCAG-ULPGC)	Océano (Clase 1)	2021	Certificación completada el 15/11/2023.	2
ESTOC (PLOCAN, IEO-CSIC y QUIMA-ULPGC)	Océano (Clase 1)	2023	Finalización prevista en 2026.	3
El Arenosillo (INTA)	Atmósfera (Clase 2)	2022	Certificación completada el 26/11/2025.	4
Izaña (CIAI-AEMET)	Atmósfera (Clase 2)	2021	Certificación completada el 23/05/2023.	5
Majadas de Tiétar (CEAM y SpecLab-CSIC)	Ecosistemas (Asociada)	2023	Certificación completada el 15/11/2023.	6

Cada estación es operada por una o varias de las instituciones participantes y cuenta con un Investigador Principal (IP) designado, responsable último de su operación científica y técnica, así como de la participación en las actividades correspondientes de su centro temático, como las MSA.

Además de la participación directa de sus estaciones, ICOS-España cuenta con grupos científicos que contribuyen a proyectos de investigación asociados a ICOS-ERIC. En concreto: el grupo [URBAG](#) del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona ([ICTA-UAB](#)) participa en el proyecto ICOS Cities mediante la monitorización de GEI en la ciudad de Barcelona; el CIAI-AEMET colabora en el desarrollo del sistema de observación panafricano KADI; y el grupo QUIMA del IOCAG-ULPGC ha mantenido su participación en proyectos internacionales como GEORGE (PROJ 101094716 -GEORGE) y el proyecto [Interreg MAC PLANCLIMAC2](#) (1/MAC/2/2.4/0006). Aparte de estas iniciativas directamente vinculadas a ICOS-ERIC, el CIAI-AEMET está desplegando la red COCCON-España, destinada a la medición de GEI en columna. Debido a su complementariedad y a la coexistencia de estaciones ICOS-España y COCCON-España en algunos emplazamientos, ambas redes mantienen una relación estrecha. Todos estos proyectos, así como la participación española en ellos, se describen con mayor detalle en la **Sección 5**.

Durante el periodo 2023–2024, además del progreso individual de cada estación y proyecto (detallado en las **Secciones 3 y 5**), se produjeron también dos hitos relevantes para el conjunto de la red. En primer lugar, varios investigadores de ICOS-España participaron en la [ICOS Science Conference 2024](#), celebrada en Versalles (Francia) del 10 al 12 de septiembre de 2024, donde presentaron varios trabajos basados en los datos de las estaciones (ver **Sección 6.2.2**). La **Figura 4** muestra una composición de imágenes tomadas durante las actividades desarrolladas por distintos científicos de ICOS-España a lo largo del congreso.

En segundo lugar, la red participó en la convocatoria competitiva [Redes de Investigación 2024](#), de la Agencia Estatal de Investigación ([AEI](#)). En ella, presentó el proyecto “Consolidación y crecimiento de la red de observación de gases de efecto invernadero ICOS-España”, que incluía actividades orientadas a consolidar, ampliar y visibilizar las acciones de la red. La propuesta obtuvo una alta valoración en la

convocatoria, lo que permitió la obtención de financiación parcial para su ejecución en el periodo 2025–2026.



Figura 4. Fotografías de la participación de científicos de ICOS-España en la *ICOS Science Conference 2024*. Panel superior: Los investigadores Pedro Pablo Rivas Soriano (CIAI-AEMET), Arnaud Carrara (CEAM) y Sergio Fabián León Luis (Tragsatec/CIAI-AEMET) junto a alguno de los pósters presentados. Panel inferior: Melchor González Dávila, punto focal de ICOS-España e IP de la estación oceánica CanOA, durante la ponencia oral que impartió. En la Sección 6.2.2 se pueden consultar todos los trabajos presentados.

3 Estado y actividades de las estaciones de ICOS-España durante el periodo 2023–2024

En esta sección se ofrece una visión general de la trayectoria, situación actual y funcionamiento de cada una de las estaciones que integran la red ICOS-España. Asimismo, se describen las actividades más relevantes realizadas durante el periodo 2023–2024.

3.1 Estación Oceánica CanOA-VOS

La estación oceánica CanOA opera a bordo de un buque de observación voluntario (VOS) que cubre la ruta Islas Canarias-Barcelona, con salidas desde Canarias cada dos miércoles. En el tramo canario, el buque escala en los puertos de Gran Canaria, Tenerife y Lanzarote, desde donde parte hacia el norte, haciendo escala en el puerto de Sagunto (Valencia) antes de finalizar su recorrido en el puerto de Barcelona. Tanto la ruta ascendente como la descendente tienen una duración aproximada de una semana, y el buque realiza su estancia más prolongada en el puerto de Barcelona.

Como resultado, además de recorrer la parte este de las Islas Canarias, la línea atraviesa en su ruta ascendente la región del Afloramiento Norte Africano, aunque a cierta distancia, registrando así la influencia de los filamentos más importantes al norte de 28° N hasta su entrada por el Estrecho de Gibraltar. Desde ahí, atravesando la influencia del mar de Alborán y sus giros, recorre el oeste del Mar Mediterráneo de sur a norte. La ruta descendente es similar hasta el Estrecho de Gibraltar; desde allí, el buque adopta una trayectoria ligeramente más alejada de la costa africana para regresar por la ruta establecida hacia la Isla de Gran Canaria. La combinación de ambas trayectorias permite caracterizar con mayor claridad las variaciones este-oeste en la región norteafricana. La **Figura 5** muestra una fotografía del buque voluntario y un esquema de la ruta.

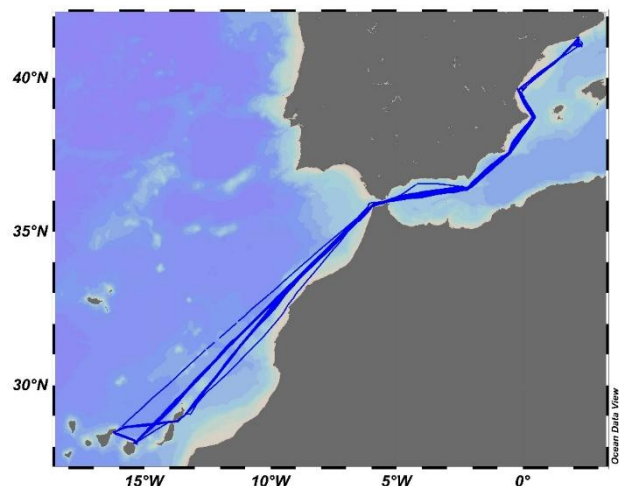


Figura 5. a) Buque *Jona Sophie* (Reederei Stefan Patjens GmbH & Co. KG), operado en España por Nisa Marítima en el Puerto de La Luz (Gran Canaria), donde está instalada la estación oceánica CanOA; y b) trayectoria (en azul) de las diferentes líneas que cubre el buque entre las Islas Canarias y Barcelona.

La estación CanOA-VOS se estableció en febrero de 2019 como resultado de un acuerdo público-privado entre el Gobierno de Canarias y la Fundación Loro Parque. El subproyecto CanOA, que forma parte del proyecto CanBIO, tiene como objetivo estudiar el efecto del cambio global en la región canaria. La línea ha estado operativa desde febrero de 2019, aunque la operación se interrumpió entre septiembre de 2021 y septiembre de 2022 debido a cambios en la sala de máquinas y a reparaciones de equipos y tomas de agua.

En 2021, CanOA-VOS se incorporó a ICOS-ERIC como contribución española junto con la estación atmosférica de Izaña. Tras completar el proceso de certificación, la Asamblea General de ICOS-ERIC

celebrada el 15 de noviembre de 2023 en Ostende (Bélgica) certificó CanOA-VOS como estación oceánica de Clase 2. Posteriormente, como consecuencia de la certificación del parámetro de medida de oxígeno disuelto y de la realización de medidas discretas de alcalinidad total y carbono inorgánico disuelto en diferentes puntos de la ruta, la estación fue certificada por la Asamblea General del 14 de mayo de 2024 como estación oceánica de Clase 1. Así, CanOA-VOS se convirtió en la primera estación de ICOS-España en alcanzar este estatus.

La estación mide de forma continua variables clave del sistema de carbono oceánico y del estado físico de las aguas superficiales, entre ellas presión parcial de CO₂ en agua de mar (pCO₂), oxígeno disuelto, temperatura y salinidad superficial. Además, realiza medidas discretas de alcalinidad total y carbono inorgánico disuelto, que permiten reforzar la calibración del sistema de medida de pCO₂ y estimar otras variables del sistema carbonato. Los datos de la estación se recogen de manera autónoma desde la sede del OTC en Bergen (Noruega), mediante conexión con un servidor del grupo QUIMA en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Posteriormente, son procesados con el programa QUINCE y publicados tanto en las bases de datos de ICOS como en SOCAT (Surface Ocean CO₂ Atlas), además de estar disponibles en el ICOS Carbon Portal (ver la Sección 4.1).

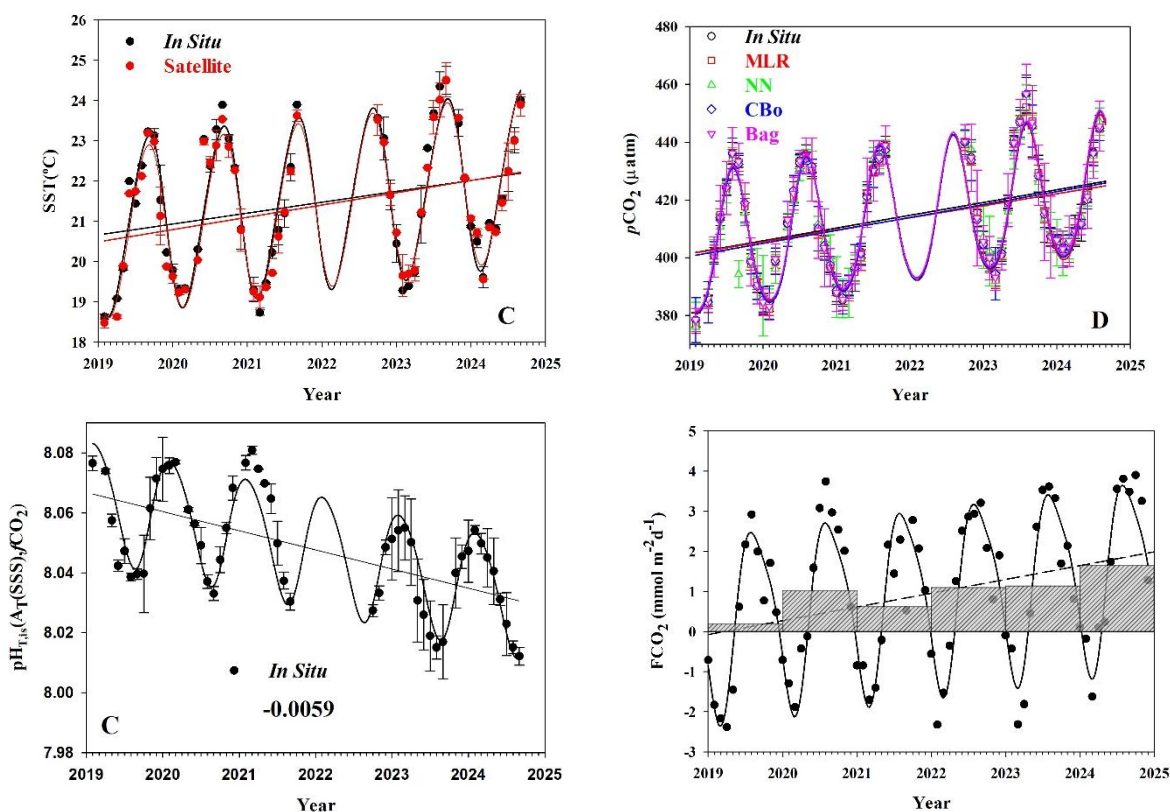


Figura 6. Medias mensuales y desviación estándar de la temperatura superficial del mar (SST), la presión parcial de CO₂ en agua de mar (pCO₂), el pH en escala total en condiciones *in situ* (pH_{T,IS}) y los flujos de CO₂ (FCO₂) para la región canaria en el periodo 2019-2024. En todos los casos se incluye un ajuste armónico que permite eliminar el ciclo estacional y evaluar las tendencias. La influencia de la ola de calor marina ocurrida en 2023 se observa claramente en los valores de SST, pCO₂ y pH_{T,IS}, afectando fuertemente a las tendencias. Los valores de FCO₂ indican un incremento de la degasificación por un incremento más rápido de la pCO₂ oceánica que de la pCO₂ atmosférica.

La serie observacional de CanOA-VOS ha permitido identificar patrones relevantes en las distintas regiones recorridas por la línea. En la región canaria, los datos muestran una evolución reciente compatible con un debilitamiento del papel de sumidero oceánico de CO₂, en un contexto de aumento de la temperatura superficial del mar, que fue especialmente marcado durante la ola de calor marina de 2023. En el Mediterráneo occidental, las observaciones indican que las aguas superficiales han actuado, en conjunto, como un sumidero neto anual de CO₂, aunque con signos de debilitamiento en los últimos años. Las **Figuras 6 y 7** resumen estos resultados mediante series agregadas y flujos regionales, ilustrando el valor de la estación para el seguimiento de tendencias recientes en el intercambio océano-atmósfera de CO₂.

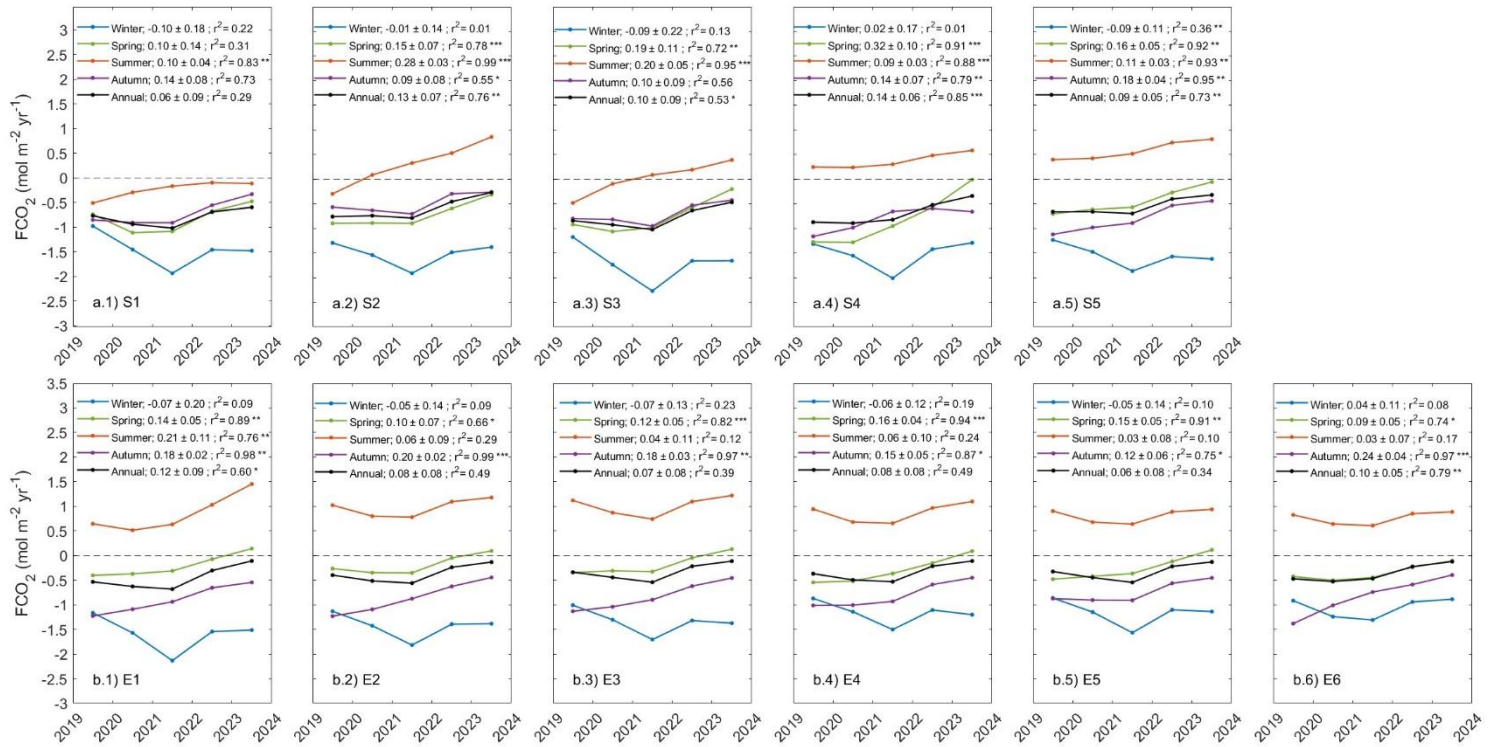


Figura 7. Flujos estacionales y anuales de CO₂ en distintas localizaciones del Mar Mediterráneo, incluyendo el área del mar de Alborán (paneles superiores) y la costa oeste del Mediterráneo (paneles inferiores). Los promedios anuales (líneas negras) muestran que el área actúa como un sumidero oceánico de CO₂, aunque las tendencias apuntan a una posible transición hacia un comportamiento de fuente en los próximos años.

Durante el periodo 2023–2024, la obtención de la certificación como estación oceánica de Clase 1 constituyó el principal hito de CanOA-VOS. Además, la estación consolidó su papel como plataforma de referencia para la observación del carbono oceánico en tránsito entre el Atlántico nororiental subtropical y el Mediterráneo occidental. Complementando esta línea de observación, existe en Canarias una red regional denominada Red de Observación de Dióxido de Carbono Oceánico en Canarias (CARBOCAN), que amplía la cobertura espacial en el entorno del archipiélago. La **Figura 8** muestra los recorridos de esta red, así como imágenes del personal y del equipamiento asociado a CanOA-VOS.



Figura 8. a) Mapa de la red de observación CARBOCAN en la región canaria, que complementa la línea de observación CanOA de ICOS; b) Personal de la estación CanOA-VOS en el interior del buque *Jona Sophie* para labores de mantenimiento; c) Localización del equipo de medida GO 8500 en la sala de máquinas, con gases de calibración y tomas de agua de mar.

3.2 Estación Atmosférica del CIBA

El 1 de enero de 2024, la sede central de ICOS-ERIC anunció la incorporación del Centro de Investigación de la Baja Atmósfera (CIBA), perteneciente al GOA-UVa, a su base de datos. Con ello, la estación pasó a ser visible en la web y en el mapa oficial de estaciones de ICOS, y se dio inicio a la fase de instalación y al proceso de certificación, de acuerdo con los protocolos del ATC. El 12 de abril de 2024, el Director General de ICOS-ERIC comunicó la aprobación de la documentación para iniciar la primera etapa del proceso de certificación como estación atmosférica de Clase 2. Para llegar a este punto, durante el año 2023 se realizaron varios estudios de idoneidad del emplazamiento por parte del personal del CIAI-AEMET y del GOA-UVa, con el fin de proponer el CIBA como estación de ICOS-España.

El CIBA se encuentra situado a una distancia radial de 28 km de la ciudad de Valladolid, en un paraje rural continental aislado de núcleos urbanos (el municipio más cercano es un municipio rural de aproximadamente 4500 habitantes). El paisaje dominante está formado por campos de cereal y vegetación escasa. Se ubica en las coordenadas 41.82° N, 4.93° W, a 850 m s.n.m., y abarca una extensión de 4 hectáreas. El centro cuenta con una edificación principal (con despachos, dotación eléctrica y conexión mediante fibra óptica), una plataforma de instrumentación y una torre de 100 metros. La **Figura 9** muestra una panorámica del emplazamiento, mientras que la **Figura 10** presenta la distribución de sus instalaciones.

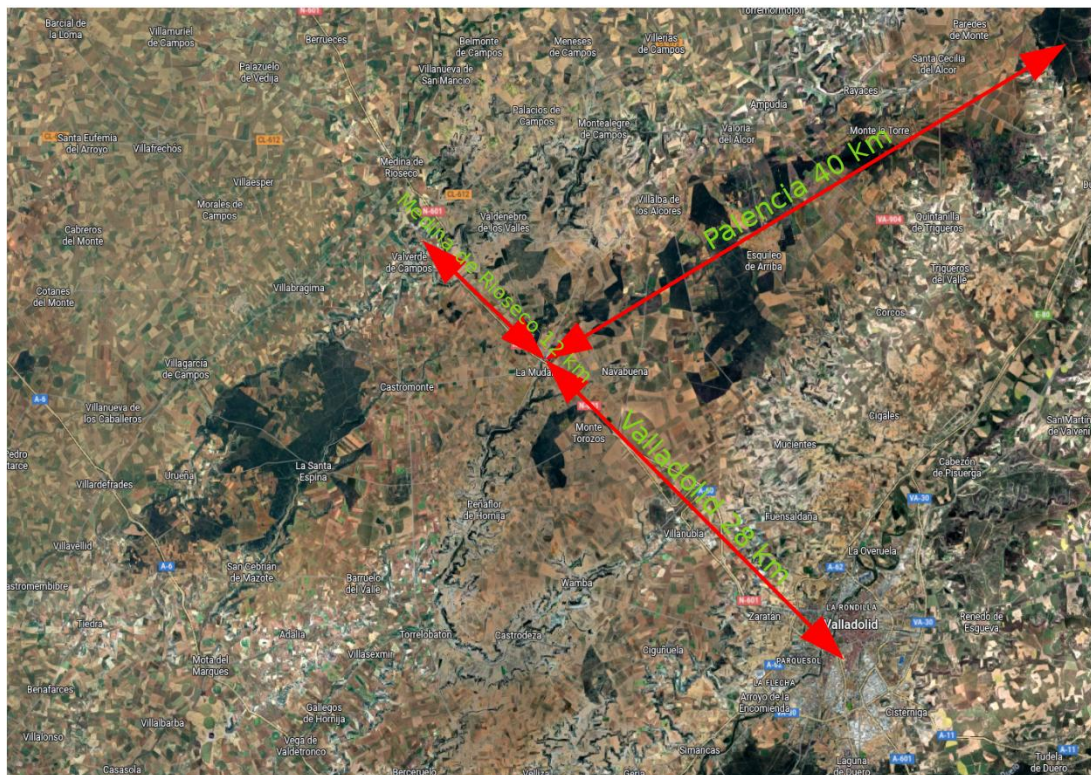


Figura 9. Localización del CIBA y municipios cercanos.

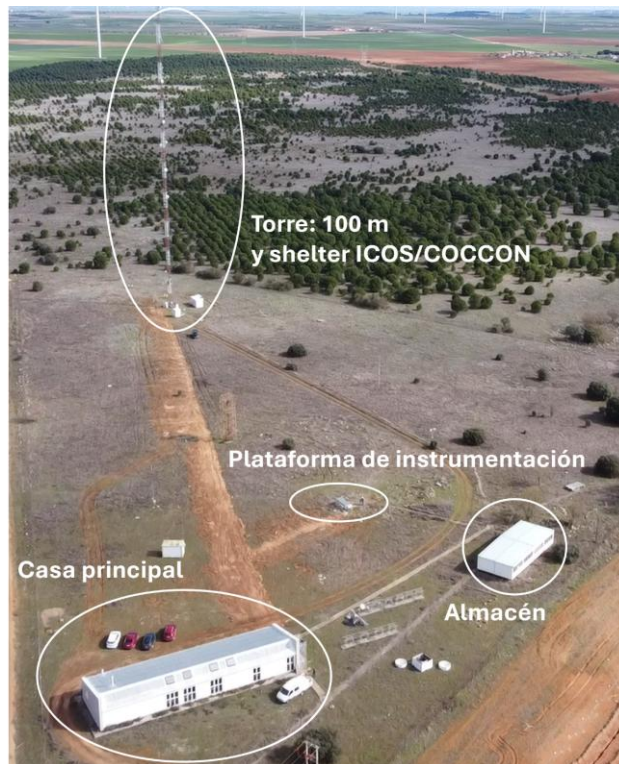


Figura 10. Distribución de las instalaciones del CIBA.

En lo que respecta al régimen de vientos, el CIBA muestra una clara predominancia de flujos alineados en las direcciones SW y NE, debido a la influencia orográfica del entorno. La **Figura 11** presenta las rosas de viento correspondientes a los tres niveles de toma de aire ambiente.

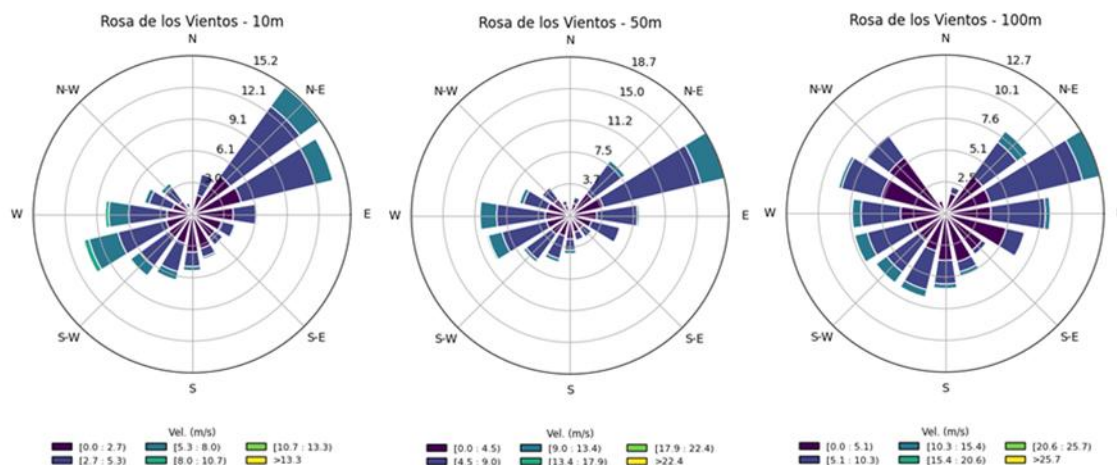


Figura 11. Rosas de viento correspondientes a los niveles de toma de aire de 10, 50 y 100 m en el CIBA, obtenidas a partir de medidas realizadas entre el 2 de julio de 2025 y el 11 de enero de 2026.

El centro fue creado a finales de los años 70 del siglo XX, mediante un convenio con el entonces Instituto Nacional de Meteorología (predecesor de la actual AEMET), con el objetivo de realizar diferentes estudios atmosféricos: estudio de nieblas, proyectos de viabilidad de modificación del tiempo, etcétera. Como resultado, tanto el personal como la infraestructura acumulan una amplia experiencia en observación atmosférica.

La idoneidad del CIBA en el contexto de ICOS-ERIC se sustenta en dos aspectos fundamentales: (i) su infraestructura y su ubicación, y (ii) el soporte científico y técnico proporcionado por equipamiento y personal experto. Hasta el año 2024, España disponía de dos estaciones atmosféricas ICOS de Clase 2: Izaña, en Tenerife, y El Arenosillo, en Huelva, ambas estaciones ubicadas en un entorno de influencia oceánica. La incorporación de una estación atmosférica en un entorno rural continental supone, por tanto, un complemento de alto valor para la red, sobre todo en lo que respecta a la medida de valores de fondo de los GEI. Además, el CIBA ya dispone de una torre de 100 m, lo que permitirá la toma de muestras en tres niveles de altura: 10, 50 y 100 metros.

El segundo elemento clave es la participación del GOA-UVa, grupo que proporcionará apoyo científico y técnico y asumirá la gestión de la instalación. Se trata de un grupo de investigación de referencia internacional en ciencia de aerosoles. Actúa como uno de los nodos de calibración de instrumentos de la red [AERONET](#) de la NASA, participa en la Central Facility de [ACTRIS](#) como CARS (Central Facility for Aerosols Remote Sensing) y cuenta con una amplia trayectoria en campañas continentales, árticas y antárticas.

A lo largo de 2024, el GOA-UVa ha instalado en el CIBA equipos complementarios a la propia estación ICOS. En colaboración con AEMET, se han incorporado un ceilómetro, un fotómetro CIMEL y una cámara de todo cielo. Asimismo, está prevista la instalación de un espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) de la red COCCON-España (más detalles en la **Sección 5.4**). La **Figura 12** muestra la plataforma tipo tramex donde se están instalando los instrumentos complementarios.



Figura 12. De izquierda a derecha: ceilómetro, cámara de todo cielo y fotómetro CIMEL instalados como equipamiento complementario en el CIBA.

3.3 Estación Atmosférica de El Arenosillo

La estación atmosférica de El Arenosillo (37.1° N, 6.7° W; 42 m s.n.m.), denominada oficialmente Estación de Sondeos Atmosféricos, pertenece al INTA, organismo público de investigación adscrito al Ministerio de Defensa, y se encuentra ubicada en la provincia de Huelva (Mazagón), al suroeste de la Península Ibérica, a escasos 700 m de la costa atlántica. Es una zona llana, rodeada de un bosque de pinos, con matorral bajo en la zona del pre-parque Nacional de Doñana.

La localización geográfica de El Arenosillo hace que sea un lugar excepcional para la observación e investigación de diversos parámetros atmosféricos, por estar ubicada en una región de transición entre Europa y África, y entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Por estos motivos, El Arenosillo es alcanzado por flujos de aire de origen tanto continental como marino. Además, su carácter costero hace que con frecuencia se desarrollen procesos térmicos y brisas costeras, estando por tanto la dinámica atmosférica de la región gobernada por la meteorología sinóptica y la mesoescala.

El Arenosillo tiene una larga experiencia en la monitorización de gases traza reactivos. En el año 2000 se comienza la observación de ozono (O₃) superficial; en el 2008 se inicia la medida de óxidos de nitrógeno (NO_x); en 2015 el dióxido de azufre; y en 2019 los registros de compuestos orgánicos volátiles: benceno, tolueno y xileno (Adame et al. 2020a, 2020b, 2022). Además, se dispone de instrumentación para la medida de aerosoles (espesor óptico de aerosoles, distribución de tamaño de partículas sub- y super-micro, concentración total de partículas, y propiedades de dispersión, retro-dispersión y absorción), de radiación solar (global, ultravioleta, directa, difusa, etc.) y de columna total de ozono (Sorribas et al. 2017).

Desde hace más de tres décadas se miden en superficie las principales variables meteorológicas (temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad, presión y precipitación) y se dispone de un sistema para la realización de sondeos meteorológicos y ozonosondeos, utilizándose en el marco de campañas concretas. Debido a los programas de observación e investigación desarrollados durante estas últimas décadas, El Arenosillo participa tanto en la [Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía](#) como en redes internacionales de referencia, entre ellas GAW-OMM, AERONET, [MPLNET](#), [NOAA/FAN](#), ACTRIS, [WOUDC](#) y [EUBREWNET](#).

La estación atmosférica de El Arenosillo está formada por un edificio principal, ubicado aproximadamente a 1 kilómetro de la línea de costa, un laboratorio externo (donde se ubica la instrumentación para la medida de gases, aerosoles y meteorología) y una torre de 100 m (**Figura 13a** – imagen aérea de toda la zona). La torre dispone de instrumentación meteorológica instalada en los niveles de 10, 50 y 100 m, con medidas continuas desde el año 2016 (**Figura 13b** – imagen aérea de la torre).

En septiembre de 2019 comenzó en El Arenosillo el programa de medidas de GEI, con la instalación de un instrumento Picarro G2401 para la medida de CO₂, CH₄ y CO. En noviembre de 2021, tras un cambio de estrategia en la monitorización de GEI, el instrumento se trasladó a la base de la torre de 100 m y comenzó la observación en tres alturas (10, 50 y 100 m), que se mantiene hasta la actualidad. El sistema de muestreo en la torre fue diseñado e instalado siguiendo todos los requerimientos de ICOS. La **Figura 14** muestra el diagrama instrumental de la estación y una fotografía del interior del laboratorio con el analizador Picarro (Adame et al. 2024).



Figura 13. a) Imagen aérea de la estación atmosférica de El Arenosillo, en la que se observan el observatorio, la torre de 100 m y el océano Atlántico al fondo. b) Vista superior de la torre de 100 m.

A principios de 2022, la estación comenzó el proceso de certificación de ICOS y, en agosto de ese mismo año, completó la primera etapa. En enero de 2023, el instrumento Picarro G2401 se envió al ATC (Francia) para su certificación y fue devuelto a El Arenosillo en junio de ese mismo año, tras superar satisfactoriamente el proceso.

En abril de 2023 se publicó en la serie [ExploreICOS](#) el reportaje titulado [The only ICOS tall tower in the Iberian Peninsula](#), basado en entrevistas realizadas en diciembre de 2022.

En noviembre de 2023, El Arenosillo recibió los tanques de calibración certificados por ICOS y, tras ser acondicionados e instalados en el sistema de muestreo, en febrero de 2024 comenzó la rutina de medidas y calibraciones siguiendo todos los requerimientos de ICOS. Debido a las condiciones de humedad del entorno costero de la estación, en septiembre de 2024 el sistema de secado tuvo que ser modificado para cumplir con los estándares establecidos por ICOS. En octubre de 2024 comenzó oficialmente el envío de datos al ATC, dando inicio al proceso de evaluación de las medidas, que continuó durante los siguientes meses.

3.4 Estación Oceánica ESTOC

La Estación Europea de Series Temporales en el Océano de Canarias (ESTOC, por sus siglas en inglés), operada por PLOCAN en colaboración con la ULPGC y el IEO-CSIC, constituye el nodo oceánico profundo de referencia de ICOS-España para la observación del ciclo del carbono y de variables oceanográficas asociadas en el Atlántico subtropical nororiental. Está situada en el Océano Atlántico Norte, aproximadamente a 60 millas náuticas al norte de Gran Canaria (29.184°N, 15.419°W), en una zona de aguas profundas donde la columna de agua alcanza unos 3610 m de profundidad. Su emplazamiento permite el seguimiento de las principales masas de agua del Atlántico subtropical oriental y lo convierte en un punto estratégico para la monitorización a largo plazo de la variabilidad físico-química del océano y de su papel en el ciclo del carbono. Las **Figuras 15 y 16** muestran, respectivamente, imágenes de la boya oceanográfica y del personal implicado en las maniobras de despliegue y operación.

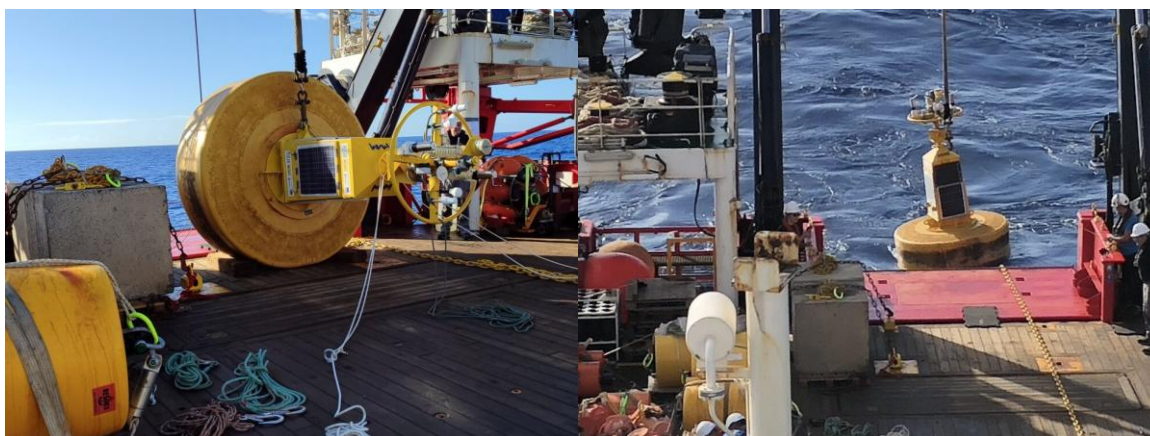


Figura 15. Momento de toma de contacto con el agua durante el fondeo de la boya en la ESTOC.

La estación ESTOC mantiene una serie de observaciones oceanográficas iniciada en 1994. Esta continuidad la sitúa entre las series temporales oceánicas más largas y valiosas del dominio oceánico europeo. Desde su comienzo, ha proporcionado registros continuos de variables meteorológicas, físicas, químicas y biogeoquímicas representativas del Atlántico nororiental subtropical. Como resultado de esta trayectoria, ESTOC ha generado una de las series más completas del sistema de carbono oceánico en la región, constituyendo un observatorio de referencia para el estudio de la absorción de CO₂ antropogénico, la acidificación oceánica y la variabilidad interanual y decadal del océano superficial y profundo.

ESTOC fue admitida formalmente en ICOS-ERIC el 1 de enero de 2023, tras la adhesión oficial de España a la infraestructura en 2021. A partir de ese momento, la estación inició su proceso de certificación, en el que se evalúan tanto la idoneidad científica del emplazamiento como el cumplimiento de los requisitos técnicos, instrumentales y de calidad de datos exigidos en el dominio oceánico de ICOS. Durante 2023 y 2024, ESTOC avanzó en las fases de ese proceso, alcanzando la segunda etapa del mismo.

A diferencia de otras estaciones de ICOS-España, ESTOC es gestionada de forma coordinada por tres entidades complementarias. PLOCAN es responsable del diseño, despliegue y mantenimiento de la boya oceanográfica; la ULPGC, a través de su grupo QUIMA, aporta el liderazgo y la asesoría científica en el ámbito biogeoquímico; y el IEO-CSIC proporciona apoyo en oceanografía física y el tiempo de buque necesario para las campañas de fondeo, mantenimiento y muestreo de la columna de agua. En 2024, estas maniobras se realizaron a bordo del buque oceanográfico *Sarmiento de Gamboa*, cuyo papel fue clave para el despliegue y la operación de la infraestructura.

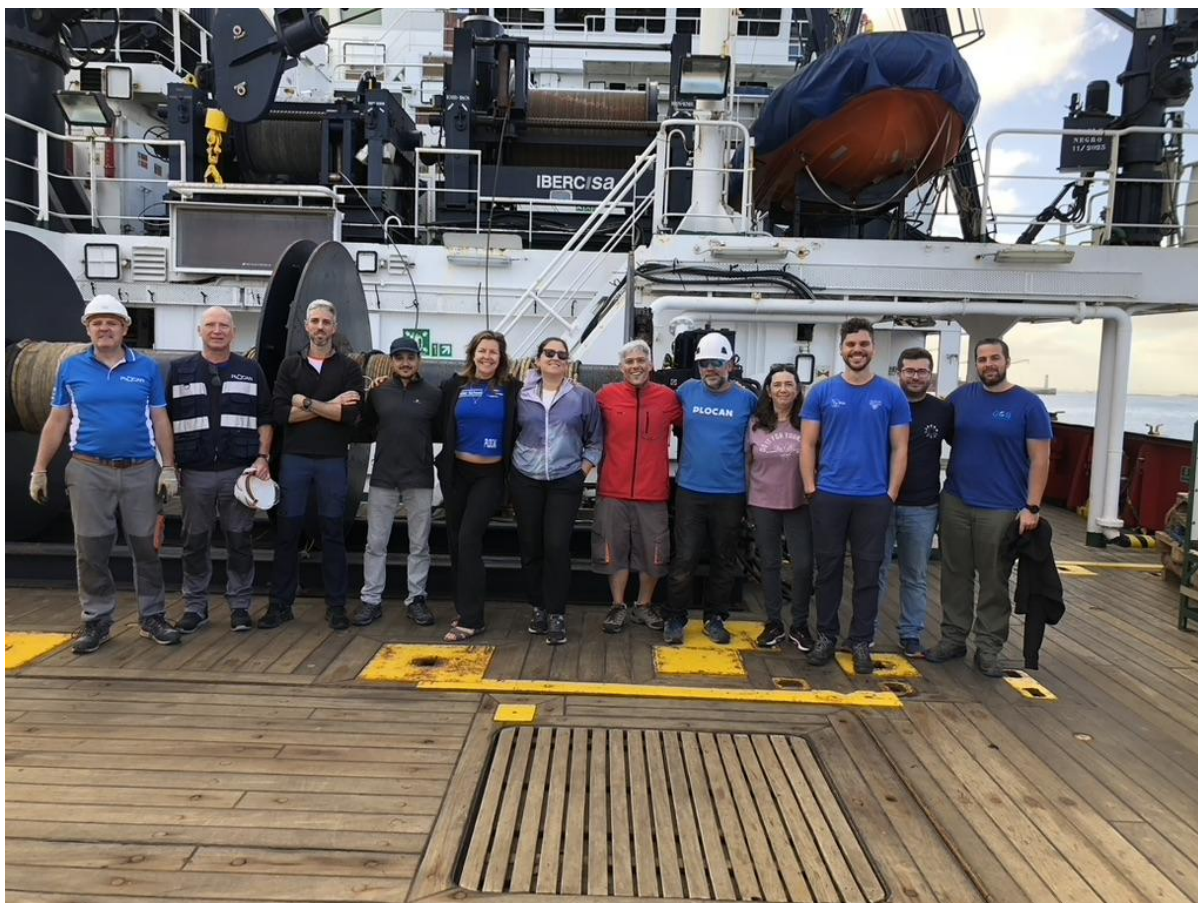


Figura 16. Personal de PLOCAN, UPGC e IEO participante en las maniobras de despliegue de la boya oceanográfica ICOS ESTOC a bordo del buque oceanográfico *Sarmiento de Gamboa*.

La boya oceanográfica ICOS ESTOC fue instalada el 16 de febrero de 2024, incorporando una configuración instrumental redundante para garantizar la continuidad y robustez de las observaciones. En la parte atmosférica, la estación dispone de dos sistemas de superficie independientes (System 105 y System 106), equipados con sensores para temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, brújula y radiación fotosintéticamente activa. En la parte oceánica, ambos sistemas incluyen sensores redundantes para temperatura superficial del mar, conductividad/salinidad, oxígeno disuelto, clorofila y turbidez. Para las variables del sistema de carbono marino, se instalaron además sensores de pH y pCO₂ en configuración no redundante, constituyendo un elemento de especial interés científico y, al mismo tiempo, un punto de mejora futura de la infraestructura.

La larga serie histórica de ESTOC ha permitido describir la evolución del sistema carbonato en el Atlántico nororiental subtropical desde la superficie hasta aguas profundas. Los estudios desarrollados en esta estación han mostrado un aumento sostenido del carbono inorgánico disuelto y de la pCO₂ superficial, acompañado de un descenso del pH, en consonancia con el proceso de acidificación oceánica observado a escala global. Asimismo, los análisis de largo plazo indican que ESTOC constituye un observatorio especialmente valioso para estudiar la variabilidad interanual y decadal del CO₂ oceánico, así como la influencia de forzamientos atmosféricos y oceanográficos sobre el comportamiento del océano como sumidero de carbono. La **Figura 17** muestra la evolución temporal de pCO₂ y pH en la estación, incluyendo las medidas anteriores a su adhesión a ICOS. La señal presenta una componente de variabilidad estacional, superpuesta a una tendencia creciente a largo plazo.

Durante el periodo 2023–2024, ESTOC reforzó su papel como nodo oceánico estratégico de ICOS-España y como estación clave para la monitorización a largo plazo del ciclo del carbono marino en el Atlántico subtropical nororiental. A lo largo de este periodo, se mantuvo la operación sostenida de los programas de observación, integrando mediciones desde la boya, campañas discretas y otras plataformas complementarias, en coherencia con los protocolos de observación y calidad de datos aplicables. La continuidad de estas actividades, junto con su progresiva integración en ICOS-ERIC, consolida el valor de ESTOC como infraestructura de referencia para el seguimiento del cambio climático y para la comparación con otras series oceánicas internacionales.

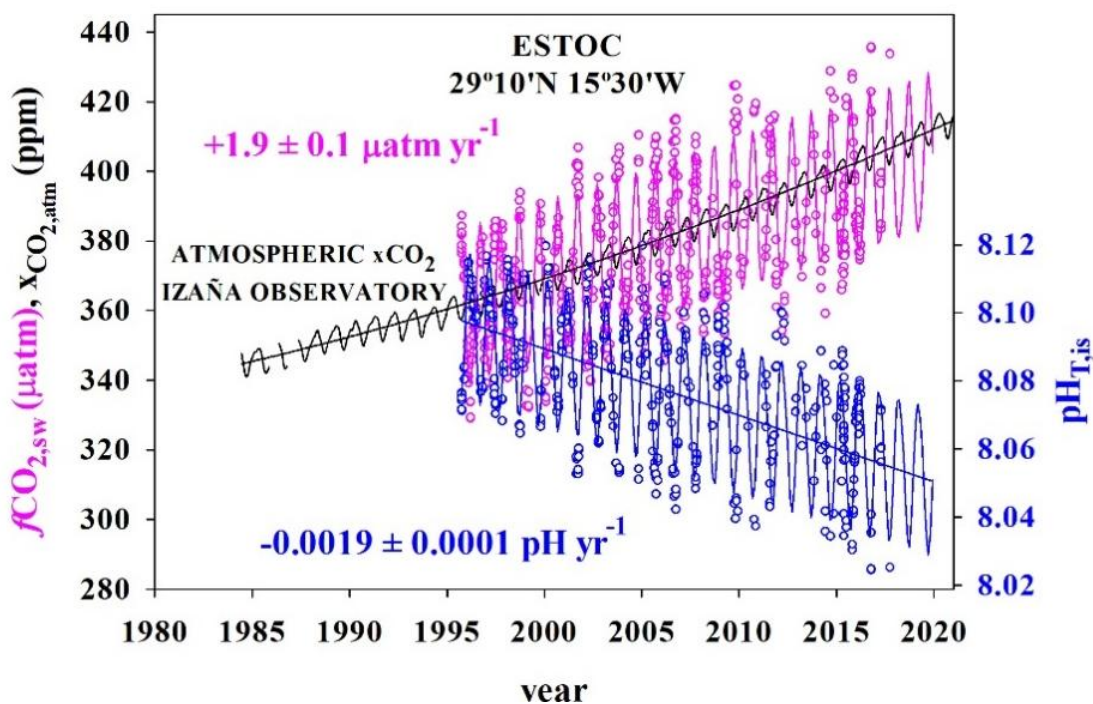


Figura 17. Evolución temporal de pCO_2 y pH en agua de mar en la estación ESTOC. A modo de referencia y para complementar el análisis, se incluyen también las medidas de fracción molar de CO_2 de la estación ICOS de Izaña. En ambos casos, se incluyen datos previos a la adhesión a ICOS.

Cabe destacar que los datos de ESTOC han sido utilizados en los últimos informes de evaluación del IPCC (AR4, AR5 y AR6) como parte de la evidencia observacional que sustenta la caracterización de la acidificación oceánica a escala global (IPCC, 2007, 2013, 2021).

3.5 Estación Atmosférica de Izaña

La Estación Atmosférica de Izaña está ubicada en el Observatorio de Izaña (IZO), una infraestructura de ciencia atmosférica de alta montaña gestionada por el CIAI-AEMET. Se sitúa sobre la meseta de Izaña, en la isla de Tenerife (Islas Canarias), a 2373 m s.n.m. y aproximadamente 15 km al noreste del volcán Teide (3715 m s.n.m.). La **Figura 18** muestra dos fotografías del observatorio y su entorno. Las condiciones geográficas y meteorológicas del emplazamiento hacen de Izaña un punto de observación atmosférica de especial interés. El observatorio se encuentra habitualmente por encima de la capa de inversión térmica subtropical que caracteriza la región y en el régimen de subsidencia producido por la influencia de la rama descendente de la célula de Hadley, lo que produce que las medidas realizadas allí sean representativas de la troposfera libre en el Atlántico Norte subtropical. Esta situación se refuerza durante la noche, cuando los vientos de ladera descendentes generados por el enfriamiento radiativo crean condiciones muy estables (e. g. Schmitt et al., 1988; Rodríguez et al., 2009; Gómez-Peláez et al., 2012; Cuevas et al., 2013; Gómez-Peláez et al., 2019; García et al., 2021; Torres et al., 2026).



Figura 18. a) Fotografía del emplazamiento del Observatorio de Izaña, situado en el centro de la imagen. Al fondo se observan el Observatorio del Teide, de carácter astrofísico, y el volcán Teide. b) Vista más cercana de las instalaciones del Observatorio de Izaña. La estación ICOS se encuentra en la tercera planta del edificio blanco. Crédito: [ExploreICOS - The station above the clouds.](#)

El observatorio fue inaugurado en 1916 y, desde entonces, mantiene una serie ininterrumpida de observaciones de parámetros meteorológicos, que en 2024 alcanzó los 108 años de registro. A comienzos de la década de 1980 amplió su actividad hacia la medición de la composición atmosférica, incorporándose a la Red de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica de Fondo (BAPMoN) de la OMM. Tras la fusión de BAPMoN y del Global Ozone Observing System ([GO3OS](#)) en 1989, que dio lugar al programa GAW de la OMM, el observatorio pasó a formar parte de este programa, siendo actualmente una de las 40 estaciones globales que lo integran¹. Como resultado de esta trayectoria, Izaña realiza mediciones de GEI desde hace varias décadas, destacando sus series *in situ* de CO₂ y CH₄ iniciadas en 1984, que figuran entre las más largas y representativas a escala global (ver Torres et al., 2026 para más información).

En 2021, IZO fue admitido como estación de ICOS-ERIC y, tras incorporar instrumentación específica e independiente de la empleada en las series GAW-OMM de GEI (1984–actualidad), comenzó su proceso de certificación. Tras completar todas las etapas, la Asamblea General aprobó su certificación el 23 de mayo de 2023. Los datos oficiales de la estación comienzan el 2 de noviembre de 2022 y están disponibles para descarga en el Carbon Portal (más detalles en la **Sección 4.1**). La **Figura 19** muestra los promedios horarios de las series temporales de todas las especies gaseosas medidas por la estación desde el inicio operativo hasta el 31 de diciembre de 2024.

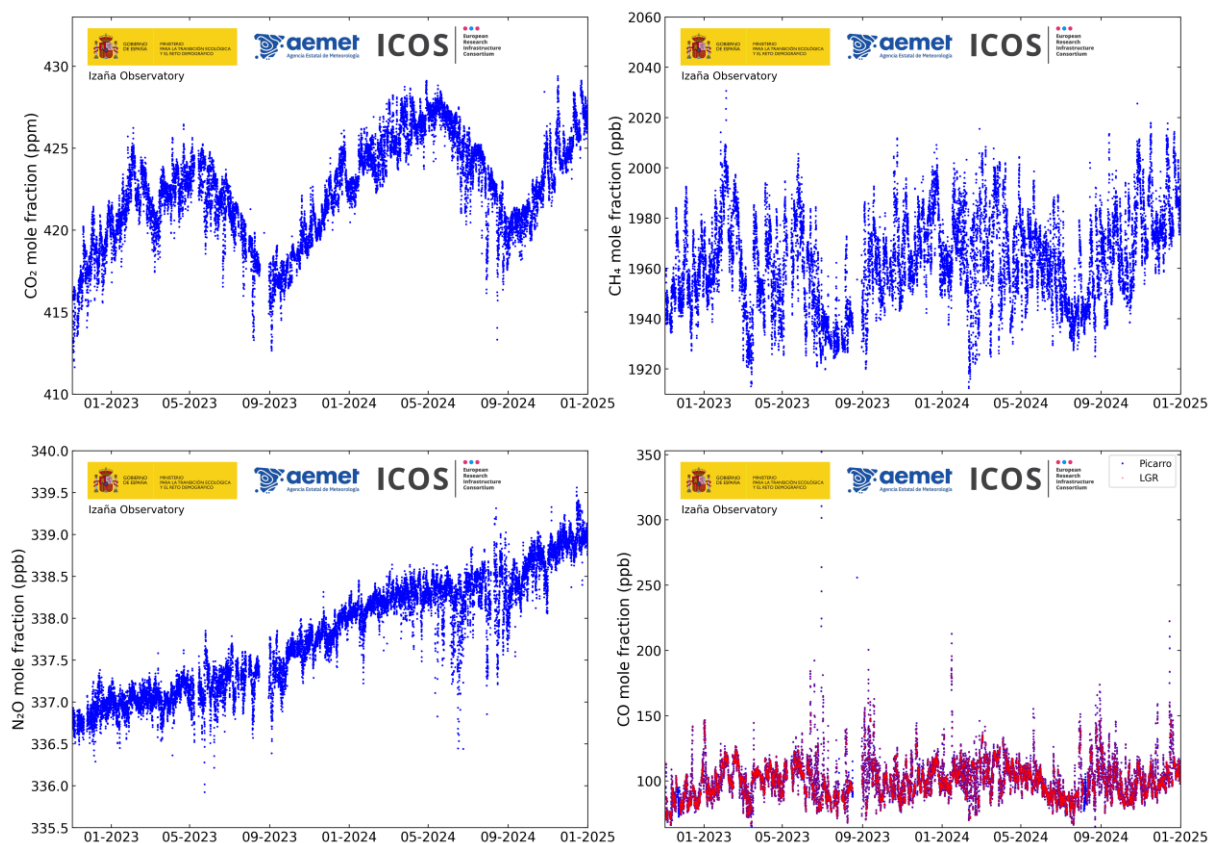


Figura 19. Serie temporal de promedios horarios de la fracción molar atmosférica de las especies gaseosas medidas en la Estación Atmosférica ICOS de Izaña desde el 2 de noviembre de 2022 hasta el 31 de diciembre de 2024, tras excluir los datos no válidos o no representativos del fondo atmosférico. Para el monóxido de carbono se muestran las medidas de ambos instrumentos: Picarro G2401 (azul) y LGR 907-0015 (rojo).

¹<https://community.wmo.int/site/knowledge-hub/programmes-and-initiatives/global-atmosphere-watch-programme-gaw/gaw-stations-network-and-other-measurements>

Para las mediciones, la estación cuenta con dos analizadores específicos: un espectrómetro Cavity Ring-Down (CRDS) Picarro G2401, que mide CO₂, CH₄ y CO, y un espectrómetro off-axis Los Gatos Research (LGR) 907-0015, que mide CO y N₂O, ambos operados conforme a los estándares de ICOS. El aire ambiente se obtiene a través de una toma de aire dedicada situada en la azotea del edificio del observatorio, a 29 m sobre el suelo. La estación dispone de un secuenciador automático que controla el flujo de aire hacia los instrumentos según un programa predefinido, alternando entre aire ambiente y gases de referencia presurizados almacenados en botellas con concentraciones conocidas de gases traza. Parte de estas botellas se utiliza para calibraciones periódicas (cada 14 días y 23 horas), mientras que el resto actúa como botellas de trabajo, destinadas a verificar la consistencia y estabilidad de las medidas. Esta configuración garantiza la trazabilidad, la verificación interna continua y el cumplimiento de los protocolos establecidos por ICOS-ERIC (ver ICOS-ERIC, 2020). La **Figura 20a** presenta un esquema del sistema instrumental, mientras que la **Figura 20b** muestra fotografías de los principales componentes de la instalación.

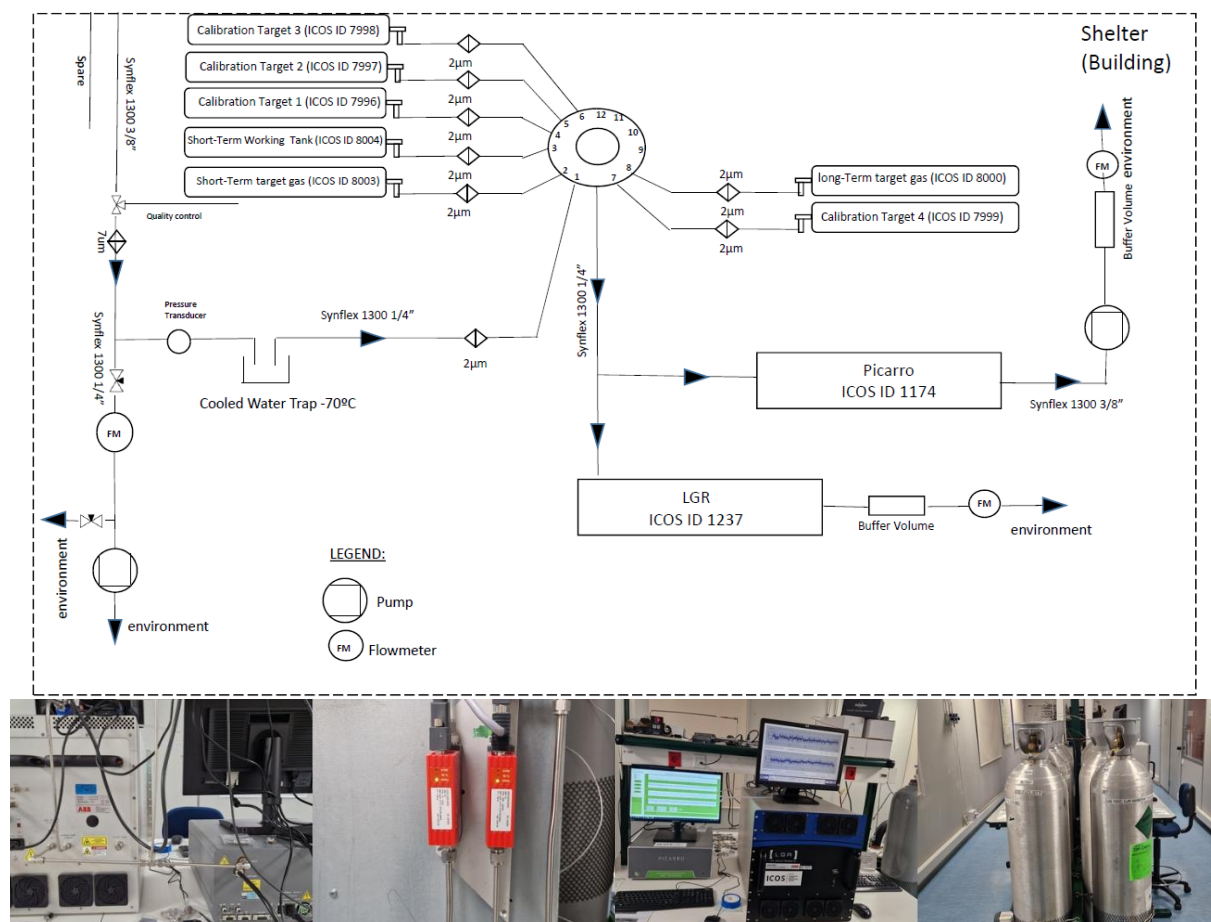


Figura 20. a) Esquema de la configuración instrumental que permite suministrar aire ambiente y gases de calibración de forma controlada y secuencial a los analizadores, posibilitando la calibración y verificación periódica de las mediciones. b) Fotografías de los componentes principales de la instalación. De izquierda a derecha: (1) toma de aire que proporciona un flujo constante y controlado de aire a ambos analizadores, (2) medidores de flujo, (3) los propios analizadores (Picarro G2401 y LGR 907-0015) junto con sus estaciones de trabajo correspondientes, y (4) las botellas de gas utilizadas para la calibración y la verificación de las mediciones.

Durante los años 2023 y 2024, la estación alcanzó varios hitos significativos. En primer lugar, completó su proceso de certificación, tal y como se mencionó anteriormente. Además, su personal investigador participó en diversas actividades divulgativas y académicas destinadas a ampliar el alcance de la estación

y reforzar su integración en ICOS-ERIC. La primera de estas actividades fue la MSA organizada por el ATC en Bruselas (Bélgica), entre el 15 y el 17 de mayo de 2023, a la que asistieron Pedro Pablo Rivas Soriano y Sergio Fabián León Luis, en representación de la estación.

La segunda fue la contribución al artículo divulgativo titulado [The station above the clouds](#), publicado en 2023 dentro de la serie ExploreICOS. Para su elaboración, en 2022 se realizaron entrevistas en IZO al personal de la estación y a otros investigadores del CIAI-AEMET, y se tomaron fotografías y vídeos, incluidas las mostradas en las **Figuras 18** y **21**. El artículo destacó la localización estratégica del observatorio, su capacidad instrumental y su contribución a la monitorización de los GEI. ICOS-ERIC publicó también un [vídeo complementario](#) en su canal oficial de YouTube.

Por último, el personal investigador de la estación participó en la ICOS Science Conference 2024 junto a otros investigadores de ICOS-España, tal y como se mencionó en la **Sección 2**. En este congreso lideraron dos pósteres (ver la **Sección 6.2.2**), en los que se presentaron resultados basados en datos de GEI de las estaciones de Izaña, El Arenosillo y ESTOC.



Figura 21. Fotografías del artículo divulgativo [ExploreICOS - The station above the clouds](#) publicado en noviembre de 2023. Se muestra a personal de la estación ICOS de Izaña trabajando en la terraza superior del edificio, donde se encuentra la toma de aire ambiente (imagen superior), y en el laboratorio que alberga la instrumentación ICOS (imagen inferior).

3.6 Estación de Ecosistema Majadas de Tiétar

La estación de ecosistema de Majadas de Tiétar, gestionada por el CEAM y SpecLab-CSIC, se encuentra ubicada en la provincia de Cáceres (Extremadura), en una dehesa de encinas (*Quercus ilex*), un ecosistema agrosilvopastoril singular de la península ibérica, reconocido internacionalmente por su extraordinaria biodiversidad y sostenibilidad. Este tipo de ecosistema es de gran importancia socioeconómica en España, tanto por su extensión superficial como por su función de sinergia ecológica y rentabilidad económica, además de su papel en la fijación de población rural. La Unión Europea reconoció en 1992 (mediante la Directiva 92/43/CEE del Consejo) la singularidad de estos ecosistemas, siendo catalogados como hábitat natural. Se extienden por más de 3 millones y medio de hectáreas y se concentran fundamentalmente en el suroeste de la península ibérica.



Figura 22. Fotografía de la torre de flujos de la estación de Majadas de Tiétar.

La estación experimental se estableció en 2003 y desde entonces realiza medidas de flujos de intercambio de dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O) y energía entre el ecosistema y la atmósfera, complementadas por más de 100 sensores de varios tipos para la monitorización de variables meteorológicas (presión atmosférica, temperatura y humedad del aire, precipitaciones, velocidad del viento, radiación solar difusa, infrarroja, incidente y reflejada), ambientales (perfiles de temperatura y humedad del suelo, flujos de calor en suelo, temperatura de los árboles) y variables relacionadas con la vegetación (dendrómetros, flujo de savia, índices ópticos como NDVI, etc.). Conviene destacar que la estación experimental de Majadas de Tiétar cuenta con una infraestructura excepcional y única en toda la Península Ibérica. La **Figura 22** muestra la torre de flujos de la estación.

La estación de Majadas de Tiétar presentó su candidatura a integrarse en la red de estaciones ICOS-ERIC en noviembre de 2022. Tras completar las etapas del proceso de certificación gestionado por el ETC, la Asamblea General aprobó su certificación e integración como estación de ecosistema asociada el 15 de noviembre de 2023, siendo la primera estación de observación sistemática de flujos de CO_2 y H_2O de la península ibérica en integrarse en ICOS-ERIC. Los datos oficiales ICOS de la estación comienzan el 1 de enero de 2020 y están disponibles para descarga en el ICOS Carbon Portal (ver **Sección 4.1**). En la **Figura 23** se presenta una selección de algunas de las principales variables medidas.

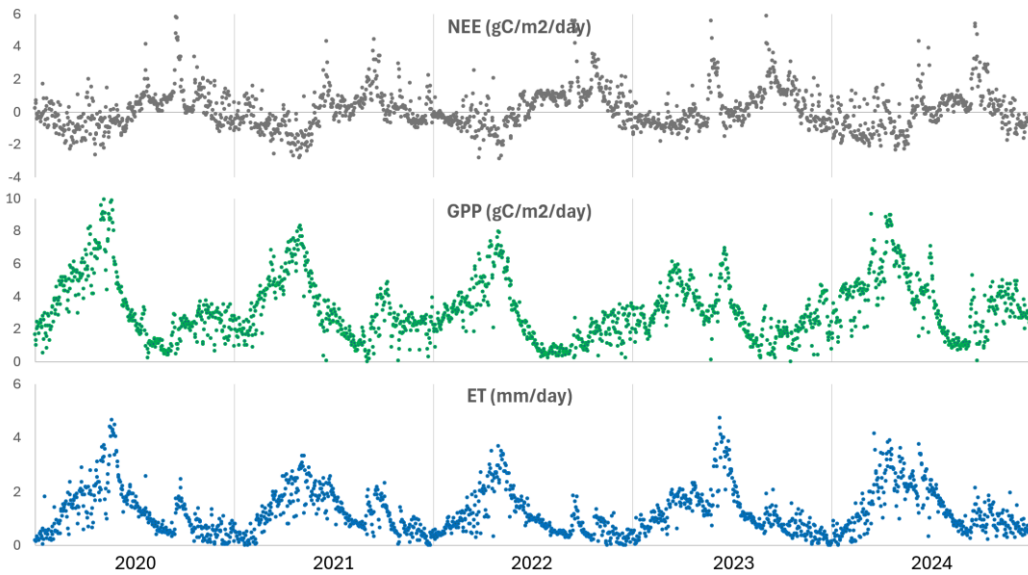


Figura 23. Serie temporal de los flujos de intercambio de carbono y de vapor de agua en la estación ICOS de Majadas de Tiétar para el periodo 2020–2024: promedios diarios del intercambio neto de carbono (NEE), de la producción primaria bruta del ecosistema (GPP), y de la evapotranspiración (ET).

La integración y sinergia entre los datos de teledetección, tanto satelital como proximal (drones y sensores terrestres), y los datos recogidos en las estaciones de ecosistema es de crucial importancia en ICOS. Esta combinación permite superar las limitaciones individuales de cada método y desarrollar productos y modelos basados en teledetección satelital para escalar las medidas obtenidas en las estaciones de ecosistema de ICOS a áreas regionales o continentales, con el fin de obtener estimaciones a gran escala de los intercambios de carbono, agua y energía entre la biosfera y la atmósfera. La **Figura 24** resume esquemáticamente parte de este proceso.

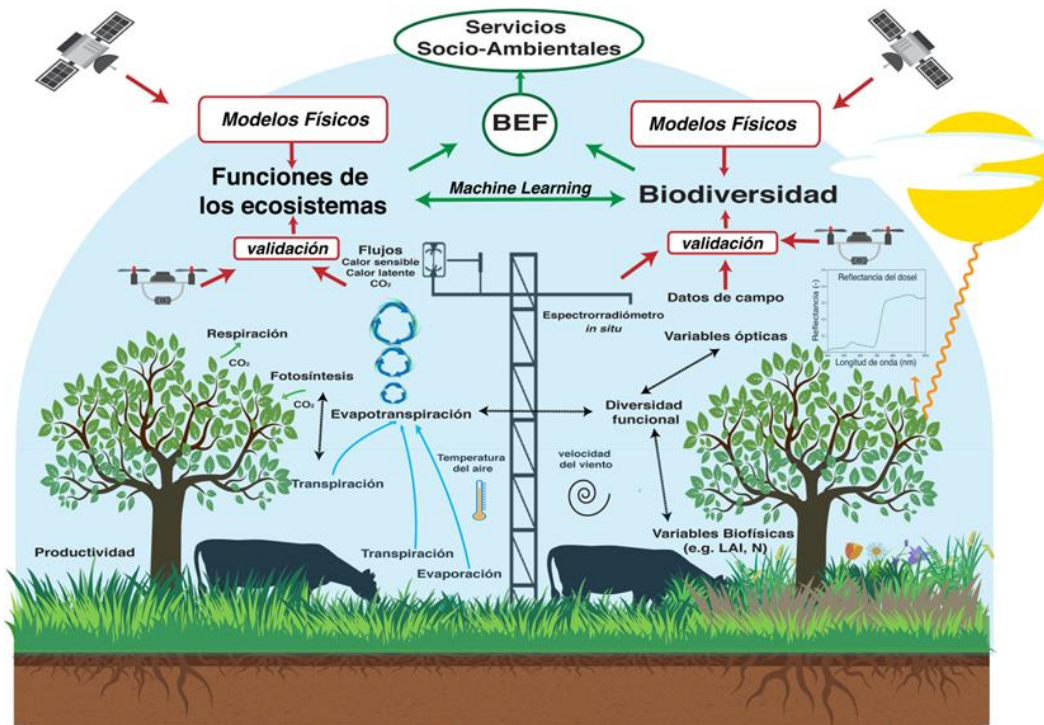


Figura 24. Interacciones y sinergias entre las medidas de estaciones de ecosistemas ICOS y observaciones de teledetección, aplicadas al caso de Majadas de Tiétar. (Ilustración de V. Burchard, SpecLab-CSIC)

Desde 2009, el SpecLab-CSIC coordina el uso de teledetección a múltiples escalas (sensores *in situ*, aero-portados y satelitales) para la caracterización y seguimiento del ecosistema en la estación de Majadas de Tiétar, lo que ha permitido generar una de las series temporales más completas a nivel mundial de variables espectrales y biofísicas medidas de forma simultánea (temporal y espacialmente). Esta base de datos incluye mediciones espectrales estacionales y espacialmente representativas a nivel de hoja (estrato arbóreo) y dosel (estrato herbáceo) adquiridas con espectro-radiómetros hiperespectrales de rango completo (400 a 2500 nm) ASD Fieldspec FR 3 y 4 (**Figura 25**). SpecLab-CSIC también recopila información sobre variables biofísicas relevantes de los dos estratos de vegetación: contenido de humedad, pigmentos y nutrientes, biomasa, área foliar específica, índice de área foliar, etc. Algunas de estas variables se obtienen mediante muestreos destructivos de las fracciones fotosintéticamente y no fotosintéticamente activas de la vegetación y otras mediante mediciones indirectas utilizando instrumentación específica (SPAD 502, LICOR 2200-C, etc.). El laboratorio QUETLAB del INIA-CSIC coordina los análisis químicos de las muestras foliares.



Figura 25. Recolección de datos hiperespectrales mediante UAV y actividades de calibración de instrumentos (izquierda). Medida de variables biofísicas de la vegetación (derecha).

Durante el periodo 2023–2024, Majadas de Tiétar consolidó su papel como estación clave, tanto en España como en Europa, en el desarrollo de sinergias entre los datos de teledetección y las medidas *in situ* realizadas en las estaciones de ecosistema ICOS (i.e. flujos de carbono, agua y energía, medidas biofísicas, etc.). En mayo de 2023 se instaló un nuevo fotómetro CIMEL, perteneciente al Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI-AEMET), integrando la estación de Majadas de Tiétar en la red internacional AERONET. Las medidas proporcionadas no solo permiten cuantificar los aerosoles y el vapor de agua presentes en la columna atmosférica, sino también aplicar correcciones atmosféricas que compensan la interferencia del vapor de agua en numerosas mediciones de teledetección satelital. Esta capacidad es especialmente relevante en Majadas de Tiétar, por su papel como estación clave en el desarrollo, la calibración y la validación de productos basados en teledetección satelital.

Durante los años 2023 y 2024, SpecLab-CSIC llevó a cabo un total de ocho campañas de campo en las que se recopilaron las variables espectrales y biofísicas antes mencionadas. Los datos obtenidos se integran en la base de datos de observación a largo plazo de la estación y, a través de esta, en la base de datos de ICOS. Adicionalmente, se realizaron dos campañas específicas: una en abril de 2023, en colaboración con INDEHESA (Universidad de Extremadura), para llevar a cabo un inventario exhaustivo de las especies del estrato herbáceo; y otra en otoño de 2024 (octubre y noviembre), en la que se realizaron mediciones espectrales específicas para la caracterización de la dinámica fenológica del pasto senescente.

4 Disponibilidad y visibilidad de los datos de ICOS-España

4.1 ICOS Carbon Portal

Los datos de todas las estaciones ICOS que han completado el proceso de certificación pueden visualizarse y descargarse a través del ICOS [Carbon Portal](#). El portal organiza sus productos en varios niveles de procesamiento, que abarcan desde los datos en bruto hasta productos científicos derivados. Esta clasificación comprende cuatro niveles, desde Nivel 0 hasta Nivel 3.

Los datos de Nivel 0 corresponden a los datos tal cual los proporciona la instrumentación, sin calibraciones ni transformaciones a unidades físicas. No se distribuyen públicamente a través del portal, pero pueden consultarse internamente y solicitarse al Centro Temático correspondiente o a la propia estación. En el extremo opuesto, los datos de Nivel 3 consisten en productos avanzados desarrollados por la comunidad científica (como integraciones regionales, modelos o análisis derivados) que se basan total o parcialmente en datos ICOS. Su disponibilidad depende de contribuciones voluntarias de grupos de investigación o de proyectos colaborativos.

Los datos de Nivel 1 consisten en series casi en tiempo real de los parámetros físicos medidos, procesados únicamente con control de calidad automático. Pueden visualizarse y descargarse a través del portal, y su disponibilidad suele llegar hasta fechas muy próximas al presente.

Los datos de Nivel 2 constituyen el producto principal de ICOS: son los mismos parámetros físicos que los datos de Nivel 1, pero sometidos a un control de calidad riguroso (automático y manual) realizado por el personal científico de cada estación y validado por el Centro Temático correspondiente. Se publican en bloques cada varios meses, cubriendo desde el inicio de la serie hasta la fecha de la última actualización. Son los datos recomendados para análisis científicos y aplicaciones técnicas.

En la práctica, las medidas físicas de interés se obtienen combinando los Niveles 1 y 2: los datos de Nivel 1 cubren el periodo más reciente (desde el final del último paquete de Nivel 2 hasta prácticamente el presente), mientras que los datos de Nivel 2 representan la versión revisada, validada y definitiva de la serie. La **Figura 26** muestra un ejemplo de esta cobertura temporal para los datos de CO₂ de la estación de Izaña a fecha 17 de noviembre de 2025.

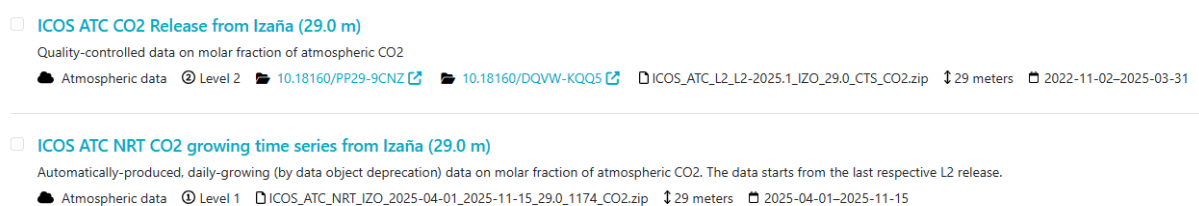


Figura 26. Captura de pantalla del Carbon Portal (17 de noviembre de 2025) que muestra la cobertura temporal de los datos de CO₂ de Nivel 2 y Nivel 1 para la estación de Izaña. Los datos de Nivel 2 abarcan desde el 2 de noviembre de 2022 (inicio de los datos oficiales de la estación) hasta el 31 de marzo de 2025. Los datos de Nivel 1 cubren desde el día inmediatamente posterior (1 de abril de 2025) hasta el 15 de noviembre de 2025.

La **Figura 27** sirve como una guía visual para la selección de los parámetros necesarios en el ICOS Carbon Portal para acceder a los datos de las estaciones de ICOS-España, incluyendo la elección del país, el tipo de estación y el nivel de datos. A fecha de publicación de este informe, las estaciones españolas para las cuales se pueden descargar datos de Nivel 1 o Nivel 2 son aquellas que han completado el proceso de certificación: CanOA, El Arenosillo, Izaña y Majadas de Tiétar (véanse las **Secciones 2 y 3** para más detalles).

The image shows a search interface with two main panels. The left panel, titled 'Data origin', contains several filter fields: 'Project' with a dropdown showing 'ICOS'; 'Theme' with '(2 items)'; 'Station of origin' with '(2 items)'; 'Station class' with 'ICOS'; 'Ecosystem type' with '(0 items)'; 'Responsible country' with a dropdown showing 'Spain'; 'Data submitter' with '(2 items)'; and 'Sampling height (meters)'. The right panel, titled 'Data types', contains: 'Data type' with '(4 items)'; 'Keyword' with '(5 items)'; 'Data level' with two selected options '1' and '2'; and 'Format' with '(2 items)'. Each filter field has a question mark icon for help and a refresh/clear icon.

Figura 27. Guía visual para la selección de parámetros para la visualización y descarga de datos de Nivel 1 y Nivel 2 de las estaciones certificadas de ICOS-España a través del ICOS Carbon Portal.

4.2 European Obspack

Los paquetes de observaciones atmosféricas (ObsPack) son productos diseñados para reunir medidas de GEI procedentes de distintas redes y estaciones, aplicando un marco común de formatos y metadatos que facilita su uso en evaluación de modelos, estudios de modelado inverso y validación de datos satelitales. Los ObsPack son elaborados por la NOAA en consulta con los proveedores de datos originales, entre ellos ICOS-ERIC.

Las series [European ObsPack](#), desarrolladas conjuntamente por NOAA e ICOS-ERIC, consisten en compilaciones separadas de series temporales de CO₂, CH₄, N₂O y CO procedentes de estaciones atmosféricas europeas. Incluyen estaciones ICOS ya certificadas, estaciones en proceso de etiquetado y un conjunto adicional de estaciones que no forman parte de ICOS. Cuando están disponibles, también se incorporan observaciones previas a la integración en ICOS de estaciones que actualmente forman parte de la infraestructura.

Los paquetes European ObsPack recopilan datos desde 1972 para CO₂, 1984 para CH₄, 1996 para N₂O y 2016 para CO, hasta las fechas más recientes incluidas en cada actualización. Gran parte de las medidas de GEI realizadas en IZO dentro del programa GAW-OMM antes de su incorporación en ICOS están incluidas en estos productos. Su visualización y descarga está disponible a través del ICOS Carbon Portal ([CO₂](#), [CH₄](#), [N₂O](#), [CO](#)).

5 Proyectos de investigación asociados

Esta sección describe los principales proyectos de investigación vinculados a ICOS-ERIC en los que participan instituciones de ICOS-España. Se resume brevemente el objetivo de cada proyecto y la contribución de los grupos de la red implicados.

5.1 ICOS Cities – Barcelona

El proyecto ICOS Cities HORIZON 2020 tiene como objetivo desarrollar observaciones de GEI en áreas urbanas densamente pobladas, donde se concentra una parte sustancial de las emisiones antropogénicas globales. El programa reúne y evalúa distintos enfoques para registrar las emisiones urbanas con el fin de desarrollar herramientas y servicios útiles para apoyar los planes locales de acción climática. Inicialmente, un panel científico internacional seleccionó París, Múnich y Zúrich como ciudades piloto debido a sus planes avanzados de acción climática, su compromiso con políticas de mitigación y adaptación eficientes, y su contribución a inventarios de emisiones más robustos. Posteriormente, ICOS Cities se amplió a otras 12 ciudades europeas, entre ellas Barcelona, consiguiendo una mayor diversidad geográfica, demográfica y económica, y permitiendo evaluar la viabilidad de diversos enfoques de modelización en entornos urbanos complejos.

En el Área Metropolitana de Barcelona (AMB; **Figura 28**), se ha establecido una red de 5 estaciones de medida continua de GEI distribuidas en 4 zonas representativas de la conurbación urbana (**Tabla 2**).

Tabla 2. Estaciones de monitorización de GEI en el Área Metropolitana de Barcelona, a fecha de publicación de este informe.

Estación	Coordenadas	Altitud (m s.n.m.)	Fecha de inicio de las observaciones	Uso del suelo
Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB)	41.4976° N, 2.1089° E	147	05/2021	Autopista con alta densidad de usuarios
Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC)	41.3874° N, 2.1145° E	80	09/2021	Parque urbano en medio de una zona altamente edificada
Observatorio Fabra	41.4183° N, 2.1242° E	415	04/2022	Bosque de Collserola
Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC)	41.3851° N, 2.1959° E	8	11/2022	Costa urbana
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-Agropolis)	41.2885°N, 2.0451°E	3	11/2025	Agricultura y aeropuerto



Figura 28. a) Ubicación de las estaciones de medida en continuo establecidas para el programa ICOS Cities en la AMB. b) Instalación de los equipos en una de las estaciones.

Las estaciones están equipadas con espectrómetros CRDS Picarro G2301, que miden CO_2 y CH_4 . Los instrumentos operan de forma continua y con alta frecuencia de muestreo, y las calibraciones se realizan de manera periódica para asegurar la calidad de los datos. Toda la documentación de los procedimientos se encuentra actualmente en desarrollo.

El conjunto de datos desde mayo de 2021 hasta mayo de 2025 (Figura 29) ha sido procesado y enviado al [ICOS Cities Data Portal](#), donde está disponible públicamente. Se está trabajando en un sistema eficiente para la presentación regular y automatizada de los nuevos datos. Además, un conjunto completo de análisis y la documentación detallada de los procedimientos de calibración se integrarán en una publicación científica planificada para finales de 2026.

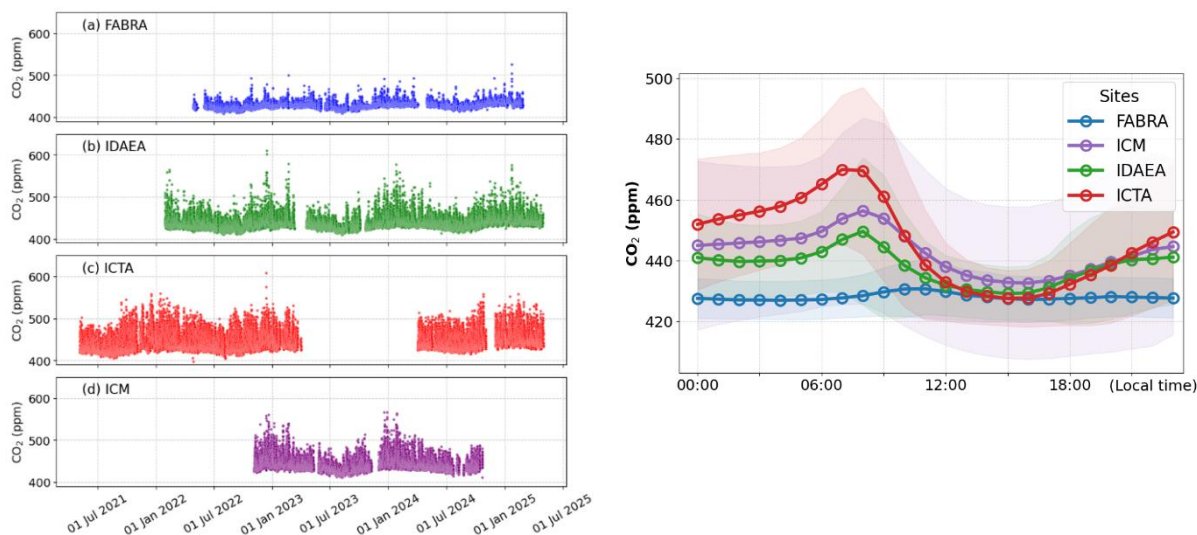


Figura 29. Izquierda: Fracciones molares de CO_2 observadas en las cuatro estaciones de la AMB que estaban en funcionamiento en el periodo 2023-2024. Los valores en las estaciones más cercanas al bosque son más bajos, mientras que la del ICTA, próxima a una autopista con alta intensidad de tráfico, muestra la mayor variabilidad y las concentraciones más altas. Las interrupciones se deben a problemas técnicos y/o mantenimientos. Derecha: Variabilidad diaria promedio de las diferentes estaciones. La región sombreada indica el intervalo de confianza 1σ . El tráfico de vehículos matutino tiene un marcado impacto en este ciclo, especialmente en la estación del ICTA.

Durante el periodo del informe, la presentación de la red realizada por Gara Villalba en el evento [Science meets City 2024](#) incrementó notablemente la visibilidad de las actividades de monitorización del grupo

URBAG dentro de ICOS Cities. También se destacaron los resultados de una campaña previa de mediciones de CO₂ (mayo-octubre de 2020), realizada con analizadores Licor 7000 calibrados con estándares NOAA, cuyos resultados se publicaron en Estruch et al. (2024). Además de la contribución científica, el equipo de la UAB participó activamente en la organización del evento, identificando ponentes, involucrando a actores clave, estableciendo la agenda y contribuyendo al programa. El encuentro reunió a cerca de 75 representantes municipales y científicos comprometidos con el abordaje del cambio climático en entornos urbanos.

Con posterioridad al periodo 2023–2024, estos trabajos continuaron presentándose en conferencias y seminarios, donde se mostraron los avances de los estudios de modelización apoyados en las observaciones de esta red de monitorización. En el evento [RESPIRE-CLIMATE](#), realizado el 12 de noviembre de 2025 en Madrid, la investigadora predoctoral Qing Luo presentó su trabajo titulado “¿Pueden la vegetación urbana y la agricultura ayudar a reducir las emisiones de CO₂ en un área metropolitana?”², mostrando resultados de modelización que sugieren que las áreas verdes en el AMB pueden compensar entre el 4 y el 10% de las emisiones antropogénicas de CO₂. Se utilizaron observaciones de la red para validar el modelo, mostrando además que las concentraciones de CO₂ modelizadas con el inventario de RESPIRE-CLIMATE concuerdan bien con las observaciones, aunque el modelo generalmente tiende a subestimarlas (**Figura 30**). Estos resultados también fueron presentados en la [EGU General Assembly 2025](#) y en la [Urban Greenhouse Gas Conference and Stakeholder Summit 2025](#) (contribuciones detalladas en la Sección 6.2).

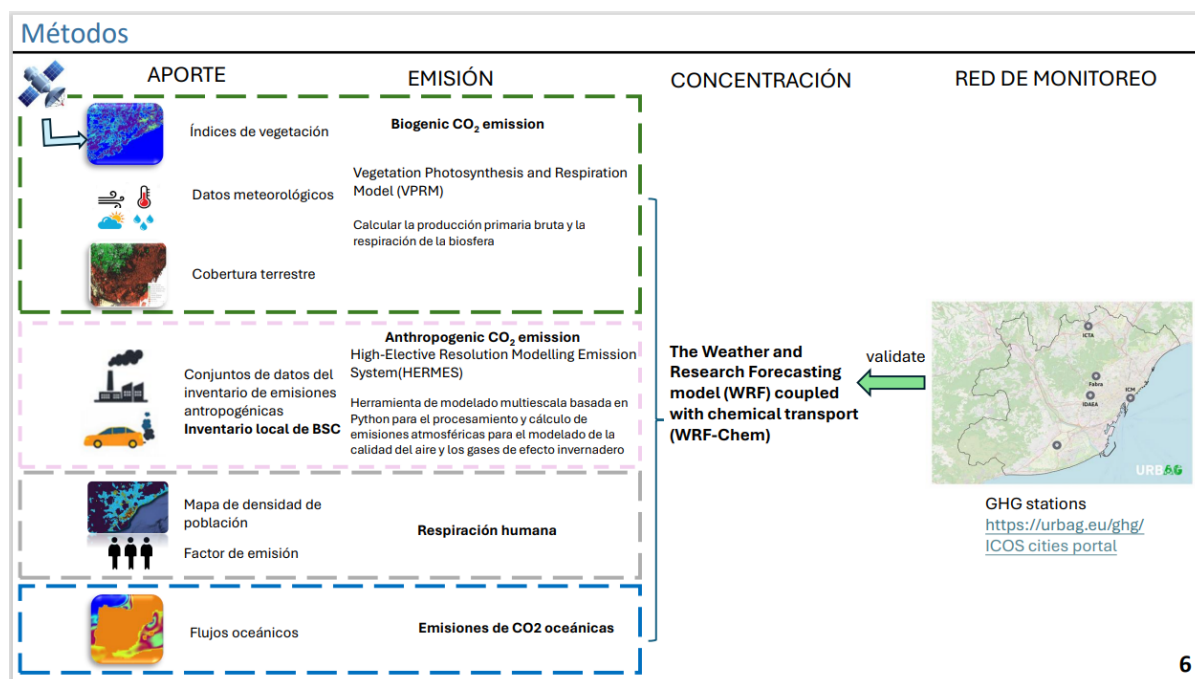


Figura 30. Diapositiva de la presentación de Qing Luo en la que se muestra el esquema metodológico seguido para la estimación de concentraciones de CO₂ en el AMB. Se muestran las contribuciones de vegetación, emisiones antropogénicas, respiración humana y flujos oceánicos al modelo de transporte químico acoplado al modelo meteorológico [WRF-Chem](#), cuya validez es evaluada mediante las observaciones de la red de estaciones de GEI.

² https://urbag.eu/wp-content/uploads/2025/11/Respire-workshop_Qing_13Nov.pdf

5.2 Proyecto KADI

El continente africano contribuye de forma minoritaria al total de emisiones antropogénicas de GEI a escala global. Sin embargo, su papel en el balance global de carbono es significativo y está aumentando debido al cambio de uso de la tierra y la urbanización (IPCC, 2021). Además, África es una de las regiones del mundo más vulnerables a los impactos del cambio climático.

El proyecto KADI (Knowledge and Climate Services from an African Observation and Data Research Infrastructure) tiene como objetivo diseñar un sistema de observación climática pan-africano, utilizando los servicios climáticos como principio orientador. Esto implica establecer una infraestructura de observación climática en toda África para recopilar datos relevantes y proporcionar servicios climáticos a los usuarios, además de ampliar la red de información actual como base para una cooperación exitosa y sostenible. Pretende como fin último desarrollar una estrategia sólida para la implementación y uso futuro del sistema de observación climática en África, en estrecha conexión con los posibles actores y usuarios. Esto implica involucrar a las partes interesadas relevantes, como los sistemas de observación y las comunidades de usuarios, las organizaciones de investigación, los gobiernos, las instituciones financieras y las comunidades locales, para garantizar que el sistema sea utilizado de manera efectiva y sostenible (KADI Consortium, 2022).

Este proyecto, liderado por ICOS-ERIC, se desarrolla en el período 2022-2025 y cuenta con las siguientes instituciones: University of the Witwatersrand (Johannesburg), National Research Foundation (Sudáfrica), University of Pretoria (Sudáfrica), Helsingin Yliopisto (Finlandia), Centre National de la Recherche Scientifique (Francia), Université Félix Houphouët-Boigny (Costa de Marfil), Kenya Meteorological Department (Kenia), Turun Yliopisto (Finlandia), Trinity College Dublin (Irlanda), Norwegian Research Centre (Noruega), Hellenic Centre for Marine Research (Grecia), Eidgenössisches Departement des Innern (Suiza) y AEMET.

Las contribuciones más destacadas de AEMET a este proyecto durante el periodo 2023–2024 se centraron en los paquetes de trabajo 1 (WP1), 3 (WP3) y 5 (WP5). En el caso del WP1, dedicado a la definición de los Servicios Climáticos, AEMET ha contribuido al análisis de las carencias observacionales en los sistemas de observación actuales de la composición atmosférica sobre el continente africano. Como centro de calibración de AERONET y participante en diversos proyectos de cooperación en África, AEMET ha compartido en KADI su experiencia observacional, así como las necesidades actuales para el diseño eficiente de una infraestructura panafricana.

Dentro del WP3, centrado en el diseño estratégico de la infraestructura observacional africana, AEMET ha aportado a KADI su experiencia en proyectos de cooperación con África, proporcionando información relevante para establecer las bases de una infraestructura panafricana de investigación y observación de la composición atmosférica. Esta experiencia se centra en la revisión y el análisis de la situación de las observaciones disponibles en África, con especial atención a los aerosoles y a las concentraciones de gases, así como al uso de instrumentación de bajo coste, que desempeñará un papel clave en el diseño de KADI. Otro elemento esencial en el diseño de una infraestructura de investigación de este tipo es la capacidad de armonización e integración de diferentes técnicas de medición dentro de una red supranacional. En este sentido, la experiencia adquirida en la Acción COST HARMONIA, así como otras actividades de AEMET dentro de ACTRIS relacionadas con estas tareas de armonización, se han compartido en KADI para garantizar la eficiencia de la infraestructura diseñada. La difusión de información y la formación de personal también han sido un valor añadido aportado por AEMET a este paquete de trabajo. En particular, los siguientes cursos impartidos a operadores africanos se han incluido dentro de las acciones de este período: SDS-WAS Training School on Sunphotometer and Brewer Calibration (30 de octubre – 3 de noviembre de 2023) y Atelier SDS-WAS Afrique Chad (16 de octubre

de 2024). Dentro de este mismo paquete de trabajo, AEMET también ha aportado información sobre programas operativos que se llevan a cabo actualmente en el continente africano dentro del Inventario de Estaciones de Observación, Proyectos de Recopilación de Datos y Sistemas de Formación (como [WMO-CREWS](#), WMO GAW-Sahara, SALAM o [WMO SDS-WAS](#)), así como sobre nuevos proyectos relacionados con sensores de bajo coste que podrían desempeñar un papel clave en KADI. Además, se ha destacado el papel de AEMET como Centro Regional de Formación de la OMM, ya que proporciona capacidades adicionales para actividades de formación y divulgación, esenciales para apoyar el desarrollo de la infraestructura panafricana prevista.

Finalmente, dentro del WP5, dedicado a la cooperación en políticas, AEMET ha contribuido realizando un análisis detallado de los actores clave, incorporando los contactos establecidos a través de iniciativas en curso como WMO-CREWS. Esto incluye los nuevos contactos realizados con Chad, Mali y Níger.

5.3 Proyecto GEORGE

El proyecto GEORGE (Next Generation Multiplatform Ocean Observing Technologies for Research Infrastructures) pretende proporcionar mejores tecnologías para mejorar la cadena de valor de los datos sobre el sistema de observación del carbonato oceánico. La parte marina de las infraestructuras de investigación europeas en el dominio ambiental (ENVRI) ha implementado con éxito un sistema líder mundial de observaciones oceánicas estandarizadas durante los últimos 15 años, basándose en más de un siglo de experiencias de los institutos marinos involucrados. Esta comunidad ha unido fuerzas en el proyecto GEORGE para llevar estas capacidades al siguiente nivel tecnológico: observaciones sistemáticas autónomas a largo plazo.

El proyecto GEORGE reúne a 28 socios destacados del mundo académico y de la industria, incluidas tres infraestructuras de investigación: [EMSO-ERIC](#), [Euro-Argo-ERIC](#) e [ICOS-ERIC](#). Juntos, estos tres ERIC cubren toda la extensión de las aguas marinas europeas, desde las costas hasta mar abierto y desde el lecho marino hasta el interior y la superficie del océano. El proyecto está coordinado por [ICOS-ERIC](#) y [EMSO-ERIC](#).

El principal objetivo de [EMSO-ERIC](#) es contribuir, a través de observaciones sostenidas a largo plazo, a la comprensión de los procesos ambientales globales y estimular el desarrollo de nuevas tecnologías de observación. [Euro-Argo-ERIC](#) opera aproximadamente una cuarta parte del programa internacional Argo de boyas perfiladoras, que miden principalmente la temperatura y la salinidad del océano desde la superficie del océano hasta 2000 m de profundidad. [ICOS-ERIC](#) mide los niveles de CO₂ y los flujos entre la superficie del océano y la atmósfera desde plataformas fijas de observación oceánica de superficie y barcos de oportunidad (SOOP). Además, esta propuesta se ha conectado con comunidades dentro del marco de ENVRI que están desarrollando más observaciones sistemáticas del océano, concretamente para observaciones costeras ([JERICO](#)) y tecnología de planeadores ([GROOM](#)).

El objetivo primario de GEORGE es proporcionar observaciones de carbono sostenidas en las escalas espaciotemporales necesarias para cuantificar mejor la absorción de CO₂ del océano, el almacenamiento de carbono y las tasas de exportación, lo que sigue siendo un desafío importante principalmente debido a la falta de tecnología autónoma para las observaciones del sistema de carbonato y ha sido reconocido como una prioridad máxima por el Global Ocean Observing System ([GOOS](#)). La filosofía básica detrás de este proyecto es la cadena de valor que conecta las observaciones biogeoquímicas oceánicas con la ciencia, la evaluación y el impacto social. GEORGE contribuirá a la implementación de la estrategia del European Ocean Observing System ([EOOS](#)), hacia un sistema de observación europeo integrado, y trabajará en estrecha colaboración con el International Ocean Carbon Coordination Project ([IOCCP](#)).

El grupo QUIMA de la UPLGC actúa como uno de los grupos de trabajo del proyecto GEORGE. Los participantes de la UPLGC y la empresa canaria OCEOMIC avanzarán en el desarrollo TRL de muestreadores autónomos para SOOP y los optimizarán para mediciones del sistema de carbonato, incorporando sistemas de conservación de muestras mediante la inyección de biosidas, almacenamiento hermético al gas y monitorización de temperatura y salinidad en la entrada de la muestra.

5.4 COCCON-España

La red nacional COCCON-España pretende cubrir la actual falta de monitorización extensiva de GEI en España a través de la implantación de una red de estaciones para su medida a escala nacional. Esta iniciativa, coordinada por AEMET, se enmarca en el proyecto de modernización de las redes de observación y digitalización de los procesos de producción para el desarrollo de servicios meteorológicos inteligentes en un contexto de cambio climático (C05.I03.P51), que se integra en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia ([PRTR](#)) del Gobierno de España, financiado con los fondos aprobados por el Consejo Europeo del 21 de julio de 2020, para hacer frente a las consecuencias de la pandemia internacional provocada por la COVID-19.

La red COCCON-España, nodo nacional de la infraestructura de investigación Collaborative Carbon Column Observing Network ([COCCON](#)), estará conformada inicialmente por catorce estaciones para la medida de los principales GEI, cuyas localizaciones potenciales se muestran en la **Figura 31**. Estos emplazamientos han sido seleccionados atendiendo a su ubicación en las principales zonas fuente de emisión de GEI urbano/industriales (i.e., Madrid y Barcelona), así como en ambientes de fondo, bajo diferentes condiciones de reflectancia superficial para su posible aplicación en la validación de medidas satelitales. Además, se ha perseguido que cubran una distribución geográfica homogénea, representativa de los máximos gradientes latitudinales en España. Así, las estaciones COCCON-España serán: Observatorio Atmosférico de Izaña (IZO), Observatorio de Santa Cruz de Tenerife (SCO), Delegación de AEMET en A Coruña (COR), Delegación de AEMET en Cataluña (BCN), y Servicios Centrales de AEMET (MAD), dependientes de AEMET; Estación de Sondeos Atmosféricos de El Arenosillo (ARN), Campus de Torrejón de Ardoz (TOR) y Campus de La Marañosa (MAR), pertenecientes al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA); Campus de Leganés de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3); Centro de Investigación de la Baja Atmósfera (CIB) de la Universidad de Valladolid; Plataforma Solar de Almería (PSA) dependiente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT); Campus de Agrópolis de la Universidad Politécnica de Barcelona (CAB); Campus de la Alimentación de Torribera de la Universidad de Barcelona (UB) y Observatorio de Fabra de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (FAB).

Tal y como recoge el informe científico del Grupo de Expertos In Situ de EIONET de la Agencia Europea del Medioambiente (Matthews et al., 2020), la monitorización de zonas urbanas es crítica. Por una parte, son particularmente vulnerables a la contaminación del aire, los fenómenos meteorológicos extremos y los efectos del cambio climático; por otra parte, las áreas urbanas son actualmente los grandes focos de emisión de GEI (concentran aproximadamente el 70% de las emisiones de CO₂ y hasta un 50% de las emisiones globales de GEI). Este informe repasa, además, las diferentes técnicas de medida disponibles en la actualidad para la monitorización de GEI, destacando el papel clave de la técnica de espectrometría de infrarrojo por transformada de Fourier, que empleará COCCON-España. Por ello, como se mencionó anteriormente, COCCON-España también contempla la monitorización de los flujos de emisión de GEI (no solo concentraciones atmosféricas) en zonas clave, como son las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona. Se prevé así la instalación de instrumentación adicional en estas ciudades, perimetrando las zonas metropolitanas para la estimación de sus correspondientes emisiones.

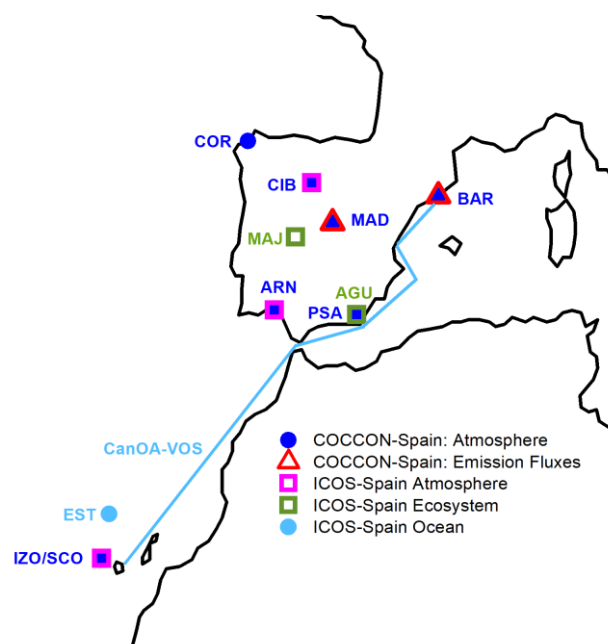


Figura 31. Distribución de las estaciones potenciales de la red COCCON-España (en azul y rojo). En magenta, verde y celeste se muestran aquellas estaciones que forman parte de ICOS-España en los dominios atmosférico, de ecosistemas y oceánico, respectivamente.

COCCON-España dispondrá de estaciones híbridas combinadas con ICOS-España y proyectos asociados (**Figura 31**) con el objetivo de establecer la base para un sistema de observación de GEI permanente y consolidado a escala nacional. Por tanto, COCCON-España supondrá una mejora sustancial de los sistemas nacionales de observación de la composición química atmosférica, incorporando variables climáticas esenciales para la vigilancia y el estudio del sistema climático y la prevención de riesgos climáticos. Además, podrá emplearse como entrada para modelos numéricos dinámicos y estadísticos que generen proyecciones futuras del cambio climático. Mejorar nuestro conocimiento actual de las fuentes y sumideros de GEI en España tiene implicaciones directas en el desarrollo y establecimiento de las estrategias nacionales de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

6 Difusión, formación y comunicación científica (2023–2024)

6.1 Portal web y redes sociales

La página web de ICOS-España (<https://icos-spain.aemet.es/>) desempeña un papel fundamental en la divulgación del trabajo, la investigación y las actividades llevadas a cabo por la red nacional (ver la **Figura 32**). Este portal reúne tanto la información más relevante sobre ICOS-España y sus estaciones como secciones destinadas a difundir las publicaciones científicas, el acceso a los datos y la comunicación de novedades.

Además, ICOS-España dispone de una cuenta en la red social X ([@ICOS_Spain](https://twitter.com/ICOS_Spain)) que complementa a la página web en un formato más inmediato y accesible. A través de esta plataforma se comparten noticias, eventos y contenidos relacionados con las actividades de ICOS-España y de sus estaciones, así como información general sobre la monitorización de GEI, el cambio climático y las iniciativas de ICOS-ERIC.



Figura 32. Página principal de la web de ICOS-España (<https://icos-spain.aemet.es/>).

6.2 Publicaciones y contribuciones a congresos

6.2.1 Artículos científicos en revistas con revisión por pares

- Adame, J. A., Padilla, R., Gutiérrez-Álvarez, I., Bogeat, J. A., López, A., and Yela, M.: Greenhouse gases in the tall tower of El Arenosillo station in Southwestern Europe: First-year of measurements, *Atmospheric Research*, 299, 107221, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107221>, 2024.
- Curbelo-Hernández, D., González-Santana, D., González-González, A., Santana-Casiano, J. M., and González-Dávila, M.: Spatio-temporal variations in surface Marine Carbonate System

properties across the Western Mediterranean Sea using Volunteer Observing Ship data, *Biogeosciences*, 22, 3329–3356, <https://doi.org/10.5194/bg-22-3329-2025>, 2025.

- Estruch, C., Curcoll, R., Morguí, J.-A., Segura-Barrero, R., Vidal, V., Badia, A., Ventura, S., Gilabert, J., and Villalba, G.: Exploring how the heterogeneous urban landscape influences CO₂ concentrations: The case study of the Metropolitan Area of Barcelona, *Urban Forestry & Urban Greening*, 99, 128438, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128438>, 2024.
- González-Dávila, M., and Santana-Casiano, J. M.: Long-term trends of pH and inorganic carbon in the Eastern North Atlantic: the ESTOC site, *Frontiers in Marine Science*, 10, 1236214, <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1236214>, 2023.
- Nair, R., Luo, Y., El-Madany, T., Rolo, V., Pacheco-Labrador, J., Caldararu, S., Morris, K. A., Schrupf, M., Carrara, A., Moreno, G., Reichstein, M., and Migliavacca, M.: Nitrogen availability and summer drought, but not N:P imbalance, drive carbon use efficiency of a Mediterranean tree-grass ecosystem, *Global Change Biology*, 30, e17486, <https://doi.org/10.1111/gcb.17486>, 2024.
- Padilla, R., Adame, J. A., Hidalgo, P. J., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Ground-based and AIRS carbon monoxide behavior at El Arenosillo observatory (Southwestern Europe), *Atmospheric Environment*, 310, 119962, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119962>, 2023.
- Padilla, R., Adame, J. A., Hidalgo, P. J., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Short-term trend and temporal variations in atmospheric methane at an Atlantic coastal site in Southwestern Europe, *Atmospheric Environment*, 333, 120665, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120665>, 2024.
- Paulus, S. J., Orth, R., Lee, S.-C., Hildebrandt, A., Jung, M., Nelson, J. A., El-Madany, T. S., Carrara, A., Moreno, G., Mauder, M., Groh, J., Graf, A., Reichstein, M., and Migliavacca, M.: Interpretability of negative latent heat fluxes from eddy covariance measurements in dry conditions, *Biogeosciences*, 21, 2051–2085, <https://doi.org/10.5194/bg-21-2051-2024>, 2024.

6.2.2 Contribuciones a congresos (comunicaciones orales y pósteres)

- Adame, J. A., Padilla, R., Gutiérrez-Álvarez, I., Bogeat, J. A., López, A., and Yela, M.: Carbon dioxide, methane and carbon monoxide observed over one year at the tall tower of El Arenosillo station in Southwestern Europe, *ICOS Science Conference 2024*, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- Burchard-Levine, V., Nieto, H., Martín, M. P., Gonzalez-Cascon, R., Mary, B., Raya-Sereno, M. D., Riaño, D., Herrezuelo, M., Pfitzer, D., and Carrara, A.: Evaluación de un modelo de balance energético de tres fuentes para estimar los flujos de agua y energía en ecosistemas de dehesa mediante imágenes de satélite Copernicus, *XX Congreso de la Asociación Española de Teledetección*, Cádiz, Spain, 4–7 June 2024.
- Carrara, A., López, R., and Calatayud, V.: URBFLUX project: Monitoring urban and peri-urban CO₂ and energy fluxes in the city of Valencia, *ICOS Science Conference 2024*, Versailles, France, 10–12 September 2024.

- Curbelo-Hernández, D., González-Santana, D., González-González, A., Santana-Casiano, J. M., and González-Dávila, M.: Surface CO₂ system dynamics along the western Mediterranean Sea based on high-frequency measurements from a Volunteer Observing Ship, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- García, O. E., García, R. D., Cuevas, E., McKenzie, M. M., Guijarro, J. A., Izquierdo, S., Bustos, J. J., Marrero, C. L., Ramos, R., Rivas-Soriano, P. P., Reyes, E., and León-Luis, S. F.: Warming and Climate sensitivity from Long-term Temperature Records at Free Tropospheric Conditions, Clivar 2023: Towards an integrated view of climate, Madrid, Spain, 24–26 January 2023.
- García, O. E., Cuevas, E., Rivas-Soriano, P. P., Taquet, N., and León-Luis, S. F.: Comparability of greenhouse gas mixing ratios obtained by in-situ and remote measurements techniques at Izaña Atmospheric Observatory in different scenarios, WMO International Greenhouse Gas Monitoring Symposium, Geneva, Switzerland, 30 January–1 February 2023.
- García, O. E., Cuevas, E., Hase, F., Blumenstock, T., Sepúlveda, E., Taquet, N., León-Luis, S. F., Ramos, R., Dubravika, D., Alberti, C., Barreto, A., Álvarez, O., Alcántara, A., Carreño, V., Rivas-Soriano, P. P., Bouisan, S., García, R. D., and Almansa, F.: COCCON-Spain: Towards an Integrated Greenhouse Gas Observation System in Spain, NDACC-IRWG/TCCCON/COCCON Annual Meeting 2023, Spa, Belgium, 12–16 June 2023.
- García, O. E., Sepúlveda, E., Alcántara, A., León, S., Schneider, M., Blumenstock, T., Hase, F., Groß, J., Röhlings, A., and Herkommer, B.: Izaña site report: NDACC/TCCCON/COCCON, NDACC-IRWG/TCCCON/COCCON Annual Meeting 2023, Spa, Belgium, 12–16 June 2023.
- García, O. E., Cuevas, E., Hase, F., Blumenstock, T., Rivas-Soriano, P. P., León-Luis, S. F., Ramos, R., Taquet, N., and Sepúlveda, E.: COCCON-Spain: Towards an Integrated Greenhouse Gas Observation System in Spain, Workshop on Observations within the Global Greenhouse Gas Watch, World Meteorological Organization, Geneva, 2–4 October 2023.
- García, O. E.: IARC-AEMET activities during the 2021 La Palma volcano eruption, II Vulcana International Symposium on Submarine Volcanology of the Canary Islands, Instituto Español de Oceanografía – Consejo Superior de Actividades Científicas, Santa Cruz de Tenerife, 1 December 2023.
- García, O. E., Taquet, N., Sepúlveda, E., Ramos, R., Hase, F., Dubravika, D., Alcántara, A., Guerola, J., Rivas-Soriano, P. P., León-Luis, S. F., Carreño, V., Yela, M., Adame, J. A., Villalba-Méndez, G., Curcoll, R., Calle, A., Toledano, C., Martín-Mateos, P., Moreno-Oyervides, A., Bonilla-Manrique, Ó., Alonso-Montesinos, J. M., Ballestrín-Bolea, J. M., and Torres, C.: COCCON-España: Hacia un Sistema Integrado de Gases de Efecto Invernadero en España, XX Congreso Nacional de Teledetección, Cádiz, 3–6 June 2024.
- García, O. E., Taquet, N., Sepúlveda, E., Ramos, R., Hase, F., Dubravika, D., Alcántara, A., Guerola, J., Rivas-Soriano, P. P., León-Luis, S. F., Carreño, V., Yela, M., Adame, J. A., Villalba-Méndez, G., Curcoll, R., Calle, A., Toledano, C., Martín-Mateos, P., Moreno-Oyervides, A., Bonilla-Manrique, Ó., Alonso-Montesinos, J. M., Ballestrín-Bolea, J. M., Guevara, M., Pérez-Pando, C., and Torres, C.: COCCON-España: Hacia un Sistema Integrado

de Gases de Efecto Invernadero en España, 17ª Edición del Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 2024), Madrid, 2–5 December 2024.

- González, A. G., Santana-Casiano, J. M., Curbelo-Hernández, D., González-Santana, D., Castro-Álamo, A., and González-Dávila, M.: La importancia de medir el dióxido de carbono y la acidificación en el océano de Canarias: cómo hacerlo y para qué?, FIMAR 2023, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 16–18 June 2023.
- González, A. G., González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M., González-Santana, D., and Castro-Álamo, A.: Estudio de la variabilidad estacional y espacial de los parámetros del sistema del CO₂ y el intercambio de CO₂ entre atmósfera y océano, Jornadas de Adaptación al Cambio Climático, Santiago Island, Cape Verde, 19 October 2023.
- González-Dávila, M., Curbelo-Hernández, D., Santana-Casiano, J. M., González-González, A., and González-Santana, D.: Volunteer Observing Ships in transitional oceanic regions: the Northeast African upwelling and the Strait of Gibraltar, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria & Online, 23–28 April 2023.
- González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M., González-González, A., and González-Santana, D.: Ocean acidification observation network in the Canary Islands coastal region, Ocean Sciences Meeting 2024, New Orleans, Louisiana, USA, 18–23 February 2024.
- Hanggara, B., El-Madany, T., Carrara, A., Metzger, S., Hildebrandt, A., Reichstein, M., and Lee, S.-C.: Warming and cooling effects based on CO₂ fluxes and albedo changes in different N:P ratios in Mediterranean savanna ecosystem, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- León-Luis, S. F., Dávila, M., Rivas-Soriano, P. P., González, A., Delory, E., and Torres-García, C.: Correlation between the CO₂ time series of the Izaña atmospheric station and the ESTOC oceanic station, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- León-Luis, S. F., Adame-Carnero, J. A., Rivas-Soriano, P. P., Yela-González, M., and Torres-García, C.: ICOS-Spain atmospheric stations detected transoceanic transport of emissions from Canadian fires over the North Atlantic, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- Luo, Q., Segura-Barrero, R., Badia, A., Lauvaux, T., Li, J., Chen, J., and Villalba, G.: High-Resolution Accounting for the Urban Biogenic CO₂ Emissions: Insights from the Metropolitan Area of Barcelona, Urban Greenhouse Gas Conference and Stakeholder Summit 2025 (WMO / IG3IS), Geneva, Switzerland, 7–9 April 2025.
- Luo, Q., Segura-Barrero, R., Badia, A., Lauvaux, T., Li, J., Chen, J., and Villalba, G.: High-Resolution Quantification of Biogenic CO₂ Fluxes over a Metropolitan Area, EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, 27 April–2 May 2025.
- Nadolski, L., El-Madany, T., Carrara, A., Nelson, J., Hildebrandt, A., Reichstein, M., and Lee, S.-C.: Detecting multiscale carbon controls in a Mediterranean tree-grass ecosystem with

different fertilization treatments, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 April 2024.

- Nadolski, L. D., El-Madany, T. S., Nelson, J. A., Carrara, A., Moreno, G., Nair, R. K. F., Luo, Y., Hildebrandt, A., Rolo, V., Reichstein, M., and Lee, S.-C.: Altered Seasonal Sensitivity of Net Ecosystem Exchange to Controls Driven by Nutrient Balances in a Semi-arid Savanna, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 April 2024.
- Padilla, R., Adame, J. A., Hidalgo, P. J., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Atmospheric methane as driver of regional climate change in a natural-coastal environment, VI Congreso Internacional de Biodiversidad y Conservación de la Naturaleza: divulgación y transferencia del conocimiento entre los distintos sectores de la sociedad, Huelva, Spain, 14–17 September 2023.
- Padilla, R., Adame, J. A., Hidalgo, P. J., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Atmospheric methane behavior in an Atlantic coastal environment in Southwestern Europe, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, 10–12 September 2024.
- Taquet, N., García, O. E., Champion, R., Boulesteix, T., Stremme, W., Rivera, C., Grutter, M., Barreto, A., Álvarez, O., León-Luis, S. F., Ramos, R., Carreño, V., Almansa, F., Hase, F., and Blumenstock, T.: COCCON activities during the 2021 La Palma volcano eruption, NDACC-IRWG/TCCCON/COCCON Annual Meeting 2023, Spa, Belgium, 12–16 June 2023.
- Taquet, N., Sepúlveda, E., García, O. E., Barreto, A., Álvarez, O., León-Luis, S. F., Ramos, R., Marrero, C., Torres, C., Hase, F., Groß, J., Herkommer, B., Dubravika, D., Alberti, C., Boulesteix, T., Lauvaux, T., Che, K., Abdallah, C., Champion, R., Stremme, W., Grutter, M., and Rivera, C.: COCCON-Spain: Potential new products and applications, NDACC-IRWG/TCCCON/COCCON Annual Meeting 2024, Boulder (Colorado, USA), 8–12 July 2024.
- Taquet, N., Sepúlveda, E., García, O. E., Boulesteix, T., Champion, R., Stremme, W., Grutter, M., Ramos, R., Barreto, A., Alcántara, A., Álvarez, O., León-Luis, S., Marrero, C., Torres, C., Hase, F., Groß, J., Herkommer, B., Dubravika, D., Alberti, C., and Rivera, C.: Characterization of anthropogenic and volcanic gas emissions using ground-based FTIR and UV spectroscopy, SciFo-EGC Conference, Faculty of Science, University of Yaounde I, Yaounde, Cameroon, 24–26 October 2024.

6.2.3 Publicaciones técnicas sin revisión por pares

- Cuevas, E., García, O. E., Rivas, P. P., and León-Luis, S. F.: Izaña Observatory registers a new record in the atmospheric CO₂ concentration, while the presence of other greenhouse gases in the atmosphere continues to increase, CIAI-AEMET online technical note, 2023.
- Curbelo-Hernández, D., Santana-Casiano, J. M., González, A. G., Castro-Álamo, A., and González-Dávila, M.: El intercambio de CO₂ entre la atmósfera y el océano en el Atlántico Nororiental y el estrecho de Gibraltar, medido a través de barcos de observación voluntaria, Okeanos: Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, 17, 38–43, 2023.
- Rivas, P. P., León-Luis, S. F., García, O. E., and Torres, C.: The Izaña Observatory confirms that the growth rate of the main greenhouse gases continues to increase. The atmospheric CO₂ mole fraction reaches a new historical record, CIAI-AEMET online technical note, 2024.

6.3 Actividades de formación y divulgación

- Tesis doctoral “Dinámica del metano y del monóxido de carbono atmosféricos en la región costera del Golfo de Cádiz”, iniciada en febrero de 2021.
- Trabajo de Fin de Máster “Metano en el Golfo de Cádiz”, desarrollado en el Máster Oficial en Tecnología Ambiental de la Universidad Internacional de Andalucía y la Universidad de Huelva durante el curso 2022–2023 y defendido en diciembre de 2023.
- Trabajo de Fin de Máster “Observaciones de dióxido de carbono en un entorno costero atlántico”, desarrollado en el Máster Oficial en Tecnología Ambiental de la Universidad Internacional de Andalucía y la Universidad de Huelva durante el curso 2023–2024 y defendido en diciembre de 2024.
- Dos conferencias impartidas por José A. Adame en los Seminarios Avanzados del Máster en Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva y la Universidad Internacional de Andalucía, en mayo de 2023 y mayo de 2024.
- Conferencia impartida por José A. Adame en el Máster en Recursos Naturales de la Universidad de León, durante el curso 2022/2023, en febrero de 2023.
- Charla “Acción Climática Canarias”, impartida por Aridane González en el evento organizado por la Delegación Territorial de AEMET en Canarias con motivo del Día Meteorológico Mundial 2024.
- Seminario impartido por José A. Adame en las III Jornadas Regionales de Educación en Ciencias, Tecnología e Ingeniería, celebradas en la Universidad de Castilla-La Mancha, el 15 de noviembre de 2023.
- Conferencia impartida por José A. Adame en la exposición “El INTA en Huelva”, celebrada en el Puerto de Huelva en mayo de 2024.
- Publicación de entradas en el blog divulgativo del grupo QUIMA del IOCAG-ULPGC (<https://eacfe-quima.blogspot.com>).
- Visitas de estudiantes de secundaria, grado y máster, así como de otros grupos (representantes públicos y asociaciones diversas), a la ESAt de El Arenosillo, en el marco del programa de visitas del CEDEA (Centro de Experimentación de El Arenosillo), con un total de quince visitas entre 2023 y 2024.

7 Miembros de la red ICOS-España

7.1 Delegados en la Asamblea General de ICOS-ERIC

- María Vallejo Abascal – Subdirección General de Consorcios, Organismos e Infraestructuras Científicas Internacionales; Secretaría General de Investigación; Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU).
- Dr. Emilio Cuevas Agulló (hasta agosto 2023); Punto Focal ICOS-España – Director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Carlos Torres García (desde septiembre 2023); Punto Focal ICOS-España – Director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Dr. Melchor González Dávila – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

7.2 Estación Oceánica CanOA-VOS

- Dr. Melchor González Dávila; Investigador Principal – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Dr. Aridane González González; Investigador – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Dra. Juana Magdalena Santana Casiano; Investigadora – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Dr. David González Santana; Investigador – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Dr. David Curbelo Hernández; Investigador – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Adrián Castro Álamo; Responsable de mantenimiento – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

7.3 Estación Atmosférica del CIBA

- Dr. Abel Calle Montes; Investigador Principal – Grupo de Óptica Atmosférica (GOA); Universidad de Valladolid (UVa).
- Dr. Ramiro González Catón; Investigador – Grupo de Óptica Atmosférica (GOA); Universidad de Valladolid (UVa).

7.4 Estación Atmosférica de El Arenosillo

- Dr. José Antonio Adame; Investigador Principal – Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).
- Dra. Margarita Yela González; Investigadora – Directora del Departamento de Observación de la Tierra y Ciencia del Espacio; Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

7.5 Estación Oceánica ESTOC

- Dr. Eric Delory; Investigador Principal – Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN).
- Dr. Jesús María Arrieta López de Uralde; Investigador – Centro Oceanográfico de Canarias; Instituto Español de Oceanografía – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IEO-CSIC).
- Dr. Melchor González Dávila; Investigador – Grupo QUIMA; Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).
- Dr. Andrés Cianca; Investigador – Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN).

7.6 Estación Atmosférica de Izaña

- Pedro Pablo Rivas Soriano; Investigador Principal – Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Dr. Sergio Fabián León Luis (hasta febrero 2025); Investigador – Tragsatec (en régimen de prestación de servicios en CIAI-AEMET).
- Dr. Ayoze Álvarez Hernández (desde mayo 2025); Investigador – Tragsatec (en régimen de prestación de servicios en CIAI-AEMET).

7.7 Estación de Ecosistema Majadas de Tiétar

- Dr. Arnaud Carrara; Investigador Principal – Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM).
- Dra. M. Pilar Martín Isabel; Investigadora – Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (SpecLab-CSIC).

7.8 ICOS Cities Project

- Dra. Gara Villalba Méndez; Investigadora Principal – Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA); Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).
- Dr. Roger Curcoll; Investigador – Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA); Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).
- Dra. Vanessa Monteiro; Investigadora – Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA); Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

7.9 ICOS KADI

- Dra. África Barreto Velasco; Investigadora Principal – Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Dra. Omaira E. García Rodríguez; Investigadora – Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

7.10 COCCON-España

- Dra. Omaira E. García Rodríguez; Investigadora Principal – Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI); Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

- Dr. Eliezer Sepúlveda Hernández; Investigador – Tragsatec (en régimen de prestación de servicios en CIAI-AEMET).
- Dra. Noémie Taquet; Investigadora – Tragsatec (en régimen de prestación de servicios en CIAI-AEMET).
- Dra. Iballa Cabello García (desde enero 2025); Investigadora – Tragsatec (en régimen de prestación de servicios en CIAI-AEMET).

8 Referencias

- Adame, J. A., Gutiérrez-Álvarez, I., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Ground-based and OMI-TROPOMI NO₂ measurements at El Arenosillo Observatory: Unexpected upward trends, *Environmental Pollution*, 264, 114771, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114771>, 2020.
- Adame, J. A., Gutiérrez-Álvarez, I., Cristofanelli, P., Notario, A., Bogeat, J. A., Bolívar, J. P., and Yela, M.: Surface ozone trends at El Arenosillo observatory from a new perspective, *Environmental Research*, 214, 113887, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113887>, 2022.
- Adame, J. A., Lope, L., Sorribas, M., Notario, A., and Yela, M.: SO₂ measurements in a clean coastal environment of Southwestern Europe: Sources, transport and influence in the formation of secondary aerosols, *Science of the Total Environment*, 716, 137075, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137075>, 2020.
- Adame, J. A., Padilla, R., Gutiérrez-Álvarez, I., Bogeat, J. A., López, A., and Yela, M.: Greenhouse gases in the tall tower of El Arenosillo station in Southwestern Europe: First-year of measurements, *Atmospheric Research*, 299, 107221, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107221>, 2024.
- Cuevas, E., González, Y., Rodríguez, S., Guerra, J. C., Gómez-Peláez, A. J., Alonso-Pérez, S., Bustos, J., and Milford, C.: Assessment of atmospheric processes driving ozone variations in the subtropical North Atlantic free troposphere, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 1973–1998, <https://doi.org/10.5194/acp-13-1973-2013>, 2013.
- Estruch, C., Curcoll, R., Morguá, J.-A., Segura-Barrero, R., Vidal, V., Badia, A., Ventura, S., Gilabert, J., and Villalba, G.: Exploring how the heterogeneous urban landscape influences CO₂ concentrations: The case study of the Metropolitan Area of Barcelona, *Urban Forestry & Urban Greening*, 99, 128438, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128438>, 2024.
- García, O. E., Schneider, M., Sepúlveda, E., Hase, F., Blumenstock, T., Cuevas, E., Ramos, R., Gross, J., Barthlott, S., Röhlting, A. N., Sanromá, E., González, Y., Gómez-Peláez, A. J., Navarro-Comas, M., Puentedura, O., Yela, M., Redondas, A., Carreño, V., León-Luis, S. F., Reyes, E., García, R. D., Rivas, P. P., Romero-Campos, P. M., Torres, C., Prats, N., Hernández, M., and López, C.: Twenty years of ground-based NDACC FTIR spectrometry at Izaña Observatory – overview and long-term comparison to other techniques, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 15519–15554, <https://doi.org/10.5194/acp-21-15519-2021>, 2021.
- Gómez-Peláez, A. J., Ramos, R., Gómez-Trueba, V., Novelli, P., and Campo-Hernández, R.: A statistical approach to quantify uncertainty in carbon monoxide measurements at the Izaña global GAW station: 2008–2011, *Atmospheric Measurement Techniques*, 6, 787–799, <https://doi.org/10.5194/amt-6-787-2013>, 2013.
- Gómez-Peláez, A. J., Ramos, R., Cuevas, E., Gómez-Trueba, V., and Reyes, E.: Atmospheric CO₂, CH₄, and CO with the CRDS technique at the Izaña Global GAW station: instrumental tests, developments, and first measurement results, *Atmospheric Measurement Techniques*, 12, 2043–2066, <https://doi.org/10.5194/amt-12-2043-2019>, 2019.
- ICOS-ERIC: ICOS Atmospheric Station Specifications, Version 2.0, ICOS-ERIC, <https://doi.org/10.18160/GK28-2188>, 2020.

ICOS-ERIC: ICOS Handbook 2024, 4th Edn., ICOS-ERIC, <https://doi.org/10.18160/28AV-80QR>, 2024.

IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>, 2013.

IPCC: 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, <https://doi.org/10.1017/9781009157896>, 2021.

KADI Consortium: KADI – Knowledge and Climate Services from an African Observation and Data Research Infrastructure. Horizon Europe Project (Grant Agreement No. 101058525), <https://doi.org/10.3030/101058525>, 2022–2025.

Matthews, B., García, O. E., Cuevas, E., Spangl, W., and Castro, P.: Report on how EIONET and EEA can contribute to the urban in situ requirements of a future Copernicus anthropogenic CO₂ observing system, European Environment Agency (EEA) – Negotiated procedure No EEA/IDM/R0/17/008, 2020.

Rodríguez, S., González, Y., Cuevas, E., Ramos, R., Romero, P. M., Abreu-Afonso, J., and Redondas, A.: Atmospheric nanoparticle observations in the low free troposphere during upward orographic flows at Izaña Mountain Observatory, Atmospheric Chemistry and Physics, 9, 6319–6335, <https://doi.org/10.5194/acp-9-6319-2009>, 2009.

Schmitt, R., Schreiber, B., and Levin, I.: Effects of long-range transport on atmospheric trace constituents at the baseline station Tenerife (Canary Islands), Journal of Atmospheric Chemistry, 7, 335–351, <https://doi.org/10.1007/BF00058709>, 1988.

Sorribas, M., Adame, J. A., Andrews, E., and Yela, M.: An anomalous African dust event and its impact on aerosol radiative forcing on the Southwest Atlantic coast of Europe in February 2016, Science of the Total Environment, 583, 269–279, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.145>, 2017.

Torres, C. J., Milford, C., Barreto, Á., Bustos, J. J., García, O. E., García, R. D., Marrero, C., Prats, N., Ramos, R., Redondas, A., Reyes, E., Rivas-Soriano, P. P., Romero-Campos, P. M., Trasobares, I., Schneider, M., Yela, M., Belmonte, J., Almansa, F., López-Solano, C., Werner, E., Rodríguez, S., Alcántara, A., Álvarez-Hernández, A., Álvarez, O., Bayo, C., Berjón, A., Borges, A., Cabello, I., Carreño, V., Castro, N. J., China, N., Cruz, A. M., Damas, M., González, P., González, Y., Guerola, J., Hernández, C., Hernández, J., León-Luís, S. F., López-Fernández, R., López-Solano, J., Mármol, I., Martín, J. I., Martín, T., Naranjo, A., Parra, F., Querol, B., Rey, C., Rodríguez-Valido, M., Santana, D., Santo-Tomás, F., Sepúlveda, E., Serrano, A., Taquet, N. L., and Tovar, I.: Izaña Atmospheric Research Center Activity Report 2023–2024, Tech. Rep. WMO/GAW Report No. 322, State Meteorological Agency (AEMET) and World Meteorological Organization (WMO), Madrid, Spain and Geneva, Switzerland, <https://doi.org/10.31978/666-26-001-0>, NIPO: 666-26-001-0, 2026.

9 Lista de Acrónimos

ACTRIS – Aerosols, Clouds, and Trace Gases Research Infrastructure

AEI – Agencia Estatal de Investigación

AEMET – Agencia Estatal de Meteorología

AERONET – AErosol RObotic NETwork

AMB – Área Metropolitana de Barcelona

AR4 – Fourth Assessment Report

AR5 – Fifth Assessment Report

AR6 – Sixth Assessment Report

ATC – Atmosphere Thematic Centre

BAPMoN – Background Air Pollution Monitoring Network

CAL – Central Analytical Laboratories

CARBOCAN – Red de Observación de Dióxido de Carbono Oceánico en Canarias

CARS – Central Facility for Aerosols Remote Sensing

CEAM – Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo

CEDEA – Centro de Experimentación de El Arenosillo

CIAI – Centro de Investigación Atmosférica de Izaña

CIBA – Centro de Investigación de la Baja Atmósfera

CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

CO2MVS – Copernicus CO2 Monitoring and Verification Support Capacity

COCCON – Collaborative Carbon Column Observing Network

COP – Conference of the Parties

CRDS – Cavity Ring-Down Spectroscopy

CREWS – Climate Risk and Early Warning Systems

CRL – Central Radiocarbon Laboratory

CSIC – Consejo Superior de Investigaciones Científicas

EIONET – European Environment Information and Observation Network

EMSO-ERIC – European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory – European Research Infrastructure Consortium

ENVRI – Environmental Research Infrastructures

EOOS – European Ocean Observing System

ERIC – European Research Infrastructure Consortium

ESAt – Estación de Sondeos Atmosféricos

ESTOC – European Station for Time Series in the Ocean Canary Islands

ETC – Ecosystem Thematic Centre

EUBREWNET – European Brewer Network

EUMETSAT – European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites

FCL – Flask and Calibration Laboratory

FLUXNET – Global network of eddy covariance flux towers

FMI – Finnish Meteorological Institute

FTIR – Fourier Transform Infrared Spectrometer

GAW – Global Atmosphere Watch

GEI – Gases de efecto invernadero

GEORGE – Next Generation Multiplatform Ocean Observing Technologies for Research Infrastructures

GLODAP – Global Ocean Data Analysis Project

GOA – Grupo de Óptica Atmosférica

GO3OS – Global Ozone Observing System

GOOS – Global Ocean Observing System

ICM – Institut de Ciències del Mar

ICOS – Integrated Carbon Observation System

ICTA – Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals

IDAEA – Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua

IEO – Instituto Español de Oceanografía

IG3IS – Integrated Global Greenhouse Gas Information System

INIA-CSIC – Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria – Consejo Superior de Investigaciones Científicas

INRAE – Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement

INTA – Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

IOCAG – Instituto de Oceanografía y Cambio Global

IOCCP – International Ocean Carbon Coordination Project

IP – Investigador Principal

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IZO – Observatorio de Izaña

JERICO – Joint European Research Infrastructure of Coastal Observatories

KADI – Knowledge and Climate Services from an African Observation and Data Research Infrastructure

LGR – Los Gatos Research

LSCE – Laboratoire des Sciences du Climat et de l’Environnement

MICIU – Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

MPI-BGC – Max Planck Institute for Biogeochemistry

MPLNET – Micro-Pulse Lidar Network

MSA – Monitoring Station Assembly

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NDACC – Network for the Detection of Atmospheric Composition Change

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

NOC – National Oceanography Centre

NORCE – Norwegian Research Centre

OMM – Organización Meteorológica Mundial

OSACT – Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Técnico

OTC – Ocean Thematic Centre

PLOCAN – Plataforma Oceánica de Canarias

PRTR – Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

QUETLAB – Laboratorio de Química y Ecología Trófica

QUIMA – Química Marina

SDS-WAS – Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System

SOCAT – Surface Ocean CO₂ Atlas

SOOP – Ship of Opportunity Programme

TCCON – Total Carbon Column Observing Network

UAB – Universitat Autònoma de Barcelona

UAV – Unmanned Aerial Vehicle

UiB – University of Bergen

UHEI – Heidelberg University

ULPGC – Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

UNITUS – Università degli Studi della Tuscia

UOE – University of Exeter

UVa – Universidad de Valladolid

VOS – Volunteer Observing Ship

WMO – World Meteorological Organization

WOUDC – World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre

WRF-Chem – Weather Research and Forecasting model coupled with Chemistry