

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA



Tiempo y Clima

JULIO 2025 N° 89



SUMARIO

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA
JULIO 2025 - NÚMERO 89 - QUINTA ETAPA

PRESENTACIÓN	3
ACTIVIDADES AME, por Manuel Palomares y Fernando Bullón	4
PERFILES: Liz Bentley, por Ernesto Rodríguez Camino	8
AZARES DEL CLIMA: Algo no cuadra en el balance energético de la Tierra, por José Antonio López Díaz	15
Medio siglo del ECMWF. Parte 2: Principales contribuciones al avance de la predicción numérica del tiempo, por Ernesto Rodríguez Camino	16
FOTOGRAFÍA: Atmósfera, por Imanol Zuaznabar García; Las fotos de la primavera	22
LA IMAGEN DE LA PRIMAVERA: 2 de mayo de 2025. Sistema convectivo mesoescalar, por Darío Cano Espadas	26
CRÓNICA DEL TIEMPO, por Federico Franco, Andrés Chazarra, Imelda Salcedo, Ana Morata, Nuria Casabella, Manuel Mora y Adrián Naray	28
REUNIONES Y CONGRESOS: Próximas citas	34
Trampas del calor, por José Ignacio Prieto	35
Observando una piedra de granizo: ¿podemos saber qué procesos tuvieron lugar en el interior de la tormenta?, por José Luis Sánchez Gómez	38
NOTICIAS: La ONU declara el 12 de julio como Día Internacional, y 2025-2034 como Decenio, para luchar contra las Tormentas de Arena y Polvo; AEMET inaugura un nuevo radar meteorológico en Almagro; Lanzamiento del primer satélite de sondeo atmosférico geoestacionario. por Manuel Palomares	40
La maduración del fruto de la adelfa (<i>nerium oleander</i>) fue extremadamente temprana en 2025 en el centro de la península, por Javier Cano Sánchez	43
Philip Kitcher y la ciencia para el bien común. El filósofo de la ciencia ha recibido el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, por Antonio Diéguez ..	44
Tortugas marinas del Mediterráneo ante el cambio climático, por Juan Antonio Camiñas	46
La transformación de la imagen corporativa del servicio meteorológico español, por Alejandro Méndez Frades	48
Don Luis Buil Bayod y los inicios de la meteorología en Cantabria, por José Luis Arteche García	50
LIBROS: <i>Historias del viento</i> , de Ellen Viste, por Ernesto Rodríguez Camino; <i>Meteorología y huracanes: Benito Viñes, un científico español en Cuba</i> , de Luis Enrique Ramos Guadalupe, por José Miguel Viñes	52

EDITA:

Asociación Meteorológica
Española

DIRECTOR:

José María Sánchez-Laulhé
Ollero

REDACCIÓN:

Ernesto Rodríguez Camino
María Asunción Pastor Saavedra
Manuel Palomares Calderón
Fernando Aguado Encabo
Amadeo Uriel González
José Luis Sánchez Gómez
Esteban Rodríguez Guisado

DIRECCIÓN POSTAL:

Revista Tiempo y Clima
Apartado 60025
28080, MADRID

WEB:

pub.ame-web.org

Revista de difusión gratuita
entre los socios de la AME.
Diseño: Alfredo Niño
Dep. Leg: M-10961-1976
EDICIÓN IMPRESA
ISSN: 2340-6607
EDICIÓN DIGITAL
ISSN: 2340-6631

COLABORACIONES:

Se invita a enviar contribuciones
y correspondencia relativa
a todos los aspectos de la
meteorología, climatología y
ciencias afines.

La responsabilidad por
las opiniones vertidas en
dichas contribuciones es
exclusivamente de sus autores.

FOTO PORTADA

Título: "Supercélula aislada sobre Zaragoza" Autor: Carlos Calvo Sancho

La basílica del Pilar de Zaragoza frente a una supercélula, el 18 de mayo de este año. En primer plano cúmulos de la línea de flanqueo (*flanking line*). Fotografía clasificada en el segundo puesto del Meteoprimevara'2025.

PRESENTACIÓN

Estimados lectores

Hemos iniciado el verano con un mes de junio que, según el informe de Copernicus, servicio de Observación de la Tierra de la UE, a nivel global ha sido el tercero más cálido y para Europa el más cálido de los registrados. Una ola de calor marina excepcional afectó el Mediterráneo occidental, de modo que la temperatura media diaria de la superficie del mar en esta región fue la más alta jamás registrada en junio, con 27 °C. Según un estudio preliminar del grupo World Weather Attribution, los efectos de la ola de calor del 23 de junio al 2 de julio en una docena de grandes ciudades europeas, entre ellas Madrid y Barcelona, produjo 1500 muertes adicionales en dichas ciudades atribuidas al evento meteorológico. El estudio reveló que las personas mayores presentaron la mayor mortalidad, con un 88 % de muertes provocadas por el clima en personas mayores de 65 años. Milán fue la ciudad más afectada en términos absolutos, con 317 muertes, seguida de Barcelona con 286 (84 % de los fallecidos), y en sexto lugar Madrid con 108 muertes atribuidas a la ola de calor (92 % de los fallecidos en los diez días). El número de muertes fue mayor que el de otros eventos meteorológicos extremos recientes agravados por el cambio climático, como las inundaciones que mataron a 224 personas en Valencia en octubre de 2024. Aunque las olas de calor no dejan rastros de destrucción como los incendios

forestales o las tormentas, sus muertes silenciosas se integran en lo que parece la nueva normalidad. Nueva normalidad aceptada por los dirigentes del mundo, como dice el filósofo y arqueólogo belga Van Reybrouck "justo cuando el mundo necesita desesperadamente ancianos sabios, su destino está en manos de dirigentes viejos y despiadados".

En cuanto al contenido de este número de la revista, es de destacar la publicación del primer anuncio de las XXXVII Jornadas de la AME que se celebrarán entre los días 25 y 27 de febrero de 2026 en el Centro Oceanográfico de Málaga. El lema elegido para estas Jornadas es *Extremos meteorológicos y climáticos: integrando ciencia, alertas y respuestas*, de gran interés social tras las trágicas inundaciones de Valencia. Tras el éxito de las Jornadas de Cádiz de 2024, las Jornadas de Málaga tienen que servir para consolidar este evento bienal, y una oportunidad para fortalecer nuestra asociación. También son de destacar la segunda parte del artículo "Medio siglo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF)", y en la sección Perfiles, la entrevista a Liz Bentley, actual presidenta de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS) y, al mismo tiempo, directora ejecutiva de la Royal Meteorological Society (RMetS).

Espero que disfruten de la revista, y cuidense de los rigores del verano, especialmente los mayores de 65 años.

José María Sánchez-Laulhé Ollero
Director de *Tiempo y Clima*

Asambleas General Ordinaria en abril y General Extraordinaria en septiembre



Captura de la videoconferencia de Miguel Ángel Gaertner en el Aula Morán

El pasado 29 de abril se celebró a través de teleconferencia la Asamblea Ordinaria de socios de la AME que debe realizarse una vez al año según los Estatutos. Entre otros acuerdos se aprobó la gestión de la Junta Directiva y las cuentas anuales de 2024, así como el programa de actividades para 2025 y primer trimestre de 2026.

Otro punto importantes de la Asamblea fue la propuesta de cambios en los Estatutos de la AME presentada por la Junta Directiva, cambios, todos ellos, relacionados con las diversas categorías de socios y sus derechos y deberes. Se acordó celebrar una reunión informal de socios para darles la oportunidad de comentar o discutir esos cambios que esencialmente son cuatro:

Concursos fotográficos

METEOPRIMAVERA'2025:

El miércoles 2 de julio 2025 se publicaron en la habitual "gala" a través de videoconferencia, los resultados del Meteopr primavera'2025, concurso que contó con 41 participantes que presentaron 167 fotografías. Todas ellas han quedado expuestas en el álbum correspondiente de la Galería Fotometeo, donde se pueden ver ordenadas por puntuación, empezando por las que fueron seleccionadas para la votación del jurado.

En la gala se contó con la participación de Álvaro Machuca y Marisol Pazos, miembros del comité organizador de nuestros concursos, y que comentaron cada una de las 20 primeras fotografías clasificadas en el concurso que fueron apareciendo en orden inverso a su clasificación. La grabación de este evento, ha quedado subida al canal de Youtube de la AME, donde se puede ver en diferido.

La fotografía ganadora del concurso fue "El corredor norte", captada en la provincia de Álava por Benjamín Porée, y que podemos ver como foto del mes de mayo



"Halo solar y compañía", de Emili Vilamala Benito

en las páginas de fotografía de este número de *Tiempo y Clima*. El segundo puesto fue para "Supercélula aislada sobre Zaragoza", de Carlos Calvosa, una impactante imagen que podemos ver, recortada en

vertical, en la portada de nuestra revista. Y el tercer puesto fue para "La frontera", también de Benjamín Porée, y que como las dos fotografías anteriores y otras muchas de entre las que ocuparon los pri-

1 Suprimir la categoría de “socio fundador” ya que existen actualmente muy pocos socios que se inscribieran en la fecha de fundación de la Asociación en 1964 y no se les aplica ninguna norma diferente de las de los demás socios. Resulta por tanto una categoría innecesaria.

2 Simplificar la descripción de la categoría de socio numerario suprimiendo los requisitos de mantener algún tipo de relación con la Meteorología.

3 Suprimir la categoría de “socio protector” y todas las referencias a ese tipo de socios en los Estatutos. La justificación es que actualmente la única diferencia entre los derechos de los socios numerarios (la gran mayoría) y los “protectores” es que estos últimos no tienen derecho al voto en las asam-

bleas y sin embargo la cuota anual de pertenencia a la AME es muy reducida para los “protectores”. Si se aprueba en la Asamblea, a todos los pertenecientes a esa categoría se les ofrecerá integrarse como socios numerarios con los mismos derechos y deberes del resto de éstos.

4 Reducir de dos a uno el número de años sin haber satisfecho la cuota social para que el interesado sea dado de baja en la Asociación.

En la reunión informal que se celebró el día 17 de junio, solo hubo discusión en torno a detalles no sustanciales. La propuesta definitiva será presentada oficialmente, discutida y eventualmente aprobada en la Asamblea General extraordinaria que se celebrará el día 5 de septiembre, por teleconferencia.

La lista completa de acuerdos de las asambleas de la AME está accesible en la página web.

Actividades de divulgación a través de las videoconferencias del “Aula Morán” y “Libros y sus autores”

En el periodo entre abril a julio (hasta el día 11) de 2025 tuvieron lugar 7 videoconferencias:

- Aula Morán, 11 de julio de 2025: “Experiencias de co-creación de indicadores climáticos para distintos sectores”. Por Anna Boqué-Ciurana (Universidad Rovira i Virgili)

- Aula Morán, 30 de junio de 2025: “Deep Learning y predicción meteorológica”. Por María Teresa García Gálvez (AEMET)

- Aula Morán, 13 de junio de 2025: “Energías renovables emergentes: ¿aprovecharemos esta gran oportunidad?”. Por Miguel Ángel Gaertner Ruiz-Valdepeñas (Universidad de Castilla-La Mancha) →

meros puestos del concurso, muestra una imponente supercélula, en este caso desde la localidad de Zuera, también en Zaragoza. Benjamín, ganador en la última edición del Meteovideo, consigue así alzarse por primera vez con el primer puesto en un concurso estacional de la AME, donde ya había quedado tercero en una ocasión. Por su parte Carlos se estrena en el palmarés de nuestros concursos fotográficos.

Completan las páginas de fotografía de este número de *Tiempo y Clima*, “Explosión de auroras”, de Imanol Zuaznabar, sexta clasificada en el concurso y ganadora del mes de marzo, y “Cumulonimbus calvus con pileus”, de Carme Molist, ganadora del mes de abril. Por último, en contraportada podemos ver, también recortada en vertical, la quinta clasificada en el concurso: “Apocalipsis SP”, tomada por José Miguel García García desde Venta del Olivo, en la provincia de Murcia.

LA FOTO DEL AÑO'2024

Igualmente, en la gala celebrada el 2 de julio, se dieron a conocer los resultados de este premio anual, al que optan las

doce fotografías ganadoras de cada uno de los meses del año anterior en nuestros concursos estacionales. Las fotografías fueron valoradas por los miembros de la Junta Directiva de la AME, resultando un empate en el primer puesto, por lo que

han sido dos fotografías las “fotos del año'2024”: “Halo solar y compañía”, de Emili Vilamala Benito y “Y por fin un Sprite” de Alberto Lunas Arias. Ambas fotografías las podemos ver acompañando estas líneas.



“Y por fin un Sprite” de Alberto Lunas Arias



Centro Oceanográfico de Málaga del Instituto Español de Oceanografía

- ➔
- Hablemos de libros, 9 de mayo de 2025: "Guía Básica de Meteorología". Por Javier Cano Sánchez (ex AEMET)
 - Aula Morán, 3 de mayo de 2025: "Where Does The Moisture For Tropical Cyclones Come From?". Por Albenis Pérez Alarcón (Universidad de Vigo)
 - Hablemos de libros, 25 abril: "Los

cielos retratados". Por José Miguel Viñas Rubio (Meteored y Junta Directiva de la AME)

- Aula Morán, 4 de abril de 2025: "Bulos y desinformación sobre cambio climático en redes sociales. Herramientas para desmontarlos". Por Enrique Fernández Barrera (Red X)

Nuestro sincero agradecimiento a los ponentes de estas charlas y a los socios que colaboran desinteresadamente en su organización. De los encuentros y galas relativas a los concursos de fotografía, se da cuenta en el apartado de concursos fotográficos.

Jornadas de la AME en 2026

La Junta Directiva de la AME ha iniciado ya las gestiones para organizar las XXXVII Jornadas de la AME y el 24.º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología. Tras considerar diversas opciones se ha acordado celebrar ambos certámenes entre los días 25 y 27 de febrero de 2026 en el Centro Oceanográfico de Málaga (IEO-CSIC) que ha ofrecido a la AME sus atractivos locales. El lema de la Jornadas será "Extremos meteorológicos y climáticos: integrando ciencia, alertas y respuestas".

Para más detalles ver el primer anuncio de las Jornadas de 2026 en este número de *Tiempo y Clima* o en la página web de la AME.

LA TERTULIA Y METEOFOTÓGRAFOS

Al cierre de la revista, estaban convocados los otros dos eventos por videoconferencia correspondientes a este concurso:

El día 9 de julio la tertulia, en la que se comentarán por parte de varios invitados y de los propios autores, diversas fotografías seleccionadas entre todas las participantes en el concurso, y otras subidas a Fotometeo en los últimos meses.

Y para el miércoles siguiente, 16 de julio, una nueva entrega de "Meteofotógrafos", en esta ocasión con Alfons Puertas Castro, concursante habitual, y participante en las tertulias de los mismos, que compartirá con todos algunas de sus espectaculares imágenes captadas desde su lugar de trabajo, el Observatorio Fabra de Barcelona. Para este evento se viene contando habitualmente con la inestimable colaboración de José Antonio Gallego Poveda.

METEOVERANO'2025

Al cierre de este número de *Tiempo y Clima* estaban igualmente a punto de ser publicadas las bases del próximo concurso estacional, el Meteoverano'2025,

para el que se podrán presentar hasta cinco fotografías tomadas en los meses de junio, julio y agosto de 2025. El plazo para participar estará abierto entre el 1 y el 10 septiembre de 2025.

Los eventos correspondientes al cierre de este concurso - gala de presentación de los resultados, tertulia y Meteofotógrafos-, están previstos para el mes de octubre de 2025.

Meteoverano'2025

Plazo para participar:
Del 1 al 10 de septiembre de 2025

“Simplemente alucinante”, de Enric Navarrete, 1.º premio Meteoverano'2024

Síguenos: AME 60 años de meteorología española

<http://fotometeo.ame-web.org>

CON LA COLABORACIÓN DE: **METEORED**



XXXVII JORNADAS DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA

“Extremos meteorológicos y climáticos: integrando ciencia, alertas y respuestas”

24.º ENCUESTRO HISPANO-LUSO DE METEOROLOGÍA

La Asociación Meteorológica Española (AME) anuncia la celebración de las XXXVII Jornadas de la AME y el 24.º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología. Las Jornadas, que se celebran cada dos años, y los Encuentros, que se realizan anualmente de forma alterna en España y Portugal, son foros de gran valor para el intercambio de conocimiento entre científicos españoles y portugueses, en el ámbito de la meteorología y la climatología.

LUGAR Y FECHA DE CELEBRACIÓN

Las XXXVII Jornadas se celebrarán entre los días 25 y 27 de febrero de 2026 en el Centro Oceanográfico de Málaga (CSIC), Explanada de San Andrés (Muelle 9), 29002 Puerto de Málaga, Málaga, España..

TEMA

El incremento en frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos y climáticos extremos constituye una de las manifestaciones más tangibles del actual cambio climático antrópico. Estas jornadas se proponen como un espacio interdisciplinar para analizar los avances científicos en la caracterización y atribución de estos extremos, los sistemas de vigilancia, predicción y alerta temprana, y la evaluación de los mecanismos de respuesta y adaptación. La integración efectiva entre la ciencia meteorológica, la modelización predictiva y la gestión del riesgo es esencial para reducir vulnerabilidades y construir resiliencia en un contexto de incertidumbre creciente.

Estas Jornadas convocan a investigadores, técnicos, responsables de operaciones, responsables de políticas públicas y actores territoriales con el fin de promover un diálogo riguroso y colaborativo orientado a la formulación de respuestas integradas, escalables y operativamente viables frente a los extremos meteorológicos y climáticos del presente y del futuro.

Habrán 3 sesiones específicas:

- ✓ Observación, caracterización y atribución de extremos meteorológicos y climáticos.
- ✓ Sistemas de vigilancia, predicción y alerta temprana.
- ✓ Mecanismos de respuesta y adaptación.

Además, tendrán lugar sesiones sobre: observación de la atmósfera y océano, procesos físicos en la atmósfera y el océano, análisis y predicción del tiempo, variabilidad y cambio climáticos, y aspectos económicos y sociales de la meteorología. Las comunicaciones podrán presentarse en español, portugués o inglés.

CALENDARIO INICIAL DE LA CONVOCATORIA

15 de julio 2025	Primer anuncio
1 de noviembre 2025	Segundo anuncio e inicio de recepción de resúmenes de comunicaciones
16 de enero 2026	Fecha límite de recepción de resúmenes de comunicaciones

Información actualizada sobre la convocatoria estará disponible en la web de la AME: <https://www.ame-web.org>

PERFILES

Interview with Prof. Liz Bentley

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Prof. Liz Bentley is the current President of the European Meteorological Society (EMS), and at the same time is Chief Executive of the Royal Meteorological Society (RMetS). From these two vantage points, she has a privileged position to diagnose the situation of European meteorological societies and to propose ways to promote their collaboration within the framework of the EMS.

ERC: Can you briefly tell our readers some biographical details about yourself, especially those relating to the beginning of your scientific career?

LB: I began my scientific journey with a degree in mathematics at Newcastle University, followed by a PhD in mathematics from the University of Manchester in the UK. I then joined the UK Met Office, initia-



Entrevista a la Prof. Liz Bentley

La Prof. Liz Bentley es la actual presidenta de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS) y, al mismo tiempo, directora ejecutiva de la Royal Meteorological Society (RMetS). Desde estas dos atalayas, se encuentra en una posición privilegiada para diagnosticar la situación de las sociedades meteorológicas europeas y proponer maneras de promover su colaboración en el marco de la EMS.

ERC: ¿Podría contar brevemente a nuestros lectores algunos detalles biográficos suyos, especialmente los relacionados con el inicio de su carrera científica?

LB: Comencé mi trayectoria científica con un grado en matemáticas por la Universidad

de Newcastle, seguido de un doctorado en matemáticas por la Universidad de Manchester, Reino Unido. Posteriormente, me incorporé a la Met Office, el Servicio Meteorológico del Reino Unido, inicialmente como investigadora especializada en métodos empíricos de predicción. Quería combinar mi investigación y mis estudios académicos con la experiencia práctica, por lo que me hice predictora y posteriormente seguí una formación como meteoróloga en el Met Office College. Al principio de mi carrera, combiné la meteorología operativa con la investigación y la comunicación, lo que finalmente me llevó a desempeñar funciones de comunicación y dirección. A lo largo de mi trayectoria, me ha impulsado la pasión por hacer que la meteorología sea accesible y efectiva, ya sea a través de la docencia, la participación pública o la dirección en organizaciones profesionales.

ERC: Usted es la actual presidenta de la EMS, ¿podría hablarnos de los objetivos

de la EMS y resumir su evolución ahora que hemos celebrado recientemente su 25.º aniversario?

LB: La EMS tiene como objetivo fomentar la colaboración a nivel europeo y apoyar a las sociedades socias, promoviendo las mejores prácticas, apoyando a los científicos en sus inicios profesionales y mejorando la comunicación entre la ciencia y la sociedad. A lo largo de 25 años, la comunidad de la EMS ha crecido y se ha diversificado con actividades que fomentan la creación de redes, el intercambio de conocimientos y la coordinación en toda Europa. Sus actividades se han expandido más allá de las reuniones para incluir premios, publicaciones y liderazgo climático, convirtiéndose en una voz sólida que representa a la comunidad meteorológica y climática europea.

ERC: Usted es la primera presidenta de la EMS. ¿Cómo ve el papel actual de las mujeres en el contexto meteorológico

lly as a research scientist with a focus on empirical forecasting methods. I was keen to make use of my research and academic studies with hands-on experience so became a forecaster and then meteorological trainer at the Met Office College. My early career combined operational meteorology with research and communication, which eventually led me into roles in communication and leadership. Throughout, I've been driven by a passion to make meteorology accessible and impactful, whether through teaching, public engagement, or leading professional organizations.

ERC: You are the current President of the EMS; can you tell us about the objectives of the EMS and summarize its evolution now that we have recently celebrated its 25th anniversary?

LB: EMS aims to foster collaboration at the European level and support of national Member Societies, promote best practices, support early-career scientists, and improve communication between science and society. Over 25 years, the EMS community has grown and diversified with activities that support networking, knowledge sharing, and coordination across Europe. Its activities have expanded beyond meetings to include awards, publications, and climate leadership, evolving into a strong

voice representing the European weather and climate community.

ERC: You are the first female EMS President. How do you see the current role of women in the European meteorological context? What do you propose for enhancing their presence?

LB: The representation of women in meteorology has improved significantly during my career including in some leadership roles, although it is still uneven at more senior levels. Visibility matters, so I actively champion women through mentorship, speaking engagements, and inclusive policies. EMS supports gender equity through diversity panels, with awards highlighting female scientists, and initiatives that create supportive networks. Encouraging flexible career paths and addressing unconscious bias are also key steps in strengthening women's presence in our field.

ERC: Which is the main role of EMS in the European meteorological context considering the broad diversity of national meteorological societies? How could we enhance the complementary roles of EMS and national meteorological societies?

LB: EMS acts as a unifying hub, connecting diverse national societies to ad-

dress shared challenges, from scientific collaboration through to operational applications. While each society retains its local identity, EMS amplifies their voices on a European stage. On key activity in strengthening this synergy in hosting of the EMS annual meeting that brings the European meteorological community together to share their science, supporting collaborative activities, and sharing best practices. There is real strength in unity, with the EMS strengthening the visibility and impact of each society. Through further encouraging dialogue between societies and collaborating together we will ensure that diverse national perspectives can shape shared European goals.

ERC: Could you provide us with some figures describing the size and evolution of EMS?

LB: The EMS is an association of Meteorological Societies across Europe. EMS's network has grown from 24 to 38 Member Societies over its 25 year history, and now engages with over ten thousand meteorologists across Europe through those societies.

In addition, there are currently 31 Associate Members including non-European Meteorological Societies, National Meteorological and Hydrological Services, research and education institutes and

européo? ¿Qué propone para potenciar su presencia?

LB: La representación de las mujeres en meteorología ha mejorado significativamente a lo largo de mi carrera, incluso en algunos puestos de dirección, aunque sigue siendo desigual en los niveles superiores. La visibilidad es importante, por lo que defiendo activamente a las mujeres mediante tutorías, charlas y políticas inclusivas. La EMS apoya la equidad de género a través de paneles de diversidad, con premios que destacan a las científicas e iniciativas que crean redes de apoyo. Fomentar trayectorias profesionales flexibles y abordar los sesgos inconscientes también son pasos clave para fortalecer la presencia de las mujeres en nuestro campo.

ERC: ¿Cuál es el papel principal de la EMS en el contexto meteorológico europeo, considerando la amplia diversidad de sociedades meteorológicas nacionales? ¿Cómo podríamos potenciar los papeles complementarios de la EMS y las sociedades meteorológicas nacionales?

LB: La EMS actúa como un centro uni-

ficador, conectando a diversas sociedades nacionales para abordar desafíos compartidos, desde la colaboración científica hasta las aplicaciones operativas. Si bien cada sociedad conserva su identidad local, la EMS amplifica sus voces en el escenario europeo. Una actividad clave para fortalecer esta sinergia es la organización de la reunión anual de la EMS, que reúne a la comunidad meteorológica europea para compartir su ciencia, apoyar actividades colaborativas y compartir las mejores prácticas. La verdadera fuerza reside en la unidad, y el EMS fortalece la visibilidad y el impacto de cada sociedad. Al fomentar el diálogo entre sociedades y colaborar conjuntamente, garantiremos que las diversas perspectivas nacionales puedan dar forma a los objetivos europeos compartidos.

ERC: ¿Podría proporcionarnos algunas cifras que describan el tamaño y la evolución del EMS?

LB: La EMS es una asociación de sociedades meteorológicas de toda Europa. Su red ha crecido de 24 a 38 sociedades socias a lo largo de sus 25 años de historia y ahora co-

labora con más de diez mil meteorólogos de toda Europa a través de dichas sociedades.

Además, actualmente cuenta con 31 miembros asociados, entre los que se incluyen sociedades meteorológicas no europeas, servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales, institutos y departamentos de investigación y educación, empresas con intereses en meteorología, ciencias afines y sus aplicaciones, y organismos europeos con intereses similares.

La siguiente figura muestra el crecimiento de las sociedades socias y los miembros asociados a lo largo de los 25 años de historia de la EMS.

Con su crecimiento, la EMS continúa evolucionando hacia una red europea más inclusiva e influyente.

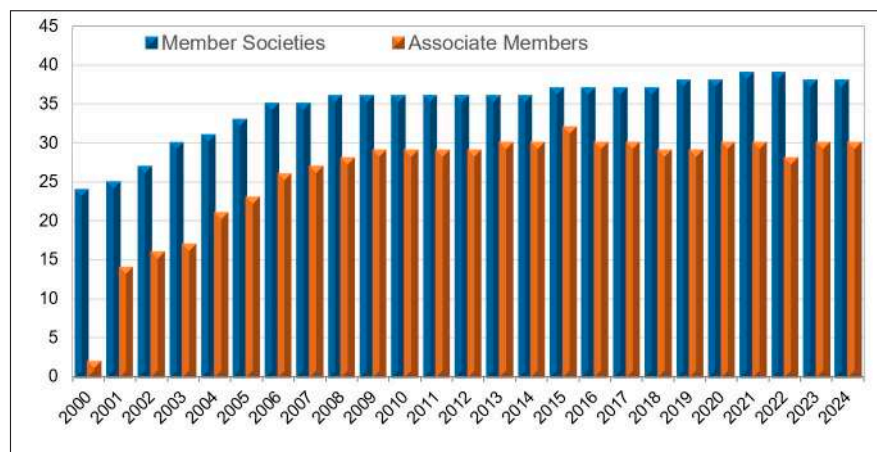
ERC: Durante su presidencia, ha impulsado planes para lograr cero emisiones netas en la EMS. ¿Podría resumir a nuestros lectores el camino para alcanzar este objetivo?

LB: Como organización dedicada a comprender y abordar los impactos del cambio

PERFILES

departments, companies with interests in meteorology, related sciences and their applications, and Europe-wide bodies with similar interests.

The figure below shows the growth in Member Societies and Associate Members over the EMS's 25-year history.



With its expanding reach, the EMS continues to evolve into a more inclusive and influential European network.

ERC: During your presidency, you have promoted plans to achieve net-zero emissions in EMS. Can you summarize for our readers the path to reaching this objective?

LB: As an organization dedicated to

understanding and addressing the impacts of climate change, the EMS recognizes the urgent need to reduce greenhouse gas emissions in all aspects of its operations. By committing to a Net Zero target, EMS sets a clear example of how professional societies can contribute to

global efforts to mitigate climate change.

The EMS Net Zero by 2040 Pledge includes specific goals to:

- ✓ Measure and reduce emissions from EMS activities, including meetings, events, and operations.
- ✓ Promote sustainable practices within the EMS network and among its Members.
- ✓ Advocate for a broader adoption

of climate-conscious practices across the meteorological and scientific communities.

To achieve its Net Zero target, EMS has initiated a comprehensive plan focusing on measurable and impactful actions. The key areas of focus include reducing event-related emissions, engaging the EMS community, progress tracking and accountability, and embedding sustainability into its core values and strategic plan. Offsetting its Carbon Footprint is only seen as the last step in the process when the majority of emissions are already reduced/avoided.

EMS aims not only to lead by example but also to inspire the meteorological community to integrate sustainability into its own work and outreach.

ERC: Another milestone recently reached by EMS is the launching of the Journal of the European Meteorological Society (JEMS). Could you describe the specific profile of this long-awaited new journal in the very competitive arena of scientific journals?

LB: JEMS is an international, peer-reviewed, open access online journal, publishing international research and review articles of general interest and relevance about weather, climate and related fields. It will also serve as a forum for high-level news by the European Meteorological So-

climático, la EMS reconoce la urgente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en todos los aspectos de sus operaciones. Al comprometerse con el objetivo de cero emisiones netas, la EMS da un claro ejemplo de cómo las sociedades profesionales pueden contribuir a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático.

El Compromiso de Cero Emisiones Netas para 2040 de la EMS incluye objetivos específicos para:

- ✓ Medir y reducir las emisiones de las actividades de la EMS, incluyendo reuniones, eventos y operaciones.
- ✓ Promover prácticas sostenibles dentro de la red de la EMS y entre sus miembros.
- ✓ Promover una adopción más amplia de prácticas respetuosas con el clima en las comunidades meteorológicas y científicas.

Para alcanzar su objetivo de cero emisiones netas, la EMS ha puesto en marcha un plan integral centrado en acciones medibles y de gran impacto. Las áreas clave incluyen la reducción de emisiones relacionadas con eventos, el compromiso de la comunidad de la EMS, el seguimiento del progreso y la ren-

dición de cuentas y la integración de la sostenibilidad en sus valores fundamentales y plan estratégico. La compensación de la huella de carbono solo se considera el último paso del proceso cuando la mayoría de las emisiones ya se han reducido o evitado.

La EMS busca no solo predicar con el ejemplo, sino también inspirar a la comunidad meteorológica para que integre la sostenibilidad en su propio trabajo y divulgación.

ERC: Otro hito alcanzado recientemente por EMS es el lanzamiento de la Revista de la Sociedad Meteorológica Europea (Journal of the European Meteorological Society, JEMS). ¿Podría describir el perfil específico de esta nueva y esperada revista en el competitivo mundo de las revistas científicas?

LB: JEMS es una revista internacional, revisada por pares y de acceso abierto, que publica artículos de investigación y de revisión internacionales de interés y relevancia general sobre el tiempo, el clima y los campos relacionados. También servirá como un foro para noticias de alto nivel de la EMS y editoriales.

La revista cubre un nicho único al conectar la investigación, la meteorología operativa y la política. El Consejo Editorial incluye científicos de gran prestigio en nuestro campo, con dos editores jefe, Gert-Jan Steeneveld, de la Universidad de Wageningen, y el Dr. Johannes Schmetz, excientífico jefe de EUMETSAT, coordinando el trabajo del Consejo Editorial.

JEMS tiene como objetivo servir tanto a académicos como a profesionales, mejorando la visibilidad del trabajo meteorológico europeo de impacto y orientado a la práctica. Si les interesa obtener más información sobre la revista, los animo a visitarla en línea: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-the-european-meteorological-society>.

ERC: Podríamos decir que la principal actividad por la que la EMS es reconocida en la comunidad meteorológica europea es la organización de reuniones anuales. ¿Cómo describe la evolución de esta actividad en términos de objetivos, asistencia, etc.? ¿Cómo ve el futuro de esta actividad? ¿Quizás, además de la reunión anual, algunos eventos especializados?

ciety (EMS) and editorials. The journal fills a unique niche by bridging research, operational meteorology, and policy.

The Editorial Board includes highly respected scientists from across our field with two Editors-in-Chief, Gert-Jan Steeneveld, Wageningen University, and Dr. Johannes Schmetz, former Chief Scientist of EUMETSAT, coordinating the work of the Editorial Board.

JEMS aims to serve both academics and practitioners, enhancing the visibility of impactful, practice-oriented European meteorological work. If you are interested in finding out more about the journal, I encourage you to take a look online <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-the-european-meteorological-society>.

ERC: Perhaps we can say that the main activity, by which EMS is well known in the European meteorological community, is the organization of annual meetings. How do you describe the evolution of this activity in terms of objectives, attendance, etc.? How do you see the future of this activity? Perhaps, additionally to the annual meeting, some specialized events?

LB: One of the first priorities when the EMS was founded was to establish an annual conference on the topic of meteorology, climatology and related disciplines.

LB: Una de las primeras prioridades tras la fundación del EMS fue establecer una conferencia anual sobre meteorología, climatología y disciplinas afines. El objetivo de estos eventos es reunir a toda la comunidad: investigadores, personal operativo y proveedores de servicios, con un programa atractivo que ofrece oportunidades a todos los sectores y partes interesadas.

Las reuniones anuales del EMS atraen actualmente a entre 700 y 1000 participantes, cifra que ha aumentado con respecto a los 450-700 participantes que contaban en sus reuniones anuales cuando se fundó, lo que refleja un aumento constante del interés y la participación. De hecho, en su 25.º aniversario, por primera vez atrajo a más de 1000 participantes.

Hasta 2016, las Reuniones Anuales del EMS se organizaban alternadamente con la Conferencia Europea de Climatología Aplicada (ECAC, por sus siglas en inglés) y la Conferencia Europea de Aplicaciones de la Meteorología (ECAM, por sus siglas en inglés). Ante el creciente papel y la creciente interacción con la sociedad, así como la creciente interrelación de los servicios meteorológicos y climá-



rology, climatology and related disciplines. The aim of these events is to bring the entire community together: researchers, people working in operational area and service providers, with an attractive programme that incorporates opportunities for all sectors and stakeholders.

EMS annual meetings now attract around 700-1,000 participants, which has grown from the 450-700 participants at its annual meetings when it was founded, reflecting a steady rise in interest and engagement. In fact, in its 25th anniversary year, for the first time it attracted more than 1,000 participants.

Until 2016, the EMS Annual Meetings were organised alternately with the European Conference on Applied Climatology

El diálogo sobre políticas, atrayendo a participantes del mundo académico, la industria y los servicios. Hemos observado un aumento en las sesiones interdisciplinarias y la participación de investigadores en etapas tempranas de su carrera. Cabe destacar que, desde 2006, la EMS publica artículos breves en la revista de acceso abierto *Advances in Science and Research* (ASR) (<https://www.advances-in-science-and-research.net/home.html>).

Al igual que muchas organizaciones, la pandemia mundial afectó significativamente la reunión anual, que se canceló en 2020 y se celebró virtualmente en 2021. Desde entonces, la reunión se ha desarrollado como un evento híbrido que combina componentes presenciales y en línea. La figura a continuación muestra el número de participantes en cada una de las reuniones anuales de EMS durante los últimos 25 años, incluyendo sus ubicaciones. Las sedes de las reuniones anuales rotan por toda Europa y son organizadas por diferentes sociedades miembro. Un video publicado con motivo del 25º aniversario muestra los lugares de la reunión e incluye las reflexiones de quienes participan en la importante labor del EMS <https://www.youtube.com/watch?v=ijqoXSI2j6Y>.

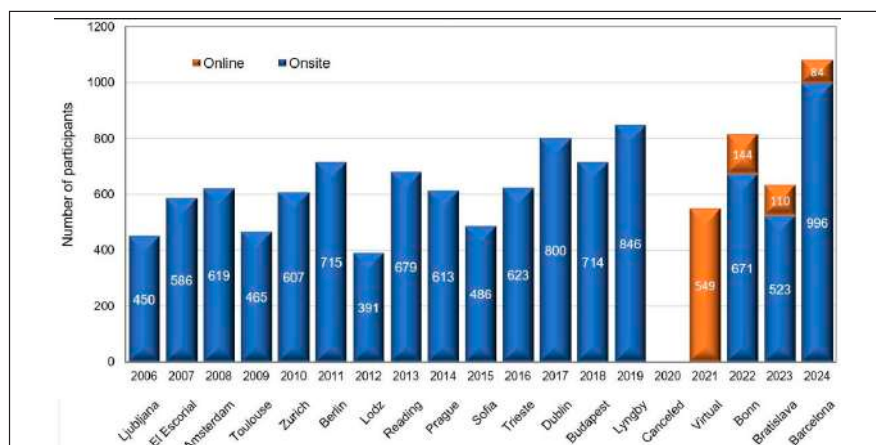
Las Reuniones Anuales de la EMS se han convertido en un foro de primer nivel para el intercambio científico, la creación de redes y

(ECAC) and the European Conference on Applications of Meteorology (ECAM). In light of the growing role within and engagement with society, as well as the increasingly intertwined nature of weather and climate services, a new concept for the programme of the annual conference was developed in collaboration with all stakeholders. This new concept has since been successfully implemented.

Like many organizations, the global pandemic impacted significantly on the annual meeting, which was cancelled in 2020 and was held virtually in 2021. Since then, the meeting has been run as a hybrid event combining in-person and online components. The figure below shows the number of participants at each of the EMS

En el futuro, se incluye el uso de IA para apoyar la organización del evento, garantizando que sea inclusivo, atrayendo la participación de grupos y regiones subrepresentados, y atrayendo a una mayor diversidad de actores clave para fomentar la creación de redes. Por supuesto, la EMS continuará desarrollando su política de reuniones sostenibles (<https://www.emetsoc.org/events/ems-annual-meetings/future-venues/ems-sustainable-meetings-policy/>) en consonancia con el Compromiso de Cero Emisiones Netas.

Recientemente, también hemos presentado la serie de seminarios web de la EMS (<https://www.emetsoc.org/events/ems-webinars-series/>) sobre temas más espe-



annual meetings over the last 25 years, including their locations. The annual meeting venues rotate across Europe, hosted by different Member Societies. A video published during the 25th anniversary shows the locations of the meeting and includes the thoughts of those involved in the important work of the EMS <https://www.youtube.com/watch?v=ijqoXSI2j6Y>.

EMS Annual Meetings have grown into a premier forum for science exchange, networking, and policy dialogue, drawing participants from academia, industry, and services. We've seen a rise in interdisciplinary sessions and early career research engagement. It is also worth noting that since 2006, the EMS publishes short conference papers in

the open access journals *Advances in Science and Research (ASR)* <https://www.advances-in-science-and-research.net/home.html>.

Future directions include the use of AI to support the delivery of the event, ensuring the event is inclusive attracting participation from underrepresented groups and regions, and attracting a greater diversity of stakeholders to increase networking. And of course the EMS will continue to develop its sustainable meetings policy (<https://www.emetsoc.org/events/ems-annual-meetings/future-venues/ems-sustainable-meetings-policy/>) in line with the Net Zero Pledge.

We have also recently introduced the EMS webinar series ([\[soc.org/events/ems-webinars-series/\]\(https://www.emetsoc.org/events/ems-webinars-series/\)\) on more specialized topics and to improve knowledge exchange between the EMS Members. We are keen to hear about more speaker and topic suggestions, so please do get in touch if you have any ideas.](https://www.emet-</p>
</div>
<div data-bbox=)

ERC: Can you tell us about other activities not mentioned so far developed by EMS?

LB: Beyond meetings and publications, EMS supports professional development through awards, early-career grants, and initiatives aimed at early-career scientists. The EMS has an extensive awards programme (<https://www.emetsoc.org/awards/>) designed to recognise important achievements in careers of meteorologists through the EMS Silver Medal, the S Zilitinkevich Memorial Award and Media Awards. We also acknowledge excellence in young scientists through the Young Scientist Award and provide travel support for young scientists in the early stage of their career.

The EMS website <https://www.emetsoc.org/> includes lots of news stories about the work of the EMS and from its Members, as well as job announcements and links to employment pages. To keep up to date, I would encourage you to take a look at the latest ems-message <https://www.emetsoc.org/?na=v&id=59>.

cializados y para mejorar el intercambio de conocimientos entre los miembros de la EMS. Nos interesa recibir más sugerencias de ponentes y temas, así que no duden en contactarnos si tienen alguna idea.

ERC: ¿Podría hablarnos de otras actividades no mencionadas hasta ahora desarrolladas por la EMS?

LB: Además de reuniones y publicaciones, la EMS apoya el desarrollo profesional mediante premios, becas para jóvenes científicos e iniciativas dirigidas a jóvenes científicos. La EMS cuenta con un amplio programa de premios (<https://www.emetsoc.org/awards/>) diseñado para reconocer logros importantes en las carreras de meteorólogos mediante la Medalla de Plata de la EMS, el Premio Conmemorativo S. Zilitinkevich y los Premios de Medios de Comunicación. También reconocemos la excelencia de los jóvenes científicos mediante el Premio al Joven Científico y ofrecemos apoyo para viajes a jóvenes científicos en la etapa inicial de su carrera. El sitio web de la EMS (<https://www.emetsoc.org/>) incluye numerosas noticias sobre la labor de la EMS

y de sus miembros, así como anuncios de empleo y enlaces a páginas de empleo. Para mantenerse al día, los animo a consultar el último mensaje de la EMS (<https://www.emetsoc.org/?na=v&id=59>).

ERC: ¿Qué otros planes y objetivos le gustaría impulsar durante su presidencia?

LB: Me interesa fortalecer el impacto de la EMS en los servicios climáticos, la educación y la diversidad.

Los servicios climáticos son un área en rápido crecimiento, traduciendo la ciencia climática en información práctica puede apoyar a sectores como la agricultura, la salud y las infraestructuras. La EMS ya fomenta la colaboración entre investigadores, proveedores de servicios y usuarios para desarrollar conjuntamente soluciones personalizadas de alto impacto. Seguiremos promoviendo el intercambio de conocimientos a través de eventos y publicaciones, y abogando por la integración de los servicios climáticos en las políticas nacionales. Capacitar a las sociedades socias para que contribuyan localmente garantiza un enfoque coordinado a nivel europeo para

la resiliencia climática y la toma de decisiones informada.

Igualmente importante es la educación: dotar a la próxima generación de las habilidades necesarias para comprender y abordar los desafíos meteorológicos y climáticos. En toda Europa existen numerosos ejemplos excelentes de formación docente, desarrollo de recursos educativos y participación en cambios curriculares. La EMS desempeña un papel fundamental en el fomento de vínculos y el intercambio de buenas prácticas en toda Europa.

Y, por último, promover la diversidad garantiza la innovación y la inclusión en nuestra comunidad. Ya estamos trabajando para mejorar la representación, apoyar a los grupos subrepresentados y crear espacios inclusivos que ayuden a garantizar que la comunidad meteorológica refleje la diversidad de la sociedad a la que sirve.

ERC: Al mismo tiempo, usted es directora ejecutiva de la Royal Meteorological Society (RMetS). ¿Podría hablarnos sobre sus funciones en la RMetS?

LB: Como directora ejecutiva, lidero las

ERC: Which other plans and objectives would you like to promote during your presidency?

LB: I am keen to strengthen the EMS's impact in climate services, education, and diversity.

Climate services is a rapidly growing area. Translating climate science into actionable information can support sectors like agriculture, health, and infrastructure. EMS already encourages collaboration between researchers, service providers, and users to co-develop tailored, high-impact solutions. We will continue to promote knowledge exchange through events and publications, and advocate for the integration of climate services into national policies. Empowering Member Societies to contribute locally ensures a coordinated, Europe-wide approach to climate resilience and informed decision-making.

Equally important is education—to equip the next generation with skills to understand and address weather and climate challenges. Across Europe there are many excellent examples of teacher training, educational resources being developed, and input into curriculum changes. The EMS has a role to play fostering links and sharing of best practice across Europe.

And finally, promoting diversity ensures innovation and inclusivity across our

community. We are already working to improve representation, support under-represented groups, and create inclusive spaces that help to ensure the meteorological community reflects the diversity of the society it serves.

ERC: At the same time, you are Chief Executive at the Royal Meteorological Society (RMets). Could you tell us about your role in RMets?

LB: As Chief Executive, I lead the strategic and operational activities of RMets—advancing the understanding of meteorology, supporting professionals, and promoting climate and weather literacy. This includes overseeing scientific publishing, a busy events programme, member engagement, professional accreditation in meteorology, outreach, and education. We aim to ensure the Society remains a trusted voice in weather and climate, supports professional development, and promotes the application of meteorology for public benefit.

RMets is the UK's meteorological society and we recognise that, as one of the largest meteorological societies in the world, we have a role to play not only nationally but in international collaborations too. We support other societies, which is made easier through regional met societies such as the EMS. By sharing resour-

ces, expertise, and best practices, RMets helps strengthen the international meteorological community and contributes to a more cohesive, impactful network.

ERC: The RMets is one of the reference meteorological societies in the international context. Could you provide our readers with some figures relating to its antiquity, membership, staff, journals, etc.?

LB: RMets was founded in 1850 – so in 2025 we are celebrating our 175th anniversary. We held a celebratory event at Hartwell House in the UK which is where the very first meeting took place on 3rd April 1850.

RMets has over 3,200 members made up of roughly a third academic, a third are professional meteorologists working in the public and private sectors worldwide, and a third are enthusiasts that don't work in meteorology but share our interest in weather and climate. The RMets operates with a team of 21 staff and has its headquarters in Reading, UK.

We have a portfolio of eight international journals including *Weather*, *International Journal of Climatology*, *WIREs Climate Change*, and *Quarterly Journal of the RMets*. We also organize around 50 events a year including conferences, meetings, and webinars.

actividades estratégicas y operativas de la RMets: promover la comprensión de la meteorología, apoyar a los profesionales y promover la alfabetización sobre el clima y la meteorología. Esto incluye la supervisión de las publicaciones científicas, un intenso programa de eventos, la participación de los miembros, la acreditación profesional en meteorología, la divulgación y la educación. Nuestro objetivo es garantizar que la Sociedad siga siendo una voz fiable en materia de meteorología y clima, apoyar el desarrollo profesional y promover la aplicación de la meteorología para el beneficio público.

La RMets es la sociedad meteorológica del Reino Unido y reconocemos que, como una de las sociedades meteorológicas más grandes del mundo, tenemos un papel que desempeñar no solo a nivel nacional, sino también en colaboraciones internacionales. Apoyamos a otras sociedades, lo cual se facilita a través de sociedades meteorológicas regionales como la EMS. Al compartir recursos, experiencia y buenas prácticas, la RMets ayuda a fortalecer la comunidad meteorológica internacional y contribuye a una

red más cohesionada y de mayor impacto.

ERC: La RMets es una de las sociedades meteorológicas de referencia a nivel internacional. ¿Podría proporcionar a nuestros lectores algunas cifras sobre su antigüedad, socios, personal, revistas, etc.?

LB: La RMets se fundó en 1850, por lo que en 2025 celebramos nuestro 175.º aniversario. Hemos celebrado el evento en Hartwell House, Reino Unido, donde tuvo lugar la primera reunión el 3 de abril de 1850.

La RMets cuenta con más de 3200 miembros, de los cuales aproximadamente un tercio pertenecen al mundo académico, un tercio son meteorólogos profesionales que trabajan en los sectores público y privado a nivel mundial y un tercio son aficionados que no trabajan en meteorología, pero comparten nuestro interés por el tiempo y el clima. La RMets cuenta con un equipo de 21 personas y tiene su sede en Reading, Reino Unido.

Publicamos ocho revistas internacionales, entre las que se incluyen *Weather*, *International Journal of Climatology*, *WIREs Climate Change* y *Quarterly Journal of the RMets*. También organi-

zamos alrededor de 50 eventos al año, incluyendo conferencias, reuniones y webinars.

Ofrecemos programas de acreditación profesional, como el de Meteorólogo Colegiado, que se basan en estándares internacionales, incluidos los establecidos por la Organización Meteorológica Mundial.

Nuestro programa de premios se lleva a cabo desde 1901 y cada año reconocemos, honramos y conmemoramos a personas y equipos que han realizado contribuciones destacadas y duraderas en el campo.

El RMets es una organización sin fines de lucro y dos de nuestras actividades benéficas más importantes son la educación y la participación científica. Apoyamos consultas curriculares, la capacitación de docentes y comunicadores, proporcionamos recursos educativos y nos conectamos con el público en general a través de MetMatters (<https://www.rmets.org/metmatters>). Les recomendamos visitar nuestro portal educativo gratuito (<https://www.metlink.org/>).

ERC: ¿Ve sinergias y enriquecimiento mutuo entre sus funciones en EMS y

PERFILES

We provide professional accreditation schemes, such as the Chartered Meteorologist, that are benchmarked against international standards, including those set by the World Meteorological Organization.

Our awards programme has been running since 1901, and each year we recognise, honour and celebrate individuals and teams who have made outstanding and enduring contributions to the field.

The RMetS is a not-for-profit organisation and two of our important charitable activities are education and science engagement. We support curriculum consultations, training for teachers and communicators, deliver education resources and engage with the wider public through MetMatters <https://www.rmets.org/metmatters>. I would encourage people to take at our free education portal <https://www.metlink.org/>.

ERC: Do you see synergy and cross-enrichment between your roles at EMS and RMetS? Could you give us some examples of this synergy?

LB: Absolutely. My dual roles help align strategic goals, share best practices, and foster collaborative initiatives. For example, RMetS experience with net zero, events, accreditation and publishing has informed EMS activities. Similarly, EMS's European network benefits RMetS by

extending its reach. This synergy enhances efforts in sustainability, diversity, and science communication on both a national and European scale.

ERC: You have renewed and promoted the collaboration of EMS with the main non-European meteorological societies, in particular with the American Meteorological Society (AMS). In which ways will this agreement of collaboration crystallize?

LB: The EMS-AMS collaboration focuses on activities that have mutual benefits to both organisations. We publicise each other's work include our conferences and scientific publications, supporting the creation and dissemination of knowledge in the atmospheric and related sciences. This partnership strengthens global cooperation on pressing issues like climate change, while showcasing European contributions in a global context.

ERC: You are also a visiting Professor of Meteorology at the University of Reading. Please, tell us about it and your ideas on how EMS could help to develop the careers of young meteorologists both in research and the operational fields.

LB: In 2014, I was honoured to be giving a visiting Professor role at the Univer-

sity of Reading. This provided me with an opportunity to bring my knowledge and expertise over many years in meteorology and working in many different roles and sectors, to foster collaborations and strengthen the University's external links.

I support the University's career networking sessions to encourage the next generation of meteorologists and act as a bridge between academia and industry offering students valuable insights into career paths and potential employment opportunities.

The EMS already has a strong early career research community and offers awards and grants that acknowledge excellence in young scientists and provide travel support for those in the early stage of their careers. There are special events for early career scientists at the EMS annual meetings and this year we are planning a Speed Networking for Early Career Scientists at EMS2025 in Ljubljana, where professionals in meteorology, climate, and related fields can share their insights with the next generation of scientists.

Thank you very much, Liz, for taking the time to do this interview with TyC, which I'm sure will be of great interest to our readers! We wish you much success in your personal and professional life.

RMetS? ¿Podría darnos algunos ejemplos de estas sinergias?

LB: Por supuesto. Mi doble función me ayuda a alinear objetivos estratégicos, compartir buenas prácticas y fomentar iniciativas de colaboración. Por ejemplo, la experiencia de RMetS en materia de cero emisiones netas, eventos, acreditación y publicaciones ha fundamentado las actividades de EMS. Asimismo, la red europea de EMS beneficia a RMetS al ampliar su alcance. Esta sinergia potencia los esfuerzos en materia de sostenibilidad, diversidad y comunicación científica tanto a escala nacional como europea.

ERC: Ha renovado y promovido la colaboración de EMS con las principales sociedades meteorológicas no europeas, en particular con la Sociedad Meteorológica Americana (AMS). ¿Cómo se concretará este acuerdo de colaboración?

LB: La colaboración entre EMS y AMS se centra en actividades que benefician mutuamente a ambas organizaciones. Difundimos el trabajo de cada una, incluyendo nuestras conferencias y publicaciones científicas, apo-

yando la creación y difusión de conocimiento en las ciencias atmosféricas y afines. Esta colaboración fortalece la cooperación global en temas urgentes como el cambio climático, a la vez que muestra las contribuciones europeas en un contexto global.

ERC: También es profesora visitante de Meteorología en la Universidad de Reading. Por favor, cuéntenos sobre esta actividad y sus ideas sobre cómo el EMS podría contribuir al desarrollo profesional de jóvenes meteorólogos, tanto en el ámbito investigador como en el operativo.

LB: En 2014, tuve el honor de ser profesora visitante en la Universidad de Reading. Esto me brindó la oportunidad de aportar mis conocimientos y experiencia acumulados durante muchos años en meteorología, trabajando en diversos puestos y sectores, para fomentar colaboraciones y fortalecer los vínculos externos de la Universidad.

Apoyo las sesiones de *networking* profesional de la Universidad para impulsar a la próxima generación de meteorólogos y actuar como puente entre el mundo académ-

mico y la industria, ofreciendo a los estudiantes información valiosa sobre trayectorias profesionales y posibles oportunidades de empleo.

La EMS ya cuenta con una sólida comunidad de investigación que está iniciando su carrera y ofrece premios y becas que reconocen la excelencia de los jóvenes científicos y proporcionan ayudas para viajes a quienes se encuentran en la etapa inicial de sus carreras. En las reuniones anuales de la EMS se organizan eventos especiales para científicos en sus inicios de carrera, y este año estamos planeando un *Speed Networking* para científicos que inician su carrera profesional en la EMS2025 de Liubliana, donde profesionales de la meteorología, el clima y campos afines podrán compartir sus conocimientos con la próxima generación de científicos.

¡Muchas gracias, Liz, por dedicarnos su tiempo para esta entrevista a TyC que estoy seguro interesará mucho a nuestros lectores! Le deseamos mucho éxito en su vida personal y profesional.



AZARES DEL CLIMA

POR JOSÉ ANTONIO LÓPEZ DÍAZ

Algo no cuadra en el balance energético

Sabemos que el balance de radiación de la Tierra está cada vez más desequilibrado debido a que nuestro planeta absorbe más energía de la que emite. Pero, según el resultado de recientes investigaciones, este exceso de energía está creciendo más deprisa de lo que los modelos climáticos alcanzan a explicar. Es evidente que este hecho resalta la importancia de seguir vigilando de cerca el equilibrio energético de la Tierra y los posibles factores que influyen en él, pues es esta una pieza clave para poder predecir con confianza su futura evolución.

El clima de nuestro planeta se basa en un balance muy preciso entre la absorción de radiación solar incidente y la liberación de energía al espacio en forma de radiación térmica de onda larga o infrarroja. El clima se mantiene en un estado cuasi-estacionario si ambas componentes están equilibradas. Sin embargo, la cantidad de radiación absorbida o reflejada depende de múltiples factores tales como la concentración de los gases de efecto invernadero y de los aerosoles de la atmósfera, el albedo de las superficies heladas y el efecto amortiguador de los océanos.

Según Thorsten Mauritsen de la Universidad de Estocolmo y sus colegas, lo preocupante es que el desequilibrio energético observado aumenta mucho más rápido de lo esperado. En el periodo 2001-2024 el desequilibrio energético ha aumentado a un ritmo medio de 0.45 W/m^2 por década, aunque con importantes fluctuaciones entre años, destacando importantes descensos en 2010 y 2024 tras episodios de El Niño. En 2023, el excedente de energía terrestre alcanzó un valor de 1.8 W/m^2 que supone el doble de lo previsto por los modelos climáticos y el IPCC, aunque en 2024 fue de 0.8 W/m^2 debido a El Niño de 2023-24. Los modelos climáticos globales actuales apenas pueden reproducir el ritmo de cambio hasta 2020, pero según estos investigadores el nuevo aumento del desequilibrio desde 2020 deja pocas dudas de que la evolución del mundo real ha excedido con creces el rango de las fluctuaciones de la variabilidad de los modelos. Se desconoce por el momento la causa de esta profunda discrepancia.

No obstante hay algunos indicios de posibles factores. Por ejemplo, se ha venido

observando en los últimos 20 años que la Tierra se ha vuelto cada vez más oscura y que, por tanto, refleja cada vez menos radiación solar incidente hacia el espacio. En 2023 el albedo de la Tierra alcanzaba su valor mínimo, según informaron en 2024 investigadores del clima dirigidos por Helge Gößling, del Instituto Alfred Wegener de Investigación Polar y Marina (AWI).

Gößling y su equipo identificaron dos factores principales como causa del oscurecimiento de nuestro planeta. El primero es la reducción de las capas de hielo polar, por ejemplo el hielo marino del Ártico. En 2023, esto contribuiría en torno al 15 % a la reducción de la radiación reflejada por la Tierra. Sin embargo el segundo factor, la disminución de las nubes claras y bajas sobre los océanos, tiene un impacto mucho mayor. Éstas reflejan actualmente hasta el 60 % de la luz solar de onda corta hacia el espacio, si hay menos nubes bajas perdemos esta importante contribución negativa al balance energético del planeta.

La desaparición de nubes marinas es particularmente evidente en las regiones marinas de latitud media y en los trópicos. Es sorprendente que el Atlántico Norte oriental no sólo haya registrado una disminución significativa de nubes bajas en 2023, sino también en los últimos diez años, al igual que casi todo el Atlántico. Las simulaciones de los modelos predicen que esta pérdida de nubes podría intensificarse con el aumento del calentamiento global.

Paradójicamente en cierto modo, los modelos climáticos indican que la disminución de la contaminación atmosférica influye negativamente en la abundancia de estas nubes, ya que ahora hay menos partículas en suspensión en la atmósfera. En consecuencia faltan núcleos de con-

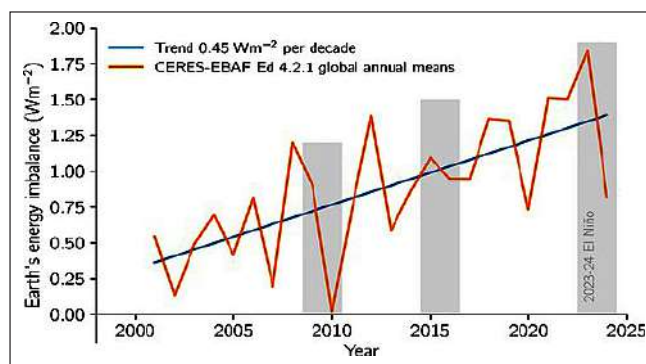
densación para las nubes y aerosoles refrigerantes que atenúan los rayos solares, de tal suerte que su efecto refrigerante ha disminuido entre 0.1 y 0.32 W/m^2 desde el año 2000.

Por si esto no bastara, las simulaciones climáticas indican que cambio climático y los cambios asociados en las temperaturas, las corrientes de aire y la humedad de la atmósfera también afectarían negativamente a las nubes marinas que se disiparían más rápidamente, aunque en este campo las incertidumbres son todavía grandes.

Las importantes lagunas en el conocimiento de estos complejos fenómenos no hacen sino resaltar la importancia de seguir observando de cerca la evolución del balance energético de la Tierra. Pero es precisamente aquí donde podría haber un problema pues varias misiones de satélites que vigilan el equilibrio de la radiación terrestre expirarán en los próximos años. Un importante instrumento de la Estación Espacial Internacional debe ser sustituido este año, pero la misión de sustitución sólo tiene una duración prevista de tres años. Esto podría abrir brechas fatales en nuestra observación de la Tierra, advierte el equipo. Se añade a esto el recorte de fondos en varios países para la investigación climática fundamental al concentrarse los esfuerzos en la lucha por la adaptación o al desarrollo de aplicaciones y servicios climáticos basados en el conocimiento presente.

● Mauritsen, T., *et al.*: Earth energy imbalance more than doubled in recent decades. *AGU Advances*, mayo 2025 (<https://doi.org/10.1029/2024AV001636>)

● Goessling, H.F., *et al.*: Recent global temperature surge intensified by record-low planetary albedo. *Science*, dic 2024 ([doi: 10.1126/science.adq7280](https://doi.org/10.1126/science.adq7280))



Desequilibrio energético medio anual del planeta durante el período 2001-2024. La línea azul muestra la tendencia lineal durante este período. El sombreado gris muestra los años afectados por El Niño. (Mauritsen *et al.*, 2025)

Medio siglo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF)

Parte 2: Principales contribuciones al avance de la predicción numérica del tiempo

E. RODRÍGUEZ CAMINO, AME

Introducción

En su medio siglo de vida, el ECMWF ha contribuido sustancialmente al desarrollo de la predicción numérica del tiempo (PNT), especialmente desde su vertiente más operativa. Prácticamente desde el inicio de sus operaciones sus predicciones superaron en calidad a las de otros centros que desarrollaban tareas similares. Este éxito se puede atribuir al hecho de que el momento en el que surge el ECMWF se dieron una conjunción de circunstancias que ya hemos comentado en la Parte I¹. En primer lugar, había una gran voluntad y necesidad de cooperación europea. Además, en las décadas anteriores se había desarrollado una comprensión fundamental de la circulación atmosférica y su predictibilidad. También el Programa Global de Investigación Atmosférica (GARP), que se estaba desarrollando en esos años, contribuyó a crear y mejorar un sistema global de observación atmosférica para el tiempo y el clima. Finalmente, y no por ello menos importante, se avecinaba un gran avance en la supercomputación, incluyendo el desarrollo del ordenador Cray.

Dado el amplio campo de actividad que ha desarrollado el ECMWF en sus 50 años de historia, y para mantener esta contribución dentro de unos límites razonables, he optado por describir brevemente cuatro temas en los que el ECMWF ha estado en vanguardia de su desarrollo y que han constituido hitos y avances significativos en la PNT tanto desde el punto de vista teórico como de su aplicación práctica:

- Asimilación de datos mediante métodos variacionales, piedra angular para la mejora continua de las condiciones iniciales.
- Predicción por conjuntos basada en

vectores singulares, que ha transformado la forma de estimar la incertidumbre en las predicciones meteorológicas.

- Servicios operativos en apoyo a la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y a la vigilancia de la composición atmosférica, a través del Programa Copernicus.

- Aplicación de técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático a los modelos de predicción.

En esta selección, necesariamente subjetiva, desgraciadamente se han tenido que quedar fuera muchos y muy reseñables desarrollos, como las contribuciones en la parte dinámica y física del modelo atmosférico, la predicción estacional –incluyendo el acoplamiento con otros componentes esenciales del sistema climático como el océano, hielo marino, superficie terrestre–, el desarrollo de infraestructura de cálculo y acceso a datos y otras muchas.

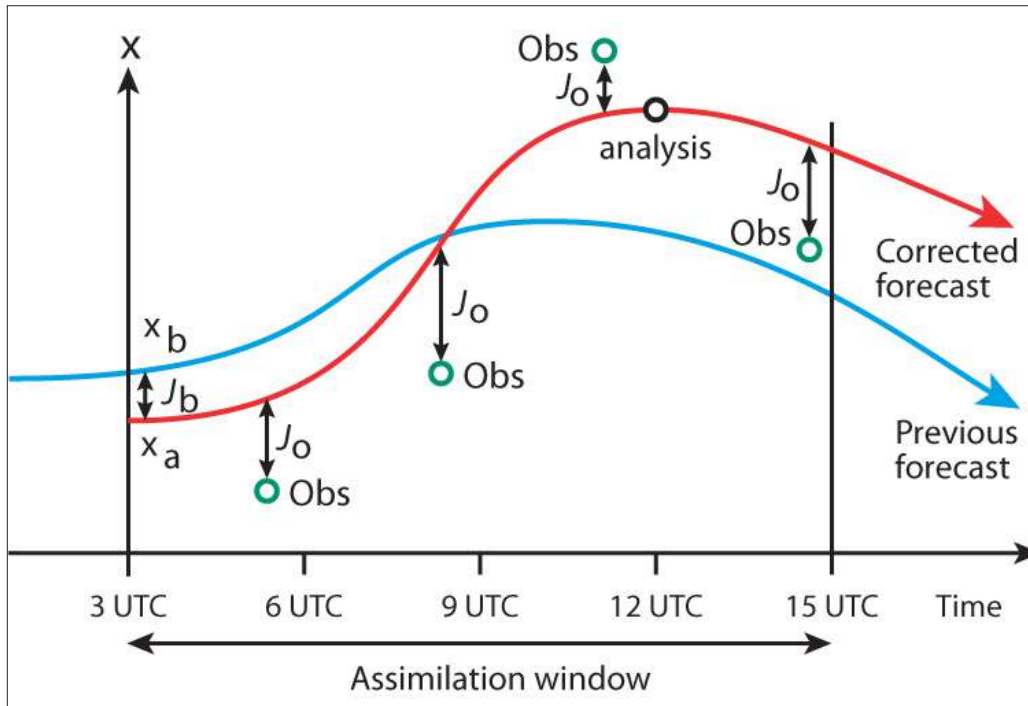
Asimilación variacional

Desde el principio quedó claro en el ECMWF que la calidad del sistema de análisis era fundamental para reducir los errores en las condiciones iniciales, y que estos errores crecían con el tiempo y afectaban a la calidad de las predicciones. Inicialmente, y por la presión de implementar rápidamente el sistema operativo de predicción, se desarrolló un sistema de interpolación óptima (OI) tridimensional que combinaba datos observacionales con una predicción a corto plazo. Este método funcionaba razonablemente bien aunque tenía limitaciones en la resolución, en la asignación de la hora real de las observaciones y en la consistencia entre las variables analizadas, por lo que a partir de los años 80, se comenzó a investigar la técnica de

asimilación variacional en tres dimensiones (3D-Var) y posteriormente en cuatro dimensiones (4D-Var). La utilización de datos observacionales directamente asociados a su momento de medición, como sucede con 4D-Var, permitió optimizar el uso de datos satelitales y radiancias sin procesar y supuso un avance significativo en la calidad de los análisis y de las predicciones. De hecho, el desarrollo e implementación de la asimilación variacional en el ECMWF marcó un hito en el avance de la PNT, destacándose tanto su enfoque innovador como su temprana puesta en operaciones.

La técnica de asimilación variacional comenzó a investigarse en los años 80, basándose en el método adjunto desarrollado por Guri Marchuk en 1974 (Tagliand y Courtier 1987). Los primeros experimentos demostraron que esta técnica podría reducir el ruido generado por las ondas gravitatorias y que obligaba a introducir un módulo de inicialización que las filtraba tras el análisis basado en OI. En 1996, el ECMWF implementó operativamente el sistema 3D-Var que optimizaba el uso de datos observacionales en momentos específicos y que mejoraba la calidad de los análisis globales (Courtier *et al.* 1998). El ECMWF fue el primer centro en implementar operativamente (en noviembre de 1997) el sistema 4D-Var, que al utilizar las observaciones en su tiempo real de medición, era capaz de representar con mayor precisión la evolución temporal de la atmósfera (Rabier *et al.* 1990). La implementación de 4D-Var permitió al ECMWF liderar internacionalmente la predicción numérica global, especialmente en el plazo medio, y facilitó el camino para el uso directo de las radiancias satelitales sin procesar. Météo France colaboró estrechamen-

¹ Medio siglo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF) Parte 1: Del impulso político hasta el inicio de las operaciones
<https://doi.org/10.30859/ameTyCn88p19>



Esquema de asimilación 4D-VAR para un único parámetro x , en el que las observaciones se comparan con una predicción a corto plazo de un análisis previo durante una ventana de asimilación de doce horas. El estado inicial del modelo, x_b , se modifica para lograr un buen equilibrio, x_a , basado en la estadística y la dinámica, minimizando una función de penalización. Los términos de penalización más importantes son J_b , que representa el ajuste a la predicción previa x_b , y J_o que representa el ajuste a todas las observaciones dentro de la ventana de asimilación (fuente: ECMWF)

te con el ECMWF en el desarrollo de la asimilación variacional e implementó su propio sistema 4D-Var en junio de 2000. La Met Office adoptó el sistema 4D-Var en octubre de 2004, varios años después del ECMWF, debido a limitaciones en recursos computacionales y a prioridades diferentes. El NCEP de EE. UU. optó inicialmente por métodos alternativos, como el *Ensemble Kalman Filter*, por su menor demanda computacional si bien no alcanzaba la precisión del 4D-Var en el plazo medio.

La asimilación 4D-VAR ha ido mejorando desde el inicio de su implementación operativa con un mejor uso de los datos, especialmente con la asimilación directa de las radiancias medidas desde un número significativamente creciente de instrumentos a bordo de satélites, la introducción de los conjuntos en la asimilación y el uso de las técnicas de autoaprendizaje (*machine learning*, ML), tendiendo además a una asimilación totalmente acoplada de todos los componentes del sistema Tierra (ECMWF 2017, ECMWF 2022)

Predicción de la incertidumbre

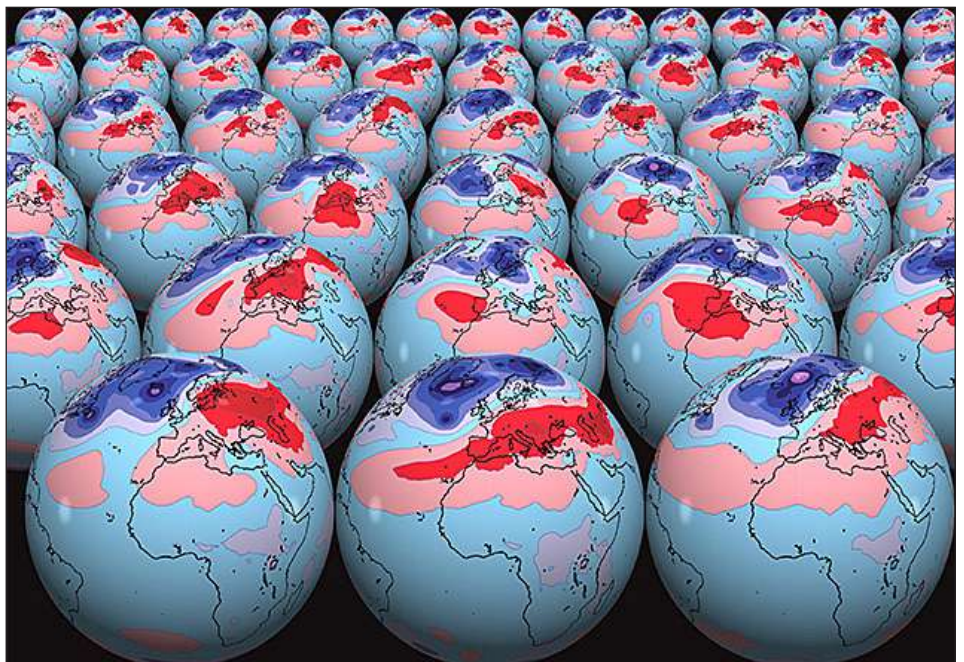
La naturaleza caótica de la atmósfera

Conjunto de simulaciones en las que se basa la predicción por conjuntos que permite explorar la incertidumbre de la predicción y realizar predicciones probabilísticas (fuente: ECMWF)

implica que ningún sistema de predicción meteorológica puede ser perfecto y siempre existirán incertidumbres. Una forma de estimar estas incertidumbres consiste en generar un conjunto de predicciones que proporciona una colección de posibles predicciones y la probabilidad de, por ejemplo, fenómenos meteorológicos extremos potencialmente peligrosos. Un sistema operativo de predicción por conjuntos fiable y preciso debe representar de la mejor manera posible las incertidumbres en las condiciones iniciales y el modelo de predicción.

Bajo el liderazgo de Tim Palmer, el ECMWF comenzó a desarrollar en los años ochenta una técnica que utiliza vectores singulares para calcular pequeñas perturbaciones de las condiciones iniciales, lo que ayudaba a maximizar la dispersión de los miembros del conjunto.

Las predicciones por conjuntos operativas comenzaron en el ECMWF en diciembre de 1992 (Molteni *et al.* 1996), aproximadamente al mismo tiempo que en el NCEP de EE. UU. si bien en este último caso se aplicaba la técnica alternativa de *breeding* para generar las perturba-



Medio siglo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF)

Parte 2: Principales contribuciones al avance de la predicción numérica del tiempo

ciones de las condiciones iniciales. Posteriormente se introdujeron las predicciones por conjuntos en muchos otros centros de predicción de todo el mundo influidos por el ECMWF. Las primeras predicciones por conjuntos del ECMWF contaban con 33 miembros y una resolución horizontal de aproximadamente 210 km y se ejecutaban tres veces por semana, con un alcance de diez días. Como los modelos numéricos utilizados para simular la atmósfera, el océano y otros componentes del sistema terrestre también presentan incertidumbres, en 1998 se introdujo adicionalmente una técnica basada en la perturbación estocástica de las tendencias de las parametrizaciones que aplicaba perturbaciones durante la predicción en la representación de los procesos a escala subrejilla.

Desde principios de la década del 2000, también se han utilizado conjuntos para generar las predicciones mensuales y estacionales del ECMWF, ejecutados con una resolución menor que los conjuntos a plazo medio para limitar los costos de producción. Con el tiempo, los conjuntos de las predicciones en las diferentes escalas temporales se han ido acercando para tener un enfoque unificado (*seamless*). Además, en 2010 se introdujeron también los conjuntos en el sistema de asimilación de datos para representar las incertidumbres en las condiciones atmosféricas iniciales adicionalmente al uso de vectores singulares, lo que mejoró las predicciones. El ECMWF también utiliza conjuntos para los reanálisis, de hecho, el reanálisis ERA5 incluyó por primera vez en 2019 información sobre la incertidumbre, basada en el uso de conjuntos dentro del sistema de asimilación 4D-Var. Adicionalmente, en mayo de 2021, se introdujo la precisión simple (32 bits en lugar de 64 bits) lo que permitió aumentar de la resolución vertical de las predicciones por conjuntos de 91 niveles a 137 con la consiguiente mejora de las predicciones.

Desde el inicio de la predicción operativa por conjuntos la resolución horizontal ha aumentado de 210 a 9 km, siendo actualmente la misma que la predicción determinista con lo que esta última denominación ya ha perdido su sentido. La información probabilística que proporcionan los conjuntos puede ser especialmente valiosa para las alertas tempranas

de condiciones meteorológicas adversas. La predicción por conjuntos ha supuesto una revolución en el uso de las predicciones, dando origen a las predicciones probabilísticas y a la toma de decisiones basada en riesgos. El ECMWF ha sido y es un referente en predicción por conjuntos, influenciando a otros centros internacionales (Buizza y Richardson 2017, ECMWF 2022)

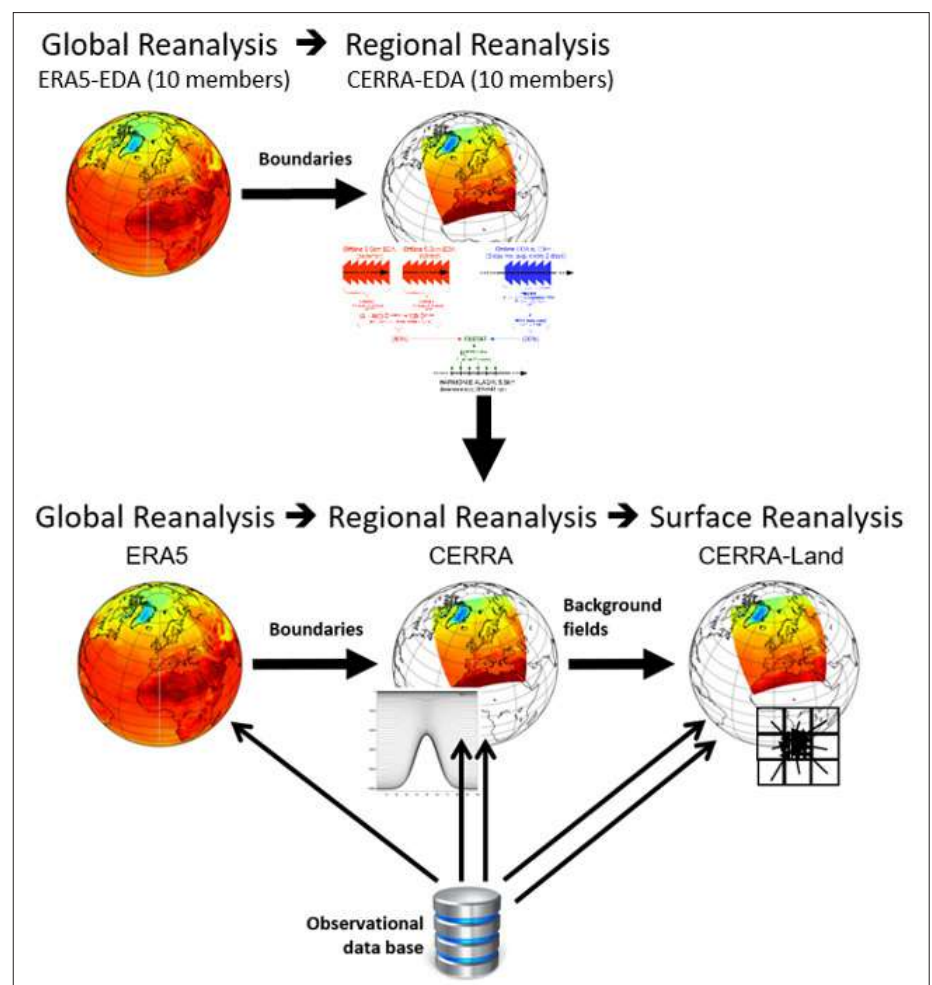
ECMWF como brazo operativo de Copernicus

El Programa Copernicus, la iniciativa insignia de la Unión Europea en materia de observación de la Tierra proporciona acceso libre y gratuito a datos ambientales de alta calidad, lo que facilita la toma de decisiones en materia de vigilancia del clima, calidad del aire, vigilancia de los océanos y superficie terrestre así como la gestión de emergencias, en beneficio de los sectores público y privado.

Desde su creación en 2014, parte del

Programa Copernicus ha sido implementado por el ECMWF en colaboración con otras instituciones europeas e internacionales. El ECMWF tiene encomendado el Servicio de Vigilancia de la Atmósfera de Copernicus (CAMS) (Peuch *et al.* 2022) y el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) (Buontempo *et al.* 2022). Estos servicios proporcionan productos operativos esenciales que abarcan calidad del aire, reanálisis climático, predicciones estacionales, vigilancia de los gases de efecto invernadero y radiación solar. El CAMS y el C3S prestan servicio respectivamente a miles y decenas de miles de usuarios directos en todo el mundo y llegan a millones de usuarios indirectos. Los servicios apoyan a los responsables políticos, las empresas y los investigadores con información climática y ambiental fidedigna.

Las actividades de reanálisis son una pieza clave dentro de C3S, ya que proporcionan una base coherente, com-



Cadena de producción de CERRA y CERRA-Land basada en ERA5-EDA (fuente: ECMWF)

pleta y consistente de datos climáticos históricos que permiten comprender el clima pasado, monitorear el clima actual y proyectar tendencias futuras. Los reanálisis garantizan una base objetiva, científica y reproducible sobre el estado del clima y permiten: **i)** evaluar tendencias de largo plazo del cambio climático; **ii)** alimentar estudios académicos y evaluaciones como los informes del IPCC; **iii)** desarrollar productos sectoriales (p.ej., agricultura, energía, salud); **iv)** mejorar la gestión del riesgo climático y de desastres. El ECMWF ha sido uno de los pioneros y líderes mundiales en la producción de reanálisis climáticos. Su serie de reanálisis ha evolucionado en precisión, resolución espacial, cobertura temporal y variables disponibles, y ha ido ganando en aceptación por parte de la comunidad climatológica que inicialmente lo consideraba como un producto numérico alejado de los datos observacionales y por lo tanto no muy adecuado para estudios de clima.

El primer reanálisis producido por el ECMWF en 1996 fue el ERA-15, con una resolución espacial de 125 km y una cobertura de aproximadamente 15 años. El siguiente análisis fue el ERA-40 manteniendo la resolución espacial, pero con una mejor asimilación de datos y una base observacional mucho más amplia. El ERA-Interim puede decirse que fue el primer reanálisis “moderno” basado en asimilación 4D-Var mejorando la resolución espacial hasta aproximadamente 80 km.

Actualmente el C3S genera el ERA5 en modo cuasi-operacional solo con un retraso de unas semanas (Balsamo *et al.* 2020). Posee una resolución espacial de ~31 km, 137 niveles verticales y cubre desde 1940 hasta la actualidad, con resolución horaria y global y está libremente disponible. ERA5 incluye además una estimación de la incertidumbre mediante un sistema de asimilación por conjuntos (ERA5-EDA). Es importante mencionar también la producción de reanálisis en alta resolución (9 km) sobre la superficie terrestre (ERA5-Land) y los reanálisis regionales sobre Europa (CERRA). También son muy relevantes el ECA4 (reanálisis global de composición atmosférica del ECMWF de cuarta generación) y el EGG4 (reanálisis global de

gases de efecto invernadero del ECMWF de cuarta generación).

El ECMWF también contribuye de forma clave al Servicio de Gestión de Emergencias de Copernicus (CEMS), bajo la dirección del Joint Research Centre (JRC), apoyando la predicción global de inundaciones e incendios. El ECMWF es el responsable del Sistema Europeo de Alerta de Inundaciones (EFAS, de sus siglas en inglés) y del Sistema Mundial de Alerta de Inundaciones, que proporciona predicciones de inundaciones con hasta 30 días de antelación y un pronóstico hidrológico con varios meses de antelación, lo que ayuda a los organismos nacionales e internacionales a anticipar y mitigar los riesgos de inundación.

Paralelamente, el ECMWF también se encarga de elaborar evaluaciones diarias del peligro de incendios. Estas evaluaciones, que incluyen pronósticos de alta resolución y conjuntos con una duración de hasta 15 días, se integran en el Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS, de sus siglas en inglés) y el Sistema Mundial de Información sobre Incendios Forestales para apoyar a las autoridades nacionales en la gestión de incendios forestales en Europa y regiones vecinas, así como en todo el mundo. Esto complementa perfectamente el Sistema Mundial de Asimilación de Incendios (GFAS) del CAMS, que integra observaciones satelitales de la potencia radiativa de los incendios para estimar las emisiones globales de la quema de biomasa, alimentando así los modelos de composición atmosférica para evaluar el impacto de los incendios forestales en la calidad del aire y el clima.

Con la Fase 2 de Copernicus (2021-2028), el ECMWF amplía sus contribuciones, incluyendo la Capacidad de Apoyo a la Monitorización y Verificación de las Emisiones Antropogénicas de CO₂ de Copernicus (CO2MVS), que proporcionará evaluaciones independientes basadas en observaciones de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Estos servicios innovadores se basarán en el componente espacial del Programa Copernicus, incluyendo el lanzamiento de una nueva generación de satélites entre 2025 y 2028 (en particular, los satélites geoestacionarios Sentinel 4 y Sentinel 5, la constelación CO₂M y las misiones con-

tribuyentes a Copernicus). Las nuevas iniciativas también incluyen el primer reanálisis global acoplado del sistema Tierra y Programas Nacionales de Colaboración adaptados a las necesidades de los estados miembros de la UE para ampliar y apoyar los servicios y la captación de datos de Copernicus.

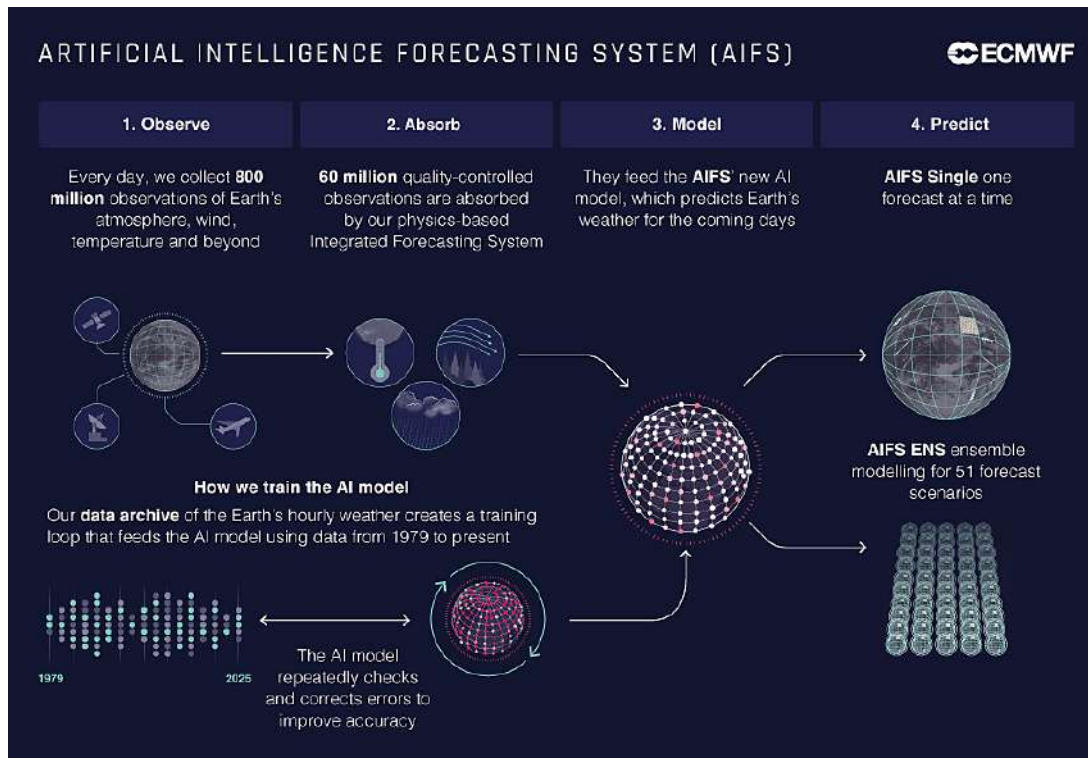
Emergencia de la inteligencia artificial

La resolución de las ecuaciones físicas que describen la evolución de la atmósfera y la computación de alto rendimiento han constituido el pilar básico desde los comienzos de la PNT en la década de 1950 y a la vez ha sido el principal factor limitante para realizar los cálculos que los modelos de predicción exigen con la suficiente rapidez como para generar resultados útiles. Las especificaciones clave de los modelos, como la resolución espacial, el paso de tiempo, la complejidad de los procesos del sistema terrestre y el volumen y la diversidad de datos observacionales utilizados en la asimilación de datos, se han multiplicado por un millón en los últimos 20 años proporcionalmente a la potencia computacional disponible. Esta progresión de la PNT en paralelo con la tecnología informática está llegando a su fin y la mejora de la capacidad de cómputo está ralentizándose porque el crecimiento exponencial de la Ley de Moore ya no se mantiene como antes y porque la velocidad de los procesadores se ha estabilizado por limitaciones térmicas y energéticas. Aunque aumentan los núcleos y el paralelismo, los algoritmos de predicción física no siempre escalan bien, especialmente en la comunicación entre nodos. Además, el aumento de la resolución de forma constante implica multiplicar el consumo energético y los costes, lo cual no es sostenible ni económica ni ecológicamente. Todo ello implica que la evolución futura de la PNT tendrá que experimentar una drástica revolución.

La situación cambió rápidamente en el año 2022 cuando algunas grandes empresas tecnológicas como NVIDIA, Huawei y Google DeepMind avanzaron en la calidad de las predicciones meteorológicas con sus respectivos modelos FourCastNet, Pangu-Weather y GraphCast basados exclusivamente en métodos de aprendizaje automático (ML por

Medio siglo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF)

Parte 2: Principales contribuciones al avance de la predicción numérica del tiempo



Esquema de los modelos AIFS Single y AIFS ENS (fuente: ECMWF)

ración de las predicciones. El AIFS es el primer modelo abierto de predicción meteorológica totalmente operativo que utiliza aprendizaje automático con la más amplia gama de parámetros. Incluye campos esenciales para los usuarios, como el viento y la temperatura, y detalles sobre los diferentes tipos de precipitación, desde nieve hasta lluvia. El AIFS tiene un tamaño de rejilla de 28 km y un ciclo de 6 horas, mientras que el IFS basado en física posee un tamaño de rejilla de 9 km. La primera versión operativa, que se denomina AIFS Single, ejecuta una única

predicción determinista.

machine learning, en inglés), en particular de aprendizaje profundo, hasta acercarse a la pericia del modelo del ECMWF (denominado *Integrated Forecasting System*, IFS) (véase, p.ej., Keisler 2022).

A la vista de este desafío, el mismo ECMWF reaccionó con rapidez y comenzó a desarrollar su propio modelo íntegramente basado en estas técnicas (denominado Artificial Intelligence/Integrated Forecasting System, AIFS) con código abierto para comparar con los modelos arriba mencionados y explorar vías alternativas de trabajo. Ha trascendido mucho en los medios de comunicación que estos modelos basados en ML requieren para generar su predicción de sólo un minuto en una única unidad de procesamiento gráfica y que por lo tanto consumen una ínfima cantidad de energía en comparación con el modelo IFS. Sin embargo, la lectura no es tan simple ya que todos estos modelos basados exclusivamente en ML actualmente dependen en gran medida del IFS ya que utilizan datos del reanálisis ERA5 (generados con el IFS) para su entrenamiento, validación y establecimiento de condiciones iniciales. La calidad de las predicciones se ha medido fundamentalmente utilizando el error cuadrático medio, siendo los modelos ML en su fase de en-

trenamiento diseñados para minimizar precisamente este mismo índice. La evaluación de la calidad de las predicciones es una tarea mucho más compleja que la simple comparación de un único índice de verificación, normalmente hay que considerar una batería de índices que miden diferentes aspectos de la predicción, también hay que considerar si se suavizan o no las predicciones de los eventos extremos (que es donde las predicciones tienen más valor), y sobre todo hay que verificar si las predicciones muestran o no una imagen físicamente consistente de todas las variables. El diseño de la fase de entrenamiento es esencial en las predicciones basadas exclusivamente en ML para optimizar uno u otro aspecto de las predicciones (Chantry *et al.* 2023).

En febrero de 2025 el ECMWF ha puesto en operación el modelo AIFS para que funcione en paralelo con el IFS tradicional, basado en la física (Lang *et al.* 2024). El AIFS supera a los modelos de física de vanguardia en numerosos indicadores, incluyendo las trayectorias de ciclones tropicales, con mejoras de hasta un 20 %. Además, el modelo AIFS aprovecha las oportunidades que ofrece el ML proporcionando una mayor velocidad de cálculo y una reducción de aproximadamente 1000 veces en el consumo de energía para la elabo-

Casi solapándose con la aparición de este número de *TyC*, el 1 de julio de 2025, se ha puesto en operación la correspondiente versión AIFS basada en predicción por conjuntos denominada AIFS ENS. El sistema AIFS ENS genera múltiples miembros mediante el muestreo de una distribución aprendida, capturando la incertidumbre de las condiciones meteorológicas futuras (véanse las características de esta implementación en <https://confluence.ecmwf.int/display/FCST/Implementation+of+AIFS+ENS+v1>). El modelo se entrena utilizando una versión del índice *Continuous Ranked Probability Score* (CRPS) que garantiza que las predicciones sean a la vez precisas y estén bien calibradas. El sistema AIFS ENS supera al sistema tradicional de conjuntos basado en la física del ECMWF en pronósticos a medio plazo y presenta un rendimiento competitivo en pronósticos subestacionales cuando se evalúan como anomalías. La extensión del AIFS ENS a predicciones extendidas subestacionales y estacionales, así como el potencial de hibridar predicciones basadas en datos y en física también será un activo campo de investigación en los próximos años.

Las observaciones meteorológicas siempre han sido un ingrediente clave

en la predicción meteorológica. Se utilizan para determinar el punto de partida de cualquier predicción. En la PNT tradicional, se combinan en la asimilación de datos con una predicción previa a corto plazo para obtener un estado inicial completo de la atmósfera y los componentes relacionados del sistema terrestre. Recientemente, el ECMWF ha desarrollado un sistema basado en AIFS que no utiliza la asimilación de datos en absoluto, las predicciones se basan únicamente en observaciones, sin un paso separado para establecer un estado inicial completo ni recurrir a reanálisis para el entrenamiento. Este enfoque evita dos problemas asociados con la asimilación de datos: el primero es el conocimiento detallado que se requiere de la incertidumbre de las observaciones y del *first guess* (predicción previa); y el segundo es la necesidad de contar con una correspondencia muy precisa entre las observaciones, que puede ser la radiación medida por satélites, y los estados del modelo. Este método de predicción,

actualmente en desarrollo, denominado Inteligencia Artificial-Predicción Directa de la Observación (AI-DOP, por sus siglas en inglés)), evita estos problemas al operar directamente sobre las magnitudes físicas que realmente miden los sistemas de observación meteorológica (Alexe *et al.* 2024).

Como vemos, los desarrollos basados en AIFS y AI-DOP que están teniendo lugar en el ECMWF están cambiando la continua evolución de la PNT basada en las leyes de la física que fue calificada de *revolución silenciosa* (Bauer *et al.* 2015) para situarnos en un punto de bifurcación que implica una revisión de los métodos y principios que se han venido aplicando hasta ahora en el desarrollo de la PNT (Bauer 2024).

Conclusión

A lo largo de sus cinco décadas de existencia, el ECMWF ha desempeñado un papel central en la evolución de la PNT, llegando a ser, casi desde sus inicios, un centro líder en predicción numérica a

medio plazo. Su capacidad para integrar teoría, observación, modelización y computación de alto rendimiento ha permitido avances fundamentales en la calidad de las predicciones y en la comprensión del sistema climático. El ECMWF no solo ha cumplido con las altas expectativas que motivaron su creación, sino que ha superado ampliamente su misión inicial centrada en la predicción numérica a medio plazo. En ese tiempo, ha logrado consolidarse como un centro de referencia internacional, manteniendo siempre el equilibrio entre excelencia científica y utilidad operativa.

El enfoque colaborativo entre el ECMWF y sus estados miembros, junto con una sobresaliente visión estratégica de los desarrollos en PNT, han sido clave para mantener una trayectoria sostenida de innovación. Desde la asimilación variacional hasta las nuevas fronteras de la inteligencia artificial aplicada a la predicción, el ECMWF ha sabido anticiparse a los desafíos y posicionarse en la vanguardia del conocimiento en el campo de la PNT.

Referencias

- Alexe, M. *et al.*, 2024. GraphDOP: Towards skilful data-driven medium-range weather forecasts learnt and initialised directly from observations. arXiv:2412.15687 [physics.ao-ph]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.15687>
- Balsamo, G. *et al.*, 2020: The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Bauer, P., Thorpe, A., Brunet, G., 2015. The quiet revolution of numerical weather prediction. Nature, 525(7567), 47–55. <https://doi.org/10.1038/nature14956>
- Bauer, P., 2024: What if? Numerical weather prediction at the crossroads. Journal of the European Meteorological Society, 1. <https://doi.org/10.1016/j.jemets.2024.100002>
- Buontempo, C. *et al.*, 2022: The Copernicus Climate Change Service: Climate Science in Action. Bull. Amer. Meteor. Soc., 103 (12), E2669–E2687. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0315.1>
- Buizza, R. and Richardson, D., 2017: 25 years of ensemble forecasting at ECMWF, ECMWF newsletter No. number 153, pag 20–31, <https://doi.org/10.21957/bv4180>
- Chantry, M., Ben Bouallegue, Z., Magnusson, L., Maier-Gerber, M., Dramsch, J., 2023. The rise of machine learning in weather forecasting. ECMWF Science Blog, <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/science-blog/2023/rise-machine-learning-weather-forecasting>
- Courtier, P., E. Andersson, W. Heckley, J. Pailleux, D. Vasiljevic, M. Hamrud, A. Hollingsworth, F. Rabier and M. Fisher, 1998: The ECMWF implementation of three-dimensional variational assimilation (3D-Var). I: Formulation. Q. J. R. Meteorol. Soc., Vol 124, No. 550, pp 1783, <https://doi.org/10.1002/qj.49712455002>
- ECMWF, 2017: 20 years of 4D-Var: better forecasts through a better use of observations. Disponible en <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2017/20-years-4d-var-better-forecasts-through-better-use-observations>
- ECMWF, 2022: 25 years of 4D-Var: how machine learning can improve the use of observations. Disponible en <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2022/25-years-4d-var-how-machine-learning-can-improve-use-observations>
- ECMWF, 2022: 30 years of ensemble forecasting at ECMWF. Disponible en <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/focus/2022/30-years-ensemble-forecasting-ecmwf#:~:text=ECMWF%20was%20one%20of%20the,a%20range%20of%20environmental%20services>
- Keisler, R., 2022: Forecasting Global Weather with Graph Neural Networks. arXiv:2202.07575 [physics.ao-ph]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.07575>
- Lang, S. *et al.* 2024. AIFS – ECMWF's data-driven forecasting system. arXiv:2406.01465 [physics.ao-ph]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.01465>
- Molteni, F., R. Buizza, T.N. Palmer, T. Petroliagis, 1996: The ECMWF ensemble prediction system: methodology and validation. Q. J. R. Meteorol. Soc., 122, pp. 73–119, <https://doi.org/10.1002/qj.49712252905>
- Peuch, V.-H. *et al.*, 2022: The Copernicus Atmosphere Monitoring Service: From Research to Operations. Bull. Amer. Meteor. Soc., 103 (12), E2650–E2668. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0314.1>
- Rabier, F., H. Järvinen, E. Klinker, J.-F. Mahfouf, A. Simmons, 2000: The ECMWF operational implementation of four-dimensional variational assimilation. I: Experimental results with simplified physics. Q. J. R. Meteorol. Soc., 126, 1143–1170, <https://doi.org/10.1002/qj.49712656415>
- Talagrand, O. y Courtier, P., 1987: Variational assimilation of meteorological observations with the adjoint vorticity equation-Part I. Theory. Q. J. R. Meteorol. Soc. 113, 1311 – 1328, <https://doi.org/10.1002/qj.49711347812>

COORDINA FERNANDO BULLÓN

Autor: Imanol Zuaznabar García

“Atmósfera”

Una de las mayores recompensas de esta vida es convertir tu pasión en tu profesión, y tengo la infinita suerte de ser eso parte de mi día a día, lo que me permite siempre estar al acecho de cielos y momentos inolvidables, recorriendo países y lugares maravillosos, acompañado siempre de mi cámara. Estos dos años han sido muy intensos, y en este reportaje me voy a centrar en la luz y el color, siguiendo una progresión desde ambientes coloridos en candilazos a momentos de noche cerrada donde la noche cobra vida con luces y colores de ensueño.

Bienvenid@s a esta maravillosa fábrica de variados y coloridos fenómenos: la atmósfera.

2025

PRIMER PUESTO



Foto 1- Tenerife 5 de junio 2023.

Uno de los momentos más especiales que he vivido en Tenerife desde que vivo aquí, hace ya más de 4 años, fue este amanecer con un precioso lenticular sobre el Parque Nacional del Teide, y con la luna llena cayendo ya hacia el horizonte. Todo un momento inolvidable.



Foto 2- Stokksnes (Islandia) 1 de noviembre 2023.

Islandia está plagada de lugares de película, y uno de ellos es la playa de Stokksnes, con la montaña Vestrahorn de fondo, y si a esta preciosa playa con dunas y esa enorme montaña de fondo, le sumas un bonito amanecer, el espectáculo está servido.



Foto 3- Svinafellsjokull (Islandia) 27 de febrero 2024.

Seguimos en Islandia, en concreto nos vamos a una de las muchas lenguas glaciares que vienen del gran Vatnajökull, el glaciar más grande de Europa. En febrero, gracias a la vista aérea del dron, pude disfrutar de esta bonita vista de la puesta de sol con el frente glaciar en primer plano.

Foto 4- Tenerife 15 de junio 2023.

La primavera en Tenerife es sinónimo de buenos cielos y tajanastes, y en ocasiones tenemos la suerte de conjugar ambos elementos y disfrutar de postales como un buen candilazo junto con un bosque de tajanastes.

**Foto 5-** Tenerife 8 de febrero 2024.

Dudaba mucho en poner dos fotos de un fenómeno similar, pero para mí era imposible dejar de lado este otro lenticular inolvidable que pude retratar hace un año frente al Teide, en este caso un atardecer y no un amanecer como en la primera fotografía.

**Foto 7-** Albacete 13 de septiembre 2023.

En Albacete pude disfrutar en septiembre del 2023 de una serie de preciosas tormentas durante una larga tarde noche, que me dejaron cielos tenebrosos y espectaculares como éste.

Foto 8- Tenerife 14 de diciembre 2024

Pocas tormentas disfrutamos en las islas, pero en ocasiones hay excepciones, como este precioso rayo tierra-nube que pude fotografiar desde Tenerife y que se producía en la isla de Gran Canaria.

**Foto 6-** Zaragoza 29 de agosto 2024

Vamos bajando pasos de luz foto a foto y nos vamos al mundo de las tormentas, que un poco olvidado tengo aquí en Canarias, pero, a veces, tengo la oportunidad de escaparme y rememorar otras épocas. Aquí tenemos una potente tormenta sobre la provincia de Zaragoza este pasado verano.



Foto 9- Albacete 13 de septiembre 2023.
Y volvemos a Albacete nuevamente, donde en septiembre del 2023 pude disfrutar de una serie de preciosas tormentas, siendo una de ellas ésta, un precioso Cb iluminado por docenas de rayos y relámpagos, con total tranquilidad gracias a la seguridad que otorgaba la distancia.

Foto 10- La Palma 6 de junio 2024.
¿Qué mejor manera de ver y disfrutar de un mar de nubes en La Palma? Pues sobre él, bajo las estrellas y observando un ligero airglow (tonalidades verdes) de fondo, una luminiscencia nocturna habitual en estas latitudes.

9



10



11

12



Foto 11- Bruarfoss (Islandia) 6 de octubre 2024.

Ya son más de diez visitas a la tierra del hielo y del fuego, y en las últimas ocasiones, más concretamente en octubre, pude disfrutar de varios días seguidos de espectaculares auroras boreales, desde marcos incomparables, como este cascada de Bruarfoss.

Foto 12- Islandia - 10 octubre 2024.

La noche del 10 de octubre pasó a la historia como una de las mayores tormentas geomagnéticas registradas, y me coincidió, con tremenda fortuna, poder vivirla desde latitudes altas, concretamente desde Islandia, donde pudimos asistir a un inolvidable espectáculo de colores en el cielo nocturno.



LAS FOTOS DE LA PRIMAVERA

MARZO

Título: Explosión de auroras

Autor: Imanol Zuaznabar García

Cámara: ILCE-7RM3

Lugar: Hella (Islandia)

Fecha: 8 de marzo de 2025

Comentario: Esta última temporada de auroras ha sido excepcional, y esta foto es el broche de oro para mí durante estos meses de otoño a primavera en Islandia. La previsión era de cielos despejados, actividad alta y con una buena localización cerca del hotel. Sólo quedaba esperar y disfrutar.

ABRIL

Título: Cumulonimbus calvus con pileus

Autor: Carme Molist Vidal

Cámara: ILCE-7M2

Lugar: Manlleu (Barcelona)

Fecha: 15 de abril de 2025

Comentario:

Cumulonimbus calvus con pileus coronando el santuari de Lurdes o Puig-Agut. Se alza un gran nubarrón: un cumulonimbus calvus, una nube que puede crecer muy rápido y anunciar tormentas intensas. Encima de ella se forma un pileus, una nube pequeña en forma de gorro, que aparece cuando el aire asciende con fuerza. Tormenta en camino.



MAYO

Título: "El corredor norte"

Autor: Benjamín Porée

Cámara: EOS 5D MarkIV

Lugar: Vitoria-Gasteiz (Álava)

Fecha: 30 de mayo de 2025

Comentario: Famosa por su paso de violentas tormentas eléctricas, Vitoria-Gasteiz recibió una hermosa supercélula HP originada en la localidad de Miranda de Ebro y que alcanzaba su punto máximo en Vitoria-Gasteiz cuando se tomó la foto.



*Próximo concurso estacional:
"Meteoverano'2025".*

2 de mayo de 2025

Sistema convectivo mesoescalar

El 2 de mayo de 2025 un sistema convectivo de mesoescala (SCM), de grandes dimensiones y de gran duración, atravesó la península ibérica de sur a norte durante la madrugada y la mañana. En Madrid capital se empezaron a escuchar truenos en torno a media noche y no dejaron de oírse hasta pasado la media mañana.

La imagen elegida para representar esta situación (figura 1) muestra una gran estructura con los topos convectivos más fríos en la meseta Central Sur peninsular y la “cabellera” de cirros flameando hacia el oeste dirigida por el flujo de los niveles altos (figura 2). Al oeste, frente a las costas portuguesas, podemos apreciar una estructura con giro ciclónico que contiene varios centros de vorticidad asociados: el centro ciclónico principal se localiza frente al cabo de San Vicente, y se delata por una nubosidad en forma de frente frío con nubes convectivas organizadas; otros dos centros de vorticidad motivados por la cizalladura horizontal del viento en altura se localizan uno fren-

te a Oporto y el otro más al oeste. Entre frente frío asociado al vórtice principal del suroeste y el SCM del interior peninsular, podemos observar (figura 1) una banda oscura que delata el aporte desde el sur de una masa muy seca.

Al este peninsular, se observa una zona oscura, por donde transcurre el chorro en altura y, ya en el Mediterráneo, la señal de una gran estructura típica de un “conveyor cálido”, con el despliegue anticiclónico de cirros hacia el este.

Centrándonos ya en el SCM del interior peninsular, observamos como se desarrolla en el área de difluencia de los vientos en altura, con advección fría en los niveles medios (500 hPa) y advección cálida en los niveles bajos (figura 2). La disposición de los centros ciclónicos en superficie (figura 2), uno en la costa sur del mar de Alborán y el principal ligeramente al oeste de centro de vorticidad por giro en altura, garantizan el aporte hacia el interior de la península de masas de aire con variado contenido de humedad, distribuidos en capas superpuestas

que propician zonas de inestabilidad convectiva (figura 6). La inestabilidad potencial o convectiva se desata cuando las masas son obligadas a ascender, y esto es lo que ocurre en el centro de la península ibérica: las masas convergen en los niveles bajos en la zona donde ocurre la divergencia en los niveles altos.

El SCM está organizado en torno a un centro de vorticidad que en superficie se sitúa sobre Ciudad Real capital (figura 4). Posee una zona de precipitación estratiforme, que configura una meso alta en superficie, y una zona de alimentación desde el Mediterráneo con una masa potencialmente inestable (figura 6). El frente frío dirige una línea de turbonada casi estacionaria (figuras 3 y 5).

El SCM evolucionó a lo largo de la mañana a medida que el centro de vorticidad por curvatura en altura se desplazaba hacia las costas de Huelva, aparecieron varios SCMs de menores dimensiones, unos en la meseta septentrional y otro que se mantuvo en la meseta meridional con sus fronteras prácticamente en el mismo lu-

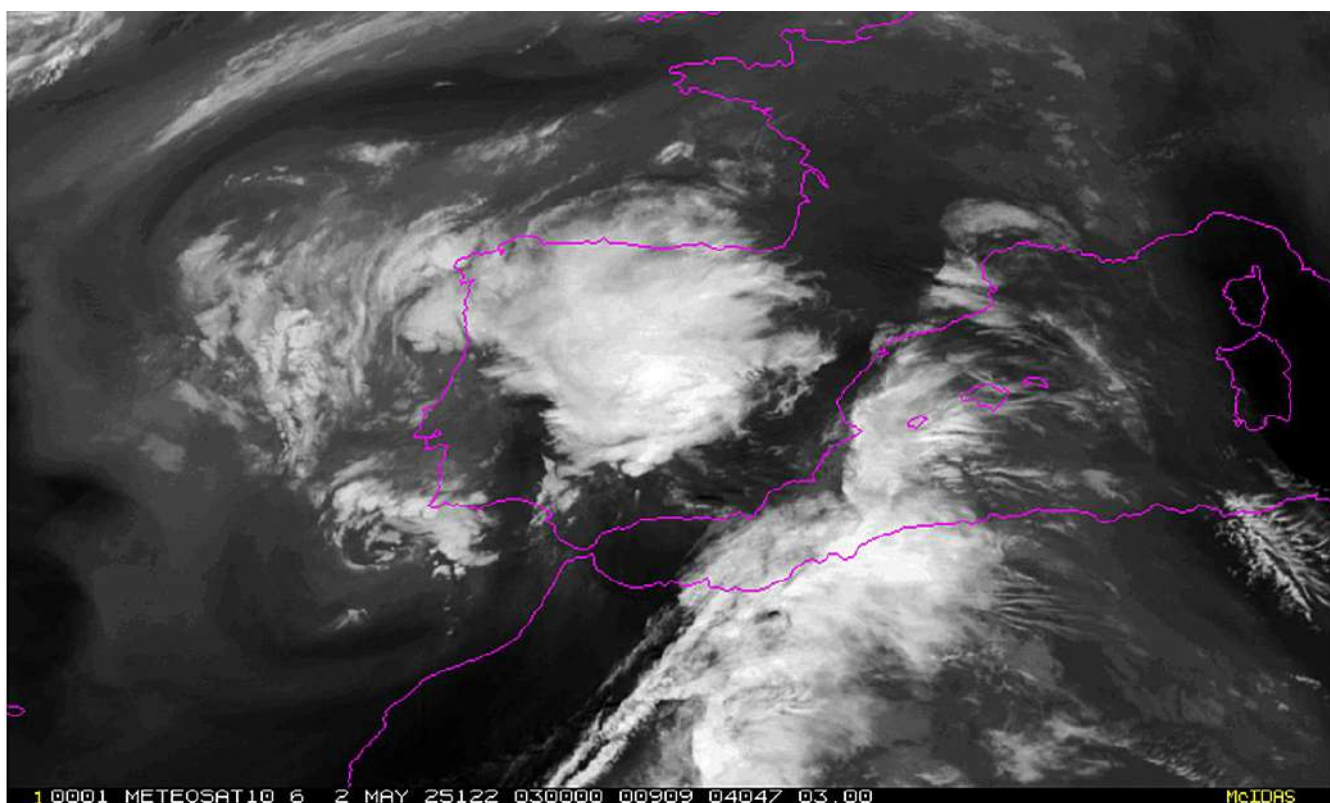


Figura 1. Imagen del canal vapor de agua (7.3 μm) procedente de METEOSAT (MSG) a las 03:00 UTC del 2 de mayo de 2025

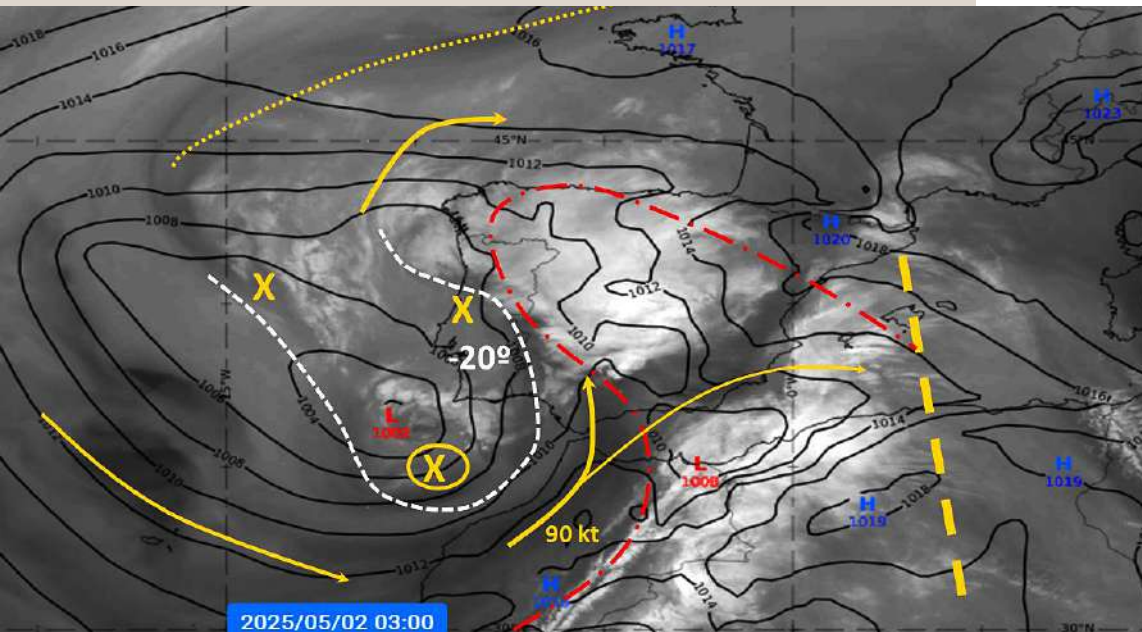
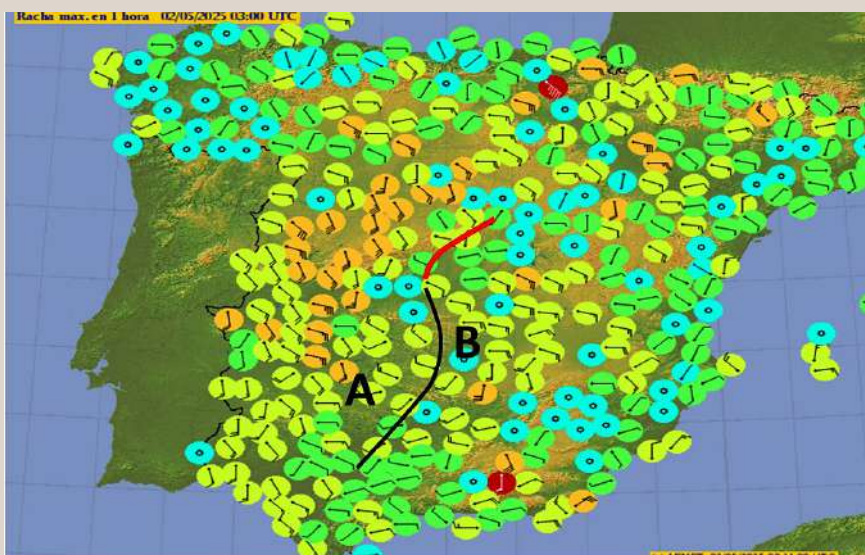


Figura 2. Diagnóstico mesoescalar a las 3:00 UTC sobre imagen del canal vapor de agua ($6.2 \mu\text{m}$). En color naranja se representan los elementos en altura: en 300 hPa chorros con flechas; eje de dorsal con línea discontinua; banda de deformación con puntos; y con aspas los centros de vorticidad por cizalladura y por curvatura con un aspa inscrita en un círculo. La línea blanca discontinua representa la anomalía fría de 500 hPa. Con una línea discontinua se representa la dorsal térmica en 850 hPa. Las líneas negras son las isobaras con los mínimos de presión marcados como L en rojo



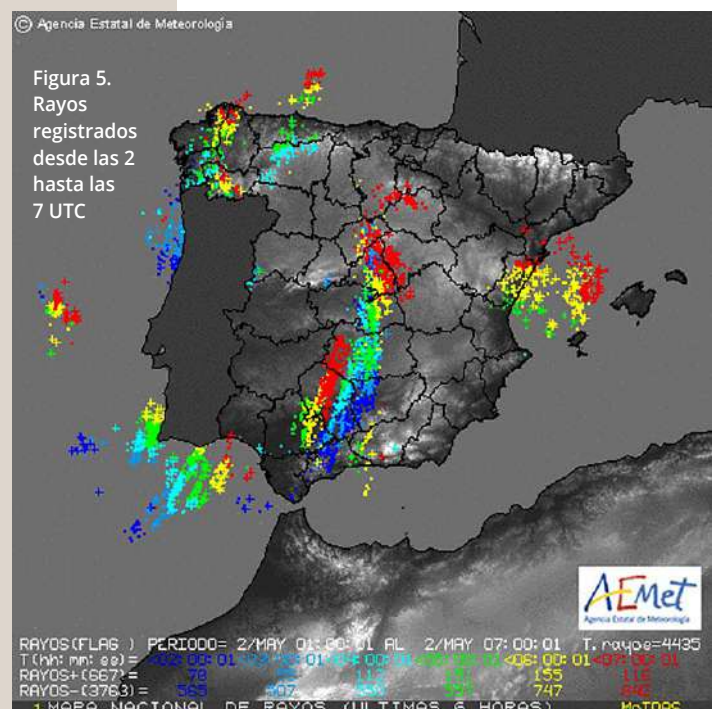
Figura 3. Imagen del PPI de la composición nacional de radares a las 3:00 UTC. Los colores indican los dB



gar. A lo largo de las primeras horas de la mañana comenzó a aparecer convección organizada en Cataluña.

Los fenómenos más adversos registrados fueron: una espectacular granizada en Piedrabuena (provincia de Ciudad Real) sobre las 7:30 UTC; 15.0 mm/10 min en la central térmica de Córdoba; efectos compatibles con tornados o reventones en Calera y Chozas (Toledo) a primeras horas de la tarde.

Figura 4. Racha máxima en nudos, registrada entre las 2:00 y las 3:00 UTC. Diagnóstico en superficie del sistema convectivo de mesoescala: la línea convectiva se muestra en colores negro y rojo a semejanza de frentes frío y cálido. Las letras A y B localizan los centros de altas y bajas presiones mesoescalares respectivamente



Descripción de la primavera a escala global

TEMPERATURA

A escala mundial, la temperatura de la superficie entre marzo y mayo de 2025 fue 1.22 °C superior a la media del siglo XX y la segunda más cálida registrada (de un total de 176 años). Este valor fue sólo 0.05°C más frío que el récord establecido el año pasado (2024). Los diez periodos marzo-mayo más cálidos se han producido desde 2015.

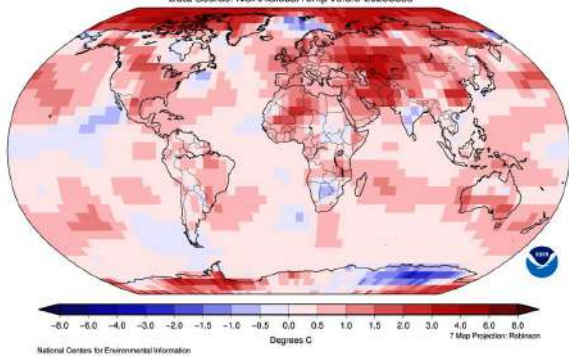
La temperatura global en la superficie terrestre durante marzo-mayo fue la más alta registrada, con una temperatura 1.96°C superior a la media. Este valor superó en 0.04 °C el récord anterior, establecido en 2016. La temperatura global de la superficie oceánica fue 0.88 °C superior a la media, la segunda más alta registrada.

Las temperaturas récord de marzo-mayo se registraron específicamente en las islas Británicas y el océano que la rodea, así como en partes del archipiélago ártico canadiense, el sur de Asia y los océanos Pacífico, Índico, Atlántico y Austral.

Por el contrario, se registraron temperaturas más frías que la media en marzo-mayo en partes del océano Atlántico Norte, la India, en el océano Austral frente a las costas de Argentina y Chile, y el este de la Antártida.

En la región ártica, América del Norte, América del Sur, Europa, África, Asia y Oceanía, las temperaturas de marzo-mayo se situaron entre las cinco más altas de la historia. En particular,

Land & Ocean Temperature Departure from Average Mar 2025-May 2025
(with respect to a 1991-2020 base period)
Data Source: NOAA GlobalTemp v5.0.0-20250608



Anomalías de temperatura (°C) del trimestre marzo- mayo de 2025 respecto de la normal de 1991-2020.

Fuente: NCEI/NOAA.

Europa, Asia y Oceanía registraron el segundo periodo de marzo-mayo más cálido jamás registrado. La región ártica tuvo su tercera primavera más cálida.

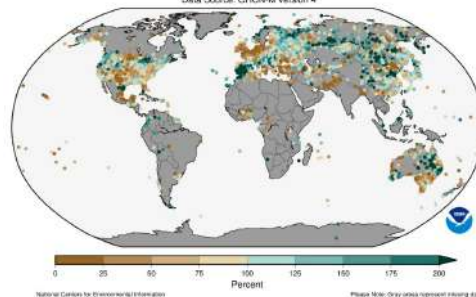
PRECIPITACIÓN

Como es habitual, las anomalías de precipitación durante el trimestre variaron significativamente de unos lugares a otros, resultando difícil una vez más distinguir patrones claros en la distribución de la precipitación a escala regional.

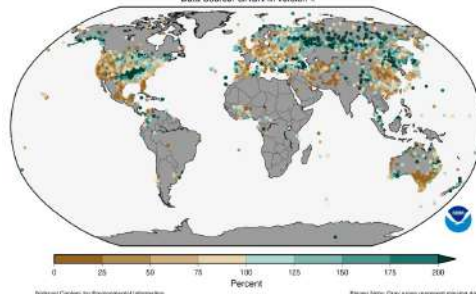
En marzo predominaron las anomalías positivas de precipitación en la península ibérica y amplias extensiones del continente

euroasiático. En abril predominaron las anomalías positivas en el centro de EE. UU. y en el norte del continente asiático. En mayo predominaron las anomalías positivas de precipitación en el este de EE. UU. y en Europa oriental. Por el contrario, hubo anomalías negativas de precipitación en todo el trimestre en Europa occidental, oeste de EE. UU., sureste de Australia y suroeste del continente asiático. En mayo destacó también una importante anomalía de precipitación negativa en el sur de Sudamérica.

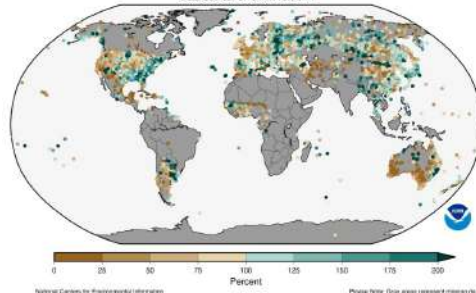
Land-Only Percent of Normal Precipitation Mar 2025
(with respect to a 1961-1990 base period)
Data Source: GHCN-M version 4



Land-Only Percent of Normal Precipitation Apr 2025
(with respect to a 1961-1990 base period)
Data Source: GHCN-M version 4



Land-Only Percent of Normal Precipitation May 2025
(with respect to a 1961-1990 base period)
Data Source: GHCN-M version 4

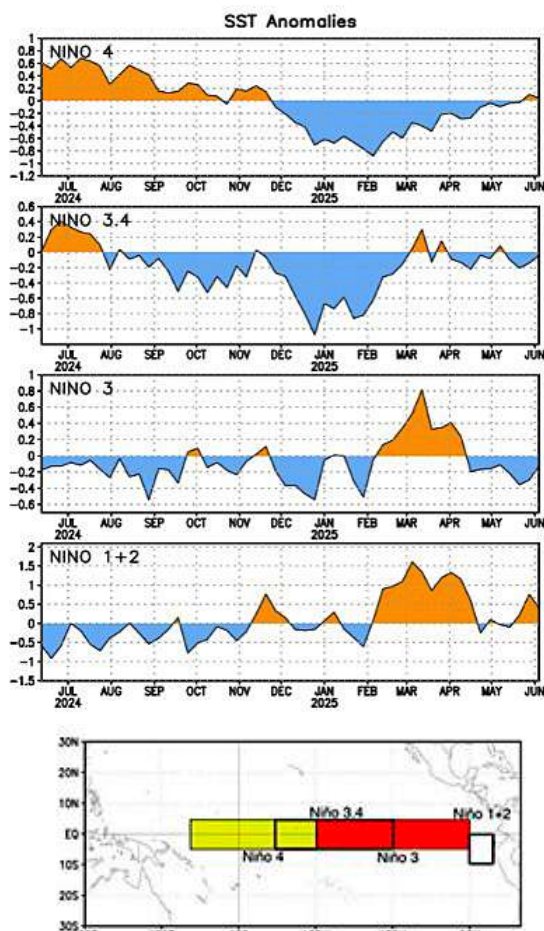


Tanto por ciento de la precipitación en marzo, abril y mayo de 2025 respecto de la normal de 1961-90.

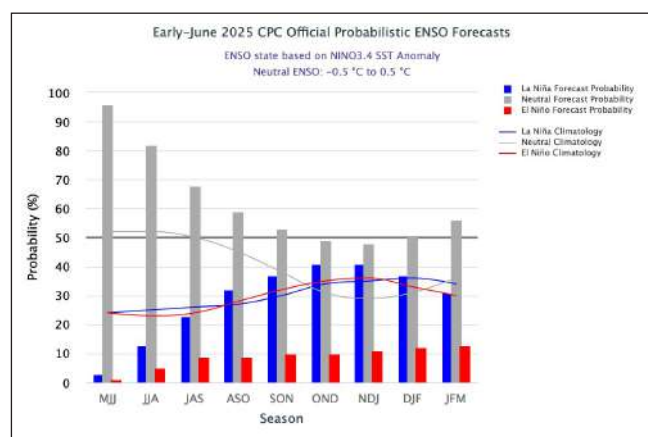
Fuente: NCEI/NOAA.

EL NIÑO

A lo largo de la primavera boreal predominaron las condiciones de ENSO neutral. Las observaciones semanales de las SST (temperaturas de la superficie del agua del mar) estu-



Series temporales semanales de las anomalías en la temperatura (°C) de la superficie del océano en las regiones de El Niño respecto de los promedios semanales del período 1991-2020 y gráfico con las regiones de El Niño. Fuente: NOAA.



Probabilidad estimada de que se den condiciones de ENSO neutral (gris), El Niño (rojo) o La Niña (azul) durante los próximos trimestres. Se espera que durante los próximos meses continúen las condiciones ENSO Neutral. Fuente: IRI/CPC

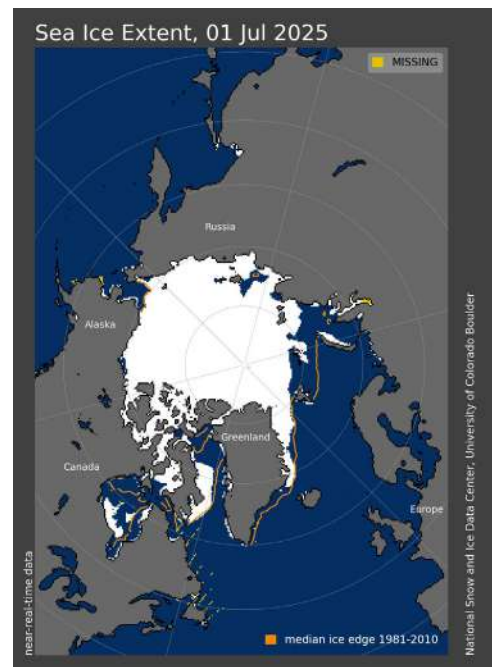
ron ligeramente por encima del promedio en las regiones Niño 1+2 y Niño 3 en marzo y abril. En el resto de las regiones alternaron los valores de los índices ligeramente por encima y por debajo de cero.

Los modelos de predicción para los siguientes meses indican con una probabilidad media que continuarán predominando las condiciones ENSO neutral.

EXTENSIÓN DEL HIELO MARINO EN EL OCÉANO GLACIAL ÁRTICO

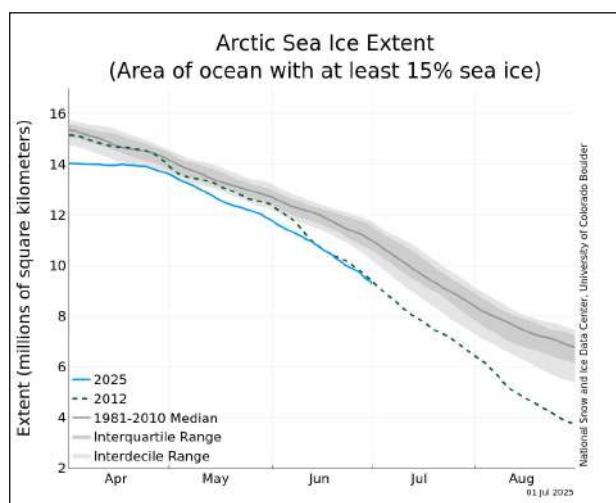
Según el Centro Nacional de Datos de Hielo y Nieve (NSIDC) en el océano Glacial Ártico la extensión media del hielo marino del Ártico en mayo de 2025 fue de 12.56 millones de kilómetros cuadrados empatando con 2004 como la séptima más baja en el registro satelital de 47 años. La extensión de hielo marino del Ártico en mayo estuvo 640 000 kilómetros cuadrados por encima de la extensión récord más baja de mayo establecida en 2016. La pérdida de hielo en mayo se produjo principalmente en el mar de Barents, así como en el mar de Bering y el mar de Ojotsk.

La polinia de aguas septentrionales en el norte de la bahía de Baffin se extendió hacia el sur a lo largo del mes. En general, la extensión del hielo marino a finales de mes fue especialmente baja en el mar de Barents y el mar de Bering.



Extensión de hielo marino en el océano Glacial Ártico el 1 de julio de 2025. La línea naranja representa la mediana correspondiente al período de referencia 1981-2010.

Fuente: NSIDC



Extensión del hielo marino del océano Glacial Ártico del 1 de julio de 2025, junto con los datos de extensión de hielo diario correspondientes a los meses anteriores y a los datos de extensión de hielo correspondientes al año 2012. El promedio del período 1981-2010 aparece en gris oscuro. El área gris clara, alrededor de la mediana muestra los rangos intercuantil e interdecadal de los datos. Fuente: NSIDC

Descripción de la primavera 2025 en España

TEMPERATURA

La primavera de 2025, es decir, el periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2025, ha tenido un carácter normal, con una temperatura media en la España peninsular de 12.7 °C, solamente 0.3 °C por encima de la media de esta estación (periodo de referencia 1991-2020). Ha sido la decimotava primavera más cálida desde el comienzo de la serie en 1961, y la decimotercera más cálida del siglo XXI.

La temperatura de esta primavera ha tenido un carácter cálido en el tercio noroeste de la Península, en el sur, en el este de Castilla-La Mancha y en el Levante, incluso muy cálido en zonas costeras, y en áreas de Galicia y de Castilla y León. En el resto de la Península el carácter ha sido normal con áreas en las que ha sido incluso frío. En Baleares la primavera ha tenido un carácter muy cálido, mientras que en Canarias ha variado mucho dependiendo de la isla, siendo más frías las más occidentales.

Las anomalías térmicas estuvieron cercanas a +1 °C en Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, norte de Navarra y zonas del norte de Castilla y León; así como en Ceuta y Melilla, y en la costa de Murcia, de la Comunitat Valenciana y parte de Andalucía. En la mayor parte de la España peninsular las anomalías se situaron alrededor de 0 °C. En Baleares tomaron valores en torno a +1 °C, mientras que en Canarias estuvieron comprendidas entre -1 °C y 0 °C.

Las temperaturas máximas diarias que-

daron en promedio por debajo de su valor normal, en concreto la anomalía fue de -0.2 °C, mientras que las mínimas se situaron 0.7 °C por encima de la media; con lo que la media de la oscilación térmica diaria resulta 0.9 °C por debajo de la normal de la primavera.

La primavera comenzó con un mes de marzo muy frío, con una diferencia de la temperatura media en la España peninsular de -0.9 °C respecto a la promediada en el periodo de referencia; las temperaturas se fueron normalizando a final de mes y en abril la temperatura media quedó 1.1 °C por encima del valor normal, lo que supone que abril tuvo un carácter muy cálido. Mayo fue normal, con una temperatura media 0.5 °C por encima de sus valores normales en esta época del año.

Marzo resultó frío o muy frío en la mayor parte de la España peninsular, excepto en zonas costeras como el Cantábrico oriental o la costa Blanca. En Baleares tuvo un carácter cálido o muy cálido, mientras que en Canarias resultó entre normal y muy frío. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de -1 °C en la mayor parte del interior peninsular, llegando a alcanzar valores en torno a -2 °C en zonas de los sistemas Central e Ibérico y en puntos del Pirineo catalán. En las zonas costeras de la España peninsular las anomalías tomaron valores en torno a 0 °C, alcanzando valores cercanos a +1 °C en algunos puntos del Cantábrico oriental y del sureste. En Baleares las anomalías se situaron en torno a +1 °C, mientras que en Canarias

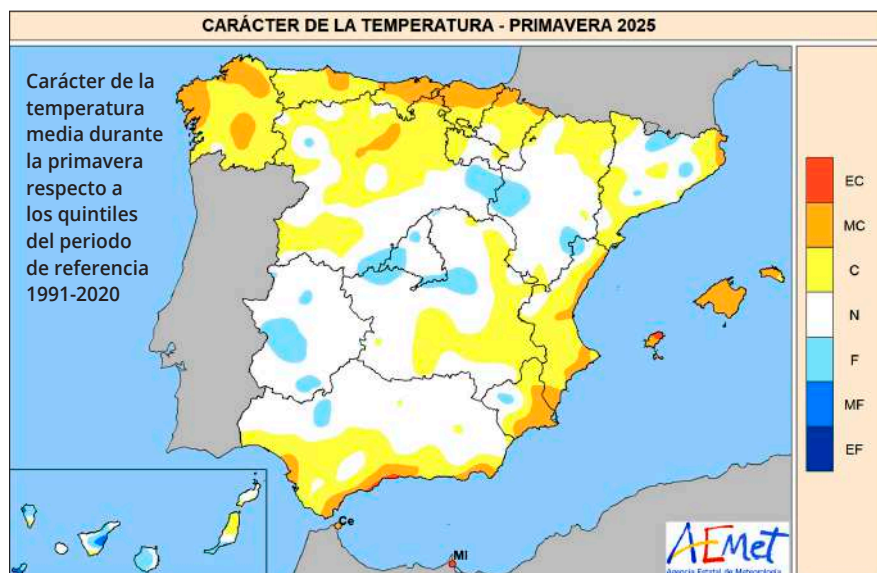
tomaron valores en torno a 0 °C en zonas bajas y alrededor de -1 °C en las zonas de mayor altitud.

Abril fue muy cálido en la mitad noroeste de la España peninsular, así como en las costas del sur. En el resto tuvo un carácter cálido salvo en algunas zonas de la cuenca del Guadiana. En Canarias tuvo un carácter variable de unas zonas a otras. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de +2 °C en Cantabria, País Vasco, norte de Navarra, gran parte de Galicia, Asturias, oeste de La Rioja, noreste de Castilla y León, y algunas áreas de Baleares, Castilla-La Mancha y Aragón. En el resto de la España peninsular la anomalía térmica estuvo alrededor de +1 °C salvo en algunas áreas de Andalucía y Murcia, y en gran parte de Extremadura donde la temperatura tuvo valores normales, lo mismo que en la mayor parte de Canarias.

Mayo tuvo un carácter de temperatura normal en casi todo el centro de la España peninsular. Las temperaturas se pueden calificar como muy cálidas en casi toda la costa mediterránea y en zonas del extremo noroeste peninsular, pero se iban suavizando rápidamente hacia el interior. En Baleares las temperaturas fueron predominantemente cálidas y en Canarias tuvieron un carácter variable. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de +1 °C en Baleares, Andalucía, Murcia, Comunitat Valenciana, Ceuta y Melilla, en la mayor parte de Galicia y de Castilla-La Mancha, y en amplias zonas de Cataluña, de Aragón y del País Vasco. En el resto de la Península y en Canarias los valores de la temperatura se pueden calificar de normales.

EPISODIOS DESTACADOS

En la primavera hubo varios episodios cálidos, destacando por su duración el que comenzó el 30 de marzo y se extendió hasta el 14 de abril, siendo su intensidad máxima en torno al 9 de abril, cuando tanto la temperatura diurna como la nocturna estuvieron muy por encima de sus valores normales. También destaca por su duración, aunque la diferencia con las temperaturas habituales en esa época del año no fuera tanta, el que hubo entre los días 23 de abril y 3 de mayo. Estos episodios hicieron que el mes de abril tuviera en conjunto un carácter muy cálido. Por último, a partir del 25 de mayo se inició un



episodio cálido muy intenso que duró más allá del fin de mes, en el que se alcanzaron las temperaturas máximas de la primavera. En marzo no hubo ningún episodio cálido significativo.

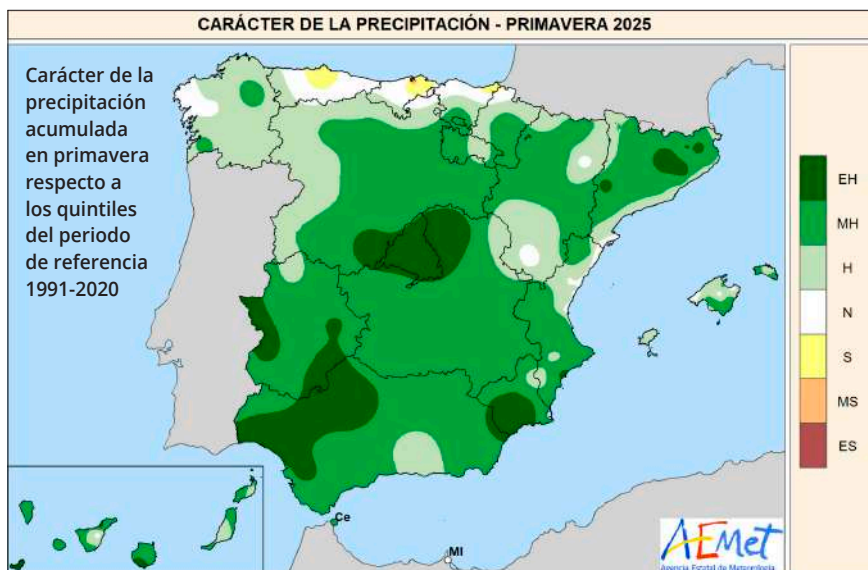
Las temperaturas más altas de la primavera en las estaciones principales se alcanzaron todas en mayo, destacando los 40.7 °C que se registraron en el aeropuerto de Córdoba y en el aeropuerto de Sevilla el día 31; los 39.5 °C de Morón de la Frontera también el 31 de mayo; y los 39.4 °C medidos en el aeropuerto de Jerez de la Frontera el 30 de mayo. En diez estaciones principales se registró la temperatura máxima diaria más alta en una primavera desde el comienzo de las observaciones. En las estaciones de Almería/aeropuerto, Palma-Portopí y Reus/aeropuerto se alcanzó el valor más alto en sus respectivas series de la temperatura media, y el de la media de las temperaturas mínimas de la primavera; esta última efeméride también fue superada por la estación de Murcia.

En cuanto a las bajas temperaturas, hubo varios episodios fríos. En el mes de marzo, en el que las temperaturas máximas diarias estuvieron por debajo de sus valores habituales, ocurrieron dos destacables por su intensidad y duración, entre los días 11 y 18 y entre el 21 y el 25. Entre el 14 y el 23 de abril hubo también dos episodios fríos cortos separados por una subida de temperaturas el día 18. En el mes de mayo hubo un episodio frío no tan intenso que se extendió entre los días 4 y 16. Entre las estaciones principales destacaron los -7.0 °C en el Puerto de Navacerrada y los -6.2 °C en Molina de Aragón, observados en ambos casos el 15 de marzo; también en marzo, el día 17 se midieron -5.7 °C en Soria y -4.8 °C en Burgos/Villafría.

PRECIPITACIÓN

La primavera ha sido en su conjunto muy húmeda en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 278.8 mm, valor que representa el 151 % del valor normal del trimestre en el periodo de referencia 1991-2020. La primavera de 2025 ha sido la quinta más húmeda desde el comienzo de la serie en 1961 y la tercera del siglo XXI, detrás de las de 2018 y 2013. En Canarias ha sido la séptima más húmeda desde 1961 y la segunda del siglo XXI, detrás de la primavera de 2011.

Durante la primavera de 2025, el carácter de la precipitación fue predominantemente húmedo o muy húmedo en



gran parte de la Península. Las zonas con carácter extremadamente húmedo se localizaron principalmente en áreas del oeste de Andalucía, suroeste de Castilla-La Mancha y puntos del oeste de Extremadura. También se observó comportamiento muy húmedo en amplias zonas del centro peninsular, sur de Galicia, Castilla y León, y la mitad norte de Aragón y Navarra. En contraste, algunas áreas del norte de Galicia, norte de Castilla y León, y puntos aislados del noreste peninsular y del Levante mostraron carácter normal o seco. En los archipiélagos, el carácter fue en general húmedo o normal, destacando algunas zonas puntuales muy húmedas en las islas más montañosas.

La primavera comenzó con un mes de marzo muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 148.8 mm, valor que representa el 251 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-2020). Se ha tratado del tercer mes de marzo más húmedo de la serie desde 1961, detrás de 2018 y 2013. Abril tuvo carácter húmedo, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 70.6 mm, valor que representa el 111 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-2020). Se ha tratado del vigésimo cuarto mes de abril más húmedo de la serie desde 1961, y el décimo del siglo XXI. En Canarias se trató del tercer abril más húmedo, detrás de 1977 y 1982. Finalmente, mayo ha tenido carácter normal en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 51.4 mm, valor que representa el 90 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-

2020). Se ha tratado del trigésimo primer mes de mayo más seco de la serie desde 1961, y el décimo cuarto del siglo XXI.

Marzo fue muy húmedo en casi toda la Península y Baleares, llegando a ser extremadamente húmedo en amplias zonas del interior peninsular, interior de Cataluña, de Valencia y Murcia, la mitad oeste de Andalucía, el sur de Extremadura y de algunas islas baleares. Por otra parte, marzo ha mostrado carácter normal en Galicia, en casi toda la cornisa cantábrica y en el norte de Navarra. En algunas zonas del interior de Galicia, marzo ha mostrado carácter seco. En el archipiélago canario, ha sido húmedo, con algunas zonas de carácter muy húmedo.

Abril fue húmedo en la mitad oeste de la Península, llegando a ser muy húmedo en zonas del interior peninsular, de Galicia, Aragón, Extremadura y en el archipiélago canario donde ha llegado a extremadamente húmedo en las islas occidentales. Por otra parte, abril ha mostrado carácter normal en casi toda la cornisa cantábrica y la mitad este de la Península y en casi toda Andalucía. En algunas zonas costeras de Cataluña, de la Comunitat Valenciana, del interior de Murcia y en todo el archipiélago balear ha llegado a mostrar carácter seco, llegando a muy seco en algunos puntos, destacando la isla de Mallorca donde ha alcanzado carácter extremadamente seco.

En **mayo**, el carácter de la precipitación en España mostró notable variabilidad geográfica. En el norte peninsular, especialmente en la cornisa cantábrica, País Vasco y zonas del norte de Castilla y León y Navarra, predominaron los valores normales. En la costa occidental gallega y en



Descripción de la primavera 2025 en España

→ Extremadura mayo mostró carácter seco, llegando a muy seco en algunas zonas. En el centro peninsular, se observó alternancia de áreas normales, húmedas y muy húmedas, especialmente en el norte de Castilla y León y partes de Castilla-La Mancha, aunque el sur de esta última comunidad presentó rasgos secos. Andalucía, en su conjunto, registró carácter seco, con amplias zonas muy secas en el suroeste y puntos del interior, aunque el sureste mostró algunas áreas normales o ligeramente húmedas, especialmente en el entorno de Sierra Nevada. En Murcia predominó el carácter húmedo. En el Levante, el litoral fue mayoritariamente seco, mientras que el interior presentó valores normales o húmedos. El noreste peninsular, incluyendo Aragón y Cataluña, combinó zonas normales y húmedas, sin grandes anomalías. En general, Baleares mostró

carácter normal. Por último, en Canarias se registró una situación más húmeda de lo habitual, destacando áreas húmedas y muy húmedas en las islas occidentales. En conjunto, mayo fue un mes de comportamiento desigual según las regiones.

EPISODIOS DESTACADOS

El mes de marzo de 2025 resultó excepcional en cuanto a efemérides climatológicas de precipitaciones, con registros históricos en numerosas estaciones principales. Las mayores precipitaciones diarias registradas en los observatorios principales se dieron en los primeros días del mes y han sido los 71.1 mm en Jerez de la Frontera/aeropuerto el día 3, los 65.0 mm en Puerto de Navacerrada el día 6, los 63.9 mm en Alcantarilla/base aérea el día 5, los 63.8 mm en Málaga/aeropuerto el día 9, los 61.7 mm en Córdoba el día 10

y los 60.8 mm en Huelva el día 2. En abril las mayores precipitaciones diarias registradas en los observatorios principales se dieron, en su mayoría, en la segunda decena del mes con 63.0 mm en Lugo/aeropuerto el día 11, los 58.3 mm en Vigo/aeropuerto el día 18, los 46.6 mm en Badajoz/aeropuerto el día 12, los 38.8 mm en Pontevedra el día 19, los 27.3 mm en Puerto de Navacerrada el día 3 y los 37.3 mm en Tenerife el día 12, que constituye el valor más alto de su serie desde 1981. Finalmente, en mayo las mayores precipitaciones diarias registradas en los observatorios principales durante el mes se dieron en Molina de Aragón con 30.0 mm el día 10, y en Valladolid con 30.0 mm el día 15; seguidas por los 23.0 mm registrados en Granada/aeropuerto el día 5, los 22.0 mm en Murcia el día 9, y los 22.0 mm en San Javier/aeropuerto el día 7.

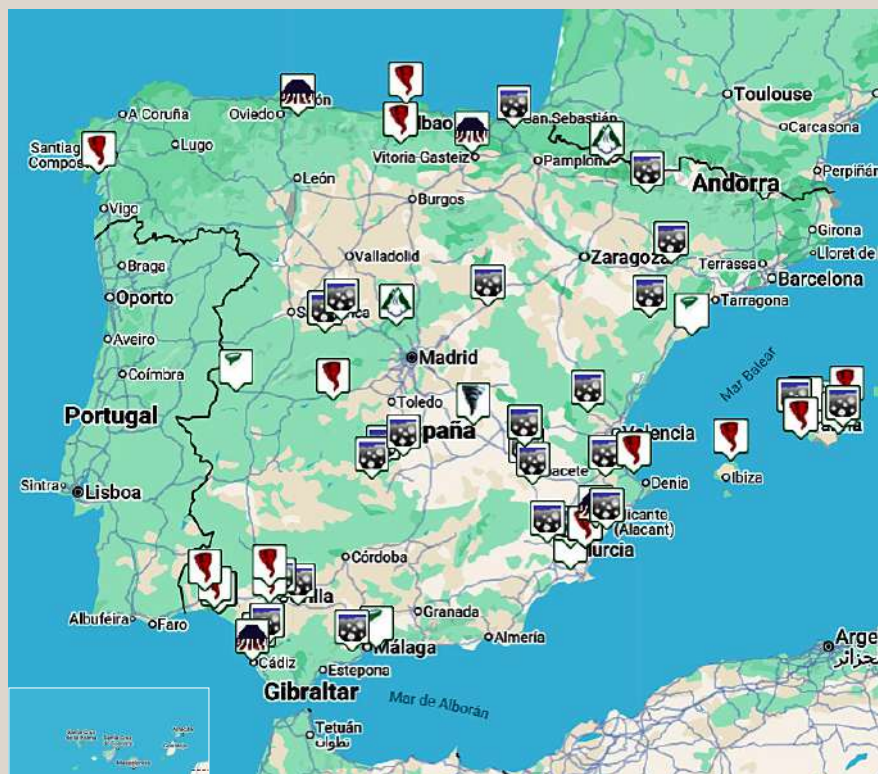
Fenómenos meteorológicos singulares en SINOBAS marzo, abril y mayo de 2025

Entre los meses de marzo y mayo de 2025 se introdujeron 55 reportes relacionados con 54 eventos en SINOBAS, 8 correspondientes a Baleares y el resto a la península. Durante este periodo no se ha registrado ningún fenómeno singular en Canarias.

Destaca el notable incremento de reportes respecto a la primavera del año pasado (30 reportes) y de años anteriores, hecho probablemente relacionado con la notable actividad convectiva de esta primavera. Del total de los 54 eventos notificados, 23 corresponden al mes de marzo; 9, al mes de abril y 23, al mes de mayo.

Por fenómenos, se distribuyeron de la siguiente manera:

- 17 tornados/trombas marinas: 15 validados con fiabilidad alta registrados respectivamente el 7 marzo en Rianxo (A Coruña), el 8 de marzo en Moguer y Mazagón (Huelva) y entre La Algaba y Alcalá del Río (Sevilla), el 13 de marzo en Orihuela (Alicante), el 17 de marzo en Palos de la Frontera (Huelva), el 4 de abril en Coria del Río (Sevilla) y en San Bartolomé de la Torre -Huelva-, el 16 de abril en Tollerlic (Mallorca), el 27 de abril en Betlem (Mallorca), el 2 de mayo en Calera y Cho-



zas (Toledo), el 5 de mayo en Santander (Cantabria) y el 14 de mayo en Portinatx (Eivissa) y Oliva (Valencia); 1 validado con fiabilidad media el 10 de marzo en Cádiz y otro validado con fiabilidad baja el 1 de

mayo en Herbosa (Burgos).

- 1 vórtice de racha validado con fiabilidad media en Cuenca el 4 de abril.

- 7 tubas: 5 validadas con fiabilidad alta el 10 de marzo en Marratxí (Mallorca)



Imágenes asociadas al tornado de Coria del Río del 4 de abril, cuyo reporte fue introducido por @jdsoriano.

ca), el 13 de marzo en Coria (Cáceres), el 13 de marzo en Riudar (Tarragona), el 25 de marzo entre Pina y Montuiri (Mallorca) y el 11 de mayo en Cala Murada (Mallorca); 1 validada con fiabilidad baja el 8 de marzo en Rincón de la Victoria (Málaga) y otra presumiblemente ocurrida el 6 de marzo en Fuente Álamo de Murcia (Murcia) que ha sido imposible de validar.

- 4 reventones/frentes de racha: 3 validados con fiabilidad alta el 14 de marzo en Elche (Alicante), el 4 de abril en Cádiz y el 30 de mayo en Antezana (Álava) y 1 validado con fiabilidad baja el 18 de mayo en Asturias.

- 24 granizadas singulares: 20 validadas con fiabilidad alta el 3 de marzo en Jerez de la Frontera (Cádiz), el 11 de marzo en Murcia, el 14 de marzo en Alicante, el 14 de marzo en Alcalá de Guadaira y Arahal (Sevilla), el 25 de marzo en Alhaurín el Grande (Málaga), el 4 de abril en Albacete, el 16 de abril en Puigpunyent (Mallorca), el 19 de abril en Alcarràs (Lleida), el 2 de mayo en Alcolea del Pinar (Guadalajara) y Pozo Cañada (Albacete), el 2 de mayo en varias localidades de Ciudad Real, el 3 de mayo en Valderrobres y Cretas (Teruel), el 8 de mayo en localidades de Valencia como Ollería y Villar del Azobispo y en Murcia, el 12 de mayo en Manacor (Mallorca), el 14 de mayo en Aínsa (Huesca) y

el 31 de mayo en Villabona (Gipuzkoa); 2 validadas con fiabilidad media ocurridas el 13 de mayo de Gallegos de Sobrinos-Ávila- y el 14 de mayo en Papatrigo (Ávila) y una presumiblemente ocurrida el 7 de mayo en Villagarcía del Llano (Cuenca) que ha sido imposible de validar.

- 2 alud/avalancha: uno validado con fiabilidad alta el 9 de marzo ocurrida en Candanchú (Huesca) mientras que se mantiene pendiente de validación un posible alud en Navacerrada (Madrid).

De los tornados/trombas marinas y tubas registrados, destaca el tornado del 4 de abril de Coria del Río (Sevilla), ya que tuvo una intensidad estimada de EF2 en la escala Mejorada de Fujita con una velocidad máxima estimada del orden de 220 km/h. La situación sinóptica en superficie estaba dominada por la borrasca Nuria, centrada al oeste de Portugal, que inducía vientos fuertes de componente sur sobre la mitad occidental de Andalucía. Mientras que en altura la situación se caracterizaba por una profunda vaguada difluente, que englobaba una bolsa de aire frío de -20 °C en 500 hPa, con un máximo de viento del suroeste sobre el golfo de Cádiz. Esta situación determina la existencia de inestabilidad térmica y forzamiento dinámico y una intensa cizalladura vertical, incluso direccional,

compatible con la formación de células convectivas organizadas.

Los daños fueron muy destacados, especialmente en la nave del cortijo El Sequero, donde lamentablemente fallecieron tres trabajadores. Presumiblemente la trayectoria del tornado se prolongó no más de 3 km con una anchura de hasta 50 m.

El 3 de marzo de 2025 se registró una importante granizada en Jerez de la Frontera (Cádiz), junto a cuantiosas precipitaciones, fruto de la actividad tormentosa que reinaba esa jornada en el suroeste peninsular. La granizada afectó especialmente al sector noreste del término municipal, quedando registros y evidencias en el circuito de carreras y en el aeropuerto.

La situación meteorológica era de gran inestabilidad esa jornada. A nivel sinóptico, una extensa dana se extendía sobre la península, con múltiples mesovórtices y vaguadas secundarias, que afectaban en particular al suroeste peninsular. En superficie, distintas líneas de inestabilidad cruzaban la península desde el Atlántico con precipitaciones y tormentas a asociadas, en particular en el suroeste peninsular. Sobre la vertical de Jerez, el sondeo pronosticado para la tarde era muy favorable a la convección, con perfil



Descripción de la primavera 2025 en España



Imagen asociada a la granizada singular que afectó a Jerez de la Frontera el 3 de marzo. Circuito de Jerez-Ángel Nieto. Compartida por @LuitiGF en la red social X. Aportada en SINOBAS por @rpozol.

→ muy húmedo y flujo promedio de componente sur en niveles bajos y cizalladura en la vertical.

La estación de superficie de AEMET en el aeropuerto registró precipitaciones importantes entre las 13Z y las 18Z aproximadamente, que alcanzaron gran intensidad en varias ocasiones. El acumulado de las 24 horas de ese día alcanzó los 70.8 mm en ese punto. La granizada duró unos 35 minutos alcanzándose un espesor de 3 cm.

Por último, destacamos el alud ocurrido el 9 de marzo de 2025 en Candanchú (Huesca), que sepultó parcialmente a un menor de edad causándole diversos politraumatismos cuando se encontraba esquiando en una zona no balizada. De madrugada y por la tarde se esperaban precipitaciones localmente fuertes, acompañadas puntualmente de tormentas, con una cota de nieve situada entre los 1200-1400 metros, esperándose acumulaciones significativas de nieve reciente, alrededor de 40-60 cm en cotas altas. Además de heladas moderadas y persistentes en cotas altas con unas temperaturas en descenso. Con estas condiciones se esperaban purgas de nieve reciente en las laderas suficientemente inclinadas de cualquier orientación y cota, que podrían alcanzar dimensión grande (capaz de destruir un vehículo) por encima de unos 2100 metros de altitud.

Además, el intenso flujo de viento del



Imagen asociada a una de las avalanchas ocurridas en Candanchú el 9 de marzo. Capturada por Avi Ero y compartida en la red social X por @EMASobrarbe. Aportada en SINOBAS por @rrequenab.

sur presente levantó cornisas y formó cornisas de viento en cotas altas, preferentemente en vertiente norte. Estas estructuras aumentaron en tamaño y en cantidad con el paso de las horas, siendo susceptibles de colapsar ante una sobrecarga débil. Por lo tanto, el boletín de peligro de aludes indicaba un nivel de peligro fuerte.

Os animamos a todos a la inclusión de reportes en nuestra página web y a seguirnos en X, donde contamos con más de 50 300 seguidores. ¡Vuestra ayuda hace posible que SINOBAS siga adelante!

PRÓXIMAS CITAS

AGOSTO – DICIEMBRE 2025

25 – 29 agosto, Toronto, Ontario, CANADA - 41st International Conference on Radar Meteorology

27– 28 agosto, Vancouver Island, Victoria, CANADA - 9th Conference on Econometric Models of Climate Change Registro cerrado salvo contacto directo con los organizadores

1 – 5 septiembre, Bolonia, ITALIA - International School on Satellite Meteorology (ISSM) 2025

7 – 12 septiembre, Liubliana, ESLOVENIA - Reunión anual de la Sociedad Meteorológica Europea 2025 con el lema: "Growing use of AI/ML in atmospheric sciences and meteorological applications"

15 – 19 septiembre, Lyon, FRANCIA - Conferencia de satélites meteorológicos de EUMETSAT 2025

29 septiembre – 1 octubre, Nicosia, CHIPRE - International Conference on Meteorology, Climatology, and Atmospheric Physics (COMETAP2025)

29 septiembre – 3 octubre, Poreč, CROACIA y a distancia - 37th International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)

30 septiembre – 3 octubre, La Plata, ARGENTINA - Congreso Argentino de Meteorología CONGREMET

17 – 21 noviembre, Utrecht, PAISES BAJOS - 12th European Conference on Severe Storms

4 – 6 noviembre, Oslo, NORUEGA - The 15th EUMETNET Data management workshop (organizado por EUMETNET pero abierto a quienes deseen participar) -

18 – 29 noviembre, Pune, INDIA - International Symposium on Tropical Meteorology (INTROMET 2025), Indian Meteorological Society's (IMS)

Noviembre, Barcelona, ESPAÑA - Jornadas Eduard Fonserè de la Asociación Catalana de Meteorología <http://www.acam.cat>

Trampas del calor

Detrás del cristal, la escarcha se desploma y el calor del hogar calma se vuelve (Juan José Flores)

JOSÉ IGNACIO PRIETO

Asociamos de forma intuitiva invernaderos con ventanas, que en la ciencia atmosférica son conceptos contrapuestos. A esclarecerlos ayuda la historia de la radiación. Y claro, Aristóteles. Fascina redescubrir sus acertadas intuiciones, razonadas en *Meteorológica*. No es el Sol quien calienta el aire, "sino el calor que proviene directamente de la Tierra" (*Libro I*).

Saltemos al siglo XVIII. Horace-Benêdict de Saussure, geólogo suizo, fundador del alpinismo y de los primeros en coronar el Mont-Blanc allá por 1787, mide los efectos térmicos de la radiación del Sol con ayuda de trampas de calor o helio-termómetros, que coloca en valles y cimas. También inventará el higrómetro de cabello. Su tesis doctoral *Dissertatio physica de igne* anotaba que los cuerpos oscuros absorben más calor que los claros. Habla en ella del "fuego, y otros fluidos elásticos encerrados en el interior del Globo", que entonces ostentaban el mérito de moderar la temperatura sobre la superficie. De su artilugio para almacenar calor nos queda solo su diseño, su *blueprint*:

"... hice hacer una caja de abeto, de un pie de largo, nueve pulgadas de ancho y nueve de profundidad revestida internamente con corcho negro de una pulgada de espesor. Había elegido esta corteza como un material ligero y al mismo tiempo muy coherente y muy poco permeable al calor... para que el sol incidiese perpendicularmente sobre estos espejos y produjese la mayor impresión con el menor reflejo posible. El mayor calor que obtuve fue 87,7 grados -Réaumur-, casi ocho grados por encima del calor del agua hirviendo".

Saussure, poco familiarizado con Aristóteles, no entendió por qué esos valores a distintas altitudes en torno a Chamonix eran tan similares, cuando

esperaba un calentamiento solar mayor en las alturas que en el valle. El Sol debía ser la estufa del aire... pero no lo era.

La duda pasó al siglo XIX, cuando Jean Baptiste Joseph Fourier, el célebre matemático de infinitas series en Netflix, sugirió en su *Théorie analytique de la chaleur* de 1822 que la atmósfera moderaba la temperatura planetaria, y que el suelo sería gélido sin ella. Lord Kelvin calificó esa teoría de "gran poema matemático". Utiliza Fourier las experiencias de Saussure con cajas de vidrio para analizar la profundidad que alcanzaban los flujos de calor. El término invernadero empezó a usarse poco después.

Aunque no le interesó la discusión en boga sobre la naturaleza física del calor, Fourier calcula las temperaturas planetarias que equilibran las fuentes de calor externas con el *calor oscuro* que escapa de la superficie terrestre. Explica la discordancia con la temperatura real por la

interposición de la atmósfera, donde "el calor solar encuentra menos obstáculos para penetrar el aire en su estado de luz que para atravesarlo convertido en calor oscuro". Existe una causa física que incrementa las temperaturas superficiales y da calor al aire, independiente del Sol y del interior de la Tierra. Aquí en lo oscuro acecha el concepto de cuerpo negro, que todo lo absorbe y emite según su temperatura, y que introducirá Gustav Kirchhoff en 1859.

Será Claude Pouillet en 1838 quien refine la teoría de Fourier y apunte al vapor de agua y al dióxido de carbono como causas físicas, aunque aún no aporte medidas. También es suya una de las primeras estimaciones de la constante solar con un error de solo 10 % sobre la actual. Pero en las décadas siguientes se usaría un valor obtenido por Samuel Langley, más prestigioso que Pouillet, que era un 30 % demasiado alto, me-

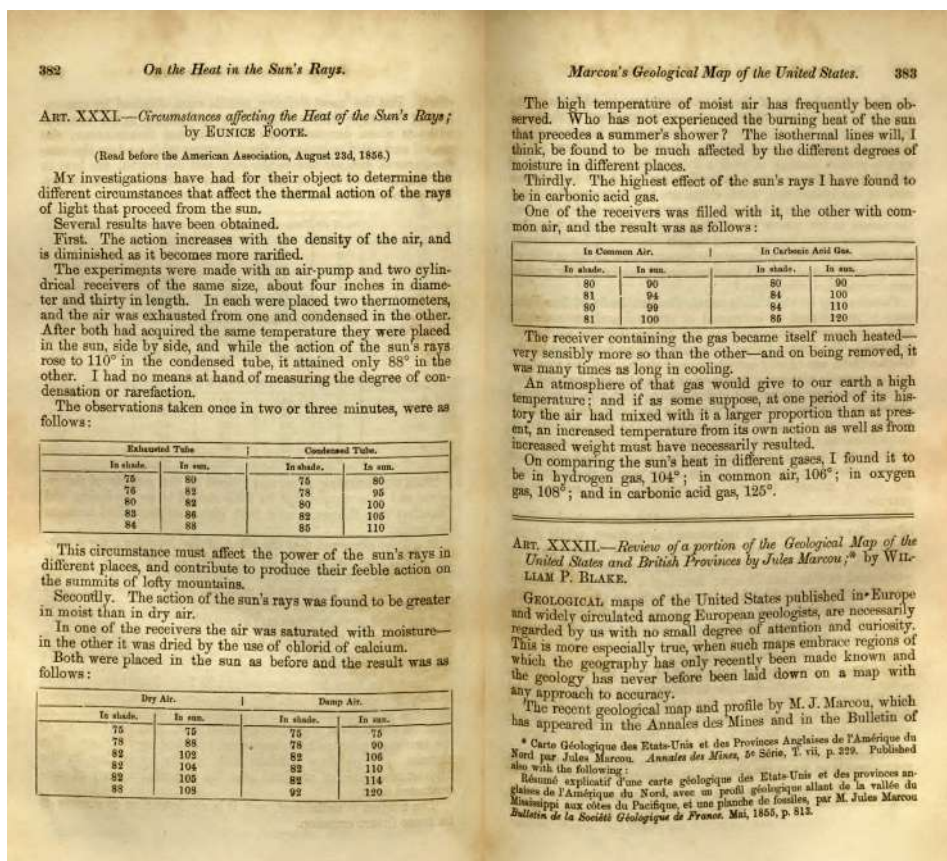


Figura 1. Circunstancias que afectan el calor de los rayos solares, por Eunice Foote en 1856

Trampas del calor

Figura 2. Primeras estimaciones del calentamiento en series de temperaturas, por Guy Callendar

dido en Mont Whitney. Langley fue pionero de la aviación y de la astronomía, y dejaría su nombre en un reconocido centro de la NASA. ¡Quién le iba a afeear su imprecisión!.

Eunice Foote en 1856 figura como primera experimentadora en proponer el gas ácido carbónico como el más afectado por la luz solar (!). Junto a su marido y prestigioso juez presenta las medidas en grados Fahrenheit ante la Academia Americana para el Progreso de la Ciencia (AAAS). Siguiendo la tradición de experimentos caseros puso distintos gases en ampollas cerradas y midió la temperatura en su interior para saber qué gas absorbía más *calor de los rayos del sol*, que así se titulaba su ponencia del 23 de agosto. Pese a centrarse en la luz solar, y estar seguramente sus experimentos alterados por el calor del entorno, llegó a la conclusión de que el gas más absorbente de calor solar era el dióxido de carbono. Sabemos hoy que este gas tiene poco poder de absorción fuera del espectro infrarrojo térmico, pero en física y en navegación a veces se llega a buen puerto por la ruta equivocada. Así dejó por primera vez escrito en su emancipado estilo el papel del gas (figura 1):

"La acción térmica del Sol crece con la densidad del aire... esta circunstancia afecta el poder de los rayos solares y explica su floja acción en las cimas de altas montañas... acción que es mayor en aire húmedo que en seco... la alta tempera-

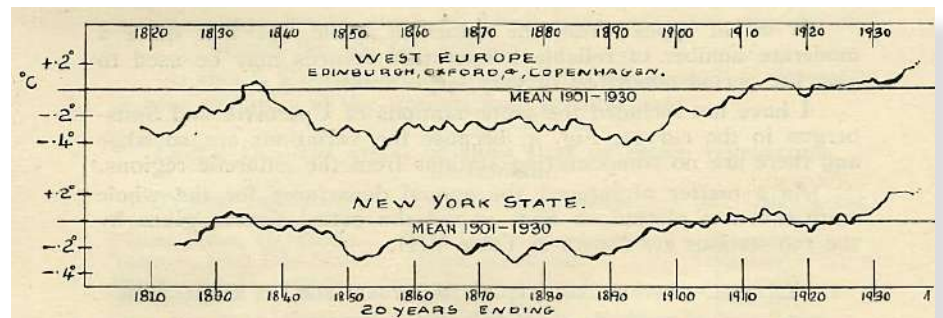


Fig. 3.—The most reliable long period temperature records. Twenty-year moving departures from the mean, 1901-1930.

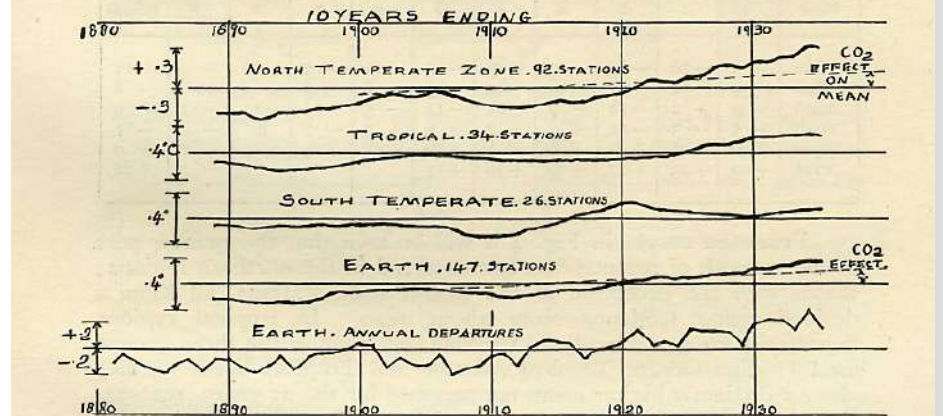


Fig. 4.—Temperature variations of the zones and of the earth. Ten-year moving departures from the mean, 1901-1930, °C.

tura del aire húmedo ya se ha observado, pues ¿quién no ha experimentado el ardiente calor del sol que precede a un aguacero en verano?... El mayor efecto de los rayos del Sol lo he hallado con el gas ácido carbónico... una atmósfera rica en él daría a nuestra Tierra una alta temperatura. Y si en algún periodo de su historia el aire se hubiera mezclado con una proporción mayor que ahora resultaría en más temperatura por acción de ese gas y por el mayor peso del gas".

Además de diestra experimentadora, Foote fue segunda en la lista de feminis-

tas que firmaron una *declaración de sentimientos y propósitos* en la convención de Seneca Falls, ciudad de por allá, en 1848, en la que, o *tempora o mores*, el derecho al voto de la mujer no figuraba aún entre los prioritarios *sentimientos*. También su marido Elisha firmó la declaración.

Al otro lado del océano y tres años después, el irlandés John Tyndall aportó datos precisos a la naciente climatología, quizá faltando a su honor científico de mencionar la aportación previa de los Foote. Imagino con benevolencia que las noticias del nuevo continente

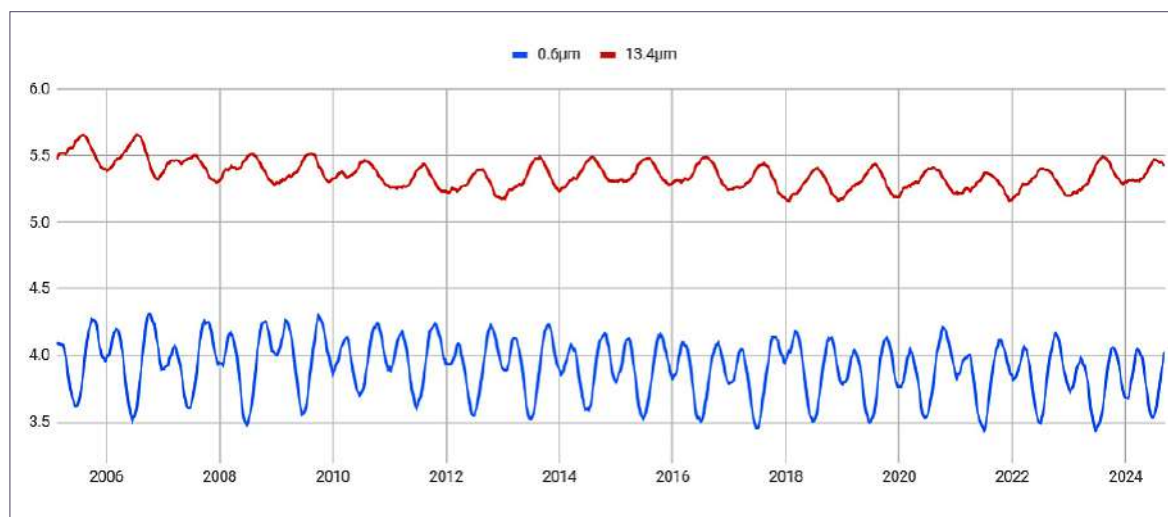


Figura 3. Evolución de radiancias medidas por Meteosat para los canales 0.6 μm (en azul) y 13.4 μm (en rojo). Fuente: Eumetsat, elaboración propia

no volaban tan lejos, siendo entonces la ciencia americana una hermana pobre de la europea.

Tyndall y su equipo, con elegantes instrumentos, demostraron en el Instituto Real en Londres que “la atmósfera admite la entrada de calor solar, pero entorpece su salida, resultando una acumulación de calor en la superficie planetaria”. El experimento se hizo evitando la luz solar, y concluyó que las variaciones en la concentración de vapor de agua, principal absorbente, “deben producir un cambio climático. Sin el vapor de agua la superficie terrestre sería presa del puño férreo de la escarcha”. Dejemos como ejercicio al lector producir escarcha sin el vapor. “Similares consideraciones se aplican al ácido carbónico difuso en el aire. Tales cambios pueden haber producido las mutaciones climáticas que nos descubren los geólogos”.

Muy conocidos son los cálculos de Svante Arrhenius en 1896 del calentamiento correspondiente a doblar teóricamente el nivel de CO_2 , que hoy heredamos y denominamos sensibilidad climática. También estimable es la evaluación de tal calentamiento antes de 1938 por Guy Callendar sobre series de temperatura en América y Europa, que muestran una evolución paralela y *tendenciosa*. Dos décimas de grado Celsius en 40 años, según sus gráficas (figura 2). También se lee en ellas un importante descenso de temperatura en torno a 1840, con la industrialización ya pujante, que ilustra la variabilidad natural en el clima. El informe de 2021 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) indica que hacia final del siglo XXI la temperatura global en superficie alcanzará fácilmente dos grados sobre el nivel pre-industrial por efecto invernadero conjunto de todos los gases. Pero fue Callendar quien señaló el carbónico como el principal gas invernadero, por delante del vapor de agua. El carbónico absorbe calor en regiones espectrales de mayor emisión por el suelo y a mayor altura promedio que el vapor. Frente a la incredulidad de sus contemporáneos sostuvo que el cambio climático debido a los 4200 millones de toneladas de dióxido de carbono que emitía entonces al año la humanidad (según su cálculo, nueve veces menos que en 2024) ya estaba ocurriendo y podía revertir “el regreso de

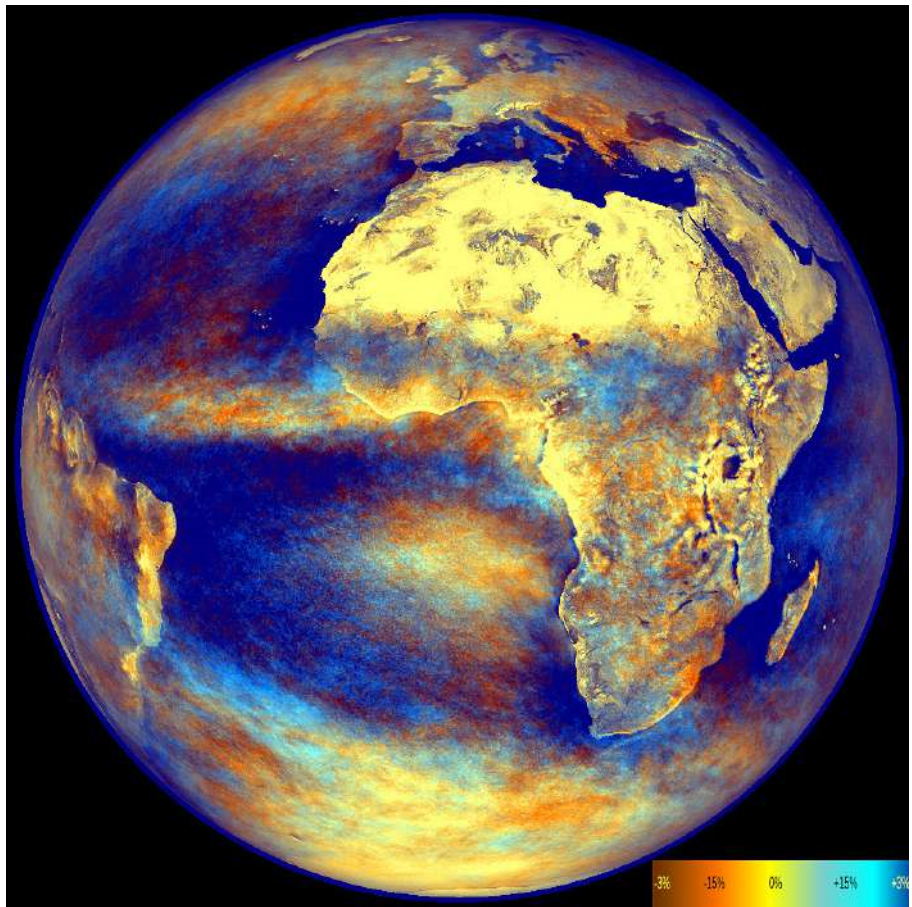


Figura 4. Zonas más afectadas por nubosidad creciente (turquesa) o decreciente (naranja) en los pasados veinte años. Fuente: Eumetsat, elaboración propia

los mortíferos glaciares”. De momento mortecinos.

Conservo la edición de 1976 de un atlas climático que habla de la próxima glaciación, y da eco a sugerencias para cubrir el Ártico de película oscura para evitar el mortífero retorno. Ese detalle me pone en guardia frente a soluciones y fórmulas geo-ingenieriles irreversibles.

Hoy en día, satélites como Meteosat llevan la cuenta de la evolución de la radiación también en las regiones infrarrojas con más absorción por CO_2 , como se ve en la figura 3. El incremento sostenido en la concentración de ese gas en las últimas décadas reduce progresivamente el calor *negro* en torno a 14 μm terrestre que escapa de la Tierra, y así calienta la superficie. La moderación de los últimos años acerca la esperanza de que el tapón gaseoso del calor quede compensado por la mayor emisión de radiación al espacio desde un suelo recalentado. Notable es también la pérdida general de nubes en la última década, como se aprecia también en esa figura 3 y su distribución geográfica, con

pérdidas mayoritarias, por ejemplo en la zona de convergencia somera de Angola-Benguela pero ganancias en el Sahel (figura 4).

La conexión entre meteorología y astronomía, lo alto de Aristóteles y la alta frontera de Carl Sagan, renace con la importancia de los gases. El análisis espectral identifica especies químicas en atmósferas planetarias y a través de telescopios y satélites que estiman su concentración. Un extraterrestre sabe que la concentración de *ceodós* crece un 6 % por década en la Tierra. También sabe que las concentraciones de vapor de agua varían, a veces drásticamente, en episodios de lluvias y relámpagos. Tal vez se pregunte qué gente o agente anda detrás de su mudanza.

Referencias

- https://science.nasa.gov/ems/13_radiationbudget/
- <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/global-change-debates/Sources/CO2-saturation/more/Zhong-Haigh-2013.pdf>
- Y claro, Wikipedia.

Observando una piedra de granizo: ¿podemos saber qué procesos tuvieron lugar en el interior de la tormenta?

J. L. SÁNCHEZ CATEDRÁTICO DE FÍSICA APLICADA. IMA. ULE

Las piedras de granizo que vemos en el suelo son una consecuencia de varios procesos en los que intervienen las características de la tormenta en la que las piedras se generaron, fundamentalmente el valor de la velocidad ascensional que tiene en su interior y las dimensiones, especialmente el techo de la nube, todo ello es fruto de una inestabilidad que favorece la convección. Dentro de estos dos aspectos, podemos encontrar situaciones en las que se dan valores elevados de la corriente ascensional, con lo que trasladan una mayor masa de vapor de agua hacia arriba, que al entrar en zonas frías se condensa, con lo que se forman gotas de agua. Pero puede seguir ascendiendo e intentando, cuando sube lo suficiente, alcanzar otras regiones en las que la temperatura se encuentre por debajo de 0 °C. En este caso el paso de líquido a hielo es más complejo ya que si se encuentra en niveles en los que la temperatura no llega a -40 °C, necesita la ayuda de núcleos de congelación que faciliten ese tránsito. Y estos núcleos -apenas unos pocos por litro- son escasos -a diferencia de los de condensación que son varios cientos de miles por centímetro cúbico- con lo que el agua líquida permanece en ese estado, incluso a temperatura bien por debajo de 0 °C. Se dice que se encuentra en un estado "metaestable". Como puede desprenderse de este proceso, el calor latente juega un papel fundamental.

En el caso de que las tormentas tengan un espesor de al menos 8 km, con la base unos 2-3 km de altura y el techo a no menos 10-11 km, las precipitaciones van a ir acompañadas de granizo. El contenido de agua líquida de una tormenta de granizo, en promedio, es de al menos 1 g/m³, aunque es muy habitual encontrar regiones en su interior con valores muy superiores incluso a 10 g/m³. Teniendo en cuenta que una tormenta, no extremadamente violenta, tiene un volumen de 1000 km³, un simple cálculo nos

lleva a que contiene más de un millón de toneladas de agua en su interior.

En la península ibérica, en la época estival, las tormentas suelen tener la base a una temperatura unos grados por encima de 0 °C y el techo a otra de al menos -40 o -45 °C. En estas condiciones la corriente ascensional que impulsa esa masa tormentosa puede llegar a tomar valores superiores a 8 o 10 m/s. Con lo que se dan unas condiciones favorables para que se formen embriones de granizo que irán aumentando de tamaño hasta que alcancen una masa que no sea capaz de ser soportada por la corriente ascensional.

El crecimiento del granizo puede seguir dos vías diferentes. Una de ellas, probablemente la más habitual en la mayor parte de los casos, es cuando sigue el denominado crecimiento seco. En este caso el diámetro máximo que puede alcanzar una de estas piedras no suele sobrepasar los 2 cm de diámetro, tomando un aspecto más blanquecino y esférico. Blanquecino porque la congelación ha sido rápida y no le ha dado tiempo a desprenderse de las burbujas de aire con lo que, al ser iluminada por los rayos del Sol, toma ese color como ocurre con los copos de nieve, pero en este caso mucho más compacto.

En este tipo de crecimiento la parte con-

gelada es la más externa y en el interior se encuentra la líquida que todavía no ha tenido tiempo de congelarse. Probablemente la superficie ha encontrado núcleos de congelación que han ayudado a congelar y ese paso a hielo se va haciendo desde el exterior hasta el interior. En el suelo el resultado es una piedra más o menos esférica, aunque hay que tener en cuenta que el crecimiento lo ha hecho en el seno de un fluido turbulento en el que la velocidad ascensional ha llegado al menos a valores de 10 m/s.

En la formación y crecimiento de las piedras de granizo hay otra opción. Inicialmente se forma una parte central congelada y como consecuencia de unas condiciones que se dan en el interior de una tormenta mucho más violenta que en el caso anterior, se mueve en un entorno con una gran cantidad de agua líquida que estando a tem-

Figura 1: Regla utilizada para observar con realismo los tamaños de las piedras de granizo precipitadas. Se ve que en la parte mas externa es transparente a diferencia de la parte central que es mas blanquecina. Señal de que el crecimiento ha sido por vía húmeda





Figura 2: piedras de granizo con un tamaño comparable a pelotas de tenis en las que se puede apreciar que contienen pequeñas piedras de granizo formando un conglomerado

peratura por debajo de 0 °C aún no ha conseguido congelar. En este caso, la parte central de la piedra de granizo está “intentando” aumentar de tamaño, pero al estar rodeada de una cantidad de agua que no puede congelar ni fácil ni rápidamente, esta “piel” lo hace más lentamente, poco a poco, cediendo calor latente y desprendiendo burbujas de aire. Incluso puede llegar a soltar una parte del agua líquida puesto que se mueve con un movimiento parecido al de una peonza. El resultado es una piedra menos regular y esférica que en el caso del crecimiento seco, y se detecta muy bien en el suelo por tener una parte central blanquecina y otra externa más transparente (ver figura 1). En este caso la tormenta ha sido más violenta, con mayores velocidades ascensionales (no es infrecuente que tengan más de 15 m/s) y con una cantidad de agua líquida suficientemente elevada que al llegar a alturas por debajo de 0 °C no consigue congelar fácilmente.

Sin embargo, hay una variante a este caso. Se produce cuando en pleno crecimiento húmedo, con esa piel en estado líquido, resulta impactada con otra de menor tamaño. En este caso, puede suceder que la más pequeña que se mueve en el seno de la corriente ascensional, impacte y quede “pegada” a la grande gracias a un pegamento: el agua líquida en situación metaestable que la sumerge en su interior. Eso solo puede suceder cuando la corriente ascensional es capaz de mantener piedras de gran tamaño “flotando”. Por decirlo de otra manera, es como cuando en una fuente colocamos un balón encima de uno de los chorros de agua y se mantienen flo-

tando sobre ellos gracias a que el peso del mismo es soportado por la velocidad con la que se impulsa el agua hacia arriba. Las piedras más pequeñas, de menor masa, se mueven hacia arriba y pueden impactar con las mayores. ¿El resultado? Un conglomerado de piedras de gran tamaño, muy irregulares como el que se muestra en la figura 2. En este caso pueden alcanzar diámetros de más de 8 cm que con una masa de unos 250 gramos precipita a una velocidad de 20-25 m/s.

En muchos casos cuando se observa una precipitación de granizo se tiende a decir el tamaño más grande observado, siendo útil la comparación con algún objeto que sea cotidiano. Por ejemplo, con una cereza, una moneda, una pelota de ping-pong o una pelota de tenis. Si se recogen las piedras en un mismo punto por el que ha pasado una tormenta de grani-

zo, se puede observar que puede haber diferencias considerables. Es el caso de la figura 3 en la que se pueden ver piedras más pequeñas y casi esféricas y otras más grandes que se alejan de esa forma, siendo más irregulares. Si se pretende establecer una relación entre las variables radar y las piedras de granizo ¿Cuál tomamos? ¿la pequeña? ¿la mayor? No podemos tomar la media de todas ellas puesto que es una distribución log normal. Sin embargo, hay modelos del tipo nowcasting que son capaces de discriminar entre tormentas con y sin granizo a partir de imágenes de radar, y que incluso dan una magnitud de la energía cinética de la precipitación, aunque se trata de una estimación, por lo que hay que manejar con reservas. No es poco, pero no pidamos más porque introduciríamos, muy probablemente, mayor incertidumbre.

Referencias

- Sánchez J.L., L. López, E. García-Ortega, B. Gil. 2013. Nowcasting of kinetic energy of hail precipitation using radar. *Atmospheric Research* 123, 48-60
- López L., J.L. Sánchez. 2009. Discriminant methods for radar detection of hail. *Atmospheric Research* 93, 358-368
- Marcos J. L., J.L. Sánchez, A. Merino, P. Melcón, G. Mérida, E. García-Ortega. 2021. Spatial and temporal variability of hail falls and estimation of maximum diameter from meteorological variables. *Atmospheric Research* 247, 105142

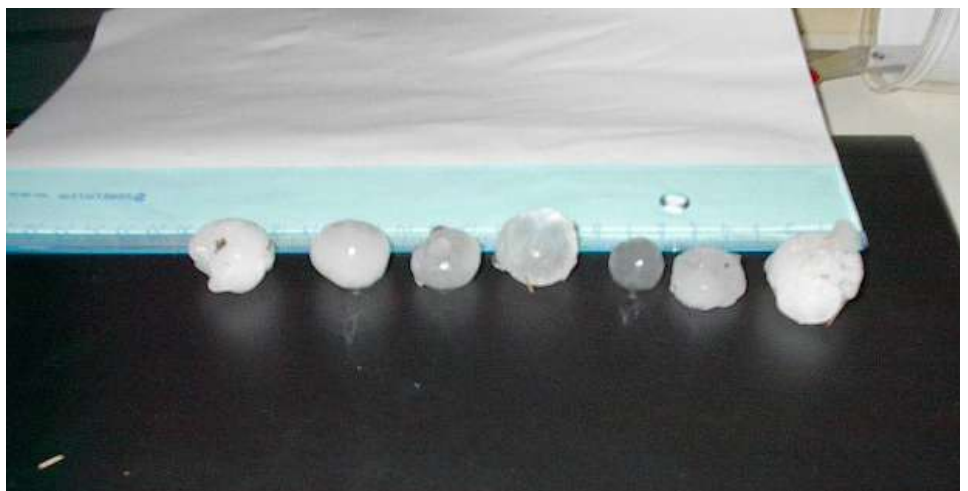


Figura 3: diversas piedras de granizo de distintos tamaños recogidas en un mismo punto al paso de tormenta

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el 12 de julio como Día Internacional de la Lucha contra las Tormentas de Arena y Polvo y 2025-2034 como Decenio para luchar contra las Tormentas de Arena y Polvo

En todo el mundo se han llevado a cabo actividades con motivo de ese día internacional. El objetivo es proporcionar información y orientación sobre cómo evaluar y abordar los riesgos que plantean las tormentas de arena y polvo y estudiar acciones para combatirlas.

Por su interés, *Tiempo y Clima* ofrece aquí un resumen de los recientes comunicados de prensa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y de la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) sobre las tormentas de arena y polvo. Es oportuno destacar el importante papel de España en las actividades de la OMM para su predicción y evaluación.

Uno de los fenómenos más sobrecogedores de la naturaleza son las tormentas de arena y polvo que arrasan todo a su paso, convirtiendo el día en noche y causando estragos desde el norte de China hasta el África subsahariana. Representan un gran desafío para lograr un desarrollo sostenible en sus dimensiones económica, social y medioambiental. En los últimos años, se han convertido en una gran preocupación mundial debido a

sus graves repercusiones en el medio ambiente, la salud, la agricultura, los medios de subsistencia y el bienestar socioeconómico.

Las tormentas de arena y polvo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Las tormentas de arena y polvo representan un gran desafío para lograr un desarrollo sostenible en sus dimensiones económica, social y medioambiental. En

los últimos años, se han convertido en una gran preocupación mundial debido a sus graves repercusiones en el medio ambiente, la salud, la agricultura, los medios de subsistencia y el bienestar socioeconómico.

Las tormentas de arena y polvo son un elemento esencial de los ciclos bioquímicos naturales de la Tierra, pero también obedecen en parte a factores inducidos por el ser humano, como el cambio climático, la gestión insostenible de la tierra y el uso del agua. Asimismo, contribuyen al cambio climático y a la contaminación atmosférica. Los efectos de las tormentas de arena y polvo afectan a todas las regiones del mundo, tanto a los países desarrollados como a los que están en vías de desarrollo, y plantean graves problemas para la consecución de once de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente los siguientes:

- Objetivo 2: Hambre cero
- Objetivo 3: Salud y bienestar



Tormenta de arena en Kidal (Mali) - FOTO: © Foto ONU/Blagoje Grujic

La AEMET inaugura un nuevo radar meteorológico en Almagro, Ciudad Real

Con una inversión de tres millones de euros, permitirá una vigilancia más completa de los fenómenos meteorológicos adversos que afecten a amplias zonas del sureste y del centro peninsular

Fuentes: AEMET y *Tiempo y Clima*

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) dispone de una red de radares meteorológicos constituida actualmente por 15 radares que operan en la banda C de frecuencias del espectro, en particular en la de 5.6 GHz. Están ubicados en las provincias de A Coruña, Almería, Asturias, Baleares (Mallorca), Barcelona, Cáceres, Las Palmas, Madrid,

Málaga, Murcia, Palencia, Sevilla, Valencia, Vizcaya y Zaragoza. La red es bastante antigua, empezó a desplegarse todavía en el siglo XX aunque se le han ido aplicando mejoras parciales. Tiene problemas recurrentes de interferencias y de otro tipo que han inutilizado durante largo tiempo algunos de los radares. AEMET está procediendo a la ampliación, renovación y modernización de la red con fondos europeos.

La red de AEMET intercambia datos entre radares de toda España, Portugal y sur de Francia. Esa característica permite, entre otras cosas, compensar los ecos ciegos y asegura la disposición de una imagen compuesta construida con las obtenidas por cada uno de los radares. En un territorio

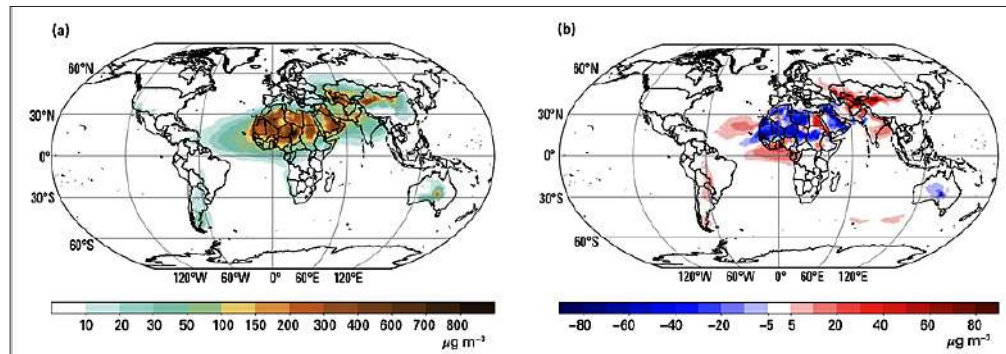
- Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento
- Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico
- Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles
- Objetivo 13: Acción por el clima
- Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres

Al menos el 25 % de las emisiones mundiales de polvo proceden de la actividad humana y, en algunas zonas, el polvo del desierto se ha duplicado en el siglo XX. Los efectos de este fenómeno son difíciles de controlar, ya que la intervención del hombre en una parte del mundo puede provocar tormentas de arena y polvo en otra región. Sin embargo, del mismo modo, las tormentas de arena y polvo también pueden reducirse gracias a la intervención del ser humano.

Cada año entran en la atmósfera unos 2000 millones de toneladas de arena y polvo, el equivalente a 307 veces el volumen de la gran pirámide de Guiza. Más del 80 % del balance mundial de polvo procede de los desiertos del norte de África y Oriente Próximo y puede recorrer cientos —e incluso miles— de kilómetros a través de continentes y océanos.

En gran parte se trata de un proceso natural, pero una gestión deficiente del agua y de la tierra, la sequía y la degradación medioambiental contribuyen cada vez más a este fenómeno.

“Las tormentas de arena y polvo son mucho más que ventanas sucias y calima. Perjudican a la salud de millones de personas



a) Concentración media anual de polvo mineral en superficie (en $\mu\text{g m}^{-3}$) en 2023.
b) Anomalía de la concentración media anual de polvo en superficie registrada en 2023 con respecto a la media de 1981-2010. Fuente: resultados obtenidos de la segunda versión del Análisis Retrospectivo de la Era Moderna para la Investigación y sus Aplicaciones (MERRA 2) (Gelaro *et al.*, 2017)

y deterioran su calidad de vida, además de acarrear pérdidas millonarias al perturbar el transporte aéreo y terrestre, la agricultura y la producción de energía solar”, ha declarado la secretaria general de la OMM, Celeste Saulo.

El Sistema de Evaluación y Asesoramiento para Avisos de Tormentas de Arena y Polvo de la OMM (SDS-WAS) coordina las actividades internacionales de investigación sobre el tema y conduce su labor a través de centros regionales operativos. Hay que destacar la importante participación de España que lidera uno de ellos: El Centro SDS-WAS para la región del Norte de África, Oriente Próximo y Europa que tiene su sede en Barcelona y responde a una colaboración entre la Agencia Estatal de Meteorología y el Centro de Supercomputación de Barcelona (BSC).

Cada año se publica una nueva edición del *Boletín de la OMM* sobre el Polvo en

Suspensión en el Aire, donde se ponen de relieve los emplazamientos más afectados por ese tipo de peligro, que afecta a unos 330 millones de personas en más de 150 países de todo el mundo, y se exponen las repercusiones que conlleva. La publicación del boletín el día 12 de julio ha coincidido en 2025 con el Día Internacional de la Lucha contra las Tormentas de Arena y Polvo.

Finalmente, procede reconocer y agradecer desde *Tiempo y Clima* el importante e insistente esfuerzo realizado desde principios de siglo para crear el Centro SDS-WAS de Barcelona por el anterior director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, el Dr. Emilio Cuevas, quien es, por cierto, veterano socio de la AME, así como por Enric Terradellas meteorólogo de AEMET, que fue presidente del comité directivo del SDS-WAS, el Dr José María Baldasano en el BSC y el Dr Slobodan Nickovic desde la OMM.

rio tan montañoso como el de la península Ibérica la red de AEMET es insustituible. El nuevo radar se ha instalado precisamente en la única zona peninsular que estaba todavía sin cobertura óptima de radar y que abarcaba un área extensa de Andalucía, Castilla La Mancha y Extremadura, lo que es una magnífica noticia para los ciudadanos de esa zona.

Según la información oficial difundida, el proyecto, que contempla también la renovación de la primera generación de estaciones meteorológicas automáticas de AEMET, estará concluido en agosto de 2026 y la inversión es de aproximadamente 80 millones de €.



Nuevo radar meteorológico instalado en la Base Coronel Sánchez Bilbao, en Almagro (Ciudad Real)

Lanzamiento del primer satélite de sondeo atmosférico desde órbita geoestacionaria

Forma parte del programa Meteosat de Tercera Generación (MTG) de EUMETSAT, el organismo de los satélites meteorológicos europeos

Fuente: EUMETSAT y *Tiempo y Clima*

En el número de enero de 2023, *Tiempo y Clima* informó del lanzamiento al espacio del primer satélite de imágenes del programa Meteosat de Tercera Generación (MTG-I1) y duodécimo de los satélites meteorológicos geoestacionarios europeos. Se lanzó con éxito el 13 de diciembre de 2022 desde Kourou (Guayana Francesa) y el 28 de diciembre alcanzó su órbita prevista a 36 000 km sobre el Ecuador. En octubre de 2024 *Tiempo y Clima* comentó también en su sección de noticias acerca de los primeros datos del instrumento *Flexible Combined Imager* (FCI) del MTG-I1.

Aquel lanzamiento solo era el primero de uno de los sistemas de satélites meteorológicos más innovadores jamás diseñados. Cuando esté completamente desplegado, incluirá cuatro satélites de imágenes (MTG-I) con capacidades nuevas y mejoradas y, por primera vez en el mundo, dos satélites de sondeo geoestacionario (MTG-S) que llevarán a bordo una sonda infrarroja y el instrumento Sentinel-4 del programa Copernicus (Unión Europea) para detección en ultravioleta, visible e infrarrojo cercano.

El primer satélite sondeador

El 1 de julio pasado se lanzó al espacio el MTG-S1, primer satélite sondeador del programa MTG, desde el Centro Espacial Kennedy de la NASA en Orlando, Florida, EE.UU., por medio de un cohete Falcon 9 de SpaceX (empresa creada por el mediático archimillonario Elon Musk).

El MTG-S1 llevará a cabo dos misiones complementarias: Su sonda infrarroja (IRS) recogerá datos de perfiles verticales de temperatura y humedad con una precisión sin precedentes, escaneando Europa cada 30 minutos. Por su parte el espectrómetro de imágenes de ultravioleta-visible-infrarrojo cercano, Sentinel-4, rastreará los aerosoles, así como las concentraciones de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono. Estas medidas, tomadas cada 60 minutos, se utilizarán para vigilar y predecir la calidad del aire en Europa, proteger la salud humana y mejorar nuestra comprensión de las fluctuaciones diarias y la distribución global de los contaminantes atmosféricos.

La sonda infrarroja ofrecerá una visión di-

námica de la atmósfera terrestre y se espera que una mejora sensible en la predicción de la inestabilidad atmosférica. De acuerdo a Phil Evans, director general de EUMETSAT, "el MTG-S1 proporcionará productos completamente nuevos que ayudarán a los especialistas a detectar indicios de inestabilidad atmosférica incluso antes de que comiencen a formarse las nubes, lo que permitirá a los meteorólogos ampliar los plazos de las alertas meteorológicas y mejorar las predicciones. Combinado con los datos de los satélites de imágenes MTG, ofrecerá, por primera vez, una visión espacial del ciclo de vida completo de las tormentas convectivas."

Con el suministro de energía y las comunicaciones establecidas, el MTG-S1 ha entrado en su fase de operaciones iniciales, durante la cual los ingenieros activan los sistemas y guían el satélite hasta su posición orbital geoestacionaria a 36 000 km de altitud sobre el ecuador. Desde esta posición y con una órbita alineada con la rotación de la Tierra, el MTG-S1 mantendrá una visión ininterrumpida de Europa, África y las regiones circundantes. La sonda infrarroja del MTG-S1 escaneará en casi 2000 longitudes de onda infrarrojas y cada 30 minutos para generar perfiles verticales de temperatura, humedad y gases traza.

Mayor conocimiento de las nubes

En su página web, EUMETSAT ofrece información y diversos testimonios científicos sobre las misiones y el uso de los datos del programa MTG. Entre ellos hemos seleccionado para los lectores de *Tiempo y Clima* un resumen de los planes de la Dra. Nadia Fourrié, subdirectora del Centro Nacional de Investigación Meteorológica de Francia (CNRM), para investigar los procesos asociados a las nubes. (Ver texto completo en [Breaking through the clouds | EUMETSAT](#))

Desde las interacciones atómicas que impulsan su formación hasta las inmensas corrientes atmosféricas que las transportan a miles de kilómetros, las nubes han sido durante mucho tiempo uno de los fenómenos meteorológicos más difíciles de comprender. La Dra. Fourrié está decidida a cambiar esta situación con la ayuda de los próximos saté-

lites geoestacionarios del programa MTG y los futuros satélites de órbita polar Metop de Segunda Generación (Metop-SG) de EUMETSAT. Fourrié afirma que las nuevas misiones satelitales ayudarán a los investigadores a caracterizar mejor el amplio espectro de fuerzas que afectan la formación, evolución, composición y comportamiento de las nubes.

"Históricamente, los investigadores han tenido dificultades para comprender muchos aspectos relacionados con las propiedades de las nubes y su papel en el tiempo y el clima", afirma Fourrié, quien trabajó como becaria de EUMETSAT en Météo-France a principios de la década de 2000, antes de embarcarse en una carrera de décadas en el CNRM.

Las nubes siguen siendo una de las mayores fuentes de incertidumbre en los modelos numéricos de predicción. Mientras éstos pueden predecir con precisión los movimientos a gran escala del aire y el agua, cuando se trata de la formación de nubes la situación se complica mucho más: necesitamos observaciones en una amplia gama de escalas, desde las más pequeñas hasta las más grandes.

A nivel microescalar, la formación de nubes comienza cuando el vapor de agua del aire saturado se condensa alrededor de aerosoles, como granos de polvo en la atmósfera. A mayor escala, implica predecir y rastrear los movimientos de las nubes a nivel continental.

"Estas diferencias de escala requieren un gran número de observaciones y una enorme capacidad de procesamiento", afirma Fourrié, pero aumentar el número y la resolución de las observaciones de nubes tiene el potencial de mejorar sustancialmente todo, desde la predicción de tormentas eléctricas e inundaciones repentinas hasta el perfeccionamiento de los estudios sobre el cambio climático. Por lo tanto, caracterizar mejor las nubes desde su formación hasta su disipación, es una prioridad fundamental para los meteorólogos".

Acerca del programa de satélites MTG, se puede encontrar más información y videos en: <https://www.eumetsat.int/meteosat-third-generation> (En el video principal sobre MTG interviene Pilar Rípodas de AEMET).

La maduración del fruto de la adelfa (*nerium oleander*) fue extremadamente temprana en 2025 en el centro de la península

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS: JAVIER CANO SÁNCHEZ, OBSERVADOR DE METEOROLOGÍA RETIRADO Y VETERANO NATURALISTA



Figura 1. El fruto de la adelfa consiste en dos folículos unidos.



Figura 2. Tras la maduración se produce la dehiscencia, o acción de abrirse naturalmente los dos folículos, para dar salida a las numerosas semillas provistas de pelos. De esta manera consiguen su dispersión anemófila, con la ayuda del viento.

La adelfa (*Nerium oleander*), un arbusto de hasta 4 metros de altura, está ampliamente distribuida por la región mediterránea, aunque llega hasta China y el norte de África. Es típica en las ramblas que forman los cursos de agua temporales de todo el arco mediterráneo, cercano a la costa, y también en el interior de la Península, pues es muy utilizada en jardinería. Su follaje perenne, cuyas hojas lineal lanceoladas son coriáceas, se adaptan al ambiente semiárido donde habita. Por otra parte, las raíces encuentran cierta humedad bajo el subsuelo gracias a su sistema potente y profundo. Esta combinación hace posible que la adelfa resista tanto las elevadas temperaturas como la sequía estival, características del clima mediterráneo. Las flores son grandes, habitualmente de color rosa, pero en ocasiones son blancas o rojas. La floración acontece entre primavera y verano, aunque se prolonga durante el otoño. El fruto puede alcanzar los 16 centímetros de largo y es de color pardo rojizo (figura 1). Consiste en dos folículos unidos hasta que se produce la maduración, lo que provoca su dehiscencia. En su interior contiene numerosas semillas que presentan un

apéndice con pelos, lo que facilita su dispersión anemófila con la ayuda del viento (figura 2).

De acuerdo con su fenología, en el interior de la península ibérica, el fruto de la adelfa suele madurar entre la primera y la segunda decena del mes de febrero (figura 3), con un valor normal correspondiente al 12 de febrero, para el periodo de treinta años 1991-2020. Sin embargo, la dehiscencia del fruto en el año 2025, que se considera como el momento en que tiene lugar la maduración de este, no sólo no se ha producido a principios de ese año, como correspondería, sino que ha tenido lugar a finales del mes de diciembre de 2024, concretamente el día 27, con un adelanto significativo de 48 días (figura 4). Se trata, por lo tanto, de una observación extremadamente temprana, según su caracterización fenológica.

Tras el análisis de las temperaturas medias en la zona de estudio, que caracterizaron como cálido y muy cálido los meses de octubre y noviembre, respectivamente, cabe suponer que las altas temperaturas alcanzadas durante el otoño favorecieron su temprana maduración.

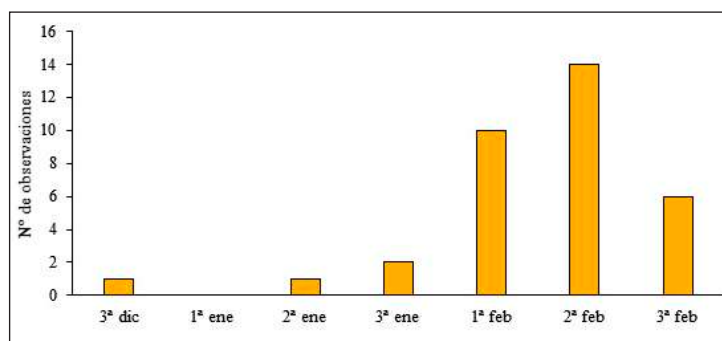


Figura 3. El gráfico muestra la distribución de las fechas en que se ha observado por primera vez la dehiscencia del fruto de la adelfa en el centro de la península ibérica (periodo 1991-2025).

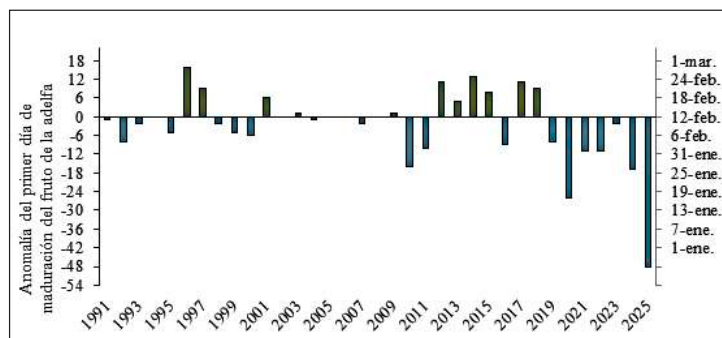
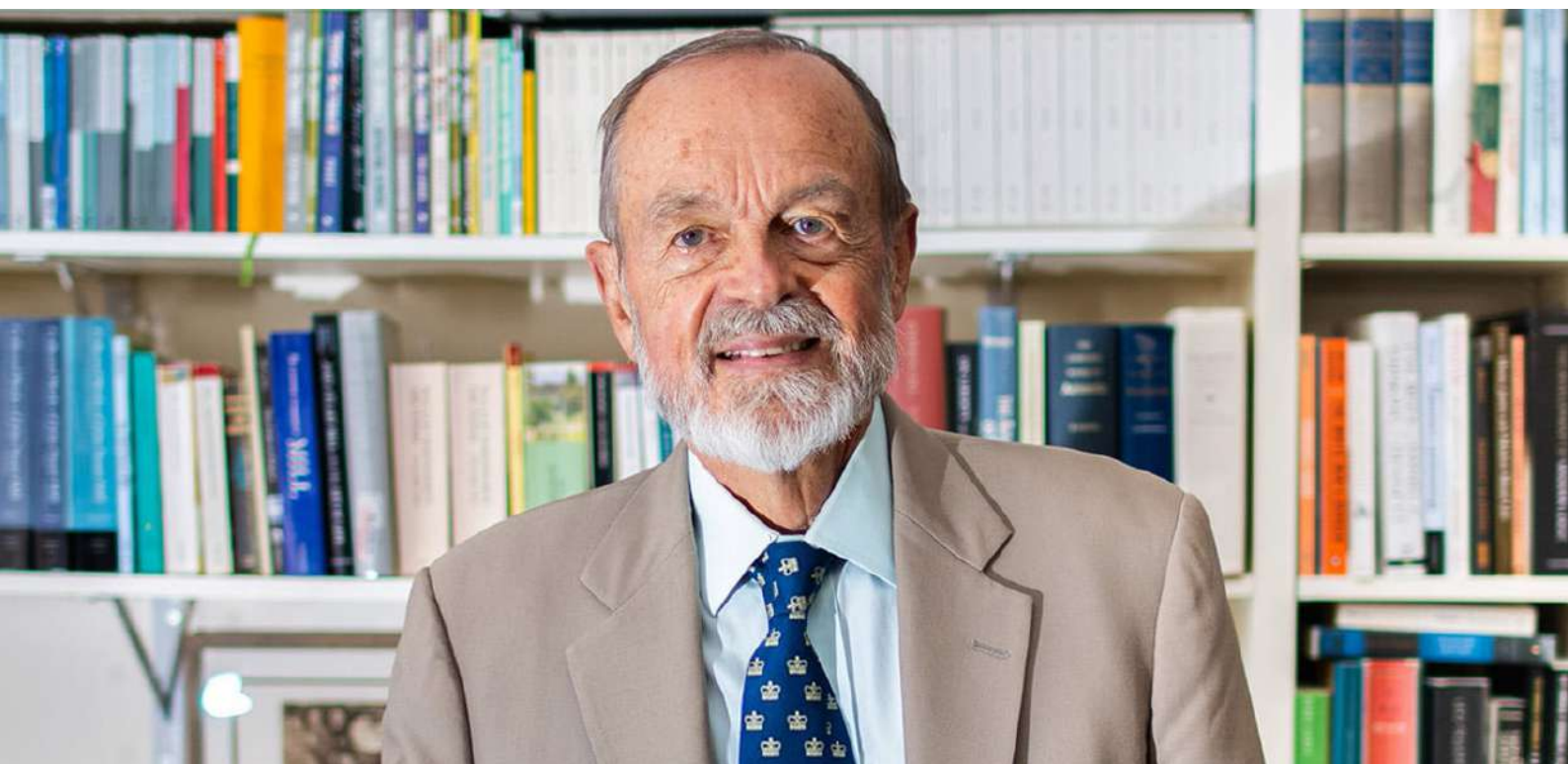


Figura 4. El gráfico muestra las anomalías de la fecha de maduración del fruto de la adelfa en el interior de la península ibérica (periodo 1991-2025), expresadas en número de días que se adelantan, valores negativos, o atrasan, valores positivos, según el eje de ordenadas. El valor normal considerado es el de la mediana del periodo 1991-2020, que se corresponde con el 12 de febrero (eje secundario de la derecha). Se puede apreciar que la maduración del fruto que debería acontecer en 2025 se ha adelantado 48 días (27 de diciembre de 2024), lo que supone el valor más temprano registrado para toda la serie, fecha que está caracterizada como extremadamente temprana.



Philip Kitcher y la ciencia para el bien común. El filósofo de la ciencia ha recibido el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Humanidades

ANTONIO DIÉGUEZ

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Humanidades ha sido otorgado este año al filósofo Philip Kitcher, profesor emérito en la Universidad de Columbia. Cuando recibí la noticia, sentí una gran satisfacción. Es muy grato ver que en España se reconoce con uno de sus premios más prestigiosos a un filósofo de tan amplia influencia, rigor y capacidad de análisis de la sociedad actual. Pero he de admitir que el motivo principal de mi satisfacción fue que Kitcher ha sido el filósofo al que más he leído a lo largo de los años y uno de los que me ha dejado una influencia más profunda. Decía Wittgenstein que todo problema filosófico tiene la forma de “no encuentro un camino” o “no sé cómo orientarme” (*Ich kenne mich nicht aus*). En mi caso, cuando no sé realmente cómo orientarme en un asunto suelo preguntarme cómo lo enfocaría Kitcher, y así por lo menos consi-

go no equivocarme mucho. El jurado lo presidía el británico John Dupré, una de las figuras principales en la filosofía de la ciencia, y en él estaba también la filósofa mexicana Atocha Aliseda, referente internacional en lógica abductiva. El premio Fronteras del Conocimiento en su sección de Humanidades ha sido otorgado hasta el momento a Noam Chomsky (2018), Gerald Holton (2020), Steven Pinker (2022) y Peter Singer (2022).

Kitcher es un filósofo de amplios intereses, aunque sus aportaciones más conocidas han sido las que ha realizado como filósofo de la ciencia y, sobre todo, como filósofo de la biología. Su gran obra en filosofía de la ciencia fue *The Advancement of Science*, de 1993, traducida en México por la editorial de la UNAM, y algunos de sus mejores trabajos en filosofía de la biología fueron recogidos en el libro *In Mendel's Mirror* (2003). Contra los excesos de la sociobiología publicó asimismo un análisis muy crítico: *Vaul-*

ting Ambition (1985). Pero si a alguien le interesa la música, puede leer su libro sobre el Anillo del Nibelungo de Wagner, titulado *Finding an Ending* (2004), escrito con Richard Schacht; si a alguien le interesa la literatura, puede leer *Muertes en Venecia*, obra traducida al español en 2015, en la que compara la novela de Mann, la película de Visconti y la ópera de Britten, y puede leer también su *Joyce's Kaleidoscope: An Invitation to Finnegans Wake* (2007), un análisis magistral de la que se considera la obra más oscura de Joyce; si a alguien le interesa la ética desde una perspectiva naturalista, puede leer *The Ethical Project* (2011) o el más reciente *Moral Progress* (2021); si a alguien le interesa las relaciones entre la ciencia y la democracia, puede leer *Science, Truth and Democracy* (2001) o *Science in a Democratic Society* (2011); si a alguien le interesa una visión atea de los valores y del sentido de la existencia, pero sin la militancia de otros conocidos

ateos como Daniel Dennett, con el que mantuvo una buena amistad, puede leer *Life after Faith* (2014); si a alguien le interesa cómo responder a los ataques del Diseño Inteligente y del creacionismo norteamericano contra la teoría de la evolución, puede leer *Abusing Science* (1982) o, mejor aún, el más actualizado *Living with Darwin* (2007); y si a alguien le interesa la filosofía en general y la posición que Kitcher defiende en cuestiones metafísicas (él es fundamentalmente un neopragmatista, realista y naturalista), puede leer *Preludes to Pragmatism* (2013) o el delicioso librito introductorio, pero enjundioso, *What's the Use of Philosophy* (2023).

Hace unos meses se tradujo al español su breve y actualizado manual de filosofía de la ciencia, escrito con Gillian Barker, con el título de *Filosofía de la ciencia: una breve introducción*, y está traducido también su libro en forma de diálogos sobre el cambio climático, escrito en coautoría con Evelyn Fox Keller titulado *Y vimos cambiar las estaciones*. Con anterioridad, la UNAM había traducido *Vidas por venir*, acerca del impacto social de la biotecnología.

Mencionaré aquí muy brevemente tres de sus aportaciones filosóficas que a mí me parecen más interesantes. En primer lugar, en su libro *The Advancement of Science*, ofreció una alternativa a lo que llamó “la leyenda” sobre la ciencia, es decir, la idea de que la ciencia es una empresa de acumulación de verdades logradas a través de la aplicación de cánones metodológicos estrictos y atemporales. Pero su alternativa es también crítica con las visiones relativistas, como las de Thomas Kuhn y Paul Feyerabend, las constructivistas o las escépticas. Kitcher presenta una explicación del progreso científico elaborada desde un realismo moderado influido por el pragmatismo. Los factores históricos y sociales influyen en el cambio de teorías, como habían sostenido Kuhn y Feyerabend, lo que excluye la apelación

a un método científico universal, pero el progreso científico es, pese a todo, objetivo y se basa en el logro de verdades significativas a través de una dinámica comunitaria que divide el trabajo cognitivo y refuerza los controles internos. Estas verdades significativas son contextuales y siempre revisables en función de los intereses de la propia ciencia. No

porque el concepto mendeliano de gen no puede hacerse equivaler al concepto molecular.

En tercer lugar, Kitcher ha tenido un papel clave en la recuperación del enfoque político en epistemología. En sus libros *Science, Truth, and Democracy* y *Science in a Democratic Society* señaló las dificultades para articular de forma

adecuada en las sociedades actuales el progreso científico y la gobernanza democrática de la ciencia. Hasta ahora, la agenda investigadora ha dependido de la voluntad de ciertas élites políticas, científicas y económicas, y ha estado basada sobre todo en los intereses de dichas élites. Kitcher sostiene que una ciencia “bien ordenada” debería incorporar en los planes de investigación las preocupaciones básicas de la ciudadanía, sin descuidar los intereses de los más desfavorecidos, especialmente de los ciudadanos de los países menos desarrollados, de modo que los beneficios proporcionados por la ciencia se distribuyan de forma más equitativa, y debería ser capaz de armonizar las decisiones políticas al respecto, tomadas mediante procedimientos de democracia informada, con el saber científico especializado. Aunque no hay soluciones fáciles para poner esto en práctica, y la noción de “ciencia bien ordenada” ha recibido

críticas, puede decirse que los análisis de Kitcher han permitido reavivar el necesario debate sobre este asunto.

Ojalá que con este importante premio más editoriales españolas perciban la importancia del pensamiento de Philip Kitcher y se animen a traducir otras obras al español. Lo merecen sin lugar a duda. Estoy seguro de que uno de sus libros más recientes, *The Main Enterprise of the World: Rethinking Education*, despertaría el interés de bastantes lectores en nuestro idioma.

Este artículo es reproducción del publicado en la revista *Letras Libres* con permiso del autor y de la revista.



Philip Kitcher y Antonio Diéguez (autor de esta reseña) compartiendo foto en la ceremonia de entrega de Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2025, el 19 de junio en Bilbao

se trata, pues, de un progreso acumulativo ni dirigido hacia una visión única del mundo, pero sí es un progreso racional y objetivo.

En segundo lugar, en su artículo de 1984 “1953 and All That: A Tale of Two Sciences”, publicado en *The Philosophical Review*, estableció las bases de lo que luego se conoció como “el consenso antirreduccionista” en filosofía de la biología, que, aunque quizá ya no sea tan amplio, sigue siendo mayoritario. Explicó de forma convincente, a modo de ejemplo, por qué no podía decirse, como algunos pretendían, que la genética mendeliana hubiera quedado ya reducida a la genética molecular. Entre otras razones

Tortugas marinas del Mediterráneo ante el cambio climático

JUAN A. CAMIÑAS HERNÁNDEZ ACADEMIA MALAGUEÑA DE CIENCIAS

Las tortugas marinas no son solo marinas. Pasan su vida entre el mar y la tierra, donde se reproducen y viven los primeros instantes tras la eclosión del huevo y antes de entrar en el mar sin cuidado de los padres. Las llamamos tortugas marinas porque es en ese medio donde pasan la mayor parte de su vida, pero además de nacer siempre en las denominadas playas de puesta, forman poblaciones que en conjunto suponen millones de animales repartidos por todos los océanos y mares del mundo que salen a tierra y contribuyen a la materia orgánica terrestre, a transportarla entre el mar y la tierra, transfiriendo parte de esta a las playas o a especies que las pueblan. También mueren en el mar y allí contribuyen a la alimentación de otras especies o incrementan la materia orgánica de los fondos marinos.

El mar Mediterráneo es un mar semicerrado conectado con el océano Atlántico a través del estrecho de Gibraltar, con el mar Negro a través del mar de Mármara y con el mar Rojo a través del canal de Suez. Esas vías son los lugares de paso de numerosas especies de fauna y que las tortugas marinas aprovechan para sus migraciones. De las siete especies de tortugas marinas actuales, tres se pueden encontrar en el Mediterráneo, pero solo dos de ellas se reproducen en sus playas: la tortuga boba (*Caretta caretta*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*). También hay observaciones ocasionales de tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*), tortugas oliváceas y tortugas lora (*Lepidochelys olivácea*)

y *Lepidochelys kempii*), pero no se han observado nidificaciones.

Las tortugas bobas mediterráneas tienen áreas de anidación estables que abarcan desde el Mediterráneo central hasta la costa oriental, y la mayoría de las 8000 puestas anuales estimadas se producen en la cuenca oriental, especialmente en Grecia. Son abundantes en diferentes áreas mediterráneas, con grupos de la población y ejemplares que migran desde el Atlántico y son frecuentes en el mar de Alborán, islas Baleares y el suroeste de Italia. Los adultos se localizan en la zona oriental, en el delta del Nilo y frente a Egipto, Siria, Líbano, Israel, el norte del mar Adriático y la amplia plataforma continental tunecina. Las principales zonas de cría se encuentran en Grecia, Turquía, Chipre y Libia, con un número menor de puestas en otros países del Mediterráneo. Por su parte la tortuga verde mediterránea, población muy amenazada, anida en la parte oriental, principalmente en Chipre y Turquía. Se estima que se realizan más de 2200 puestas de huevos cada año (Camiñas *et al.*, 2020).

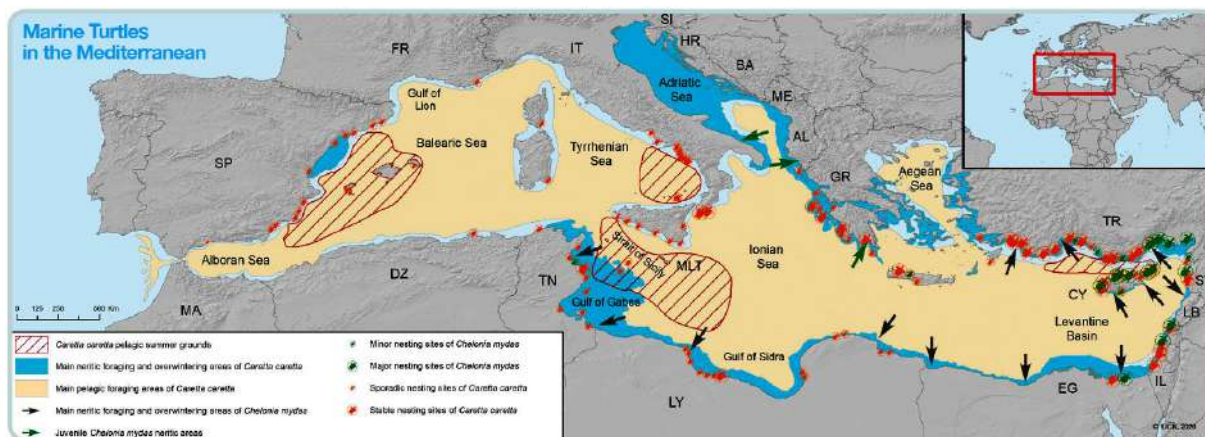
Desde el año 2001 en el que se encontró un primer nido en una playa de Vera, en Almería, se han registrado nidos esporádicos de tortuga boba, además de bastantes intentos de nidificación en las playas mediterráneas españolas. Eso mismo ha ocurrido en playas de otros países del Mediterráneo occidental y central, como son Francia, Italia, Malta y Túnez, mostrando en algunos de esos países una tendencia anual creciente en el número de nidos.

A pesar de la existencia de equipos de especialistas en la detección, el seguimiento y, cuando es conveniente, la traslocación de nidos, al ser eventos de nidificación esporádicos y dispersos a lo largo de más de 2000 km de costa (incluidas las Islas Baleares) dificulta su detección y estimar el número exacto de puestas en las playas españolas.

¿Qué efecto tiene en estas poblaciones el notable incremento de la temperatura de la cuenca mediterránea? Algunos autores manejan la hipótesis de que las hembras maduras podrían detectar el sobrecalentamiento de las playas y explorar nuevas zonas y playas menos cálidas para desovar. Sabemos que desde hace unos años la tortuga boba busca anidar en playas más frías que las estables en Grecia, Turquía, Chipre e Israel. Esta nueva colonización se debe al aumento de la temperatura del agua por el cambio climático, que impide el nacimiento de machos y reduce la supervivencia de las crías. «Las tortugas son especies muy sensibles a los cambios ambientales. Su adaptación a nuevas zonas de nidificación nos alerta sobre la magnitud de los efectos del cambio climático», explican los expertos. La temperatura de las playas de anidación desempeña un papel crucial en el proceso de anidación y la determinación del sexo de las tortugas marinas. La temperatura determina el sexo biológico de las crías por lo que nacen más hembras cuando la temperatura del nido se eleva (con temperatura pivotal alrededor de 29.5 °C). Lo que es previsible es que

Tortuga boba cubriendo el nido.
Foto: Verónica La Greca





Lugares de anidación en la cuenca mediterránea de la tortuga boba (*Caretta caretta*), en rojo, y de la tortuga verde (*Chelonia mydas*), en verde. (Camiñas et al. 2020)

el calentamiento global podría incrementar la feminización de las poblaciones y la filopatria (definida como el retorno de los individuos adultos a su playa de nacimiento para reproducirse) podría impedir la dispersión a playas de anidación más aptas, es decir, más frías, para contrarrestar este efecto. Los análisis genéticos sugieren que los nidos en playas españolas son eventos de colonización asociados con zonas de alimentación de juveniles en fase de desarrollo pertenecientes a poblaciones tanto de origen mediterráneo como atlánticas (Carreras *et al.* 2018). Los nidos de tortuga boba en playas españolas se producen en las islas Baleares, Cataluña, Valencia, Murcia y Andalucía, incluido un nido en Fuengirola en agosto de 2020 y otro en Marbella en julio de 2023, siendo más abundantes las anidaciones en las regiones situadas más al norte.

Pero, ¿qué está ocurriendo en las playas estables de anidación en el Mediterráneo oriental? Un reciente estudio (Witt *et al.*, 2025) que monitoreó los hábitos de reproducción de las tortugas verdes y bobas en Chipre, señala que las tortugas marinas están respondiendo al cambio climático anidando más temprano en el año para compensar el aumento de las temperaturas. Como indican los datos publicados, las tortugas marinas ya están adelantando el inicio de la nidificación en Chipre 0.78 días por año desde 1993. De echo señalan que ya hay puestas a principio de año, y esa es la buena noticia, ya que estas tortugas están respondiendo a las temperaturas más elevadas desplazándose a meses más fríos para anidar. Un segundo trabajo en la misma zona (Rickwood *et al.*, 2025) muestra que las tortugas ajustan el momento de la anidación en función de la temperatura del mar, poniendo huevos 6.47 días antes por cada 1 °C de aumento en la temperatura del mar. La temperatura explicaba alrededor del 30 % de este adelanto, y las hembras más experimenta-

das y las que realizaban más puestas (una hembra realiza un número variable de puestas en una sola temporada) también anidaban antes. Sugieren que la plasticidad individual ante señales ambientales (mayor temperatura) puede ser un impulsor del comportamiento de individuos reproductores, aunque será necesario realizar nuevos estudios para determinar si este comportamiento es suficiente para mitigar el mayor estrés térmico causado por el calentamiento climático.

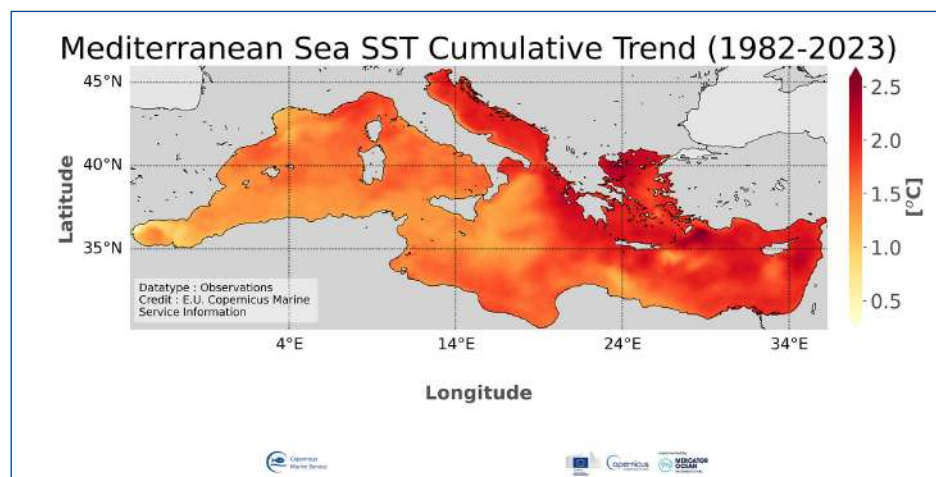
En definitiva, vamos entendiendo poco a poco cuales son los procesos que pueden estar ocurriendo en las poblaciones e individuos de tortugas marinas del mar Mediterráneo para adaptarse, como lo hicieron en periodos pretéritos, al cambio climático que modifica las temperaturas, al alza, de sus lugares habituales de puesta, lo que produce que algunos individuos se reproduzcan, y ocurre cada vez con mayor frecuencia, en nuevas playas de puesta en zonas más frías, como las españolas. A la vez, las tortugas reproductoras del Mediterráneo oriental adaptan los periodos de puesta, adelantándolos, en las playas tradicionales de puesta del Medite-

rráneo oriental. Otra cuestión preocupante es que las puestas y la eclosión ocurren en los meses de verano, precisamente cuando las playas españolas están llenas de hamacas y multitud de personas. Pero ese es tema para otro artículo.

Nota: El artículo es reproducción autorizada del publicado originalmente en el blog de la Academia Malagueña de Ciencias (<https://academiamalaguena-ciencias.wordpress.com>)

Referencias

- CAMIÑAS, J. A. *et al.* Conservation of marine turtles in the Mediterranean Sea. 2020 IUCN, Malaga, Spain. 12 pp.
- CARRERAS, C., *et al.* Sporadic nesting reveals long distance colonisation in the philopatric loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). Scientific reports, 2018, vol. 8, no 1, p. 1435.
- RICKWOOD, M. L., *et al.* Individual plasticity in response to rising sea temperatures contributes to an advancement in green turtle nesting phenology. Proceedings B, 2025, vol. 292, no 2041, p. 20241809.
- WITT, M. J., *et al.* Phenological shift mitigates predicted impacts of climate change on sea turtle offspring. Endangered Species Research, 2025, vol. 56, p. 41-51



Tendencia de la temperatura superficial del mar (TSM) en el mar Mediterráneo durante el período 1993-2022, es decir, la tasa de cambio (°C/año) multiplicada por el número de años de la serie temporal (30 años).

La transformación de la imagen corporativa del servicio meteorológico español

ALEJANDRO MÉNDEZ FRADES

El pasado 3 de junio, AEMET presentó su nueva imagen corporativa. Aprovechando esta circunstancia, se ofrece un sucinto repaso de la evolución de su marca: desde el Instituto Central Meteorológico a la actual Agencia Estatal de Meteorología



La metamorfosis de una institución pública en una marca coherente con sus valores e inconfundible para sus usuarios constituye un reto estratégico que puede marcar su posicionamiento en el devenir de los próximos años. Esta cuestión adquiere especial relevancia cuando se trata de una organización que presta un servicio ininterrumpido al dictado del interés general y que se encuentra inmersa en un contexto externo tan exigente como cambiante.

Sabedora de los retos que afrontará en los próximos años, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) presentó el pasado 3 de junio, en la "Casa Encendida" en Madrid, su nueva identidad. La simplicidad de sus líneas y el empleo de una estética monocolor constituyen sus dos rasgos más distintivos, con el fin último de convertir a

AEMET en una marca moderna, confiable, a la vanguardia de la ciencia y del servicio público, y con aspiraciones a ingresar en la constelación visual de las marcas públicas españolas más icónicas (Renfe, Correos, Paradores, Aena, etc.).



En palabras de su autor, Frank Kelly, la elección del azul apela al cielo, es decir, el objeto de estudio para el que AEMET se ha consagrado esencialmente a lo largo de su centenaria historia. Por su parte,

el empleo de la tipografía *Futura*, de apariencia limpia y diáfana, intenta transmitir la naturaleza científica de las actividades que AEMET en su día a día, enfocadas a producir información que contribuya a salvaguardar bienes y personas, y a preservar en unos niveles de seguridad operacional adecuados el marco operativo aeronáutico. Lo anterior se acompañaba con un mapa de España *logotipado* sobre el que se ha estampado configuración isobárica, en un pretendido intento de plasmar gráficamente esa sinergia entre el Estado (promotor) y su servicio meteorológico (ejecutor de las políticas públicas de índole meteorológica).

Desde su fundación en 1887 AEMET ha contado con seis denominaciones, fruto del alambicado contexto político y social. La necesidad de crear una imagen característica fue relativamente tardía. En las

INSTITUTO
CENTRAL METEOROLÓGICO



primeras décadas, la documentación oficial estaba timbrada con el escudo del Estado y con el nombre de la dirección general que regía sus designios.

A partir de la Guerra Civil y como consecuencia de su adscripción al Ministerio del Aire, el emblema del Ejército del Aire se convirtió en la imagen gráfica del entonces Servicio Meteorológico Nacional, el cual consistía en dos alas plateadas unidas por un disco azul sobre el que estaba inscrita los ocho rumbos de la rosa de vientos y timbrada con una corona imperial. Durante varios años, la organización meteorológica asumió la imagen visual de su usuario más importante.

En la década de los sesenta afloró el interés de establecer una imagen sintética que caracterizara al Servicio Meteorológico Nacional como institución, un deseo que estuvo impulsado por la creciente diversificación de sus actividades pues, al margen de la aviación, la meteorología agrícola o marítima fueron ganando peso en el escalafón de la organización. El primer logotipo propiamente dicho era sencillo pues consistía en la inscripción de sus iniciales, no legibles y encajadas sobre un dominio circular, denotado en azul.

Con el advenimiento de la democracia, el Servicio Meteorológico Nacional cambió de nombre y de marca en 1978. Pasó a llamarse Instituto Nacional de Meteorología (INM), una denominación que originó cierta confusión puesto que su precedente, el mencionado Servicio Meteorológico Nacional, ya contaba con una unidad adscrita con el mismo nombre. De esta forma, una parte pasó a denominar a todo el conjunto. La marca visual que identificó al Instituto Nacional de Meteorología apostó



Agencia Estatal de Meteorología

por un diseño simple que reproduce sus iniciales y que conserva el azul como color distintivo. Esta marca ha sido la más longeva, pues su vigencia se prolongó durante casi tres décadas.

En 2008, el Instituto Nacional de Meteorología pasó a denominarse Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). La nueva identidad visual apostó por un diseño *handscript*, a juzgar por la pretendida imitación del trazado manual de las letras que conformaban el novedoso acrónimo, y con la inclusión de una *serifa* o detalle ornamental, en color amarillo, que se situó sobre su letra inicial ("A"). Por primera vez, la paleta de color fue heterogénea, al constar de cuatro colores: dos tonalidades de azul (atmósfera), rojo y amarillo (bandera de España). Desarrollado por la empresa "Comunica on line", este diseño pretendió transmitir calidez y cercanía a la ciudadanía durante sus casi dos décadas de vigencia.

Con el último logo, se ha realizado el proceso inverso que se acometió hace casi dos décadas: el retorno al paradigma minimalista y la preponderancia del azul como color distintivo.

En síntesis, la evolución histórica de la marca visual de AEMET se caracteriza por las siguientes tres ideas:

- ✓ El servicio meteorológico español ha contado con seis denominaciones y cinco marcas visuales, un hecho que evidencia el carácter cambiante del contexto.
- ✓ La necesidad de contar con un logotipo o imagen característica fue relativamente tardía, conforme a los deseos del servicio meteorológico por mejorar la interacción con el usuario.
- ✓ La duradera preponderancia del característico color azul, por tratarse de la más esclarecida invocación a la atmósfera.

Mi agradecimiento a Manuel Palomares y a José María Sánchez Laulhé por sus comentarios



Don LUIS BUIL BAYOD Catedrático de Física y Química del Instituto de Santander¹

Los inicios de la meteorología en Cantabria

JOSÉ LUIS ARTECHE GARCÍA

METEORÓLOGO DEL ESTADO. FUNCIONARIO RETIRADO DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

Luis Buil Bayod nació en Zaragoza el 5 de junio de 1865 y falleció en Santander el 16 de septiembre de 1921, a la edad de cincuenta y seis años.

Licenciado en Ciencias por la Universidad de Zaragoza el 27 de diciembre de 1890, obtuvo el título profesional de Catedrático numerario de Instituto el 13 de marzo de 1905. Impartió clases en los Institutos de Zaragoza, Mahón, Ávila, Palencia, Huesca y Santander.

Durante los años 1900 y 1901 desempeñó en Palencia la cátedra nocturna gratuita a trabajadores, impartiendo las materias de Mecánica y Física Industrial. En el Instituto de Santander toma posesión de la cátedra de Física y Química el 21 de febrero de 1905.

El doctor Luis Buil Bayod, que dejó un grato recuerdo en la ciudad de Santander, montó en los bajos del Instituto uno de los primeros laboratorios de análisis químico y biológico que existieron en España.

Hombre de gran inteligencia, cultura y laboriosidad, gozó en Santander de grandes simpatías. Ocupó el cargo de director del Instituto y fue autor, durante su estancia en esta ciudad, de una *Energética Física*, publicación muy importante para su época y que fue aprobada por el Ministerio como libro de texto para la impartición de clases de Física en España. En numerosos escritos Luis Buil muestra el asombro que, tanto a él como a muchos de sus colegas, catedráticos de instituto, les producen los numerosos cambios y descubrimientos que en el mundo se estaban produciendo durante esos años en el campo de la Física. Prácticamente había que cambiar

los libros todos los años. No había tiempo para asimilar los nuevos descubrimientos.

Buil Bayod desempeñó una gran actividad profesional y científica, además de la docencia: instaló y dirigió en Zaragoza la primera fábrica de cemento Portland artificial existente en España. En 1918 obtuvo la patente española para la fabricación del *sexquisulfuro de fosfato*. Realizó trabajos con luz ultravioleta aplicada a la depura-

de Luis Buil Bayod y de Santiago Ramón y Cajal, entre otros, exoneraron de culpa a las ostras de Santander en la intoxicación y brote de tifus que hubo en Madrid en el año 1912, que se dio preferentemente entre las clases altas de la capital, y que algunos achacaron a las ostras de Boo.

Luis Buil mantuvo gran amistad con los naturalistas de la Estación de Biología Marina de Santander así como con don Santiago Ramón y Cajal, con quien solía conversar a menudo en aquellos veranos en los que el nobel español asistía a Santander, y donde era frecuente verlos en el

café Español, en la calle de La Ribera. Ramón y Cajal acostumbraba a fijar su residencia en el pueblo de Astillero, al fondo de la bahía de Santander.

Buil Bayod fue socio fundador del Ateneo de Santander, siendo responsable de la Sección de Ciencias, donde impartió y promovió numerosas conferencias. Por allí pasaron Odón de Buen, José Rioja, Severo Simavilla y Jesús Carballo, entre otros. Fruto del gran cariño hacia esta provincia que lo acogió en su día, Luis Buil donó su biblioteca al Ateneo y al Instituto de Santander.

Luis Buil Bayod y la Meteorología

Tras la primera década del siglo XX, coincidiendo con la llegada al Gobierno de José Canalejas, hay un cambio significativo en la meteorología española. En el Anuario de 1910 aparecen varios lugares con observaciones meteorológicas en la provincia de Santander, pero de modo particular, no coordinado. Se citan a la Sociedad Nueva Montaña, que observaba



Don Luis Buil Bayod, Catedrático de Física y Química. Foto. Colección familiar

ción de ostras para la Sociedad Ostrícola de Santander, a la vez que diseñó un sistema de decantación de aguas para la depuración física de los criaderos de ostras en la ría de Boo, muy famosas por entonces en toda España.

Sendos informes técnicos de análisis

¹ El Instituto de Santander, conocido actualmente como IES Santa Clara, tiene sus orígenes en la creación del Instituto Cántabro de Enseñanza Media en 1838, respondiendo a una iniciativa de la Diputación Provincial y la Sociedad Cántabra. Su primera sede fue el antiguo convento de Santa Clara, donde funcionó hasta su traslado al actual edificio en 1916

Antiguo Instituto Santa Clara



Convento de Santa Clara, ya empleado entonces como instituto, 1890.

la temperatura y las lluvias; en Reinosa, a don Francisco Hernández, que observaba lluvias y tormentas; en Puente Viesgo, al doctor Bravo, que observaba tormentas, y en Virgen de la Peña, a don José Plata, que observaba lluvias y tormentas. Será en el año próximo, 1911, cuando hay ya un salto de calidad de modo coordinado con el resto de España.

La ruina que se estaba produciendo en algunas dependencias del antiguo convento de Santa Clara, sede del Instituto de Santander –el segundo Instituto más antiguo de España– y en el que era catedrático de Física y Química Luis Buil Bayod, dio lugar en 1908 al traslado provisional de dicho Instituto a otras dependencias de la ciudad, hasta el año 1916, en el que se reanudan las clases en el actual Instituto de Santa Clara, que entonces fue denominado Instituto General y Técnico y en el que se impartían enseñanzas de bachillerato, magisterio y comercio.

Durante dicha provisionalidad don Luis Buil solicita ayuda, en escrito del director del Instituto don Víctor Fernández Llera, al Excelentísimo Ayuntamiento de Santander, que le otorga la cantidad de 250 pesetas. Instala los equipos de observación en una de las torres (hoy ya derruida) del Parque de Bomberos Voluntarios, aun existente en la actualidad, en la santanderina plaza de Numancia, torre cuya utilización le concedió oficialmente el 17 de julio de 1911. Fue ayudado por don Alberto Espinosa, auxiliar numerario del Instituto, que impartía clases de Física, Química, Álgebra y Ciencias Naturales, y por doña Carmen Millán, primera mujer profesora de dicho

Instituto, que realizaba igualmente observaciones meteorológicas como ayudante. Las primeras observaciones se realizan a finales de 1911 y comienzan a enviarse regularmente a partir del día primero de enero de 1912 al Observatorio Central Meteorológico de Madrid. Santander ya estaba en los mapas del tiempo. Continuarán realizándose en Numancia hasta 1920, año en el que retornan a la calle Santa Clara, al nuevo Instituto, siendo entonces responsable de las mismas el catedrático de Matemáticas don Severo Simavilla, ayudado por don Baltasar Bustamante.

Don Luis Buil Bayod fallece en 1922, continuando como responsable del Observatorio, ya en el nuevo Instituto, el Catedrático de Física don Serapio Emilio Moreno Alcañíz, incorporado a la Cátedra en marzo de 1922. Don Serapio continúa realizando y recopilando las observaciones hasta 1934, año en que cesan las mismas en el Instituto. Existen registros de observaciones realizadas por profesores del Santa Clara casi ochenta años antes, en 1855.

Desde mayo de 1923 las observaciones del Instituto se simultanean con las del Observatorio Meteorológico de Santander, inaugurado en dicho mes, en la cumbre de la calle del Monte y en su coincidencia con el Paseo del Alta.

La situación en el año 1911, año crítico o de inflexión, era la siguiente en la provincia de Santander en relación con la Meteorología:

Dependiendo directamente del Observatorio Central Meteorológico estaban: Santander (en el parque de Bomberos),

Virgen de la Peña (Fundación Herrero) y Reinosa, dirigido este observatorio por don Francisco Hernández.

Organizadas y sostenidas por servicios a cargo del Cuerpo de Ingenieros de Caminos estaban los faros de Cabo Mayor y Castro Urdiales, así como el de la Población de Yuso, en Campoo, perteneciente a la División Hidráulica del Ebro.

Sostenida y organizada junto a otras más en España por el Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, estaba la estación Semáforo de Santander, en Cueto, casualmente en el mismo lugar en el que en 1997 establece AEMET su sede de Delegación Territorial.

El servicio de Mareógrafos, del Instituto Geográfico y Estadístico, era responsable del Observatorio instalado en el Mareógrafo de la Magdalena (1874).

Finalmente, en el monte Corona existía otro Observatorio, llevado por el guarda forestal y propiedad del Servicio de Forestal, era dirigido por el Cuerpo de Ingenieros de Montes.

Nueve estaciones u observatorios, en resumen, era el balance para la provincia de Santander.

Sin dejar de ser importantísimo el papel que desempeñaron los observadores del Mareógrafo y algún profesor del Instituto de Santander (1855), pioneros en los albores de la Meteorología en Cantabria, —allá por mediados del siglo XIX— y en los años posteriores, hay en esta pequeña historia dos personajes relevantes, y no son otros que don Luis Buil Bayod, en Santander, y don Francisco Hernández, «Maestro de la Villa» en Reinosa. Ellos responden a la llamada que hace el Gobierno para modernizar y coordinar la Meteorología en España

Hace ahora algo más de un siglo, casi 115 años, que comenzaron en la ciudad de Santander y en Cantabria las actividades meteorológicas de una forma diferente, más acorde con los tiempos que corrían en el mundo. Los mencionados arriba no fueron los primeros. En ese año de 1911 aun continuaba observando el tiempo diariamente en el Mareógrafo de la Magdalena, con una enorme fidelidad, el ingeniero topógrafo don Manuel Iglesias.

Historias del viento

ELLEN VISTE, 2025. EDITORIAL: BARLIN LIBROS, 368 PÁGINAS, PRECIO: 23 €, ISBN-10: 841288924X, ISBN-13: 978-8412889246

Ellen Viste es una meteoróloga e investigadora noruega. Trabaja actualmente como asesora de comunicación en el Centro Bjerknes de Investigación Climática en Bergen, Noruega. En este muy personal libro, la autora combina la ciencia con la historia y la literatura, transportándonos en un viaje a través del tiempo y el espacio, y explorando el papel del viento en la evolución del planeta y de las civilizaciones humanas. Según la autora, la razón de ser del libro radica en la necesidad de reivindicar el viento no solo como un fenómeno físico, sino como una constante en nuestra historia y nuestra imaginación. El libro está organizado en forma de relatos cortos independientes que tocan temas muy diferentes entre sí. Estos relatos a su vez tienen enfoques diversos: desde narraciones en las que se cuentan experiencias personales de la autora hasta descripciones objetivas de hechos históricos.

El papel del viento en las mitologías de las distintas culturas también tiene su hueco en *Historias del viento*. El viento ha sido adorado y personificado en forma de dioses desde la Antigua Grecia, donde Eolo era el guardián de los vientos, pasando por la mitología nórdica, donde Odín controlaba el aire y las tempestades, hasta la tradición japonesa, donde el dios del viento Fujin era representado como un ser demoníaco que llevaba un saco de aire. La relación del viento con la filosofía clásica, con la literatura y con la ciencia –especialmente cuando empezaron a desarrollarse instrumentos de medida de variables meteorológicas en el Renacimiento– se describe en las diversas narraciones que componen este libro. El papel del viento como creador, destructor y modulador de las transformaciones geológicas tiene también cabida en esta obra. El viento desde tiempos inmemoriales se ha visto tanto como un aliado como una amenaza para la humanidad. En la naturaleza, transporta semillas y esculpe montañas, pero también desata tormentas y huracanes capaces de arrasarse ciudades. La autora analiza cómo esta fuerza invisible ha determinado el destino de civilizaciones enteras.

Ocupan un número significativo de relatos el descubrimiento y la comprensión de la circulación general atmosférica que ha marcado la relación entre el viento y la navegación. Desde las primeras embarcaciones que surcaron el Nilo hasta los grandes descubrimien-

tos geográficos de la Era de las Exploraciones, el viento ha sido un factor clave en el desarrollo de la navegación que marcó los grandes descubrimientos. Nos explica la autora cómo los patrones de viento determinaron las rutas comerciales y permitieron a los marinos de distintas épocas conectar continentes. El primer mapa en el que se mostraban los vientos globales fue publicado en 1686 en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* por el astrónomo, matemático y físico inglés Edmond Halley. En él, se visualizaban los vientos como patrones regulares y globales y no como fenómenos locales y aleatorios. Describió Halley los vientos alisios que soplaban de manera constante desde el este hacia el oeste en ambos hemisferios tropicales, así como los monzones que cambiaban de dirección según la estación, anticipando lo que más tarde

los viajes de exploración, conquista, colonización y comercio. En el libro se narran con detalle los viajes de Cristóbal Colón que se valió de los alisios del noreste para cruzar el Atlántico hasta el Caribe, y luego regresó por una ruta más al norte gracias a los vientos predominantes del oeste hacia Galicia. También se cuenta la expedición de Vasco da Gama (1497) y su paso por el cabo de Buena Esperanza y su posterior uso de los monzones que le permitieron llegar a la India, así como la circunnavegación del mundo por Magallanes, completada por Elcano, aprovechando los alisios, los monzones y otros vientos globales en ambos hemisferios. Se narra en otro capítulo el torpedaje de Urdaneta que aprovechando los vientos predominantes del oeste de latitudes medias permitía realizar el trayecto de Manila a Acapulco y cerrar el viaje que impulsado por los alisios llevaba desde Nueva España a Filipinas. Esta ruta, conocida como el galeón de Manila, llevó durante un período que abarcó 250 años aproximadamente a una serie de naves una o dos veces al año a atravesar el océano Pacífico y establecer una ruta comercial pionera de la globalización. El conocimiento de los vientos globales fue tan importante como la brújula o el astrolabio en la Era de las Exploraciones permitiendo conectar continentes, establecer imperios marítimos y sentar las bases de la navegación.

El libro incluye una descripción de los estudios pioneros sobre los ciclones tropicales realizados por los jesuitas Federico Faura y Benito Viñes en el siglo XIX, respectivamente en el sudeste asiático y en el Caribe. Ambos desarrollaron métodos empíricos para la predicción temprana de huracanes en una época en que la meteorología no se había desarrollado aún como una ciencia moderna. Faura fundó el Observatorio Meteorológico de Manila en 1865, el primero en Asia dedicado al estudio sistemático del clima, fue el primero en demostrar científicamente que los tifones eran ciclones tropicales con un centro de baja presión. También elaboró mapas de trayectorias de tifones en el Pacífico occidental, desarrollando boletines de alerta que informaban a los navegantes de su aproximación basados en observaciones de presión atmosférica, vientos y nubes. Fue pionero en usar el telégrafo para emitir avisos, salvando vidas y mejorando la seguridad marítima. Vi-



sería la comprensión moderna de la circulación global atmosférica. La visión de Halley transformó la visión que en Europa se tenía del viento pasando a ser desde un capricho divino o caos natural a entenderse como patrones regulares influidos por la rotación terrestre y la energía solar. Fue un paso esencial hacia la ciencia del clima.

Durante la Era de las Grandes Exploraciones el conocimiento, inicialmente empírico, de los vientos globales fue crucial para el éxito de



Mapa de Edmond Halley de los alisios (1686). Fuente: Wikimedia Commons

ñes, por su parte, dirigió el Observatorio del Colegio de Belén en La Habana. Fue pionero en desarrollar un sistema de predicción de huracanes basado en la observación del cielo y los signos visuales y atmosféricos que preceden a un ciclón. Sus predicciones llegaron a tener un alto grado de precisión siendo sus métodos en parte adoptados por el *Weather Bureau* de EE. UU. tras su muerte. Tanto Faura como Viñes sentaron las bases de la meteorología tropical moderna, en un momento en que la ciencia aún dependía de la observación directa del entorno. Su legado no solo reside en sus descubrimientos científicos, sino en su compromiso por salvar vidas mediante la ciencia aplicada a la predicción.

También se relata en otro capítulo del libro el descubrimiento de la corriente en chorro por parte del meteorólogo japonés Wasaburo Ooishi que en los años 1920 realizó cientos de mediciones con globos que subían a grandes altitudes y registraban velocidades de viento excepcionalmente altas y estables que se desplazaban de oeste a este sobre Japón a más de 9000 metros. Ooishi publicó sus hallazgos en esperanto, intentando así difundir el conocimiento globalmente. Sin embargo, su obra fue poco leída fuera de Japón y pasó desapercibida en Occidente durante décadas. Durante la Segunda Guerra Mundial, el ejército japonés utilizó el conocimiento de

la corriente en chorro descubierto por Ooishi para utilizar un nuevo tipo de arma secreta: el lanzamiento de miles de globos bomba de papel y seda cargados con bombas incendiarias o antipersonales, un mecanismo de lastre automático para mantener la altitud y un temporizador para su detonación. Aprovechaban la corriente en chorro para recorrer más de 8000 km hasta América del Norte en unos 3 días. El objetivo era causar incendios forestales, pánico y desorganización en el oeste de EE. UU. Aunque al parecer alrededor de 300 globos llegaron a Norteamérica, los daños fueron mínimos debido a unas condiciones meteorológicas desfavorables (invierno húmedo), a la censura estadounidense, que evitó alertar al público, y a la vigilancia aérea.

Otro capítulo muy interesante se refiere a la contribución del ingeniero, geólogo y explorador británico Ralph Alger Bagnold que en su obra *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes* publicada en 1941 revolucionó el estudio de las dunas y los procesos eólicos sentando las bases de la geomorfología del desierto y de la dinámica del transporte de sedimentos por el viento. Bagnold estudió cómo la arena es movida por el viento y cómo se forman las dunas, introduciendo principios físicos y matemáticos para explicar fenómenos que hasta entonces sólo se habían observado de forma cualitativa. Realizó expediciones en el Saha-

ra en los años 1930, observando y midiendo dunas activas, y además realizó experimentos en túneles de viento, algo novedoso para su época, para comprobar empíricamente sus teorías. Demostró que la arena no fluye como un líquido, sino que tiene comportamientos que se corresponden con un flujo granular seco. Bagnold explicó cómo y por qué se mueven las dunas, sus estudios han servido en la exploración de Marte (donde hay dunas similares a las terrestres) y en el diseño de infraestructuras en regiones áridas.

Se narra también en otro capítulo el viaje de Charles Lindbergh a través de Groenlandia. Lindbergh había sido el primer piloto en cruzar el Atlántico en solitario y sin escalas en 1927. Después de su carrera como pionero de la aviación se dedicó a las exploraciones científicas. El viaje a través de Groenlandia, que realizó en compañía de su mujer, tenía como propósito principal estudiar la posibilidad de transporte intercontinental de esporas, semillas y bacterias a través de corrientes atmosféricas de gran altitud. El transporte por el viento de los portadores de diversas enfermedades, como el Covid-19 o la fiebre aftosa, se describe también en otros capítulos.

Estas y otras historias componen esta sugestiva y recomendable obra que tiene a la variable meteorológica del viento como protagonista central. ¡Lástima que tanto la edición, con más erratas de lo deseable, como la traducción, que en algunos pasajes incluye términos y expresiones a veces difíciles de entender, hayan impedido que la edición española del libro estuviese a la altura de lo que creo que debía ser la versión original!

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

De meteorología y huracanes:

BENITO VIÑES, un científico español en Cuba

LUIS ENRIQUE RAMOS GUADALUPE, INSTITUTO JUAN ANDRÉS DE COMPARATÍSTICA Y GLOBALIZACIÓN
AÑO 2023 308 PÁGINAS ISBN: 978-84-123714-7-5

La historia de España que se enseña en las distintas etapas educativas, omite casi por completo referencias a hitos científicos y a las aportaciones de hombres y mujeres de ciencia cuyo trabajo ha contribuido al progreso de la sociedad. Es una deuda pendiente, que en otros países no es tan acusada como en el nuestro. Si nos ceñimos al campo de la meteorología, personajes de la talla de Augusto Arcimis (1844-1910) o Francisco Morán (1901-1984) –por citar solo dos de los más importantes– son desconocidos por la mayor

parte de la población española. Por derecho propio, podríamos incorporar a ese podio de la máxima excelencia al jesuita Benito Viñes (1837-1893), natural de Poboleda (Tarragona), que a los 32 años de edad llegó a Cuba, donde permaneció hasta su fallecimiento, y donde sí que obtuvo el reconocimiento social que merecen sus grandes contribuciones al conocimiento de los ciclones tropicales y la labor que desarrolló al frente del Real Observatorio del Colegio de Belén, en La Habana.

El recordado meteorólogo Alberto Linés

Escardó (1924-2004), uno de los fundadores y principales impulsores de la AME, dedicó un completo artículo a la figura del padre Viñes en la revista *Treballs de la Societat Catalana de Geografia* (nº 39, Vol. X, año 1995; pp. 153-166), que fue republicado íntegramente en el nº 56 de *Tiempo y Clima* (abril de 2017), y que comienza con las siguientes palabras: «La importantísima figura científica de Benet (sic) Viñes es preciso admitir que por mucho tiempo ha sido poco conocida por no decir casi ignorada. No podría afirmarse lo mismo



→ en Cuba, donde ya forma parte de su historia.»

Uno de los principales estudiosos de la figura y de los trabajos de Benito Viñes es el historiador de la ciencia cubano y miembro fundador de la Sociedad Meteorológica de Cuba Luis Enrique Ramos Guadalupe, a quien le debemos esta completa biografía sobre el personaje que vamos a reseñar, por la que recibió el XIII Premio Juan Andrés de ensayo e investigación en ciencias humanas, en 2022. La obtención de este reconocimiento culminó con la publicación del libro, a cargo del Instituto Juan Andrés.

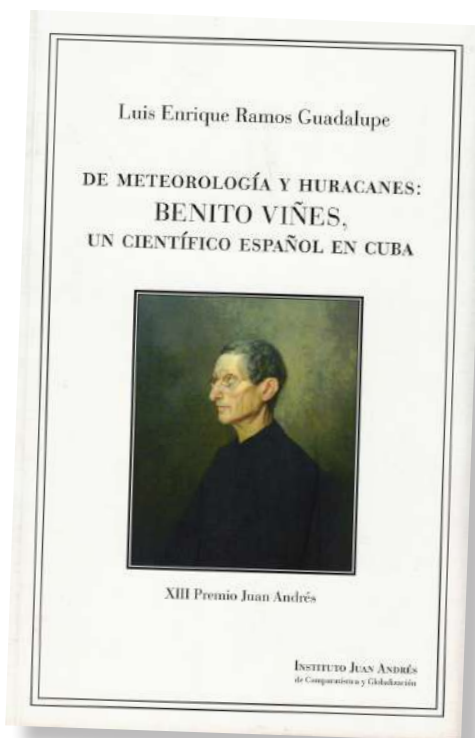
El profesor Ramos Guadalupe lleva bastantes años investigando todo el legado de Benito Viñes y la gran labor científica que efectuó en Cuba durante los 23 años que vivió allí, en los que convirtió al Observatorio del Colegio de Belén en uno de los más importantes del mundo en materia meteorológica y geomagnética. Mención aparte merecen los estudios sistemáticos de Viñes sobre los huracanes de la región caribeña. Vivir tan de cerca algunos de ellos, de consecuencias devastadores, fue lo que le llevó no solo a estudiarlos a fondo y comprender su comportamiento, sino a predecir sus trayectorias, las áreas afectadas, y también a avisar a la población, para lo cual se sirvió de la prensa de la época.

De meteorología y huracanes: *BENITO VIÑES, un científico español en Cuba* está dividido en 6 partes, subdivididas a su vez en capítulos. Incluye al principio un prefacio escrito por el humanista y pensador Pedro Aullón de Haro, en el que incide en lo que apuntábamos al principio: la ausencia de Viñes en el panorama histórico español, cuya figura ha sido rescatada gracias en gran medida a las investigaciones que se han llevado a cabo sobre la Escuela Universalista Española, de la que Benito Viñes fue uno de sus últimos exponentes.

Como corresponde a una biografía, el libro recorre cronológicamente la vida y la obra del personaje en cuestión. La primera parte abarca el periodo 1837-1869 y aborda la infancia y juventud de Benito Viñes, y sus inicios en la Compañía de Jesús, en los distintos destinos donde recaló (Mallorca, Guipúzcoa, Salamanca, Laval [en Francia]) antes de partir hacia Cuba, en 1870, donde pasaría el resto de su vida. Cabe destacar de esta primera parte el exhaustivo trabajo de documentación llevado a cabo por el autor, ya que no existe mucha información sobre la vida de Viñes en España y Francia y la que hay está diseminada en muchas fuentes. El resultado es un detallado relato sobre las circunstancias vitales del personaje, que ayuda a comprender todo lo que aconteció después, en la etapa cubana, en la

que Benito Viñes empezó a brillar con luz propia desde su llegada a la isla.

En la parte II se detalla cómo transcurrieron los primeros años en Cuba (1870-1875). Nada más llegar tomó posesión de la dirección del citado Observatorio del Colegio de Belén, cargo que desempeñó hasta su fallecimiento, en julio de 1893, a los 55 años de edad, víctima de un delicado estado de salud que le acompañó de por vida. El mismo año que llegó Cuba, la isla se vio afectada por un devastador huracán que impactó de lleno en la ciudad de Matanzas, 100 km al este de La Habana. Aquel episodio meteorológico fue determinante para que el padre Viñes decidiera volcarse en el estudio de los huracanes, sobre los que pronto hizo importantes contribuciones. Su labor científica empezó rápido a ser reconocida



en Cuba, donde tan solo tres años después de llegar allí fue admitido como Miembro de Mérito de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana. Otro de los hitos que se detallan en este capítulo es la emisión del primer aviso de huracán a la población, en *La Voz de Cuba*, el 12 de septiembre de 1875. Con esta acción pionera –tal y como señala Luis Enrique Ramos Guadalupe en varios pasajes del libro– se fusionaban de manera perfecta las vertientes científica y humanística de Benito Viñes.

A pesar de su salud quebradiza, se volcó en el trabajo hasta la extenuación, poniendo al día los libros de observaciones del Observatorio y también llevando a cabo algunas expediciones meteorológicas por la isla, lo que hoy en día conocemos como meteorología forense y

que permite reconstruir un episodio meteorológico (el paso de un huracán en este caso) al recorrer la zona afectada, ver los impactos que ha causado y hablar con la población local. A estas investigaciones de campo está dedicada la parte III (1876-1877), para, a continuación, relatar –en la parte IV– las grandes aportaciones científicas del Padre Viñes, centradas en el periodo 1878-1882. La adquisición, instalación y puesta en funcionamiento del meteorógrafo del padre Secchi, permitió a Viñes la medida simultánea y continua de un gran número de variables meteorológicas, automatizando el exigente y esclavo proceso de la toma de datos manuales tanto diurnos como nocturnos. En un viaje que hizo a Europa, también adquirió instrumentos meteorológicos, geofísicos y astronómicos de gran precisión. Además, fruto de una observación sistemática y de su interés por crear una red de observación conectada por telégrafo en las Antillas, fue perfeccionando su método predictivo, adquiriendo la condición de sabio entre los cubanos. Sus famosas leyes de circulación y traslación de los ciclones tropicales, basadas en el método empírico y el conocimiento científico de la época, así como sus casi siempre acertados pronósticos, confeccionados con el principal objetivo de avisar del peligro a la población, le dieron un reconocimiento internacional en los círculos meteorológicos.

Una de las principales aportaciones que ofrece esta biografía frente a otros libros y artículos dedicados a Viñes, publicados con anterioridad, es que se da a conocer (en la parte V), la bibliografía con la obra completa de Benito Viñes, publicada entre 1870 y 1893, no conformándose el autor con un simple listado, sino añadiendo a cada referencia detallados comentarios. Las dos obras más relevantes de Benito Viñes: *Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de 1875* y *75* [texto del discurso que leyó en la Real Academia de Ciencias] (1876) e *Investigaciones relativas a la circulación y traslación ciclónica en los huracanes de las Antillas* (1895), vienen acompañadas de abundante información, lo que permite entender la dimensión que tuvo la obra del “Padre Huracán”.

En la parte VI y última del libro se contextualiza al personaje en Cuba en su época, con un relato pormenorizado de los últimos diez años de su vida (1883-1893), hasta que el corazón de este sacerdote, jesuita y meteorólogo universal dejó de latir el 23 de julio de 1893. A lo largo del libro se insertan fotografías, grabados y documentos de gran valor histórico, que nos acercan todavía más a la figura de Benito Viñes y a su valioso legado científico.

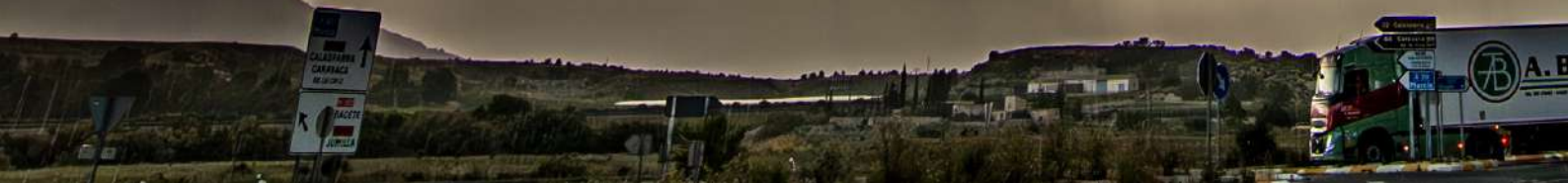
JOSÉ MIGUEL VIÑAS



HAN COLABORADO TAMBIÉN...

Han colaborado también: Liz Bentley, Carlos Calvo Sancho, José Miguel García García, Emili Vilamala Benito, Alberto Arias, Javier Martínez Martínez, Enric Navarrete, Carme Molist Vidal, Imanol Zuaznabar García, Benjamín Porée y los usuarios Sinobas *rpozol* y *rrequenab*

Título: "Apocalipsis SP"
Autor: José Miguel García García
Imagen captada desde Venta del Olivo, Murcia, el 10 de mayo de 2025, al paso de una supercélula que daba lugar a una luz y a una escena casi apocalípticas.



AEMET,
*contigo, abordando
el reto climático*

