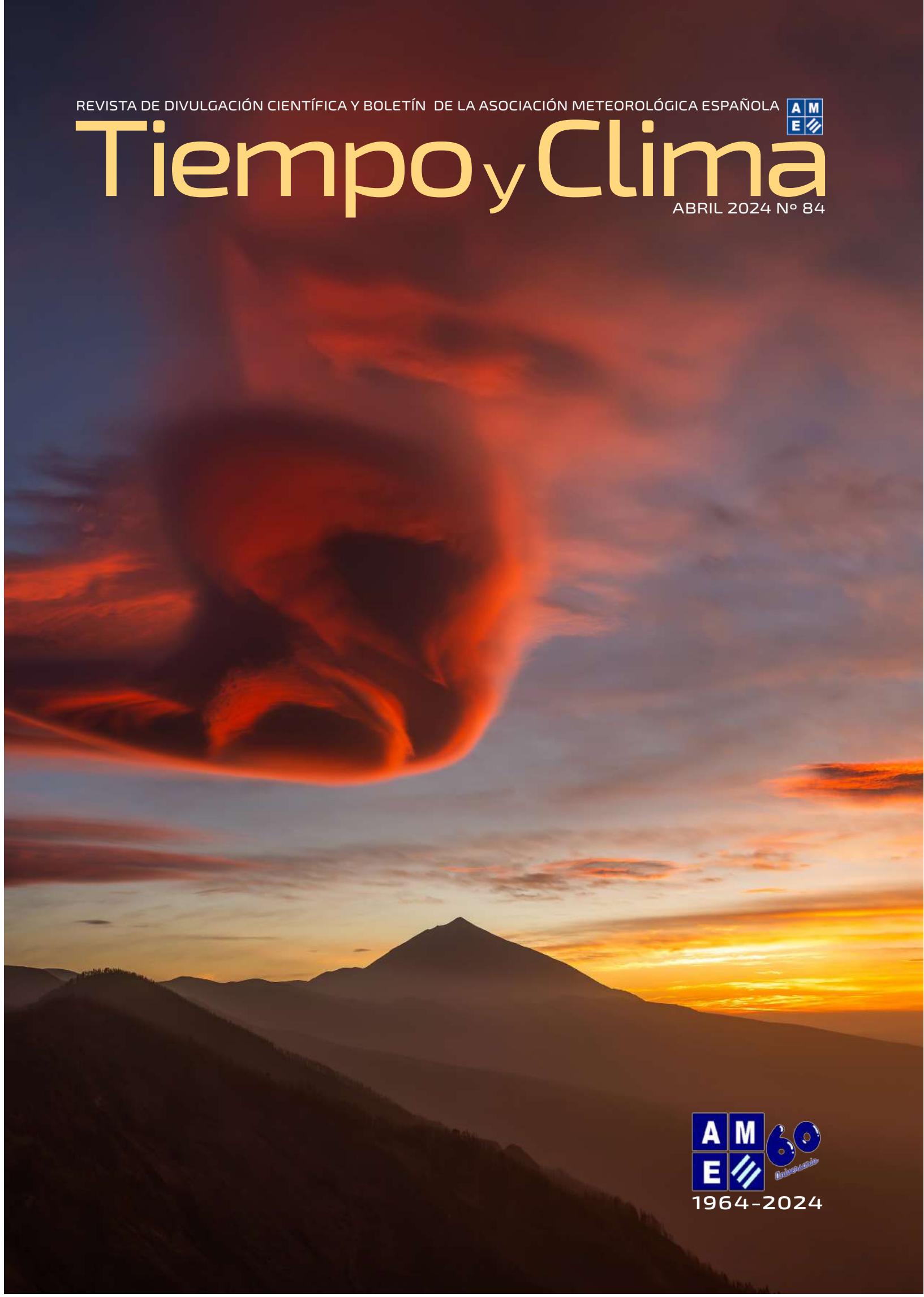


REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA



# Tiempo y Clima

ABRIL 2024 N° 84



# SUMARIO

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA  
ABRIL 2024 - NÚMERO 84 - QUINTA ETAPA

PRESENTACIÓN .....	3
ACTIVIDADES AME, por Manuel Palomares, Carmen Rus y Fernando Bullón....	4
POLOS OPUESTOS: Las sequías: entre la mitigación y la adaptación al cambio climático, por Eduardo Zorita.....	7
PERFILES: Capitán de navío Antonio Pazos, director del ROA, por Ernesto Rodríguez Camino .....	8
Homenaje a Augusto Arcimis en Cádiz, por Manuel Palomares y Antonio Cabañas.....	12
MIRANDO UN MAPA: Los vientos en el Estrecho de Gibraltar en verano, los monzones y el ENSO, por José María Sánchez-Laulhé .....	18
CRÓNICA DEL TIEMPO, por Federico Franco, Andrés Chazarra, Ana Morata y Jesús Riesco .....	22
FOTOGRAFÍA: Brontofilia, por Carlos Castillejo Balsera; Las fotos del invierno.....	28
LA IMAGEN DEL INVIERNO: Borrasca Karlota, 9 de febrero de 2024, por Darío Cano .....	32
La PTI+ Clima del CSIC, por Javier Frégola Mur .....	34
NOTICIAS: El Servicio de Cambio Climático de Copernicus proporciona nuevas herramientas de usuario; Homenaje a Francisco Morán en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona; Litigios sobre la acción contra el cambio climático, por Manuel Palomares .....	37
Sistemas de nowcasting en los SMN europeos, por Luis Bañón .....	40
La disminución del tiempo de hibernación en la lagartija verdosa ( <i>Podarcis virescens</i> ) y la reducción del periodo con heladas en el centro peninsular, por Carlos Cano-Barbacil y Javier Cano Sánchez .....	44
El agua "que se pierde en el mar" es capital para la salud ambiental y humana, por Juan A. Camiñas .....	46
Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia: Inez Fung, por María Asunción Pastor Saavedra.....	48
Recuperando la memoria de Jorge Juan (1713-1773): la versatilidad de un genio, por María Asunción Pastor Saavedra y Carmen Rus Jiménez .....	50
REUNIONES Y CONGRESOS: XXXVI Jornadas de la AME y 22.º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología; Impresiones de un participante, por Alejandro Roa y Pequeño álbum fotográfico; Próximas citas .....	53
LIBROS: <i>A Good War: Mobilising Canada for the Climate Emergency</i> de Seth Klein, por Ernesto Rodríguez Camino .....	58

## FOTO PORTADA

Título: "Reino lenticular" Autor: Imanol Zuaznabar García

La tarde del 8 de febrero de 2024 se pudo disfrutar desde el Parque Nacional del Teide de un majestuoso "espectáculo lenticular". Las formas, colores y movimiento de las nubes hicieron de esos instantes una experiencia única.

## 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

## 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.

# PRESENTACIÓN

Estimados lectores, las Jornadas Científicas de la AME celebradas durante los días 13 a 15 de marzo en Cádiz y San Fernando han sido un notable éxito científico: con la asistencia de más de un centenar de profesionales de la meteorología, 107 comunicaciones, 17 universidades..., más detalles pueden leerse en la sección *Actividades AME*. También los actos sociales resultaron magníficos, tanto el acto celebrado en el Ayuntamiento de Cádiz, del que se ocupa el artículo *Homenaje a Arcimis en Cádiz*, como la visita al histórico Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) en San Fernando, donde transcurrió la segunda jornada; sin olvidar la "cena de hermandad" en el restaurante El Balandro, con 127 comensales. Todo en un ambiente inolvidable, como se describe en la reseña *Impresiones de un participante* incluida en *Reuniones y congresos*.

Aunque el comité de organización de las Jornadas había considerado el especial atractivo de la ciudad de Cádiz y del ROA, y los probables deseos de la vuelta a un encuentro presencial de la comunidad meteorológica española tras la pandemia, la sorpresa de que se duplicara la participación respecto a las Jornadas previas hizo trabajar sin descanso hasta el último día al comité. En este punto hay que agradecer el tradicional

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

apoyo de AEMET a estos eventos, y la decisiva y entusiástica colaboración del director del ROA, a quien entrevistamos en *Perfiles*.

Otros artículos de este número de *TyC* que proceden de presentaciones de las Jornadas son: *La PTI+ Clima del CSIC, una plataforma para el avance en el estudio del clima y el desarrollo de servicios climáticos*, *Sistemas de nowcasting en los SMN europeos*, y *Los vientos en el Estrecho de Gibraltar en verano, los monzones y el ENSO*.

Se han cumplido diez años, cuarenta ediciones, de nuestros concursos fotográficos estacionales. Con este motivo se presentó en las Jornadas un póster conmemorativo con las fotografías ganadoras, 39 hasta entonces, que se ha completado con la ganadora del Meteoinvierno'2024, que aparece en la portada de la revista. El póster, ya completo, se muestra en *Actividades AME*.

Dejando las Jornadas, otra buena noticia de marzo ha sido el carácter muy húmedo del mes en buena parte del territorio español, duplicando el valor de la precipitación media peninsular de marzo y aliviando el panorama del suministro de agua del próximo verano en la mayor parte del país.

## Las Jornadas Científicas de 2024

La preparación de las XXXVI Jornadas Científicas y su celebración durante los días 13 a 15 de marzo en Cádiz y San Fernando han sido, con diferencia, las actividades fundamentales de la Junta directiva durante el primer trimestre del año.

**D**esde principio de año ha habido reuniones muy frecuentes de los comités organizadores, pero hay que consignar la sorpresa que empezó a revelarse cuando se acercaba la fecha límite para la presentación de resúmenes de comunicaciones orales y pósteres que, fijada inicialmente el día 1 de febrero, se había prorrogado hasta el domingo 11. Las cifras estaban superando el centenar, cuando en las anteriores ediciones (la última tuvo lugar en León en 2018) se movieron en el intervalo de 40 – 60. Los comités de organización y científico no tuvieron más remedio que reaccionar con agilidad para decidir sobre la aceptación de comunicaciones y con flexibilidad para organizar el programa. Hubo que programar sesiones paralelas en dos salas diferentes durante los tres días de las Jornadas, tanto en el Espacio de Cultura Contemporánea (ECCO) del Ayuntamiento el miércoles día 13 y el viernes 15 como en el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) el día 14. Ambos organismos pudieron, con el tiempo justo, ofrecer esas facilidades y la Junta directiva se puso a la tarea. Es obligado mencionar lo útil que fue el desplazamiento en automóvil desde el lejano León del vicepresidente de la AME, José Luís Sánchez, cargando a bordo toda una expedición de materiales gráficos y medios audiovisuales. Sin ellos la organización habría pasado por verdaderos aprietos.

Estas fueron las cifras de participación finales:

- Asistencia: Se registraron 115 personas, de ellas 85 ponentes, 26 oyentes y cuatro invitados.
- Hubo 90 presentaciones orales, 15 pósteres y dos charlas invitadas
- Accedieron con tarifa de inscripción reducida 40 socios de la AME (35 %) y 41 estudiantes o jubilados (36 %).

Los participantes tenían las siguientes afiliaciones o procedencias:

Instituciones científicas	52
Agencia Estatal de Meteorología	29
Asociación Meteorológica Española	10
Asociación Meteorológica Portuguesa	2
Barcelona Supercomputing Centre	1
CIEMAT	4
CSIC	2
Fundación para la Investigación del Clima	2
Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera	2
Universidades	58
U. Alcalá	3
U. Barcelona	2
U. Cádiz	2
U. Cantabria	2
U. Granada	2
U. Gante	1
U. Castilla La Mancha	3
U. Illes Balears	6
U. León	4
U. Málaga	1
U. Murcia	1
U. Santiago	2
U. Valladolid	3
U. Vigo	9
U.P. Cataluña	1
U. Complutense de Madrid	15
U. Politécnica de Madrid	1
Empresas	2
VEXIZA	1
TRAGSA	1
Sin afiliación	3
<b>TOTAL</b>	<b>115</b>

El miércoles 13 de marzo, primer día de la Jornadas y tras el registro de participantes hubo una bienvenida informal en el ECCO, pero la inauguración oficial con la participación de las autoridades tuvo lugar a las 19:00 horas en la espléndida sala de juntas del Ayuntamiento de Cádiz, seguida del homenaje a Augusto Arcimis Werle, el ilustre gaditano que fue el primer director del Servicio Meteorológico en España. De ello se da cuenta en otra sección de este número de la Revista incluyendo la transcripción de las dos conferencias pronunciadas.

Arcimis Werle, el ilustre gaditano que fue el primer director del Servicio Meteorológico en España. De ello se da cuenta en otra sección de este número de la Revista incluyendo la transcripción de las dos conferencias pronunciadas.

El jueves 14 las Jornadas fueron hospedadas por el ROA en San Fernando a corta distancia de Cádiz. La hospitalidad y la eficacia organizativa del capitán de navío Antonio Ángel Pazos y su equipo conformaron un día inolvidable que incluyó la visita guiada a las históricas instalaciones, distribuidos en tres grupos.

También tuvo lugar en el ROA de San Fernando el XXII Encuentro Hispano – Luso de Meteorología sintetizado esta vez en una mesa redonda sobre Servicios Climáticos con participación de especialistas de ambos países.

La cena de confraternización de las Jornadas se celebró ese mismo día, pero ya en Cádiz. De nuevo la inesperada afluencia de participantes, más de cien comensales apuntados, obligó a cambiar a última hora el restaurante elegido. Fue también una agradable velada donde no faltaron los discursos a los postres de los presidentes de la AME y la APMG portuguesa, el tradicional intercambio de regalos y sobre todo la sensación de haber celebrado, con el esfuerzo de todos, unas Jornadas para recordar.

En la página web de la Jornadas, <https://jornadas.ame-web.org/> que se mantendrá activa durante un tiempo, se puede encontrar un compendio de los resúmenes presentados así como un amplio reportaje fotográfico. En el apartado de Congresos de este número de Tiempo y Clima hemos incluido las impresiones generales de un participante elegido al azar junto a algunas fotos inéditas y como se ha indicado antes, la Revista también incluye una crónica del homenaje a Augusto Arcimis.

## Concursos fotográficos

### METEOVÍDEO2024

El 23 de marzo se publicaron en la gala que tuvo lugar a través de videoconferencia, los resultados del concurso bienal Meteovídeo'2024, en el que participaron catorce vídeos de gran calidad. Todos ellos se pueden ver en el álbum del concurso de Fotometeo y en el canal de *Youtube* de la AME, en la lista de reproducción que lleva como título el del concurso. Igualmente la grabación de la gala se puede ver en nuestro canal de *Youtube*.

El primer puesto fue para "IberianX", de Benjamín Porée, que se estrenaba de esta forma tan brillante como participante en este concurso. El segundo y tercer puesto fueron, respectivamente, para los vídeos "18 momentos de éxtasis", de Alberto Lunas, y "Atmosphere", de David Mancebo. Se da la circunstancia de que los vídeos de estos dos autores habían quedado en primer y segundo lugar en la anterior edición del concurso celebrada en 2022, de forma que, de alguna manera, en esta edición se han visto relegados un puesto debido a la irrupción en el concurso de Benjamín y el gran trabajo que presentó al mismo.

### METEOINVIERNO'2024

Tres semanas después de la gala del Meteovídeo, tuvo lugar la del Meteoinvierno, el 10 de abril de 2024, en el que participaron 47 concursantes, que presentaron un total de 168 fotografías. Terminado el plazo de admisión, el comité seleccionó las 50 que pasaron a la votación del jurado, que tuvo lugar en la segunda mitad del mes de marzo. El resultado de la votación se puede ver accediendo al álbum del concurso en Fotometeo y pinchando en "Más valorados", de manera que las 50 fotografías que pasaron al jurado se muestran ordenadas según la puntuación obtenida.

La fotografía ganadora del concurso, con 187 puntos, fue "Reino lenticular", de Imanol Zuaznabar, que podemos ver en la portada de este número de *TyC*. Destacar que es la tercera vez consecutiva en que una foto de Imanol ocupa la portada de nuestra revista.

La segunda clasificada, con 173 puntos, fue "Halo solar y compañía", de Emili Vilamala, que podemos ver en la contraportada. El tercer puesto, con 172 puntos, lo compartieron las fotos "Mammatus" de Santiago Mata Escribano y "Panorámica de ➔



**Los participantes en las Jornadas de la AME delante de la fachada del Real Observatorio de la Armada**

Solamente resta agradecer a las instituciones que han colaborado cediendo medios y recursos a estas Jornadas Científicas, particularmente al Ayuntamiento de Cádiz y al Real Observatorio de la Armada y a otras que desde el principio nos proporcionaron su colaboración, así como a los miembros de la Junta Directiva y a otros socios por su entusiasmo y entrega desinteresada. Muchas gracias a todos ellos.

### Problemas con la página web de la AME. Otras actividades

Las páginas web de la AME han sufrido un ataque informático que ha obligado a tenerlas inoperativas durante más de un mes, ya que nos hemos centrado en el mantenimiento de la web de las jornadas. Rogamos disculpas por ello; estamos trabajando para ponerlas en operación lo antes posible.

La dedicación a las Jornadas, unida al incidente comentado, ha disminuido inevitablemente la atención a otras actividades de la AME que sin embargo se han mantenido (Aula Morán, redes

sociales, participación en la EMS), pero para no abusar de esta sección de la Revista lo relataremos en el próximo número.

### Asamblea General de Socios en mayo

Hay una cita a la que venimos obligados por nuestros estatutos que es la Asamblea anual de socios, donde, entre otras cosas, la Junta Directiva debe presentar el informe de actividades del año pasado con las cuentas anuales y los planes para el año corriente junto con el presupuesto. Aunque los estatutos stipulan que la Asamblea debe celebrarse antes de final de abril, la deseable inclusión de información sobre resultados de las Jornadas y otros puntos de interés social han aconsejado excepcionalmente retrasar la celebración de la Asamblea hasta mayo. En la reunión de la Junta Directiva del 25 de marzo se acordó convocar dicha Asamblea de socios para el martes 21 de mayo a las 18 horas por teleconferencia. Oportunamente se remitirá por escrito a todos los socios la convocatoria junto con el Orden del Día provisional.

# ACTIVIDADES AME



→ un amanecer”, de Ramon Calvet i Falgueras. Ambas fotos las podemos ver como fotografías de diciembre y enero en la sección Fotografía, junto a “Cortinas de granozo”, de Carme Molist, quinta clasificada en el concurso, como foto del mes de febrero. El resultado del concurso, exceptuando la foto ganadora que obtuvo una puntuación claramente superior a las demás fotografías, fue muy ajustado, con muchos empates y fotos separadas por tan sólo un punto, lo cual revela el nivel muy parejo de esta edición, con fotos que mostraban gran variedad de fenómenos y nubes diferentes, y todas ellas de gran calidad.

Al cierre de este número estaba a punto de celebrarse la tertulia del concurso, prevista para el 17 de abril de 2024, que quedará igualmente grabada y subida a YouTube.

## DÉCIMO ANIVERSARIO DE LOS CONCURSOS ESTACIONALES

Con el Meteoinvierno se ha cumplido un ciclo de diez años y cuarenta ediciones celebradas ininterrumpidamente trimestralmente de nuestros concursos estacionales. Con este motivo se realizó un póster conmemorativo con todas las fotografías ganadoras, que se expuso en las recientes Jornadas Científicas desarrolladas en Cádiz. Este póster ha quedado completado con la ganadora del Meteoinvierno’2024 y lo podemos ver acompañando estas líneas.

El póster se ofrecerá próximamente en Fotometeo y en las RRSS de la AME a alta resolución para que se lo pueda descargar e imprimir quien lo deseé.

## METEOFOTÓGRAFOS

El 3 de abril tuvo lugar un nuevo episodio de Meteofotógrafos, el cuarto ya, esta vez con una extraordinaria presentación por parte de David Pérez Fernández con el título “Fundamentos básicos para crear timelapses”. David, que había participado en el Meteovideo, y cuyo trabajo “Apogeooll” obtuvo la cuarta posición, es experto en la toma de edición de vídeos timelapse e hyperlapse, y explicó cómo tomar este tipo de vídeos a todos los asistentes, que le plantearon numerosas preguntas. Para el 24 de abril está previsto el siguiente evento de Meteofotógrafos, a cargo de

David Mancebo, habitual participante en nuestros concursos, donde sus fotografías, vídeos y reportajes han quedado en múltiples ocasiones entre los primeros puestos

## PREMIO LA FOTO DEL AÑO

Tras la celebración del Meteoinviero’2024, se ha conocido la fotografía ganadora del mes de diciembre de 2023, lo que ha permitido completar la lista de las ganadoras de cada uno de los meses del pasado año. Esas doce fotografías optarán a ser “La foto del año 2023”, premio que se estrenó el pasado año, y que se fallará en los próximos meses por parte de la Junta Directiva de la AME. La fotografía ganadora se dará a conocer en la gala del Meteoprímera’2024, junto con los resultados de dicho concurso.

## METEOPRIMAVERA’2024

Y por último, al cierre de esta edición de TyC estaban a punto de ser publicadas las bases del próximo concurso estacional, el Meteoprímera’2024, sin cambios respecto a las del recientemente celebrado Meteoinviero.

El plazo para participar estará abierto hasta el 10 de junio y los eventos asociados a esta edición, tendrán lugar durante varios miércoles del mes de julio, es decir; el día 10 la gala de presentación de resultados; el 17 la tertulia; y el 24, la entrevista de Meteofotógrafos, que en este caso tendrá como protagonista a Emili Vilamala, también uno de los más destacados participantes a lo largo de la historia de nuestros concursos.

## METEOFOTÓGRAFOS

David Mancebo Atienza  
@objtormentas

Miércoles, 24 de abril de 2024  
19:00 h. peninsular española

AME Asociación Meteorológica Española

## Meteoprímera’2024

Plazo para participar:  
Hasta el 10 de junio de 2024

“Tornado Alley” David Mancebo Atienza, 1º premio Fotoprimavera’2023

Síguenos:

http://fotometeo.ame-web.org

CON LA COLABORACIÓN DE METEORED



## POLOS OPUESTOS

EDUARDO ZORITA

# Las sequías: entre la mitigación y la adaptación al cambio climático

Desde los tiempos de la 'pertinaz sequía', la distribución irregular e imprevisible de la precipitación en la península ibérica siempre ha sido un quebradero de cabeza para la clase política y en definitiva para la sociedad, que es la que debe soportar sus consecuencias. Ya desde la Edad Media, la respuesta social a la sequía ha tenido dos aspectos disyuntivos y a veces contrapuestos entre sí: la mitigación de sus causas y la adaptación a sus consecuencias. En la Edad Media, las causas se creían divinas, y la mitigación consistía en rogativas y procesiones. La adaptación, más realista, se centraba como hoy en la construcción de canales y presas.

En nuestra época, el cambio climático seguramente empeorará la situación debido a la mayor evaporación ligada al incremento de las temperaturas. Hoy día, la única política de mitigación de las causas de la sequía meteorológica - la posible disminución de las precipitaciones - se centra en la reducción de los gases de efecto invernadero. En el contexto de la mitigación del cambio climático, es esencial reconocer que la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero requiere un esfuerzo global concertado, con resultado muy incierto. Si bien las regiones individuales pueden implementar medidas para reducir las emisiones, la efectividad de tales acciones depende de la cooperación global. Por ejemplo, incluso si todas las emisiones europeas se redujeran a cero hoy mismo, el cambio climático se retrasaría apenas unos pocos años. Apostar únicamente por la mitigación sería en cierta medida como confiar en las rogativas de antaño.

Una política responsable debe, por tanto, partir del supuesto de que la reducción de emisiones globales no está garantizada, y que son imprescindibles medidas de adaptación a un posible cambio climático intenso. Sin embargo, mientras que las medidas de mitigación se incluyen alegremente en los paquetes electorales como solución al cambio climático, las medidas de adaptación - indispensables - son mucho menos populares, ya que implican la construcción

de infraestructuras y la cooperación y la solidaridad hídrica entre regiones distribuyendo el riesgo de los inciertos impactos del cambio climático. Es decir, se necesita un plan peninsular, e incluso europeo, coherente y coordinado, y no muchos planes regionales desconectados entre sí.

En el futuro cercano, no va a ser posible predecir los impactos del cambio climático a escala regional con precisión. Los modelos climáticos globales desempeñan un papel crucial en la proyección de escenarios climáticos futuros. Sin embargo, estos modelos tienen limitaciones inherentes, como la limitada resolución espacial - hoy día típicamente de 100 km. Esta resolución espacial contrasta con las características regionales de las sequías. Las sequías exhiben una gran heterogeneidad regional, manifestándose de manera diferente en diversas áreas de la Península. Mientras una región puede experimentar una escasez severa de agua y pérdidas agrícolas, otras podrían estar relativamente protegidas de los impactos de un evento de sequía particular. Ahora mismo estamos siendo testigos de una sequía intensa en el noreste de la Península, mientras otras regiones limítrofes no están apenas afectadas.

En conclusión, las sequías en la península ibérica presentan desafíos complejos exacerbados por las incertidumbres inherentes en la modelización climática, la variabilidad regional y la complejidad del sistema climático, pero también por una falta de planificación efectiva. Las estrategias de respuesta efectivas deben abarcar los esfuerzos de mitigación globales en colaboración con las entidades supranacionales. Pero eso no nos debe hacer creer que el problema está resuelto, porque la reducción de emisiones a escala global no está en absoluto garantizada. Adicionalmente a estos esfuerzos de mitigación, y quizás con mayor prioridad en nuestro país, se debe prever el riesgo de los impactos del cambio climático. A la vista de las dificultades de entendimiento entre los diferentes niveles administrativos, este objetivo parece aún más inalcanzable que el primero.

## Capitán de navío Antonio Pazos García, director del Real Instituto y Observatorio de la Armada

POR ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Con motivo de la celebración de las XXXVI Jornadas de la Asociación Meteorológica Española (AME), y durante la preparación de las mismas, algunos miembros de su junta directiva tuvimos la oportunidad de tener varias reuniones con el director del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA), el capitán de navío Antonio Pazos García.

**D**esde el primer momento el director del ROA se mostró muy entusiasta con la idea de celebrar un día entero de las jornadas en las instalaciones del ROA. Su constante apoyo, así como el de sus colaboradores, fue decisivo en el éxito de las jornadas. La entrevista que a continuación transcribimos se centra tanto en los aspectos más personales del director del ROA como en mostrar los aspectos históricos de esta institución que tan decisiva fue en el desarrollo científico de la España del siglo XVIII.

**ER:** ¿Puede contarnos brevemente su formación incluyendo su carrera militar y su carrera científica?

**AP:** Realicé la carrera superior militar, en la Escuela Naval Militar, entre 1982 y 1987, tomando el despacho de alférez de navío el 15 de agosto de 1987.

Entre los años 1990 y 1993, recién ascendido a teniente de navío, realicé el curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas (en la Escuela de Estudios Superiores de la Armada, EES) y, ese mismo año de 1993, obtuve el título de licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid.

A continuación, desde septiembre de 1993 hasta julio de 1995, cursé el Máster en Astronomía, Geodesia y Geofísica (en la EES), compaginando estos estudios con la realización de los cursos de doctorado de la Universidad de Cádiz (UCA).

En 2004 obtuve el título de doctor en Ciencias Físicas por la UCA.

**ER:** El Real Observatorio de la Armada (ROA) que Ud. dirige es una institución única desde el punto de vista científico en España, ¿puede explicar



**a nuestros lectores sus orígenes y el papel jugado por Jorge Juan en su fundación?**

**AP:** El origen del Observatorio se remonta a 1753 cuando, a instancias de Jorge Juan y Santacilia, se instala el Real Observatorio de Cádiz en el seno de la Academia de Guardiamarinas, que posteriormente se traslada a la Isla de León, actualmente San Fernando, en 1798.

Pero para entender bien los motivos hay que analizar la situación del momento. En una España dominada por la Inquisición, se hacía difícil instaurar las modernas teorías heliocéntricas que culminaron con el *Principia Mathematica* de Isaac Newton, pero que, sin embargo, eran de vital importancia para poder resolver el gran pro-

blema del posicionamiento en la mar y, por tanto, de sumo interés para la Real Armada.

Es precisamente, un joven marino, Jorge Juan y Santacilia quien, tras su regreso de la campaña geodésica de medición del arco del meridiano para determinar la forma de la Tierra, propone al marqués de Ensenada la creación del Observatorio en la Academia de Guardiamarinas (creada en 1717) y, además, impulsa y promueve la introducción en España de la ciencia moderna, la de Newton, aplicándolas a la astronomía, a la navegación, a la construcción naval, etc.

**ER:** El ROA desarrolla actividad observacional y de monitorización en una amplia variedad de campos relacionados con la geofísica, meteorología, astronomía, efemérides, determinación de la hora oficial, etc. ¿Puede resumir las actividades que actualmente son responsabilidad del ROA?

**AP:** El Observatorio ha sido el heredero natural del impulso aperturista de Jorge Juan y, como tal, siguiendo ese espíritu innovador ha sido la puerta de entrada de numerosas ramas de la ciencia que constituyen, hoy en día, los campos de trabajo de las secciones científicas del Observatorio.

Sección de Astronomía. Es la sección más antigua del Observatorio, y el trabajo en el campo de la astrometría ha derivado hacia el actual y principal cometido de la vigilancia y seguimiento de objetos espaciales, y en concreto, de la basura espacial, dentro de campo de la SST (*Space Surveillance and Tracking*).

Sección de Efemérides Astronómicas. Trabaja en problemas relacionados con la Mecánica Celeste, y su objetivo primordial

es la publicación de Efermérides Astronómicas y el Almanaque Náutico.

Sección de Geofísica. Las principales áreas de trabajo son la sismología, campos potenciales (especialmente magnetismo), geodesia y geodinámica y en el seguimiento de satélites y basura espacial mediante técnicas láser. Para ello cuenta con la estación láser, la estación magnética, la red geodésica del ROA, la red sísmica de banda ancha Western Mediterranean, la red sísmica de corto periodo del ROA y la red de sismómetros de fondo marino (red FOMAR). Además, participa en numerosas campañas de geofísica marina en diversas partes del mundo.

Sección de Hora. Se encarga del mantenimiento del patrón nacional de la unidad tiempo: el segundo, así como de la escala de tiempo físico UTC(ROA), base fundamental de la hora oficial española, y escalas de tiempo astronómico en uso y la difusión de las mismas en la forma más conveniente para las distintas necesidades científicas e industriales, así como para las de navegación. Además de otras actividades derivadas, al ser referencia nacional, el laboratorio de hora participa en el mantenimiento del tiempo Galileo, la escala de tiempo del sistema de navegación por satélites europeo.

**ER: Concretamente, ¿qué actividades ha desarrollado la Armada y el ROA en las campañas antárticas?**

**AP:** La Armada ha estado presente en las actividades españolas en la Antártida desde sus orígenes, participando con sus buques en el apoyo a bases españolas y a las campañas científicas.

Además, el ROA ha estado presente en numerosas campañas antárticas. En las primeras campañas realizando estudios sísmicos, geodésicos y magnéticos. Posteriormente, participando en numerosas campañas geofísicas y geodésicas en el marco de los proyectos de investigación antárticos aprobados por España, bien como colaboradores, bien como investigadores principales, como por ejemplo el proyecto ELGEOPOWER (Estructura Litosférica y Geodinámica del POWELL-DRAKE-BRANSFIELD RIFT), cuya campaña se realizó en enero de 2022 a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa y con el objetivo de aportar luz sobre la existencia de un canal de flujo astenosférico desde el Pacífico hacia la Cuenca Powell que explique la formación de estas cuencas.

**ER: El ROA y el Observatorio de**

**Greenwich en el Reino Unido comparten una historia paralela en el sentido de que ambos desempeñaron roles fundamentales en el desarrollo de la astronomía y la navegación. ¿Puede hablarnos sobre ello?**

**AP:** La astronomía para la navegación es una herramienta fundamental que se potencia con el comienzo de los viajes trasatlánticos tras el descubrimiento de América. El preciso conocimiento del movimiento de los planetas, la luna y las estrellas representaba una necesidad para que el navegante pudiese determinar su posición, aunque el problema de determinar la longitud no se resolviera hasta bien entrado el siglo XVIII con la invención del cronómetro marino.

Por tanto, el navegante necesitaba unas tablas astronómicas suficientemente precisas además de un cronómetro que mantuviese la hora del meridiano de referencia. Así, al igual que el Observatorio de Greenwich fue la referencia para los ingleses, el Observatorio de la Armada, primero en Cádiz y luego en San Fernando, ha sido la referencia cartográfica, origen de los meridianos, para los marinos españoles.

En definitiva, el Observatorio no solo realiza observaciones para determinar la posición precisa de astros, estrellas, etc, sino que también, desde 1791, publica el Almanaque Náutico y las Efemérides Astronómicas, además de determinar y mantener la hora del meridiano de referencia, el del Observatorio. Hora que llevaban los buques españoles a bordo por todo el mundo, ya que la referencia cartográfica española de los siglos XVIII, XIX y principios del XX es el meridiano del Observatorio de la Armada.

No es hasta 1884, en la conferencia internacional del meridiano celebrada en Washington, cuando se establece el meridiano de Greenwich como referencia internacional, aunque España continúa utilizando el meridiano de San Fernando como referencia hasta principios del siglo XX.

**ER: ¿Con qué personal cuenta el ROA y cuál es su formación para desarrollar todas estas actividades?**

**AP:** Actualmente el ROA cuenta con 16 oficiales con el curso de Estudios Superiores y el Máster en Astronomía, Geofísica y Hora, de los que 5 son doctores y los otros 11 realizando la tesis doctoral, 23 ingenieros técnicos de arsenales (con formación de grado o carrera técnica y alguno con el título de máster), y 10 técnicos con gra-

do medio, además de 36 personas (entre personal civil y militar) para administración, patrimonio (biblioteca, archivo y colección museográfica) y servicios de mantenimiento de todas las instalaciones.

**ER: ¿Dónde y cómo se forma el personal del ROA para poder desempeñar las tareas tan específicas que tienen encendidas?**

**AP:** Los oficiales de perfil investigador destinados en las Secciones del Observatorio se forman en la EES, sita en el propio Observatorio.

Estos oficiales, además de haber cursado la carrera superior militar, actualmente con el título de ingenieros mecánicos por la universidad de Vigo, han tenido que realizar el curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas (ES), actualmente de 1 año de duración, que refuerza las bases matemáticas y físicas, y el Máster en Astronomía, Geofísica y Hora (MAGH), de dos años de duración.

En el primer año del MAGH, realizado en la propia escuela, los oficiales reciben una breve formación genérica sobre todos los campos de trabajo del ROA y se especializan en aquel en el que vayan a trabajar en el futuro. En el segundo año, realizan un máster universitario, que se selecciona, en función del perfil investigador deseado, entre la oferta existente de todas las universidades españolas o incluso extranjeras.

Cabe señalar que estos cursos se realizan para grupos muy reducidos de oficiales, entre 1 y 3 alumnos por curso.

Por otro lado, el personal civil accede, a través de la oferta de empleo público, con la titulación requerida para cada puesto por lo que terminan su formación directamente en la propia sección en la que trabajan.

**ER: El edificio del ROA es un bello ejemplo de arquitectura neoclásica. ¿Puede comentarnos algo sobre su diseño original y las modificaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo?**

**AP:** El diseño del edificio principal, orientado norte-sur, fue obra del marqués de Ureña. En 1798 comenzaba su andadura el Observatorio de San Fernando, en este enclave en el que se mantiene hasta hoy día.

Con el paso de los años, el edificio ha ido adaptándose a los avances tecnológicos en los instrumentos y las necesidades de los trabajos que el observatorio ha desarrollado a lo largo de su historia. Así, durante la primera mitad del siglo XVIII se

suprimía una de las plantas con que contaba el edificio principal, se remodelaba la cúpula original, se añadía la columna de refuerzo de la cúpula para sostener el gran telescopio ecuatorial Brunner y se construían los dos salones de observaciones meridianas a ambos lados, esto es, el de levante y el de poniente.

A mediados del siglo XX, volvería a modificarse la cúpula y se derribaría el salón oriental de observaciones meridianas (por problemas estructurales y por la llegada de nuevos instrumentos de observación más precisos), pero continuaría funcionando el salón meridiano occidental, hasta mediados de la década de los años 90 del siglo XX, con el círculo meridiano Grubb Parsons, posteriormente automatizado y trasladado a la Sierra del Leoncito (Argentina).

En la actualidad estamos musealizando este espacio para hacerlo visitable tal como era en origen (dentro de las posibilidades). Durante todos estos años, cada una de las dependencias del edificio principal, como decía, se ha ido adaptando a las necesidades de quienes han desempeñado su labor científica en el edificio principal, quedando a día de hoy para los fondos patrimoniales del ROA, que comparten espacio con el Centro de Cálculo, las oficinas del Servicio de Archivo y Biblioteca y la Secretaría y Subdirección del ROA.

**ER: La biblioteca es quizás una de las principales joyas del ROA, ¿puede hablarnos de ella?**

**AP:** La creación en 1753 del Real Observatorio de Cádiz fue un hito importante en el desarrollo científico de la España del siglo XVIII. La conjunción entre enseñanza, práctica e investigación contribuyó rápidamente al aumento de la importancia de su biblioteca que, desde el principio, fue considerada como un instrumento científico más.

Primero Jorge Juan, y más adelante Tofiño, hicieron todo lo posible por consolidar y aumentar sus fondos, de tal forma que, en 1798, cuando el observatorio fue trasladado a su nuevo emplazamiento en la Isla de León, ya se reservó una sala para ubicación de la biblioteca en el edificio que había sido diseñado por el Marqués de Ureña.

Durante el siglo XIX se produjo un continuo incremento de los fondos bibliográficos del observatorio, motivado esencialmente por tres causas: la recogida de obras de otros centros de la Armada, la adquisición de libros en el extranjero y el intercambio de publicaciones con otras



instituciones. A partir de 1856, la creación del Curso de Estudios Superiores con sede en el Observatorio, siguiendo la tradición iniciada en el siglo anterior, cuando determinados oficiales de la Armada llevaban a cabo los llamados estudios mayores, fue origen de la adquisición de un importante número de libros de carácter especializado para las nuevas necesidades docentes.

A lo largo del siglo XX la expansión de la biblioteca continuó a buen ritmo, hasta el punto de que sus dependencias terminaron ocupando la mayor parte del edificio principal del Observatorio.

En la actualidad, sus fondos, unos 30.000 volúmenes, forman una de las más interesantes y ricas bibliotecas científicas del país, inseparable del quehacer científico del Observatorio y de las tareas docentes de la EES.

**ER: El director del ROA Cecilio Pujazón tuvo una preocupación especial por la meteorología, ¿puede hablarnos sobre su figura?**

**AP:** La relación del Real Instituto y Observatorio de la Armada con la meteorología se remonta a su origen, al depender las correcciones de las observaciones astronómicas por refracción atmosférica de las constantes meteorológicas. Así, la toma de datos meteorológicos pronto se sistematiza, realizándose 17 medidas diarias.

Con la llegada a la dirección de Cecilio Pujazón no solo se refuerza el servicio con instrumentación moderna, sino que, por

Real Orden de 1876, el Observatorio se encarga de organizar el Servicio Meteorológico Costero, basado en una red de estaciones en puertos y en observaciones desde buques, que, tras solventar un sinfín de dificultades, comienza a operar en 1884.

En 1887, con la creación del Instituto Central Meteorológico, antecesor de la actual AEMET, se transfieren las competencias, aunque se mantiene el servicio costero como un servicio interno de la Marina que fue desapareciendo progresivamente, permaneciendo únicamente la Estación Meteorológica del Observatorio de San Fernando hasta nuestros días.

**ER: El ROA desde su inicio siempre ha tenido responsabilidades de formación de los marinos españoles. ¿Puede contarnos cómo han evolucionado estas responsabilidades con el tiempo y cuál es la situación actual?**

**AP:** La preocupación de la Armada por la formación técnica y científica de sus oficiales fue una constante desde los inicios del XVIII. Así, en 1773, Tofiño propuso potenciar la formación, de un pequeño grupo selecto de guardiamarinas, mediante la continuación de sus estudios y la práctica de la astronomía en el Observatorio, que termina cuajando en 1783.

Aunque esta iniciativa no se perpetúa, la Armada siempre ha estado preocupada por la formación y establecer un curso de estudios superiores y cursos de astronomía, bien en la Academia bien en el Obser-

vatorio. Así, en 1856 queda establecido el Curso de Estudios Superiores de matemáticas puras, mecánica, física y astronomía, bajo la inspección del director del Observatorio, pero que desaparece en 1884 por la reestructuración de los sistemas de enseñanza de la Armada. Sin embargo, la necesidad de cubrir las bajas naturales del personal, hizo imprescindible, sólo un año después, la apertura de la Academia de Ampliación que se clausura en 1901, creándose nuevamente, en 1908, una academia en el vapor Urania ante la necesidad de realizar trabajos de hidrografía.

En 1927 se crea el Servicio Hidrográfico de la Armada como 4ª Sección del Observatorio y, posteriormente, la Academia de Ingenieros Hidrógrafos en su seno.

La última etapa en la evolución histórica del Curso de Estudios Superiores se inicia en 1945. Tras la creación del Instituto Hidrográfico de la Marina se suprime la 4ª Sección y el Observatorio se reorganiza, restableciéndose los de estudios superiores, reconociéndoles el rango de enseñanza superior. Desde entonces y hasta nuestros días, han pasado por el Observatorio alumnos de numerosas promociones, continuadoras de la filosofía iniciada por los estudios mayores del siglo XVIII.

**ER: Ahora una pregunta más personal. ¿Cómo ha sido su evolución desde una carrera militar como marino hasta ocupar un puesto en el que la gestión científica es su principal responsabilidad?**

**AP:** Al terminar mi formación en la Escuela Naval Militar y tras recibir el despacho de alférez de navío, serví en la corbeta "Infanta Elena" durante dos años y, posteriormente, tuve el honor de ser el primer comandante del patrullero "Formentor" entre mayo de 1989 y julio de 1990.

Y aunque siempre tuve vocación de marino, también la tenía de universitario. Así que cuando en 1990 tuve la oportunidad de realizar el Curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas y el Máster en Astronomía, Geodesia y Geofísica en el Observatorio, no me lo pensé y retomé otros 5 años de estudios, entre los dos cursos, pudiendo compaginarlos con la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad Complutense de Madrid (en la rama de electrónica, que era la que realmente llamaba mi atención) y los cursos de doctorado en la Universidad de Cádiz.

Desde 1995 pasó destinado como jefe de servicio a este Real Observatorio de la

Armada, primero en el laboratorio de electrónica de la Sección de Hora pero en poco tiempo, cuestión de meses, fui derivando hacia el campo de la sismología y cambiando a la Sección de Geofísica.

Son precisamente estas dos pasiones, la geofísica y la electrónica, las que forman el tema de mi tesis "Estación sísmica digital. Tratamiento digital de señales" que defendí en 2004, obteniendo el título de doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Cádiz.

En 2014, siendo ya capitán de fragata, asumo la jefatura de la Sección de Geofísica hasta que en 2018 soy nombrado subdirector jefe de estudios y, posteriormente, en 2021 asumo la dirección del Observatorio y su Escuela.

Como resumen, mi trayectoria científica, muy singular para un oficial de la Armada, me ha permitido estar más de 33 años en este Observatorio y tratar de aportar un pequeño grano de arena a la ciencia, contribuyendo a continuar con el legado científico de Jorge Juan. Así en este tiempo he participado en 54 artículos, 160 presentaciones en congresos, 28 proyectos de I+D+i y formando parte del comité organizador de 5 seminarios/congresos, además de realizar numerosas colaboraciones en campañas de geofísica marina, especialmente en despliegues de sismómetros de fondo marino (OBS) y de perfiles sísmicos de refracción.

**ER: ¿Qué proyectos y perspectivas tiene el ROA para el futuro próximo?**

**AP:** El Observatorio mantiene un total de 35 actividades científico-técnicas relacionadas directamente con los cometidos de las secciones científicas. De entre todas estas actividades hay que destacar dos por su calado e interés. En primer lugar, las actividades de la Sección de Hora, por ostentar la responsabilidad del patrón de tiempo en España con toda la actividad asociada que conlleva la hora oficial de España; y, en segundo lugar, la actividad de vigilancia y seguimiento espacial (SST), en concreto de basura espacial, en la que participan las secciones de astronomía y geofísica.

En ambos campos hay retos importantes en los que estamos trabajando a través de los proyectos CIROES, SAFE, TOCK-EURAMET, AMELAS y SAURON.

El proyecto CIROES, financiado por la Armada, consiste en el desarrollo de un patrón de red óptica de estroncio, que permitirá mejorar en tres órdenes de magnitud la escala UTC(ROA) y estar preparados

cuando cambie la definición del segundo, prevista para 2030.

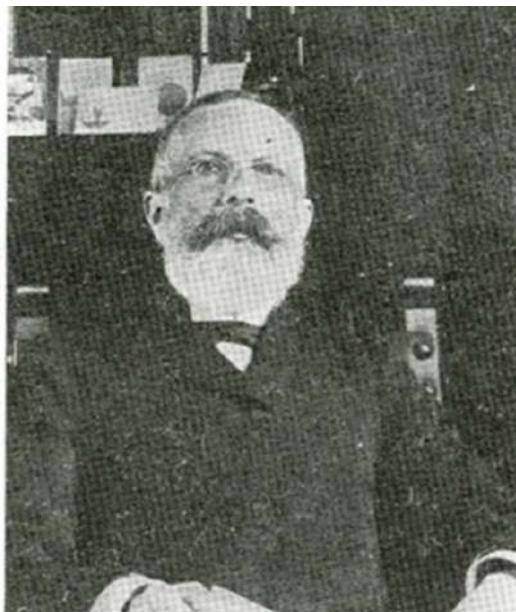
Los proyectos SAFE (financiado por la Junta de Andalucía y Armada) y TOCK-EURAMET, financiado por la Unión Europea, complementan al anterior. El primero, el proyecto SAFE, enfocado hacia la sincronización de muy altas prestaciones mediante fibra óptica que permitirá la comparación entre relojes de red óptica y proporcionar sincronismo de muy alta prestaciones a los centros que lo necesiten. El segundo, el proyecto europeo TOCK-EURAMET, en el que participamos junto a otros muchos laboratorios europeos, desarrolla un reloj de red óptica transportable al objeto de realizar sincronismo preciso entre los laboratorios que tengan patrones de este tipo.

En el campo de la SST, el proyecto AMELAS se encamina a mejorar las prestaciones de la estación láser de seguimiento de satélites y basura espacial mediante el cambio del telescopio lo que permitirá no solo mejorar notablemente el posicionamiento espacial de los objetos en seguimiento, sino aumentar su capacidad. Se prevé además continuar con otros proyectos de mejora de esta estación para aumentar las capacidades, especialmente en la fase de reentrada.

El proyecto SAURON consiste en el desarrollo de un telescopio multicámara que permitirá configuraciones muy diversas, desde cada cámara se apunta a una zona determinada del cielo, para realizar un mosaico del área de interés, hasta que todas las cámaras apunten a un mismo objetivo, pasando por las múltiples situaciones intermedias de configuración. Aunque el proyecto inicial es con 6 cámaras el telescopio es totalmente escalable y se pretende, una vez finalizado, desplegarlo con fines SST en Canarias o en Sudamérica.

En resumen, los grandes retos de futuro del Observatorio se centran en el campo del tiempo y de la SST, aspectos estratégicos para el Observatorio, la Armada y para España.

**ER: Le agradecemos mucho que nos haya concedido esta entrevista en la que se muestra la relevancia del ROA en el desarrollo de la ciencia en España. Estamos seguros de que interesarán mucho a nuestros lectores tanto los aspectos históricos como el actual papel del ROA en el panorama científico y técnico nacional. Desde TyC le deseamos un fructífero futuro tanto en lo personal como en lo profesional.**



## Homenaje a Augusto Arcimis en Cádiz, 13 de marzo de 2024

Aprovechando la celebración en Cádiz de las XXXVI Jornadas de la Asociación Meteorológica Española, a las 19 horas del 13 de marzo de 2024 se celebró en la sala de juntas del Ayuntamiento de Cádiz un acto para recuperar la memoria de Augusto Teodoro Arcimis Werle, el ilustre gaditano que fue,

Augusto Arcimis en su despacho, poco antes de su fallecimiento en 1910

# Significación de Augusto Arcimis para el Servicio Meteorológico en España

MANUEL PALOMARES CALDERÓN, SECRETARIO DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA (AME)

### **Autoridades presentes, participantes en las Jornadas Científicas de la AME, señoras y señores:**

Creo que coincidirán conmigo en que, en la época actual, la predicción del tiempo que llega al público es bastante precisa a corto plazo, pero no hace mucho tiempo, digamos tres o cuatro décadas, no había esa confianza. Yo mismo recuerdo durante mi infancia y juventud las chanzas y bromas sobre los frecuentes fallos de la predicción meteorológica, aunque la gente no dejaba de seguir los programas del tiempo por si acaso. Pues bien, eso ya no sucede; las bromas se han acabado y los avances científicos y tecnológicos han conseguido que la confianza en los meteorólogos sea muy alta. La explicación de ese cambio responde desde luego a los grandes avances científicos y técnicos de la meteorología en los últimos 50 años. A su vez, ese avance reciente se ha apoyado en muchos progresos anteriores que hicieron avanzar lenta y trabajosamente a la ciencia meteorológica.

Desde tiempos prehistóricos el hombre ha intentado predecir el tiempo y de hecho la observación de las nubes, la dirección del viento y otros indicios contemplados cotidianamente por habitantes del campo o navegantes permitían a menudo un pronóstico de cierta utilidad. Sin embargo, no fue hasta después del Renacimiento cuando el uso de nuevos instrumentos como el barómetro y el progreso de la ciencia y la experimentación dieron origen a una meteorología

científica, aunque las limitaciones siguieron siendo muy fuertes. Al llegar el siglo XIX los meteorólogos, al menos los más clarividentes, tenían ya un concepto dinámico de la meteorología; sabían que las perturbaciones atmosféricas no son en general locales, sino que se trasladan y evolucionan. Para estudiarlas se necesitaba analizar los datos meteorológicos en áreas geográficas muy extensas.

Hacia 1880, probablemente solo existían dos personas en España con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para organizar el servicio meteorológico para el público o usuarios interesados. Por una bonita casualidad, ambos eran gaditanos y casi contemporáneos:

Cecilio Pujazón (1833 – 1891) y Augusto Arcimis (1844 – 1910). Pujazón era entonces director del Real Observatorio de la Armada de San Fernando, una institución de larga tradición y capacidad científica dedicado entre otras cosas a proteger la navegación de los buques españoles por todo el mundo, por lo que la meteorología era una de las ciencias más importantes que cultivaba. Pujazón tenía un contacto cercano y frecuente con los meteorólogos de los países más avanzados y había asistido a los primeros congresos internacionales de meteorología.

El caso de Augusto Arcimis era diferente: Tras terminar sus estudios secundarios y gracias a la fortuna familiar viajó largo tiempo por Europa donde adquirió una profunda afición a la astronomía y a la meteorología que cultivó de forma práctica en los observatorios particulares que instaló en Cádiz y en Chiclana. Arcimis era un autodidacta, pero un brillante autodidacta, como se desprende de sus notables publicaciones sobre astronomía y meteorología, en España y en el extranjero.

En realidad, la predicción científica del tiempo era una actividad muy reciente en 1880. Las redes de observación se habían ido extendiendo en los países más avanzados y se estaban alcanzando acuerdos para intercambiar los datos recogidos, pero existía un importante problema: no se disponía de un medio de transmisión suficientemente rápido. A mediados de siglo la implantación del telégrafo, un invento que no estaba específicamente pensado para la meteorología, acabó con ese

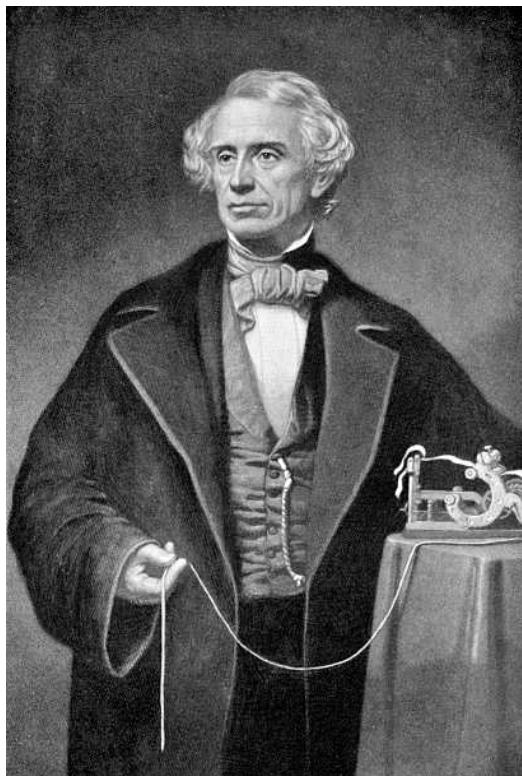


Cecilio Pujazón, grabado publicado en *La Ilustración Española y Americana*

en 1888, el primer director de la actual Agencia Estatal de Meteorología. Tras unas palabras del alcalde de Cádiz, la concejala de cultura, el presidente de honor de la AME y la presidenta de la Agencia Estatal de Meteorología, Manuel Palomares y Antonio Cabañas ofrecieron sendas conferencias que incluimos en *Tiempo y Clima* en la versión remitida por los autores junto con algunas ilustraciones.

### Cronología vital de Augusto Arcimis

- ✓ 1844, 4 de diciembre: Nace en Sevilla
- ✓ 1848: Traslado a Cádiz con su familia
- ✓ 1860 – 1865: Largas estancias en el extranjero
- ✓ 1865 – 1884: En Cádiz, múltiples actividades
- ✓ 1884 – 1888: En Madrid, profesor de física en la ILE
- ✓ 1888 – 1910: En Madrid, director del Instituto Central Meteorológico
- ✓ 1910, 18 de abril: Fallece en Madrid



**El telégrafo de Samuel Morse (1791 – 1872). resultó fundamental para el desarrollo de la Meteorología**

problema. Los mensajes telegráficos viajaban más rápido que el tiempo y permitían reunir y analizar observaciones de grandes áreas en tiempo casi real. Fue entonces cuando pudieron crearse los primeros servicios meteorológicos oficiales.

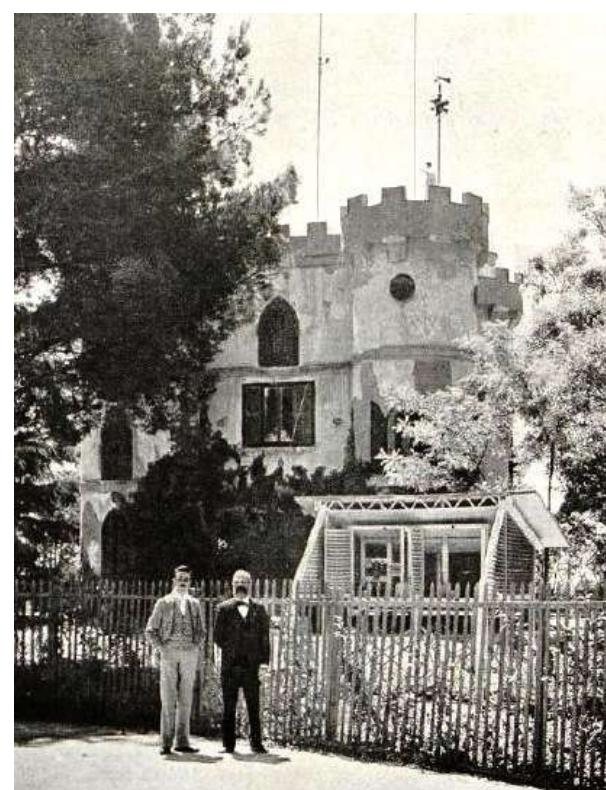
Hacia 1880, Pujazón decidió aprovechar sus conocimientos para poner en marcha la complicada labor de crear un servicio meteorológico efectivo, pero como oficial de la Armada pensó que sería más fácil empezar recurriendo para ello a los elementos familiares: los buques militares y los observatorios de los puertos. El llamado Servicio Meteorológico Costero tuvo una difícil continuidad y acabó reducién-

dose a información propia de la Marina. Mientras tanto Pujazón conoció en 1886 el proyecto de un servicio meteorológico implantado en toda España y lo apoyó sin reservas. En esa época se carteó con Arcimis y se conserva parte su correspondencia (Ver *Tiempo y Clima* nº 57, julio 2017).

La larga vida de Augusto Arcimis en Cádiz la describirá con mayor conocimiento mi amigo Antonio Cabañas en la segunda charla. Un hito fundamental se produjo en 1875, cuando Arcimis conoció a Francisco Giner de los Ríos durante el exilio de éste en Cádiz y quedó fuertemente influido por su rica personalidad. Su amistad desembocó, en 1884, en el traslado de Arcimis a Madrid como profesor de astronomía y física en la Institución Libre de Enseñanza, creada por Giner. Se conserva una extensa correspondencia de aquellos años entre Arcimis y Giner, de la que se desprende la importante relación que tuvo este último en la creación del Servicio Meteorológico, en el marco de su campaña constante para adoptar los avances técnicos en otras naciones y modernizar la sociedad española de final del siglo XIX. Con ayuda de su influencia sobre el gobierno liberal, consiguió al fin que por decreto de agosto de 1887 se creara el Instituto Central Meteorológico “que se ocupará especialmente en calcular y anunciar el tiempo probable a los puertos y capitales de provincia, sin perjuicio de los demás trabajos científicos y prácticos que se le encomienden”.

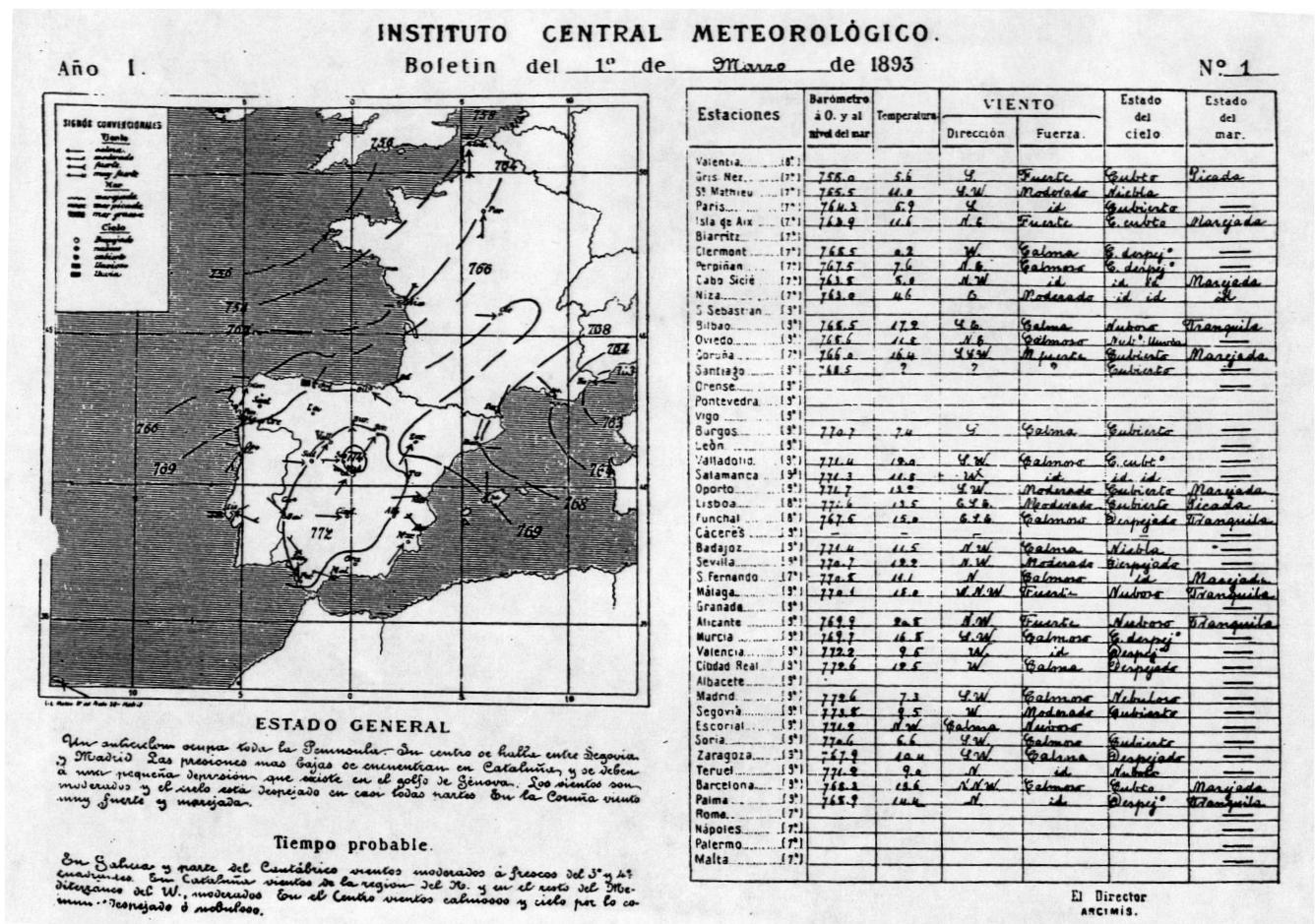
Un comité de expertos, entre los que se encontraba Cecilio Pujazón, diseñó las características principales de la nueva institución y preparó el programa para la oposición a director. Arcimis ganó aquella oposición en febrero de 1888 en competencia con otros dos candidatos. Aun contando con el teórico apoyo del Ministerio de Fomento, inició completamente

solo las gestiones para poner en marcha la nueva institución. Lo primero era encontrar un local para alojar el organismo y don Augusto encontró un emplazamiento apropiado: la Torre del antiguo telégrafo óptico en el ángulo sureste del Parque del Retiro de Madrid, un edificio con forma de castillo medieval que junto con otros que se fueron construyendo junto a él constituyó la sede del Servicio Meteorológico español hasta 1963. Todavía es propiedad del Servicio, la ahora llamada Agencia Estatal de Meteorología, y se está rehabilitando con el propósito de que acoja un pequeño museo, confiemos



**Augusto Arcimis (derecha) y su ayudante, Nicolás Sama, delante del “Castillo” hacia 1899. En primer término, la garita meteorológica que hoy en día se encuentra casi en la misma ubicación**

# Homenaje a Augusto Arcimis en Cádiz, 13 de marzo de 2024



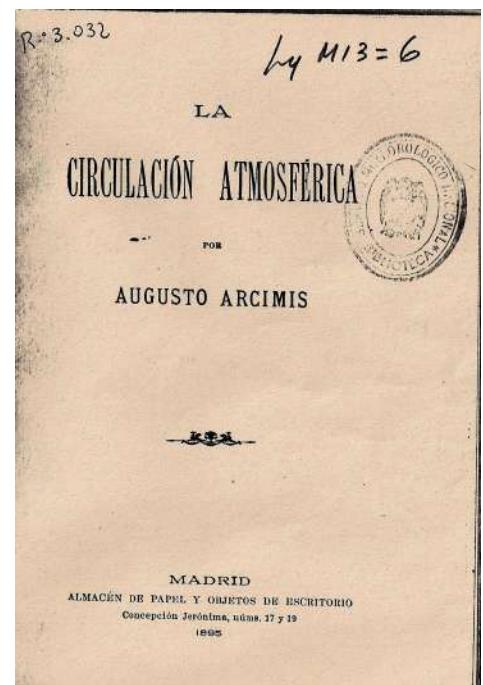
Primer Boletín Meteorológico Diario publicado por el Instituto Central Meteorológico el 1º de marzo de 1893. Contenía un mapa de la situación sinóptica en superficie con isobaras en mm de mercurio, datos recibidos de los observatorios españoles y del extranjero, y un modesto pronóstico del tiempo para las 24 horas siguientes. Con más información, pero manteniendo prácticamente el formato original, este boletín se siguió publicando en papel hasta 2006, sin más interrupción que durante la guerra. Abajo a la derecha mención a "El Director ARCIMIS"

en que esa iniciativa llegue a buen puerto.

Terminadas las obras de acondicionamiento, Arcimis se enfrentó a una ardua tarea: poner en marcha algo que apenas tenía precedentes en España, instalar los instrumentos, la mayoría adquiridos por él en el extranjero, formar al escasísimo personal que se le fue concediendo y dotarse de elementos tan necesarios como la línea telegráfica. Muchas de esas gestiones se estrellaban contra la pereza administrativa, a juzgar por los oficios y gestiones que Arcimis realizó incansable en aquella época. Y lo peor estaba por llegar: En abril de 1891, probablemente para evadirse de un problema más, el gobierno decidió por decreto la supresión del Instituto Central Meteorológico. Tras varias sesiones en las Cortes centradas en el asunto, el Instituto fue restaurado en julio de 1892. Ese lance retrasó aún más el comienzo de las operaciones efectivas que se produjo por fin el 1 de marzo de 1893, con la distribución del primer Boletín Meteorológico Diario que incluía

datos de las observaciones de España y el extranjero, un mapa de isobaras, probablemente el primero en España, y una modesta predicción del "tiempo probable" para el día siguiente.

Además de proseguir la ardua labor de confeccionar diariamente el boletín del tiempo, al principio con un solo ayudante, Arcimis continuó sus actividades de divulgación en aspectos tan novedosos en España como la meteorología dinámica, mantuvo el contacto con los servicios meteorológicos del extranjero, realizó varias ascensiones en globos del servicio aeronáutico militar con propósitos científicos y reclamó incansable a sus superiores mayores recursos para el organismo. Mientras tanto el esforzado creador y primer director del Instituto Central Meteorológico, y fundador de la predicción científica del tiempo en España, falleció el 18 de abril de 1910, tras poner en marcha y dedicar más de veinte años de denodado trabajo a la institución llamada Agencia Estatal de Meteorología.



Manual sobre la circulación atmosférica de 1895 que confirma a Arcimis como el mayor especialista en meteorología dinámica en España de aquella época

# Augusto Arcimis y Cádiz

ANTONIO CABANAS CÁMARA, DELEGACIÓN EN MADRID DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

**Buenas tardes. Gracias a la AME, y en especial a Manolo Palomares, por invitarme a este acto.**

Difícil me es resumir la extensa e intensa vida de Augusto Arcimis en 15 minutos, pero intentaré indicar los pilares en que se sustentó la figura de este ilustre gaditano; que aunque nació en Sevilla el día cuatro de diciembre de 1844 ya desde los cuatro años corría por la gaditana Plaza de Mina (originariamente Plaza de Espoz y Mina).

## 1º Formación

Arcimis se instruyó en cuatro entidades educativas emblemáticas de la historia de Cádiz. Comenzará sus estudios de primaria en el colegio de San Felipe Neri, uno de los más prestigiosos colegios españoles, dirigido en aquellos momentos por otro de los grandes personajes de España, el venerable maestro D. Eduardo Benot, como así se refirió a él D. Antonio Machado en su obra *Soledades*. En este colegio, Benot había instalado unos magníficos gabinetes de Física, Química y Mecánica; además había puesto en marcha el método Ollendorff, para el aprendizaje de idiomas, esto le procuró a Arcimis el dominio del italiano, francés, inglés y alemán.

El influjo de Benot, quién también ejercía como profesor titular de las cátedras de Astronomía y de Geodesia del Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, pudo influir en la vocación astronómica, y también literaria, del pequeño Augusto Arcimis.

Después de la primaria, en 1857, Augusto Arcimis se matricula en la Escuela Industrial, de Comercio y de Náutica de Cádiz, cursando los correspondientes estudios.

Completará su formación en el Instituto Provincial de Segunda Enseñanza de Cádiz donde obtendrá el título de bachiller y posteriormente culminará su instrucción en la Facultad Libre Municipal de Farmacia de Cádiz, obteniendo la licenciatura de Farmacia, actividad que nunca desempeñó profesionalmente.

Esta es su formación oficial, pero Augusto Arcimis no dejará de estudiar y formarse a lo largo de su vida gracias a su talante curioso y enciclopedista.

## 2º Aficiones

Entre sus aficiones están las excursiones naturalistas que realizará desde pequeño de la mano de su hermano Alfredo y de su gran amigo José Macpherson, quién se convertiría con los años en el padre de la geología y la petrografía moderna en España.

Otra de sus aficiones fue la náutica. Arcimis fue socio del Club de Regatas de Cádiz y del Círculo Náutico de Cádiz, participando en numerosas regatas y actuando como juez en diversas ocasiones.

## 3º La Astronomía

Su gran vocación fue la Astronomía, materia en la que su formación fue autodidacta, aunque influido por otro gran maestro: el padre jesuita Angelo Secchi, director del Observatorio Astronómico del Colegio Romano, pionero y gran especialista en la

de 1865, en la torre mirador de la azotea de su vivienda situada en el nº 14 de la Plaza de Mina, después de su jornada de trabajo, fue instalando un pequeño observatorio astronómico-meteorológico al que bautizó con el nombre de "La Specola"; en honor a la torre situada en el Palacio Torrigiani de Florencia, uno de los primeros observatorios astronómicos y meteorológicos europeos.

Comenzaba así Arcimis a realizar sus observaciones astronómicas cuyos resultados pronto se verían publicados en las revistas científicas más importantes de Europa, entre otras: *Bullettino Meteorologico dell'Osservatorio del Collegio Romano*, *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*, boletín semanal de la Asociación Científica de Francia, *Monthly Notice* de la Real Sociedad Astronómica de Londres o *Monthly Notice* del Observatorio de Greenwich.



Vista de la Plaza de Mina en Cádiz a principios del siglo XX. En una de las torres mirador que se ven en la imagen instaló Arcimis su observatorio astronómico y meteorológico

dinámica de la cromosfera solar y en la espectroscopia estelar (el estudio del espectro luminoso emitido por las estrellas para saber su composición química).

Gracias a la holgada situación económica de la familia Arcimis Werle, Augusto recorrió Europa y visitó numerosos observatorios astronómicos donde entabló relación con diferentes científicos. A partir

En reconocimiento a su riguroso trabajo astronómico el día 10 de diciembre de 1875 Augusto Arcimis era nombrado miembro de la Real Sociedad Astronómica de Londres. Arcimis logrará ser el máximo representante del movimiento astronómico amateur español (no profesional) y uno de los más destacados introductores de la astrofísica en España.

# Homenaje a Augusto Arcimis en Cádiz, 13 de marzo de 2024



Augusto Arcimis con treinta y tantos años en Cádiz

## 4º Divulgador científico y escritor

Además de las publicaciones científicas en las revistas extranjeras, a partir de 1870 Arcimis comienza a publicar pequeños artículos en *El Diario de Cádiz* y en el periódico *El Comercio*.

Su gran salto a la fama le llegará en 1876, y no sería gracias a las observaciones astronómicas, sino a la publicación de la traducción de la obra "Los conflictos entre la ciencia y la religión", del historiador John William Draper.

D. Nicolás Salmerón realizó el prólogo de este libro, y escribía de Augusto Arcimis que

"...había sabido unir su nombre con solo esfuerzos y sacrificios personales a los novísimos adelantos de la Astronomía, siendo, por nuestra desgracia, más conocido fuera que dentro de España."

A pesar de este inicial desconocimiento, Arcimis fue profeta en su tierra gracias a la participación en la revista gaditana *La Verdad*, las posteriores colaboraciones en el semanario cultural *La Academia*, en la revista *La Ilustración Española y Americana*, y en el *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* que harán que su consideración científica y su notoriedad se extiendan por toda España.

A esto hay que sumar la publicación entre 1878 y 1879 de su gran obra "El telescopio moderno", un compendio di-

vulgativo de astronomía y astrofísica, con cerca de 1400 páginas, que se convertiría en la obra de referencia y consulta para las siguientes generaciones de astrónomos españoles.

Otro gran éxito editorial de Augusto Arcimis será el pequeño, pero gran libro "Meteorología", con el que pretendió promocionar y hacer más accesible la ciencia meteorológica a todas las capas de la sociedad española.

## 5º Giner de los Ríos

Pero el acontecimiento más trascendental en la vida de Augusto Arcimis, y por el que llegaría a ser lo que fue, ocurrió en abril de 1875, cuando conoció a Francisco Giner de los Ríos. El Sócrates español había sido arrestado y confinado en la prisión militar del Castillo de Santa Catalina de Cádiz, como consecuencia de firmar un manifiesto contra el Decreto Orovio que prohibía la libertad de cátedra.

Debido a su precaria salud, a Giner se le permitió seguir su confinamiento en la ciudad de Cádiz, ubicando su residencia en el nº 2 de la plaza de las Flores. En su estancia en la "Tacita de Plata", Giner contactó con los principales intelectuales de la ciudad y entre ellos, Augusto Arcimis; "mi teacher de Astronomía", como le denominaba el propio Giner.

El encuentro con Giner supondrá en la vida de Arcimis un punto de inflexión a todos los niveles: personal, ético, moral, intelectual, científico, profesional e incluso espiritual. Basta escuchar al propio Ar-

cimis cuando confesaba epistolamente a Giner

"...cuando muchas veces me censura Vd. jamás se me ocurre que es mi amigo, ni mi padre, ni mi

preceptor el que me reprende, sino la voz imperiosa de mi propia conciencia, que a despecho mío he de escuchar."

## 6º El empresario

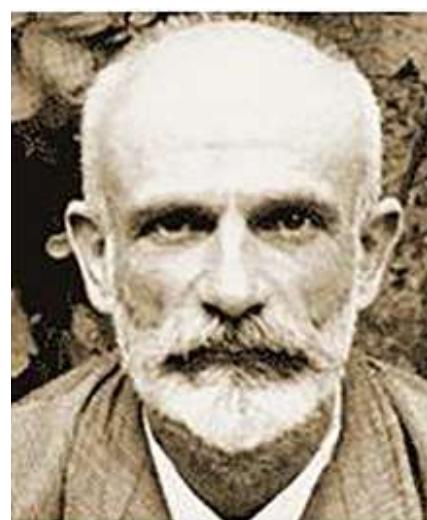
Otro aspecto destacable de Arcimis y que dejará su impronta en la fisonomía y en la memoria urbanística de Cádiz, es su labor como empresario. La familia Arcimis Werle era la propietaria del popular Bazar Gaditano, situado en los números 1 y 3 de la calle del Calvario (actual calle Calderón de la Barca).

Además, Augusto Arcimis fue empresario vinícola y constructor de obra civil. Entre las obras civiles realizadas por Arcimis en Cádiz destaca Los Baños del Carmen. Un balneario situado en la Alameda Apodaca, en las cercanías de la muralla de San Carlos. Todavía hoy, cuando baja la marea, se puede contemplar los pilares de piedra sobre los que se sustentaba aquel balneario inaugurado el 19 de agosto de 1881 y que fue el preferido por las clases pudientes gaditanas. Al día siguiente de su inauguración el diario *El Globo* publicaba un completo artículo sobre los Baños del Carmen y elogia a los dos hermanos empresarios que lo habían construido exclamando: "Si hubiera muchos Arcimis en España, otro gallo nos cantara!"

Otras importantes construcciones civiles realizadas por Arcimis se encuadraron en las obras de mejora del puerto de Cádiz aprobadas en enero de 1880 y que se debían de sufragar con la herencia del empresario y filántropo Diego Fernández Montañés. Arcimis fue inversor y director de las obras de construcción del muelle de San Carlos, del muelle de Puntalés y de los almacenes de mercancías del muelle del Martillo.

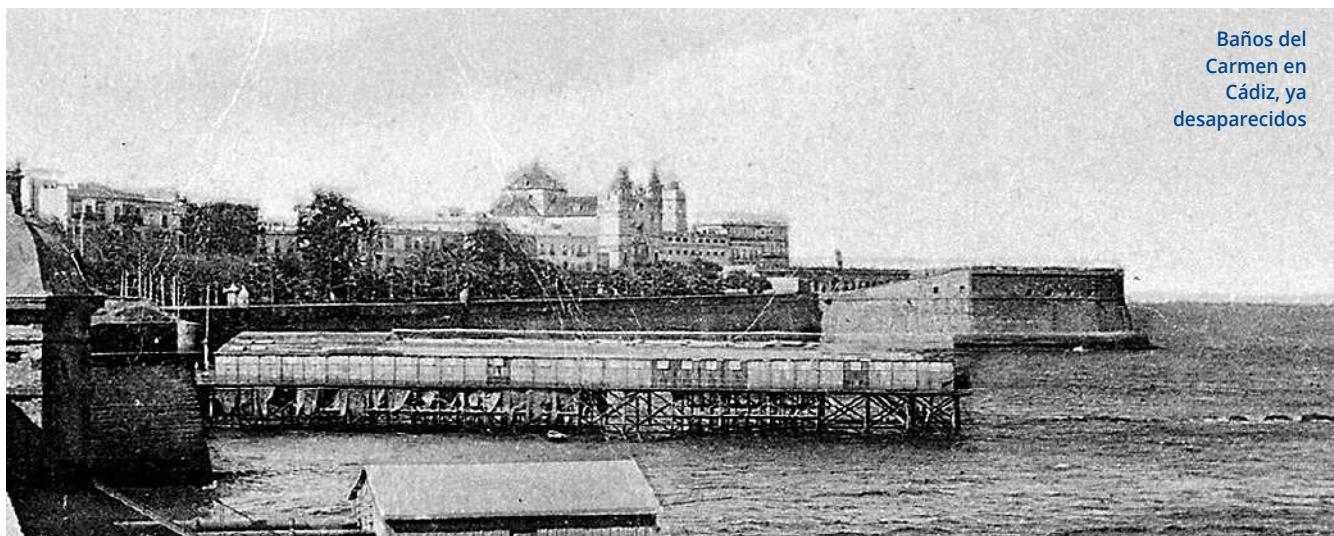
Los problemas administrativos, burocráticos y económicos que acaecieron en la ejecución de estas obras conllevaron su paralización y las consiguientes pérdidas económicas, siendo uno de los damnificados el propio Arcimis. Este varapalo empresarial y económico, junto con la atracción que ejercía Giner, hizo que decidiera irse a Madrid como profesor de Física y Astronomía en la Institución Libre de Enseñanza.

La familia Arcimis abandonaba su vi-



Francisco Giner de los Ríos (1839 - 1915)  
fundador de la Institución Libre de  
Enseñanza y entre muchas otras actividades,  
impulsor de la creación del Servicio  
Meteorológico en España

Baños del  
Carmen en  
Cádiz, ya  
desaparecidos



vienda en la Plaza de Mina y se instalaba en la madrileña calle Conde de Aranda. Será en la capital de España donde el astrónomo gaditano desarrolle sus capacidades y aspiraciones científicas, culturales, sociales y personales. A sus 44 años Arcimis pegaba un salto de la ciencia Astronómica a la ciencia Meteorológica, logrando ser el primer meteorólogo oficial del estado español y el primer director del Instituto Central Meteorológico. Arcimis dejaba de navegar con su velero por el golfo de Cádiz, para surcar los aires castellanos a bordo de los globos aerostáticos dispuestos por Pedro Vives y Vich, coronel-jefe del parque Aerostático de Guadalajara, con el que comenzó a estudiar las capas superiores de la atmósfera. Pasaría el Rubicón aerostático y aerológico el día 30 de agosto de 1905 en Burgos, en la primera ascensión aerostática mundial para la observación de un eclipse total de Sol. El intrépido gaditano a sus 60 años ascendía en el globo Urano hasta los 5000 m de altura.

Volviendo a pisar el suelo, también Arcimis dejaba de saltar las rocas de las sierras gaditanas para brincar por los vericuetos de la sierra madrileña y fundar, junto a Quiroga y Macpherson, La Real Sociedad para el estudio del Guadarrama. A las excursiones serranas y a las tertulias que realizaba en su segunda residencia, una casita situada en el pueblo segoviano de La Granja de San Ildefonso, acudían asiduamente destacados institucionalistas: Francisco Giner de los Ríos, Manuel Bartolomé Cossío, Ricardo Rubio, Francisco Quiroga o Ignacio Bolívar; geógrafos como Francisco Coello; ingenieros y botánicos como Joaquín María de Castellarnau y Rafael Breñosa; pinto-

res como Aureliano de Beruete; escritoras como Emilia Pardo Bazán, y aristócratas como el marqués de Vega Inclán o la Infanta Isabel de Borbón, "la Chata", a la que Arcimis retrataría numerosas veces con su inseparable cámara Verascope, con la que conformó una colección fotográfica documental de 835 placas estereoscópicas, hoy depositadas como herencia en el Instituto para la Conservación del Patrimonio Cultural de España.

Además del legado meteorológico institucional que con el paso de los años se ha consolidado en lo que hoy es la Agencia

Estatal de Meteorología, Augusto Arcimis también nos dejaría como herencia el patrimonio material e inmaterial del Castillo del Retiro, primera sede del Instituto Central Meteorológico. Eligió este legendario edificio y le proporcionó la actividad meteorológica e institucional que le ha mantenido vivo y en pie, hasta nuestros días. Nos atrevemos a afirmar que, si no hubiera sido por Arcimis, el Castillo del Retiro habría sido demolido, como lo han sido otros tantos emblemáticos edificios que estuvieron situados dentro del Parque del Retiro.

Como hemos podido constatar, no es poco lo que se debe a Augusto Arcimis. De justicia sería devolverle, al menos, un pequeño pero tangible reflejo de su memoria. Hoy paseando por la Plaza de Mina podemos contemplar el busto en bronce del gran científico y padre de la geología española José Macpherson y Hemas. Sería gratificante y justo, que le acompañase el busto del gran científico y padre de la meteorología institucional española Augusto Arcimis. Los dos grandes científicos gaditanos juntos, los dos grandes amigos otra vez unidos en la plaza que les vio crecer y realizar sus primeras correrías.

Aprovechando la presencia de la presidenta de la AEMET, doña María José Rallo, me permito sugerir que un busto similar al que el Ayuntamiento de Cádiz pudo colocar en la Plaza de Mina, también pudiera presidir el futuro Museo Meteorológico que se ha de instalar en el Castillo del Retiro. Sería una bonita manera de hermanar las ciudades de Cádiz y Madrid a través de la figura imprescindible de Augusto Arcimis Werle.

Muchas gracias.



Busto de José Macpherson (1839 – 1902) en la plaza de Mina de Cádiz

# Los vientos en el Estrecho de Gibraltar en verano, los monzones y el ENSO

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ  
josemaria.sanchezlaulhe@gmail.com

**L**a figura 1 muestra la correlación entre la presión a nivel del mar y el ENSO (El Niño - Oscilación del Sur), considerando el índice Niño3.4<sup>1</sup>, para los meses de julio y agosto. La correlación para el verano, junio-agosto, es muy similar, aunque en la Península es menos intensa. En general la correlación es positiva en el área del Mediterráneo, aunque es particularmente intensa al oeste de las regiones altas de los Zagros (Irán) y del Atlas, prolongándose ésta última al sudoeste de la península ibérica.

La correlación en la región del Atlas-Península implica una mayor frecuencia de vientos del oeste en el estrecho de Gibraltar en la fase positiva del ENSO, El Niño, y una preponderancia de los vientos de levante en la fase La Niña.

## El clima del Mediterráneo en verano y el monzón de la India

El clima mediterráneo está caracterizado por un drástico ciclo estacional con inviernos húmedos y suaves, y veranos muy secos y cálidos. Es un clima muy minoritario pues se debe a la expansión e intensificación de las altas subtropicales oceánicas en verano y está limitado a las regiones continentales afectadas por los flancos orientales de los anticiclones subtropicales entre 30° y 45° de latitud:

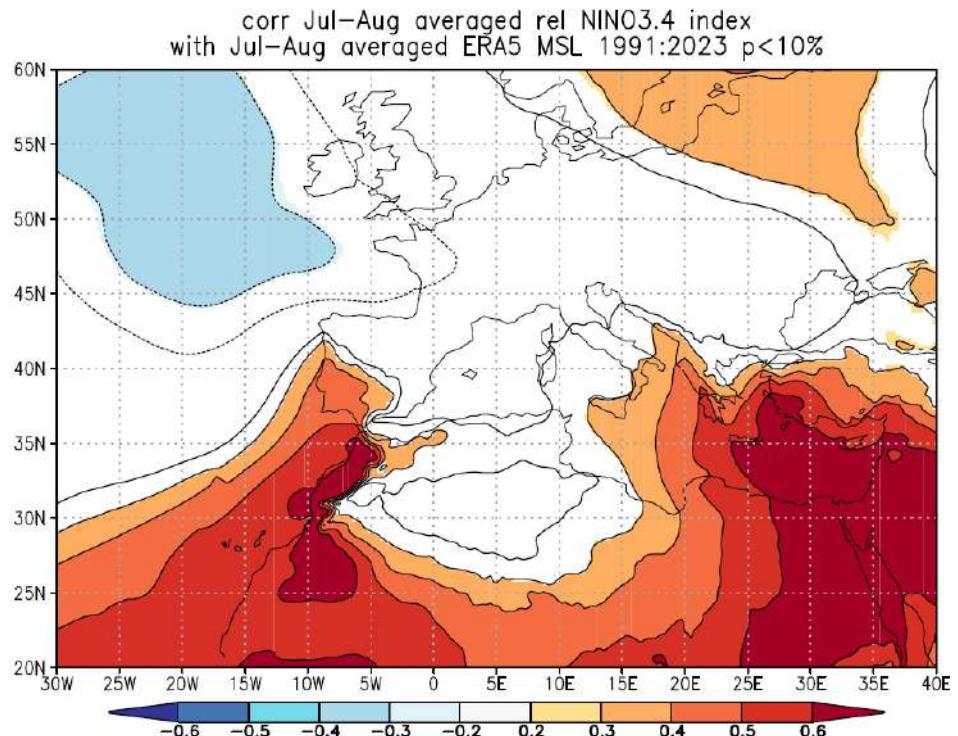


Figura 1. Correlación presión a nivel del mar - Niño3.4 para los meses de julio-agosto para los reanálisis ERA5 en el periodo 1991-2023

región del mar Mediterráneo, California, parte de Chile, y sudoeste de África y de Australia. Ocupa una extensión excepcional en la región del mar Mediterráneo debido a la situación geográfica única de este mar interior y extenso en los subtrópicos, que en el verano prolonga hasta el Levante mediterráneo el flanco oriental del anticiclón oceánico atlántico. En el Mediterráneo oriental se

reproduce el flujo de componente norte en niveles bajos del este del alta de las Azores y se intensifica la subsidencia (figura 2b). Estas características se deben a la interacción del monzón de verano de la India (MVI) y la orografía local con el flujo de los vientos oestes de latitudes medias; *mecanismo monzón-desierto*, así denominado por Rodwell & Hoskins (1996) (ver recuadro).

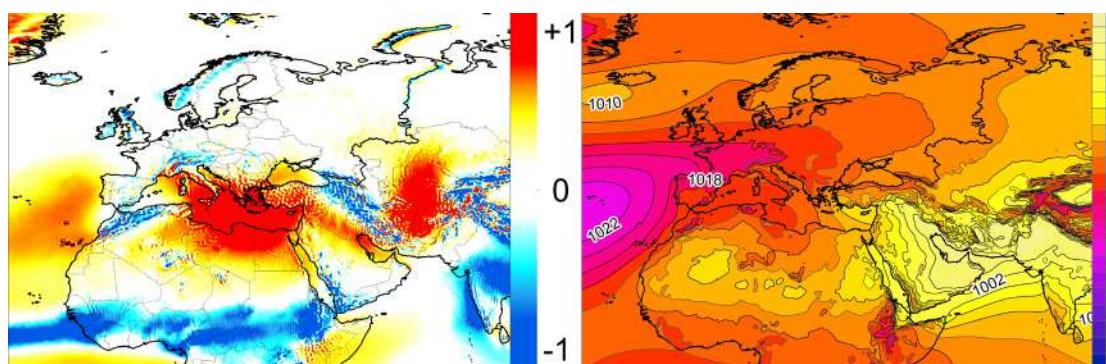


Figura 2. Verano (junio-agosto).  
Izquierda: velocidad vertical omega (en Pa/s) en 500 hPa;  
valores positivos descendencias.  
Derecha: presión a nivel del mar en hPa. (Sánchez-Laulhé y Núñez, 2023)

<sup>1</sup> Niño 3.4: índice que representa el promedio de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial desde aproximadamente la línea de fecha hasta la costa de América del Sur (5° N - 5° S, 170° O - 120° O). El Índice Niño 3.4 normalmente utiliza una media móvil de 5 meses y los eventos de El Niño o La Niña se definen cuando las TSM del Niño 3.4 exceden +/- 0.4 °C durante un período de seis meses o más.

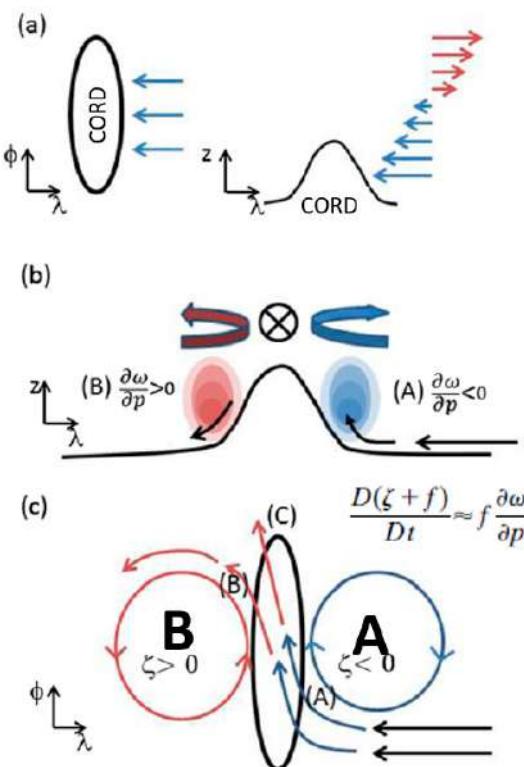
## La correlación ENSO-presión en la región próxima al Estrecho

Dado que el ENSO influye en la intensidad de los monzones y que el MVI determina en buena parte el clima mediterráneo en el verano, se podría suponer una influencia del ENSO en el clima de la región mediterránea. Pero hay un gran diferencial de correlación entre unas zonas y otras.

La alta correlación ENSO-presión en el Mediterráneo oriental se explica porque esta región está afectada por la lengua de bajas presiones que desde la región monzónica del sur de Asia se estira hacia el Mediterráneo a través de la península arábiga.

La alta correlación en la región del Atlas está ligada en veranos de La Niña a otra lengua de bajas presiones que por la costa atlántica se dirige hacia la Península desde la baja térmica del noroeste de África (aparentemente conectada también al monzón de verano del África occidental, MVAO). Estas bajas presiones parecen tener un origen orográfico pues al este de Atlas, a unos 30° N, existe un fuerte gradiente meridional de la correlación ENSO-presión que indica una gran variabilidad de viento zonal (figura 1) y una mayor ocurrencia en los veranos de La Niña del flujo de levante. Esta configuración se repite en la zona del Estrecho, dando lugar a los vientos de levante en el Estrecho y al desplazamiento hacia el oeste de la vaguada invertida peninsular en los veranos de La Niña, enlazando con la lengua de bajas presiones atlántica.

La incidencia de los levantes sobre la orografía es determinante para explicar la correlación ENSO-presión en la zona próxima al estrecho de Gibraltar. Para un razonamiento cualitativo se puede considerar a las montañas del Atlas occidental prolongadas con las sierras de la península ibérica como una cordillera con eje meridional sobre la que incide un flujo de aire cuyo estado básico siempre presenta cizalladura vertical del oeste y un gradiente de temperaturas dirigido hacia el sur, siendo el viento de levante en niveles bajos en los veranos con La Niña. La influencia de las montañas sobre este flujo con cizalladura, descrita para la cordillera de los Zagros por Simpson *et al.* (2015), se muestra esquemá-



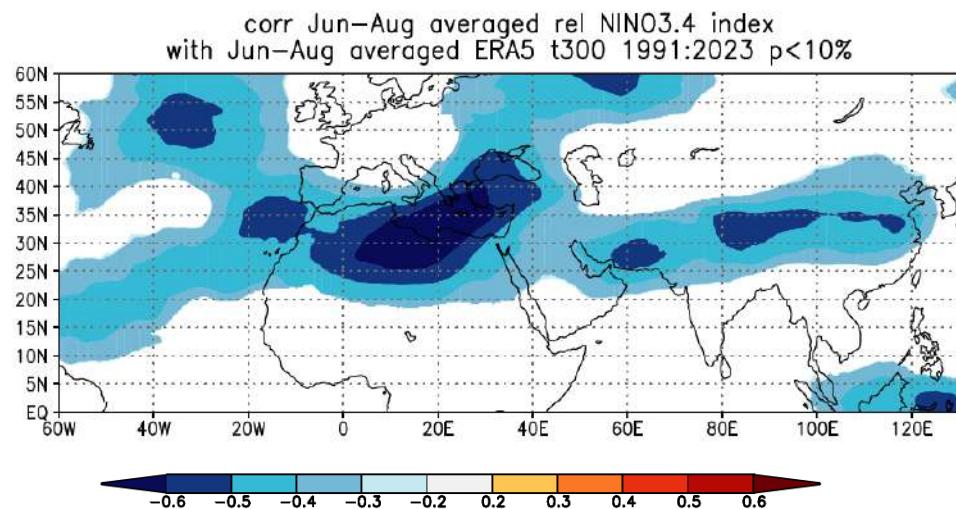
**Figura 3 .Esquema de la influencia de la cordillera Atlas-cordilleras ibéricas sobre un flujo zonal cuyo estado básico se muestra en planta y perfil en (a); La influencia montañosa se muestra en (b) la vista de perfil: Las flechas negras muestran el flujo; el sombreado azul y rojo la velocidad vertical ascendente y descendente; y las flechas azul y roja vorticidad antícnica y ciclónica. El círculo y la cruz indican el flujo del sur a lo largo de la cordillera, (c) en planta: en azul está el flujo ascendente y en rojo el descendente. Esquema modificado de Simpson *et al.* (2015).**

ticamente en la figura 3. En la figura 6a se han interpretado los máximos y mínimos relativos de correlación para la fase La Niña como bajas presiones, B, y altas presiones, A, respectivamente. Esto se justifica por-

que en niveles bajos, los gradientes de correlación ENSO-presión fuertes son perpendiculares al gradiente de presión a nivel del mar en los meses de verano (figura 2b). Pues bien, hay una gran coincidencia entre las perturbaciones en el flujo del esquema y las deducidas de los mapas de correlación ENSO-presión para La Niña: existencia de altas presiones al este de la cordillera, por la generación de vorticidad vertical antícnica en niveles bajos durante el ascenso del flujo de levante, y la existencia de bajas presiones al oeste de la cordillera, por la generación de vorticidad vertical ciclónica por el descenso del aire. La presencia del alta en niveles bajos perturba el flujo básico al este de la cordillera, que solo se mantiene de levante al sur de la cordillera (y también en Alborán). Por el contrario, el flujo del oeste se mantiene preferentemente en el oeste de la cordillera en la parte norte.

## El ENSO y la variabilidad de los monzones de verano de la India y del norte de África

Numerosos estudios han documentado la covariabilidad del MVI y el ENSO, que se manifiesta en que durante eventos El Niño (La Niña) en verano, generalmente el MVI es más débil (más intenso); igualmente ocurre con el MVAO. El ENSO explica hasta el 29 % de la variación interanual



**Figura 4. Correlación entre el índice SST Niño3.4 y la temperatura media en 300 hPa en julio y agosto para los reanálisis ERA5 para el periodo 1991-2023**

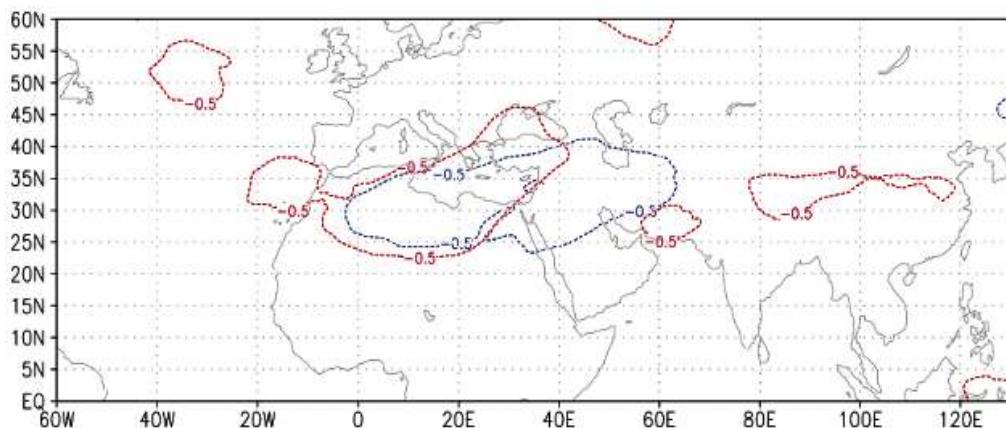


Figura 5. Zonas de correlación mayor que 0.5 entre el índice Niño3.4 y la temperatura media en 300 hPa en verano (junio, julio y agosto) para los reanálisis ERA5 y los períodos 1950-1990 (azul) y 1991-2023 (rojo)

total de las precipitaciones del MVI y el 24 % de las precipitaciones del MVAO (Srivastava *et al.*, 2019).

Esta covariabilidad se explica por la relación entre el ENSO y la temperatura en la troposfera alta y media en las proximidades de la corriente en chorro subtropical en verano. En la figura 4 se muestra la correlación entre el índice Niño3.4 y la temperatura en 300 hPa en julio y agosto. Como se puede observar, en la fase El Niño disminuye la temperatura en la troposfera en los subtrópicos, lo que da lugar a que disminuya el gradiente de temperatura meridional que, a su vez, causa el debilitamiento del chorro del este en niveles altos por medio del balance del viento térmico y debilita el flujo monzónico en ambas regiones monzónicas. Por el contrario, las lluvias monzónicas se intensifican durante los veranos con eventos La Niña.

Las intensidades de las relaciones lineales entre el ENSO y las precipitaciones del MVI y del MVAO muestran fuertes variaciones, pero desfasadas, en una escala de tiempo multidecadal: mientras

a partir de la década de 1980 la relación ENSO-MVI se debilitó, la relación ENSO-MVAO se fortaleció. Esta alternancia multidecadal de impacto fuerte-débil del ENSO en el MVI y el MVAO fue explicada por Srivastava *et al.* (2019) a través de la modulación de la temperatura de la troposfera superior en el África subtropical y en Asia: mientras antes de la década de 1980 el impacto del ENSO sobre esta anomalía de temperatura se concentró y fue fuerte en el noroeste de la India, a partir de la década de 1990, las anomalías fueron débiles y discontinuas, debilitando la relación ENSO-MVI. Además, el desplazamiento hacia el oeste en el norte de África del centro de esta anomalía y su intensificación en la década de 1990 fortaleció la relación ENSO-MVAO (figura 5). Estas variaciones justifican que los gráficos de este trabajo estén referidos al periodo posterior a 1990.

Existen varias teorías sobre los orígenes de esta relación entre el ENSO y las anomalías de temperaturas. Mientras Shaman y Tziperman (2007) atribuyen el en-

friamiento de la troposfera en la corriente en chorro sobre el nordeste de la India y norte de África durante El Niño a la propagación hasta las latitudes medias de ondas de Rossby, causadas por la variación en la actividad convectiva sobre el Pacífico ecuatorial, Seager *et al.* (2003) la atribuyen a los cambios en la circulación meridional asociadas a las perturbaciones propias de esta fase del ENSO.

## La correlación ENSO-temperatura y los vientos en el Estrecho

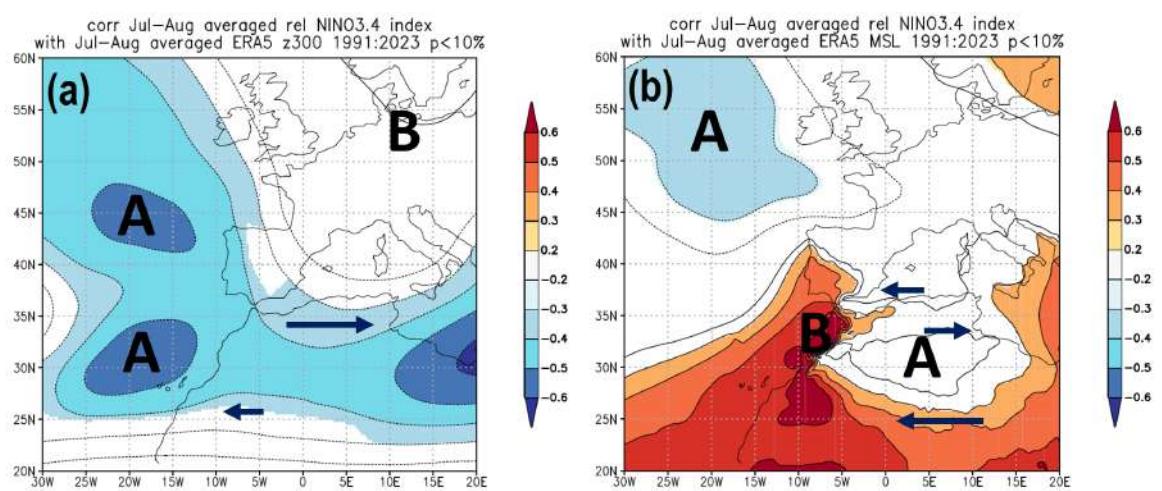
En latitudes medias, las anomalías negativas de temperatura en la troposfera alta y media están asociadas a anomalías de vorticidad potencial positivas en la tropopausa y a anomalías negativas del geopotencial en la troposfera (Hoskins *et al.*, 1985). Por tanto, es de esperar cierta similitud entre las correlaciones ENSO-temperatura descritas más arriba (figura 4) y ENSO-geopotencial (figura 6a) en 300 hPa.

Esta región se encuentra entre dos máximos de geopotencial en los niveles altos que tenderían a inducir en niveles bajos viento del este en latitudes próximas a 25° N; latitud que al mismo tiempo se encontraría bajo el flanco norte del chorro del este en niveles medios asociado al MVAO, que se desplaza hacia el norte debido a la intensificación del monzón de verano durante La Niña.

## Conclusiones

De acuerdo con lo mostrado en el artículo, se deduce que las anomalías de temperatura en la troposfera alta y media en la zona del chorro subtropical en el norte de África ligadas a las fases del

Figura 6. (a) Correlación entre el ENSO y geopotencial en 300 hPa; (b) correlación entre el ENSO y la presión a nivel del mar para los valores medios de julio y agosto en el periodo 1991-2023, obtenidas de los reanálisis ERA5. Se han señalado las altas y bajas presiones para los veranos La Niña interpretados a partir de las correlaciones



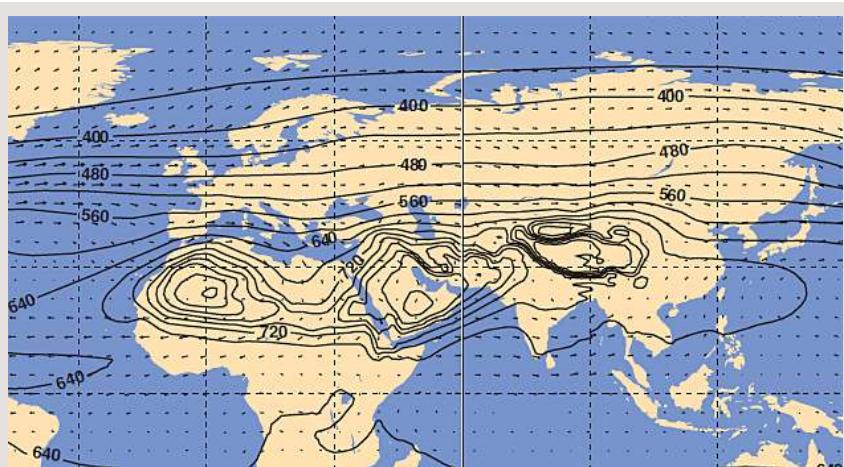


Figura 7. Viento y presión (hPa) en la superficie de temperatura potencial de 315 K, junio-agosto. Fuente: adaptado de Atlas ERA-40 (Källberg *et al.*, 2007)

## El Mediterráneo y el monzón de la India: mecanismo “monzón-desierto”

En verano la circulación atmosférica sobre el Mediterráneo se caracteriza por la persistencia de subsidencia y de vientos de componente norte en niveles bajos en las partes central y oriental de la cuenca. Estas características se disipan hacia el oeste llegando a predominar en la península ibérica y en la región del Atlas los movimientos ascendentes debido a la orografía. Más hacia el oeste, sobre el Atlántico oriental subtropical, vuelven a predominar la subsidencia y los vientos de componente norte (ver figura 2). Este comportamiento se debe a la interacción del monzón de la India y la orografía con el flujo de los vientos oestes de latitudes medias.

El monzón de la India de verano produce una anomalía zonal cálida que se extiende desde la región monzónica hacia el oeste a través del Oriente Próximo, afectando al norte de África y al Mediterráneo a todos los niveles de la troposfera, que se traduce en bajas presiones en niveles bajos (figura 2b). Rodwell & Hoskins (1996) demostraron que los oestes de las latitudes medias en niveles altos y medios de la troposfera interactúan con esta anomalía cálida, y como consecuencia se giran, dirigiéndose hacia latitudes bajas, y descienden hasta los niveles bajos en el norte de África. El flujo descendente hacia el norte de África es forzado también por la orografía: las montañas del Atlas impiden que el flujo de oeste en niveles altos de latitudes medias gire hacia el sur hasta el Mediterráneo central y, en consecuencia el campo

de la velocidad vertical omega ( $d\rho/dt$ ) en 500 hPa localiza los movimientos descendentes en el este y centro del mar Mediterráneo y en el Sahara oriental.

Este mecanismo, denominado mecanismo monzón-desierto, forma la masa de aire seca y muy cálida del Sahara. El mapa de vientos e isobaras en la superficie con temperatura potencial 315 K ilustra muy bien este proceso, mostrando sobre el centro del Mediterráneo vientos de componente norte que cruzan las isobaras hacia las bajas presiones (Figura 3). Este mapa se puede invertir considerando los contornos como isotermas sobre una superficie la división entre renglones “i-sobárica” o “iso-bárica”, por lo que los vientos cruzarían las isotermas, y como resultado el descenso sobre el Mediterráneo se asocia a una advección fría. Sobre el Atlántico, al oeste de la Península, se aprecia otra área de descendencias (advección fría) que está relacionadas con la intensificación del anticiclón de las Azores en verano (Rodwell & Hoskins, 2001) y que hace que los frentes atlánticos asociados a las borrascas atlánticas se disipen en las inmediaciones de la Península. Sin embargo, sobre la península ibérica existe en promedio movimiento ascendente de poca intensidad en promedio (y advección cálida) como se indica en la figura 2a y se interpreta en la figura 7, que puede generar tormentas significativas en el interior oriental en zonas donde las bajas presiones en superficie faciliten la entrada de aire húmedo mediterráneo en niveles bajos.

ENSO, que son responsables de la variabilidad de la intensidad de los monzones de verano de África occidental y de la India, serían también responsables de la mayor frecuencia de los vientos de levante en la zona del Estrecho de Gibraltar en verano en los años de La Niña, bien por inducción en superficie de las anomalías de vorticidad potencial en la tropopausa asociadas, bien indirectamente a través del MVAO, o por ambas vías.

Por otra parte se puede hacer la hipótesis de que la intensidad de la correlación puede tener una variabilidad multidecadal en fase con la variabilidad multidecadal del monzón del oeste de África.

**NOTA:** Los gráficos de las figuras 1 al 6 han sido obtenidos de datos usando la aplicación KNMI Climate Explorer (Trouet *et al.*, 2013)

## Referencias:

- Hoskins BJ, McIntyre ME & Robertson AW (1985) *On the use and significance of isentropic potential vorticity maps*. Q J Roy Meteorol Soc 111: 877–946.
- Källberg P, Simmons A, Uppala S, et al. (2007) ERA 40 Project Report Series, 17, The ERA 40 archive, 31 pp., Reading, U. K.
- Rodwell MJ & Hoskins BJ (1996) *Monsoons and the dynamics of deserts*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 122: 1385–1404.
- Rodwell MJ & Hoskins BJ (2001) *Subtropical Anticyclones and Summer Monsoons*. J Climate 14:3192–3211.
- Sánchez-Laulhé JM & Núñez-Mora JA (2023) *El clima en el entorno del estrecho de Gibraltar: incidencia de los mecanismos de gran escala del sistema climático*. In: El estrecho de Gibraltar: llave natural entre dos mares y dos continentes. Juan Pérez-Rubín y Teodoro Ramírez (Eds.) Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat. Memorias 2ª ép. XVII: 15-32.
- Shaman J & Tziperman E (2005) *The effect of ENSO on Tibetan Plateau snow depth and the South Asian monsoons: a stationary wave teleconnection mechanism*. J. Climate 18: 2067– 2079.
- Simpson IR, Seager R, Shaw TA & Ting M (2015) *Mediterranean Summer Climate and the Importance of Middle East Topography*. J. Climate 28:1977–1996.
- Srivastava G, Chakraborty A & Nanjundia RS (2019) *Multidecadal see-saw of the impact of ENSO on Indian and West African summer monsoon rainfall*. Clim Dyn 52: 6633–6649
- Trouet V. & Van Oldenborgh GJ (2013) *KNMI Climate Explorer: a web-based research tool for high-resolution paleoclimatology*. Tree-Ring Research 69(1) 3-13.

# CRÓNICA DEL TIEMPO

FEDERICO FRANCO, ANDRÉS CHAZARRA,  
ANA MORATA Y JESÚS RIESCO.

## Descripción del invierno a escala global en el Hemisferio Norte

### TEMPERATURA

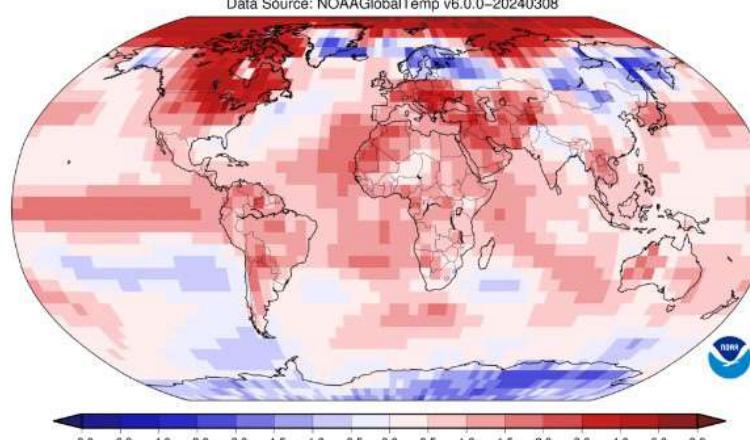
La temperatura global durante el invierno boreal (diciembre 2023 - febrero de 2024) de la superficie terrestre y oceánica fue la más alta en los 175 años de registros. Fue 1.36°C por encima de la media del siglo XX (12.1 °C). Los últimos diez períodos diciembre-febrero han estado entre los doce más cálidos registrados. La temperatura del invierno en el hemisferio norte fue también la más caliente registrada, y marca treinta y nueve inviernos consecutivos con temperaturas superiores a la media de esta estación en el siglo XX en el hemisferio norte.

Las anomalías de temperatura han sido positivas en el centro y este de Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica, suroeste asiático, Europa oriental y océano Glacial Ártico. Las anomalías de temperatura fueron negativas en Groenlandia, península escandinava, continente antártico y noreste asiático. Hay que tener en cuenta que los diferentes países reportan anomalías de temperatura con respecto a diferentes períodos de referencia.

El océano ha tenido un comportamiento desigual predominando ampliamente las anomalías positivas de la superficie del agua del mar.

Land & Ocean Temperature Departure from Average Dec 2023–Feb 2024  
(with respect to a 1991–2020 base period)

Data Source: NOAA GlobalTemp v6.0.0–20240308



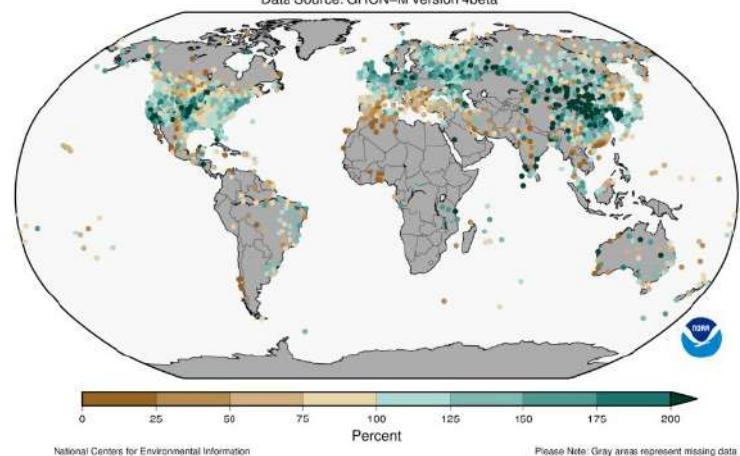
Anomalías de temperatura (°C) del trimestre diciembre - febrero desde 1851. Fuente: NCEI/NOAA.

### 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

Land-Only Percent of Normal Precipitation Dec 2023–Feb 2024  
(with respect to a 1961–1990 base period)

Data Source: GHCN-M version 4beta



Tanto por ciento de la precipitación en el periodo diciembre 2023-febrero 2024 respecto de la normal de 1961-90.

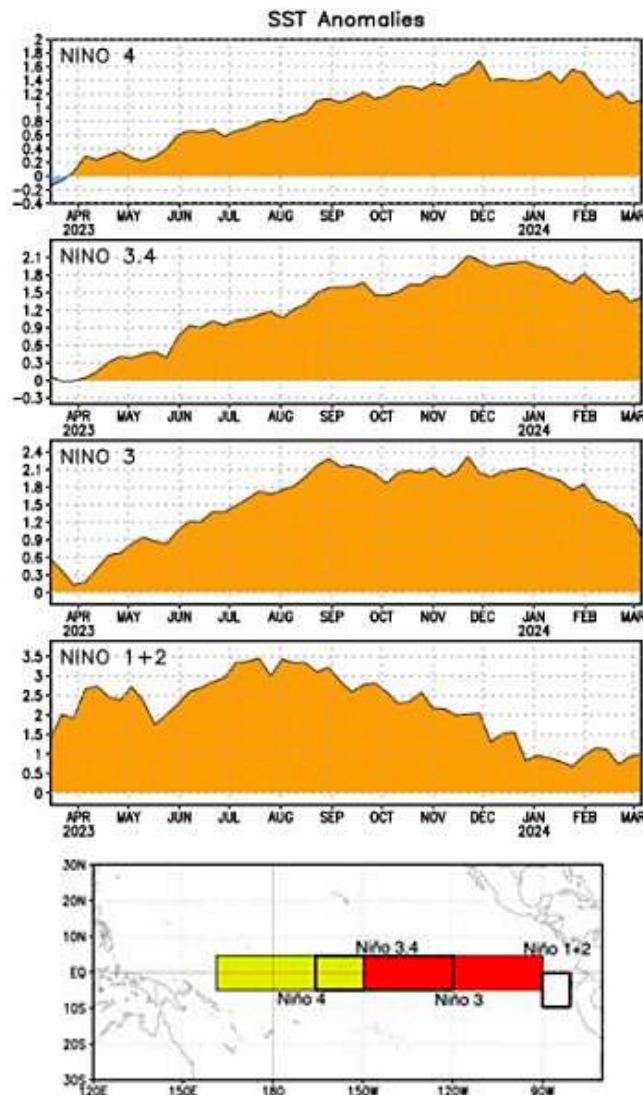
Fuente: NCEI/NOAA.

distribución de la precipitación a escala regional. Precipitaciones estacionales superiores al promedio se registraron (entre otros lugares desigualmente repartidos) en diversas zonas del oeste de Estados Unidos, Gran Bretaña, norte de Europa y diversas extensiones del este del continente asiático. Por el contrario, condiciones más secas que el promedio se registraron en Marruecos, Argelia y diversos países de la cuenca mediterránea.

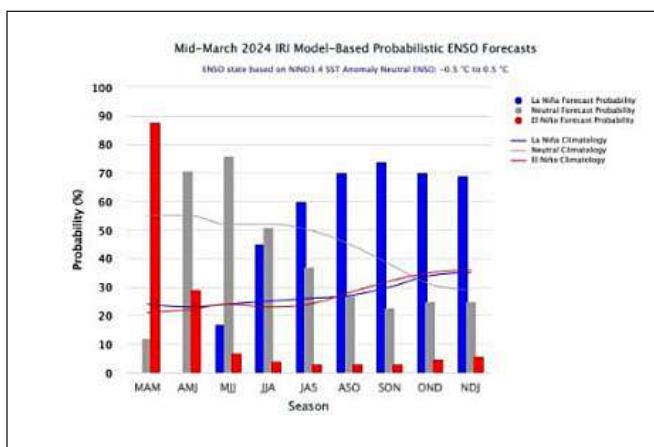
### EL NIÑO

A lo largo del invierno boreal han predominado las condiciones El Niño si bien ha ido debilitándose con respecto a meses precedentes. En el trimestre comprendido entre diciembre de 2023 y febrero de 2024 las observaciones semanales de las SST (temperaturas de la superficie del agua del mar) estuvieron por encima del promedio en todas las regiones El Niño.

Los modelos de predicción para los siguientes meses indican que el episodio El Niño finalizará y que habrá condiciones ENSO neutral durante la primavera 2024.



**Series temporales semanales de las anomalías en la temperatura (°C) de la superficie del océano en las regiones El Niño respecto de los promedios semanales del período 1971-2000 y gráfico con las regiones de El Niño.** Fuente: NOAA.

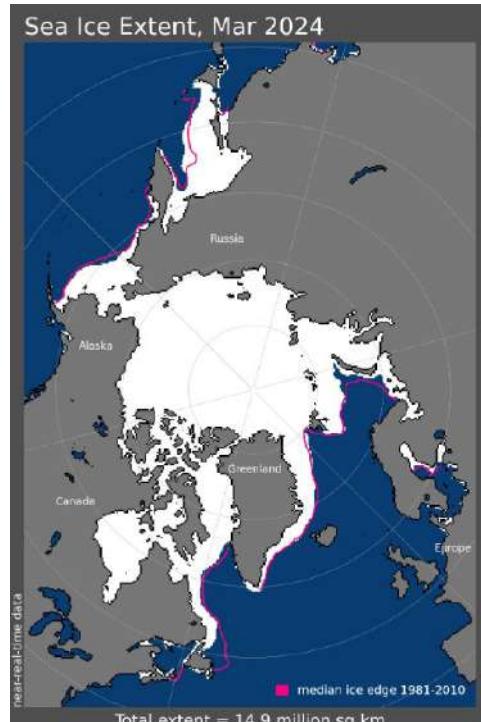


Probabilidad estimada de que se den condiciones de ENSO neutral (gris), El Niño (rojo) o La Niña (azul) durante los próximos trimestres.

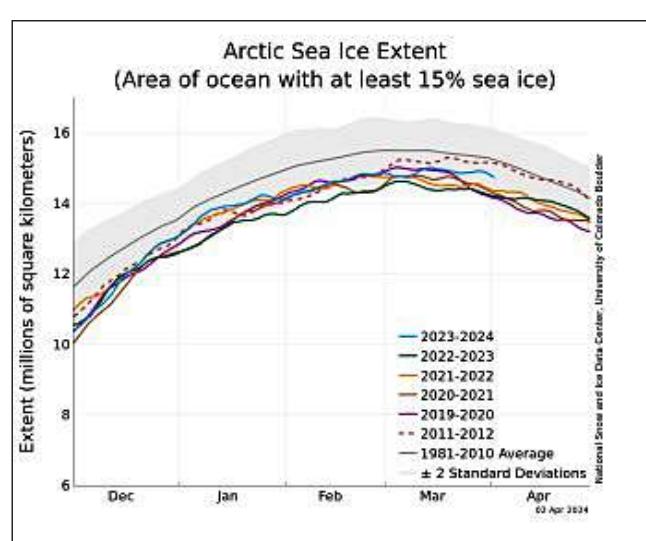
Se espera que durante la primavera haya un episodio de ENSO neutral con una probabilidad cercana al 70% . Fuente: IRI/CPC

## 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 del hielo marino ártico promediada para marzo de 2024 fue de 14.87 millones de kilómetros cuadrados. Ha sido la decimoquinta extensión más baja desde que se dispone de registros de satélite. A principios de abril de 2024, la extensión del hielo marino del Ártico había descendido unos 278.000 kilómetros cuadrados por debajo del máximo del 14 de marzo de 2024.



Extensión de hielo marino en el océano Glacial Ártico a principios de marzo de 2024. La línea magenta representa la mediana correspondiente al periodo de referencia 1981-2010. Fuente: NSIDC



Extensión del hielo marino del océano Glacial Ártico del 2 de abril de 2024, junto con los datos de extensión de hielo diario correspondientes a los cuatro años anteriores. El año 2023-2024 figura en azul, el 2022-2023 en verde, el 2021-2022 en naranja, el 2020-2021 en marrón, y el 2019-2020 en morado. La media del periodo 1981-2010 aparece en gris oscuro. Fuente: NSIDC

# Descripción del invierno en España

## TEMPERATURA

El invierno 2023-24 (periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2023 y el 29 de febrero de 2024) ha tenido un carácter muy cálido, con una temperatura media sobre la España peninsular de 8.5 °C, valor que queda 1.9 °C por encima de la media de esta estación (periodo de referencia 1991-2020). Ha sido, junto con 2019-20, el invierno más cálido desde el comienzo de la serie en 1961.

El invierno tuvo carácter extremadamente cálido en la región mediterránea y muy cálido en el resto de la España peninsular. En Baleares fue muy cálido, mientras que en Canarias tuvo carácter extremadamente cálido.

Se observaron anomalías térmicas cercanas a +3 °C en zonas del interior de la Comunitat Valenciana, de la Región de Murcia y de Cataluña, así como en el sur de Aragón y el este de Castilla-La Mancha. En el resto de la España peninsular las anomalías tomaron valores comprendidos entre +1 °C y +2 °C, salvo en zonas del oeste de Castilla y León, donde se situaron entre 0 y +1 °C. En Baleares las anomalías estuvieron comprendidas entre +1 °C y +2 °C, mientras que en Canarias tomaron valores alrededor de +2 °C en las zonas bajas y en torno a +3 °C en las zonas de mayor altitud.

Las temperaturas máximas diarias quedaron en promedio 2.0 °C por encima del valor normal, mientras que las mínimas se situaron 1.7 °C por encima de la media, resultando una oscilación térmica diaria 0.3 °C superior a la normal del trimestre. En diecinueve estaciones principales la temperatura media del invierno fue la más alta de la serie, en veintidós la media de la máximas diarias resultó la más alta desde el comienzo de las observaciones, y en seis la media de las mínimas fue también la más alta desde el comienzo de las respectivas series.

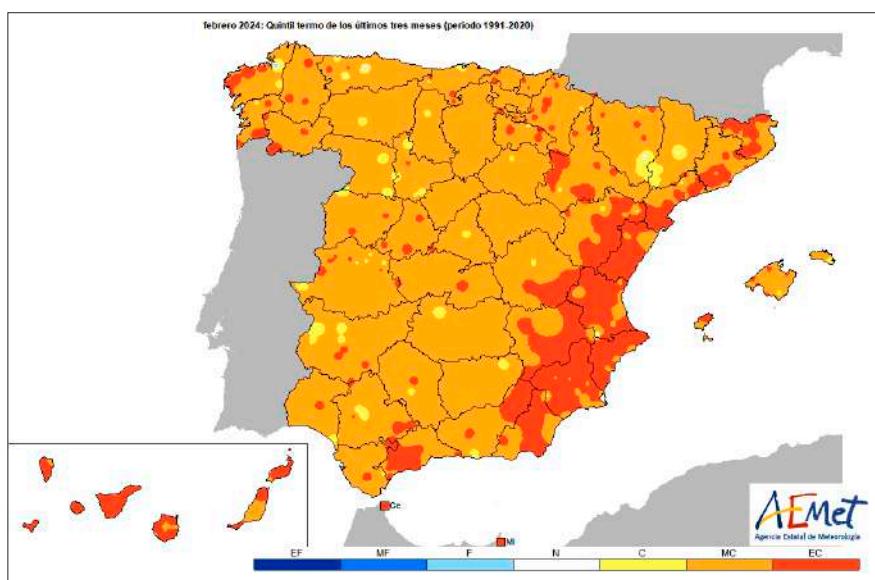
El invierno comenzó con un mes de diciembre cálido, con una temperatura media en la España peninsular que se situó 0.8 °C por encima de la media del mes. Enero fue extremadamente cálido, con una temperatura media 2.4 °C, resultando el mes de enero más cálido desde el comienzo de la serie en 1961. Febrero resultó muy cálido, con una temperatura media 2.5 °C por encima de la media, siendo el tercer mes de febrero más cálido de la serie.

Diciembre resultó cálido o muy cálido en la mayor parte de la mitad este de la península ibérica y en el Cantábrico, mientras que fue normal o frío en el resto de la España peninsular. En Baleares y en Canarias fue cálido o muy cálido en la mayoría de las zonas. Las anomalías

térmicas se situaron alrededor de +1 °C en la mayor parte de Cataluña, Aragón, Navarra, País Vasco, La Rioja, Comunitat Valenciana, Región de Murcia, cordillera Cantábrica, sistema Central y sistema Ibérico, llegando a superarse los +2 °C en algunos puntos de estas regiones. En el resto de la España peninsular las anomalías se situaron mayoritariamente entre 0 y -1 °C. En Baleares tomaron valores en torno a +1 °C, mientras que en Canarias estuvieron comprendidas entre +1 °C y +2 °C.

Enero resultó extremadamente cálido en el sur y el centro de la Península, y cálido o muy cálido en el tercio norte, llegando a ser normal en algunos puntos del valle del Ebro. En Baleares fue muy cálido, y en Canarias muy cálido o extremadamente cálido. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de +3 °C en el sur de Castilla y León, sur de Aragón, interior de la Comunitat Valenciana y de la Región de Murcia, sur y este de Castilla-La Mancha, este de Extremadura e interior de Andalucía central y oriental. En el resto de la España peninsular las anomalías se situaron en torno a +2 °C, salvo en zonas del norte de Galicia, Cantábrico occidental, noroeste de Castilla y León y valle del Ebro, donde se situaron alrededor de +1 °C, llegando a observarse valores cercanos a 0 °C en algunos puntos del valle del Ebro. En Baleares tomaron valores comprendidos entre +1 °C y +2 °C, mientras que en Canarias se situaron entre +2 °C y +3 °C en zonas bajas y entre +3 °C y +4 °C en las zonas de mayor altitud.

Febrero resultó muy cálido en prácticamente toda la España peninsular y Baleares, mientras que en Canarias tuvo un carácter muy cálido o extremadamente cálido. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de +3 °C en amplias zonas del centro y este de Cataluña, Pirineos, La Rioja, centro y sur de Aragón, este de Castilla-La Mancha, norte y centro de la Comunitat Valenciana, interior de la Región de Murcia, sur de Galicia y en puntos de la cordillera Cantábrica. En el resto de la España peninsular, así como en las islas Baleares, las anomalías se situaron en torno a +2 °C. En Canarias las anomalías térmicas tomaron valores



Carácter de la temperatura media durante el invierno respecto a los quintiles del periodo de referencia 1991-2020

comprendidos entre +2 °C y +3 °C en zonas bajas y alrededor de +4 °C en las zonas de mayor altitud.

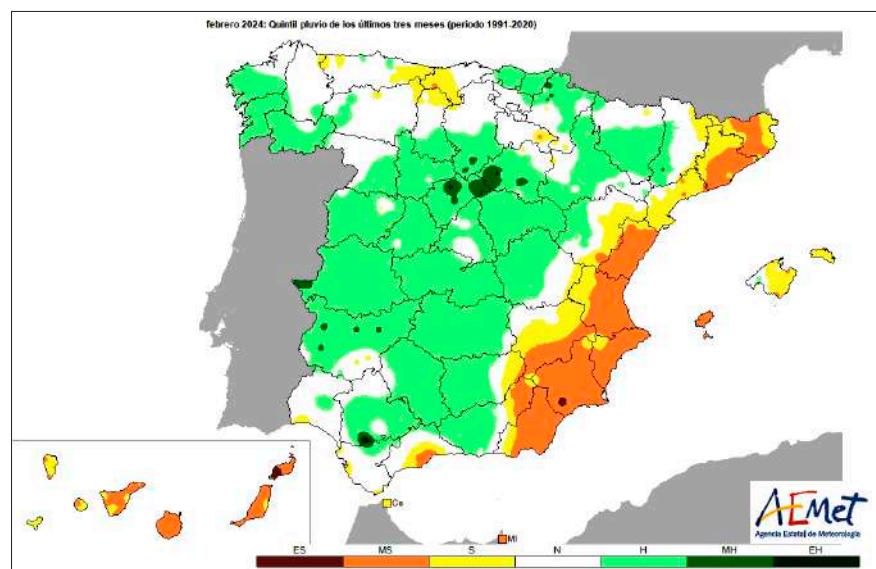
## EPISODIOS MÁS DESTACADOS

Durante el invierno fueron frecuentes los episodios cálidos. Destacaron, por su intensidad y duración, el episodio cálido que tuvo lugar entre el 21 de enero y el 9 de febrero y el de los días 12 a 22 de febrero, ambos con temperaturas máximas y mínimas muy por encima de los valores habituales para la época del año. Otros episodios cálidos destacados fueron los de los días 8 a 13 de diciembre, 29 de diciembre a 4 de enero, y 13 a 19 de enero.

Las temperaturas más elevadas del invierno entre estaciones principales correspondieron a Gran Canaria/aeropuerto, donde se registraron 30,8 °C el 16 de enero, Fuerteventura /aeropuerto, con 29,9 °C también el 16 de enero, Tenerife Sur/aeropuerto, con 29,5 °C el 9 de febrero, y Málaga/aeropuerto, donde se midieron 29,4 °C el 12 de diciembre. En tres estaciones principales (Puerto de Navacerrada, Palma-Puerto y Gijón-Puerto) se registró la temperatura más alta de invierno desde el comienzo de las respectivas series.

En cuanto a bajas temperaturas, hubo varios episodios fríos con temperaturas por debajo de las normales, si bien ninguno de ellos puede considerarse como ola de frío. En diciembre se observaron tres breves episodios fríos, el primero entre los días 2 y 6, con máximas y mínimas por debajo de los valores habituales para la época del año, y los siguientes los días 17-20 y 24-27, en los que las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de los valores normales, si bien las máximas tomaron valores cercanos a la media. En enero hubo dos episodios fríos, con temperaturas por debajo de las habituales para la época del año, los días 6 a 12 y 20 a 21. En febrero hubo un único episodio frío, con temperaturas algo por debajo de las habituales para la época del año, especialmente las máximas, entre los días 23 y 29.

Destacaron entre estaciones principales los -9.2 °C de Soria medidos el día 21 de enero, los -8.9 °C de Molina de Ara-



Carácter de la precipitación acumulada en invierno respecto a los quintiles del periodo de referencia 1991-2020

gón el día 27 de diciembre, los -8.0 °C de Burgos el día 20 de enero y los 7.4 °C de Teruel y Puerto de Navacerrada registrados el 27 de diciembre y el 12 de enero, respectivamente. En tres estaciones principales (Puerto de Navacerrada, Colmenar Viejo y Soria) se registró la temperatura mínima diaria más alta (la noche más cálida) en un invierno desde el comienzo de las observaciones.

## PRECIPITACIÓN

El invierno ha sido en su conjunto normal en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre España peninsular de 170.5 mm, valor que representa el 90 % del valor normal del trimestre en el periodo de referencia 1991-2020. Se ha tratado del vigésimo séptimo invierno más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el décimo primero del siglo XXI.

El invierno ha tenido carácter entre normal y húmedo en prácticamente toda la Península, con excepción del Levante, puntos de Cantabria y Asturias y sur de Andalucía, donde ha tenido carácter entre seco y muy seco. En el archipiélago balear el invierno ha sido seco, salvo en la isla de Mallorca donde ha tenido carácter entre normal y seco. En Canarias, el invierno ha sido muy seco llegando a ser extremadamente seco en la isla de Lanzarote.

El invierno comenzó con un mes de diciembre muy seco, con un valor de precipitación media sobre la España

peninsular de 33.4 mm. Se trató del décimo mes de diciembre más seco desde el comienzo de la serie en 1961. Por el contrario, enero tuvo carácter normal, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 59.9 mm y por otra parte, febrero ha tenido húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 69.6 mm.

**Diciembre** de 2023 fue entre seco y muy seco en casi toda la Península, y ambos archipiélagos llegando a tener carácter extremadamente seco en puntos de Mallorca. Por el contrario, ha sido entre normal y húmedo Galicia, noreste de Cantabria, norte de Navarra y País Vasco y puntos del interior de Castilla y León, llegando a muy húmedo en zonas del noroeste de Galicia y norte de Navarra.

**Enero** de 2024 ha sido entre normal y húmedo en casi toda la Península, llegando a muy húmedo en el centro peninsular y puntos de Aragón. Por el contrario, ha sido seco en Cataluña, Murcia, áreas del Levante peninsular, Andalucía, la cornisa cantábrica, Navarra y norte de Galicia. En el archipiélago canario, enero ha sido muy seco. En el archipiélago balear, ha sido húmedo en las islas de Mallorca y Menorca y seco en el resto.

**Febrero** ha sido entre normal y húmedo en casi toda la Península, llegando a muy húmedo en el tercio norte peninsular, Andalucía, Extremadura y algunos puntos de Castilla-La Mancha. Por el contrario, ha sido entre seco y ➔

## Descripción del invierno en España

→ muy seco en el Levante peninsular, Andalucía oriental, el archipiélago canario y parte del archipiélago balear.

### EPISODIOS MÁS DESTACADOS

En diciembre, las mayores precipitaciones diarias registradas en observatorios principales correspondieron a La Palma/aeropuerto, con 57.2 mm el día 2; A Coruña, 56.8 mm el día 27; Vigo/aeropuerto, 46.8 mm y Santiago de Compostela/aeropuerto, 45.4 mm el día 7. En cuanto a la precipitación total del mes, entre las estaciones principales, destacan: 237.5 mm de Vigo/aeropuerto; 236.9 mm de Hondarribia/Malkarroa; 231.7 mm de Santiago de

Compostela/aeropuerto y 215 mm de Donostia/San Sebastián/Igeldo.

En enero, las mayores precipitaciones diarias registradas en observatorios principales correspondieron a: Hondarribia/Malkarroa, 67.1 mm el día 5; Santiago de Compostela, 52.5 mm el día 17; Donostia/San Sebastián/Igeldo, 48.6 mm el día 5 y Puerto de Navacerrada, 39.8 mm el día 16. En cuanto a la precipitación total del mes en las estaciones principales destacan: 227.2 mm en Vigo/aeropuerto, 217.2 mm de Santiago de Compostela/aeropuerto, 196.4 mm de Puerto de Navacerrada y 154.0 mm de Hondarribia/Malkarroa.

Finalmente, en febrero las mayores

precipitaciones diarias registradas en los observatorios principales correspondieron a Pontevedra, 66.2 mm, el valor más alto de su serie desde 1986, y Vigo/aeropuerto, 51.6 mm, ambas con el paso de la borrasca Karlotta el día 8; Foronda-Txokiza, 58.4 mm el día 26; Puerto de Navacerrada, 50.0 mm el día 8; Córdoba/aeropuerto, 49.6 mm el día 9; Santiago de Compostela, 49.2 mm el día 8. En cuanto a la precipitación total del mes en las estaciones principales destacan: 298.6 mm de Pontevedra, 294 mm de Vigo/aeropuerto, 255.1 mm de Santiago de Compostela/aeropuerto y 206.6 mm de Hondarribia/Malkarroa.

## Fenómenos meteorológicos singulares en SINOBAS diciembre (2023) y enero y febrero de 2024

Entre los meses de diciembre de 2023 y febrero de 2024 se introdujeron ocho reportes en SINOBAS. Es una cantidad pequeña debida principalmente a la escasa convección registrada durante la estación.

De los ocho reportes registrados, seis corresponden a la Península, uno a Baleares y uno a Canarias y fueron validados con fiabilidad alta. Tres correspondieron al mes de diciembre, cuatro al mes de enero y uno a febrero.

La frecuencia de cada tipo de fenómeno reportado fue la siguiente:

- 2 de nevadas singulares (correspondientes al mismo evento del 19 de enero en el norte peninsular)
- 2 de precipitación engelante (correspondientes al mismo evento del 20 de diciembre en Castilla y León)
- 2 de tornados/trombas marinas (un tornado en la isla de Ons -Pontevedra- el 17 de enero y una tromba marina en Santa Cruz de Tenerife el 18 de enero),
- 2 de granizada singular (en Maó-Menorca- el 5 de diciembre y en Sant Celoni -Barcelona- el 24 de febrero)

La nevada singular del 19 de enero de 2024 afectó a diversas zonas del norte peninsular, registrándose dos reportes de la misma, lógicamente correspondientes a la misma situación o evento, incluidos en el sistema por los usuarios @rrequenab

Distribución espacial de los ocho reportes introducidos en SINOBAS entre diciembre de 2023 y febrero de 2024

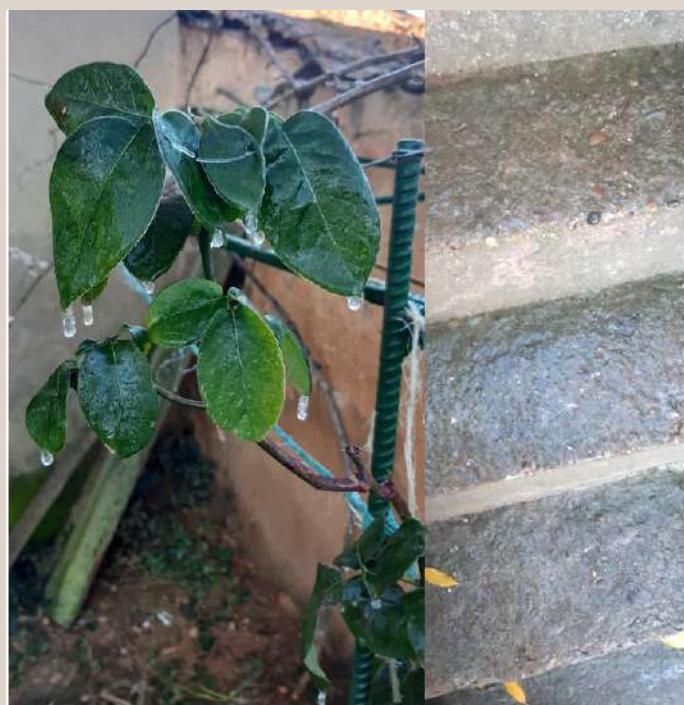


y @jgordalizab. En ellos se describen los efectos de la borrasca "Juan" en la ciudad y provincia de Soria (entre otras de Castilla y León), donde nevó copiosamente, especialmente durante la tarde, debido al paso de un frente cálido que interaccionó con aire frío del nordeste. La nevada también afectó a otras CCAA como la de Aragón, bajando la cota a unos 200 metros en su parte central.

El día 20 de diciembre de 2023 hubo condiciones apropiadas para precipitación/llovizna engelante como consecuencia del paso de un frente frío poco activo con temperaturas bajo cero en superficie. De hecho se reportaron sendos reportes en SINOBAS. Uno por el usuario @torba correspondiente a la localidad de Maire de Castroponce (Zamora) donde de madrugada se produjo



Imagen de la nevada de Zaragoza el 19 de enero de 2024 aportada por @rrequenab



Efectos de la lluvia engelante del 20 de diciembre en una planta y una escalera, en Maire de Castroponce (Zamora), facilitada por el usuario @torba



Izda: granizada singular en Maó (Menorca) el 5 de diciembre de 2023, facilitada por el usuario @bamengualv. Dcha: granizada singular en Sant Celoni (Barcelona) el 24 de febrero de 2024, incluida por el usuario @icampoo



el fenómeno que dejó observar por la mañana la capa de hielo transparente que cubría objetos como plantas, maderas, asfalto, tejados, etc. Por otra parte el usuario @mmoray da cuenta de los efectos de la precipitación engelante en la circulación vial que provocaron 19 accidentes en las provincias de Ávila y Segovia que sumaron 21 heridos y una persona fallecida en Cuéllar.

También cabe destacar la ocurrencia de dos granizadas singulares. Una tuvo lugar el 5 de diciembre de 2023 afectando a Menorca, generada por una tormenta que dejó en Maó una capa de granizo de entre 5 y 10 cm de espesor. La otra se registró en el NE de Cataluña el 24 de febrero de 2024, concentrándose la mayor actividad sobre puntos del norte de Vallès Oriental y se debió a una situación de descarga fría postfrontal que produjo una acumulación de granizo de unos 3 cm de espesor especialmente en el entorno de Sant Celoni y occasionó cortes de tráfico durante varias horas en la autopista AP-7 y la C-25.

En cuanto a los vórtices tornádicos del 18 de enero, se introdujeron dos reportes. Un tornado EF1 incluido por el usuario @jmoures, asociado a una tormenta que se desplazó desde la isla de Ons a Cambados. Se registró una racha de 148 km/h en la isla de Ons. El otro correspondió a una tromba marina introducida por @ricardo\_sanz que afectó al Puerto de Santa Cruz de Tenerife, originada en el seno de una nube rotor. La inestabilidad y la convergencia de vientos en niveles bajos parecen relevante en su formación al paso de un eje de vaguada, con núcleo frío de -20 °C en 500 hPa.

# Brontofilia

Carlos Castillejo Balsera

Granollers, mayo 1971. *Vivo en el Vallés Oriental, Barcelona y me encanta viajar. Me gusta recordar los sitios donde he estado y los momentos vividos pero la memoria no es mi fuerte. La fotografía fue la manera que encontré de guardar esos lugares y esos instantes. Me he acostumbrado a memorizar a través del objetivo. La cámara me conecta a cada lugar, a cada rincón, me concentra en los pequeños detalles. No me cansó de viajar, de ir de un lugar a otro buscando esos momentos excitantes, bien sea en un paisaje helado de Islandia, bajo una aurora boreal en Noruega o bajo una tormenta en Lleida... siempre buscando un momento que me cargue de energía.*

**Foto 1- DAVID Y GOLIAT**  
Barcelona, 17/09/2021.

Las tormentas de septiembre en el Mediterráneo acostumbran a dejar buenos espectáculos. Esas tormentas de finales de verano, como esta, dejan un auténtico festival de rayos extraordinarios cayendo alrededor de la ciudad de Barcelona. Estos cinco impactos sobre el mar, entre el aeropuerto y el puerto de la ciudad condal, hacen que una gran ciudad como Barcelona, se convierta en un "David" frente a "Goliat".

El diccionario define Brontofobia, como el miedo irracional a los rayos y relámpagos. Yo os puedo asegurar que "padezco" todo lo contrario. Disfruto, a veces de forma un tanto irracional, de las tormentas. Y al igual que con otras obsesiones, esta irracionalidad se agrava con el tiempo. Acabas enganchado a esa descarga de adrenalina que producen las tormentas, y cuando no las hay, acabas padeciendo el síndrome de abstinencia. A menudo, la liberación de adrenalina va seguida de una insatisfacción personal por la

búsqueda de la tormenta, el rayo, el lugar y el momento perfectos.

Durante estos dos últimos años he dedicado todo el tiempo, que me ha sido posible, a satisfacer la adrenalina que consigo persiguiendo tormentas.

Os presento un resumen de algunas de las mejores tormentas, rayos, supercélulas, mangas marinas vividas y fotografiadas en estos 24 meses.

El término Brontofilia no existe como tal... pero debería.



**2**

**Foto 3- UN GRAN RAYO CERCANO**  
Barberà del Vallés, 29/07/2022.

Esa tarde, las tormentas de verano que se formaban en el centro de Cataluña, se desplazaban muy rápido, así que apenas tuve tiempo de disfrutarla. Circulando por la autopista podía observar la gran cantidad de rayos, potentes, que soltaba. Cuando pude preparar el trípode, solo tuve 10 minutos para fotografiarla porque enseguida la gran cortina de agua que la acompañaba se me tiró encima. De la multitud de rayos que cayeron delante de mí, capturé este, a tan solo 1.3 km de mi posición.



**Foto 2- AMERIZAJE**  
Barcelona, 16/09/2022.

Estos dos años han sido muy prolíficos en mangas marinas delante de la costa catalana. Esta manga, visible desde muchos puntos de las comarcas del Barcelonés y del Baix Llobregat, se formó frente al aeropuerto de Barcelona. Una manga marina claramente definida, acompañada de una manga secundaria o satélite, que en la fotografía se puede apreciar a la derecha de la principal, colgando igualmente de la base de la nube.



4

**Foto 4- LAS TORMENTAS DE LLEIDA**

Arbeca (Lleida), 05/08/2022.

Las tormentas en las comarcas de Lleida no suelen defraudar. Son tormentas que se forman en un paisaje llano, abierto, con pequeños montículos pero con buena visibilidad. Esa tarde de septiembre fue muy tormentosa en toda Cataluña y, cuando parecía que toda la actividad había acabado, se formó en la Franja de Aragón esta pequeña célula con desplazamiento lento, que dejaba rayos espectaculares que iluminaban los pequeños pueblos de la zona.

5

**Foto 5- SUPERCÉLULA DEL BAJO ARAGON**  
La Almolda (Zaragoza), 04/07/2022.

Fue al atardecer, cuando parecía que la convección empezaba a decaer, cuando se formó esta supercélula. Se levantó hasta alcanzar unos 14 km de altura. Una estructura perfecta provista además de gran aparato eléctrico. Era tan enorme que en algún momento parecía que se iba a formar un tornado.

6

**Foto 6- BOLT FROM THE BLUE**

Barcelona, 17/09/2021.

*Bolt from the blue.* Así es como se conocen estos rayos con origen en la nube cumulonimbo pero, son de tal envergadura, que saltan y caen muy lejos del área ocupada por la propia nube de la tormenta. Un rayo caído del cielo...

7

**Foto 7- TORMENTA AISLADA EN EL DELTA**  
L'Ametlla de Mar (Tarragona), 22/09/2022.

Un pensamiento que siempre me ronda por la cabeza es que cuando dices "fin" y recoges el trípode para irte... suele formarse una nueva tormenta delante de ti. Había estado esperando toda la noche en la playa de l'Ametlla, una tormenta bonita, pero la verdad es que las condiciones no eran las idóneas y además la visibilidad era muy mala. Cansado, recogí el equipo, subí al coche y cuando arranqué, vi un primer destello de lo que fue una bonita, nítida y aislada tormenta delante del delta del Ebro.

8

**Foto 8- VERTICALIDAD**  
Barcelona, 3/11/2021.

La ciudad de Barcelona, fue una vez más testigo de una tormenta de otoño, fruto de la convergencia de vientos que suele darse en la costa central, cuando la tramontana sopla en la Costa Brava y el cierzo lo hace en la Costa Dorada. Este fenómeno, conocido como "rebufo", ese día favoreció que antes de la medianoche se levantara enfrente de la ciudad, esta tormenta de mucho desarrollo vertical, y con multitud de rayos intranube que iluminaban el gran cumulo.

# FOTOGRAFÍA METEO-REPORTAJE

<http://meteoreportajeame.blogspot.com>

9



Foto 9- STORM SPLITTING

La Almolda (Zaragoza), 04/07/2022.

De repente, como si de las aguas del mar Rojo se tratara, la tormenta se dividió en dos. Un núcleo se fue hacia el norte y otro hacia el noreste. No es la primera división que observé en una tormenta, pero realmente nunca había visto un *storm splitting* tan perfectamente definido.

10



Foto 10- LA MANGA  
DE NOVIEMBRE

Barcelona, 04/11/2021.

Durante estos dos últimos años he visto tres episodios de mangas marinadas, pero este del 4 de noviembre será difícil de olvidar. Rayos y una manga marina bailando al son de los truenos justo delante mío. Menudo regalo.

11



Foto 11- NACIDA EL 8 DE JULIO  
Barcelona, 08/07/2021.

Alrededor de las 4 de la madrugada se forma una tormenta al norte de la Costa Central que va bajando hasta situarse delante de Barcelona. Pasadas las 6 de la mañana, ya amaneciendo, frente al puerto de Barcelona empiezo a distinguir una enorme manga marina, quizás la de mayor envergadura que he visto hasta ahora. De vez en cuando soltaba algún rayo. De hecho, esa madrugada la Red de Detección de Rayos del Meteocat contabilizó cerca de 1700 descargas eléctricas.

12



Foto 12- THOR & EOLO

Barcelona, 04/11/2021.

A menudo la meteorología tiene sus caprichos. Como en este caso, cuando además de regalarme potentes rayos, quiso también que en la misma fotografía Thor se enfrentara con Eolo. Los dos simétricamente posicionados uno frente a otro, como en una lucha de titanes. Aunque los dos intrínsecamente relacionados.



# LAS FOTOS DEL INVIERNO

## DICIEMBRE

Título: "Panorámica de un amanecer"

Autor: Ramon Calvet i Falgueras

Cámara: Olympus E-M1 Mark II

Lugar: Volcà Bisaroques, Olot. La Garrotxa (Girona)

Fecha: 22 de diciembre de 2023

Comentario: Durante la tarde-noche del día anterior se estuvieron observando lenticulares, que se mantuvieron de madrugada, y que tomaron unos colores increíbles a la salida del Sol. Se aprecian también unos ligeros rayos anticepulares provocados por las propias nubes. La imagen es una panorámica generada a partir de 12 fotografías.



## ENERO

Título: "Mammatus"

Autor: Santiago Mata Escribano

Cámara: Canon EOS 6D Mark II 24mm

Lugar: Aranjuez (Madrid)

Fecha: 4 de enero de 2024

Comentario: Las nubes de tipo *mammatus* no son fáciles de ver por estas tierras, o al menos yo no los veo con facilidad. Ese día estaba volviendo a casa desde Chinchón, y se apreciaba que podía haber tormenta en Aranjuez. Llegué a casa y me dio tiempo justo para realizar esta fotografía, cuando el Sol estaba ya iniciando su puesta.



## FEBRERO

Título: "Cortina de granizo"

Autor: Carme Molist Vidal

Cámara: ILCE-7M2

Lugar: Manlleu (Barcelona)

Fecha: 24 de febrero de 2024

Comentario: Se observa la nubosidad correspondiente a una tormenta de granizo que estaba descargando sobre Sant Pere de Torelló y sus alrededores, donde dejó el paisaje blanco, tal cual como si hubiera caído una nevada.



Próximo concurso estacional: "Meteoprimavera'2024".

## 9 de febrero de 2024: Borrasca Karlota

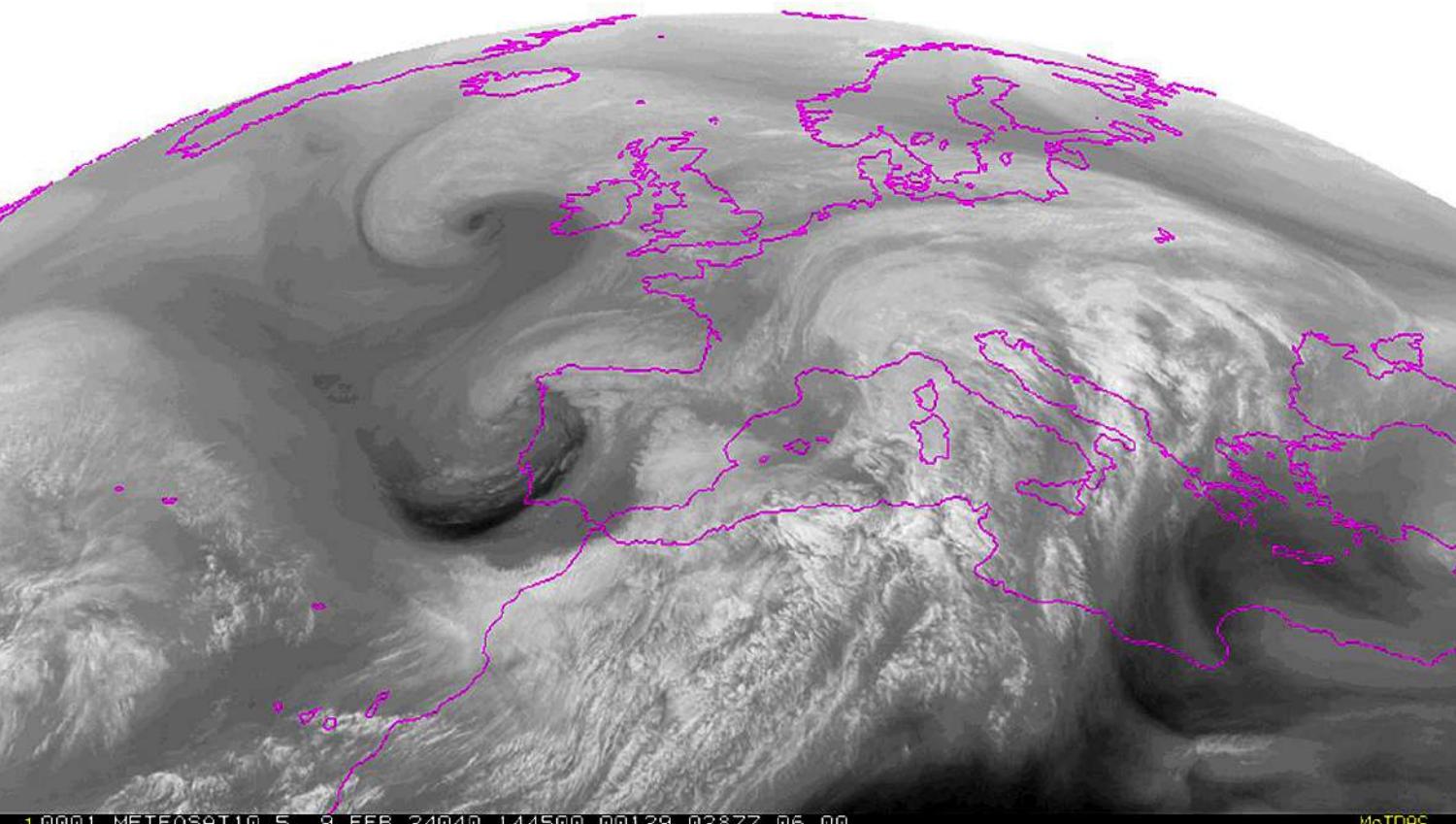


Figura 1. Imagen del canal vapor de agua 6.2 micras a las 15 UTC del día 9 de febrero de 2024. METEOSAT.

**L**a borrasca Karlota afectó los días 8, 9 y 10 de febrero a la península ibérica. Aunque tuvo momentos de gran impacto, tanto con abundantes e intensas precipitaciones como con rachas fuertes de viento, vamos a centrarnos a las 15 UTC del día 9 de febrero (Figura 1). Lo más llamativo de esta imagen son esos dos vórtices entrelazados: uno centrado sobre Vigo y el otro al oeste de Irlanda, este último es el bautizado como Karlota. Ambos vórtices se encuentran unidos por una banda oscura de defor-

mación en forma de S invertida. El vórtice centrado en Vigo está conectado también con otro vórtice, centrado sobre Marsella. Hay un tercer vórtice al otro lado del Atlántico norte, al sur de Terranova (Figura 3).

Esta forma entrelazada de vórtices se encuentra en las representaciones pictóricas de casi todas las culturas antiguas (Figura 2).

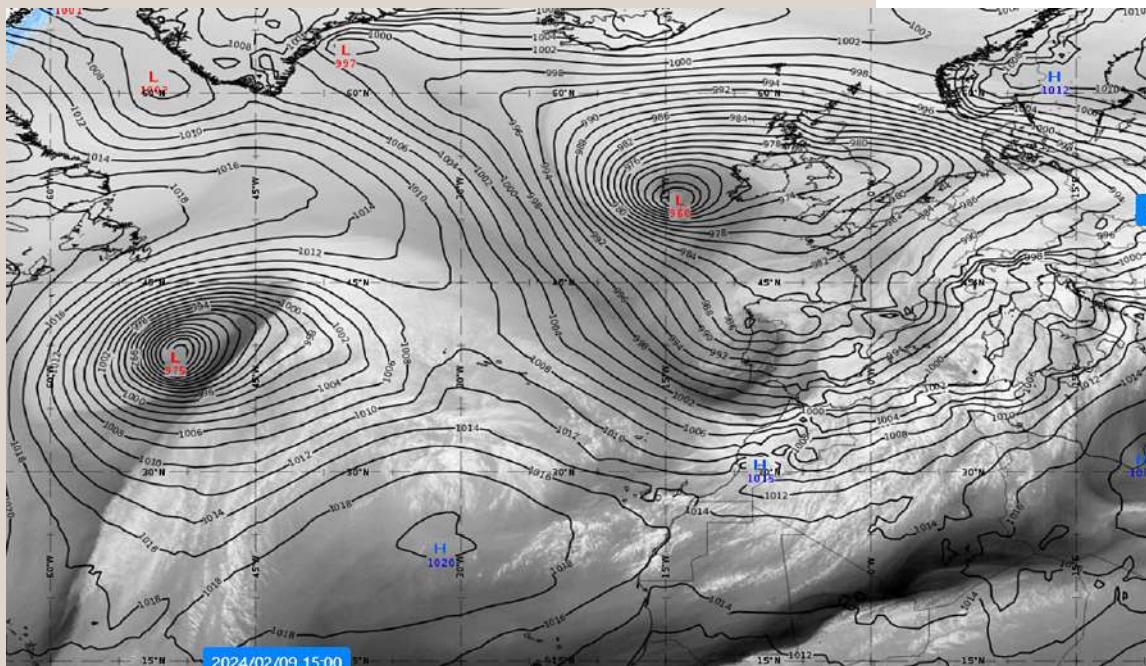
Las imágenes del canal 6.2 µm nos permiten identificar los principales elementos de la dinámica: los vórtices entrelazados están inmersos en la parte delantera de

una vaguada de escala superior; la corriente en chorro polar, que acompaña a esta vaguada, tiene su viento máximo trasero (del noroeste de 150 kt) en la prolongación hacia el norte de la línea que une las islas Azores y Madeira; la corriente delantera (del suroeste de unos 65 kt) más débil, ondulada y divergente, atraviesa el borde occidental del Mediterráneo.

Por delante de la vaguada, el conveyor cálido se dibuja con una inmensa zona brillante ondulada y entreverada con filamentos oscuros, que atraviesa el Medi-



Figura 2.  
Decoración  
minoica de un  
sarcófago en  
Hagia Triada  
(Creta)



**Figura 3.** Imagen del canal vapor de agua 6.2  $\mu\text{m}$  procedente de METEOSAR a las 15 UTC del día 9 de febrero de 2024 y campo de presión al nivel del mar a la misma hora ECMWF H+3

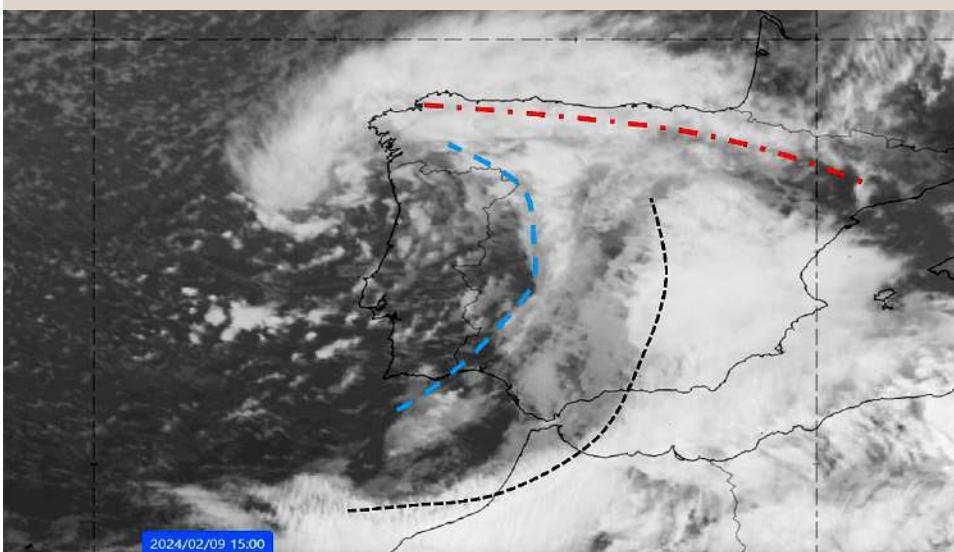
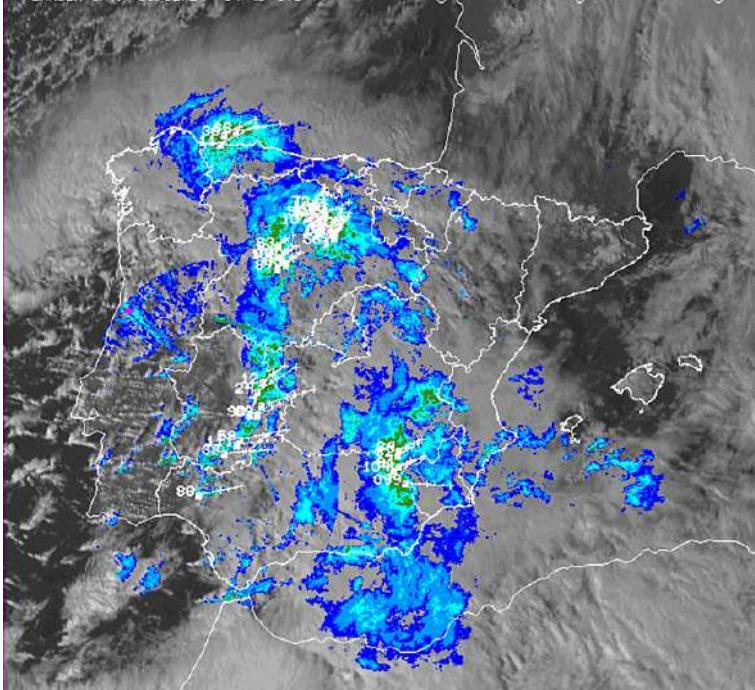


IMAGEN PPI Z. RADAR: NACIONAL  
IMAGEN SAT. 09/02/24 14:45 UTC RAY. POS. 0 RAY. NEG. 0 RAY. N-N. 3



**Figura 4.** Imagen del canal IR 10.8  $\mu\text{m}$  a las 15 UTC. Se representa en azul el frente frío en superficie y en rojo el frente cálido. La línea negra representa la localización del frente en altura.

**Figura 5.** Imagen del canal visible superpuesto con la reflectividad compuesta de la Red Nacional de Radares de AEMET

territorio occidental y que está conectada con una "pluma de vapor de agua" (río atmosférico) que parte desde el Atlántico ecuatorial (figura 3).

La imagen del canal 6.2  $\mu\text{m}$  también nos permite diagnosticar las masas de aire que están entrando en juego.

### Situación sobre la península ibérica

El vórtice centrado en Vigo dirige una masa Polar marítima (Pm) que impacta contra la Península por el oeste. Esta masa polar está limitada por el conveyor seco (oscuro) (Figura 1), donde podemos situar el frente frío en superficie (figura 4). Más hacia el este se localizaría el frente en altura. Hasta el frente la masa fría contiene células abiertas (Figura 3), organizadas algunas en líneas de inestabilidad, más brillantes (Figuras 1 y 4) que se introducen hasta la zona oscura.

Por delante de la masa Pm, en el sector cálido del sistema frontal, distinguimos dos masas de aire: una masa gris tenue penetrando por el golfo de Cádiz (Figura 1), que podríamos diagnosticar como Tropical marítima (Tm) extendiéndose entre el frente en superficie y el de altura; hacia el este una masa Tropical continental (Tc) que entra por el sureste peninsular. (Figura 5)

Las zonas más brillantes de las imágenes (Figuras 1 y 4) se corresponden con las áreas convectivas detectadas por los radares (Figura 5). El frente frío desarrolla una nítida línea de turbonada entre Badajoz y Palencia; el frente en altura provoca un sistema convectivo mesoscalar con los ascensos más relevantes en el límite entre Jaén y Albacete (Figura 5)

# La PTI+ Clima del CSIC, una plataforma para el avance en el estudio del clima y el desarrollo de servicios climáticos

JAVIER FRÉGOLA MUR, PTI CLIMA Y SERVICIOS CLIMÁTICOS; CSIC

La Plataforma Temática Interdisciplinar Clima y Servicios Climáticos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas reúne a técnicos e investigadores expertos en climatología del CSIC, organismos públicos y del sector empresarial



La PTI celebró su asamblea anual en la sede de la AEMET tras una reunión bilateral entre las dos partes

**C**orría el año 2018 cuando dos investigadores del **Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)** expertos en clima, Sergio Vicente y José Manuel Gutiérrez, identificaron una oportunidad para asociar sus líneas de investigación y unir fortalezas. Esta confluencia surgió a raíz de la iniciativa del CSIC de promover Plataformas Temáticas Interdisciplinares (PTI), unas estructuras de investigación e innovación creadas para abordar retos multidisciplinares de alto impacto científico, económico y social, y que agrupan a grupos de investigación del CSIC que trabajan en temáticas similares. En ese momento, ambos investigadores estaban inmersos en el lanzamiento de dos servicios climáticos de referencia. El equipo del **Instituto de Física de Cantabria (IFCA-CSIC)** liderado por Gutiérrez venía de publicar el **Visor de Escenarios de Cambio**

**Climático (AdapteCCA)**, una plataforma que nace en el marco de Escenarios PNACC (**Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático**) para conocer, visualizar y descargar variables e índices climáticos de las proyecciones regionalizadas de cambio climático para España. Por su parte, el **Laboratorio de Climatología y Servicios Climáticos**, liderado por Vicente desde el **Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC)**, había desarrollado junto con la **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)** el **monitor de sequía meteorológica**, una herramienta capaz de aportar información a tiempo real del estado, duración y magnitud de la sequía meteorológica en España.

"Vimos una similitud evidente en nuestros trabajos y desarrollos sobre servicios climáticos. Entendimos que uniendo esfuerzos podríamos llegar más lejos, apostando por retos que de forma in-

dependiente sería imposible conseguir", explica Gutiérrez. Además, "el marco de las PTI que nos ofrecía el CSIC encajaba perfectamente con lo que necesitábamos, y vimos claro apostar por la creación de una Plataforma dedicada al estudio del clima que pudiera hacer de paraguas entre todos los grupos de investigación que la conforman", apunta.

Aunque Vicente y Gutiérrez asumieron la coordinación de la Plataforma desde sus respectivos centros, el núcleo fundador y ejecutivo se completó con el **Instituto de Geociencias (IGEO-CSIC)** con David Barriopedro como Investigador Principal, la **Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC)** con Santiago Beguería como IP, el **Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE CSIC-UV-GVA)** con César Azorín al mando, y la **Unidad Asociada de la Universidad de Vigo (Ephys-Lab)** liderada por Luis Gimeno. Por último,

al equipo titular se adhirió **Predictia**, una *spin-off* del grupo de investigación en minería de datos de la Universidad de Cantabria que ha participado en el desarrollo de datasets y herramientas climáticas como el **Atlas Interactivo del IPCC**, los **Data Stores de Copernicus**, o el ya mencionado Visor de escenarios AdapteCCA, entre otros.

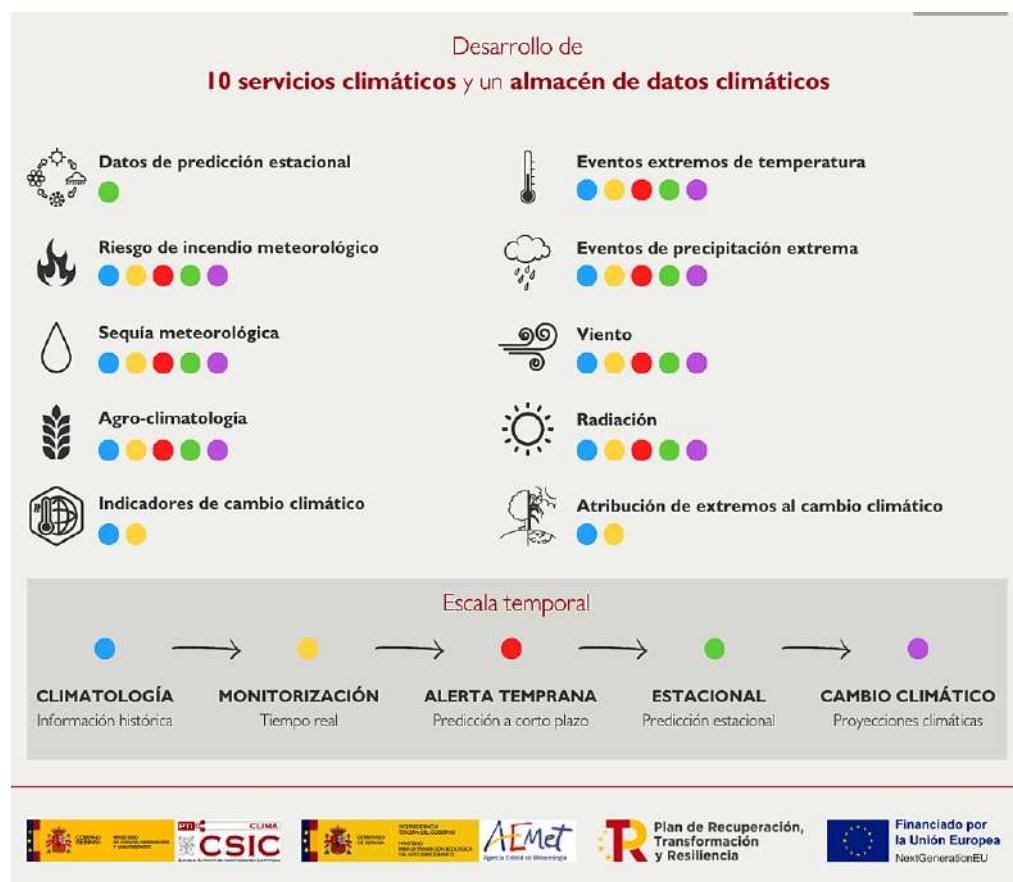
Así nació la **PTI Clima y Servicios Climáticos**, un instrumento que posteriormente adquirió el distintivo de **PTI extendida (PTI+)** al contar con una misión que busca llegar a empresas o con perspectivas de comercialización. Pero, ¿cuál es exactamente la misión de la PTI+? Su objetivo principal es **avanzar en el conocimiento de las bases físicas de la variabilidad y el cambio climático** mediante el desarrollo de métodos analíticos y modelos climáticos que puedan transformarse en **productos y servicios adaptados a los usuarios finales**, así como cuantificar sus impactos socioeconómicos y ambientales.

En este sentido, la PTI+ centra sus esfuerzos en **facilitar servicios climáticos de referencia a distintos sectores** (agua, biodiversidad, agricultura, energía, etc.) en el marco de colaboraciones nacionales e internacionales, potenciando la participación y colaboración con empresas y alianzas tecnológicas. Para ello, existe una **coordinación y comunicación constante** entre los centros y equipos involucrados. “Contamos con una red que reúne a decenas de técnicos e investigadores, y el hecho de compartir conjuntos de datos e infraestructuras facilita mucho el trabajo”, comenta Vicente.

Este horizonte de trabajo se divide en **cuatro áreas temáticas** sobre las que la PTI+ fundamenta su actividad:

### 1. Investigación climática

Los equipos que conforman la PTI+ son expertos en el estudio de los distintos componentes del sistema climático a partir de **observaciones y simulaciones climáticas en una amplia gama de escalas espaciales y temporales**. “Desde un punto de vista práctico -explica el investigador David Barriopedro- los estudios de la PTI+ permitirán evaluar la capacidad de los modelos climáticos para reproducir procesos, realizar estudios de detección y atribución de eventos extremos, mejorar la predicción climática y estimar el rango de incertidumbre y plausibilidad de las proyecciones futuras”.



Infografía que representa los servicios climáticos que se están desarrollando con AEMET

### 2. Ciencia abierta: datos y software

Las PTIs buscan establecer marcos flexibles que fomenten la Ciencia Abierta y Colaborativa (Team Science) y buenas prácticas científicas. Para ello, la PTI+ Clima se coordina con **Digital CSIC** para la publicación de conjuntos de datos siguiendo principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) y alineándose con la **PTI Ciencia e Innovación Digital**. La PTI+ dispone ya de **bases de datos en abierto** de variables e indicadores climáticos a partir de las observaciones y simulaciones de modelos climáticos, y software y tecnología para el desarrollo de portales y aplicaciones temáticas. “Tenemos una apuesta decidida por la ciencia abierta y trabajamos para que, en la medida de lo posible, nuestros productos sean libres. De hecho, en este momento, estamos explorando una **possible colaboración con la European Open Science Cloud (EOSC)**”, asegura Gutiérrez.

### 3. Servicios climáticos

La actividad de la PTI+ tiene una ver-

tiente aplicada que entraña con el *Global Framework for Climate Services* (GFCS) para el desarrollo de servicios climáticos. A nivel nacional, la AEMET es el organismo que tiene el mandato para el desarrollo y provisión de estos servicios. Dada la larga trayectoria de colaboración entre AEMET y los grupos que participan en la PTI+ Clima, desde el CSIC se presta el apoyo científico-técnico necesario para desarrollar un **sistema de información climática regionalizada y la implantación de diez servicios climáticos operativos**, expandiendo así la oferta actual de AEMET disponible en <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos>. Se trata de un proyecto financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y la Comisión Europea – NextGenerationEU.

El desarrollo de servicios climáticos operacionales con AEMET es un proyecto que, por su envergadura, necesita ser expuesto de forma independiente. Por ello, el siguiente número de este boletín dedicará un artículo específico en el que se explicará detenidamente en qué consiste este trabajo.

# La PTI+ Clima del CSIC, una plataforma para el avance en el estudio del clima y el desarrollo de servicios climáticos



Azorín presentó la PTI+ Clima en la conferencia inaugural de las XXXVI Jornadas Científicas de la AME

## 4. Asesoramiento y soporte institucional

Una de las características de las PTIs es que están abiertas a la participación de empresas, administraciones, instituciones varias y agentes sociales como la ciencia ciudadana. En ese sentido, la PTI+ Clima da soporte a distintas actividades que se están realizando en el marco de actividades nacionales, como las ya nombradas con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), pero también internacionales, como el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En concreto, la PTI+ es uno de los cuatro nodos internacionales que dan soporte al IPCC a través del **IPCC Data Distribution Center** (IPCC-DDC). También colabora en la creación de distintos productos e infraestructuras en el marco del programa **Copernicus** (en particular para el *Copernicus Climate Change Service*, C3S).

Según explica el investigador César Azorín "mantenemos un contacto constante con las instituciones e intentamos crear sinergias que puedan revertir a la sociedad, especialmente en **aquellos sectores que se están viendo impactados por el cambio climático**, tales como la agricultura, la salud, el turismo o la energía".

Otra colaboración destacada, en este caso impulsada por el CSIC, es la participación en la colección "**Ciencia para las políticas públicas**" a través de la coordinación del **Informe de sequías**, un docu-

mento dirigido tanto a administraciones como a la sociedad para contribuir al desarrollo de políticas basadas en la evidencia científica.

## Un futuro marcado por los usuarios

Los pasados días 13, 14 y 15 de marzo la **Asociación Meteorológica Española** (AME) celebró sus **XXXVI Jornadas Científicas y el XXII Encuentro Hispano – Luso de Meteorología**, un evento que reunió en Cádiz a más de 100 personas expertas en meteorología y climatología para compartir sus investigaciones y debatir en torno al tema principal sobre el que giraba esta edición: **servicios climáticos en la península ibérica**.

Entre los asistentes, la **PTI Clima estuvo representada por César Azorín**, investigador en el **Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE, CSIC-UV-GVA)** y líder del grupo **Climatoc Lab**. El propio Azorín fue el encargado de ofrecer la **conferencia inaugural** en el Espacio de Cultura Contemporánea de Cádiz, en la que presentó la PTI+ Clima. En la segunda jornada, celebrada en el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) en San Fernando, Azorín impartió una **segunda ponencia junto a Esteban Rodríguez** sobre el **desarrollo de servicios climáticos con la AEMET**. "Allí pudimos compartir nuestra actividad, informarnos del trabajo de otros compañeros y debatir sobre cuestiones de actualidad en investigación climática. El encuentro fue una excelente

oportunidad para corroborar que los servicios climáticos son más necesarios que nunca", indica Azorín.

Los servicios climáticos desempeñan un papel crucial en la planificación y optimización de diferentes actividades, por lo que **el contacto con usuarios es fundamental para desarrollar unos productos eficientes y útiles para la sociedad**.

Para el investigador Santiago Beguería, "la provisión de información climática precisa y relevante, adaptada a las necesidades específicas de distintos sectores y temáticas, constituye una herramienta fundamental para una planificación eficiente. Esto incluye no solo el conocimiento de la climatología, basada en valores observados a largo plazo, sino también la evolución esperada del clima en el futuro en un contexto marcado por el cambio climático. Además, -continúa Beguería- la capacidad para ofrecer vigilancia y alerta temprana frente a fenómenos meteorológicos severos – tales como sequías, inundaciones, olas de calor o heladas – permite a administraciones, empresas y ciudadanía tomar medidas preventivas para proteger bienes, minimizar pérdidas y aprovechar de manera óptima los recursos disponibles. En conjunto, **los servicios climáticos constituyen un soporte esencial para la sostenibilidad y resiliencia de diferentes sectores ante los desafíos presentes y futuros**", concluye.

Siguiendo esta línea, entre los próximos eventos de la PTI+ está prevista una **jornada de trabajo con potenciales usuarios del servicio climático de agro-climatología**, en estos momentos en fase de prototipo. Organizada en el marco de los seminarios PNACC junto con la OECC, la Fundación Biodiversidad y la AEMET, el encuentro supondrá una valiosa oportunidad para obtener *feedback* directo de diferentes tipos de usuarios y así optimizar el servicio de cara a su operatividad final. La organización de esta jornada es una muestra más de la buena salud de la que goza la PTI+, así como de sus esfuerzos en facilitar información de calidad a una sociedad que cada vez demanda más y mejor información climática.

*Si quieres ampliar información sobre la PTI Clima, puedes visitar la web [pti-clima.csic.es](http://pti-clima.csic.es) y los perfiles en redes sociales (@PTI\_Clima).*

# NOTICIAS

SECCIÓN COORDINADA POR MANUEL PALOMARES CALDERÓN

## Homenaje a Francisco Morán en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona

**L**a Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (RACAB), fundada en 1764, es una de las instituciones culturales más antiguas y renombradas, no ya de Barcelona, sino de toda España. Tiene su sede en un histórico edificio al comienzo de La Rambla con un impresionante interior que incluye la gran biblioteca, el monumental salón actos, decorado con frescos alegóricos y presidido por un gran busto de Carlos III, etc. Además, pertenece a la RACAB el no menos histórico Observatorio Fabra en las alturas de la ciudad.

El pasado jueves 4 de abril, la prestigiosa institución acogió un homenaje a Francisco Morán Samaniego (1901-1984), meteorólogo del Servicio Meteorológico español (SME, la actual AEMET) y primer catedrático de Física del Aire en España. Sus resonantes contribuciones científicas avalaron en 1966 su ingreso en la RACAB como académico correspondiente y a propuesta del también meteorólogo y académico, Josep María Vidal Llenas (1913-2019).

El acto fue presidido por el presidente de la RACAB, Jordi Isern i Vilaboy, y conducido por el delegado de AEMET en Cataluña, Ramón Pascual Berghael. Los ponentes fueron dos miembros ya jubilados de la AEMET, Agustí Jansà Clar y Manuel Palomares Calderón, y otro aún en activo, Alejandro Méndez Frades.

El acto se celebró en el salón de actos

donde poco más de un siglo antes, Albert Einstein impartió una conferencia que tituló "Sobre la teoría de la relatividad", un asunto al que no fue ajeno el homenajeado, a pesar de que su ámbito de trabajo se enfocó a la Física del Aire. Morán fue uno de los físicos que contribuyeron a que la teoría de Einstein fuese aceptada por la comunidad científica española.

El inconformismo científico de Morán fue clave para el surgimiento de la Física del Aire española y con ello, la posibilidad de comprender la fenomenología atmosférica a la luz de las leyes físicas. En este sentido, Agustí Jansà hizo un repaso acerca de su figura desde la introspección, habida cuenta de que su padre, Josep María Jansà fue un destacado discípulo de Morán y el mismo Agustí tuvo de profesor a Morán cuando estudiaba la licenciatura en físicas en la Universidad Complutense de Madrid. Por su parte, Manuel Palomares y Alejandro Méndez presentaron el libro escrito por ambos sobre Morán y su tiempo, y disertaron acerca de su legado en el SME.

Asimismo, se subrayó la estrecha vinculación que ha existido entre el SME y la RACAB, como lo evidencia el que un director (Galbis) y ocho meteorólogos del SME (Baltá, Catalá, Vidal, Azpíroz, Morán, Puigcerver, Gandía y

Fachada de la RACAB en La Rambla de Barcelona



Ballester) fueran nombrados académicos de la RACAB a lo largo del pasado siglo XX.

Cabe señalar, además, que Francisco Morán propició la creación de la cátedra de Física del Aire en la Universidad de Barcelona en 1953, la segunda tras la de Madrid, y fue referente para varios meteorólogos que la ocuparon, como Azpíroz, Puigcerver o Vidal.

La concurrencia no fue muy numerosa, pero sí muy distinguida. Asistieron los catedráticos de Geografía Física (Javier Martín Vide), también académico de la RACAB, y de Física Aplicada (Joan Bech), profesores titulares en activo (María Carmen Moreno) y jubilados (Ángel Redaño), el presidente de la Asociación Catalana de Observadores de Meteorología (Lluís Pujol), Francisco Doblas (director del departamento de Ciencias de la Tierra del BSC y académico de la RACAB), Evangelina Oriol (primera persona de nacionalidad española en ingresar en el ECMWF y actualmente jubilada de la ESA), Alfons Puertas (Observatorio Fabra), Rosa María Vidal Potau (hija del meteorólogo Vidal Llenas), Josep Batlló (historiador), y los meteorólogos de AEMET, Joan Arús, Alfons Callado y Pau Escrivà.

Las ponencias fueron seguidas por un pequeño coloquio. Antes de la clausura del acto, el delegado de AEMET en Cataluña hizo entrega de un pequeño lote de publicaciones para la biblioteca de la RACAB, en reconocimiento a su entusiasta acogida para hacer posible este homenaje con tanta impronta meteorológica.



Presidencia del acto. De izquierda a derecha: Agustí Jansà, Ramón Pascual, Jordi Isern, Alejandro Méndez y Manuel Palomares

## El Servicio de Cambio Climático de Copernicus proporciona nuevas herramientas de usuario

(Traducido del web del ECMWF sección News, 19 marzo 2024)

**E**l Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S), gestionado por el ECMWF (Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio), ha proporcionado nuevas herramientas para facilitar a los usuarios la exploración de cómo ha ido cambiando el clima y cómo podría cambiar en el futuro.

Esas herramientas incluyen el *Atlas Climático Interactivo de Copernicus*, que permite visualizar datos de una variedad de fuentes y en diversos períodos de tiempo, y el *Climate Pulse*, una herramienta para

imágenes del cambio climático destinada principalmente a los medios de comunicación.

Las nuevas herramientas o aplicaciones llegan cuando se han registrado temperaturas globales sin precedentes durante el último año, según datos del C3S. Los últimos doce meses han sido los más cálidos registrados en el mundo, e incluyen el mes más cálido registrado.

El C3S tiene como objetivo proporcionar a los responsables políticos, las empresas y el público en general información

sobre el cambio climático que les resulte útil. El próximo hito en su desarrollo será la introducción de un nuevo reanálisis climático de mayor resolución, ERA6, que se espera que reemplace al ERA5 en 2027.

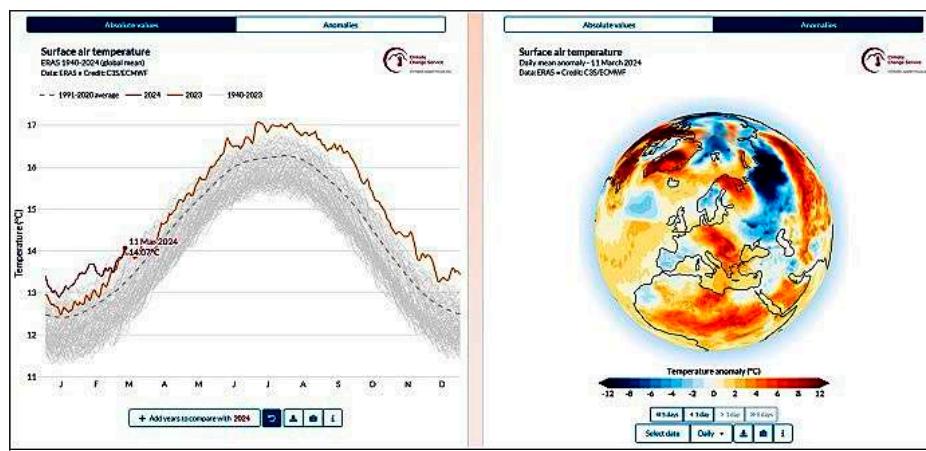
### El Atlas Climático Interactivo de Copernicus

El *Atlas Climático Interactivo de Copernicus* es una nueva herramienta que permite la visualización y exploración de una variedad de datos climáticos pasados, presentes y futuros. Se basa en el *Atlas Interactivo del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (IPCC-IA).

La herramienta incluye datos de una variedad de fuentes, como el reanálisis climático ERA5 y el reanálisis oceánico global ORAS5 del ECMWF, los conjuntos de datos CMIP5 y CMIP6 del Programa Mundial de Investigación del Clima, y otros.

Además de visualizar datos globales, los usuarios pueden elegir de qué regiones solicitar información y pueden estudiar datos para diferentes períodos.

También hay visualizaciones de docenas de variables observables, incluyendo, por ejemplo, la temperatura media, los días de heladas, el área de hielo marino, la velocidad media del viento y la nubosidad.



La aplicación *Climate Pulse* proporciona imágenes de valores absolutos y anomalías, de la temperatura del aire y la temperatura del mar, en formato de mapa o gráfico.

## Litigios sobre la acción contra el cambio climático. Los casos *Juliana* y *KlimaSeniorinnen*

(Fuentes varias en Internet, OMM, C3S y *Tiempo y Clima*)

**E**l caso "Juliana vs US", es una demanda judicial de 21 niños y adolescentes de los Estados Unidos contra el gobierno de su país, por violar sus derechos constitucionales en su comportamiento en relación al calentamiento global. Se denomina así por el apellido "Juliana" de la primera en la lista de demandantes. Fue interpuesta en 2015 cuando los litigantes tenían edades de entre 8 y 19 años bajo el patrocinio de Our Children's Trust of Oregon, una ONG de lucha contra el cambio climático.

Los 21 jóvenes demandan a la administración federal por considerar que "a través de las acciones del Gobierno de los Estados Unidos que causan el cambio climático, se han violado los derechos constitucionales de la generación más joven a la vida, la libertad y la propiedad y no se han protegido los recursos públicos esenciales". Entre los argumentos de la demanda, se incluye la promoción por parte del Gobierno del uso de combustibles fósiles, causando daño a los demandantes, y a futuras

generaciones. Los denunciantes insisten en su demanda que el Gobierno estadounidense sabía, desde hace medio siglo, que los gases de efecto invernadero que se están acumulando en la atmósfera proceden de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, y que esta actividad, masiva en Estados Unidos, causa el cambio climático; pese a lo cual no se han tomado medidas efectivas para prevenir los perjuicios que se causan a las generaciones futuras.

El planteamiento de esta causa insiste en que no se trata simplemente de una denuncia por temas ambientales, sino que se defienden los derechos civiles de los ciudadanos. Los jóvenes buscan conseguir una orden judicial que exija al presidente de Estados Unidos poner en práctica de inmediato un plan federal para reducir las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, a un nivel seguro.

El departamento de Justicia del Gobierno de los Estados Uni-

Según Carlo Buontempo, director del C3S, "Este Atlas es una interfaz para acceder a los datos que tenemos. Puede ser utilizado por los servicios meteorológicos nacionales y los centros climáticos, así como por los responsables políticos, las empresas y el público en general".

Se puede encontrar más información disponible sobre el Atlas Climático Interactivo de Copernicus en el sitio web de C3S, <https://climate.copernicus.eu/>

## El Climate Pulse

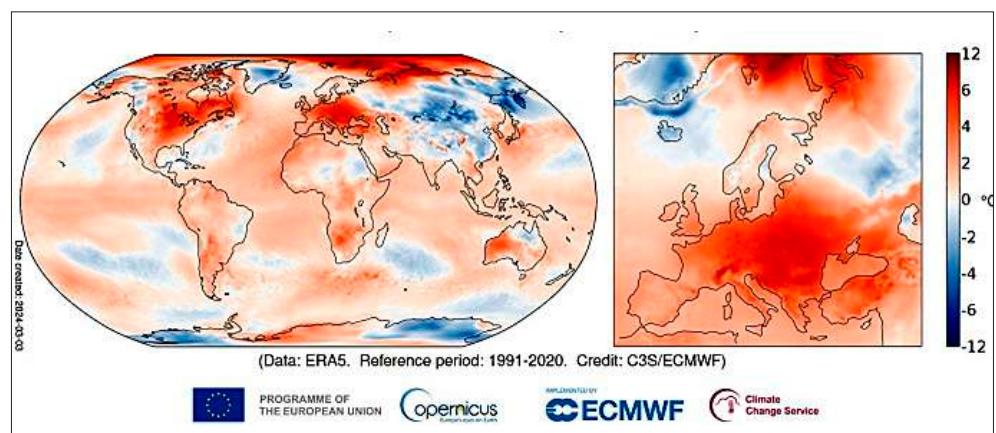
C3S también ha desarrollado una herramienta de descarga y visualización de datos actuales e históricos, destinada principalmente a los medios de comunicación llamada *Climate Pulse*.

Permite a los periodistas y otras personas descargar fácilmente la información más reciente sobre la temperatura del aire y la temperatura del mar. Los datos de ERA5 están disponibles para diferentes períodos de tiempo y en diferentes visualizaciones. "Esta aplicación web interactiva se encuentra actualmente en su versión beta y C3S desea mejorarla aún más", ha afirmado Carlo.

Se puede encontrar más información sobre *Climate Pulse* en el sitio web de C3S.

## Calor sin precedentes

Las aplicaciones del Atlas y el Climate Pulse llegan en un momento en que las temperaturas globales del aire en superficie son las más cálidas registradas en los



Anomalías de temperatura en febrero sobre el periodo de referencia 1991-2020.

últimos doce meses. La temperatura media mundial entre marzo de 2023 y febrero de 2024 fue 0.68 °C superior a la media del período 1991-2020 y 1.56 °C superior a la media preindustrial de 1850-1900. Julio de 2023 fue el mes más cálido registrado. Febrero de 2024 fue el febrero más cálido registrado y la temperatura global diaria alcanzó 2 °C por encima de los niveles de 1850-1900 durante cuatro días consecutivos (8-11 de febrero).

## ¿Qué será lo siguiente en el C3S?

El C3S tiene como objetivo desarrollar continuamente sus productos para brindar el mejor servicio posible. Esto incluye el desarrollo de un nuevo reanálisis climático, el ERA6, que se espera que reemplace al ERA5 en 2027.

El ERA6 reducirá aproximadamente a la mitad el espaciado de la red del ERA5, de cerca de 30 km a cerca de 15 km. También estará más directamente vinculado con el océano que el ERA5. "Sabemos que esto es importante para una gran variedad de fenómenos, como los ciclones tropicales y las olas de calor oceánicas", ha afirmado Carlo Buontempo.

El ERA6 utilizará los últimos avances en modelado del sistema terrestre y asimilación de datos realizados por el ECMWF. También se beneficiará de los esfuerzos por poner a disposición más observaciones. "El C3S ha trabajado con EUMETSAT y otras organizaciones para reprocesar datos antiguos y rescatar datos que de otro modo se perderían", dice Carlo. "Esto permitirá que el ERA6 se base en una variedad de datos históricos lo más amplia posible".



Manifestación de los demandantes en el caso Juliana contra EE. UU.

dos ha intentado en tres ocasiones desde 2015 la anulación de la demanda argumentando que el Gobierno no tiene obligación de proteger recursos naturales esenciales. Por el contrario, el juez Thomas Coffin determinó que es responsabilidad del gobierno velar por el uso adecuado de los recursos naturales de los cuales los ciudadanos dependen para ejercer sus derechos inalienables y que la inacción podría ser inconstitucional "al denegarles protecciones permitidas a generaciones anteriores y favoreciendo los intereses económicos a corto plazo de ciertos ciudadanos".

Este litigio legal sobre medidas para mitigar el cambio climático no es un caso único. Estos días ha sido noticia la victoria contundente en el Tribunal Europeo de Derechos Humanos de Estrasburgo de la asociación suiza de Mujeres Mayores por el Clima, *KlimaSeniorinnen*, (con una edad media de 73 años) tras un largo camino de reclamaciones ante los tribunales de justicia de su país por el perjuicio que estaba causando a sus asociadas el hecho de que su país no estaba adoptando medidas suficientes para cumplir con el Acuerdo de París contra el cambio climático. Tras ocho años de sucesivos rechazos en otros tribunales, el Tribunal de Estrasburgo les dio la razón dictaminando que su país, Suiza, no hace lo suficiente contra las olas de calor, evento a las que las mujeres mayores son un grupo particularmente vulnerable.

Según el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la mortalidad relacionada con el calor ha aumentado en Europa alrededor de un 30 % en los últimos 20 años.

La decisión del Tribunal de Estrasburgo sienta un precedente vinculante sobre la forma en que algunos tribunales aborden la oleada de litigios climáticos sobre la base de la vulneración de los derechos humanos. Además, podría tener un efecto dominó en el continente.

# Sistemas de nowcasting en los SMN europeos

LUIS BAÑÓN

## Definición de nowcasting y sus singularidades

La Organización Meteorológica Mundial define el nowcasting como la predicción del tiempo con detalle local, desde la mesoescala hacia escalas menores, por cualquier método, desde el presente hasta las primeras 6 horas, incluyendo una detallada descripción del estado del tiempo presente. La extensión del nowcasting, o predicción inmediata, hasta las 6 horas está relacionado con el desarrollo de sistemas denominados sin costuras, implementados en varios Servicios Meteorológicos Nacionales, SMN.

Para elaborar predicciones con tan alta resolución espacial y temporal, las herramientas deben apoyarse en las observaciones intensivas, como las obtenidas desde radares, satélites o detectores de descargas eléctricas. Estas herramientas incorporan técnicas de persistencia, métodos estadísticos, heurísticos, de análogos, o están apoyadas en inteligencia artificial. En la vigilancia meteorológica, que es el diagnóstico tridimensional de la atmósfera continuando en el tiempo, el predictor hace uso de todas las técnicas y sistemas disponibles, además de su experiencia y el conocimiento de la atmósfera.

Los modelos numéricos de predicción del tiempo, NPT, resuelven con pericia el comportamiento del tiempo en las primeras horas de predicción. Sin embargo, las técnicas de nowcasting, como las basadas en la extrapolación, muestran mejores resultados que los modelos NPT en la predicción de la primera hora y, en ocasiones, más allá. Esta circunstancia obliga a la convivencia de ambos métodos en la predicción del tiempo de las primeras horas.

## El Programa de Nowcasting de EUMETNET

EUMETNET es una comunidad cuyos miembros son los SMN europeos, y en 2013 implementó un programa para coordinar e impulsar las actividades de nowcasting entre sus miembros. La pri-

mera fase, que se denominó *Nowcasting Activity*, se centró en elaborar un inventario de las actuales prácticas y requerimientos de nowcasting entre los miembros. En 2015 comenzó la segunda fase del programa, denominada *ASIST (Application oriented analySIS and very short range forecasT environment)*, que extendió sus objetivos desde el puro nowcasting a la predicción a muy corto plazo, de 0 a 12 horas. El principal objetivo de ASIST fue el intercambio de conocimientos y experiencias en el desarrollo, implementación y verificación en estos rangos de predicción. En 2019, una nueva fase, denominada *EUMETNET Nowcasting, ENWC*, amplió sus objetivos a los sistemas de nowcasting sin costuras.

Desde el comienzo de estos programas, AEMET ha formado parte activa de ellos, liderando áreas de trabajo, participando activamente en el grupo de expertos, y estando presente en las ediciones bienales de la Conferencia Europea de Nowcasting, siendo anfitriona en 2019.

## Tipos de sistemas de nowcasting

Los sistemas o herramientas de nowcasting pueden clasificarse desde distintos puntos de vista. En este artículo, se hará distinción entre los sistemas orientados a objetos convectivos detectados con radar, satélite o rayos; los sistemas orientados a campos, tanto radar como satélite, deterministas o probabilistas; los propios modelos numéricos de nowcasting; y los sistemas que integran los anteriores, llamados sin costuras, tanto deterministas como probabilistas.

## Sistemas de nowcasting orientados a objetos convectivos

Un objeto convectivo es una nube, principalmente un cumulonimbo, con elevado contenido de gotas de agua de tamaño precipitable, lo que se mostrará en altos valores de la reflectividad de los ecos emitidos por los radares meteorológicos. Los cumulonimbos tienen los to-

pes nubosos muy fríos, lo que quedará reflejado como bajas temperaturas de brillo medidas desde los satélites meteorológicos geostacionarios. En el caso de tormentas, la actividad eléctrica quedará reflejada en la red de observación de descargas. Para cada uno de estos sistemas de observación, se establecen unos valores umbrales para seleccionar los objetos convectivos (por ejemplo: reflectividad mayor a 35 dBZ, temperatura de brillo menor de -20 °C, o presencia de rayos). Una vez considerada la nube como objeto, en las siguientes exploraciones radar, satélite o de descargas, el sistema prestará atención a la posición del objeto identificado, infiriendo de sus sucesivas posiciones su velocidad de desplazamiento. Posteriormente, se extrapola la posición del objeto, normalmente en las siguientes una a dos horas, aplicando el vector de desplazamiento al centroide del objeto. En general, la extrapolación no conlleva cambios en las características del objeto convectivo.

La mayoría de los SMN europeos disponen de sistemas de identificación, seguimiento y extrapolación de objetos convectivos, y combinan la información radar con la de descargas, apoyándose en la aportada por los modelos NPT, usando las imágenes de satélite como respaldo. AEMET desarrolló YRADAR3D, que analiza todos los niveles verticales explorados por el radar (frente a otra herramienta 2D que analiza solo la exploración más baja del radar) para caracterizar la potencial adversidad de la célula, incluyendo la probabilidad de granizadas. Météo-France dispone de la herramienta 2D OPIC-RADAR<sup>1</sup> que, además de prever zonas con fuertes precipitaciones, combina los datos doppler del radar, con los previstos de helicidad, para estimar las rachas máximas esperables en superficie asociadas a las células. El SMN alemán utiliza KONRAD3D<sup>2</sup>, que, además de granizo y rachas fuertes de viento, diagnostica acumulaciones elevadas de lluvia en células de lento movimiento o superposición de estas. Actualmente, disponen de una versión probabilística llamada

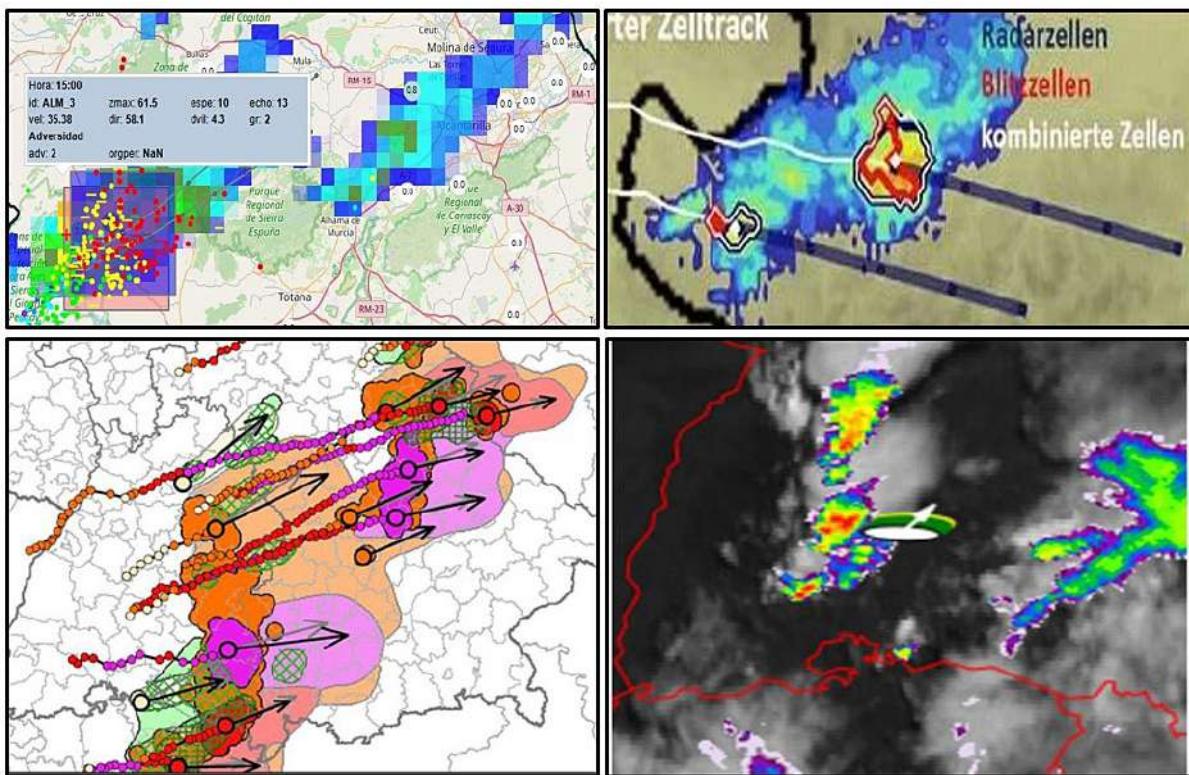


Figura 1. Arriba izquierda, producto YRADAR3D de AEMET. Arriba derecha, A-TNT austriaco. Abajo derecha, COALITION-3 de MeteoSwiss. Abajo izquierda, NowCastMIX del DWD alemán.

KONRAD3D-EPS. A-TNT es el nombre del sistema austriaco, basado en tres diferentes rutinas, una para identificar, seguir y extrapolar los objetos detectados en radar, otra para los objetos de rayos, y una tercera para combinarlos.

Otros sistemas europeos orientados a objetos convectivos tienen como principal fuente de observación las imágenes satelitales. El NWCSAF<sup>3</sup> (*Nowcasting Satellite Applications Facilities*, de EUMETSAT) ha desarrollado el producto *RDT* para el diagnóstico de la precipitación convectiva que, con umbrales adaptativos, analiza las temperaturas de brillo de los topes nubosos y detecta rápidamente el inicio, desarrollo y desplazamiento del objeto. MeteoSwiss, el SMN suizo, desarrolló COALITION-3<sup>4</sup> para analizar y seguir las nubes convectivas en la zona de los Alpes. El sistema utiliza técnicas de *Machine Learning* con datos históricos de radar, satélite y rayos como predictores, ayudándose de un modelo NPT para prever la potencial severidad de la nube en los siguientes 45 minutos. El IAFMS italiano desarrolló con esta técnica un producto similar llamado NEFODINA<sup>5</sup>, usando tan solo como predictores datos satelitales,

y estimando la intensidad del sistema en los siguientes 15 minutos.

Los objetos convectivos son también seguidos con los sistemas de detección de descargas eléctricas, usando técnicas de agrupamiento de los rayos. AEMET, al igual que otros SMN, ha desarrollado para sus usuarios aeroportuarios unos avisos automáticos de llegada inminente de una tormenta, intersectando la extrapolación del objeto de rayos con el área del aeropuerto.

La mayoría de los citados sistemas ofrecen información de la célula de manera determinista. Sin embargo, son varias las herramientas que añaden incertidumbre a la posición, al desplazamiento o a la intensidad de la célula en el proceso de extrapolación. El producto *CellMOS*<sup>6</sup> del SMN alemán utiliza las ecuaciones de regresión obtenidas con técnicas MOS, *Model Output Statistic*, para predecir áreas con distintas probabilidades de granizo, rayos, y rachas o precipitaciones fuertes. Los objetos convectivos detectados en *CellMOS* y en KONRAD3D, más datos complementarios de radar, rayos, satélite y modelos NPT, son introducidos en un avanzado sistema de emisión de po-

lígonos de aviso por fenómenos adversos asociados a la convección llamado *NowCastMIX*<sup>7</sup>, que combina la información mediante lógica difusa. AEMET dispone de un producto experimental para los usuarios aeronáuticos que, a partir de los objetos satelitales en RDT, muestra niveles de probabilidad sobre dónde encontrarlos en la siguiente hora.

### Sistemas de nowcasting orientados a campos radar y satélite

Muchos SMN europeos, en respuesta a las crecientes necesidades de los usuarios, han desarrollado herramientas que extrapolan el mosaico de la red de radares para el nowcasting de la precipitación, o de las imágenes de satélite para el de la nubosidad y radiación.

El SMN francés dispone del sistema *2PIR*, que utiliza una rutina de advección denominada semi-lagrangiana que, aplicada al mosaico de radares nacional, prevé, cada 5 minutos, la precipitación en los siguientes 70 en casi cualquier localidad de Francia. Para reducir las limitaciones de este tipo de productos, falsos ecos,

<sup>1</sup> Chèze J., et al. Radar-based products for nowcasting in France. RAINGAIN, 2014.

<sup>2</sup> ECSS2023-150\_presentation.pdf (copernicus.org)

<sup>3</sup> NWC/GEO (Geostationary) Near Real Time v2021 - NWCSAF

<sup>4</sup> COALITION-3 - MeteoSwiss (admin.ch)

<sup>5</sup> Approfondimento Nefodina | Meteo Aeronautica Militare (meteoam.it)

<sup>6</sup> Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Nowcasting applications - Thunderstorm detection and forecasting system (CellMOS) (dwd.de)

<sup>7</sup> James P., et al. 2018. NowCastMIX: Automated Integrated Warnings for Severe Convection on Nowcasting Time Scales.

<https://doi.org/10.1175/WAF-D-18-0038.1>

# Sistemas de nowcasting en los SMN europeos

realces orográficos o movimientos anómalos, Météo-France está implementando técnicas de Deep Learning. PySTEPS<sup>8</sup> es un proyecto de código abierto para el nowcasting probabilístico de la precipitación, que aplica filtros en cascada, extraña solo las formas más grandes, y genera ensambles (conjunto de predicciones a partir de ligeras modificaciones) de nowcasting mediante procesos estocásticos. Varios SMN, tienen implementado pySTEPS. El SMN alemán, DWD, emplea un sistema de extrapolación del campo radar llamado RADVOR<sup>9</sup> que, además de la predicción en 120 minutos a intervalos de 5, suma la precipitación previa estimada por el radar a la prevista en el nowcasting, emitiendo avisos de acumulación en intervalos horarios.

Los productos EXIM del NWCSAF son buen ejemplo del nowcasting de la nubosidad mediante la extrapolación de imágenes de satélite. EXIM obtiene el campo de vientos comparando imágenes sucesivas, y extraña hasta los 60 minutos a intervalos de 15.

## Modelos NWP de nowcasting

Algunos modelos NPT se están adaptando a las necesidades del nowcasting, con predicciones de gran detalle espacio-temporal en las primeras 6 horas. Estos modelos están basados en los de mesoscala no hidrostáticos, de los que toman sus condiciones de contorno y la primera estimación, diferenciándose de estos en la menor duración de la ventana de observación, en la asimilación de observaciones extra como las de radar, en su mayor resolución espacial, y en ejecuciones más frecuentes, al menos cada hora. La pericia de estas predicciones supera al de la extrapolación hacia el final del rango del nowcasting.

Para capturar la incertidumbre asociada a la predicción de estos modelos, algunos SMN europeos combinan, para un mismo momento de predicción, los

resultados de las ejecuciones del modelo de las horas anteriores, a modo del llamado ensemble de hombre pobre. Otros optan por combinar las salidas de diferentes modelos, o aplicar técnicas estadísticas, incluida la inteligencia artificial, para generar miembros de un ensemble.

## Sistemas sin costuras: deterministas y probabilistas

Como ya se ha comentado, las técnicas de nowcasting más tradicionales basadas en la extrapolación tienen gran pericia en los primeros momentos de la predicción, mientras que los modelo NPT de nowcasting son mejores tras estos. Para disponer de la mejor predicción en cada momento, sin sufrir discontinuidades en valores, resoluciones, o formatos, se han desarrollado los sistemas de nowcasting sin costuras, en los que la predicción es la suma de los valores de la extrapolación multiplicados por un coeficiente, digamos  $\alpha$ , más los valores del modelo NPT multiplicados por  $1-\alpha$ , siendo  $\alpha$  igual a 1 en los primeros momentos y disminuyendo con el tiempo de predicción, anulándose, frecuentemente, hacia las 6 horas de predicción.

PIAF<sup>10</sup> es el sistema de nowcasting sin costuras de la precipitación de Météo-France, y, teniendo en cuenta la irregular orografía del país, divide el mosaico nacional radar en seis partes. El sistema analiza la pericia de las extrapolaciones previas en cada parte del mosaico, otorgando diferentes valores iniciales al coeficiente  $\alpha$ . PIAF fusiona el citado producto 2PIR con la precipitación resuelta por un modelo NPT de nowcasting. Météo-France está trabajando en una versión probabilística, PIAF-EPS, considerando perturbaciones espaciales en la extrapolación radar. El ensemble así formado se ensamblará con otro de hombre pobre. INCA<sup>11</sup>, desarrollado principalmente por el SMN austriaco e implementado en

una docena de SMN europeos, no se limita al nowcasting de la precipitación. Al igual que PIAF, ensambla la extrapolación del campo radar con la predicción de un modelo NPT de nowcasting, pero, además, extraña la imagen de satélite para ensamblarla con la nubosidad prevista por el modelo y así predecir con detalle la nubosidad y radiación. Complementariamente a estas variables, INCA realiza análisis detallados de temperatura, humedad o viento, y sus evoluciones son dependientes de las tendencias indicadas por el modelo. Existe una versión probabilística en pruebas llamada En-INCA. El SMN de Hungría desarrolló el sistema sin costuras MEANDER<sup>12</sup>, con nowcasting de varias variables en las primeras tres horas, incluyendo un proceso de emisión de avisos para la ayuda a la toma de decisiones.

Para ciertos usuarios, la evolución de la radiación con gran detalle temporal resulta de especial interés. Son varios los SMN europeos con sistemas de nowcasting sin costuras que ensamblan la nubosidad satelital extrapolada con la prevista por el modelo, y de ahí obtienen la predicción de la radiación en superficie, especialmente útil para plantas de energía solar y la agricultura. Buen ejemplo de estos sistemas es SESORA<sup>14</sup> del DWD alemán, que, mediante modelos de transferencia radiativa, calcula la interacción de la radiación solar con la atmósfera, con la superficie terrestre y con las nubes ensambladas en el sistema.

El SMN finlandés desarrolló hace años el sistema RAVAKE<sup>15</sup> para el nowcasting de la probabilidad de superación de umbrales de precipitación, obteniendo 51 extrapolaciones diferentes del campo radar. Para cada pixel, la rutina considera sus vecinos en una elipse en torno a él, aumentando sus ejes con el tiempo de extrapolación hasta un máximo de 6 horas a intervalos de 15 minutos. Todas estas extrapolaciones son conectadas con un ensemble de un modelo NPT de

<sup>8</sup> pySTEPS | the nowcasting initiative

<sup>9</sup> Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Our services - RADVOR (radar precipitation forecast) (dwd.de)

<sup>10</sup> SPD A2\_Moisselin\_3ENC2019.pdf (aemet.es)

<sup>11</sup> Haiden T., et al. 2010. Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA). INCA\_system.pdf (zamg.ac.at)

<sup>12</sup> Horváth Á., et al. 2015. MEANDER: The objective nowcasting system of the Hungarian Meteorological Service. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service.

<sup>13</sup> Lovat A., et al. 2022. Hydro meteorological evaluation of two nowcasting systems for Mediterranean heavy precipitation events with operational considerations. HAL open science.

<sup>14</sup> Urbich I., et al. 2019. The Seamless Solar Radiation (SESORA) Forecast for Solar Surface Irradiance-Method and Validation.

<https://doi.org/10.3390/rs11212576>

<sup>15</sup> Heavy rainfall nowcasting (RAVAKÉ) – EnhANCing emergencY management and response to extreme WeatHER and climate Events » ANYWHERE – Products Catalogue (upc.es)

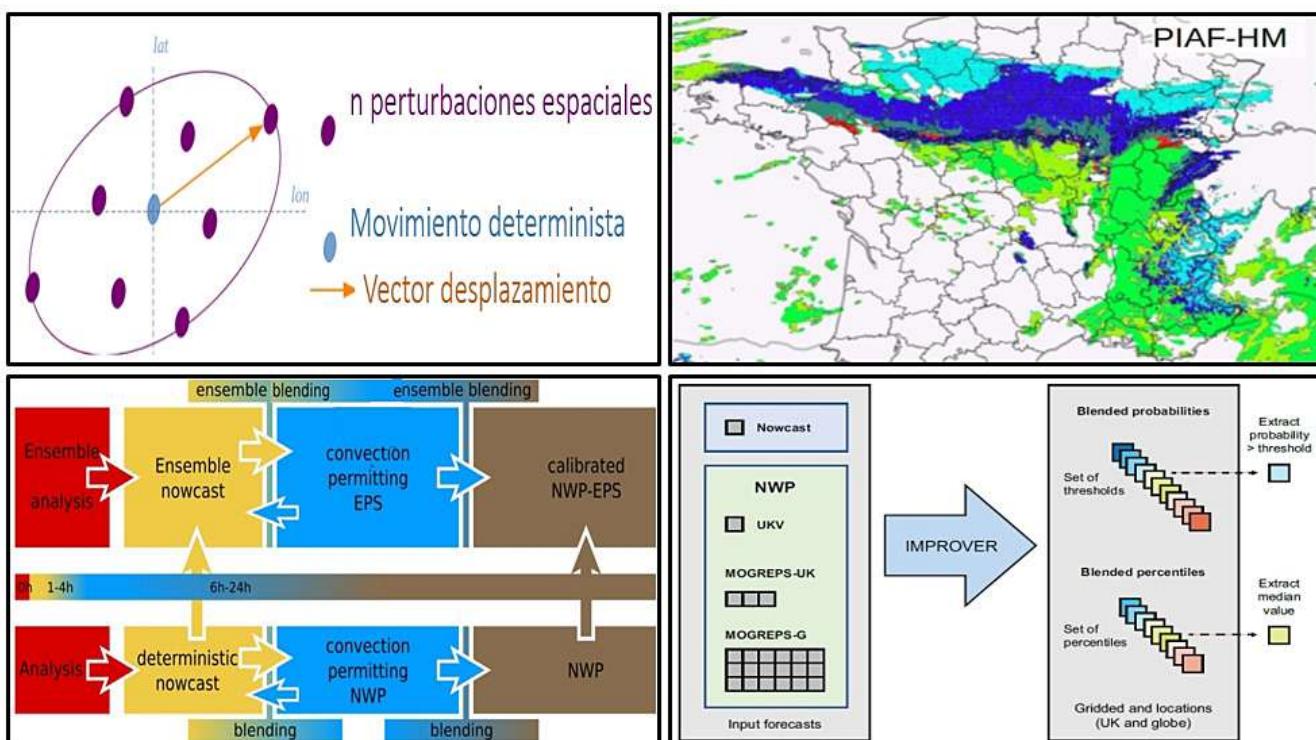


Figura 2. Arriba izquierda, esquema de las perturbaciones espaciales mencionadas en el texto. Arriba derecha, versión hidrológica del producto PIAF de Météo-France, con tipos de hidrometeoros<sup>13</sup>. Abajo izquierda, esquema del sistema SAPHIR de Geosphere Austria. Abajo derecha, esquema básico del sistema IMPROVER del MetOffice británico.

51 miembros, combinando los de hombre pobre con los obtenidos por métodos gausianos. El SMN belga está desarrollando el proyecto /MA para la predicción probabilista, desde el nowcasting hasta las 24 horas. El producto, que está orientado a la hidrología y las energías renovables, combina *pySTEPS* para la precipitación, con el citado sistema /INCA en su versión belga para el resto de variables. Por otro lado, el sistema cuenta con un ensemble de hombre pobre a partir de dos modelos NPT. *SAPHIR*<sup>16</sup> es el sistema probabilístico sin costuras, a resolución de 1x1 km, que están desarrollando desde el SMN austriaco para el nowcasting, y predicción hasta las 72 horas, de varias variables. El sistema parte de un ensemble de análisis aplicando perturbaciones estocásticas a la observación. Para generar miembros del ensemble en la fase de nowcasting, el sistema aplica perturbaciones espaciales a los campos del producto /INCA.

*SINFONY*<sup>17</sup> es la denominación que dio el DWD alemán al sistema de nowcasting probabilístico sin costuras, orientado especialmente a eventos convectivos severos. La herramienta aplica *STEPS*

(original del citado *pySTEPS*) al mosaico radar, y extrae cada 5 minutos, un ensemble de estados que ensambla con los de un modelo NPT probabilístico de nowcasting. Simultáneamente, el sistema aplica el mencionado *KONRAD3D-EPS* a los objetos convectivos del ensemble extrapolado y del ensemble del modelo. A estos últimos, se les aplica previamente un operador para adaptarlos a cómo se observarían con un radar. Las incertidumbres de las células de ambas partes se ensamblan con métodos bayesianos.

MetOffice, el SMN británico, tras años usando *STEPS*, ha optado por rutinas más rápidas con el sistema *IMPROVER*<sup>18</sup>, consistente en una cadena de procesos probabilísticos para el nowcasting de la precipitación y de otras variables. El proceso, cada 15 minutos, extrae el mosaico radar con una rutina basada en la denominada ecuación del flujo óptico. A cada paso del proceso, el sistema realiza verificaciones del nowcasting. Para ampliar los miembros con los que calcular probabilidades, *IMPROVER* usa el método de los vecinos espaciales, o temporales como el ensemble de hombre pobre.

## Conclusiones

A pesar de las recientes mejoras en los modelos NPT, la pericia del nowcasting más tradicional, como la simple extrapolación, sigue superando en los primeros momentos de predicción a la pericia de los modelos, lo que obliga a la convivencia de ambos sistemas. Esta circunstancia hace que los usuarios demanden herramientas sin costuras que combinen ambos métodos. La necesidad de transmitir, en cada paso, la incertidumbre del nowcasting, invita a los SMN europeos a apostar por sistemas probabilísticos sin costuras. En el caso de la precipitación, aún se distinguen los sistemas probabilísticos orientados a objetos convectivos de los orientados al campo de precipitación radar. El siguiente paso de desarrollo apunta a la combinación de ambos enfoques. La aplicación de técnicas de inteligencia artificial (redes neuronales profundas, convolucionales, etc.), está aportando valor en cada uno de los procesos del nowcasting, lo que resulta prometedor ante los, cada vez más exigentes, requerimientos de los usuarios. Es tarea de los SMN europeos satisfacer tal demanda.

<sup>16</sup> Wang Y., et al. 2017. Seamless probabilistic Analysis and Prediction in very High Resolution (SAPHIR). EMS Annual Meeting.

<sup>17</sup> Blahak U. et al. 2023. *SINFONY – the Combination of Nowcasting and NWP on the Convective Scale at DWD*. Series of lectures E-NWC

<sup>18</sup> Roberts N. et al. 2022. IMPROVER. The New Probabilistic Post processing System at the Met Office. BAMS.

# La disminución del tiempo que dura la hibernación en la lagartija verdosa (*Podarcis virescens*) está directamente relacionada con la reducción del periodo con heladas en el centro peninsular

CARLOS CANO-BARBACIL<sup>1</sup>, JAVIER CANO SÁNCHEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SENCKENBERG RESEARCH INSTITUTE AND NATURAL HISTORY MUSEUM, FRANKFURT DEPARTMENT OF RIVER ECOLOGY AND CONSERVATION, GELNHAUSEN, GERMANY

<sup>2</sup>DELEGACIÓN TERRITORIAL DE AEMET EN MADRID

CARLOS.CANO-BARBACIL@SENCKENBERG.DE, JCANOS@AEMET.ES

**L**a lagartija verdosa (*Podarcis virescens*) es un pequeño reptil que puede alcanzar poco más de 15 cm de longitud (figura 1). Se trata de un endemismo ibérico muy común que se extiende por el centro de la península ibérica, llegando hasta el centro y sur de Portugal. Puede mantenerse hasta los tres años de vida (Carretero y Salvador 2016) y su dieta está constituida sobre todo por insectos (dípteros, himenópteros, larvas de ortópteros, hemípteros y lepidópteros) y pequeñas arañas.

Al tratarse de un organismo ectotermo, es decir, que no es capaz de generar su propio calor interno, la lagartija verdosa depende directamente de la temperatura ambiental para desarrollar su actividad biológica. Por tanto, con la llegada de los rigores del frío suelen permanecer inactivas y en reposo, debajo de las piedras o en agujeros de muros, durante un periodo variable de tiempo, llamado hibernación o letargo. Este estado fisiológico, con descenso de la temperatura corporal y disminución de las funciones metabólicas, que se presenta en las lagartijas y otros animales, permite a estos reptiles sobrevivir a condiciones invernales extremas. Sin embargo, en las zonas más meridionales de su área de distribución, donde el clima es más cálido y los inviernos más suaves, los adultos y juveniles de esta especie pueden estar activos todo el año.

En 1992 comenzó el seguimiento de la lagartija verdosa en las localidades de Madrid, Valdemoro y Colmenar de Oreja, todas ellas pertenecientes a la Comunidad de Madrid. Se registraron las fechas en que dejaban de observarse, lo



Figura 1. Ejemplar de lagartija verdosa (*Podarcis virescens*), una hembra adulta, soleándose sobre una piedra de un muro, su hábitat preferido, en la localidad madrileña de Colmenar de Oreja. Se trata de una especie muy termófila que ocupa las zonas de máxima insolación (fotografía, Javier Cano).

que se considera el comienzo de la hibernación, que tiene lugar a finales del otoño o principios del invierno, y cuando se veían por primera vez, que coincide con el fin de la hibernación todavía en invierno.

Tras el análisis de los datos fenológicos de esta especie se ha observado que el periodo de hibernación en la zona centro peninsular tiene una duración promedio de 78 días (valor medio de 30 inviernos con registros), con una oscilación comprendida entre 29 días, valor mínimo correspondiente al invier-

no cálido de 2016-17 (AEMET 2017), mientras que el máximo fue de 127 días durante el invierno, también cálido, de 2006-07 (INM 2007).

Sin embargo, a lo largo del periodo de estudio (1992-2023), se ha advertido una reducción significativa de la duración de la hibernación de la lagartija verdosa (figura 2a). Según nuestros modelos, el tiempo de hibernación se ha acortado en promedio 36 días entre 1992 y 2023, a un ritmo de 1,2 días al año. Estos resultados son coherentes con trabajos previos que destacan un

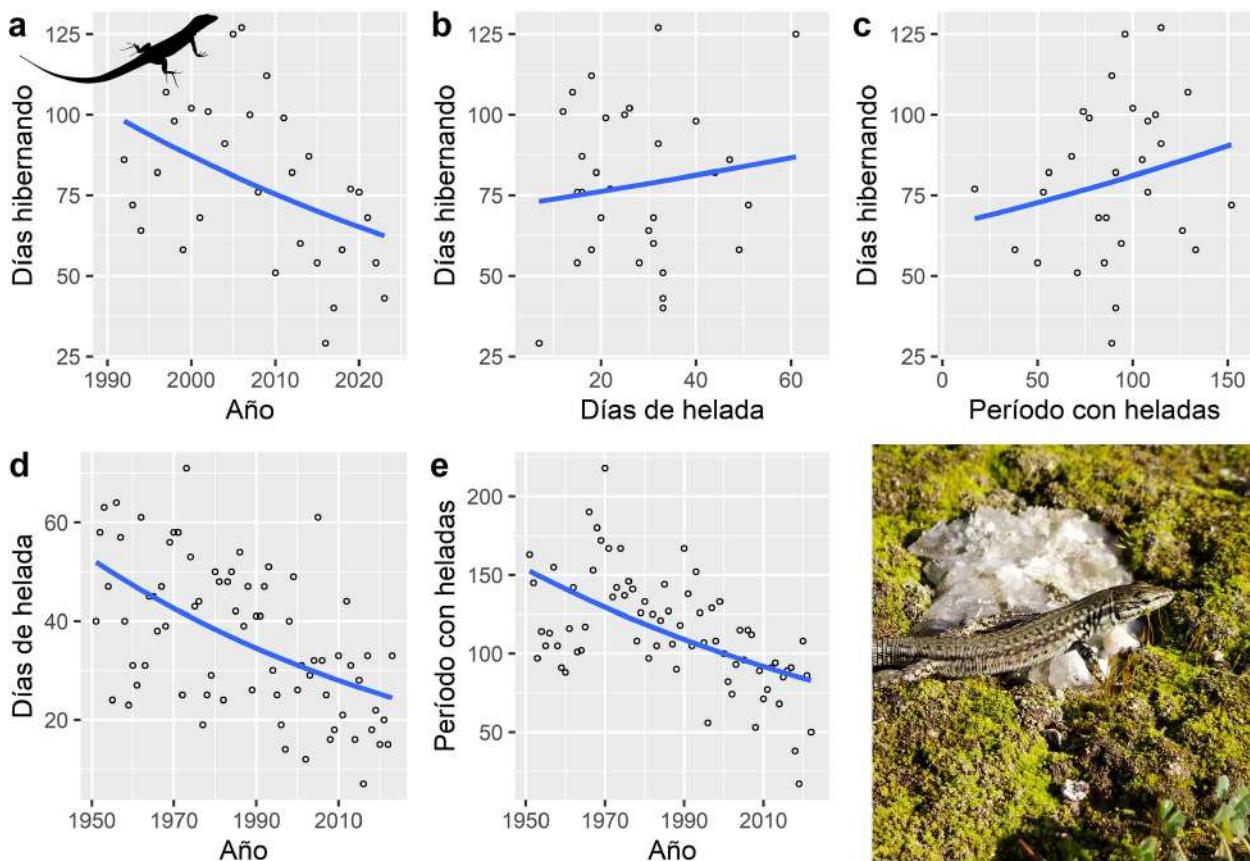


Figura 2. (a) Cambios en la duración de la hibernación de la lagartija verdosa a lo largo de los años (EstimateGLM = -0.015, P < 0.001, R<sup>2</sup> = 18.0 %). (b) Relación entre la duración de la hibernación y el número de días con heladas (EstimateGLM = 0.003, P = 0.045, R<sup>2</sup> = 1.7 %). (c) Relación entre la duración de la hibernación y la duración del periodo con heladas (EstimateGLM = 0.002, P = 0.003, R<sup>2</sup> = 4.2 %). (d) Cambios en el número de días con heladas a lo largo de los años (EstimateGLM = -0.011, P < 0.001, R<sup>2</sup> = 28.2 %). (e) Cambios en la duración del periodo con heladas a lo largo de los años (EstimateGLM = -0.009, P < 0.001, R<sup>2</sup> = 30.9 %). Los datos meteorológicos provienen del observatorio meteorológico de Getafe (Agencia Estatal de Meteorología). Las líneas de tendencia de los modelos se muestran en color azul.

adelantamiento de la reproducción de esta especie en los últimos años en la zona sur de la Comunidad de Madrid (Cano-Barbacil y Cano, 2020).

Del mismo modo, se ha notado que la duración de la hibernación de la lagartija verdosa está directamente relacionada con el número de días con heladas, pero sobre todo, con la duración del período con heladas (tiempo transcurrido entre la primera y última helada) (figura 2b y 2c). Por lo tanto, en los inviernos más crudos, con más días de helada y con períodos con heladas más largos, es cuando la hibernación de la lagartija verdosa es más prolongada.

De esta manera, la reducción en el número y duración de las heladas observado en los últimos años podría ser la causa directa de la disminución de la duración del período de letargo de la lagartija verdosa. De hecho, según datos facilitados por el Servicio de Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología, corres-

pondientes al observatorio meteorológico de Getafe, el número de heladas se ha reducido a un ritmo de 0,4 días al año entre 1951 y 2023, mientras que la duración del período con heladas ha disminuido a un ritmo de un día al año para el mismo período (figura 2d y 2e).

Estos resultados son una evidencia más de que el cambio climático y los inviernos cada vez más suaves están modificando el comportamiento y la fenología de las especies animales. De continuar con la tendencia actual, las lagartijas verdosas podrían reducir su período de hibernación hasta el punto de permanecer activas todo el año, adaptándose así al incremento de las temperaturas. Este trabajo muestra la importancia que tienen los seguimientos fenológicos a largo plazo a la hora de conocer los efectos del cambio global. No obstante, son necesarios más estudios en este ámbito con el fin de comprender las causas y consecuencias de las alteraciones en la fenología de las

especies. Esto resultará crucial para implementar medidas de gestión apropiadas que fortalezcan la capacidad de las especies para adaptarse y hacer frente al cambio climático.

## Referencias

- AEMET 2017. *Calendario Meteorológico 2018. Información meteorológica y climatológica de España*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- Cano-Barbacil, C. y Cano, J. (2020). Condiciones meteorológicas estables y persistentes provocan la reproducción temprana de la lagartija verdosa (*Podarcis virescens*) en el centro peninsular. *Tiempo y Clima* 68, pp. 44-45.
- Carretero, M. A. y Salvador, A. (2016). Lagartija verdosa - *Podarcis virescens*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- INM 2007. *Calendario meteorológico 2008*. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.



Desembocadura del río  
Guadalhorce, Málaga.

(Foto de V. Díaz-del-Río Español):

# El agua “que se pierde en el mar” es capital para la salud ambiental y humana

JUAN A. CAMIÑAS HERNÁNDEZ

**E**l agua se ha convertido, súbitamente, en el punto crítico de la información en Andalucía y en toda España, y en la gran preocupación social y de los responsables de la gobernanza de ese recurso. Y aclaremos que, en esta ocasión, la preocupación surge por causa de su escasez, sin olvidar que en otros momentos lo ha sido como consecuencia de las catástrofes terribles ocasionadas por las inundaciones que volverán a repetirse. Ya sea en la prensa o en las televisiones, locales o nacionales, encontramos estos días expertos que hablan de la sequía, las infraestructuras necesarias, las pérdidas en el sector agrario, el efecto de rebote en el turismo, etc. Pero pocas son las personas que hablen de la importancia del agua dulce en el sistema oceánico y en los ecosistemas y especies de los mares y costas. Vamos a intentar revertir, en la medida de lo posible, esa imagen errónea de que el agua dulce que no se utiliza en tierra, en las ciudades y cultivos, se pierde en el mar. Se pierde en el mar, es una frase inadmisible repetida por responsables políticos,

agricultores y periodistas, pero el agua ni se pierde ni se malgasta llegando al mar.

Mi primera consideración es que estamos reflexionando sobre un recurso natural compartido y que, siendo limitado en un horizonte temporal, esa reflexión necesita contar con las miradas y las ideas de los que tienen un punto de vista opuesto al nuestro y que lo aportan desde su experiencia y el conocimiento en los distintos sectores. Exponer, escuchar, compartir, aprender, buscar, para adoptar conjuntamente las mejores decisiones sobre el uso y gestión del agua dulce en períodos de sequía, y de abundancia. La OCDE señalaba ya en 2015, en sus Principios de Gobernanza del Agua, que el agua dulce accesible y de alta calidad es un recurso limitado y de gran variabilidad, y que el estrés hídrico y la demanda de agua irán en aumento.

En otro orden de cosas, es común oír hablar de gestión del agua en pequeños tramos de su ciclo, ya sean geográficos o temporales, ventanas de uso y gestión que no tienen en cuenta que esa agua viene de algún sitio y debe seguir un ca-

mino hacia otro. El ciclo completo y los distintos usos y pérdidas que se dan en cada una de sus fases, son aspectos importantes al tomar decisiones de gobernanza. Me cuentan que, en una reciente reunión de alcaldes alguno de los intervinientes no tuvo reparos en hablar de *su agua*. Ese sentimiento de la propiedad de un recurso natural es contrario a los acuerdos internacionales, incluidos los ODS de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, en particular el nº 6, agua limpia y saneamiento, que señala que entre las medidas necesarias “se encuentran las inversiones en infraestructuras e instalaciones de saneamiento, la protección y el restablecimiento de los ecosistemas relacionados con el agua, así como la educación en materia de higiene”. Pero es que el sentido de propiedad del agua atenta a la propia razón de la vida. Compartamos el agua, que no es nuestra ni de nuestro municipio, sino de la naturaleza.

Vuelvo al mar. Sabemos que los océanos saludables y los servicios ecosistémicos marinos respaldan la economía marítima y proporcionan salud y bienestar

humanos. Los beneficios derivados de los ecosistemas marinos saludables y resilientes son de escala local, regional y global, y van desde la protección de las costas y los hábitats hasta la mitigación del clima y el suministro de alimentos. En el mar Mediterráneo, la explotación de los recursos costeros a través de la pesca y la agricultura, y cada vez más también a través del turismo, representa el principal ingreso para las personas que viven en la costa. La preservación de la productividad costera y la salud ecológica de los ecosistemas marinos es, por tanto, una prioridad de primer orden para un desarrollo estable en esta región. Y necesita de esa agua "perdida".

Los ríos y efluentes de agua dulce desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la productividad marina del mar Mediterráneo, una cuenca semicerrada y oligotrófica, que pierde anualmente, a través de la salida del agua profunda por el estrecho de Gibraltar, grandes cantidades de nutrientes. Ante ese proceso, las zonas de alta productividad se limitan principalmente a las aguas costeras, y especialmente a las desembocaduras de los ríos, como lo demuestran las imágenes de satélite relativas a las con-

centraciones de clorofila en las aguas superficiales y costeras. Por eso, aunque en ciertos casos no se vean las aguas alcanzando el mar por debajo de la superficie, son tan importantes las llegadas de agua dulce, cargadas de nutrientes y minerales fundamentales para la conservación de los ecosistemas.

Los macronutrientes más importantes para el ecosistema marino son nitrógeno, fósforo y sílice, existen en los ríos en diversas formas: disueltos, particulados, en formas orgánicas e inorgánicas. Las aguas dulces del continente, además de contaminantes muchas veces en forma de fosfatos y nitratos, aportan esos macronutrientes fundamentales para la alimentación de larvas, para construir conchas, en los ciclos vitales, o su ausencia puede provocar un cambio en la producción primaria de diatomeas. Ya un estudio de 2010<sup>1</sup> sobre los aportes de agua dulce a través de 37 grandes ríos al Mediterráneo, señalaba que el caudal de agua dulce está claramente vinculado a la evolución del clima, y que a consecuencia de esa evolución hacia condiciones más secas y cálidas, se predice una tendencia significativa de disminución de los flujos de agua dulce. Señalan que las

regiones críticas de esta disminución son el mar de Alborán, el mar Egeo y el norte de la cuenca levantina.

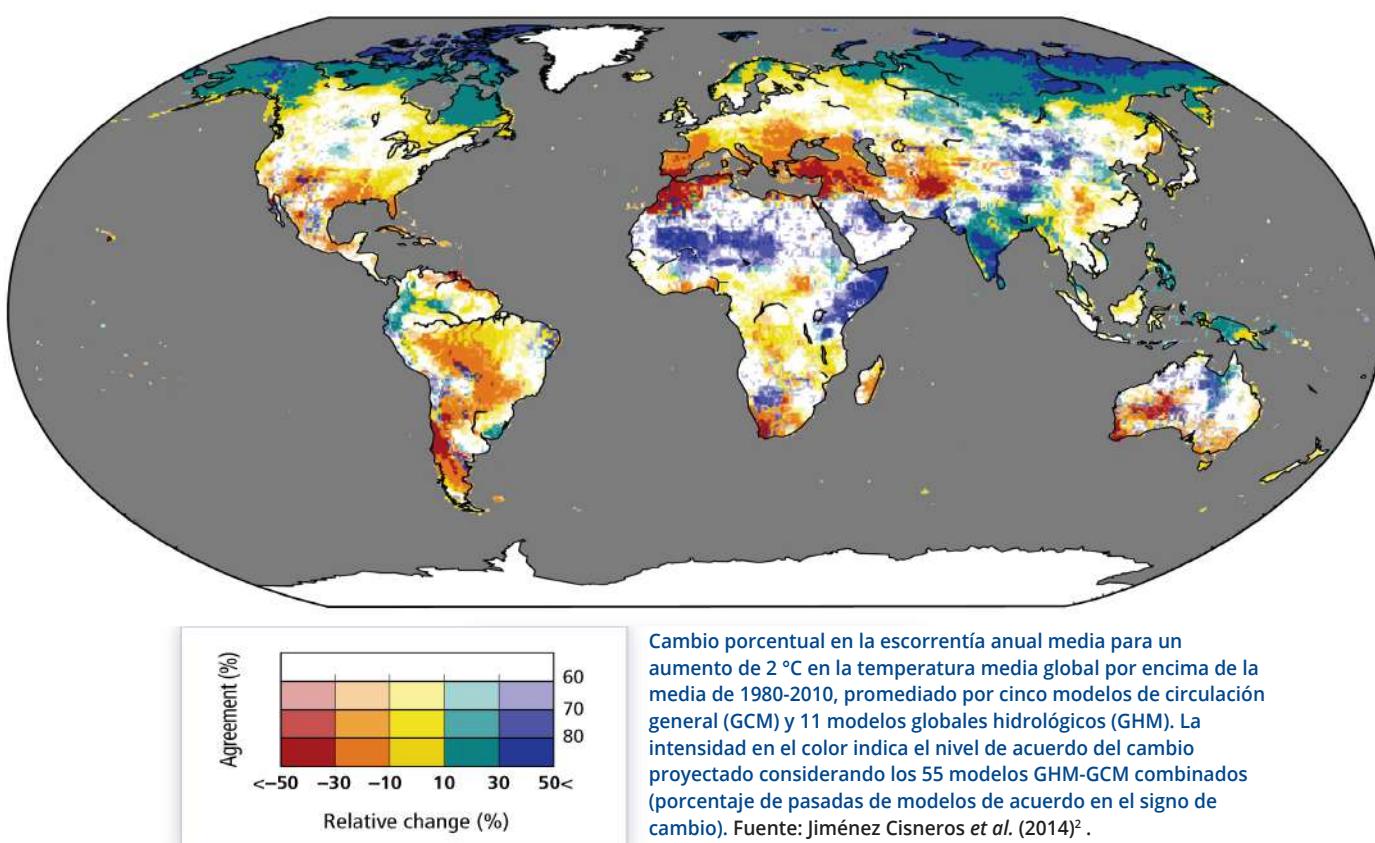
Aunque las descargas de agua dulce en el mar están muy ligadas al aumento del caudal de los ríos y arroyos como consecuencia de las precipitaciones, no cabe duda de que, si queremos proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los marinos, y que el mar Mediterráneo siga siendo un mar diverso, con ecosistemas saludables, que aporte servicios ecosistémicos, que siga siendo un atractivo turístico, y que sus especies no disminuyan drásticamente, incluidas las que sirven para la alimentación humana, debemos seguir permitiendo que una parte del agua dulce terrestre se pierda en el mar. Tiene que seguir llegando al mar.

**Juan Antonio Camiñas Hernández**  
es Dr. en Biología, Científico Titular (J) del Instituto Español de Oceanografía y académico de número de la Academia Malagueña de Ciencias.

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

<sup>1</sup> Ludwing W. et al (2010) Water and nutrient fluxes from Mediterranean and Black Sea rivers: Past and future trends and their implications for the basin-scale budgets.  
<https://doi.org/10.1029/2009GB003594>

<sup>2</sup> Jiménez Cisneros et al. (2014), Freshwater resources. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.



# Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia: Inez Fung

MARÍA ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA

Este día se celebra el 11 de febrero. Fue proclamado en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas con el fin de lograr el acceso y la participación plena y equitativa en la ciencia para las mujeres y las niñas.

La presencia de mujeres en determinadas carreras científicas y técnicas, continúa siendo muy inferior a la de los hombres y, a pesar de que el número de mujeres en puestos científicos se ha incrementado, la proporción de catedráticas y profesoras de investigación representa un tanto por ciento muy alejado de la mitad. Por eso son importantes las iniciativas que busquen fomentar las vocaciones científicas entre las niñas y resaltar el trabajo de las mujeres que se dedican a la ciencia. En esta ocasión, nos centramos en la climatóloga Inez Fung.

Inez Fung nació el 11 de abril de 1949 en Hong Kong, a la sazón, colonia británica. Hablaba chino en su casa y aprendió inglés en la escuela. A pesar de que sus padres no tenían estudios secundarios, querían que sus cuatro hijos tuvieran acceso a la educación. Se graduó en el King's College, Hong Kong, en 1967. Fung describe su infancia en las costas del sur de Hong Kong, donde jugaba con las olas de la playa y disfrutaba con los números, con su elegancia. Ella recuerda haber buscado un ajuste en su vocación, descartando la música y la medicina antes de decidirse por las matemáticas. Después de que la agitación política llevara a sus padres a enviar a Fung y a sus hermanos a los EE. UU.; Fung entra primeramente en la Utica University en Nueva York para trasladarse más tarde al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, de sus siglas en inglés) donde obtuvo su Bachiller en Ciencias en matemáticas aplicadas en 1971. Aquí en el MIT, es donde finalmente encuentra su sitio en matemáticas aplicadas, un campo que la fascina, porque en su opinión, conecta los números con la realidad y el mundo natural, donde la teoría del caos y el flujo de automóviles o nubes convergían.

Cuando Inez Fung se postuló para la escuela de posgrado, se le preguntó por qué sus calificaciones "no eran tan estelares". Respondió, con honestidad: "porque me aburría". Aunque Fung tenía un interés innato en los números, las matemáticas solo la atraparon cuando se conectaban con algo real.



En 1977, Fung bajo la supervisión del meteorólogo Jule Gregory Charney, defendió la tesis titulada "The organization of spiral rainbands in a hurricane" que ganó el *Rossby Award* por la tesis más sobresaliente del año; convirtiéndose en la segunda mujer en graduarse en el MIT con un doctorado en Meteorología. Posteriormente, Charney la instará a alejarse de sus estudios de huracanes

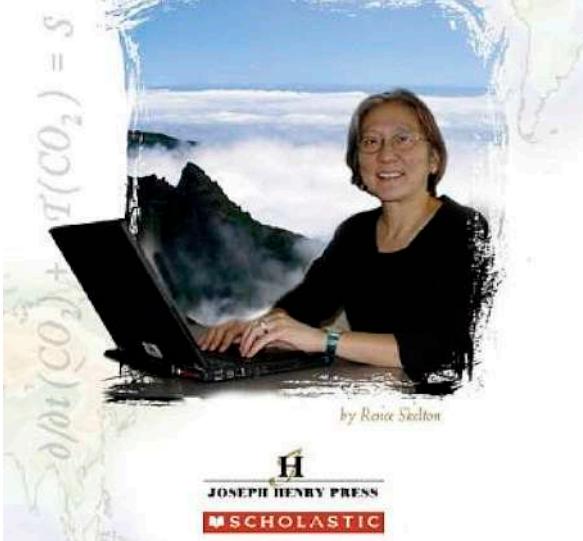
y a aprender a modelizar el clima para que ambos pudieran trabajar juntos. Desafortunadamente, Charney muere antes de que tengan esa oportunidad.

Entró en la Academia Nacional de Ciencias (NAS siglas en inglés) en 1977 en calidad de investigadora asociada hasta 1979. Anteriormente había estado en el Lamont-Doherty Earth Observatory en la Columbia University, posición

que Fung mantuvo hasta 1984 cuando fue nombrada científica investigadora asociada adjunta en el Observatorio. En 1986 fue también contratada como científica física por el NASA Goddard Space Flight Center's Goddard Institute For Space Studies. Ese año empezó también a actuar como miembro de la National Academy of Sciences /National Research Council Climate Research Committee hasta 1989. Fue editora asociada del *Journal of Climate* desde 1986 a 1998. En la primavera de 1988, Fung fue Profesora Visitante Asociada en el Instituto de Estudios Ambientales en la Universidad de Washington y Profesora Adjunta de la División de Matemáticas Aplicadas, Departamento de Física Aplicada en Columbia de 1989 a 1993. En 1993, se unió a la Universidad de Victoria en Canadá, trabajando como profesora en la School Earth and Ocean Sciences y en 1994 fue nombrada científica senior adjunta en el Lamont-Doherty Earth Observatory en Columbia. En 1998, Fung abandonó la Universidad de Victoria y el NASA Goddard Center, yendo a la Universidad de California-Berkeley.

Desde entonces, ha trabajado intensamente en modelización climática, ci-

## FORECAST EARTH the story of climate scientist INEZ FUNG



clos biogeoquímicos, y cambio climático, ayudando a desarrollar los primeros modelos 3-D de la atmósfera que incorporaron las complejidades de la biosfera: el papel de los océanos, las tierras y las variaciones estacionales. Su trabajo ha revelado mucho de lo que sabemos ahora sobre el ciclo del carbono de la Tierra, los sumideros y fuentes de este gas de efecto invernadero y cómo el cambio climático lo está remodelando de formas inesperadas

Durante la última década contribuyó al Tercer y Cuarto Informes de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés).

En 2006, se unió a otros 17 climatólogos para completar un *amicus curiae* (amigo de la corte, informe técnico que presentan en un litigio personas ajena que tienen interés en la materia) en el caso judicial del MIT versus la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA, de sus siglas en inglés) para argumentar la necesidad de que la EPA regulara las emisiones de dióxido de carbono.

El foco principal de las investigacio-

nes de Inez Fung en la Universidad de California, Berkeley es el cambio climático. Ella analiza los patrones cambiantes de las precipitaciones al estudiar los monzones del este y el sur de Asia y cómo los árboles acceden al agua en los veranos secos de California y enfrián la atmósfera. Al estudiar los cambios en las precipitaciones, Fung puede comenzar a comprender qué influye en la ubicación, el tiempo y la intensidad de la precipitación, y mejorar nuestras proyecciones de cómo eso podría cambiar en el futuro. "Es muy importante para los que vivimos en la Tierra disfrutar de la biosfera, disfrutar del aire libre, saber cómo están cambiando las cosas y comprender por qué están cambiando las cosas", dice Fung. También es la directora fundadora del Centro de Ciencias Atmosféricas de Berkeley. "Creo que la naturaleza siempre es más inteligente que yo", manifiesta Fung. "Cuando creo que lo tengo, hay otro rompecabezas que me presenta la naturaleza".

Fung vive en Berkeley, California, y está casada con el oceanógrafo Jim Bishop, un profesor en la Universidad de California-Berkeley.

Es miembro de la NAS y de la Sociedad Filosófica Americana (APS, en inglés) y de la American Geophysical Union y la American Meteorological Society. Desde 2021, ha sido miembro del Consejo de Asesores Presidenciales en Ciencia y Tecnología (PCAST, en inglés). Entre sus numerosas condecoraciones están, la Medalla Roger Revelle de la Unión Geofísica Americana y la Medalla de Investigación C-G Rossby de la Sociedad Meteorológica Americana.

## Referencias

- <https://ourenvironment.berkeley.edu/people/inez-fung>
- <https://www.beyondcurie.com>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fCpuN0C5hR4>



# Recuperando la memoria de Jorge Juan (1713-1773): la versatilidad de un genio

MARÍA ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA Y CARMEN RUS JIMÉNEZ

Sintetizamos en esta breve reseña el legado de Jorge Juan, marino, ingeniero y científico español, fuertemente implicado en la mejora de la formación de una nueva generación de marinos científicos. Midió la longitud del meridiano terrestre durante la Misión Geodésica hispanofrancesa demostrando que la Tierra estaba achataada por los polos.

Jorge Juan Santacilia nació en Novelda (Alicante) el 5 de enero de 1713 en el seno de una familia de la pequeña nobleza ciudadana. Fue el primer hijo del matrimonio formado por el caballero Bernardo Juan Canicia y la dama ilicitana Violante Santicilia Soler de Cornellá, ambos viudos y con hijos de sus anteriores matrimonios. La temprana muerte de su padre determinó que fuera su tío y tutor Cipriano Juan Canicia, caballero de la Orden de San Juan u Orden de Malta, quien asumiera la tarea de educar a su sobrino, llevándoselo a estudiar con él a Zaragoza y propiciando su ingreso en dicha orden militar. En 1725, tras ser admitido como paje del Gran Maestre de la Orden, Antonio Manuel de Villena, Jorge Juan fue enviado a Malta, donde aprobadas sus pruebas de nobleza y una vez hubo completado las cuatro preceptivas campañas o *caravanas* embarcado en las galeras de la Orden, obtuvo el hábito de caballero de Justicia.

A mediados de 1729 regresó a España y solicitó su ingreso en la Compañía de Guardias Marinas que en 1717 se había creado en Cádiz. Tras una espera de seis meses por falta de plazas vacantes, obtuvo al fin la carta-orden de guardiamarina y, a principios de 1730, pudo embarcarse en la primera salida de navíos, siendo destinado al Mediterráneo.

En septiembre de ese mismo año, el



Gran Maestre de la Orden de Malta le concedió la Encomienda de Aliaga, de la que no pudo tomar posesión hasta 1746.

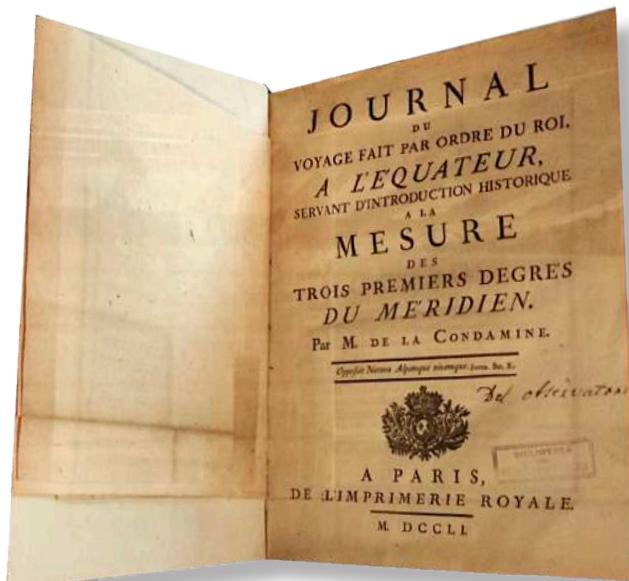
Entre 1730 y 1733 alternó las operaciones navales con los estudios en la Academia de Guardias Marinas, distinguiéndose por su nivel de conocimientos y siendo nombrado sub-brigadier de la Compañía. En estos años participó en cuatro campañas contra la piratería berberisca y tomó parte en diferentes expediciones. En 1731 su buque escoltó al futuro rey Carlos III desde Antibes a Livorno; en 1732, durante la campaña naval de Livorno, consiguió apagar un incendio que se había declarado en su barco y ese mismo año fue destinado al navío "Castilla" con el que acudió a la re-

conquista de Orán. Su último servicio en el Mediterráneo fue en el navío "El León", formando parte de la escuadra de Blas de Lezo que, a finales de 1733, patrulló durante más de cincuenta días al acecho de otra escuadra argelina hasta que una epidemia de tifus acabó con la vida de más de quinientos hombres. Jorge Juan, gravemente enfermo, fue desembarcado en Málaga y atendido y curado en casa del cónsul de Malta. Una vez restablecido pudo regresar a Cádiz y retomar sus estudios en la Academia.

En 1733, la Academia de Ciencias francesa decidió organizar dos expediciones para determinar la verdadera forma de la Tierra y poner fin a la disputa que enfrentaba a científicos ingleses y franceses. El

enfoque newtoniano sostenía que la Tierra estaba achatada por los polos mientras que los franceses sostenían que el achatamiento era en el ecuador. De alguna manera, en un caso se asemejaba la Tierra a una sandía y en otro a un melón. Para resolver la controversia, la Academia Real de las Ciencias de París, organizó dos expediciones: a Laponia y a Quito; expediciones que debían medir la longitud de un grado de meridiano en el polo y el ecuador. La parte francesa estaba integrada por Louis Godin, Pierre Bouguer y Charles Marie de La Condamine. La expedición a la Real Audiencia de Quito, a la sazón perteneciente al Virreinato de Perú, era territorio de la corona española. Esta última concedió su autorización, a condición de la participación de dos jóvenes guardiamarinas: Jorge Juan y Antonio de Ulloa (posterior descubridor del platino).

Llegaron primero los españoles y en noviembre de 1735, el equipo francés. Los instrumentos que llevaron eran muy delicados y avanzados para la época: un reloj de péndulo de segundos, un telescopio grande, distintas brújulas, etc. A pesar de las dificultades planteadas por la complicada orografía, inclemencias de todo tipo, sismicidad del terreno, muerte del cirujano del equipo, etc., los datos obtenidos permitieron resolver la disputa científica



y confirmar que la Tierra se encontraba achatada por los polos, como preconizaba Newton. (Nota: no se pierdan el fantástico y didáctico video explicativo dentro de la exposición Jorge Juan –Museo Naval de Madrid).

Los resultados de la expedición geodésica se recopilaron en varias obras publicadas por los integrantes de la misión a su regreso a Europa. Jorge Juan y Antonio de Ulloa recopilaron sus experiencias en publicaciones: *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S.M. en los Reynos del Perú y Relación Histórica del Viaje a la América Meridional*.

En paralelo a su misión científica, Jorge Juan y Antonio de Ulloa tuvieron que asumir funciones militares que les obligaron a viajar por gran parte de la región. Estos viajes les permitieron levantar una cartografía de las costas e islas del Pacífico y

conocer de primera mano las costumbres y formas de vida de los pueblos del Virreinato del Perú.

En 1749, Jorge Juan fue enviado a Inglaterra en una misión de espionaje industrial que tenía como principal objetivo estudiar las técnicas de construcción naval empleadas por los británicos. Consiguió reunir una valiosa información sobre el sistema de construcción inglés y las características de sus arsenales. Uno de los principales éxitos de su misión fue las decenas de muestras de construcción que consiguió sacar de Inglaterra y mandar de incognito a España.

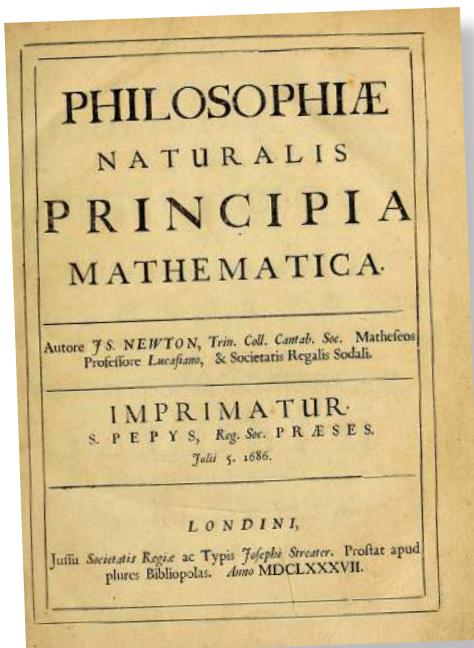
A su regreso en 1750, el marqués de la Ensenada encomendó a Jorge Juan el diseño y dirección de las obras de construcción de los arsenales de Ferrol, Cartagena y La Carraca (San Fernando). A esta tarea dedicó los siguientes doce años de su vida, durante los que viajó de forma frecuente entre los tres arsenales, encargándose de la supervisión de las obras y de la resolución de los problemas constructivos que fueron surgiendo durante el proceso de edificación.

En paralelo a esta labor, desarrolló un modelo de construcción naval basado en el sistema inglés, conocido como "sistema Jorge Juan". Con este modo constructivo se diseñaron los navíos "Velasco", "San Genaro" y "Real Carlos" y la serie de navíos conocida como "Los doce Apóstoles". Jorge Juan aplicó en el desarrollo de su sistema constructivo sus amplios conocimientos de mecánica, teoría del buque y cálculo infinitesimal, que quedaron recogidos en su obra (*Exámen Marítimo teórico-práctico, ó tratado de Mecánica aplicado á la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones. Tomo I / por Jorge Juan, Comendador de Aliaga ... Edición segunda aumentada con una exposición de los principios del cálculo, notas al texto y adiciones por Gabriel Ciscar, Capitán de la Fragata ...*)

Jorge Juan fue nombrado, en 1751, capitán de la Compañía de Guardiamarinas, cargo desde el que diseñó la formación de los futuros oficiales de la Armada. En esos años promovió la modernización de la Academia mediante la renovación del profesorado y la introducción de manuales científicos modernos, entre los que destacó su obra *Compendio*



## Recuperando la memoria de Jorge Juan (1713-1773): la versatilidad de un genio



de navegación para el uso de los caballeros guardias-marinas que supuso un giro en la formación de los oficiales, en favor de un perfil más técnico y científico. Como parte de este nuevo enfoque, Jorge Juan señaló la importancia de la astronomía como ciencia auxiliar de la navegación y promovió la creación en 1753 del Real Observatorio de Cádiz, que quedó ubicado en el castillo de la Academia de Guardiamarinas, como institución anexa, diseñada para la mejora de la formación de una nueva generación de marinos científicos.

En paralelo a esa labor docente, Jorge Juan desarrolló una increíble actividad

que se tradujo en su participación en proyectos muy diversos. En 1753 presentó un plan para la creación de una Academia de las Ciencias que finalmente no llegó a formalizarse. Para llenar ese vacío, creó la Academia Amistosa Literaria, una tertulia científica compuesta por matemáticos y médicos, relacionados con el Ejército y la Marina, que se reunía en su casa de Cádiz. Su reconocimiento fue tal que la Corona solicitaba con asiduidad su asesoramiento en cuestiones que requerían conocimientos técnicos superiores, como ocurrió en las minas de azogue de Almadén o la recuperación de tres navíos hundidos en el puerto de La Habana.

Fue miembro de la Royal Society, de la Academia de Ciencias de Francia y de la Academia Alemana.

En 1762 Jorge Juan sufrió un cólico convulsivo de nervios que le puso cerca de la

muerte. A pesar de sus problemas de salud, en 1767 fue nombrado embajador extraordinario en Marruecos y pasó seis meses recorriendo el país en una embajada que tenía como objetivo la firma de un tratado de paz. En 1770 recibió el cargo de director del Real Seminario de Nobles de Madrid, institución que reunió en pocos años un importante incremento del número de alumnos. Durante esta etapa final de su vida trabajó en la publicación de su última obra, el *Examen marino teórico práctico*, en la que reunió todos sus conocimientos sobre construcción naval.

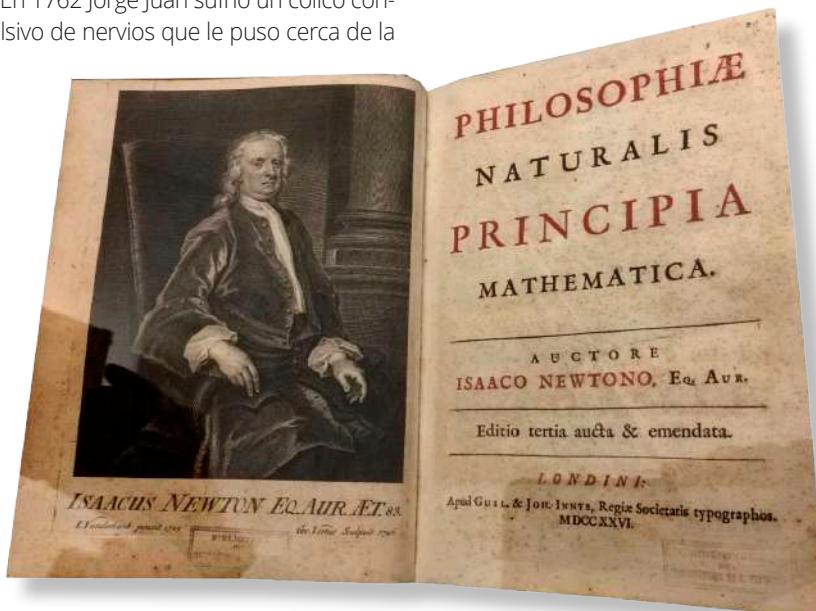
Jorge Juan falleció el 21 de junio de 1773 en Madrid y fue enterrado en la desaparecida iglesia de San Martín situada en la Plaza de las Descalzas.

### Agradecimientos

Nuestra gratitud al director del ROA, capitán de navío Antonio Pazos por su calurosa acogida a los integrantes de las Jornadas Hispano-Portuguesas, celebradas durante los días 13 al 15 de marzo de 2024.

### Referencias

- <https://armada.defensa.gob.es>
- <https://www.cervantesvirtual.com> (Biografía de Jorge Juan Santacilia: marino y científico)
- <https://es.m.wikipedia.org>
- <https://www.bne.es> Jorge Juan y Antonio de Ulloa, exploraciones de América
- <https://dbe.rae.es>
- Folleto de la Exposición Jorge Juan en el Museo Naval de Madrid (marzo 2024)
- Imágenes tomadas en el ROA



# REUNIONES Y CONGRESOS

## XXXVI Jornadas de la AME y 22º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología Impresiones de un participante

POR ALEJANDRO ROA

**L**a Pandemia (así, con mayúscula, pues, aunque haya habido, hay y habrá otras pandemias, la de la covid-19 será así recordada, con mayúscula, por quienes podemos hacerlo) se llevó muchas cosas. Algunas no volverán, otras lo han hecho, pero disminuidas, y aún hay otras que parece que hayan vuelto reforzadas.

Este último parece que haya sido el caso de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española. Su trigésimo sexta edición, que fue convocada en su momento para el fatídico año 2020, tuvo que ser cancelada, y han tenido que pasar otros cuatro años para que se vuelva a convocar, con lo que en total han pasado seis años desde la última vez que nos vimos las caras, bajo el paraguas de la AME, la comunidad meteorológica española (y portuguesa), allá por marzo de 2018 en la histórica ciudad de León.

Y en la aún más histórica ciudad de Cádiz, y en la vecina San Fernando, nos hemos reunido en esta ocasión más de un centenar de profesionales de la meteorología, provenientes de los más diversos ámbitos. Por parte de la empresa que me da de comer, la AEMET, se presentaron más de 30 trabajos, entre presentaciones orales y pósteres, y asistió un número similar de personas. Aún mayor, y creo que es algo novedoso, fue la presencia de trabajos de universidades y otros centros públicos y privados de investigación, cerca de 60, contando igualmente ambos tipos, buena parte de ellos en colaboración con AEMET. El resto de ponencias corrió a cargo de nuestros vecinos del IPMA, de destacados divulgadores meteorológicos y de miembros de la propia AME, algunos de ellos eméritos de AEMET.

La organización de las Jornadas, vista desde fuera, ha sido impecable. Algo

que tiene un mérito enorme teniendo en cuenta las dificultades que, por lo que hemos sabido, se han presentado, ciberataques incluidos. Los actos sociales han sido del máximo interés, tanto el homenaje a Augusto Arcimís como la visita al histórico Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) en San Fernando, donde transcurrió la segunda jornada. Y aún fuera de estos actos oficiales, el hecho de vernos en persona y compartir aulas, visitas y manteles con los compañeros del gremio meteorológico ya ha sido por sí mismo un placer, muy escaso en los últimos tiempos de pandemia, teletrabajo y dispersión.

Por todo lo anterior, felicito efusivamente al Comité Organizador de las XXXVI Jornadas de la AME y espero ansioso la llegada de las próximas Jornadas o de algún otro evento que vuelva a reunir a la gran familia meteorológica.

### Pequeño álbum fotográfico ➔



12 de marzo: Visita al Real Observatorio de la Armada para ultimar detalles. De izquierda a derecha, el subdirector del ROA, vicepresidente, secretario y presidente de la AME y el director del ROA, Antonio Ángel Pazos García



Espacio de Cultura Contemporánea de Cádiz (ECCO), Sala 1, 13 de marzo. Ernesto Rodríguez presenta a César Azorín representante de la plataforma temática interdisciplinar PTI+ "clima y servicios climáticos" del CSIC

# REUNIONES Y CONGRESOS

## → Pequeño álbum fotográfico



13 de marzo de 2024. Almorzando en las calles de Cádiz. De izquierda a derecha, Manolo Palomares, Alejandro Méndez, José Antonio Maldonado, Encarna Serrano y Antonio Cabañas



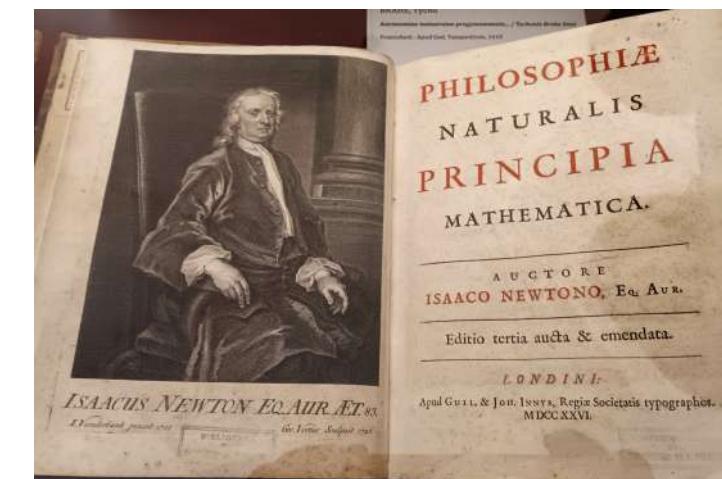
13 de marzo por la tarde. Homenaje a Augusto Arcimis en el Ayuntamiento de Cádiz. Charla de Manolo Palomares.



13 de marzo por la tarde en el Ayuntamiento. La nueva presidenta de AEMET, María José Rallo del Olmo durante la inauguración de las Jornadas de la AME junto al alcalde de Cádiz, Bruno García de León



ROA, sala 1, 14 de marzo 2024. Charla invitada de Francisco Doblas Reyes, director del departamento de Ciencias de la Tierra del Centro de Supercomputación de Barcelona (BSC).



ROA, 14 de marzo 2024. El capitán de navío Pazos dando explicaciones durante la visita a la impresionante biblioteca

Una de las muchas joyas de la biblioteca del ROA: Una edición de 1726 del *Principia Mathematica* de Isaac Newton



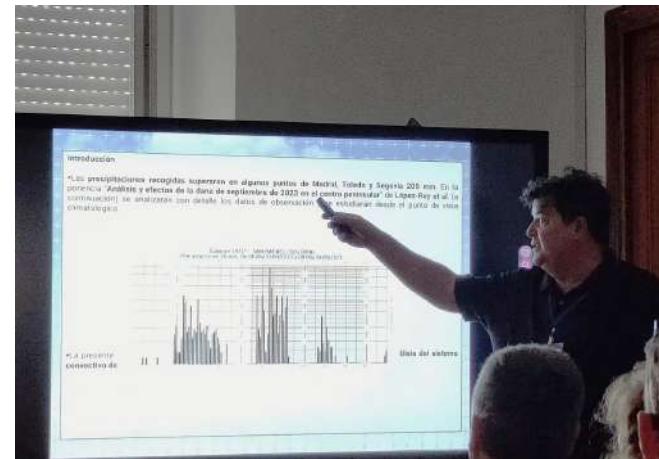
ECCO, 15 de marzo 2024. El vicepresidente y el presidente de la AME intercambian impresiones durante el "coffee break" con el director de *Tiempo y Clima* Jose María Sánchez-Laulhé



Cena "de hermandad" en el restaurante El Balandro el 14 de marzo. De izquierda a derecha: José Antonio Maldonado, Ernesto Rodríguez, el capitán de navío Antonio Pazos, Lourdes Bugalho, presidenta de la APMG, y dos colegas portugueses.



El bien conocido José Miguel Viñas (derecha), miembro de la Junta Directiva de la AME, firmando libros a José Luis Escudero durante las Jornadas de Cádiz. Escudero presentó una sugestiva comunicación sobre el Terral en Málaga.



ECCO, Sala 2, 15 de marzo 2024. Alex Roa durante su presentación.

## PRÓXIMAS CITAS

### MAYO – DICIEMBRE 2024

#### 2024

##### 6 – 10 MAYO, Long Beach, EE.UU.

- 36<sup>a</sup> Conferencia sobre Huracanes y Meteorología Tropical de la Sociedad Meteorológica Americana
- <https://ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/36th-conference-on-hurricanes-and-tropical-meteorology/>

27 – 31 MAYO, La Habana, CUBA - Convención Meteorología 2024 y XII Congreso Cubano de Meteorología organizado por la Sociedad Meteorológica de Cuba (SometCuba). Incluye diversas sub-conferencias y simposios, principalmente de ámbito nacional cubano, aunque asistentes de otros países son bienvenidos

- Temáticas, CONVENCIÓN METEOROLOGÍA 2024, Meteorologiacuba2024

##### 12 – 14 JUNIO, Myrtle Beach, EE.UU.

- 51st Conference on Broadcast Meteorology/Seventh Conference on Weather Warnings and Communication (Sociedad Meteorológica Americana)
- <https://ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/51st-conference-on-broadcast-meteorology-seventh-conference-on-weather-warnings-and-communication/>

##### 1 – 3 JULIO, Exeter, REINO UNIDO

- Early Career and Student Conference 2024, organizada por la Royal Meteorological Society, tendrá lugar en la sede de la Met Office (Servicio Met. británico)
- [https://www.rmets.org/studentconf2024?utm\\_source=solus&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=ecsc24](https://www.rmets.org/studentconf2024?utm_source=solus&utm_medium=email&utm_campaign=ecsc24)

##### 9 – 12 JULIO, Trieste, ITALIA

- 4th Workshop on convective organization and precipitation extremes (WCO4)
- <https://indico.ictp.it/event/10579/>

##### 2 – 6 SEPTIEMBRE, Barcelona, ESPAÑA

- Reunión anual de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS)
- <https://www.ems2024.eu/>

##### 30 – SEPTIEMBRE – 4 OCTUBRE, Würzburg, ALEMANIA

- Conferencia anual de satélites meteorológicos de EUMETSAT
- <https://www.eumetsat.int/eumetsat-meteorological-satellite-conference-2024>

Fecha a decidir NOVIEMBRE, Madrid, ESPAÑA – Conmemoración del 60 aniversario de la fundación de la AME. Conferencias y cena de gala

- Se anunciará en [www.ame-web.org](http://www.ame-web.org)

## A Good War: Mobilising Canada for the Climate Emergency (Una guerra buena: movilizando Canadá por la emergencia climática)

SETH KLEIN, 2020

EDITORIAL: ECW PRESS, CANADÁ, 300 PÁGINAS, PRECIO: 18,21€,  
ISBN-10: 1770415459, ISBN-13: 978-1770415454

Seth Klein (1968) es un activista social canadiense desde que era estudiante de secundaria cuando militaba en el movimiento por la paz y durante sus años universitarios en el movimiento antirracismo. Es hermano de la periodista, escritora y también activista canadiense, Naomi Klein, conocida por su crítica a la globalización y al capitalismo. Seth Klein ha sido fundador y director del Centro Canadiense de Políticas Alternativas en la Columbia Británica, que es un instituto de investigación de políticas públicas comprometido con la justicia social, económica y ambiental. Actualmente es director de estrategia de la Unidad de Emergencia Climática del Instituto David Suzuki (<https://www.climateemergencyunit.ca/>). Asimismo es profesor en la Universidad Simon Fraser y de la Escuela de Políticas Públicas y Asuntos Globales de la Universidad de Columbia Británica, y sigue siendo investigador asociado del Centro Canadiense de Políticas Alternativas en Columbia Británica.

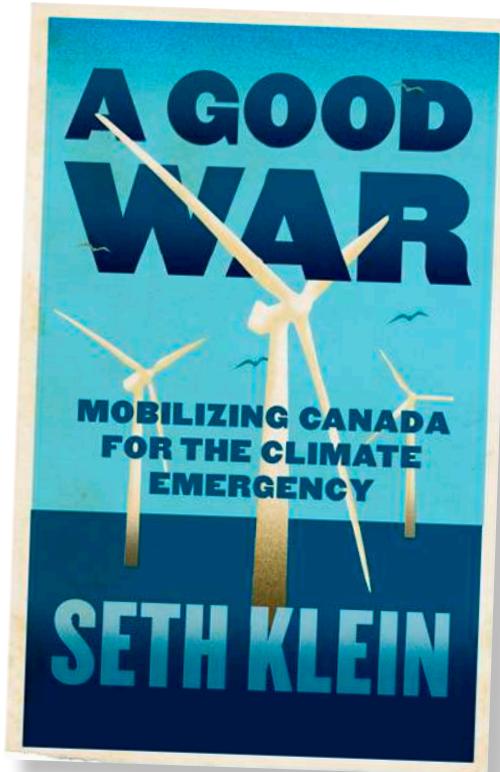
En su libro "Una guerra buena: movilizando Canadá por la emergencia climática" plantea la idea de tratar la lucha contra la emergencia climática como si fuera una guerra, utilizando el concepto de movilización nacional para desarrollar acciones significativas y urgentes en la lucha contra el cambio climático. Según el autor, al igual que en tiempos de guerra, la sociedad debe unirse y adoptar medidas audaces y decisivas para enfrentar la crisis climática. Propone políticas y acciones concretas que Canadá y otros países pueden tomar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, adaptarse a los impactos del cambio climático y construir una economía más sostenible y justa. El libro tiene un enfoque provocador y su llamamiento a la acción urgente sobre el cambio climático ha generado polémicas en ciertos ámbitos sobre la necesidad de tratar la crisis climática con la misma urgencia y determinación que se haría en tiempos de guerra.

El autor propone un plan de batalla basado en lecciones clave, aprendidas durante la Segunda Guerra Mundial (SGM), y transportadas a su propuesta para movilizar a la totalidad del

país en su lucha contra la emergencia climática. Aunque el libro está centrado en Canadá y compara el esfuerzo bélico durante la guerra con lo que habría que hacer en la actualidad para combatir la emergencia climática, muchas de las acciones y recomendaciones que propone son perfectamente exportables a otros países y adoptables por ellos.

El plan de batalla que propone el autor, y que desarrolla exhaustivamente en el libro, se basa en los siguientes puntos:

### Adoptar una mentalidad de emergen-



cia en tiempos de guerra, preparándose para hacer lo que sea necesario para ganar. Cuando se aborda una crisis en situación de emergencia (recordemos las medidas tomadas durante la pandemia del COVID-19) surge la necesidad de actuar a escala de tiempos de guerra. Se crea un nuevo sentido de propósito compartido, una unidad renovada en todo el país que libera un nivel de acción política que antes parecía imposible. Las ideas económicas consideradas proscritas pasan a ser reconsideradas. Es importante destacar que colectiva-

mente se está dispuesto a que los gobiernos adopten políticas obligatorias, reemplazando medidas voluntarias que simplemente incentivan y fomentan el cambio con cronogramas claros y mandatos regulatorios que impulsen el cambio y permitan cumplir objetivos ambiciosos.

**Unir a la población.** Muchos suponen que cuando estalló la SGM todos comprendieron la amenaza y estaban dispuestos a unirse al llamamiento que en su día hizo el presidente Mackenzie King. Pero eso no fue así. Se nece-

sitó liderazgo para movilizar a la población.

Las palabras y las acciones deben transmitir la idea de una movilización colectiva frente a una emergencia. Si los gobiernos no se comportan como si la situación fuera una emergencia, entonces efectivamente están comunicando a la población que no hay tal emergencia. Como ocurrió en la guerra, los gobiernos necesitan desarrollar y ejecutar programas publicitarios multifacéticos que aumenten el nivel de "alfabetización climática" pública y delineen y explicar sus respuestas políticas. Los medios de comunicación y las instituciones educativas necesitan replantear su enfoque ante esta crisis. Se necesita movilizar a los sectores cultural y de entretenimiento, lo que requiere una importante financiación pública para iniciativas artísticas y culturales que busquen movilizar al público. Además se hace necesario incluir mejor a la población en la toma de decisiones a medida que se perfeccionan las políticas climáticas, mediante el uso de asambleas ciudadanas y otros medios de participación democrática.

**La desigualdad es tóxica para la solidaridad social y la movilización masiva.** Una movilización llamada a tener éxito requiere que la población haga causa común sin importar clase, raza y género, y que tenga confianza en que tanto los ricos como las personas de ingresos medios y modestos perciban que se están haciendo sacrificios por parte de todos. Durante la Primera Guerra Mundial, la desigualdad socavó esos esfuerzos. En consecuencia, al comienzo de la SGM, el gobierno canadiense tomó medidas audaces para reducir la desigualdad y limitar el exceso de ganancias. Estas medidas son necesarias nuevamente hoy.

**Adoptar la planificación económica y crear las instituciones económicas necesarias para realizar los trabajos que se necesiten.** Durante la SGM, partiendo de una base prácticamente nula, la economía canadiense y su fuerza laboral produjeron aviones, vehículos militares, barcos y armamento a una velocidad y escala que hoy en día parecen impensables. Sorprendentemente, el gobierno canadiense estableció 28 corporaciones públicas pero estructuradas y operadas como si fueran privadas. A diferencia de una empresa privada, una corporación pública tiene un propósito de política pública, para satisfacer las necesidades de suministro y municiones del esfuerzo bélico. Éste es sólo un ejemplo de lo que el gobierno estaba dispuesto a hacer para transformar la economía canadiense y satisfacer las necesidades de producción en tiempos de guerra. El sector privado tenía un papel clave que desempeñar en esa transición económica, pero no se le permitía determinar la asignación de recursos escasos. En tiempos de emergencia, no deben dejarse esas decisiones en manos del mercado. Durante la mayor parte de los años de la guerra, la producción y venta de automóviles privados, tanto en Canadá como en Estados Unidos, estuvo efectivamente prohibida; en cambio, esas fábricas de automóviles estaban funcionando a toda máquina para producir vehículos de guerra. Se llevó a cabo una planificación económica detallada para garantizar que se priorizara la producción en tiempos de guerra, realizando un inventario nacional de las necesidades de suministro y la capacidad de producción y coordinando las cadenas de suministro de todos los recursos básicos para la producción de guerra (máquinas, herramientas, caucho, metales, madera, carbón, petróleo y más). La emergencia climática exige un enfoque similar en la planificación económica. Debemos realizar nuevamente un inventario de las necesidades de la conversión, determinando cuántas bombas de calor, paneles solares, parques eólicos, autobuses eléctricos, etc., necesitaremos para electrificar prácticamente todo y poner fin a nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Necesitaremos una nueva generación de corporaciones públicas que garanticen que esos artículos necesarios se fabriquen y desplieguen en la escala requerida (recordemos el caso del material médico durante la pandemia!). Necesitaremos enormes inversiones públicas en infraestructura verde y social para acelerar la transformación de nuestra economía y nuestras comunidades. Y como se hizo en la guerra, se necesitará movilizar mano de obra

para hacer este trabajo, desterrando el desempleo en los años venideros.

#### **Gastar lo que sea necesario para ganar.**

Un beneficio de una mentalidad de emergencia o de guerra es que obliga a los gobiernos a abandonar una mentalidad de austeridad y libera el erario público. La SGM vio una explosión en el gasto público. Para financiar el esfuerzo bélico, el gobierno emitió nuevos Bonos de Victoria públicos y se instituyeron nuevas formas de impuestos progresivos. Sin embargo, estos nuevos impuestos y lo que hasta el día de hoy siguen siendo niveles históricos de deuda pública no produjeron un desastre económico, como tantas veces se afirma. Por el contrario, presagiaron una era de prosperidad económica récord. Mientras enfrentamos la emergencia climática, financiar la transformación que tenemos ante nosotros requiere que empleemos herramientas similares.

**No dejar a nadie atrás.** Durante la SGM, más de un millón de canadienses se alistaron en el servicio militar y un número similar fue

ciones anteriores comparten un hilo común: desechar las ideas y supuestos económicos del libre mercado que nos han impedido hacer lo que debemos hacer frente a la emergencia climática. Durante la guerra, dada la urgencia y la escala de la tarea, tanto la población en general como los líderes del sector privado entendieron que la transformación económica tenía que estar dirigida por el Estado. El gobierno canadiense cuando estalló la SGM era una administración orientada al libre mercado (de hecho, esa orientación había limitado gravemente la acción gubernamental durante la Depresión de la década de 1930, al precio de grandes dificultades). Pero ante la urgente necesidad de la guerra, sus líderes flexibilizaron sus posiciones. Estaban preparados para adoptar un nivel de planificación económica, inversión y empresa públicas que antes parecía inimaginable.

**Transformar el gobierno.** Una vez que se reconoce verdaderamente una emergencia prolongada, todas las instituciones y maquinaria

## **Según el autor, al igual que en tiempos de guerra, la sociedad debe unirse y adoptar medidas audaces y decisivas para enfrentar la crisis climática**

empleado en la producción de municiones (muchos más de los que se emplean hoy en día en la industria de los combustibles fósiles). Después de la guerra, todas esas personas tuvieron que ser reintegradas a una economía en tiempos de paz. Eso también requirió una cuidadosa planificación económica y el desarrollo de nuevos programas para los soldados que regresaban, desde apoyo a los ingresos, hasta vivienda y formación posterior a la escuela secundaria. Esos programas de posguerra no fueron simplemente el resultado de la generosidad y la buena voluntad del gobierno; surgieron de las demandas de los movimientos laborales y sociales, que después de los estragos de la Gran Depresión y la guerra insistieron en un nuevo acuerdo. La ambición de estas iniciativas proporciona un modelo de cómo puede ser hoy una transición justa; deberían inspirarnos a desarrollar programas sólidos para todos los trabajadores cuya seguridad económica y laboral está actualmente ligada a la economía de los combustibles fósiles, con especial atención en aquellas provincias y regiones que más dependen de la producción de petróleo y gas.

**Rechazar la camisa de fuerza del pensamiento económico neoliberal.** Todas las lec-

turas del gobierno se concentran en la tarea de afrontarla. Durante la SGM, el presidente King nombró un poderoso comité de guerra para supervisar los esfuerzos del gobierno. Necesitamos hoy un comité de guerra de emergencia climática y una secretaría de emergencia climática en la oficina del primer ministro coordinando nuestra respuesta de emergencia como un enfoque de todo el gobierno. Así como se tiene en la actualidad una arquitectura de gobierno para la planificación fiscal, la elaboración de presupuestos, las consultas presupuestarias y la rendición de cuentas, también se necesitará construir sistemas similares para la elaboración de presupuestos de carbono. Necesitamos nuevos programas federales, provinciales y municipales de costos compartidos centrados en la crisis climática, para financiar de manera colaborativa nuevas infraestructuras verdes e iniciativas de capacitación laboral, con fondos destinados de manera proporcional a las provincias con mayor impacto. Se necesitan personas visionarias y creativas en puestos de liderazgo clave en la administración pública, así como expertos externos, líderes de la sociedad civil y empresarios para impulsar el cambio. Y finalmente se necesita que todos los partidos políticos impulsen agendas políticas que sean ➔

→ verdaderamente consistentes con lo que la ciencia nos exige. Todas las acciones en los diversos departamentos estarán supeditadas a la acción climática.

**El liderazgo, la cultura, los títulos y los derechos indígenas son fundamentales para ganar.** Los pueblos indígenas jugaron un papel importante en la SGM. Hoy en día, su papel para afrontar con éxito la crisis climática es fundamental. Es imperativo honrar y apoyar tales esfuerzos, primero incorporando la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas en la ley en todos los niveles de gobierno y, segundo, garantizando que las comunidades y naciones indígenas sean socios plenos en el desarrollo de los planes de emergencia climática.

**Cada uno tiene que poner su granito de arena.** La SGM fue un esfuerzo bélico total que no fue solamente perseguido por el gobierno, el ejército y las empresas manufactureras de guerra. Todos los hogares desempeñaron su papel. Todas las empresas del país hicieron ajustes. Todas las instituciones estaban comprometidas. Lo mismo tendría que ocurrir hoy para afrontar la crisis climática. Los hogares tendrán que cambiar su consumo, su transporte y la forma de calentar sus hogares. Todas las empresas e instituciones, públicas y privadas, necesitan planes de transición. Los movimientos sociales tendrán que mantener a los gobiernos en pie de guerra en cada etapa.

**Esta vez, no se deben sacrificar los derechos humanos.** La invocación por parte del gobierno de la Ley de Medidas de Guerra en 1939 tuvo un precio demasiado alto. Se encarceló e internó a personas sin el debido proceso. Ciertas comunidades fueron reubicadas por la fuerza. Se abandonaron las libertades civiles. La experiencia de Canadá en tiempos de guerra ofrece advertencias sobre lo que no se debe hacer. La crisis actual brinda una oportunidad histórica para evitar los errores del pasado y participar en una forma de movilización de emergencia que sea colaborativa más que coercitiva.

**Canadá no es una isla.** Aunque la población de Canadá es relativamente pequeña, y si bien las emisiones internas de gases de efecto invernadero (GEI) de Canadá pueden ser pequeñas a nivel global, también es un importante exportador internacional de combustibles fósiles. Además de tomar medidas climáticas internas, Canadá debe asumir responsabilidades para con el resto del mundo. Durante la SGM, Canadá fue extremadamente generoso con las transferencias financieras a varios aliados, a pesar de demandas internas sin precedentes. Las emisiones históricas de



GEI de Canadá per cápita han sido desproporcionadamente altas, además de ser uno de los países más ricos del mundo. Teniendo en cuenta todo esto, corresponde a Canadá aumentar sustancialmente las transferencias financieras a los países más pobres, particularmente en aquellas regiones más afectadas por la crisis climática y el clima extremo. No se trata de una cuestión de caridad, sino de necesidad y justicia. Además, se debe corregir uno de los capítulos más vergonzosos del legado de Canadá en la SGM: la respuesta a los refugiados. Antes, durante y después de la guerra, Canadá se negó a abrir sus puertas a las personas que huían de la persecución, en particular a los judíos que buscaban escapar de la Europa ocupada por los nazis. En las próximas décadas, las crisis de las personas desplazadas por los impactos climáticos seguramente serán un tema decisivo. Esta vez Canadá debe actuar de forma solidaria con los más afectados por el cambio climático.

**Cuando es necesario, los verdaderos líderes se saltan las reglas.** Ante una crisis humanitaria, hay personas que desafían las órdenes y las normas de su tiempo y circunstancias. Son ellas quienes cambian el curso de los acontecimientos. Estas son algunas de las personas que recordamos de la SGM, y serán las personas que la historia volverá a recordar como paladines de la emergencia climática.

**Conoce a tu enemigo.** Antes de entrar en batalla, necesitamos saber a qué nos enfrentamos. El enemigo estaba claro en la SGM; hoy, menos. Nos enfrentamos a numerosas barreras al cambio, en particular una industria de combustibles fósiles que ha hecho mucho para bloquear la acción climática. Una de las barreras más insidiosas es una dinámica que

se puede llamar "nuevo negacionismo climático", junto con sus diversas manifestaciones en forma de retardismo, "green-washing", desviación de los objetivos esenciales, etc. El nuevo negacionismo climático domina actualmente nuestra política y es el nuevo modus operandi de la industria de los combustibles fósiles.

El libro añade un capítulo sobre la crisis del COVID-19 que todavía estaba presente cuando el libro se publicó. Esta crisis ha demostrado que somos capaces de cambiar nuestras costumbres con notable rapidez, descubriendo cómo trabajar desde casa y empleando la tecnología para socializar de forma remota con amigos y seres queridos. Al igual que en la guerra, la pandemia ha obligado a cambiar nuestras rutinas y prácticas diarias en el hogar y en el trabajo. Cuando una emergencia se afronta como una crisis, como fue el caso de la pandemia, todo queda supeditado al objetivo final y esta es la lección que el autor nos transmite en este libro en el que compara dos crisis graves (Segunda Guerra Mundial y Cambio Climático) y las lecciones que podemos aprender de ellas.

El paralelismo que el autor desarrolla para afrontar la crisis climática con lo que se hizo para afrontar la crisis de la SGM puede resultar en algunos aspectos polémico o excesivo, pero lo que resulta indudable es el valor de este libro, en muchas de sus recomendaciones, para plantear herramientas para una comunicación eficaz. Muchas imágenes y conceptos que se desarrollaron para impulsar en su momento el esfuerzo bélico con ligeras adaptaciones pueden aplicarse para comunicar la urgencia y necesidad de la transición a gran escala que implica abordar la emergencia climática.

**ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO**



HAN COLABORADO TAMBIÉN...

Han colaborado también: Antonio Pazos García, Imanol Zuaznabar García, Ramon Calvet i Falgueras, Santiago Mata Escribano, Carme Molist Vidal, Emili Vilamala, Victor Díaz-del-Río Español, David Mancebo Atienza, y los usuarios Sinobas: @rrequenab, @torba, @bamengualv y @icampoo

Título: "Halo solar y compañía"

Autor: Emili Vilamala

Fotografía captada desde Folgueroles (Barcelona) el 26 de enero de 2024, en la que se pueden observar varios fotometeoro, aparte del halo solar de 22°: ligero supra lateral, parhelios, círculo parhélico, arco Parry, arco tangente superior y arco circuncenital.



# POR DELANTE DEL TIEMPO

[www.aemet.es](http://www.aemet.es)



Mucho más que  
una predicción...