

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA



Tiempo y Clima

OCTUBRE 2024 N° 86



1964-2024

SUMARIO

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA
OCTUBRE 2024 - NÚMERO 86 - QUINTA ETAPA

PRESENTACIÓN 3

ACTIVIDADES AME, [por Manuel Palomares y Fernando Bullón](#) 4

POLOS OPUESTOS: La Tierra ahora en su momento más frío (?),
[por Eduardo Zorita](#) 8

NOTICIAS: Imágenes de las lagunas de las inundaciones en el Sahara; Datos preoperativos del satélite MTG; Cesión a AEMET de los derechos de los “Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera” de Morán; El pecio del siglo XVII de Cádiz; 25.º Aniversario de la red de granizómetros en Lérida, [por Manuel Palomares](#) ... 9

MIRANDO UN MAPA: Las extraordinarias inundaciones del 7 y 8 septiembre 2024 en el Sahara, [por José María Sánchez-Laulhé](#) 14

Tsunamis, volcanes y deslizamientos. El reciente deslizamiento de Groenlandia y otros fenómenos complejos, [por Josep Batlló](#) 18

CRÓNICA DEL TIEMPO, [por Federico Franco, Andrés Chazarra, Ana Morata y José Ángel Núñez](#) 22

FOTOGRAFÍA: Ilusiones cromáticas, [por Imanol Zuaznabar](#);
Las fotos del verano 28

LA IMAGEN DEL VERANO: 6 de septiembre de 2024. Precipitaciones intensas y persistentes en el Pirineo central, [por Carlos Manuel Jiménez-Cavero](#) 32

Tormenta que sufrió la Armada en 1672 y tormenta Bernard de 2023, [por José María Sánchez-Laulhé](#) 35

Una reconsideración sobre la definición de aeródromo, [por Alejandro Méndez Frades](#) 40

METEOROLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS; Dos episodios de impacto por oleaje del norte en Canarias más el efecto de la marea, [por David Quintero Plaza, Irene Peñate de la Rosa y Gustavo Vega dos Santos](#) 42

LIBROS: *Solvable: how we healed the Earth, and how we can do it again*, de Susan Solomon, [por Ernesto Rodríguez Camino](#); *Guía Met Información meteorológica aeronáutica*, de AEMET, [por Alejandro Méndez Frades](#) 45

REUNIONES Y CONGRESOS: Reunión anual de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS 2024), Barcelona, 2-6 de septiembre de 2024, [por Ernesto Rodríguez Camino y Manuel Palomares Calderón](#); Próximas citas 48

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](#)
[Ramón Pascual Berghaenel](#)

DIRECCIÓN POSTAL:
Revista Tiempo y Clima
Apartado 60025
28080, MADRID

WEB: [pub.ame-web.org](#)

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

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

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

FOTO PORTADA
Título: “Rotación al límite” Autor: [Mario Navarro Escaravajal](#)
Desde El Moral, en Caravaca de la Cruz, Región de Murcia, el 25 de agosto de 2024, se pudo observar esta enorme supercélula que, procedente de la provincia de Albacete se dirigía hacia la de Almería. La intensa rotación que presentaba la tormenta se podía observar muy nítidamente. Dejó granizo de gran tamaño, midiéndose de hasta 7 cm, lo que provocó daños en vehículos, tejados y árboles.

PRESENTACIÓN

Estimados lectores,

El 29 de octubre se produjeron unas terribles inundaciones que afectaron principalmente a la Comunitat Valenciana causando una mortandad insólita. El día 30 la AME emitía el siguiente comunicado:

“La Asociación Meteorológica Española expresa su profunda consternación ante las excepcionales y devastadoras inundaciones y riadas que han afectado a la Comunitat Valenciana, dejando tras de sí pérdida de vidas, daños considerables y afectando gravemente a las comunidades locales. Queremos transmitir nuestras condolencias y solidaridad a todas las personas afectadas por estos trágicos acontecimientos y reconocer el esfuerzo de AEMET, los servicios de emergencia, Protección Civil y voluntarios que han trabajado sin descanso en las labores de rescate y apoyo.

Estos episodios de precipitaciones extremas, que han resultado en catastróficas riadas e inundaciones, ponen de manifiesto la utilidad de los sistemas de alertas meteorológicas. La activación temprana de las alertas y la comunicación precisa de la gravedad del riesgo son medidas fundamentales para proteger la vida y los bienes de la ciudadanía. El adecuado mantenimiento y reforzamiento de los sistemas de observación y predicción sobre los que se basan las alertas es un elemento imprescindible para minimizar las trágicas consecuencias de este tipo de eventos.

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

Como ya se ha señalado repetidamente por parte de la comunidad científica, existe un vínculo entre el cambio climático y el aumento en la frecuencia y severidad de fenómenos meteorológicos extremos, como las lluvias torrenciales y las inundaciones. Por lo que combatir el cambio climático tanto en su causas —reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero— como en sus efectos —adaptándonos al nuevo entorno climático— permitirá controlar la mayor frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas y sus posibles efectos. Para ello es esencial tomar colectivamente conciencia de la importancia de adoptar políticas ambiciosas de mitigación y adaptación al cambio climático.”

A pesar de esta hecatombe, no quiero dejar de resaltar dos noticias importantes y positivas para la AME: la primera es la puesta en marcha de una nueva página web (<https://ame-web.org/>) que mejorará la accesibilidad y usabilidad para los usuarios, y la segunda los actos de celebración del 60.º aniversario de nuestra Asociación. Más detalles sobre ambas noticias pueden encontrarse en la sección “Actividades AME”.

Espero que encuentren interesantes los contenidos de este número de la revista.

Un cordial saludo,

Tras el largo paréntesis del verano, septiembre se inició con un hito importante: la celebración de la Conferencia anual de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS) entre los días 2 y 6 de septiembre en la Universidad de Barcelona bajo organización de la EMS y la Asociación Catalana de Meteorología (ACAM) y con colaboración de la AME. En la sección de Congresos y Reuniones del presente número de *Tiempo y Clima*, se incluye una crónica resumida de su desarrollo redactada por Ernesto Rodríguez y Manuel Palomares, asistentes por parte de la AME.

26ª Asamblea General de la EMS el 1 de septiembre

El día anterior al inicio de la Conferencia de la EMS, el domingo 1 de septiembre, tuvo lugar la Asamblea General de la EMS que se celebra anualmente. La EMS es en realidad una “sociedad de sociedades” integrada por asociaciones meteorológicas de países europeos similares a la AME y también, en una segunda categoría, por instituciones públicas y privadas que colaboran como “miembros asociados”. La Asamblea reunió 31 participantes, de ellos 15 representantes con voto. Los cuatro participantes de sociedades españolas fueron Jordi Mazón y Marc Prohom por la ACAM y por la AME, Ernesto Rodríguez, representante para el voto único de las sociedades ibéricas y Manuel Palomares.

Aparte de los informes anuales de actividades, cuentas, presupuestos, etc. que fueron aprobados, se trataron diversas cuestiones. Solo destacamos algunas de cierta relevancia o de interés para la AME:

Se eligió a Johanna Wibig (sociedad polaca) como nueva tesorera. Continúan mandato la presidenta Liz Bentley y el vicepresidente Dominique Marbouty. Los tres constituyen el llamado *Bureau* de la EMS.

Se alcanzó un acuerdo sobre el compromiso de la EMS de alcanzar en 2040 la neutralidad cero (*NetZero*) en emisiones de carbono asociados a las reuniones de la EMS. Incluye una propuesta específica para dicho compromiso y un plan de transición con algunas medidas concretas a adoptar.

Revista científica de la EMS: Journal of the European Meteorological Society (JEMS)

Se están planificando dos números especiales (*special issue*, **SI**) con los prime-



Delegados en la 25ª Asamblea General de la EMS. Universidad de Barcelona, 1 de septiembre de 2024



Johannes Schmetz, uno de los dos editores jefe de JEMS, y Manuel Palomares, delegado de la AME

ros artículos ya publicados. En <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-the-european-meteorological-society> se puede ir al editorial inaugural para el JEMS y a dichos artículos, como el muy interesante “What if? Numerical weather prediction at the crossroads” sobre la convivencia actual y futura de la predicción numérica tradicional y los sistemas de *Machine Learning*, escrito por Peter Bauer del ECMWF.

Otras actividades de la AME

En enero incluiremos un resumen anual de las actividades de la AME en redes sociales y del funcionamiento y estadísticas de acceso al blog y a la nueva página web. En este número solo recogemos las actividades de divulgación a través de videoconferencias, dentro del ámbito del Aula Morán. Durante septiembre y octubre se han celebrado las siguientes:

✓ 26 de septiembre: “Calentamientos súbitos estratosféricos: fenómenos estratosféricos con efectos locales”, por Blanca Ayarzagüena Porras, Universidad Complutense de Madrid.

✓ 3 de octubre: “Sequía en Cataluña, 2021 – 2023”, por Beatriz Téllez Jurado, Ramón Pascual Berghaenel y Oriol Ripoll Sancho, Delegación de AEMET en Cataluña.

✓ 24 de octubre: “Tiempo espacial”, por José Antonio Sosa Cardo, Delegación de AEMET en Andalucía.

Nuestro sincero agradecimiento a los ponentes de estas charlas y a los socios que colaboran desinteresadamente en su organización. De los encuentros y galas relativas a los concursos de fotografía, Fernando Bullón da cuenta en esta misma sección.



Portada de la nueva página web de la AME; <https://ame-web.org/>

Nueva página web de la AME

Coincidiendo con la celebración de su 60.º aniversario, la AME ha renovado su página web con el objetivo de mejorar la accesibilidad y usabilidad para sus usuarios. El nuevo sitio presenta un diseño más atractivo, con una interfaz visual coherente y agradable, así como una navegación intuitiva, que permite acceder fácilmente a información relevante mediante menús claros. Esta estupenda mejora se debe principalmente a Felipe Jurado, excelente profesional informático, y a nuestra compañera Carmen Rus de la Junta Directiva.

El contenido de la web destaca las actividades periódicas realizadas por la AME y facilita el acceso a los eventos y contenidos de años anteriores. En el apartado "Aula Francisco Morán" se han recopilado hasta la fecha 74 vídeos de charlas impartidas desde el 2 de marzo de 2021, con la participación de 76 ponentes provenientes de diversos campos. Este apartado incluye secciones especiales como "Hablemos de libros" y "Meteoaficionados". Además, están disponibles 31 vídeos de Fotometeo, que incluyen galas, tertulias y entrevistas a meteofotógrafos. Asimismo, se puede

acceder a las publicaciones de la revista *Tiempo y Clima* y a los artículos publicados en el blog.

Esperamos que esta nueva plataforma de comunicación de la AME contribuya a mejorar la experiencia del usuario y a fortalecer el compromiso de los socios y amigos de la Asociación.

Celebración del 60.º aniversario de la AME el 21 de noviembre de 2024:

La Junta Directiva ha estado explorando las posibilidades más favorables y gracias a los contactos de José Miguel Viñas, miembro de la Junta, el acto será hospedado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en su sede de la calle Valverde en el centro de Madrid. Tendrá lugar el día 21 de noviembre de 2024 a las 17 h y se espera que se extienda hasta las 19:15 h. La asistencia es abierta para todos los socios y simpatizantes. A las 21 h se ha reservado una cena de celebración en el restaurante Opera Victoria de Madrid. Se informará en breve sobre inscripción, menú y precio de la misma. Al final de esta sección puede verse el cartel preparado para esta ocasión con el programa completo de la conmemoración.

Concursos fotográficos

METEOVERANO'2024:

El miércoles 9 de octubre de 2024 se publicaron, en la habitual gala a través de videoconferencia, los resultados del Meteoverano'2024. Una semana después, el 16 de octubre, tuvo lugar la tertulia del concurso, con la participación de José Antonio Gallego, Alfons Puertas y Rubén del Campo. En ella se comentaron, también por parte de los propios autores presentes en el acto, diversas fotografías que fueron seleccionadas entre todas las participantes en el concurso.

El concurso contó en total con 57 participantes que presentaron un total de 193 fotografías, de las que 173 fueron admitidas, y han quedado expuestas en el álbum correspondiente de la Galería Fotometeo. Como siempre, el comité organizador seleccionó las 50 que pasaron a la votación del jurado, que concluyó el 6 de octubre. El resultado de la votación se puede ver accediendo al álbum el concurso en Fotometeo, donde se pueden ordenar las 50 fotografías que pasaron al jurado según la puntuación obtenida.

La fotografía ganadora del concurso, con 197 puntos, fue "Simplemente alucinante", de Enric Navarrete Bachs, que de esta manera se convierte, junto a Carlos Castillejo, en el autor que más veces ha conseguido llevarse el primer premio en nuestros concursos estacionales, algo que ha logrado ya en cinco ocasiones. La fotografía, que fue ampliamente comentada al inicio de la tertulia, la podemos ver en la sección "Las fotos del verano" como ganadora del mes de agosto. Muestra dos descargas eléctricas, una nube-tierra que cae sobre Mediterráneo, acompañada de otra intranube, de tipo *anvil crawler* ocupando e iluminando todo el área de cielo que quedaba encuadrada en la fotografía. Fue tomada la madrugada del 14 de agosto desde una playa del municipio de Gavá, en la provincia de Barcelona.

La segunda clasificada, con un punto menos que la ganadora, fue "Rotación al límite", de Mario Navarro Escarabajal, que en esta edición se estrenaba como participante en nuestros concursos. La fotografía, tomada en formato vertical, muestra una impresionante supercélula que se movía entre las provincias de Al-



METEOFOTÓGRAFOS

José Miguel García García
@josestormchaser

Jueves 23 de enero de 2025
16:00 h. peninsular española

➔ bacete, Murcia y Almería, distinguiéndose perfectamente el mesociclón, en rotación ascendente, de la corriente descendente que se desploma junto al mismo. Nos dice su autor que añadió “al límite” en el título porque la tormenta se encontraba en el límite de las tres provincias citadas. Esta fotografía, también tomada en el mes de agosto, la podemos ver ocupando la portada de la revista.

El tercer puesto, con 192 puntos, fue para “Amenaza en la hora azul”, de Benjamín Poreé. Este autor fue el ganador de la última edición del concurso Meteovideo de la AME, celebrado este año, y es la primera vez que logra hacerse hueco en los tres primeros puestos de los concursos estacionales. Sus fotografías y vídeos suelen ser de supercélulas captadas por diversos puntos del interior de nuestro país, especialmente de las comarcas del centro y sur de Aragón y del este de Castilla-La Mancha. En el caso de esta imagen, la tormenta se encontraba en las proximidades de la localidad zaragozana de Bujaraloz. Al haber sido la ganadora del mes de junio,

la podemos ver en las fotos del verano como la foto de ese mes.

Además de las tres fotografías que ocuparon las tres primeras posiciones, otras dos fotografías del concurso han sido publicadas en este número de nuestra revista. En la sección “Las fotos del verano” podemos ver, acompañando a las que quedaron primera y tercera en

el concurso, la ganadora del mes de julio, que fue “La melodía del viento”, de Idoia Alonso Corres, tomada desde las proximidades de Baños de Valdeararas, en la provincia de Burgos, y en la contraportada la fotografía de David Esteban Liljedahl “Manga marina”, tomada desde Son Servera, en la isla de Mallorca.

METEOFOTÓGRAFOS

Al cierre de la revista, para el próximo 23 de enero está prevista la celebración de un nuevo episodio de “Meteofotografos”, en esta ocasión con José Miguel García García, otro de los concursantes más destacados a lo largo de la historia de nuestros concursos. Con esta actividad, iniciada en julio de 2023, se viene repasando las trayectorias y comentando las mejores fotografías de algunos de los participantes en los concursos de fotografía y vídeo de la AME, y para la misma se viene contando, igualmente, con la inestimable colaboración de José Antonio Gallego.

PRÓXIMO CONCURSO:

Al cierre de este número de *Tiempo y Clima*, ya estaban publicadas las bases del próximo concurso estacional, el Meteotoño’2024, cuyo cartel podemos ver acompañando a estas líneas. Para este concurso se podrán presentar hasta cinco fotografías tomadas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de este año, y el plazo para participar finalizará el 10 de diciembre de 2024. Los resultados se publicarán en la gala prevista para el 8 de enero de 2025.

Meteo-otoño’2024

Plazo: Hasta el 10 de diciembre de 2024

“Aurora y fotografía en Stockport”, de Benjamín Poreé, 1º premio Meteotoño’2024

AM E 60 Asociación Meteorológica Española

http://fotometeo.ame-web.org

CON LA COLABORACIÓN DE METEORED



Asociación
Meteorológica
Española

1904

1964

1967

2001

1964-2024

ACTO DE CELEBRACIÓN DEL 60 ANIVERSARIO DE LA AME

JUEVES 21 DE NOVIEMBRE, A LAS 17:00 HORAS

En la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España.

Calle Valverde 24, Madrid.

- 17:00 Bienvenida. Ernesto Rodríguez, presidente de la AME.
- 17:05 Historia de los 60 años. Ernesto Rodríguez (AME).
- 17:20 Homenaje a los hermanos Linés. Manuel Palomares (AME) y Fernando Bombal (RAC).
- 18:00 Historia de los concursos fotográficos. Fernando Bullón (AEMET).
- 18:15 Conferencia: "Aspectos científicos y sociales de la modificación atmosférica: el dilema de Tom y Jerry". José Luis Sánchez (Universidad de León).
- 18:45 Homenaje a los socios más antiguos.
- 19:15 Fin del acto en la RAC.

Evento social:

**21:00 Cena en el restaurante Opera Victoria.
Calle de los Caños del Peral, 2. Madrid.**

**Asociación
Meteorológica
Española**





POLOS OPUESTOS

EDUARDO ZORITA

La Tierra ahora en su momento más frío (?)

El signo de interrogación en el título pretende subrayar la complejidad del sistema climático y el peligro de intentar reducir la cuestión del cambio climático antropogénico a términos sencillos que sean más digeribles por el gran público. Un ejemplo de esto lo podemos advertir en una muy reciente publicación de la reconstrucción de la temperatura media de la Tierra durante los últimos 500 millones de años, basada en un conjunto de datos proxy - indicadores biogeoquímicos de las condiciones medioambientales en las que estos indicadores se formaron¹. Esta reconstrucción indica que durante los últimos 500 millones de años la temperatura media en la superficie de la Tierra ha oscilado entre 20 y 35 °C, con dos periodos más fríos, en los que la temperatura descendió hasta aproximadamente 15 °C. Uno de estos periodos ocurrió hace unos 320 millones de años. El segundo periodo es el actual.

Aunque era conocido que la temperatura media de la Tierra habría sido en algunos periodos mucho más alta que la actual, sorprende la constancia de las altas temperaturas en esta reconstrucción. Por ejemplo, restos fosilizados de reptiles con aproximadamente 65 millones de años de edad se han encontrado a una latitud que, corrigiendo la deriva continental, corresponde a la actual de Alaska. Estos fósiles indicarían que, por lo menos en ese periodo, la temperatura media anual mínima a esa latitud no podría haber sido menor de 15 °C. Se sabe que la temperatura media terrestre desde entonces, salvo el óptimo climático del Eoceno temprano que tuvo lugar entre hace 53 y 50 millones de años, tuvo una tendencia general al enfriamiento hasta el presente geológico. Anteriormente a las primeras glaciaciones de la An-

tártida, hace 25 millones de años, probablemente no había hielo permanente en ningún lugar de la Tierra. Las intensas edades glaciales que se han sucedido cada 100 mil años en el último millón de años son en este sentido una novedad geológica. Otros periodos geológicamente más recientes, como el Eemiense (hace 130 000 años) o el Holoceno medio (hace 5000 años) fueron testigos de temperaturas próximas o incluso superiores a la actual.

¿Significan todos estos datos que el efecto de invernadero antropogénico no está calentando el planeta de una manera anómala?; en absoluto. Esta creencia errónea proviene, también en parte, de la insistencia por parte de la ciencia climática oficial en hablar de temperaturas actuales 'sin precedentes', lo cual no es correcto desde el punto de vista geológico. Realmente, el nivel actual de temperaturas respecto a la de las temperaturas del pasado no contiene ninguna información acerca del impacto actual de los gases de invernadero. Por ejemplo, yo podría concluir, erróneamente, que la calefacción de mi piso no tiene efecto en invierno porque durante el verano pasado, sin calefacción, las temperaturas fueron más altas.

La atribución del calentamiento actual a los gases de invernadero se basa en la tendencia de la temperatura actual en los últimos cien años. Esta tendencia tiene que tener una explicación. La única explicación cuantitativamente plausible que existe hoy día son los gases de efecto invernadero. Ni el aumento de la actividad solar, ni la disminución de la actividad volcánica, ni el calor acumulado en el océano, pueden explicar el calentamiento actual. Independientemente de que hace equis millones de años la Tierra fuera un planeta más cálido que ahora.

¹ Jupp *et al.*, 2024: A 485-million-year history of Earth's surface temperature, Science, doi.org/10.1126/science.adk3705

Imágenes de octubre de las lagunas formadas en las extraordinarias inundaciones del 7 y 8 de septiembre en el Sahara

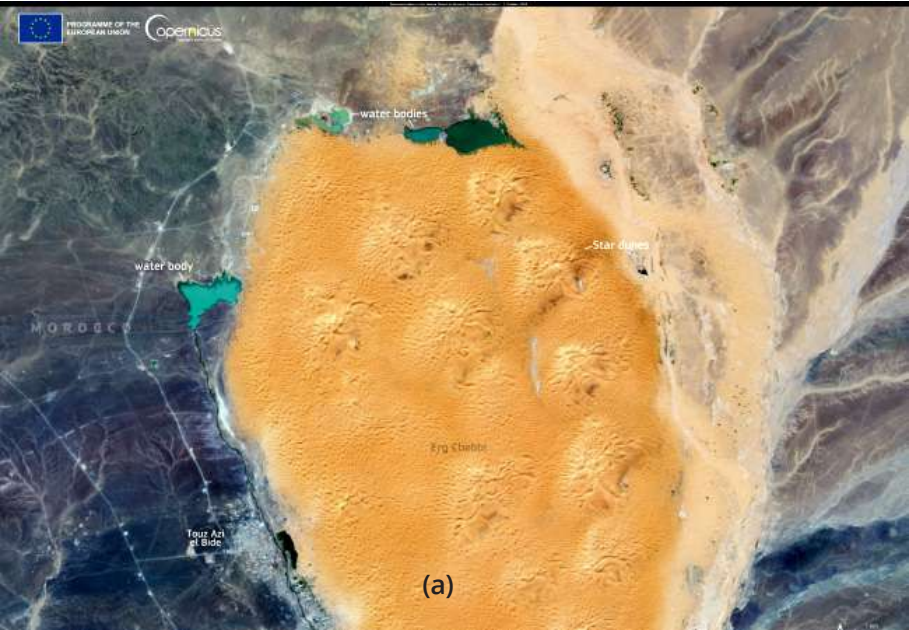
Fuente: NASA, Copernicus, *Tiempo y Clima* y diversos medios

A principios de septiembre la desviación hacia el norte de una onda del este africana dio lugar a inundaciones en el noroeste del desierto del Sahara los días 7 y 8. Los análisis satelitales preliminares de la NASA, basados en datos IMERG¹, mostraban precipitaciones acumuladas de lluvia de varias decenas de mm, superando en algunos lugares los 200 milímetros. Si bien gran parte de la lluvia cayó en zonas escasamente pobladas, los medios informaron de inundaciones repentinas que causaron más de veinte fallecidos, viviendas

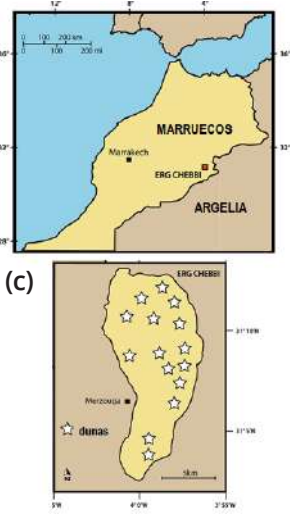
derruidas, carreteras dañadas e interrupciones en el suministro de electricidad y agua en varias aldeas de Marruecos y Argelia. En la ilustración (arriba) se muestra la imagen generada por uno de los satélites Sentinel-2 de Copernicus el 1 de octubre, en la que se observa una serie de lagunas efímeras formadas en Erg Chebbi tras las lluvias torrenciales. Las áreas cubiertas por agua aparecen con color azul, y el tono del azul depende de la profundidad del agua y la cantidad de sedimento en suspensión. Erg Chebbi es uno de los erg del Sahara en Ma-

rruecos; está situado en el sudeste del país (ver su localización en la ilustración), posee un espectacular mar de dunas en forma de estrella. Una de estas dunas se muestra en la ilustración (abajo), junto a una de las lagunas en una fotografía tomada el 14 de octubre. El fenómeno meteorológico se produjo por un desplazamiento anómalo hacia el norte de la línea de discontinuidad intertropical (ITD, *Inter Tropical Discontinuity*) que arrastró desde el Sahel a una onda africana del este. El desplazamiento fue causado por la intensificación repentina del anticiclón del norte de África en el centro del Sahara, como se explica en un artículo de este número de *TyC*.

Celeste Saulo, secretaria general de la Organización Meteorológica Mundial, dijo a los periodistas que los ciclos del agua en todo el mundo estaban cambiando. “Como resultado del aumento de las temperaturas, el ciclo hidrológico se ha acelerado. También se ha vuelto más errático e impredecible, y nos enfrentamos a problemas crecientes de exceso o falta de agua”. Se puede añadir a las palabras de Saulo, que también las teleconexiones se están fortaleciendo con el cambio climático: las inundaciones en la India y Paquistán, en Sudán, en el Sahel y el Sahara, y en Centroeuroa, en los últimos días de agosto y primera quincena de septiembre de 2024, están claramente conectadas.



(a) Imagen de uno de los satélites Sentinel-2 de Copernicus el 1 de octubre de 2024; (b) foto del 14 de octubre de 2024 de uno de los lagos efimeros junto a una de las dunas en forma de estrella del Erg Chebbi (foto de Javier de la Orden Gómez); (c) situación y mapa de Erg Chebbi;



¹ <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>

Se publican los primeros datos preoperativos del Instrumento de imágenes FCI del satélite Meteosat de Tercera Generación de EUMETSAT

Fuente: EUMETSAT y *Tiempo y Clima*

Los satélites Meteosat de Tercera Generación

El sistema Meteosat de Tercera Generación (MTG) es uno de los sistemas de satélites meteorológicos más innovadores jamás diseñados. Cuando el sistema esté completamente desplegado, constará de cuatro satélites de imágenes (MTG-I) con capacidades nuevas y mejoradas, especialmente los instrumentos *Flexible Combined Imager* (FCI) de combinación de imágenes y *Lightning Imager* (LI) de captación de descargas eléctricas entre nubes o nube - suelo. Además, por primera vez en el mundo, EUMETSAT gestionará dos satélites de sondeo geoestacionario (MTG-S) que llevarán una sonda infrarroja y el instrumento del programa Copernicus (Comisión Europea) Sentinel-4 para datos en ultravioleta, visible e infrarrojo cercano. Se está discutiendo la posibilidad de añadir un tercer satélite de sondeo.

El primer satélite de imágenes (Imager 1, abreviadamente MTG-I1 y también denominado Meteosat 12) se lanzó con éxito el 28 de diciembre de 2022 alcanzando su órbita prevista a 36 000 km sobre el ecuador. Con algo de retraso, en otoño de 2023, se difundieron datos todavía no operativos del instrumento LI. Sorprende bastante que se haya retrasado más de 20 meses (septiembre 2024) la publicación de los primeros datos e imágenes del instrumento FCI pero con la consideración todavía de no operativos. Ciertamente la puesta en operaciones de los instrumentos en vuelo y el acceso por los usuarios requiere un proceso muy complejo, pero hay que tener en cuenta que el sistema MTG se solapará durante bastantes años con el anterior sistema de MSG, por lo que no hay excesiva prisa en que estén operativas todas las misiones del MTG-I1. El primer satélite de sondeo MTG-S1 se pondrá en órbita durante 2025 y en 2026 el lo hará el primer “hermano” del MTG-I1, el MTG-I2. Los demás se irán lanzando dentro de un periodo aproximado de veinte años.

El instrumento FCI

El 24 de septiembre de 2024 se empezaron a hacer públicos los nuevos datos L1c del instrumento FCI del MTG-I1. El FCI utilizará dos servicios de escaneo para crear una imagen de los episodios que evolucionan rápidamente. Los datos recogidos a lo largo de 16 bandas espectrales ofrecerán información precisa desde nubes hasta vapor de agua, océanos o incendios locales.

El instrumento FCI releva al SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) del MSG. Los requisitos del FCI fueron formulados por las comunidades regionales y globales de predicción numérica del tiempo y de *nowcasting*. Uno de ellos es que permite escanear el disco Tierra completo en diez minutos, o el cuarto superior del disco, (es decir, África del norte y Europa) en 2.5 minutos. Tiene canales en 16 intervalos espectrales que cubren longitudes de onda desde el visible hasta el infrarrojo. Las imágenes permitirán una predicción más temprana de episodios climáticos severos, mejoras en los pronósticos y mejoras en los sistemas meteorológicos esenciales y los eventos ambientales.

La siguiente tabla muestra las características espectrales y espaciales de los canales del FCI. Los canales espectrales VIS 0.6, NIR 2.2, IR 3.8 e IR 10.5 se suministran en dos configuraciones de muestreo espacial: resolución normal y alta resolución (HR).

Canales	Longitud de onda central, λ_0	Anchura espectral, $\Delta\lambda_0$	Distancia espacial de muestreo
VIS 0.4	0.444 μm	0.060 μm	1.0 km
VIS 0.5	0.510 μm	0.040 μm	1.0 km
VIS 0.6	0.640 μm	0.050 μm	1.0 km 0.5 km (HR)
VIS 0.8	0.865 μm	0.050 μm	1.0 km
VIS 0.9	0.914 μm	0.020 μm	1.0 km
NIR 1.3	1.380 μm	0.030 μm	1.0 km
NIR 1.6	1.610 μm	0.050 μm	1.0 km
NIR 2.2	2.250 μm	0.050 μm	1.0 km 0.5 km (HR)
IR 3.8	3.800 μm	0.400 μm	2.0 km 1.0 km (HR)
WV 6.3	6.300 μm	1.000 μm	2.0 km
WV 7.3	7.350 μm	0.500 μm	2.0 km
IR 8.7	8.700 μm	0.400 μm	2.0 km
IR 9.7	9.660 μm	0.300 μm	2.0 km
IR 10.5	10.500 μm	0.700 μm	2.0 km 1.0 km (HR)
IR 12.3	12.300 μm	0.500 μm	2.0 km
IR 13.3	13.300 μm	0.600 μm	2.0 km

Características espectrales de los canales del FCI

Los nuevos datos, para una serie de productos seleccionados, están disponibles en EUMETCast, en el Data Store y en EUMETView. En ésta última aplicación ya se pueden visualizar cinco tipos de imágenes o productos del FCI: FCI HRFI VIS0.6 μm , imagen visible del disco completo con resolución espacial de 0.5 km; FCI HRFI IR10.5 μm imagen infrarroja del disco completo con resolución espacial de 1 km y los novedosos productos de composición RGB (*Rojo, verde y azul*) Color Verdadero (*True Colour*), Geocolor (*GeoColour*) y Fase de Nube (*Cloud Phase*). La guía para usuarios se pueden encontrar aquí: [MTG FCI level 1c data guide](#).

Composición RGB “color verdadero” y otras composiciones

Hay que destacar que los nuevos productos de imágenes incluyen, por primera vez para Europa y África desde órbita geoestacionaria, una composición de los tres colores básicos de la luz, rojo, verde y azul (abreviadamente una *RGB*) denominada “color verdadero” o “True Colour” que proporciona los colores naturales de la Tierra y la atmósfera durante el día tal como los percibe el ojo humano.

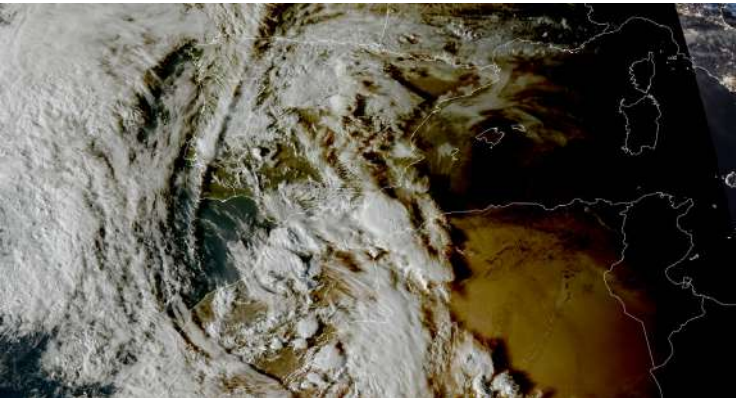


Imagen RGB “color verdadero” (True Colour RGB) de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024 con 1 km de resolución espacial

Los canales sensibles a las luces roja, verde y azul se visualizan en los respectivos haces de color lo que da como resultado colores realistas que imitan cómo el ojo humano vería la imagen. Antes de crear esa RGB, se elimina el efecto de dispersión de Rayleigh de cada banda, para evitar que la imagen sea borrosa. Los aerosoles se ven mejor en esta RGB que en las otras RGB estándar de onda corta, ya que el efecto de dispersión es más fuerte en longitudes de onda más cortas. También se aplica un método especial a la banda verde del FCI para que coincida con mayor precisión con las áreas con vegetación y bosque.

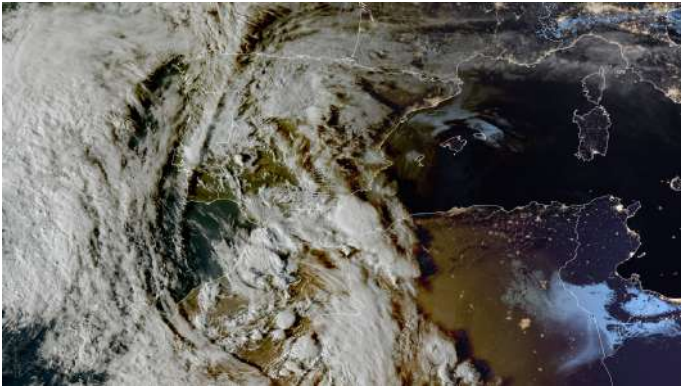
Composición RGB “GeoColor”

La RGB GeoColor combina la RGB Color Verdadero con la información diferencial de los canales IR para representar las nubes en diferentes colores, superpuestas sobre las luces estáticas de las ciudades para la parte nocturna del disco completo. Para la parte diurna, la RGB Color Verdadero proporciona colores naturales de la Tierra y la atmósfera. Durante la noche se utilizan el canal IR 10.5 μm y la diferencia de niebla (10.5 μm – 3.8 μm) para identificar nubes de hielo y agua líquida, que se muestran en colores blanquecinos y azulados, respectivamente. Son parcial-

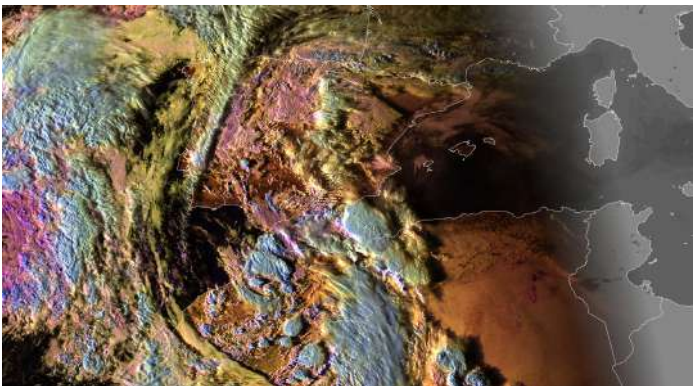
mente transparentes y se colocan sobre el fondo estático mármol negro de la NASA. Hay que tener en cuenta que el mármol negro es una capa estática y no refleja las condiciones reales de las luces de la ciudad. La GeoColor se desarrolló por primera vez para los satélites de la serie GOES-R en el Instituto Cooperativo para la Investigación de la Atmósfera (CIRA) y la Rama de Meteorología Regional y de Mesoscala (RAMMB; *Regional and Mesoscale Meteorology Branch*).

Composición RGB “Fase de nube”

La RGB Fase de Nube es una RGB que tiene como objetivo diferenciar las nubes de agua de las nubes de hielo y proporcionar información sobre el tamaño de las partículas de la parte superior de las nubes durante el día. Separa las nubes de agua de las nubes de hielo de forma más fiable que los RGB SEVIRI actuales. En el caso de nubes de agua y hielo espesos, la RGB Fase de Nube proporciona un buen contraste de color entre las regiones de la cima de las nubes cubiertas por partículas pequeñas y grandes. Esta RGB se genera utilizando las bandas NIR1.6, NIR2.25 y VIS0.6. Este RGB se genera con una resolución de 0.5 km, debido a las dos bandas de alta resolución utilizadas.



RGB GeoColor de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024



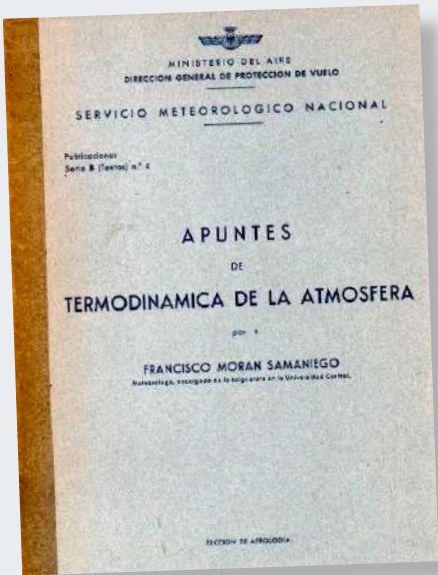
RGB “fase de nube” (Cloud Phase RGB) de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024

La familia Morán Cabré cede a AEMET los derechos de autor de los “Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera”

Fuente: Alejandro Méndez Frades y *Tiempo y Clima*

El pasado 23 de abril, la familia Morán Cabré y AEMET acordaron la cesión a la Agencia Estatal de Meteorología de los derechos de autor de la mítica publicación de 1944, “Apuntes de Termodinámica de la atmósfera” de Francisco Morán Samaniego. Gracias a este generoso gesto propiciado por sus hijos, ya es posible acceder en el repositorio oficial “Arcimis” al contenido de esta obra descatalogada². Apesar de haber transcurrido ochenta años desde su publicación inicial por el entonces Servicio Meteorológico Nacional y cuarenta desde la edición facsímil de 1984 publicada por la misma institución con el nuevo nombre de Instituto Nacional de Meteorología, su vigencia es plena a día de hoy como así

lo evidencia el que siga siendo un texto de referencia para los estudios de posgrado universitario y para la preparación de las oposiciones a los cuerpos de meteorología del Estado. Con toda seguridad, podría afirmarse que los “Apuntes” constituye la obra meteorológica más importante de cuantas se han editado en castellano. Su altura científica es tal que, tiempo atrás, despertó el interés de los más ilustres miembros de la escuela meteorológica alemana hasta el punto de plantear su traducción a su lengua vernácula. Desde la revista *Tiempo y Clima* celebramos este acuerdo y enviamos nuestra gratitud a familia Morán Cabré por facilitar su acceso.



Portada de la primera edición en 1944

² <https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/16036/1/Moran.pdf>

El pecio del siglo XVII Delta 1y el gran tornado de Cádiz de 1671

Fuentes: *Diario de Cádiz, La Voz de Cádiz, Tiempo y Clima, Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz.*

A finales de julio de este año se llevó a cabo la extracción del fondo del mar de un pecio del siglo XVII en aguas de la bahía de Cádiz, una operación hasta ahora única en España. La hipótesis más plausible es que se trataría de los restos de un galeón militar español del siglo XVII que transportaba abundantes materiales provenientes de América. La parte rescatada son unos 20 metros de un grandioso buque, que al parecer podría tener unos 50 m de eslora como se deduce del tamaño de los maderos de roble, y con una apretada disposición de las cuadernas, lo que significa que estaba preparado para la navegación transoceánica. Previamente, en 2013, fueron hallados en el pecio 27 cañones de hierro procedentes de

Suecia, 22 lingotes de plata procedentes de las minas del alto Perú (hoy Bolivia), con marcas que los datan en 1651, una campana, un astrolabio, cerámica variada, compases de navegación, elementos de cuero como suelas de zapatos, restos óseos de animales y trozos de guayacán, madera originaria de América muy apreciada por su resistencia, que se usaba para ciertas piezas de las embarcaciones y para usos médicos como tratar la sífilis o el reuma.

Con el material se va a abordar un estudio multidisciplinar que pretende determinar, entre otras cuestiones, la nacionalidad, el proceso de construcción, la tipología y la vida útil del barco, por qué estaba en Cádiz y a qué se debió su hundimiento. Una vez finalizados los trabajos arqueológicos, "las partes que componen el barco, ya desarticuladas, serán devueltas nuevamente al mar, donde se preservarán para el futuro en un depósito reversible y perfectamente georreferenciado" según declaraba a los medios Milagros Alzaga, jefa del Centro de Arqueología Subacuática CAS del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico.

Causas del hundimiento

Según Alzaga, la hipótesis de partida que se baraja es la del hundimiento del buque por el gran tornado que arrasó Cádiz el 15 de marzo de 1671 que produjo gravísimos destrozos en el caserío de un tercio de la ciudad y en unas 17 embarcaciones que se encontraban en su bahía. En favor de esta hipótesis la campana aparecida en la excavación de 2013 reza "Jesús, María y José 1671". Sobre este evento se ocupó *Tiempo y Clima* en su número de julio de 2005 (<https://pub.>



Quilla rescatada en el pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)

25.º Aniversario de la red de granizómetros en Lérida

Fuente: Universidad de León, ADV Terres de Ponent

El pasado 28 de septiembre se celebró el 25.º aniversario de la red de granizómetros que se extiende por varias comarcas de la provincia de Lérida. La red permite obtener información detallada de las precipitaciones de granizo en un área de unos 3000 km², gracias a los más de 170 granizómetros que se encuentran operativos durante los periodos estivales. La red es de la Agrupación de Defensa Vegetal Terres de Ponent, la primera agrupación de esta clase creada en Cataluña; la financiación corre a cargo del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), y en lo relativo a los aspectos más científicos relacionados con los impactos producidos en los granizómetros, se encarga el Grupo de Física de la Atmósfera (GFA) de la Universidad de León.

El granizómetro es un aparato diseñado por el GFA que consiste en una placa de material sensible debidamente pintada de

blanco situada a una altura aproximada de 1.5 metros del suelo mediante una estructura metálica compuesta por una base rectangular, sobre la que se sitúa la placa, y un vástago que se fija vertical y fuertemente al suelo. Cuando el granizo impacta sobre la placa deja una huella que nos permite obtener los diferentes parámetros (diámetro, cantidad) que definen una granizada. Estos registros han sido utilizados por las compañías de seguros y los agricultores de estas comarcas para delimitar la extensión y estimar los daños tras un temporal de granizo.

En estos 25 años se han podido medir con detalle más de 150 mil piedras de granizo, constituyendo una base de datos que permite a los meteorólogos del SMC mejorar sus modelos de predicción así como haber desarrollado un modelo que permite detectar en tiempo real las precipitaciones



Granizómetro



Campana aparecida en el pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)

ame-web.org/index.php/TyC/article/view/567/563). El fenómeno tiene un grandísimo interés meteorológico y climatológico, pues no se conoce en España un tornado de tal intensidad. Los daños que produjeron estos vientos huracanados son los propios de un tornado F3 en la escala de Fujita. En esas fechas del siglo XVII reinaba Carlos II, cuyo reinado en lo económico ha sido calificado por diversos autores como “un remanso de paz”, aliviando la presión sobre sus súbditos, permitiendo el superávit y acabando con las sucesivas bancarrotas en las que incurrieron sus antecesores. Cádiz era entonces una ciudad pujante, que había resurgido del asalto y destrucción de los ingleses de 1596 y estaba tomando el relevo a Sevilla como puerto del comercio con América. La construcción civil era bastante sólida, los comerciantes con Indias levantaban edificios de monumentalidad palaciega. La piedra ya era uno de los materiales más utilizados en la arquitectura civil gaditana. Para la ciudad el evento del tornado tuvo una gran trascendencia, no solo por los daños que ocasionó, sino porque parece que condicionó la evolución de los miradores de sus

casas hacia lo que hoy se conoce como torres-miradores, elemento muy característico de su arquitectura.

Pero el hundimiento del galeón del pecio Delta 1 pudo haber sido causado por otro evento meteorológico. Así, al año siguiente, 1672, una borrasca con características tropicales sorprendió a la Armada del Mar Océano, cuando regresaba a Cádiz, frente al Algarve portugués, hundiendo una de sus naos, muriendo ahogados unas 400 personas, entre tripulantes y tropa embarcada, y desarbolando a buena parte de las otras naos que al final de muchas penalidades consiguieron llegar a Cádiz. Alguna de ellas pudo acabar hundida en la bahía. De esta borrasca y su impacto en la Armada trata uno de los artículos de este número de TyC.

Muy probablemente la causa del hundimiento del buque del Delta1 fue meteorológica, pues, esa fue, con diferencia, la causa más frecuente de hundimiento de embarcaciones en la época del Imperio Español en América, y más en esa década de 1670 en la que España se mantuvo, sorprendentemente, al margen de los conflictos bélicos.

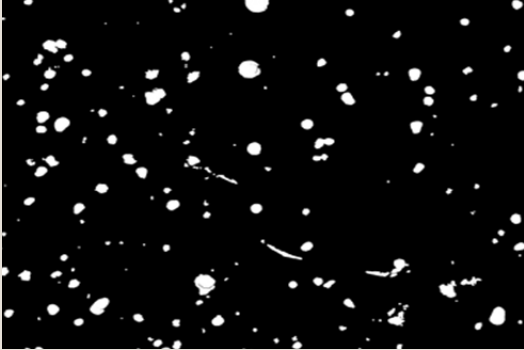


Lingotes de plata del pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)



de granizo a partir de su red de radares meteorológicos de la banda C. Igualmente, la base de datos ha permitido avanzar en el conocimiento científico de este tipo de precipitaciones como lo acreditan más de una decena de publicaciones en revistas científicas que hacen uso de ella.

Aparte de en Cataluña, el granizómetro está implantado en comarcas de Aragón, y en el extranjero, en Francia, Reino Unido, Argentina y Grecia.



Miembros de la ADV Terres de Ponent, del Servei Meteorològic de Catalunya, y del Grupo de Física de la Atmósfera de la Universidad de León, en la celebración del 25 aniversario de la red de granizómetros en Lérida

Placa de un granizómetro en la que se pueden apreciar los impactos producidos por el granizo

Las extraordinarias inundaciones del 7 y 8 de septiembre de 2024 en el Sáhara: análisis de las predicciones semanales del ECMWF

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

A principios de septiembre la desviación hacia el norte de una onda del este africana dio lugar a inundaciones en el noroeste del desierto del Sahara los días 7 y 8 de septiembre. Los análisis satelitales preliminares de la NASA, basados en datos IMERG¹, muestran precipitaciones acumuladas de lluvia de varias decenas de mm, superando en algunos lugares los 200 milímetros. Si bien gran parte de la lluvia cayó en zonas escasamente pobladas, los medios informaron de inundaciones repentinas que causaron más de veinte fallecidos, viviendas derruidas, carreteras dañadas e interrupciones en el suministro de electricidad y agua en varias aldeas de Marruecos y Argelia. La figura 1 muestra una imagen en color falso de las escorrentías y las inundaciones obtenida combinando bandas visibles e infrarrojas del espectrorradiómetro MODIS del satélite Terra de la NASA. Las áreas cubiertas por agua aparecen con color azul. El tono del azul depende de la profundidad del agua y la cantidad de sedimento en suspensión. La vegetación aparece en verde.

El proceso en los niveles medios de la troposfera

Las perturbaciones sinópticas principales en los trópicos en el noroeste de África, en la temporada del monzón, son las ondas del este africanas (AEW, *African Easterly Waves*). Son la principal forma de variabilidad meteorológica a gran escala sobre el Sahel en verano y desempeñan el papel clave de traer lluvias monzónicas a esta región propensa a la sequía. Las AEW se forman por inestabilización hidrodinámica de las ondulaciones de norte a sur de la corriente en chorro de viento del este africana (AEJ; *African Easterly Jet*), con longitudes de onda de 2000 a 2500 kilómetros. Las AEW se forman al este de África, típicamente en Sudán, y se propagan hacia el oeste a través del Sahel. Cuando las AEW

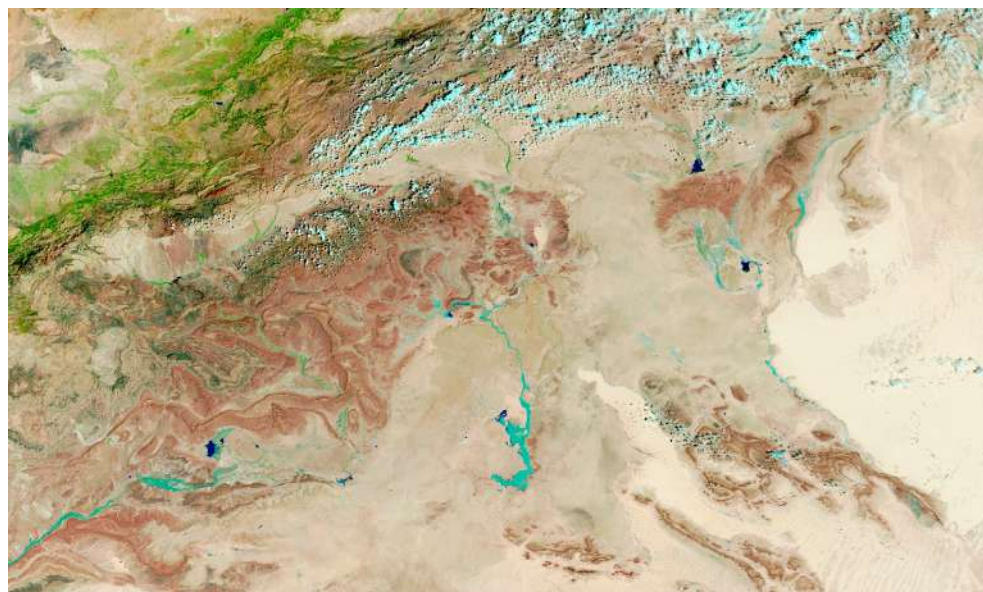


Figura 1. Imagen del espectrorradiómetro MODIS del satélite Terra de la NASA que muestra en falso color azul la escorrentía y las inundaciones en el noroeste del Sahara el 10 de septiembre. El tono de azul está influenciado por la profundidad del agua y la cantidad de sedimento en suspensión. La vegetación aparece en verde

continúan su propagación hacia el oeste sobre el Atlántico, pueden convertirse en huracanes; se estima que el 85 % de los principales huracanes del Atlántico se forman a partir de AEW.

La AEJ se forma en verano y climatológicamente se caracteriza por un máximo de viento del este de unos 15 ms^{-1} entre 600 y 700 hPa, lo que justifica el uso de estos niveles de la troposfera en los estudios meteorológicos. En este caso seguimos la evolución del episodio del 3 al 9 de septiembre a través del viento y altura del geopotencial en 700 hPa (Z700), la temperatura en 850 hPa, el espesor de la capa 925-850 y la intensidad de precipitación de los análisis operativos del modelo atmosférico IFS-HRES del ECMWF (figura 2):

- En la figura 2a, el día 3 un tren de AEW desplazándose hacia el oeste con las vaguadas de Z700 asociadas a las AEW (máximos de vorticidad) designadas por la letra C. La distancia entre C2 y C3 es bastante inferior a 2000 km (figura 2a), debido probablemente al bloqueo que la dorsal d1, al oeste de Camerún y Mauritania, ejerce al desplazamiento de C2 hacia el oeste. Dicha dorsal es el extremo sudoccidental

del anticiclón de niveles medios (A) que sobrevuela la baja térmica del Sahara. d1 se estira sobre el océano Atlántico entre la vaguada del monzón y la masa relativamente fría en niveles bajos sobre el Atlántico (marcada por las líneas de espesores de la capa 850-925 hPa).

- Posteriormente, C2 se va desplazando hacia latitudes más bajas mientras C3 gira alrededor de C2 moviéndose hacia el norte de Mauritania quedando ambas englobadas en una misma vaguada el día 7 (figura 2e). Como resultado, se forma un flujo monzónico de componente sur que alcanza Marruecos y Argelia, seguramente como una corriente de densidad, que disminuye temporalmente la temperatura en 850 hPa entre C3 y separando d1 de A.

- Durante el día 7 se forman bandas de precipitación más al norte estiradas de SO a NE, probablemente convección disparada por circulaciones frontogénicas, asociadas a la formación del chorro subtropical en la alta troposfera, por la interacción entre este flujo del sur con la borrasca de latitudes medias situada al norte de la península ibérica (figura 3).

- El día 8, C3 empieza a ser atrapada por

¹ <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>

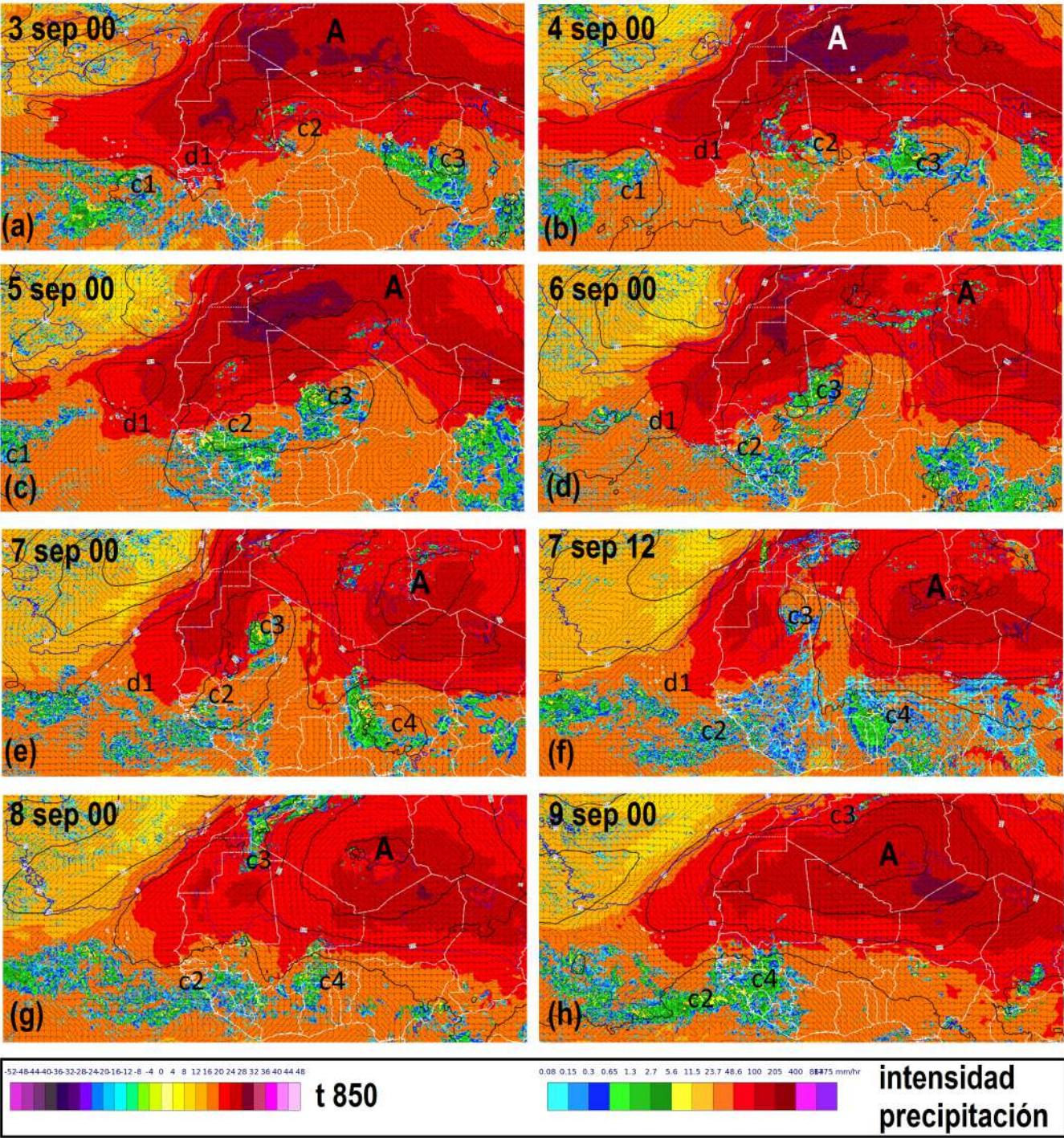


Figura 2. Análisis de 00 UTC del 3 al 9 de septiembre de 2024, y de las 12 UTC del 7 del modelo atmosférico IFS-HRES del ECMWF de los campos: viento (banderas) y altura del geopotencial en 700 hPa (isolíneas en negro); temperatura en 850 hPa (color según la escala de la izquierda en °C); espesor de la capa 850-925 hPa (contornos en azul); intensidad de precipitación (color según la escala de la derecha en mm/hr)

la corriente en chorro (figura 2g) que actúa, como es conocido, como guía de ondas de Rossby, desplazando C3 a lo largo del chorro hacia el este (figura 2h). Mientras, tanto la onda correspondiente a C4 se ha movido rápidamente hacia el oeste acercándose a C2 y restaurando la AEJ.

En la figura 4 se muestra la humedad en la capa 1 del suelo, primeros 7 cm, del modelo del ECMWF el día 9 a las 00 UTC, la banda en colores verdosos que atraviesa el Sahara viene a seguir la trayectoria de C3. Habitualmente esta humedad está

sobre el Sahara por debajo del punto de marchitez permanente (PWP; *permanent wilting point*) o en la parte amarilla por encima del PWP, que indica que las plantas apenas pueden sobrevivir, con eficiencia de evapotranspiración menor que el 20 %. En algunos puntos del Sahara el modelo indica que se superó la capacidad de campo (CAP), alcanzando la eficiencia de la evapotranspiración el 100 %.

Las predicciones semanales

En la figura 5 se muestran las prediccio-

nes por conjuntos del modelo extendido del ECMWF para las semanas: 27 de agosto – 2 de septiembre (pasada del 26 de agosto) y 3 – 9 de septiembre (pasada 2 de septiembre).

La precipitación media prevista en la primera semana (figura 5a) muestra una anomalía positiva con un máximo zonal superior a +30 mm entre Sudán y Burkina Faso alrededor de 15-16° N, y más al oeste, sobre Camerún, muestra una anomalía negativa mayor que -30 mm. Paralelamente existía una anomalía zonal nega-

tiva a lo largo de la costa norte del golfo de Guinea (8° N). Esta configuración zonal de las anomalías indica la propagación hacia el oeste de un tren de AEW y que su trayectoria discurre más hacia el norte de lo normal, o sea, existe un desplazamiento anómalo de la línea de discontinuidad intertropical (ITD, *Inter Tropical Discontinuity*). Para la segunda semana (y segunda pasada; figura 5b) se intensifica y desplaza el máximo de anomalía de precipitación hacia el oeste, con un máximo de anomalía de precipitación superior a 60 mm entre Chad y el sudeste de Mauritania, que reafirma la propagación corriente abajo del AEJ del tren de AEW. También la anomalía se desplaza unos grados hacia latitudes más altas hacia el oeste, y muestra un máximo mayor de + 90 mm en Mali. Sobre Camerún y sobre la costa norte del golfo de Guinea la anomalía seguía siendo negativa. El desplazamiento hacia el norte y el máximo de precipitación de Mali pueden explicarse por el bloqueo persistente en la costa atlántica generado por la extensión hacia el Atlántico de las altas presiones en la troposfera media sobre la baja térmica del Sahara (figura 2). Por otra parte, el modelo predecía dos máximos relativos de anomalía de precipitación, uno al sur del Gran Atlas en Marruecos y el otro en Argelia previsto en la meseta de Tademaït, que en realidad ocurrió más al oeste como delata la humedad en el suelo (figura 4)

Las predicciones medias semanales del índice de predicción de precipitación extrema (EFI de precipitación; *Extreme Forecast Index*) ratifican lo indicado por las anomalías, aunque lógicamente con los máximos superiores a 0.8 en el Sahel algo desplazados hacia el norte respecto a las anomalías (figura 5c y 5d). Para la segunda semana los máximos previstos de EFI de precipitación sobre el Sahel fueron subiendo notablemente de latitud mientras se desplazaban con el tren de ondas hacia el oeste. Las lluvias en el Sahel fueron inusualmente intensas, según la ONG CDP (*Center for Disaster Philanthropy*) las peores en 30 años.

El EFI de temperatura a 2m medio semanal ratifica lo excepcional de la situación con valores menores que - 0.9 en casi todo el Sahel (figura 5 e-f).

La anomalía media de Z500 (altura de geopotencial en 500 hPa), muestra en la segunda semana un máximo que se extiende desde los Balcanes hasta el norte de Sahel (figura 5 j), que sobre África sería

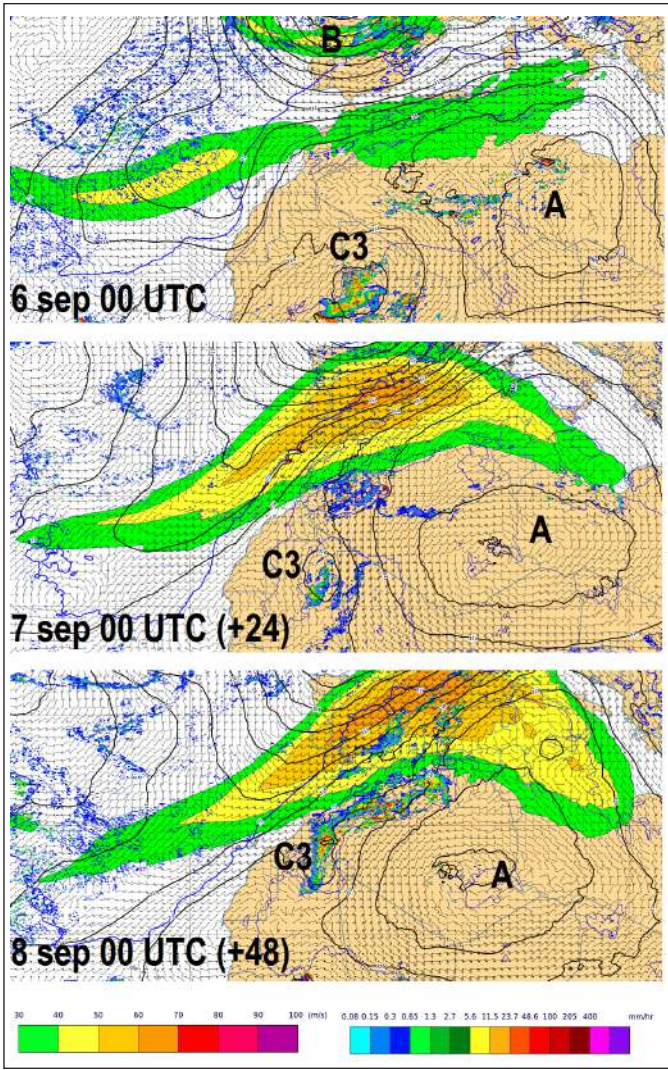


Figura 3. Análisis de 00 UTC del 6 de septiembre de 2024, y previstos para las 00 UTC de los días 7 (+24) y 8 (+48) de los campos: viento (banderas) y altura del geopotencial en 700 hPa (isolíneas en negro, en dam, intervalo 2 dam); velocidad del viento en 200 hPa (color según la escala de la izquierda en m/s); intensidad de precipitación (color según la escala de la derecha en mm/h); espesor de la capa 850-925 hPa (isolíneas azules, en dam, intervalo 2 dam). Modelo operativo atmosférico IFS-HRES del ECMWF

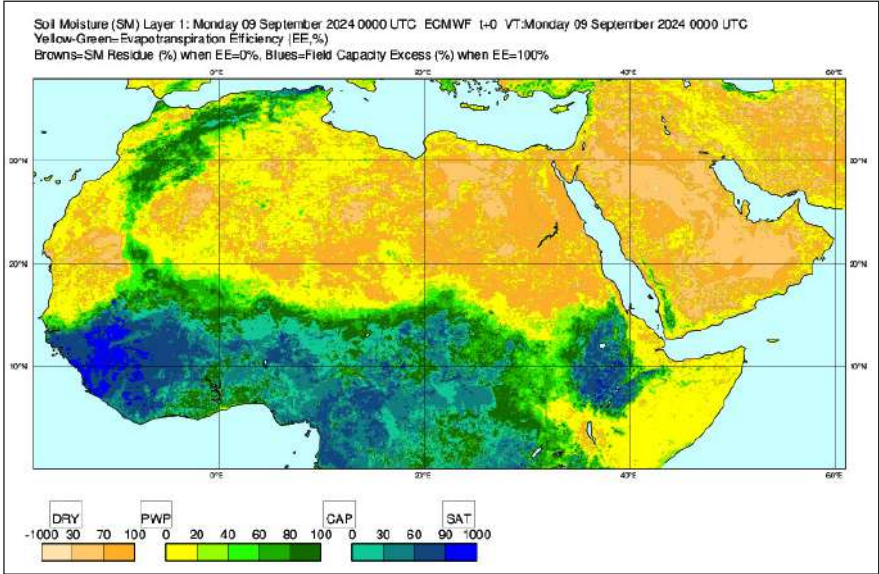


Figura 4. Humedad de la capa 1 del suelo del análisis del modelo IFS-HRES del ECMWF el día 9 a las 00 UTC

el resultado de la superposición de dos anomalías positivas: una anomalía positiva asociada a una onda de Rossby que se propaga desde Europa occidental hacia el sudeste y otra anomalía positiva de una onda de Rossby que se propaga hacia el oeste por el norte de África, asociada a las fuertes precipitaciones anómalas sobre

la India y Paquistán (figuras 5 a-d). El flujo del sur estaría asociado a dicha anomalía y coincidiría con las precipitaciones previstas por la predicción semanal en el centro y este de Argelia y con la lengua de anomalía de temperatura negativa prevista sobre Argelia (figura 5 h). La realidad fue parecida, aunque el reanálisis de la función

de corriente (más apropiada que la altura del geopotencial para latitudes bajas) en el nivel sigma 0.8458 (próximo a 850 hPa), mostrado en la figura 6, indica un alta muy intensa sobre el norte de África con un flujo de componente sur en su flanco oeste compatible con la huella de humedad en el suelo mostrada en la figura 3.

Algunas claves

1 Un eje de la AEJ desplazado hacia latitudes altas: el eje de la AEJ se forma en una banda zonal de fuerte gradiente meridional de temperatura de humedad que separa las regiones de húmedas y relativamente frías de Sudan de las regiones saharianas secas y cálidas. Este año las habituales inundaciones de agosto y septiembre, que son un problema anual, se produjeron en el norte del país a finales de agosto, por lo que el eje del AEJ se desplazó a una latitud de 20° N, y un tren de AEW se propagó hacia el oeste a latitudes más altas de lo normal.

2 Presencia de altas presiones en el oeste: cuando el tren de ondas alcanzaba el oeste del continente, la presencia de altas presiones asociadas al alta norteafricana ralentizó el desplazamiento de las ondas y desvió su trayectoria; la onda C2 desvió su trayectoria hacia el ecuador mientras C3 giraba alrededor de C2.

3 Intensificación del anticiclón del norte de África en el centro del Sahara: el desarrollo de este poderoso anticiclón se debió a un fenómeno de resonancia entre una onda de Rossby procedente de las latitudes medias y otra que se propaga hacia el este procedente de las intensas precipitaciones asociadas al monzón de la India. Como consecuencia se produjo un intenso flujo del sur en niveles bajos y medios en el este del anticiclón que arrastró a C3 hacia el norte generando precipitaciones convectivas en el oeste del Sahara.

4 Formación de la corriente en chorro subtropical en la alta troposfera sobre Iberia que produjo precipitaciones en el norte del Sahara disparadas por las circulaciones frontogénicas asociadas a la formación del chorro.

NOTA FINAL: como se observa en la figura 6 el flujo de sur de origen monzónico alcanzaba la parte delantera de la borrasca centrada al oeste de Francia, que fue denominada en Europa como tormenta Boris, formando parte del *conveyor* cálido. Esta tormenta produjo daños enormes en Europa central. De modo que casi se

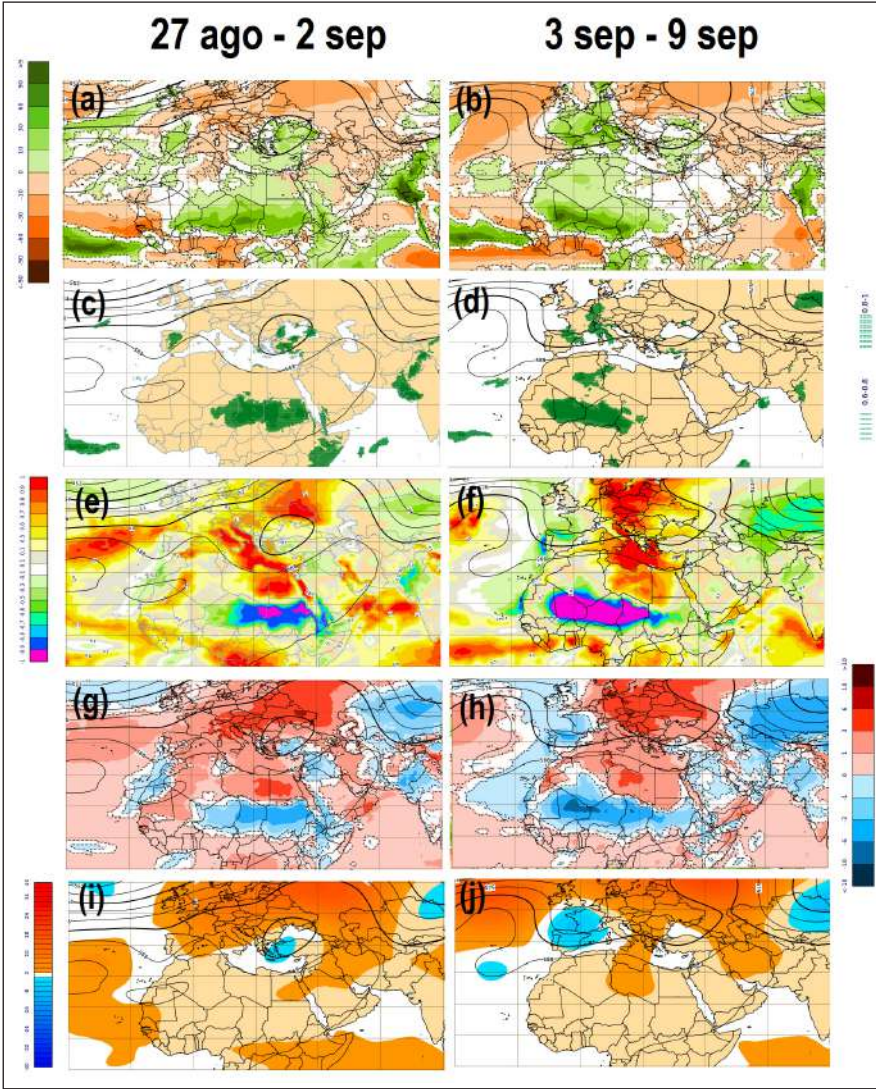


Figura 5. Predicciones semanales por conjuntos del modelo extendido del ECMWF para 27 agosto – 2 septiembre (columna izq.) y 3 – 9 septiembre (columna der.) sobre las isolíneas medios Z500 de: (a-b) anomalías de precipitación acumulada; (c-d) EFI precipitación acumulada; (e-f) EFI temperatura media a 2 m; (g-h) anomalía de la temperatura media a 2 m; (i-j) anomalía media de Z500

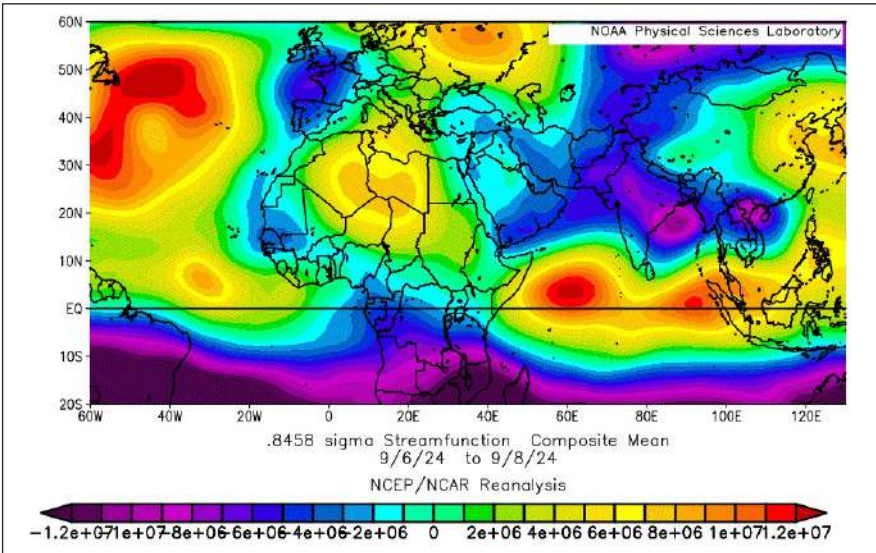


Figura 6. Función de corriente media en el nivel sigma 0.8458 para los días 6 a 8 de septiembre del reanálisis NCEP/NCAR

cierra un círculo en los últimos días de agosto y primera quincena de septiembre con: inundaciones en la India y Paquistán, inundaciones en Sudán, inundaciones en el Sahel, inundaciones en el Sahara e inundaciones en Centroeuropa.

Tsunamis, volcanes y deslizamientos.

El reciente deslizamiento de Groenlandia y otros fenómenos complejos

JOSEP BATLLÓ
INSTITUT CARTOGRÀFIC Y GEOLÒGIC DE CATALUNYA
ASSOCIACIÓ CATALANA DE METEOROLOGIA

Recientemente la prensa y otros medios de comunicación se hicieron eco de la publicación en la revista *Science* de un estudio que analizaba un hecho singular ocurrido en 2023 en Groenlandia, pero observado en toda la Tierra.

Recientemente la prensa y otros medios de comunicación se hicieron eco de la publicación en la revista *Science* de un estudio que analizaba un hecho singular ocurrido en 2023 en Groenlandia, pero observado en toda la Tierra.

Esta noticia, muy confusa si nos atenemos a lo publicado en los medios genera-

listas, correspondía a la publicidad, bien orquestada por otra parte, de un estudio recientemente aparecido en *Science* sobre la detección lejana de un tsunami local ocurrido en Groenlandia (Svennevig et al., 2024). Podría pensarse que se trata de un meteo-tsunami; pero no es así.

En pocas palabras, el fenómeno analizado tiene su origen en la ocurrencia de

un desprendimiento masivo de tierras que, en las regiones remotas de Groenlandia se convirtió, durante su recorrido, en una mezcla de desprendimiento y alud que, al impactar en el fondo de un fiordo provocó un tsunami localmente de grandes dimensiones y que, a su vez, y dado que se trata de un espacio confinado, provocó unas seiches que se de-

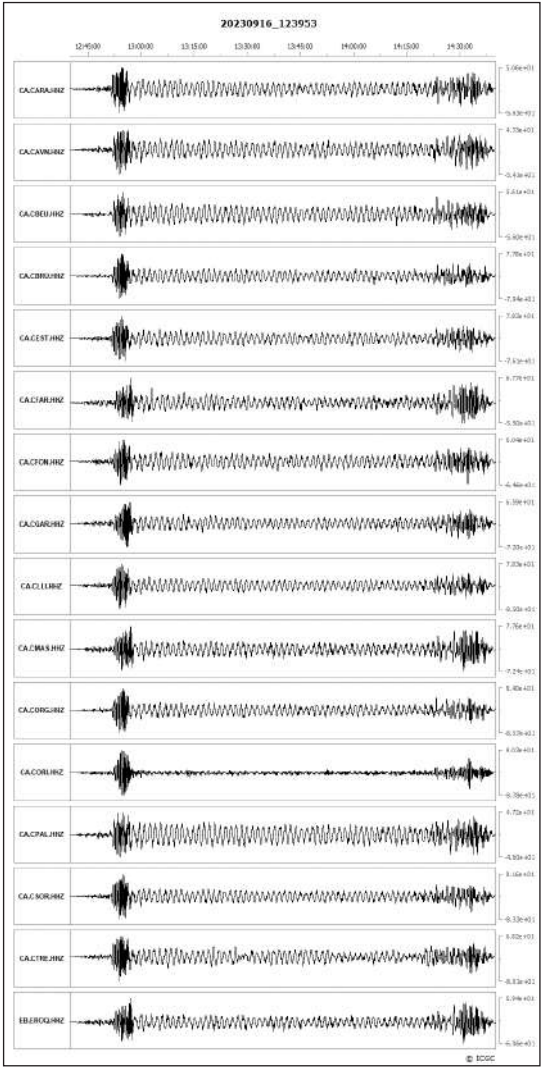


Figura 1.- Componente vertical del registro sísmico obtenido por las estaciones de la red sísmica de Cataluña de la señal generada por el desprendimiento y posterior tsunami y seiches ocurridos en el este de Groenlandia el día 16 de setiembre de 2023. Se ha aplicado un filtro pasa banda de periodos entre 20 y 100 s a la señal de todas las estaciones.

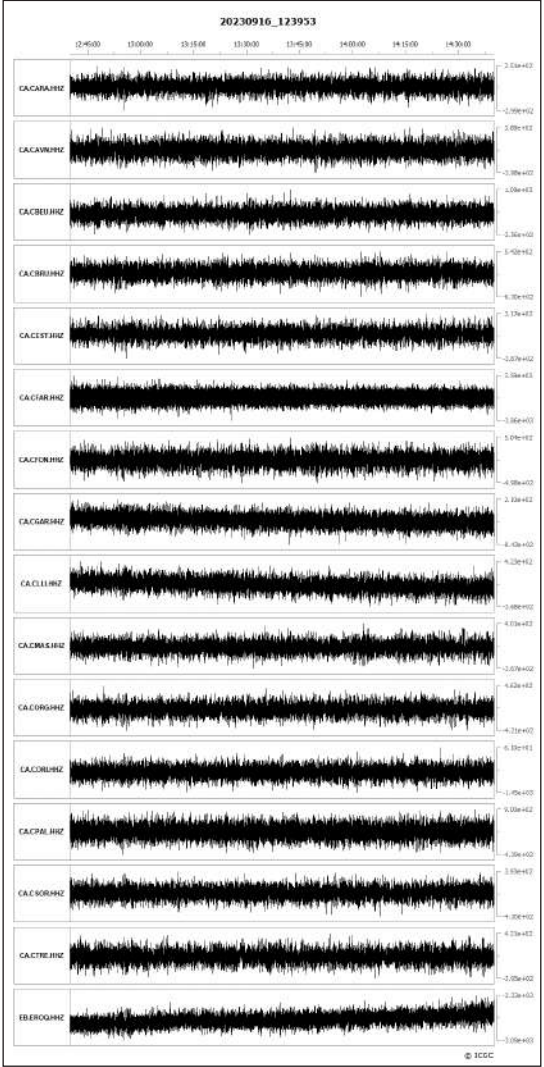


Figura 2.- Los mismos registros mostrados en la figura 1, pero en bruto, sin aplicar filtro o tratamiento alguno. Vemos como no puede observarse en absoluto la señal del evento.

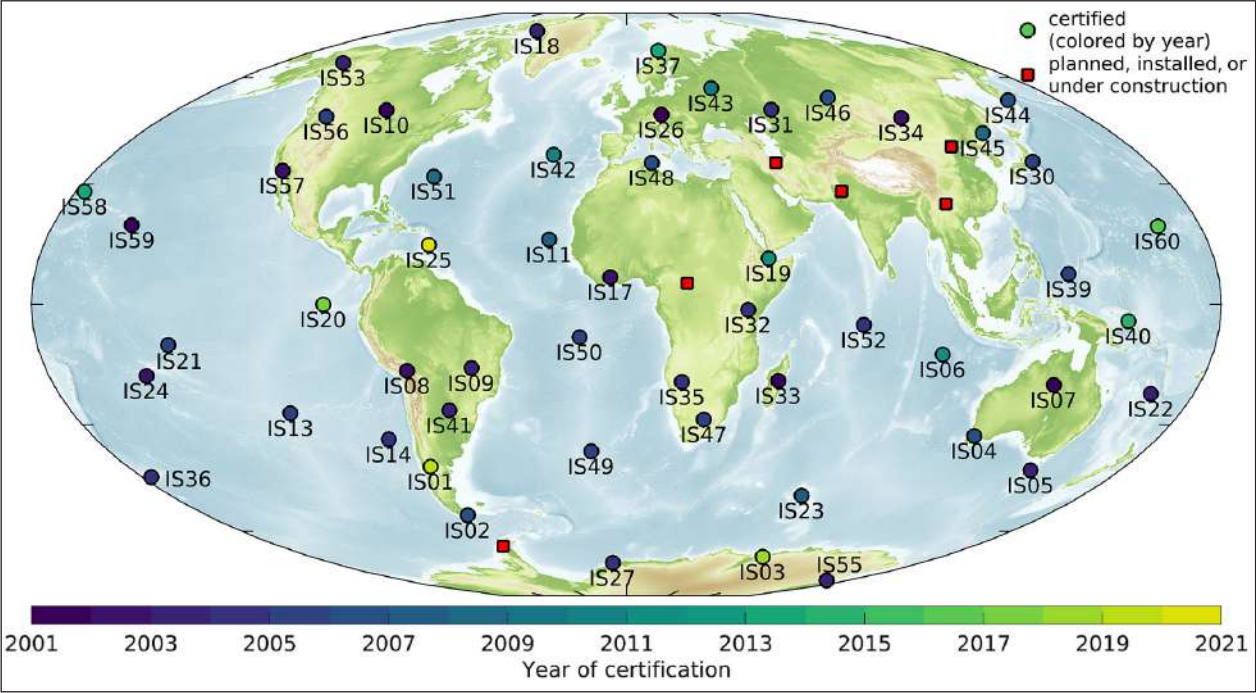


Figura 3.- Distribución de las estaciones que componen la red de registro de infrasonidos desplegada por el CTBTO. Se indica las que ya están certificadas (plenamente operativas) y las que está planificadas o en construcción (en fecha enero de 2021). De Hupe *et al.* (2022).

tectaron por multitud de estaciones sísmicas, entre ellas las peninsulares. Pocos días antes de la publicación del artículo ampliamente difundido por la prensa ya se había publicado otro (este no tuvo la publicidad del anterior) que se circunscribe al análisis de la información sísmica disponible respecto a este fenómeno (Carrillo-Ponce *et al.*, 2024). Se trata, ciertamente, de un fenómeno nada común.

No son extraños los tsunamis localmente importantes generados por deslizamientos. Como caso histórico y relativamente cercano podemos recordar el del Cabo Girão, en la isla de Madeira, en 1930 (Omira *et al.*, 2022). Mucho más recientes y aun en nuestra memoria podemos citar los de los volcanes Anak Krakatau, en 22 de diciembre de 2018, y Hunga-Tonga, en 15 de enero de 2022.

Si intentamos recomponer la película de los hechos ocurridos en Groenlandia desde el punto de vista de la investigación, la primera evidencia de la ocurrencia del fenómeno fue la detección a nivel prácticamente mundial de una extraña señal sísmica. Los sismógrafos detectaron el día 16 de setiembre de 2023 un impulso de baja frecuencia, bastante distinto del que detectamos en el caso de terremotos, aunque sean lejanos, seguido del establecimiento de una os-

cilación de periodo muy constante (92 s aproximadamente) que pudo observarse durante nueve días. Esta última oscilación, por su amplitud y frecuencia (no se corresponde con las que podríamos esperar de las vibraciones libres de la Tierra, que excitan los grandes terremotos), fue la que provocó el interés de los analistas e investigadores. En la figura 1 reproducimos la señal detectada por las estaciones de la red sísmica catalana (ICGC, 2000) que operamos en el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya; pero puede extrapolarse a cualquier estación peninsular, y aun de toda Europa, de similares características. La localización del origen del fenómeno detectado apuntó a la costa este de Groenlandia. El análisis de otras redes, en particular la de infrasonidos (nos referiremos a ella más adelante) establecida por la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (OTPCE o en inglés CTBTO) y, ya focalizados en la zona de ocurrencia, los datos proporcionados por mareógrafos cercanos y por imágenes de satélites dieron con el origen del fenómeno: un imponente deslizamiento de tierras (como ya hemos mencionado) desde la cumbre de una montaña, a unos 1000 m sobre el nivel del mar, que tuvo un recorrido de unos dos kilóme-

tros, siguiendo en parte el curso de un glaciar, y que llegó a movilizar un volumen aproximado de $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ de tierras y nieve. Este alud desembocó en un fiordo (el Dickson Fjord), que es estrecho y muy alargado y, físicamente, lo podríamos considerar como un tubo cerrado. Además, la presencia de hielos aún lo convierte en un espacio más confinado ya que no podemos considerar su boca y parte de su superficie un espacio totalmente abierto.

Vemos que el evento más singular por lo poco común, el tsunami y las posteriores seiches, se producen en la hidrosfera; pero tienen efectos en la atmósfera y tierra sólida claramente detectables. De hecho, la primera localización del fenómeno se realizó mediante el estudio de estos registros.

En su momento, ya hace un año, no nos apercebimos del fenómeno registrado por nuestra red sísmica. Los sismógrafos actuales registran unos rangos dinámicos y de frecuencia muy extensos, de los que observamos las partes que nos interesan. En la figura 2 mostramos los mismos registros que en la figura 1 pero en bruto, sin ningún filtrado ni tratamiento. Como vemos, no se observa nada mencionable. Solamente cuando filtramos la señal en el rango de frecuen-

Tsunamis, volcanes y deslizamientos. El reciente deslizamiento de Groenlandia y otros fenómenos complejos

cias de interés (en este caso entre 0.01 y 0.05 Hz, es decir, en períodos entre 20 y 100 s) observamos la señal generada por el desprendimiento y las posteriores seiches. Dado que nuestro interés es el registro y análisis de la sismicidad regional, que se registra en bandas de frecuencia muy distintas, resulta difícil la observación inmediata de fenómenos como el que comentamos.

Es de destacar, como hemos comentado, que la detección adecuada de estos fenómenos involucra diferentes redes de observación. Por lo que respecta a la atmósfera, vemos que, en este caso, aparte de los datos sísmicos y mareográficos, también se detectó por estaciones de infrasonidos. En concreto los *arrays* I37NO y I43RU, instalados en Noruega y Rusia respetivamente, y que forman parte de la red de infrasonidos desplegada por el CTBTO. Estas estaciones son muy sofisticadas y se componen de registradores de infrasonidos (básicamente conjuntos de microbarógrafos absolutos y diferenciales) desplegados en forma de *array* que permiten registrar las variaciones de presión en la atmósfera y su dirección de propagación a partir de frecuencias de 30 Hz e inferiores. Son dispositivos muy sensibles que nos permiten una monitorización pasiva de la atmosfera a alta frecuencia (respecto a las frecuencias que observamos clásicamente en meteorología). En la figura 3 mostramos su distribución mundial. Vemos que no hay ninguna en toda la península ibérica.

En este caso, un deslizamiento masivo, sus registros, aunque importantes, no fueron muy esenciales. Es diferente el caso de las erupciones volcánicas (y, en general, de cualquier explosión). Éste es el caso de la explosión del volcán Hunga-Tonga, ocurrida el 15 de enero de 2022, a las 4:14 UTC. En este caso la afectación principal se produce en la atmosfera. Dada su magnitud, y sin necesidad de instrumentos sofisticados, la onda expansiva de la explosión fue registrada por los barógrafos de todo el mundo. Pero no solo los barógrafos, la explosión también afecta a la tierra sólida y no es tan conocido que también fue observable por sismógrafos

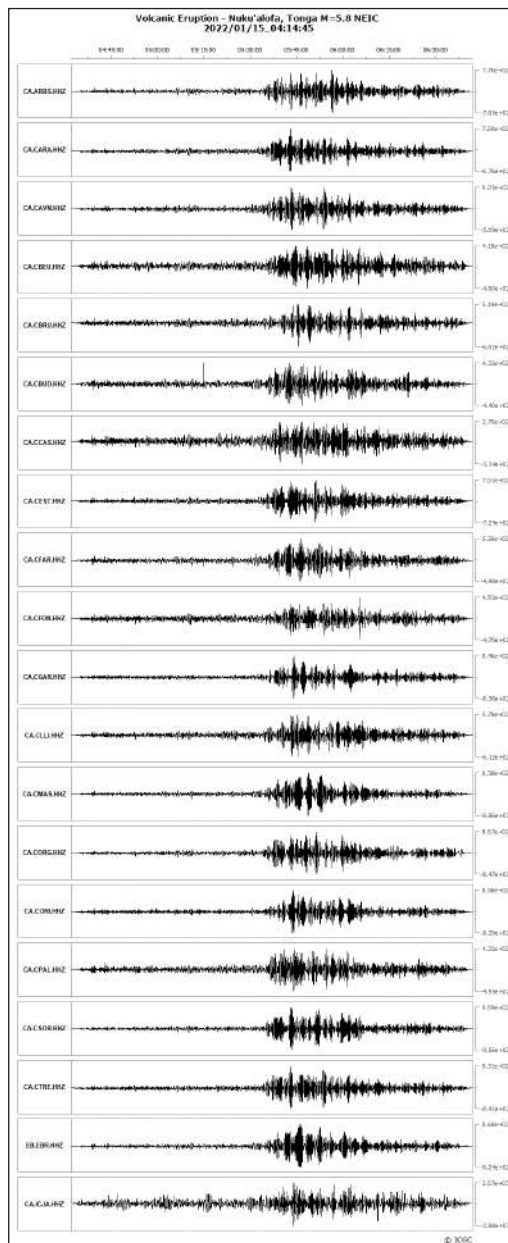


Figura 4.- Componente vertical del registro sísmico obtenido por las estaciones de la red sísmica de Cataluña de la señal generada por la explosión del volcán Hunga-Tonga ocurrida el día 15 de setiembre de 2022. En este caso se ha aplicado un filtro pasa banda de periodos entre 10 y 100 s a la señal de todas las estaciones.

de todo el mundo (y no hace falta decir que también provocó un tsunami). En la figura 4 mostramos de nuevo los registros obtenidos por las estaciones de la red sísmica catalana. Dada la superior velocidad de las ondas sísmicas vemos que ya antes de las 5 UTC la señal registrada se muestra alterada, y a partir de las 5:35 aproximadamente se registran ondas de gran amplitud correspondiente a las ondas superficiales, formadas por la parte de la energía que queda atrapada en las

partes más superficiales de la Tierra. Debemos esperar hasta aproximadamente las 21 UTC para registrar las ondas que se propagan por el aire en la Península.

En concreto, en la estación sismológica CORG de nuestra red, instalada cerca de la localidad de Organyà, y no lejos de la Seu d'Urgell, disponemos también de una estación meteorológica automática para el control de las condiciones locales. En la figura 5 mostramos el registro de presión y observamos perfectamente el paso de la onda de presión generada por el volcán. También, y no se ha comentado mucho en la prensa, el segundo y tercer paso, distanciados unas 36 horas entre ellos (el tiempo que tarda el pulso de presión en dar la vuelta a la Tierra).

Esta explosión también ha sido estudiada mediante el uso de los registros de las estaciones de registro de infrasonidos (véase, por ejemplo, Vergoz *et al.*, 2022). En este caso ya podemos imaginar que todas las estaciones de las redes de infrasonidos lo registraron. Además, la actividad del volcán ya había atraído la atención de estas redes. Si los terremotos o deslizamientos no son predecibles, las explosiones volcánicas, dadas las características de la actividad volcánica, pueden, en la gran mayoría de los casos, preverse con algunas horas de anticipación (recordemos el caso reciente del volcán de Tajogaite, en la isla de La Palma). Así, la actividad del volcán era muy alta desde el 20 de diciembre anterior y las redes de observación, entre ellas la de infrasonidos, a partir del análisis de los niveles de ruido generados por el volcán, permitían prever la ocurrencia de explosiones (aunque la magnitud final del evento tiene márgenes de incerteza muy altos).

En el caso del volcán Anak Krakatau, en Indonesia, también se produjo, aparte de una erupción, un corrimiento de tierras y posterior tsunami inducido y, aunque las dimensiones de este corrimiento por colapso son mucho mayores que en el caso de Groenlandia (diferentes estimaciones oscilan en valores de $260\text{--}7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), al no existir una cámara de resonancia (el fiordo) como en el primer caso no se observa

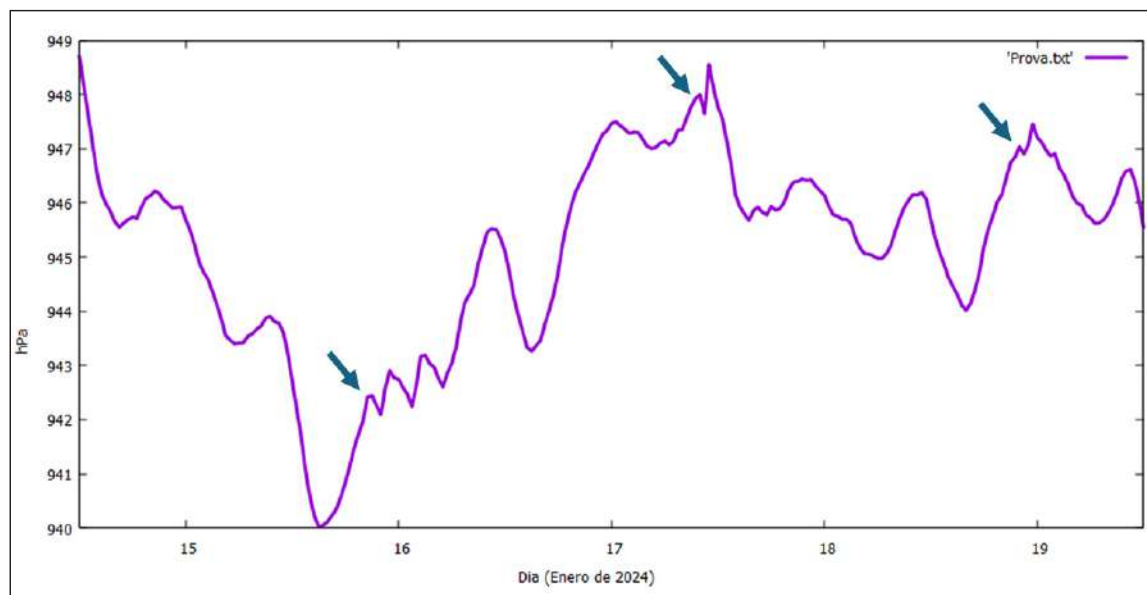


Figura 5.- Registro de presión de la estación meteorológica automática instalada para el seguimiento de las condiciones locales en la estación sísmica CORG de la red sísmica de Catalunya. Puede observarse claramente el paso, por tres veces del frente de onda provocado por la violenta explosión del volcán Hunga-Tonga, en el océano Pacífico. Las flechas marcan el inicio aproximado de la perturbación.

a gran distancia en las estaciones sísmicas ni se producen oscilaciones sostenidas. También se registró y estudió en estaciones de infrasonidos. Es el caso de la I06AU, en Australia y otras estaciones no integradas en la red mundial del CTBTO (Perttu *et al.*, 2020). Asimismo, el tsunami producido por el corrimiento no fue de proporciones catastróficas dado que no se produjo en un espacio confinado.

Como vemos, fenómenos extraordinarios y, en general, complejos, como los que hemos comentado (no se trata solo de tsunamis, que son una consecuencia dentro de la cadena) exigen, para su estudio, la combinación de registros de muy diversa índole, que superan los límites de la meteorología, sismología, oceanografía y otras ciencias de la Tierra y que obliga a romper los límites que nos hemos impuesto a lo largo de los años y a trabajar conjuntamente para extraer la máxima información sobre estos eventos.

También se habrá percatado el lector del interés especial que hemos puesto en recalcar la contribución de los registros de ultrasonidos, muy poco utilizados (quizás y simplemente, no utilizados) en España. La propagación de pulsos de cualquier frecuencia en la atmósfera (desde ruidos audibles hasta las ondas de gravedad) se conoce y se ha podido simular a partir de nuestros modelos basados en las ecuaciones termo-hidrodinámicas de la atmósfera desde hace mucho tiempo. El problema que ha existido, y por el cual su estudio no se había desarrollado, era disponer de instrumentos adecuados para

su registro. El progreso técnico de las últimas décadas permite, actualmente, estos registros de alta frecuencia relacionados con la presión atmosférica y nuevas líneas en el estudio de nuestro entorno como podemos ver en publicaciones como Le Pichon *et al.* (2019). Su despliegue se asocia más con las redes sísmicas que con las meteorológicas. El motivo es nuevamente técnico: instrumentos con muestreos de 100 muestras por segundo, o superiores, comunes en el registro de infrasonidos, son comunes en las redes sísmicas. Así, el registro de infrasonidos solo supone, técnicamente, añadir nuevos canales de registro a una estación. Hemos mencionado la red de estaciones del CTBTO, de cobertura mundial y, en pocas palabras, la mejor de que disponemos en el planeta. Pero existen otras regionales y opciones más modestas que pueden cubrir nuestras necesidades en este campo. Redes sísmicas importantes como la americana mantenida por el USGS incorporan ya, de forma regular, un sensor y registro en todas las estaciones de nueva instalación. Poco se ha hecho en este sentido en España. Deberíamos introducirnos a la mayor brevedad en este campo que nos aportaría importantes datos para el estudio de nuestro entorno.

Referencias

● Carrillo-Ponce, A., S. Heimann, G. M. Petersen, T. R. Walter, S. Cesca, T. Dahm (2024). The 16 September 2023 Greenland Megatsunami: Analysis and Modeling of the Source and a Week-Long, Monochromatic Seismic Signal.

The Seismic Record, 4(3), 172–183.

<https://doi.org/10.1785/0320240013>.

● Hupe, P., L. Ceranna, A. Le Pichon, R. S. Matoza and P. Mialle (2022). International Monitoring System infrasound data products for atmospheric studies and civilian applications, *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 4201–4230, <https://doi.org/10.5194/essd-14-4201-2022>.

● ICGC (2000). Catalan Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. Other/Seismic Network, <https://doi.org/10.7914/SN/CA>.

● Le Pichon, A., E. Blanc, and A. Hauchecorne (Eds.) (2019). *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies: Challenges in Middle Atmosphere Dynamics and Societal Benefits*, 2nd Ed., Springer Nature, Switzerland, XXVIII + 1167 p., <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75140-5>.

● Omira, R, M.A. Baptista, R. Quartau, R.S. Ramalho, J. Kim, I. Ramalho, A. Rodrigues (2022). How hazardous are tsunamis triggered by small-scale mass-wasting events on volcanic islands? New insights from Madeira – NE Atlantic, *Earth and Planetary Science Letters*, 578, 117333, 12 p., <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.117333>.

● Perttu, A. *et al.* (2020). Reconstruction of the 2018 tsunamigenic flank collapse and eruptive activity at Anak Krakatau based on eyewitness reports, seismo-acoustic and satellite observations, *Earth and Planetary Science Letters*, 541, 116268, 12 p., <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116268>.

● Svennevig, K. *et al.* (2024). A rockslide-generated tsunami in a Greenland fjord rang Earth for 9 days. *Science*, 385, 1196-1205, <https://doi.org/10.1126/science.adm9247>.

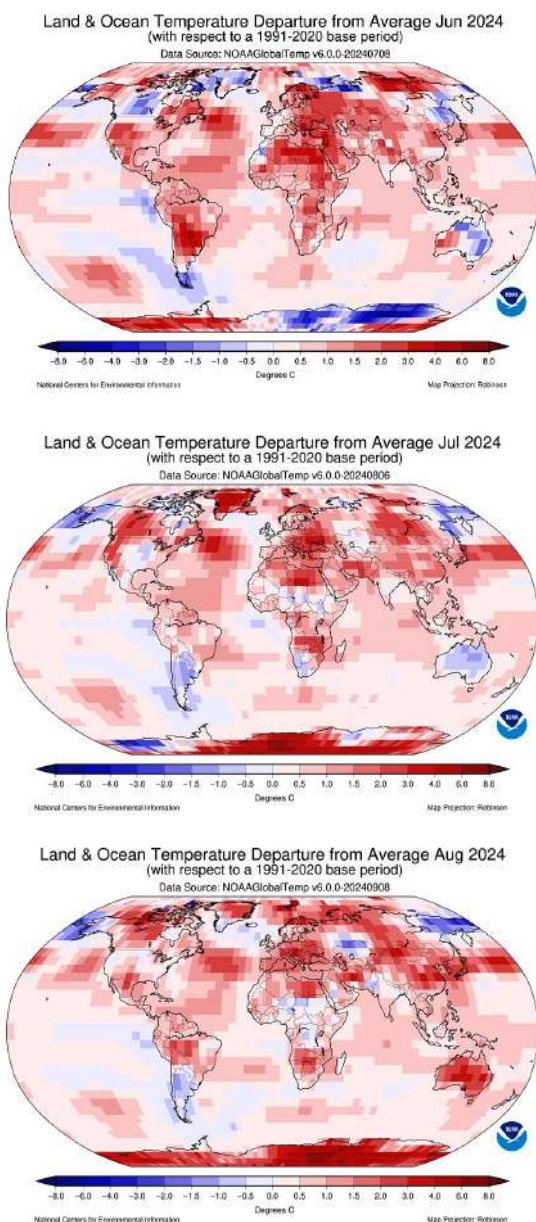
● Vergoz, J. *et al.* (2022). IMS observations of infrasound and acoustic-gravity waves produced by the January 2022 volcanic eruption of Hunga, Tonga: A global analysis, *Earth and Planetary Science Letters*, 591, 117639, 13 p., <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2022.117639>.

Descripción del verano a escala global en el Hemisferio Norte

TEMPERATURA

El trimestre entre junio y agosto de 2024, correspondiente al verano del hemisferio norte y al invierno del hemisferio sur ha sido el más cálido de los 175 años de registros. La temperatura del verano de la superficie global fue de 1.24 °C por encima del promedio del siglo XX que fue de 15.6 °C.

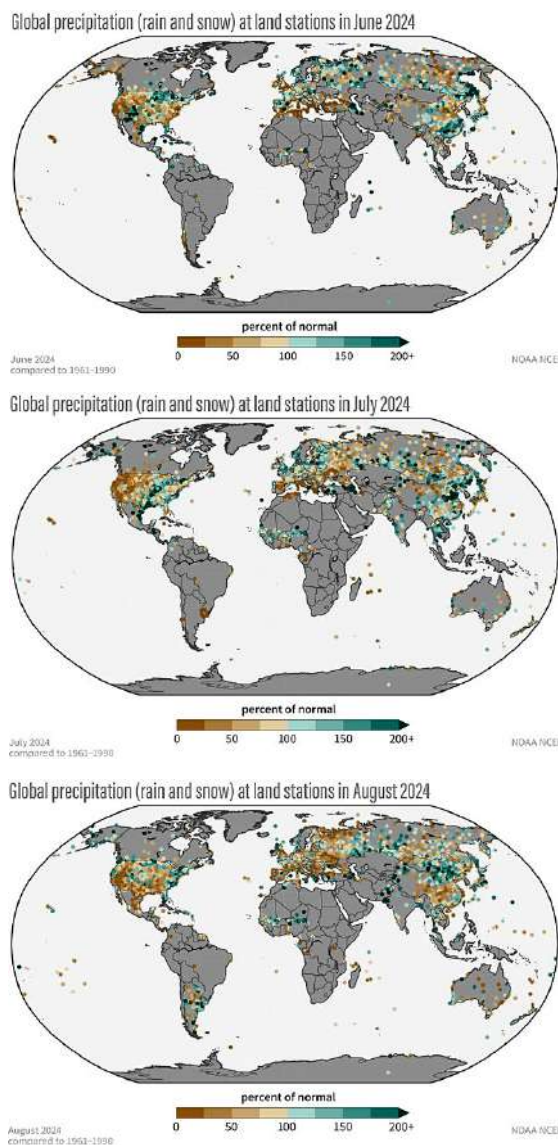
Los últimos once periodos de junio-agosto han sido los más cálidos de los que se tiene constancia.



Anomalías de temperatura (°C) correspondientes a los meses junio – julio –agosto de 2024 respecto de la normal de 1991-2020.
Fuente: NCEI/NOAA.

PRECIPITACIÓN

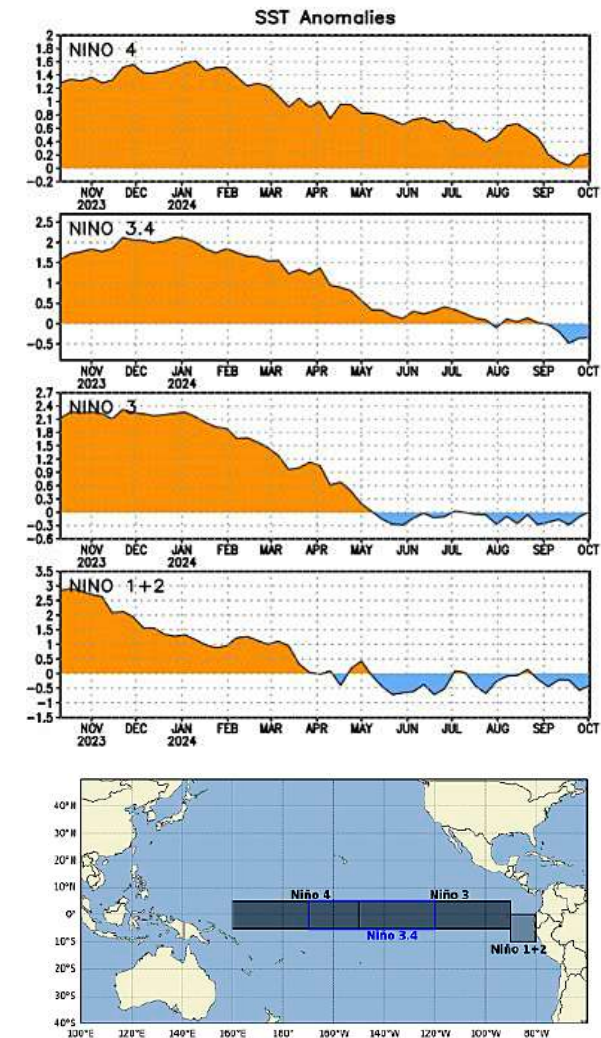
Como es habitual, las anomalías de precipitación durante el trimestre variaron significativamente de unos lugares a otros en todo el mundo, resultando difícil una vez más distinguir patrones claros en la distribución de la precipitación a escala regional.



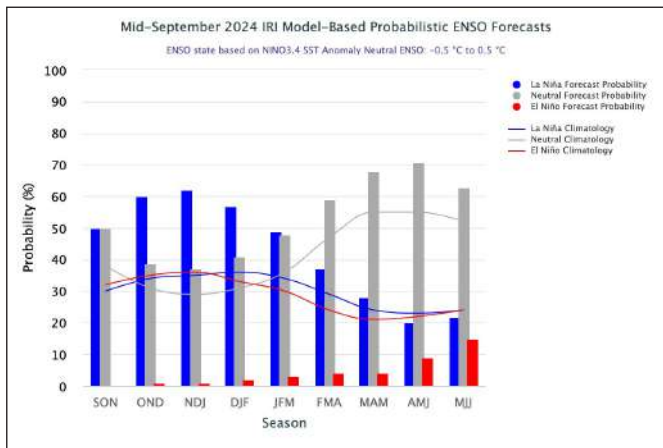
Tanto por ciento de la precipitación de junio-julio-agosto de 2024 respecto de la normal de 1961-90.
Fuente: NCEI/NOAA.

EL NIÑO

A lo largo del trimestre comprendido desde junio a agosto de 2024 ha habido condiciones ENSO-neutral. En este trimestre las observaciones semanales de las SST (temperaturas de la su-



Series temporales semanales de las anomalías de la temperatura (°C) de la superficie del océano en las regiones de El Niño respecto de los promedios semanales del período 1981-2010 y gráfico con las regiones de El Niño. Fuente: NOAA.



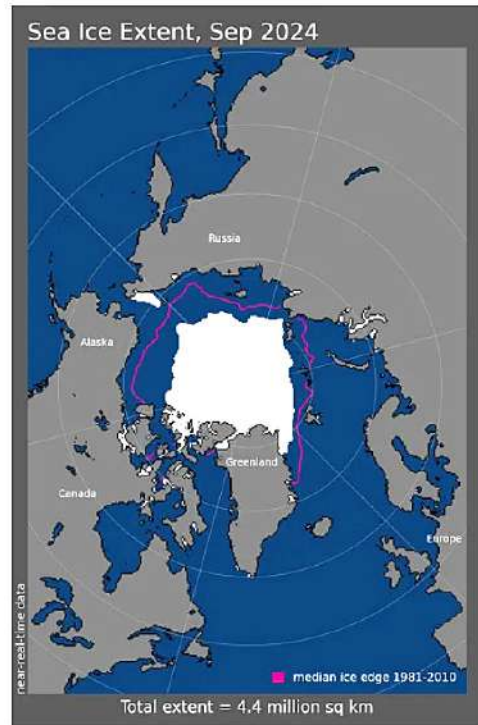
Probabilidad estimada de que se den condiciones de ENSO neutral (gris), El Niño (rojo) o La Niña (azul) durante los próximos trimestres. Se espera que durante el otoño del hemisferio norte haya condiciones débiles de La Niña. Fuente: IRI/CPC

Extensión del hielo marino del océano Glacial Ártico el 2 de septiembre de 2024, junto con los datos de extensión de hielo diario correspondientes a los años anteriores. El promedio del periodo 1981-2010 aparece en gris oscuro. El área gris clara, alrededor de la mediana, muestra los rangos intercuartílico e interdecílico de los datos. Fuente: NSIDC

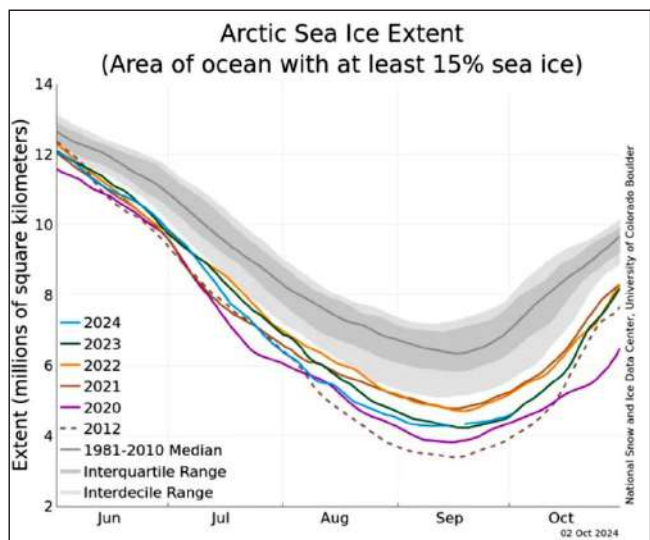
perficie del agua del mar) estuvieron por debajo del promedio en las regiones Niño 3.4 y Niño 4 y ligeramente por debajo del promedio en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.

EXTENSIÓN DEL HIELO MARINO EN EL OCÉANO GLACIAL ÁRTICO

Según el Centro Nacional de Datos (NSIDC), en el hemisferio norte la extensión del hielo marino (que se mide a partir de los instrumentos de microondas a bordo de los satélites NOAA) en el océano Glacial Ártico correspondiente al mínimo estacional de septiembre fue en promedio de 4.38 millones de kilómetros cuadrados. Esta extensión ha sido el sexto registro más bajo de los 46 años de registros de microondas pasivas por satélite. La extensión del hielo fue especialmente baja en el mar de Beaufort y en los mares de Kara y Siberia Oriental. Una característica única de este año fue la región de hielo compacto de primer año a lo largo del extremo noreste de Rusia, cerca de la isla de Wrangel, que sobrevivió a la temporada de deshielo. Este hielo es «sucio» y parece haber sido transportado desde las plataformas continentales del mar de Laptev. El hielo marino en el paso del Noroeste, a través de los canales del archipiélago canadiense, disminuyó rápidamente durante el mes de septiembre, a pesar de la afluencia de hielo procedente del norte.



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



Descripción del verano 2024 en España

TEMPERATURA

El verano 2024 (periodo comprendido entre el 1 de junio y el 31 de agosto de 2024) ha tenido un carácter muy cálido, con una temperatura media en la España peninsular de 23.1 °C, valor que queda 1.0 °C por encima de la media de esta estación (periodo de referencia 1991-2020). Ha sido el sexto verano más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, y también el sexto más cálido del siglo XXI. De los diez veranos más cálidos de la serie, nueve pertenecen al siglo XXI.

El verano tuvo un carácter muy cálido en la mayor parte de la España peninsular, resultando extremadamente cálido en algunas zonas del interior y cálido o normal en puntos del norte de Galicia, Cantábrico oriental y Andalucía occidental. En Baleares fue cálido o muy cálido, mientras que en Canarias tuvo un carácter variable de unas zonas a otras, resultando en conjunto cálido.

Se observaron anomalías térmicas en torno a +1 °C en amplias zonas del centro y sur de Galicia, Castilla y León, La Rioja, Navarra, interior de Cataluña, Extremadura, Comunidad de Madrid, Castilla-La Mancha, Comunitat Valenciana, Región de Murcia y Andalucía central y oriental, llegando a alcanzar valores próximos a +2 °C en algunos puntos del sureste peninsular, sur de Galicia y Pirineo aragonés. En el norte de Galicia, regiones cantábricas,

costa de Cataluña y oeste de Andalucía las anomalías se situaron alrededor de 0 °C. En Baleares y en Canarias las anomalías tomaron valores comprendidos entre +0 °C y +1 °C en la mayoría de las zonas.

Tanto las temperaturas máximas como las mínimas diarias quedaron en promedio 1,0 °C por encima del valor normal, resultando una oscilación térmica diaria igual a la normal del trimestre. En la estación principal de Ciudad Real la media de las temperaturas máximas diarias del verano resultó la más alta desde el comienzo de las observaciones en 1971.

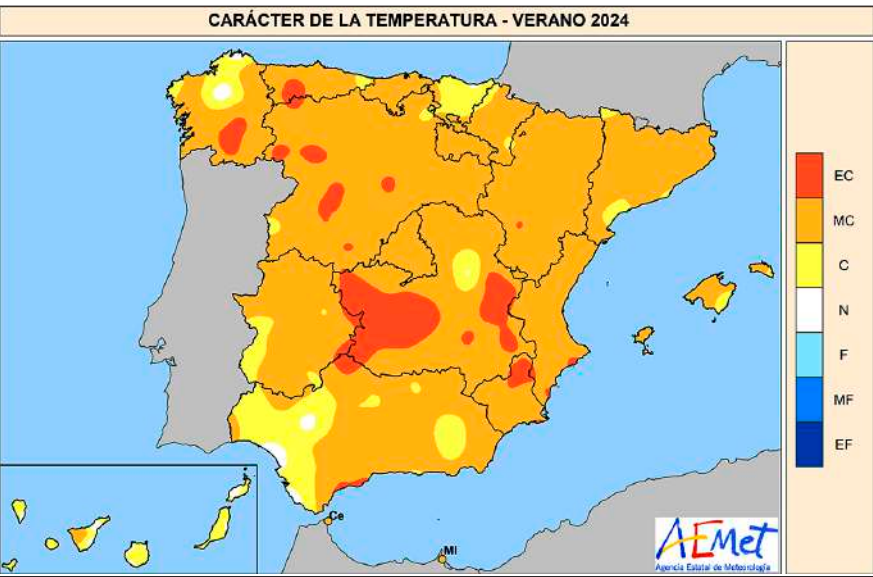
El verano comenzó con un mes de junio frío, con una temperatura media en la España peninsular que se situó 0.2 °C por debajo de la media del mes. Julio fue muy cálido, con una temperatura media 1.3 °C por encima de la normal, resultando el sexto mes de julio más cálido la serie. Agosto fue extremadamente cálido, con una temperatura media 2.0 °C por encima de la media, resultando el mes de agosto más cálido desde el comienzo de la serie en 1961.

Junio resultó frío en amplias zonas del centro y del suroeste de la península ibérica, así como en el este de Cataluña, mientras que fue cálido en la costa mediterránea a excepción de Cataluña, en el interior de la cuenca del Ebro y en la mitad sur de Galicia, llegando a ser muy cálido en zonas costeras del sureste. El resto de la España

peninsular tuvo carácter normal. En Baleares, junio fue cálido o muy cálido, mientras que en Canarias tuvo carácter variable de unas zonas a otras, resultando en conjunto frío. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de -1 °C en algunas zonas de Extremadura, centro y oeste de Andalucía y en puntos de Castilla y León, Madrid y este de Cataluña, mientras que tomaron valores positivos, en torno a +1 °C, en la costa mediterránea andaluza, Murcia, Comunitat Valenciana, sur de Galicia y en zonas de Aragón y del interior de Cataluña. En Baleares tomaron valores comprendidos entre 0 °C y +1 °C, mientras que en Canarias estuvieron entre 0 °C y -1 °C en la mayoría de las zonas.

Julio tuvo carácter muy cálido en la España peninsular salvo en algunas zonas del tercio oeste, del Cantábrico oriental y de la costa mediterránea, donde resultó cálido. En Baleares fue cálido o muy cálido, mientras que en Canarias tuvo carácter variable de unas zonas a otras, resultando en conjunto muy cálido. Las anomalías térmicas se situaron alrededor de +2 °C en el centro y este de Castilla y León, La Rioja, este de Navarra, Aragón, interior de Cataluña, Comunidad de Madrid, Castilla-La Mancha, interior de la Comunitat Valenciana, Región de Murcia, centro y este de Andalucía y en zonas de Extremadura y del sur de Galicia, alcanzando valores en torno a +3 °C en algunas zonas del sureste de Castilla-La Mancha y del sur de Aragón. En el resto de la España peninsular se situaron alrededor de +1 °C, salvo en algunas zonas del norte de Galicia y de la costa atlántica andaluza, donde tomaron valores en torno a 0 °C. En Baleares las anomalías estuvieron comprendidas entre 0 °C y +1 °C, mientras que en Canarias tomaron valores entre 0 °C y +1 °C en zonas bajas y entre +2 °C y +3 °C en las zonas de mayor altitud.

Agosto tuvo carácter extremadamente cálido en amplias zonas del interior de la Península, mientras que tuvo un carácter muy cálido en el resto de la España peninsular salvo en algunas zonas del Cantábrico y del norte de Galicia en las que resultó cálido. En Baleares fue en conjunto muy cálido, mientras que en Canarias tuvo carácter variable de unas zonas a otras, resultando en conjunto cálido. Las ano-



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

malías térmicas se situaron alrededor de +2 °C en amplias zonas del sur de Galicia, Castilla y León, Extremadura, Comunidad de Madrid, Castilla-La Mancha, Andalucía central y norte de Aragón y de Cataluña, llegando a superarse los +3 °C en algunos puntos de estas regiones. En el resto de la España peninsular tomaron valores en torno a +1 °C, salvo en puntos del Cantábrico y de la costa atlántica andaluza, donde se situaron alrededor de 0 °C. Tanto en Baleares como en Canarias las anomalías estuvieron mayoritariamente comprendidas entre 0 °C y +1 °C.

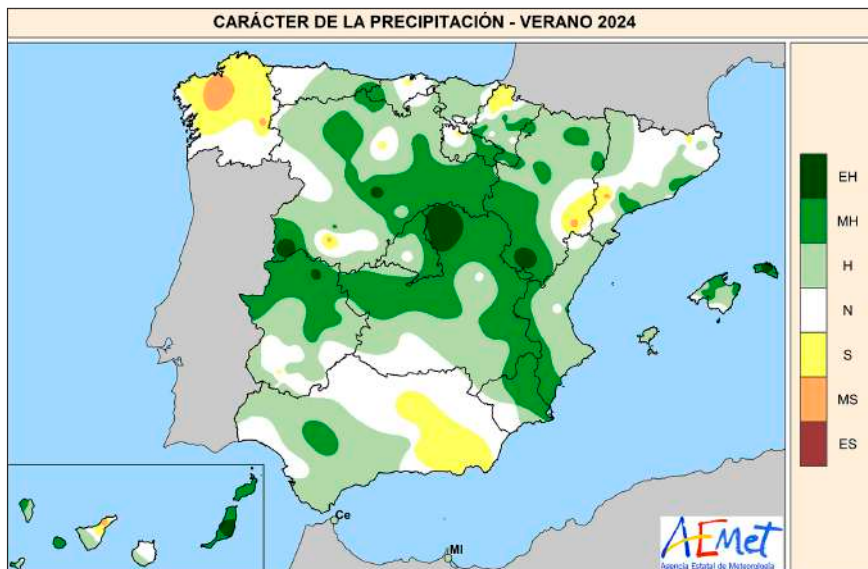
EPISODIOS MÁS DESTACADOS

En el verano hubo dos olas de calor que afectaron a la España peninsular y a Baleares. La primera se extendió entre el 23 de julio y el 1 de agosto, con temperaturas tanto máximas como mínimas muy por encima de los valores habituales para la época del año, superándose los 40 °C en amplias zonas y registrándose las temperaturas más altas del verano en la mayoría de las regiones. La segunda ola de calor tuvo lugar entre los días 4 y 12 de agosto, también con temperaturas máximas y mínimas muy por encima de los valores habituales para la época del año, en la que se superaron los 40 °C no solo en el sur y el centro peninsulares, sino también en zonas del norte peninsular, destacando entre estaciones principales los 42.9 °C registrados en Bilbao/aeropuerto el 11 de agosto. Otros episodios cálidos destacados, pero que no pueden catalogarse como olas de calor, se observaron entre los días 3-8 de junio, 24-27 de junio, 4-5 de julio, 10-11 de julio, 18-20 de julio, 17-24 de agosto y 27-28 de agosto.

Las temperaturas más altas entre las estaciones principales correspondieron a Morón de la Frontera, donde se registraron 43.5 °C el 24 de julio, Badajoz/aeropuerto, con 43.3 °C también el 24 de julio, y Jerez de la Frontera/aeropuerto y Granada/base aérea, donde se midieron 43.2 °C los días 24 y 31 de julio, respectivamente.

En cuanto a bajas temperaturas, hubo varios episodios fríos con temperaturas por debajo de las normales, los cuales se extendieron entre los días 1-3 de junio, 9-13 de junio, 18-22 de junio, 28 de junio a 1 de julio, 6-7 de julio y 14-16 de agosto, con temperaturas máximas y mínimas por debajo de los valores normales.

Destacaron entre las estaciones principales los 1.9 °C de Burgos/aeropuerto registrados el 13 de junio, los 2.7 °C de



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

Molina de Aragón el 2 de junio, los 3.1 °C de Soria el 13 de junio, y los 3.7 °C de León medidos el 2 de junio. En las estaciones principales de Madrid/Getafe, Zaragoza/aeropuerto, Izaña y Santander/aeropuerto se observó la temperatura mínima más alta (la noche más calurosa) desde que hay registros. En la estación principal de Guadalajara se registró el 10 de junio la temperatura máxima diaria más baja de un día de verano desde el comienzo de la serie en 2011.

PRECIPITACIÓN

El verano ha sido en su conjunto muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 82.2 mm, valor que representa el 117 % del valor normal del trimestre en el periodo de referencia 1991-2020. El verano de 2024 ocupa el cuadragésimo segundo lugar, en orden de más seco a más húmedo, desde el comienzo de la serie en 1961, y el vigésimo del siglo XXI.

El verano ha tenido carácter normal y húmedo en casi toda la Península, llegando a muy húmedo en el centro peninsular, norte de Extremadura, sur de la Comunidad Valenciana, Región de Murcia y las islas orientales de ambos archipiélagos. Por el contrario, el verano ha tenido carácter seco en Galicia, noroeste de Navarra, puntos del sureste de Aragón y suroeste de Cataluña, y Andalucía oriental.

El verano comenzó con un mes de junio muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 47,8 mm,

valor que representa el 149 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-2020). Se ha tratado del décimo séptimo mes de junio más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961 y del quinto del siglo XXI. El mes de julio tuvo carácter muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 10.2 mm, valor que representa el 61 % del valor normal del mes. Se trató del décimo cuarto mes de julio más seco desde el comienzo de la serie en 1961 y del quinto del siglo XXI. En Canarias, el mes fue el quinto más húmedo de la serie y el cuarto del siglo XXI. El mes de agosto ha tenido carácter húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 24.2 mm, valor que representa el 112 % del valor normal del mes.

Junio fue húmedo y muy húmedo en gran parte del territorio, llegando a ser extremadamente húmedo en el norte de Extremadura, y algunas zonas del centro peninsular. Se observan condiciones muy húmedas en el norte y centro del país, incluyendo regiones de Castilla y León, País Vasco y partes de Andalucía. Las zonas húmedas abarcan amplias áreas del norte, centro, y este de España, incluyendo regiones de Cataluña y la Comunidad Valenciana. Las condiciones normales son menos frecuentes, presentes en áreas dispersas del norte y noreste, así como en algunas partes del centro y sur, como en Andalucía. En contraste, las regiones que han tenido carácter seco son algunas áreas en el sureste. Las islas Baleares presentan una mezcla de condiciones húmedas y norma-



Descripción del verano 2024 en España

→ les, con algunas áreas muy secas, mientras que las islas canarias han mostrado principalmente carácter húmedo.

Julio fue entre normal y seco en gran parte del territorio peninsular. Tuvo carácter húmedo en gran parte de Galicia, en Asturias occidental, zonas de Castilla-La Mancha, puntos de Aragón y Cataluña y amplias zonas de Andalucía y de la Comunitat Valenciana. En Canarias el mes tuvo carácter muy húmedo en Lanzarote, norte de Fuerteventura, la Gomera y El Hierro; el resto de islas ha mostrado carácter normal. En Baleares, fue húmedo en gran parte de las islas y muy húmedo en el noroeste de Mallorca.

Agosto ha sido entre normal y húmedo en casi toda la Península y ambos archipiélagos, especialmente el archipiélago balear en el que ha sido húmedo y muy húmedo. Ha tenido carácter muy húmedo en gran parte de Aragón, en Navarra, La Rioja, País Vasco, este de Castilla y León,

Madrid y noroeste de Castilla-La Mancha, donde ha llegado a ser extremadamente húmedo. Por el contrario ha tenido carácter seco y muy seco en Galicia, oeste de Castilla y León, Extremadura y el noroeste de Andalucía. En Canarias ha sido un mes muy húmedo en las islas orientales y entre normal y húmedo en el resto.

EPISODIOS MÁS DESTACADOS

Las mayores precipitaciones diarias registradas en junio en los observatorios principales se dieron el día 11 en Palma de Mallorca/aeropuerto donde se registraron 80.2 mm que constituye el valor más alto de su serie desde 1951, en Reus/aeropuerto con 65.6 mm el día 1, en Murcia con 51.2 mm el día 12, en Donostia/San Sebastián/Igueldo con 40.3 mm el día 20, en Burgos/aeropuerto con 38.8 mm el día 26 y en Valladolid con los 38.6 mm el día 28. En julio, las mayores precipitaciones diarias registradas en los obser-

vatorios principales se dieron el día 6 en Teruel donde se registraron 33.4 mm y en Lleida con 27.2 mm, en Lugo/aeropuerto donde se registraron 27.2 mm el día 29, y en Hondarribia/Malkarroat donde el día 20 se registraron 24.3 mm. En agosto, las mayores precipitaciones diarias registradas en los observatorios principales se dieron el día 15 en Menorca/aeropuerto donde se registraron 93.2 mm, valor que constituye el más alto de su serie desde 1965, el día 30 se registraron en Guadalajara 57.2 mm y en Molina de Aragón 49.6 mm, nuevamente constituyen ambos los valores más altos de sus respectivas series desde 2011 y 1951 cada uno. El día 21, en Teruel se registraron 48.2 mm, valor más alto de su serie desde 1986, el día 13 se registraron 43.3 mm en Logroño/aeropuerto, que también es el valor más alto desde 1951 y 40.5 mm en Pamplona/aeropuerto, y 41 mm el día 31 en Burgos/aeropuerto.

Fenómenos meteorológicos singulares en SINOBAS junio, julio y agosto de 2024

En los meses de junio, julio y agosto de 2024 se incluyeron en SINOBAS un total de 52 reportes, de los cuales, 48 han sido validados por personal de AEMET con fiabilidad alta y 4 con fiabilidad media. Por tipo de fenómeno, los reportes se han distribuido de la siguiente forma:

- Granizada Singular: 17
- Reventón / Frente de racha: 10
- Precipitación Súbita Torrencial: 9
- Tolanera: 6
- Tornado / Tromba Marina: 5
- Tuba: 3
- Fenómenos marítimos raros: 1
- Reventón Cálido: 1

Por comunidades autónomas, se han notificado nueve reportes en Castilla y León, ocho en la Comunitat Valenciana y Aragón, cinco en Murcia, Castilla La Mancha y Andalucía, cuatro en las Islas Baleares y Cataluña, dos en Canarias y uno en Asturias y Madrid.

En la base de datos de SINOBAS, el verano es la estación en la que mayor número de reportes se notifican, con un 35 % respecto al total anual, y gran parte de estos fenómenos están relacionados



con la convección, como ha ocurrido en 2024. En estos meses veraniegos de 2024 el número de reportes notificados fue ligeramente superior al del prome-

dio de los últimos 10 años.

Durante el trimestre veraniego, el equipo de SINOBAS destacó la precipitación súbita torrencial que se produjo en Es



Evolución de los reportes notificados en SINOBAS en el trimestre veraniego (meses de junio, julio y agosto) en el periodo 2012-2024.

Imagen del tornado de El Toro. Fuente: Sericio Safont/ Agentes Medioambientales de la Generalitat Valenciana.



Piedras de granizo de las tormentas del 2 de agosto de 2024. A la izquierda en La Monzona (Puebla de Arenoso), foto de Vicent Reig, a la derecha, en Cortes de Arenoso, foto vía X de @Mario_72

Granizada en Cacabelos el 18 de junio de 2024. Fuente: El Bierzo Digital, Diana Castro.



Mercadal (Menorca). Se ha seleccionado este reporte como representativo de los tres que se notificaron a causa de las tormentas y precipitaciones torrenciales que se produjeron en las islas Baleares durante los días 14 al 16 de agosto por el paso de una dana que provocó multitud de incidentes en el archipiélago. Los 204.4 l/m² que se acumularon en Es Mercadal es récord absoluto en 24 horas en la estación, aunque realmente la mayor cantidad cayó en un par de horas. También es récord para un mes de agosto la cantidad caída en 1 hora, 78.4 l/m², lo que da idea de la torrencialidad.

El equipo SINOBAS también destacó los reportes notificados sobre los efectos que provocaron las tormentas del 2 de agosto que afectaron al sur del interior de la provincia de Castellón, con granizadas de tamaño grande y un tornado en el término municipal de El Toro, a aproximadamente 4 km al sureste del núcleo de población.

Según la valoración de daños sobre el terreno enviada por Agentes Medioambientales de la Generalitat Valenciana así

como por Joan Càrcer y Pablo Solsona, socios de AVAMET, el tornado se produjo sobre las 16:30 hora oficial peninsular, tuvo una trayectoria superior a 1 km, una anchura máxima de 100 metros, un perímetro de 2.4 km y afectó a una superficie algo superior a 7 ha.

En los comentarios de revisión del reporte incluidos por personal de AEMET, se informa de que pudo ser un tornado de tipo *landspout* (por estiramiento vertical convectivo de vórtices preexistentes en capas bajas) debido fundamentalmente a las zonas frontera que se observaban, fundamentalmente brisas de mar del este, viento del oeste por el flanco occidental, y del norte por el flanco norte.

En los momentos anteriores y posteriores al tornado, se produjeron adversas granizadas. Los términos municipales que en todo o en parte se vieron afectados por el granizo de tamaño grande fueron Altura, Arañuel, Cirat, Cortes de Arenoso, Jérica, Montanejos, Puebla de Arenoso y Viver.

También hemos destacado la granizada que se produjo en Cacabelos (León)

el día 18 de junio, cuando a lo largo de la tarde una tormenta descargó de forma súbita sobre la localidad, dejando las calles cubiertas de granizo que, aunque no era de tamaño grande, se acumuló en con espesores de la capa de granizo de entre 5 y 10 cm. El alcantarillado colapsó y los vecinos se vieron obligados a achicar agua de bodegas inundadas. Los bomberos de Ponferrada tuvieron que intervenir de forma puntual en tareas similares. Los vecinos de más edad refieren no haber presenciado ningún otro episodio similar en el pueblo.

Por último hay que continuar agradeciendo a los usuarios de SINOBAS su colaboración en la introducción de información en el sistema, especialmente *BSantiago, CarlesP, Daniel27, dcanoe, eglomer, EliaFebrer, GDStudios, iabial, jagarciavalero, jnunez, jriescom, Ibanonp, MeteoAvila2024, MeteOrihuela, Noromet, oierseoanerubio, porusc, ricardo_sanz y rrequenab*, que notificaron algún reporte este trimestre. La cuenta de twitter de SINOBAS (@aemet_sinobas) ha superado los 51 300 seguidores.

Autor: Imanol Zuaznabar

Ilusiones cromáticas

El término fotografía implica el dibujar con la luz, pero si a esto le añadimos el componente meteorológico, la luz y el color van juntos de la mano en muchos de nuestros trabajos, aderezados también por la fuerza en algunos de ellos.

Por lo tanto, desde que comenzó el nuevo periodo fotográfico para este meteo-reportaje, tenía como idea principal crear un reportaje ligado al color, representado por múltiples y variados fenómenos meteorológicos, haciendo un guiño siempre a los cielos de primeras y últimas horas del día, donde la hora dorada con su luz anaranjada lateral baña cada rincón de la escena, incluyendo también la nubosidad.

Así que este es el resumen de estos dos últimos años, doce fotos, cientos de horas de trabajo, miles de kilómetros y toneladas de ilusión.

Foto 1- Campos de tormentas

Albacete, 28/08/2021.

Hace dos años, en el último meteo-reportaje, me centré únicamente en el mundo de las tormentas. Este año, aunque lo dedico a nivel general a la variedad, también hay hueco para esta gran pasión que es para mí la fotografía de tormentas, que la distancia me limita en cierta manera poder desarrollarla con la misma frecuencia que hace unos años. Y esta foto es de una de mis escapadas a la Península, con una espectacular supercélula en las llanuras albaceteñas.



Foto 2- Mundo lenticular

Tenerife, 9/06/2021.

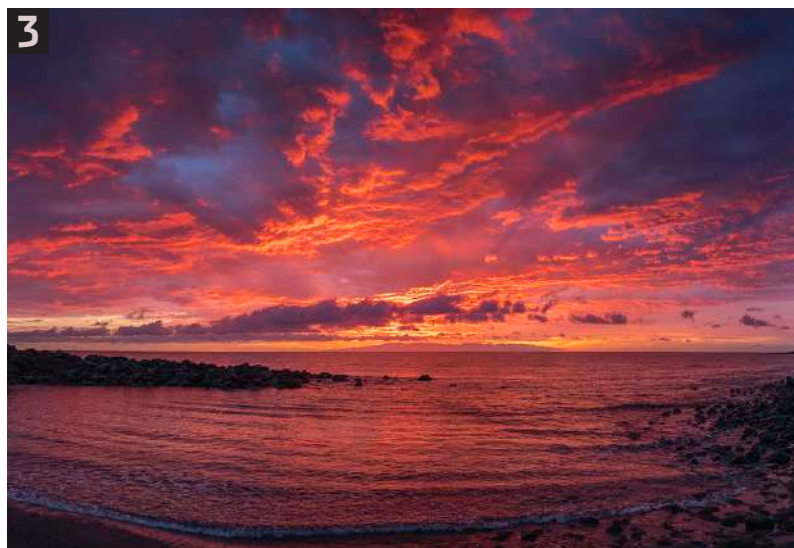
Los vientos del suroeste en Tenerife nos transportan a otros mundos durante las puestas de sol, con la formación de increíbles lenticulares que durante la hora dorada se tiñen de intensos colores cálidos.

2

Foto 3- Parrilla matutina

Güímar (Tenerife), 7/12/2022.

Uno de los últimos grandes amaneceres de este pasado año se dio a primeros de diciembre, cuando este increíble cielo hizo que se cumplieran las previsiones de un buen amanecer. Fue un momento muy efímero, pero realmente intenso viendo desde la costa estos increíbles colores justo antes de la salida del sol.



3

Foto 4- Alpenglow
Tenerife, 07/02/2021.

En este reportaje se van a ver muchas imágenes tomadas frente al Teide, dado que es mi atalaya particular desde que vivo en este paraíso para los amantes de la naturaleza. Tras una de las nevadas de ese invierno, mi intención era fotografiar ese *alpenglow* mañanero, esos primeros rayos de sol tiñendo la montaña nevada con ligeros tonos rosáceos.

4



Foto 5- Descarga sobre Barajas
Madrid, 01/06/2021.

Una tarde noche de tormentas sobre Madrid, justo minutos después de salir del aeropuerto cámara en mano para poder fotografiar las tormentas que justo llegaban a la capital, pudiendo captar estos dos espectaculares rayos cayendo en las cercanías del aeropuerto de Barajas.

5



Foto 6- Camino al atardecer

Madeira, 22/02/2022.

Una de mis escapadas del pasado año fue a la isla de Madeira, y esta puesta de sol fue una hora después de aterrizar en esta preciosa isla portuguesa, la cual me recibió con unos cielos espectaculares, preludio de lo que serían unos intensos días fotográficos.

6



7



Foto 7- La Dama Verde

Islandia, 28/12/2021.

Una de las ilusiones de todo fotógrafo de naturaleza es poder ver, disfrutar y por supuesto fotografiar una aurora boreal, y tuve la gran oportunidad de hacerlo el pasado invierno desde el sur de Islandia.

Foto 8- Asperitas

Tenerife, 02/02/2022.

Siempre hace ilusión poder contemplar este tipo de formaciones nubosas y si encima se puede hacer frente al Teide en un día oscuro y con estas tonalidades en el ambiente, mejor aún.

8



Foto 9- Tardes de otoño

Tenerife, 18/10/2021.

Tal como dije en un inicio, el Teide se convierte en protagonista en este reportaje, ya que se dan muchos momentos a lo largo del año que merecen la pena ser fotografiados. He visto multitud de atardeceres desde esos miradores, pero quizás éste haya sido de los más espectaculares, con esas bandas de altocúmulos totalmente incendiados.



10

Foto 10- Moldeado por el viento

Tenerife, 25/10/2022.

Hablaba anteriormente de la acción de los vientos de componente suroeste en la isla de Tenerife, y este es otro ejemplo de la interacción de estos vientos con un relieve como el de esta isla, con el Teide como protagonista, que nos deleita con espectáculos de nubes y colores como este de este pasado otoño.

Foto 11- Atardecer volcánico

La Palma, 04/11/2021.

Para finalizar este meteo-reportaje, quería acabar con quizás, el momento más estremecedor para mí en estos dos últimos años, la erupción volcánica de La Palma. Esta primera foto es de un atardecer desde las cumbres de La Palma, con el enorme pirocúmulo sobre el habitual mar de nubes de la Isla Bonita, viendo cómo afecta también a niveles bajos el tremendo calor de las coladas de lava, haciendo que las nubes bajas lleguen a crecer ligeramente en vertical.



12



11

Foto 12- Pirocúmulo

La Palma, 05/10/2021.

Hemos visto el pirocúmulo desde lejos, pero ahora lo vemos desde cerca, al lado de la monstruosa fuerza de este fenómeno natural que, sin duda alguna, a pesar de la destrucción que generó, es algo digno de ver y apreciar.



LAS FOTOS DEL VERANO

JUNIO

Título: "Amenaza en la hora azul"

Autor: Benjamin Porée

Cámara: Canon EOS 5D Mark IV

Lugar: Bujaraloz (Zaragoza)

Fecha: 30 de junio de 2024

Comentario: A última hora se inició una tormenta al norte de Alcañiz que descargó en los alrededores de Lleida. Se movió tan rápido no me dio tiempo de interceptarla, por lo que seguí mi ruta hacia el norte, ya que va surgiendo otra célula al oeste de Zaragoza que avanza rápidamente hacia Bujaraloz. Me dirijo hacia el suroeste de Bujaraloz. Mientras el cielo permanece despejado y azul hacia el este, por el oeste se acerca y fortalece una línea de convección. Poco después una supercélula está a punto de tragarse la autopista entre la Almolda y Bujaraloz, con un potente FFD y una espectacular wall cloud.



JULIO

Título: "La melodía del viento"

Autor: Idoia Alonso Corres

Cámara: Sony A7III

Lugar: Baños de Valdearados (Burgos)

Fecha: 29 de julio de 2024

Comentario: Nos dirigíamos hacia el sur por la provincia de Burgos con la intención de sacar fotos de la Vía Láctea, cuando una tormenta nos sorprendió. Con el campo en penumbra la tormenta trae consigo una energía palpable. En ese momento, un rayo deslumbrante desciende del cielo, como un destello de luz que corta la oscuridad, marcando su presencia en la tierra con una grandeza imponente. El viento, se convierte en un músico, creando una melodía única que resuena en el aire. Su canto se desliza entre las pajas secas, un susurro que evoca la esencia misma de la tormenta. No hay más sonidos que esta sinfonía del viento, que danzando entre los relámpagos, parece narrar la historia del rayo, de su poder y su belleza.



AGOSTO

Título: "Simplemente alucinante"

Autor: Enric Navarrete Bachs

Cámara: Sony A7 III

Lugar: Gavà (Barcelona)

Fecha: 14 de agosto de 2024

Comentario: Ni con el angular de 14 mm me permitía capturar el rayo entero, que llenaba el cielo frente a mí. Esas tormentas estáticas que se quedan durante horas frente la costa, sin mojarme desde mi posición, son una gozada. Esta tormenta era un constante de rayos, y cada pocos minutos soltaba un *Anvil Crawler* enorme, que te hacía gritar en medio de la noche. Muchos de ellos no los pude fotografiar porque eran tan potentes que quemaban la fotografía, y otros llenaban de tal forma el cielo que era imposible captarlos en toda su magnitud.



6 de septiembre de 2024

Precipitaciones intensas y persistentes en el Pirineo central

CARLOS MANUEL JIMÉNEZ-CAVERO

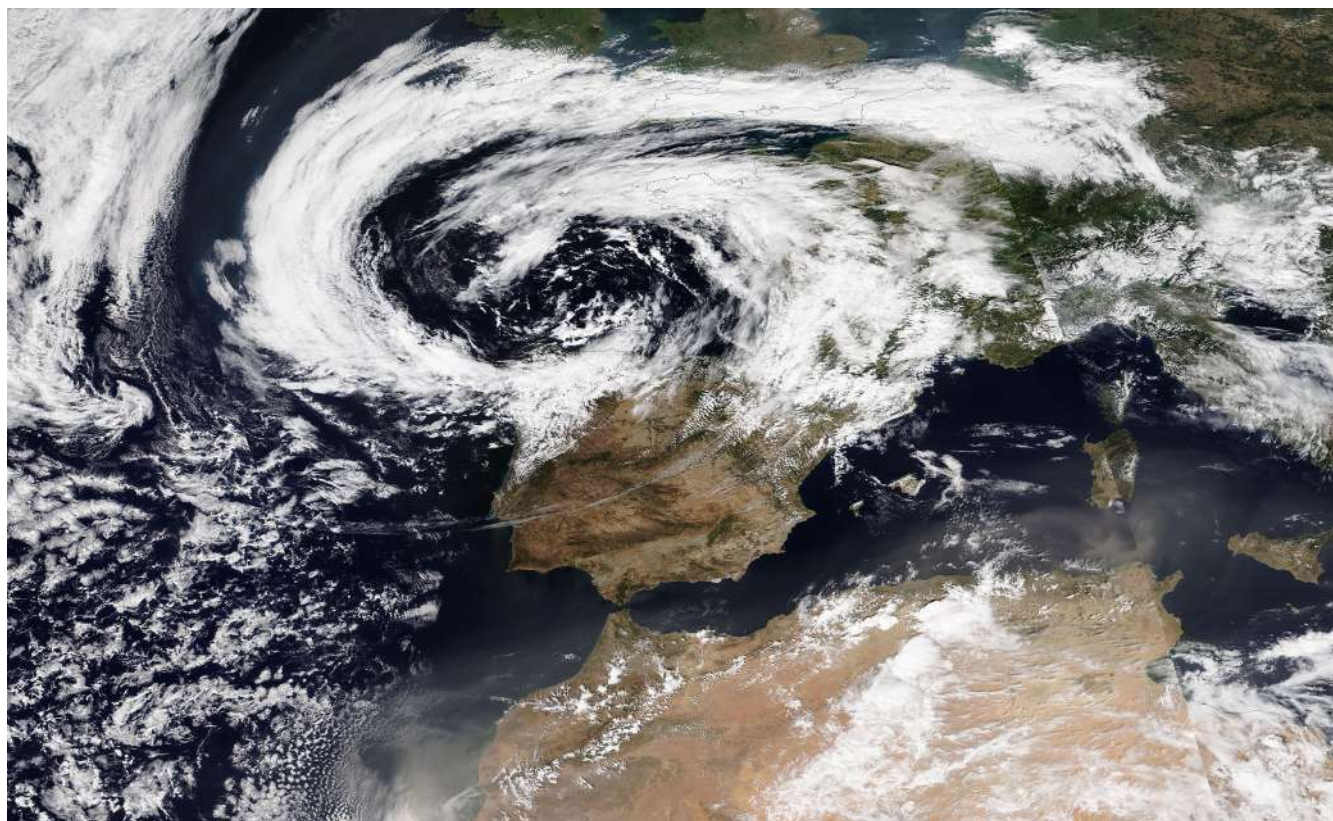


Figura 1. Imagen visible color natural -true color- del VIIRS del satélite NOAA-20 (JPSS-1) de la NASA del 6 de septiembre de 2024 a las 13:10 UTC.

Se presenta como imagen del verano una imagen visible *true color*, o color verdadero, obtenida por el instrumento VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*) a bordo del satélite polar NOAA-20 (JPSS-1) de la NASA del viernes 6 de septiembre sobre las 13:10 UTC (figura 1). Corresponde a una situación meteorológica que produjo un gran impacto en la vertiente sur del Pirineo central, y que puede considerarse anómala climatológicamente para los meses estivales. El episodio se inició en la madrugada del viernes 6 y, durante unas 30 horas, produjo precipitaciones intensas y persistentes, con acumulados totales que superaron de forma generalizada los 100 mm y puntualmente los 200 mm (ver figura 4); cantidades más típicas del otoño en el que se da un máximo pluviométrico climatológico en la vertiente sur pirenaica. Como consecuencia, se produ-

jeron crecidas repentinas en las cabecezas de los principales ríos y barrancos, así como desprendimientos y corrimientos de tierra que, entre otras, obligaron a cerrar las dos principales vías de comunicación terrestre con Francia, el puerto de Somport y el túnel de Bielsa.

En la imagen se aprecia una circulación ciclónica que se enrosca alrededor de su centro situado al noroeste del mar Cantábrico. Se trata de una baja o borrasca fría aislada en su etapa final, que previamente se había desgajado de la circulación polar, y que aporta nubosidad y precipitaciones en dos zonas diferenciadas de la península ibérica. Por un lado, el extremo noroeste peninsular se sitúa bajo un frente ocluido y, por otro, el cuadrante noreste (en el que nos centraremos) se halla bajo la influencia del flanco delantero de la borrasca, en el sector cálido de la misma, donde el ambiente es mucho más inestable. Estructuras

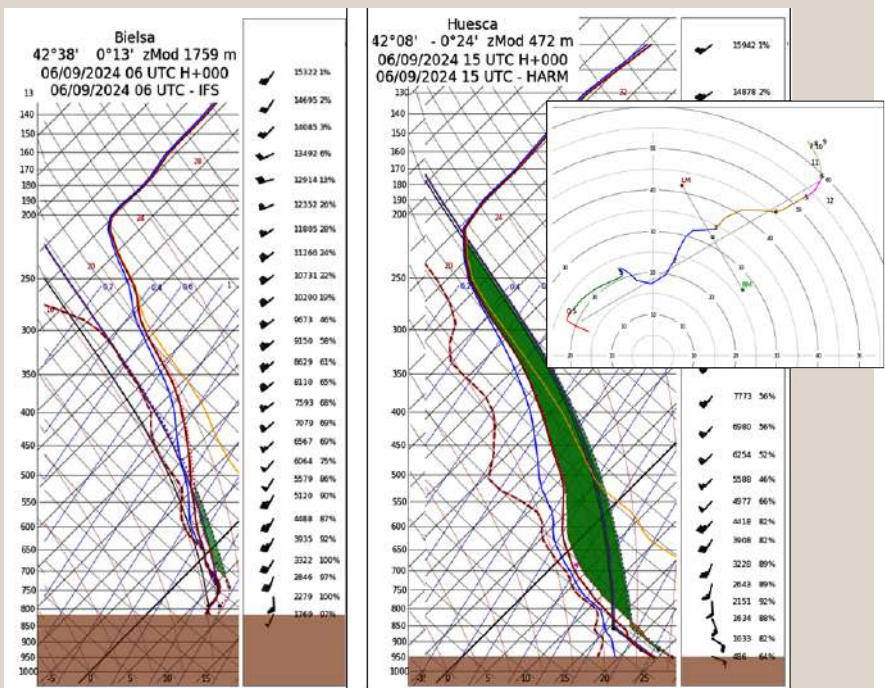
nubosas de diversa índole nos aportan información sobre la situación: ondas de montaña en zonas de la meseta norte revelan un flujo intenso del suroeste en superficie, un filamento de cirros que se curva ciclónicamente desde Lisboa hasta el Pirineo nos dibuja la posición del frente frío (y *jet streak*) en altura, y la nubosidad blanquecina compacta sobre la vertiente sur de Pirineos, justo por delante de los cirros, nos indica la presencia de convección profunda en el norte de Aragón y Cataluña. En latitudes más bajas, al este de las islas Canarias, destaca una potente advección de polvo sahariano (del sur) que se adentra en el océano desde el continente africano, y otra (del oeste) que se adentra sobre el Mediterráneo en el este de Magreb.

En la figura 2 se muestra una imagen del Meteosat del canal de vapor de agua 7.3 μm de las 12 UTC en la que se aprecia una banda seca asociada al chorro delan-

Figura 2. Imagen del canal vapor de agua 7.3 μm del Meteosat a las 12 UTC del 6 de septiembre de 2024. Se aprecia una banda seca asociada un máximo de viento en niveles medios cruzando la península ibérica, desarrollos convectivos en el nordeste y una banda nubosa asociada a la oclusión sobre Galicia.

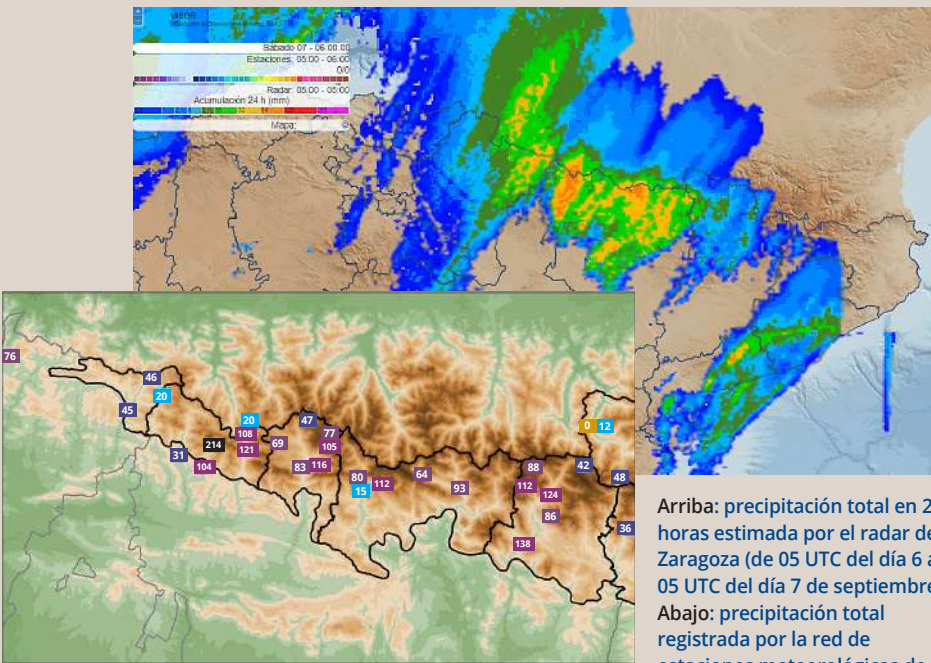


Figura 3. Izda: sondeo correspondiente al análisis 06 UTC en Bielsa (Huesca) del modelo HRES-IFS, muy saturado en niveles bajos. Dcha: sondeo y hodógrafa correspondientes al análisis 15 UTC en Huesca capital del modelo Harmonie que muestran fuerte inestabilidad y cizalladura vertical del viento de tipo unidireccional (favorable a divisiones celulares).



tero que cruza la península. Asimismo se distinguen bandas de cirros en Huesca, asociados a los yunques de las tormentas, que son arrastrados hacia el nordeste por el intenso chorro, delatando un ambiente con fuerte cizalladura vertical. Por el contrario, frente a las costas asturianas, se observa nubosidad convectiva sobre el mar cantábrico. Se trata de células individuales aisladas asociadas al núcleo frío de la baja.

Nos centramos ahora en el episodio pirenaico. Desde primeras horas del viernes tuvo lugar una advección cálida y húmeda en niveles bajos, en el sector cálido de la baja, con una estructura de frentes bastante estacionaria. Esta configuración es típica de los meses otoñales, en los que climatológicamente tiene lugar un máximo pluviométrico sobre el Pirineo central, asociado a flujos húmedos y persistentes del suroeste (ábregos). En estos episodios “otoñales”, se produce un fuerte realce orográfico de la precipitación en los Pirineos, a barlovento del flujo de sur y en zonas cercanas a la divisoria, con lluvias “cálidas” muy eficientes. Se caracterizan por una isocero relativamente alta, y un estrato saturado por debajo de la misma, por lo que todas las precipitaciones son en fase cálida, con topos bajos, como efectivamente ocurrió durante la primera mitad del día 6 de septiembre. Lo podemos apreciar en el sondeo previsto por el modelo HRES-IFS del ECMWF para Bielsa a las 06 UTC mostrado en la figura 3 (izda.) y en las imágenes de *echotop* del radar de Zaragoza de la figura 6 (arriba). Sin embargo, durante la tarde del día 6, el patrón de precipitaciones cambió por completo. El calentamiento diurno propio de finales de verano, favoreció un aumento de la inestabilidad. Por otro lado, teniendo



Arriba: precipitación total en 24 horas estimada por el radar de Zaragoza (de 05 UTC del día 6 a 05 UTC del día 7 de septiembre). Abajo: precipitación total registrada por la red de estaciones meteorológicas de

AEMET en el Pirineo central en las 48 horas previas a las 08 UTC del 7 de septiembre.

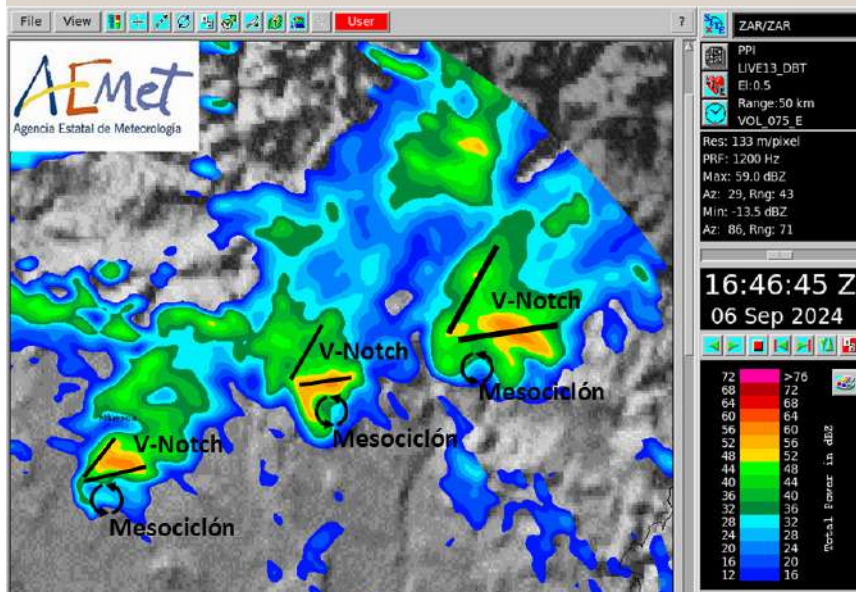


Figura 5. Detalle de reflectividad del radar de Zaragoza (PPI 0.5) en la provincia de Huesca a las 16:46 UTC del 6 de septiembre. Se aprecian tres estructuras convectivas alineadas, con patrón de gancho (posición del mesociclón) y de V-Notch propios de supercélulas.

en cuenta la gran disponibilidad de humedad, y el forzamiento dinámico a escala sinóptica ejercido por el flanco delantero de la baja, podemos afirmar que estaban presentes todos los ingredientes necesarios para que se produjesen movimientos verticales intensos de carácter convectivo. La presencia de humedad en niveles bajos era muy llamativa, con un estrato totalmente saturado e inestable desde 850 hPa hasta 600 hPa, denominado MAUL (*moist absolutely unstable layer*), y el entorno se caracterizaba por una fuerte cizalladura unidireccional. Ambos rasgos son típicos de entornos favorables a episodios de convección organizada, capaces de producir precipitaciones muy fuertes, vientos intensos y granizo. Las condiciones descritas pueden apreciarse en el sondeo previsto por el modelo Harmonie en la localidad de Huesca a las 15 UTC mostrado en la figura 3 (dcha). Los valores de CAPE, cizalladura y helicidad presentes eran compatibles con la formación de estructuras organizadas de tipo supercelular, como las observadas en la figura 5, con patrón de reflectividad radar en forma de gancho y de V-Notch.

Todo ello propició que durante muchas horas se acumulasen precipitaciones en la vertiente sur, con varios registros totales entre 100-200 mm. Al principio del episodio, las precipitaciones fueron muy eficientes y de carácter estratiforme, mientras que en la segunda parte del mismo, éstas estaban caracterizadas por chubascos muy fuertes o torrenciales, en corto periodo de tiempo. Se registraron multitud de impactos en la red de carreteras por desprendimientos de tierra y corrimientos del pavimento, como se aprecia en la figura 7, que obligaron a cerrar de forma permanente (durante varios días) las carreteras A-136 (puerto de Somport), A-138 (túnel de Bielsa) y A-139 (acceso a Llanos del Hospital de Benasque).

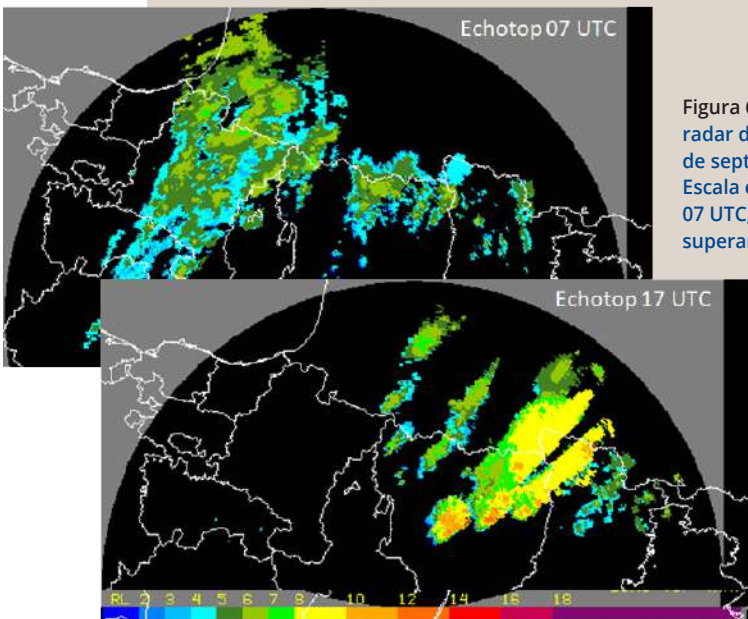


Figura 6. Echotops del radar de Zaragoza del 6 de septiembre de 2024. Escala en km. Arriba: a las 07 UTC, con topos que no superan los 6 km de altura (precipitaciones cálidas eficientes). Abajo: a las 17 UTC, con topos que alcanzan los 12-14 km asociados a convección profunda (precipitaciones con fase hielo, muy intensas en corto periodo de tiempo).



Figura 7. Cortes en las dos principales vías de conexión por carretera con Francia en el Pirineo central. Arriba: socavón de la carretera A-138, entre Parzán y el túnel de Bielsa. Abajo: desprendimiento que ha partido la carretera francesa de acceso al túnel de Somport. Fuente: internet y redes sociales.

Tormenta que sufrió la Armada en 1672 y tormenta Bernard de 2023

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

Se compara la tormenta que sufrió la Armada del Mar Océano en 1672 según el relato de Sebastián Crespo con la tormenta Bernard de 2023; ambas afectaron principalmente al sudoeste de la península ibérica con importantes lluvias y fuertes vientos; ambas a principio de otoño, la primera el 30 de septiembre, la segunda el 22 de octubre. La tormenta de la Armada fue calificada como “ramalazo del equinoccio”, formula que se usó para calificar tormentas o tempestades con características parecidas a los huracanes hasta principios del siglo XX¹; Bernard fue una borrasca o ciclón extratropical que sufrió una transición tropical en el Atlántico norte oriental.

1. La relación de la tormenta de 1672

En el documento *Relación de la tormenta que padeció la Capitana Real, en que me hallé como Piloto, al tiempo que pasó el mismo infortunio lo restante de las Naos de la Real Armada*², que se conserva en la Biblioteca Nacional de España, en el que el piloto de la Capitana Real de la Armada del Mar Océano, Sebastián Crespo, relata los padecimientos de esta Armada al ser sorprendida el 30 de septiembre de 1672, frente al cabo de Santa María, por una tormenta que el piloto califica como “una de las mayores borrascas qué ha visto el mar en muchos siglos” en un día “tan infeliz en sus principios, como milagroso en sus medios y feliz en sus fines lo fue de esta portentosa tempestad ... Si la menor parte del viento, que amenazó nuestra ruina, hubieses dado en la ciudad más poblada, y fuerte, no se dude que la arruinaría por los cimientos...”. Hay que mencionar que el año anterior, el 15 de marzo de 1671, se produjo el denominado huracán de Cádiz, que en realidad fue un tornado, seguramente el más intenso que se conozca ocurrido en España. El “huracán” destruyó un tercio del caserío de la ciudad, hundió o afectó seriamente a numerosos buques en su puerto (Sánchez-Laulhé 2005³), y destruyó almacenes de armamento de la Armada (Fernández Duro, 1898⁴). A continuación, se transcriben otras partes del relato:

“No bien se mostrara en nuestro hori-

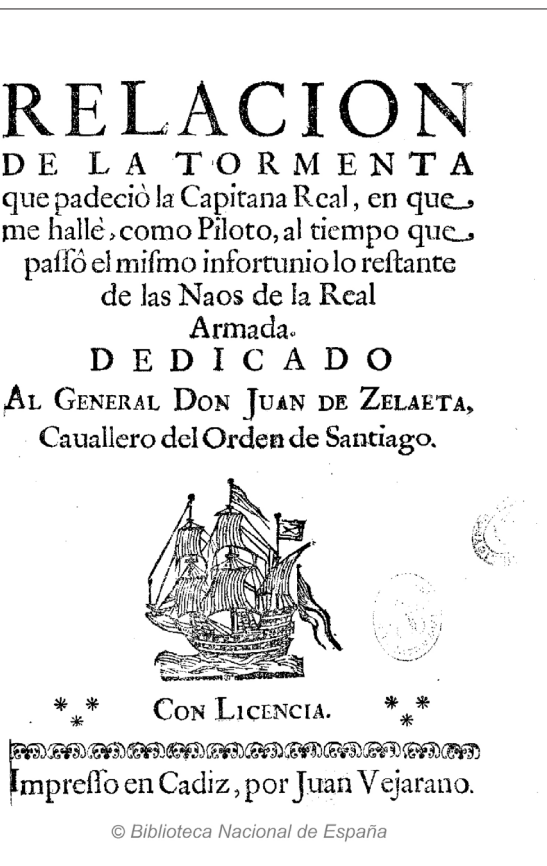


Figura 1. Portada del documento

zonte la luz del día, cuando el viento, que ya era sur declarado, fue creciendo con tanta ferocidad, que aun teniendo anticipadamente hecha la diligencia de aferrar las velas, que podían ser de más para el gobierno de la nao, se reservó el trinquete, con el cual se viró la vuelta de la mar, por recelo que tenían los pilotos hallándose cerca de tierra; y como el viento fue creciendo, y a este tiempo se llegase a amurar dicha vela, con un balance que hizo dar una socollada al trinquete, que no tenía bien cazada la escota, lo rompió un poco por el puño,

de donde tuvo ocasión el viento para dar principio a la crueldad con que nos trató brutalmente, y en fin como elemento sacudido, y descollado. Considérese una vela de lona, nueva, cosida con hilo doble, y alquitranada, y guarnecida en cuadro con una maroma de cáñamo muy fuerte, deshecha en pedazos tan brevemente, y con tanta facilidad, como podría hacerse de un pliego de papel; y aunque este accidente causó gran turbación en los marineros, todavía se toleraba el ánimo con la esperanza en la vela mayor, la cual se procuró asegurar aferrándole muy bien los apagapenoles, y tomadores, y arriándole la verga al combés con que de esta vela solo quedaban los bolsos muy pequeños, que estaba al abrigo del árbol mayor, en los cuales se encarnizó tanto el viento, e hizo tanta presa, que como perro rabioso a pedazos se los iba sacando; y no contento con emplear su furia en ellas, y otras cosas que halló fácil su vencimiento, como en desasir los faroles pequeños, arrancar de raíz el capitel del farol mayor con un perno de hierro enchavetado, que le aseguraba en dos fajas de hierro que tenía en medio, llevándole por el aire como un sombrero muy liviano, deshaciendo florones, y molduras de la nao, descomponiendo sus corredores, pero aún pasó a hacer prueba de lo más robusto, y sólido. Rompió este cruel inanimado el árbol mayor de la Real que consta de 18 palmos (¿?)⁵ de grueso; y si no del todo consiguió su asolación, lo dejó en estado de no ser de ningún pro-

¹ Pío Baroja lo utiliza en su libro “Los pilotos de altura” (1929)
² <https://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000109901&page=1>
³ <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/567/563>
⁴ Fernández Duro, Cesáreo. Armada española desde la unión de los Reinos de Castilla y Aragón. Tomo V (1898) <https://armada.defensa.gob.es/html/historiaarmada/tomo5.html>

Tormenta que sufrió la Armada en 1672 y tormenta Bernard de 2023

vecho. Crecía el viento, duplicando siempre su malicia, y aumentando su poder con espantosos bramidos, pasando a atreverse a maltratar a los hombres, no había ninguno, que como absorto no se elevase a las confusiones de este día lleno de oscuridad tan tenebrosa como la noche, y aquellos (que hubo muchos e reputación) que atrevidos osaban emprender el remedio a las necesidades, si no iban arrastrándose por la crujía, o asidos a los andariveles, hubieran sido muchos arrojados al mar; y los mejor librados escapaban aporreados los cuerpos, y los brazos y las piernas.”

“Ya eran las siete horas del día, y cuatro que había empezado la tormenta, habiendo padecido la nao muchísimo trabajo con la mucha mar, que la furia del viento había levantado, y con quien había hecho conspiración; como no se reconociese que minorase en nada, mas ante que siempre iba en aumento, y que la nao sin gobierno atravesada al viento se iba ronzando para tierra sin poderlo remediar, el capitán de la gente de mar, a algunos marineros que le seguían con hachas, propusieron cortar el árbol mayor, sin que hubiese en toda la nao quien lo contradijese más que su Excelencia (el Duque de Veragua), que dijo siempre, que no era de este parecer, y el capitán Juan de Chevarria, y yo, que dijimos lo mismo.

Pareció siempre a la gente de mar, que con esa diligencia tendrían algún alivio, porque el viento hallaba en el árbol resistencia, y hacía obedecer a la nao, y que estaba expuesta con los balances a abrirse, faltando la consideración, de que lo que parecía remedio era mayor peligro; porque atravesada la nave, y sin gobierno el árbol, al caer podría abrir, o por lo menos con las puntas de los baos abrirle algún rumbo por donde se fuese a pique; además que sin estas causas, la mayor era ver que nos íbamos para tierra, y que de semejante peligro no podríamos escapar, si no fuese a fuerza de vela; y cuando no se pudiese más, caso (lo que Dios no permitiese) que la nao varase, y se hiciese pedazos podrían salvarse asidos en el árbol más de trescientos hombres, y que si se cortase fuera de tiempo cesaban todas esas causas, que siempre fueron conformes a razón en aquel estado.”

“Hasta este tiempo no se podía divisar en todo el mar cosa que no excediese a más longitud, que la que hacía una circunferencia toda la nao; porque como he-



Figura 2. Galeón español del cuadro “The Spanish Armada off the English coast” de C.C. van Wieringen, (Rijksmuseum Amsterdam). Sobre él se han superpuesto nombres de partes del buque

dicho, estaba todo tan cerrado, y oscuro, que muchas veces aconteció no poder ver los unos a los otros, hasta que por la parte de sotavento a muy corta distancia se descubrió un bajel, el cual nos sirvió a doblar la pena, y acrecentar el dolor. Viose el patache Jesús María y Joseph, que gobernaba Don Diego Morquecho, Caballero del Hábito de Santiago, que siempre procuró mantenerse cerca de la capitana, fluctuando entre las ondas; ya arrastrando los árboles asidos de la jarcia, que se habían rendido; ya encima, ya debajo del agua, jugando con él el viento, trayéndole a la memoria, como en mofa, y escarnio de nuestra oposición...”

“En estas funestas y horrorosas consideraciones estábamos cuando se oían en medio de una oscuridad confusa, y que parecía compuesta de materia sólida, y palpable, unos bramidos tan desaforados, y unos silbos tan espantosos, que no digo ya hombres, mas la propia nao parece que cedió la maravillosa resistencia, que hasta allí con estos dos tan poderosos elementos había tenido. La mar no se distinguía, ni se pudieron prevenir colores, porque avasallada del aire los había perdido; y parece que temerosa de la majestad de nuestra Real, no se debió atrever por si sola a darle este último asalto, porque se vio que el viento traía mucha parte de las aguas suspendidas: con cuya sombra lleno de soberbia, con inauditos estruendos, y repetidas refriegas, cargó a nuestra Capitana con tanto poder, que parece im-

posible decir, que esta máquina poderosa, este terror de las gentes, este asombro de las aguas, este cuerpo inmóvil, se vio tan rendido, y avasallado, que como cordero manso, tendida en medio de aquellas ondas esperaba el suplicio.

Mucho tiempo tuvo el viento la nao vencida por la parte de estribor; no había quien pudiese estar de pie; por los suelos se veían rodando valerosos capitanes, famosos caballeros, que ni al valor, ni a la nobleza se le guardó entonces ningún respeto: y aunque en lo particular no se perdían del todo el ánimo nuestros españoles; en lo general ninguno atendía a otra cosa, que a morir. ...”

“El capitán de la gente de mar en este tiempo volvió a hacer nuevas instancias porque se cortase el árbol mayor; hizo representaciones a su Excelencia de los peligros a que estaba expuesta la nao, o abriéndose con los balances por el peso del árbol, o zozobrar por la resistencia que en él hallaba el mucho viento: pero su Excelencia no reparaba en nada de estos peligros, teniendo prevenido el que podía experimentar mayor, como se ha dicho, y de nuevo lo volvió a contradecir con razones suaves, y prudentes, mirando a no acabar de desconsolar a quien estaba afligido; y así ofreció de limosna a la Virgen de la Bonanza el valor del trinquete, porque esta señora nos redimiese el árbol mayor; y la vela de la cebadera a nuestra señora de los Remedios... Aclamaron a Su Santo Nombre, y en voces altas decían: Bonanza;

⁵ Los galeones solían tener un palo mayor de contorno unos 10 palmos como máximo, unos 3 palmos (~60 cm) de diámetro.

Bonanza Virgen Santísima; y en este tiempo el capitán de la gente de mar, vestido de celo católico, con el pito empezó a hacerle una marítima salutación, repitiendo siete veces el buen viaje (¡Oh bondad de Dios misericordioso!) y al instante se vio la primera luz del sol; y aunque instaba el peligro, no le mirábamos con tanto temor.

Fue faltando en parte la fuerza del viento, y aunque no aclaró del todo, por lo menos gustábamos aquel paladeo de la esperanza y fue creciendo el gusto, porque hizo el viento su primera mudanza, saltando al sudoeste; y como empezaba a llover muy recia aunque poco agua, bastó para desterrar la oscuridad, que fue siempre la mayor parte de nuestras penas. Luego que su Excelencia halló esta coyuntura, para no perder en ella ninguna diligencia, con instancias apretaba que se metiera la vela en el trinquete, porque se pudiese poner proa al navío la vuelta de la mar; y también porque estando el patache muy cerca, no diésemos sobre él. Pasé a proa, y lo encomendé de parte de su Excelencia al almirante Juan Cordero, el cual con algunos de la gente de mar, capitanes reformados, y la más de la Infantería, puso tanto calor, que en muy breve se envergó una cebadera en la verga del trinquete; porque aún no permitía el tiempo otra cosa mayor, y se izó la verga.

Dio principio a su gobierno la nao, y pudo hacer cabeza, teniéndose al viento: este fue el primer paso, que abrió puerta en los corazones, para desterrar las penas, y los temores de que ya estaban poseídos; todos empezaban a mostrar los rostros, no pálidos, ni llenos de amarillez en propia figura de la muerte como antes; pero ahora alegres, risueños, y cariñosos daban todos la gloria a Dios, y muchos repetía tiernos, y suaves cánticos en su alabanza; pero cuando todos sentían el gusto, a su Excelencia se le duplicaba la pena: estaba ansioso, porque los gaveros le diesen noticias de las demás naos, que no pudieron reconocer tan presto más que dos, y ambas desarboladas, que fueron la nao Concepción de Nápoles, y la Concepción de Barcelona; pero al cabo de rato bajó el gavero mayor, y dijo a su Excelencia, que descubría siete naos, contando el patache, que había tres desarboladas del todo, y algunas otras con pocos defectos; y como fuese aclarando el días, y el viento se llamase al noroeste, por una mano mandó su Excelencia meter una vela del trinquete, y por otra mandó observar al Sol, para saber en qué paraje nos

Términos marineros

(definiciones extraídas de la RAE):

Adrizar: poner derecho o vertical lo que está inclinado, y especialmente la nave.

Andarivel: cuerda colocada en diferentes sitios del buque, a manera de pasamano, para dar seguridad a las personas o para otros usos.

Árbol: palo (madero para sostener las velas en una embarcación).

Atravesar: Poner una embarcación en facha, al paio o a la capa.

Bandola: armazón provisional que, para seguir navegando, se pone en el buque que ha perdido algún palo por cualquier accidente.

Bao: 1. Cada uno de los miembros de madera, hierro o acero que, puestos de trecho en trecho de un costado a otro del buque, sirven de consolidación y para sostener las cubiertas. 2. Cada uno de los dos barrotes que, empernados en las cacholas, en el sentido de la quilla, sirven para sostener las cofas.

Bauprés: palo grueso, horizontal o algo inclinado, que en la proa de los barcos sirve para asegurar los estayes del trinquete, orientar los foques y algunos otros usos.

Boneta: paño que se añade a algunas velas para aumentar su superficie.

Cebadera: vela que se envergaba en una percha cruzada bajo el bauprés, fuera del barco.

Cofa: meseta colocada horizontalmente en el cuello de un palo para fijar los obenques de gavia, facilitar la maniobra de las velas altas, y antiguamente, también para hacer fuego desde allí en los combates.

Combés: espacio en la cubierta superior desde el palo mayor hasta el castillo de proa.

Crujía: 1. Espacio de popa a proa en medio de la cubierta del buque. 2. pasamano (paso de popa a proa junto a la borda).

Filástica: hilos sacados de cables viejos, con que se forman los cabos y jarcias.

Gavia: vela que se coloca en uno de los masteleros de una nave, especialmente en el mastelero mayor.

Grátil: extremidad u orilla de la vela, por donde se une y sujeta al palo, verga o nervio correspondiente.

Jarcia: conjunto de cabos y cables que forman parte del aparejo de un buque de vela.

Manga: anchura mayor de un buque.

Mastelero: 1. Perteneciente o relativo al mástil. 2. Palo o mástil menor que se pone en los navíos y demás embarcaciones de vela redonda sobre cada uno de los mayores, asegurado en la cabeza de este.

Mastelero de gavia: mastelero que va sobre el palo mayor y sirve para sostener la verga y vela de gavia.

Obenque: cada uno de los cabos gruesos que sujetan la cabeza de un palo o de un mastelero a la mesa de guarnición o a la cofa correspondiente.

Patache: 1. Embarcación pequeña que suele utilizarse en faenas y servicios portuarios.

2. Pequeña embarcación de guerra que se destinaba en las escuadras para llevar avisos, reconocer las costas y guardar las entradas de los puertos.

Penol: punta o extremo de las vergas

Rendir: vencer, sujetar, obligar a las tropas, plazas, embarcaciones enemigas, etc., a que se entreguen.

Ronzar: dicho de una persona o de una embarcación: andar despacio y como a golpes.

Rumbo: agujero que se hace o se produce en el casco de la nave.

Tomador: trenza de filástica, larga, con que se aferran las velas.

Trinquete: 1. Verga mayor que se cruza sobre el palo de proa. 2. Vela que se larga en el trinquete (II verga mayor). 3. Palo de proa, en las embarcaciones que tienen más de uno

Verga: percha labrada convenientemente, a la cual se asegura el grátil de una vela.

hallábamos, porque aún no se podía ver la tierra, que no causó poco gusto a los que tanto temían estar cerca de ella: y como se descubriesen los navíos desarbolados, y causase a su Excelencia pena la vista de su espectáculo, luego que se envergó, e izó la vela, deseó ir sobre ellos a socorrer en lo que pudiese su necesidad; pero esta resolución se le suplicó por todos los ministros que se hiciese con ella lo que su Excelencia deseaba hacer con los otros; que lo más acertado en semejante caso era buscar puerto donde reparar, y asegurar aquella nao, cuyos intereses reales podrían importar tanto como todo el resto de la Armada,

que ninguna cosa del mundo podría ser tan conforme al servicio de su Majestad, Y sin embargo de todo, su Excelencia llevado de su piadosa, y primera intención, como quisiese proseguir en su propósito, y para ello lo comunicase al piloto mayor; este le dijo: Señor miremos por el remedio de nuestro daño, que es primero que el ajeno, y no el menos que se puede haber sacado entre todos: y todos los oficiales de la nao se lo requirieron, y protestaron, y todavía le pareció liviana resolución, si no la tomase bien certificado; y mandó llamar al Maestro mayor de carpintero, y al almirante Juan Cordero, y les mando reconocer el

Tormenta que sufrió la Armada en 1672 y tormenta Bernard de 2023

árbol, y demás defectos que tenía la nao; y declarando que el árbol estaba peligroso de caer, que solo se tenía en los obenques de la jarcia, que de ningún modo permitía vela, ni arriba podía sustentar el mastelero mayor; mandó su Excelencia que éste se calase, y bajase al combés, como se hizo, y que todo lo que había precedido es este caso se pudiese por escrito, y lo firmasen de sus nombres.

Ya eran las doce del día, en cuya hora se afijó la altura del Sol, que constó de 36° y 25 minutos; y a poco tiempo pasado se vio la tierra por sotavento del cabo de Santa María, distancia de ocho leguas a la mar con poca diferencia: y habiendo visto su Excelencia que los navíos que parecían desarbolados estaban abrigados con los que se hallaban menos ofendidos, y que a su calor podrían poner bándolas, y seguir la vuelta hacia Cádiz, mandó arribar para la Bahía, con esperanza que daría con la Almiranta Real, y el resto de las demás naos, que habían seguido la noche antes el rumbo de sudeste tras nueve velas que se descubrieron; y luego que se mareó la nao, ..."

"... proseguíamos la vuelta de Cádiz, y como a las dos de la tarde se reconoció que la María de Flandes, que gobierna el almirante Jacinto López, hacía fuerza de vela para llegar a la Capitana, como lo hizo a las seis y media de la tarde, y habiéndola saludado su Excelencia, le ordenó que con farol encendido fuese por la proa a la Real, y que a tiempo fondease, y en dando ochenta brazas de fondo, disparase una pieza, y se atravesase; con cuya seguridad navegamos toda la noche, y amanecimos a vista de la broa de Sanlúcar, y llegando cerca de

Regla se hizo salva con la artillería con balas a la Virgen Santísima y su santa Casa, y entramos en la bahía de Cádiz sábado primero de octubre, donde hallamos la Almiranta Real, y el navío San Pedro con los demás, que como queda dicho siguieron las nueve velas la noche antes de la tormenta; y aunque esta no dio tan de lleno en esta escuadra de navíos, como en los que quedaran con la Capitana, todavía no quedaron tan libres, que dejasen de perder los más de ellos las velas que les cogió largas; y lo más temible que hoy se confirman por ciertos los recelos que se han tenido, de que la nao Isabela, que gobernaba el capitán Juan de Ugarte, la mañana de la tormenta zozobró aun no a tiro de pieza, por barlovento de la Capitana, cuya fatalidad notó el capitán D. Luis de Esquivel: roguemos a Dios por las almas de más de cuatrocientas personas, que allí perecieron."

2. La borrasca Bernard

Bernard fue una profunda borrasca, nombrada por el IPMA--servicio meteorológico portugués-- que el 22 de octubre de 2023 afectó a la península ibérica, en especial al sudoeste, donde las precipitaciones intensas, y sobre todo las rachas de viento, muy superiores a los 100 km/h, provocaron innumerables incidentes en las provincias andaluzas de Cádiz, Huelva y Sevilla. Bernard se generó el día 19 en el oeste del Atlántico Norte y se desplazó hacia el este del océano siguiendo la zona baroclina de latitudes medias (figura 3), manteniéndose en la fase de onda abierta del ciclo de vida de una borrasca extratropical. Este compor-

tamiento es propio de las denominadas ondas diabáticas de Rossby (DRW; *Diabatic Rossby Wave*) caracterizadas por anomalías de vorticidad potencial positiva en la troposfera inferior en regiones húmedas y baroclinas. Estas DRW se regeneran continuamente por procesos diabáticos húmedos y, con relativa frecuencia, sufren ciclogénesis explosiva (Boettcher y Wernli, 2013⁶). Desde las islas Azores y hasta la longitud de Madeira la borrasca se intensificó, profundizándose su centro a razón de unas 10 hPa/12 horas al interactuar la DRW con una vaguada de onda corta de niveles altos de la troposfera, al tiempo que la presencia de aire frío en la vaguada inestabilizaba termodinámicamente la columna atmosférica. La trayectoria de Bernard es típica del tornaviaje de las flotas de Indias.

El campo de espesores 500/1000 (figura 4) muestra que, tras esta ciclogénesis, Bernard tenía núcleo cálido, y vientos fuertes en niveles bajos en las proximidades de su centro; características propias de un ciclón tropical (CT). Además, las imágenes de satélite de las primeras horas del día 22 (figura 5a) muestran la presencia de convección localizada en las proximidades del centro que estaría intensificando o manteniendo la circulación ciclónica por el proceso WISHE (*wind-induced surface heat exchange*) que es el mecanismo principal de amplificación de los CT (Rotunno y Emanuel, 1987⁷), y que habría provocado que Bernard sufriese una transformación tropical (TT).

Se puede observar, que en su desplazamiento de la borrasca hacia el oeste

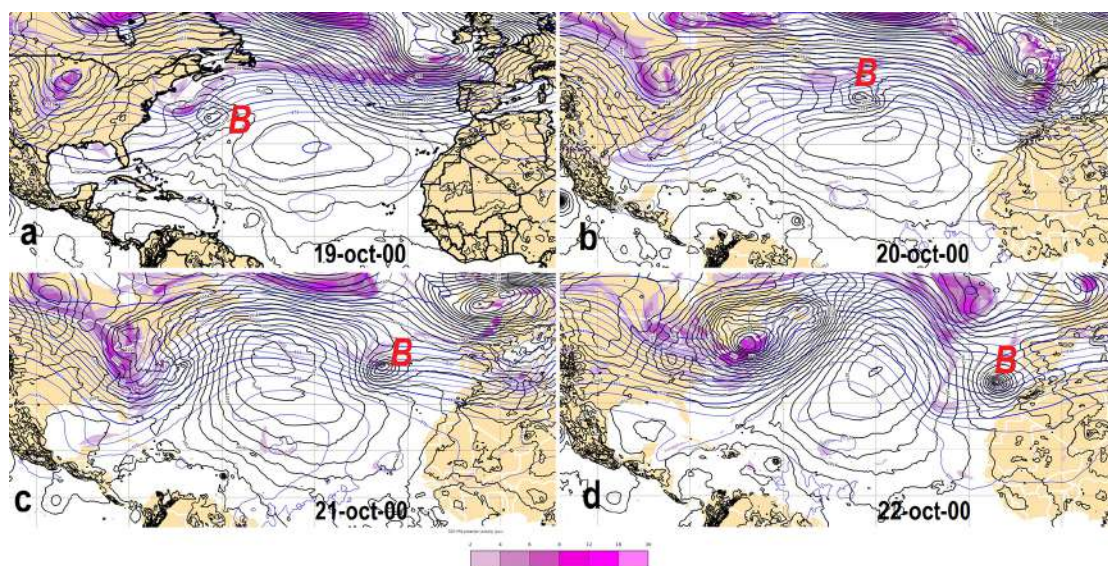


Figura 3. Posición de la borrasca Bernard sobre los campos de: presión a nivel del mar (isolíneas negras); altura del geopotencial (isolíneas azules) y vorticidad potencial (áreas coloreadas, escala en uvp) en 300 hPa de los análisis operativos de las 00 UTC del 19 al 22 de octubre del modelo IFS del ECMWF.

⁶ Boettcher, M., y H. Wernli, (2013): A 10-yr Climatology of Diabatic Rossby Waves in the Northern Hemisphere. Mon. Wea. Rev., 141, 1139–1154, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-12-00012.1>.

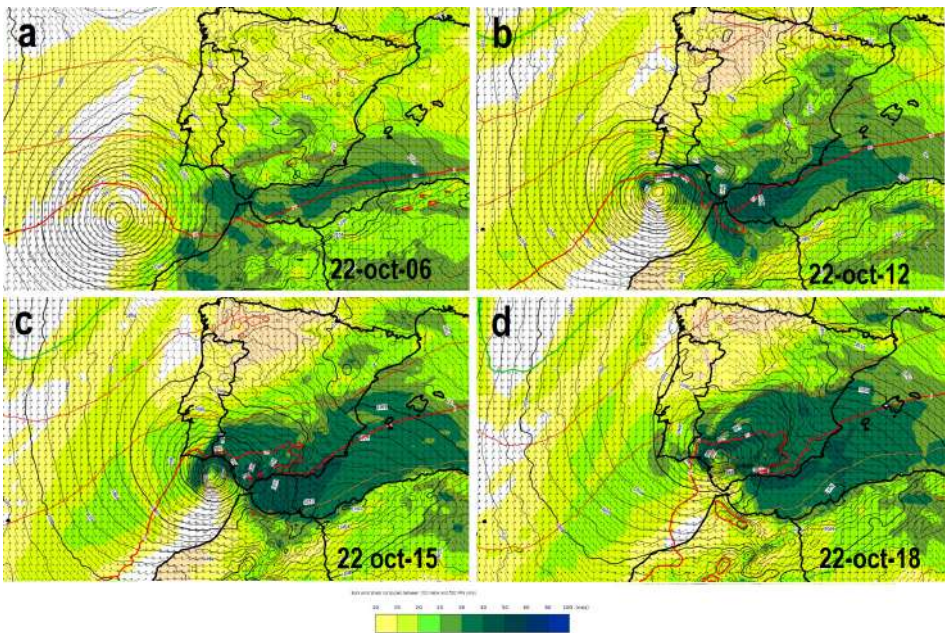


Figura 4. Campos de viento a 100 m, presión a nivel del mar (isolíneas negras), espesores 500/1000 hPa (isolíneas rojizas), cizalladura vertical del viento 100 m- 500 hPa (áreas coloreadas escala en m/s para: a) previsto H+6 para las 6 UTC; b) análisis de las 12 UTC; c) previsto H+3 para las 15 UTC; d) previsto H+6 para las 18 UTC, todos del 22 de octubre y modelo IFS del ECMWF

durante el día 22, la cizalladura vertical del viento fue aumentando en las proximidades del su centro, principalmente en el sector nordeste de la borrasca (figura 2 a-e). El aumento de la cizalladura en ambiente inestable está asociado con una mayor intensidad de las tormentas convectivas.

En las imágenes “masa de aire” de 06, 12 y 15 UTC (figura 3) se observa la paulatina integración de los cumulonimbos que acaban formando un Sistema Convectivo Mesoscalar (SMC). El día 22, el centro de la baja se fue rellenado hasta que se situó al sur de Portugal, donde se vio casi rodeado por la zona de cizalladura de viento, bajando su presión en el centro de 989 hPa, a las 09 UTC, a 986 hPa, a las 12 UTC. Al mismo tiempo los espesores 500/1000 aumentaron de 09 a 12 UTC. Podemos concluir que la borrasca se intensificó

cuando se internó en la zona de intensos vientos de levante a pesar de que la parte de la tormenta que sobrevolaba tierra iba aumentando.

Cuando la borrasca entra en la Península el SCM pasa a una etapa madura: la precipitación pasa ser mayormente estratiforme, generada por la circulación mesoscalar de vuelco vertical. La masa cálida en altura de la zona estratiforme del SCM (figura 5) en su desplazamiento hacia el norte de la Península causa ascensos en capas, como una onda de gravedad que libera calor latente que mantiene la zona estratiforme del SCM.

3. Muchas semejanzas y alguna diferencia

Del relato y la calificación por parte del piloto de la tormenta de la Armada como “ramalazo del equinoccio”, y del análisis de

datos y productos del modelo numérico de Bernard, se puede concluir que ambas tormentas tuvieron las características de un ciclón tropical.

Ambas tormentas afectaron a la costa del Algarve. En el caso de la Armada el viento al amanecer era del sur. Luego, se comprende que el piloto no afirme nada, aunque las corrientes marinas empujarían a las naves hacia la costa. Probablemente el viento se puso de levante como en el caso de Bernard.

El desplazamiento de Bernard fue lento, lo mismo ocurriría con la tormenta de la Armada, que sufrió el temporal desde “cuatro horas antes de las siete” hasta “las doce del día, en cuya hora se afijó la altura del Sol”; en total nueve horas de tormenta sufrió la Capitana Real; se puede estimar una duración parecida para el temporal generado por Bernard en el cabo de Santa María.

Seguramente la trayectoria de la tormenta de la Armada tendría una dirección más de sur a norte que Bernard, pues poco antes de las 12, cuando la tormenta fue amainando (debido a la penetración de su centro en tierra) “hizo el viento su primera mudanza, saltando al sudoeste”. Para que saltara el viento del sudoeste, en vez de viento de componente norte, como en el caso de Bernard en el Algarve, el centro de la tormenta no se tendría que haberse movido tan hacia el este como hizo el de Bernard.

Aunque no sabemos como evolucionó la tormenta de la Armada, probablemente ésta habría aumentado su intensidad al acercarse al golfo de Cádiz a consecuencia del viento de levante, al igual que Bernard.

AGRADECIMIENTO

A Juan Pérez de Rubín Feigl, investigador titular del IEO, por darme a conocer el documento del piloto Sebastián Crespo.

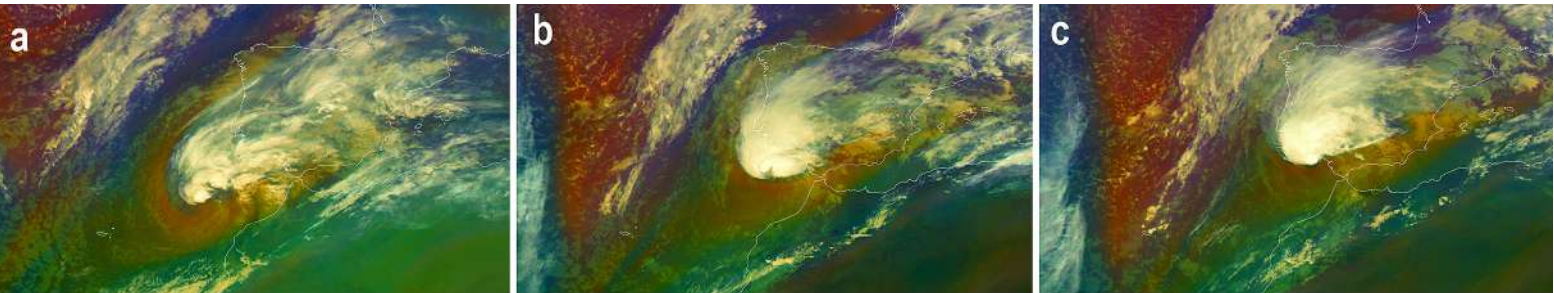


Figura 5. Imágenes “masas de aire” de Bernard del 22 de octubre a) 06 UTC; b) 12 UTC; c) 15 UTC (Eumetsat)

6 Rotunno, R., y K. A. Emanuel, 1987: An Air–Sea Interaction Theory for Tropical Cyclones. Part II: Evolutionary Study Using a Nonhydrostatic Axisymmetric Numerical Model. J. Atmos. Sci., 44, 542–561, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1987\)044<0542:AAITFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1987)044<0542:AAITFT>2.0.CO;2).

Una reconsideración sobre la definición de aeródromo

La trascendencia meteorológica de uno de los conceptos más comunes de la jerga aeronáutica

ALEJANDRO MÉNDEZ FRADES

El Anexo 3 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) considera al ámbito aeronáutico constituido por los entornos operativos de aeródromo y área. Mientras que un aeródromo, en términos generales, corresponde a un dominio caracterizado por su punto de referencia (ARP: *Aerodrome Reference Position*) y limitado por su vecindad (entre 8 y 16 km, desde el ARP), un área es un espacio o región de información cuya dimensión horizontal es comparativamente extensa en relación a su espesor vertical. Representan, por tanto, dos dominios específicos aunque no disjuntos, en tanto en cuanto que todo aeródromo, por definición, está embebido en un área.

Tanto el aeródromo como el área disponen de productos de información específicos con el fin de satisfacer las necesidades operativas de los usuarios aeronáuticos. Como ejemplo, podría establecerse un paralelismo entre el METAR/SPECI y el AIREP Special. Mientras que el primero de los anteriores cifra las condiciones meteorológicas reinantes en

un aeródromo, el segundo corresponde a una observación transmitida por una aeronave acerca de la presencia real de un fenómeno significativo en ruta. Aunque se trata de dos contextos específicos (aeródromo versus área), son análogos en el sentido de que codifican un hecho meteorológico observado gracias a que se dispone de un equipamiento que propicia su identificación objetiva.

Desde un punto de vista aeronáutico, la definición de aeródromo se ajusta a la idea que hasta los más profanos tienen acerca de esta infraestructura de capital importancia. Según el referido Anexo 3, un aeródromo es «un área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves».

Sin embargo, hay que tener en cuenta que cualquier aeródromo se localiza en un contexto meteorológico matizado por las condiciones de contorno orográficas de su entorno (gradiente altitudinal en sus inmediaciones, cercanía a una línea de costa, elevación, proximidad a

una urbe, etc.). A este respecto, como ejemplo, cabe señalar que su grado de cercanía a una cadena montañosa resulta clave para entender el régimen de brisas que se establecería en sus inmediaciones o incluso, para valorar el impacto de las tormentas que se formarían siempre y cuando, de antemano, se cuente con una fuente de humedad efectiva y unas condiciones propicias a escala sinóptica. Tanto las brisas como las tormentas evidencian hasta qué punto la configuración del viento a escala local puede modificarse incluso para alterar la cadencia de arribadas y salidas del aeródromo en cuestión.

El que las condiciones meteorológicas suponen un factor potencialmente disruptivo en las operaciones aeroportuarias ofrece un pretexto para reconsiderar la definición ordinaria mencionada y plantear una de alternativa. En este sentido, un aeródromo podría conceptualizarse como «un área del espacio-tiempo donde los fenómenos meteorológicos embebidos se ajustarían a la meso- γ , de acuerdo a la escala de Orlanski».

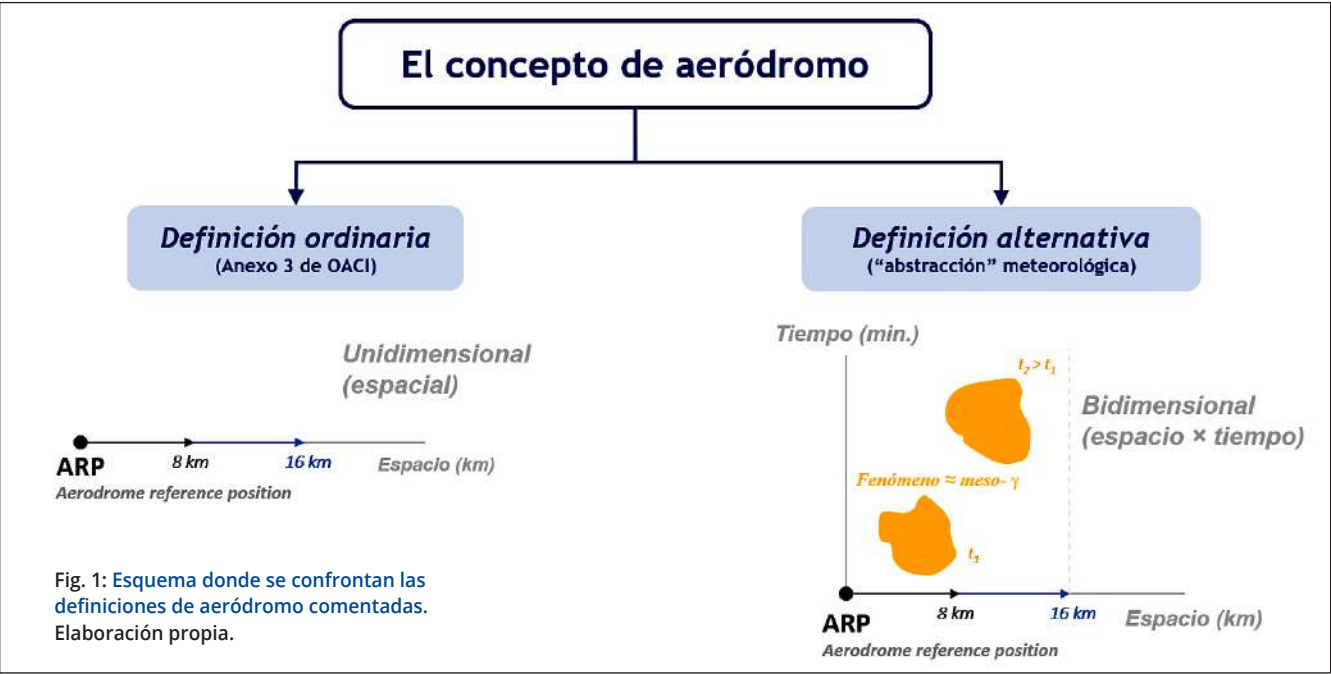


Fig. 2: El aeródromo de Madrid-Cuatro Vientos (LECU/LEVS).



La definición que aquí se propone tiene una clara vocación bidimensional en su pretensión de equiparar las dimensiones de un aeródromo (tamaño “geométrico”: longitud de la pista, volumen de tráfico, etc.) con el ciclo de evolución de un fenómeno meteorológico (tamaño “intrínseco”: la extensión espacial está ligada a un instante temporal) (Fig. 1).

Los años sesenta del siglo XX, protagonizados por la implementación operativa de los satélites y radar en la vigilancia, y el desarrollo de la Predicción Numérica del Tiempo, depararon un cambio en el paradigma de la meteorología como Física del Aire. Isidoro Orlanski (1975) propuso una clasificación de los fenómenos que se sitúan entre la macroescala (escala sinóptica) y la microescala, de acuerdo a sus dimensiones espacio-temporales. Este hecho confirió a la denominada *escala de Orlanski* una importancia notable en el seno del corpus teórico de la ciencia meteorológica hasta tal punto que, para los meteorólogos, adoptó un rol muy similar al que tiene la Tabla periódica de los elementos para los químicos. Ambas establecen una gradación razonada sobre unos estándares distintivos que tiene el objetivo de catalogar los fenómenos observados (o elementos).

Este modelo teórico considera que el amplio y continuo espectro de fenómenos observados en la atmósfera se clasifican conforme a los siguientes tres dominios espacio-temporales, cuyos va-

lores indicados son aproximativos (admiten holguras) y se expresan en potencias de 10 como consecuencia del análisis dimensional practicado a las ecuaciones que rigen la dinámica atmosférica:

- Macroescala (escala sinóptica) ≈ 1000 km, 1 día
- Mesoescala ≈ 100 km, 10 horas (subdividida, a su vez: meso- α , meso- β , meso- γ)
- Microescala (escala local) ≈ 1 km/ 1 hora

La meso- γ , por tanto, se situaría en la interfaz definida por la mesoescala y la microescala. Agruparía a los fenómenos cuyo tamaño es inferior a la centena de kilómetros aunque superior a las unidades del mismo, y su evolución temporal, en ningún caso, superaría la duración de un día. Estas dimensiones (espacial y temporal) se ajustarían a las de un aeródromo estándar, habida cuenta de que su vecindad, con respecto a su punto de referencia (ARP), no excede los 18 kilómetros, y el grueso de sus operaciones (arribadas y salidas) se acumulan esencialmente en una fase horaria del día.

Conclusión

La escala de Orlanski, además de cumplir satisfactoriamente con el principal propósito de toda clasificación (la catalogación como medio para asimilar nociones), ofrece la posibilidad de postular una nueva perspectiva sobre un término muy común en la jerga aeronáutica.

La semántica que entraña la palabra aeródromo no debería reducirse al modelo conceptual ordinario que lo sintetiza como un enclave espacial dedicado a acoger un conjunto de operaciones, sino que también debería invocar a la totalidad de los fenómenos meteorológicos que tiene cabida en el mismo, de conformidad a su tamaño. De esta idea subyace la condición restrictiva de las condiciones meteorológicas sobre el marco operativo aeroportuario, en tanto en cuanto que dimensionan su capacidad en un instante determinado.

Bibliografía y comentarios

- **Anexo 3 de OACI:** fuente normativa de alcance internacional que armoniza la prestación del servicio meteorológico de apoyo a la navegación aérea. En el capítulo 1 figura la definición ordinaria de aeródromo (p. 1-1). Por su parte, en el apéndice 3 (p. 3-14), se menciona la vecindad o proximidad, situándola entre 8 y 16 km.
- **AIREP Special (Aeronotificación especial):** reporte de emisión puntual donde se cifra la presencia observada de un fenómeno significativo que tiene potencial impacto en los vuelos.
- **METAR/SPECI:** producto de observación de aeródromo donde se codifica las condiciones meteorológicas observadas. Puede ser de emisión regular (METAR) o puntual (SPECI).
- Orlanski, I. (1975): *A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes*, Bulletin of American Meteorological Society, Vol. 56, No. 5, May 1975, pp. 527-530.

Dos episodios de impacto por oleaje del norte en Canarias, más el efecto de la marea

DAVID QUINTERO PLAZA¹, IRENE PEÑATE DE LA ROSA¹, GUSTAVO VEGA DOS SANTOS²
¹CENTRO DE METEOROLOGÍA SUBTROPICAL, AEMET CANARIAS ²AEMET CANARIAS

Se comparan dos episodios de oleaje que afectaron a las islas Canarias. Tuvieron lugar en abril de 2024 y noviembre de 2023 y causaron también impacto en la península ibérica y Baleares. Analizaremos el efecto de ambas situaciones centrándonos en Canarias.

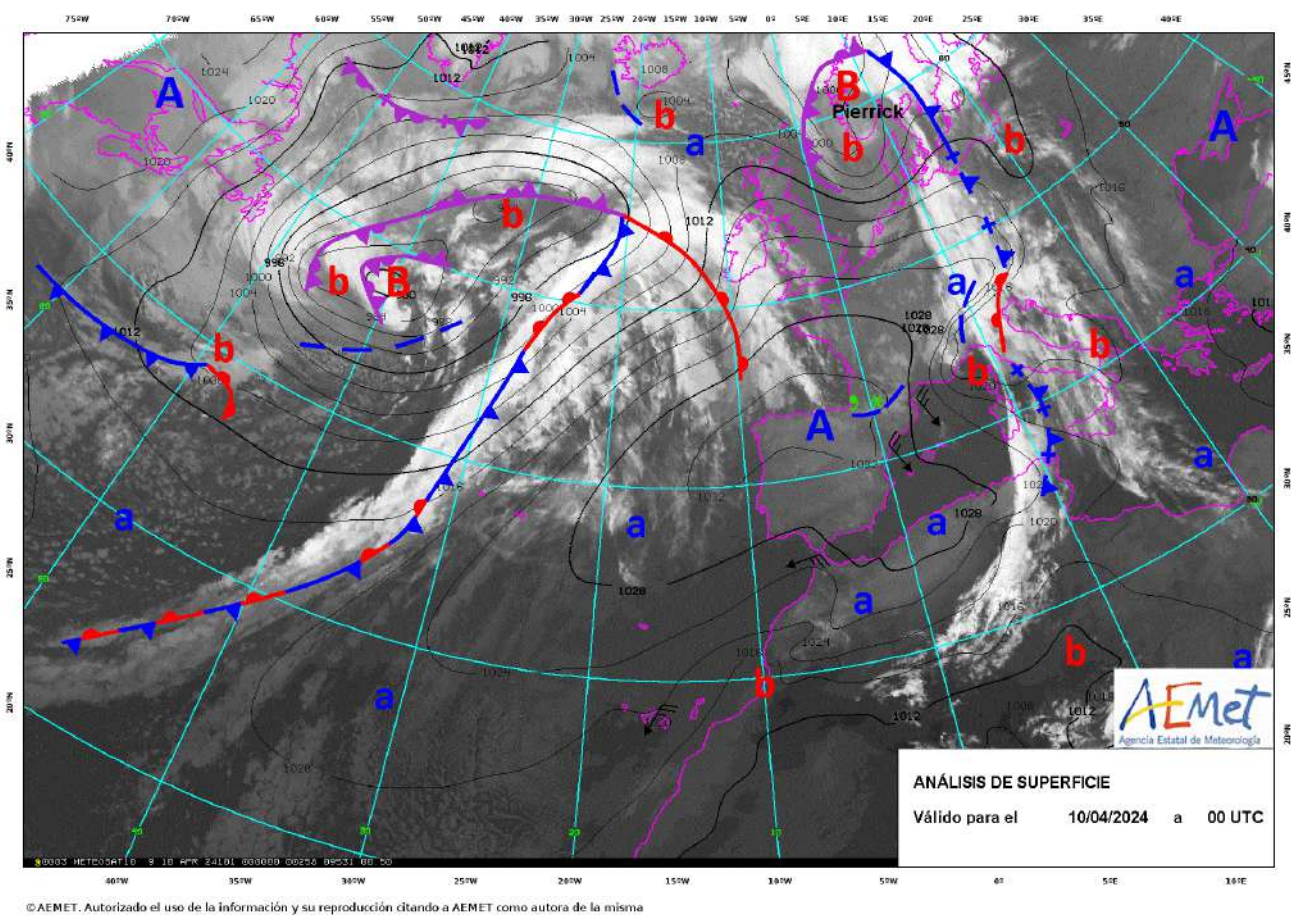


Figura 1. Análisis en superficie sobre imagen IR del Meteosat para el día 10 de abril de 2024 a las 00 UTC (AEMET).

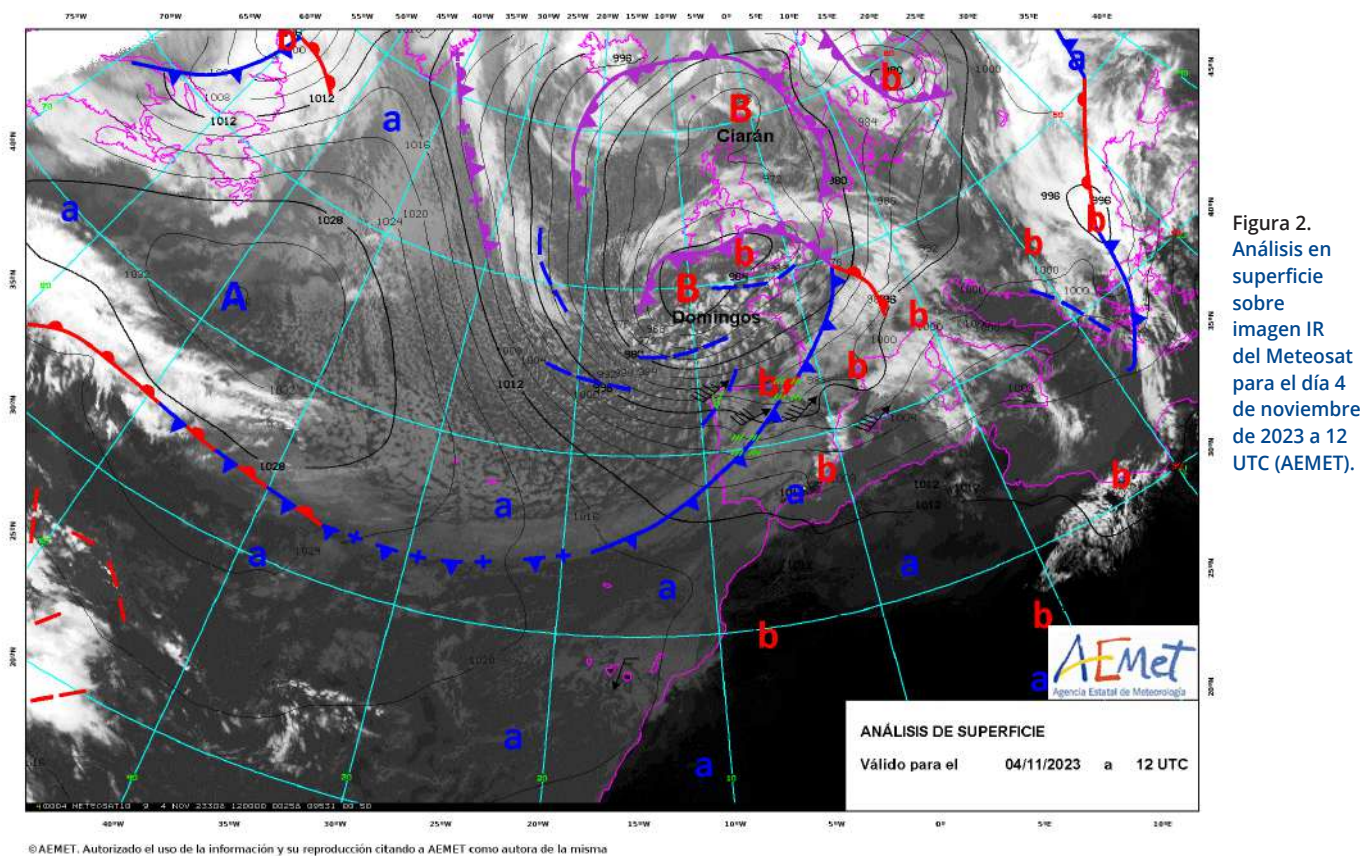
Los marcos sinópticos predominantes sobre la Península y Baleares, según el patrón de la clasificación de Font¹, fueron el denominado “anticiclón británico-escandinavo” para el evento de 2024, e “intensa circulación zonal a bajas latitudes” para el de 2023. En Canarias, en ambos casos, fue un “tipo normal de alisio”. La variable más relevante para ambos episodios fue el viento, registrándose rachas fuertes a muy fuertes, afectan-

do en el episodio del 2024 al área del Cantábrico, nordeste y levante peninsular y área del Estrecho. En el episodio de 2023 destaca un importante temporal marítimo, en especial en el litoral de Galicia y del Cantábrico.

Episodio del 9 a 10 de abril de 2024

En la figura 1 se muestra el análisis de superficie para el día 10 de abril de 2024 a las 00 UTC del Centro Nacional de Pre-

dicción de AEMET. La borrasca Pierrick, con un frente frío asociado, estaba centrada el día 9 al este de las islas británicas, desplazándose posteriormente hacia el Mediterráneo atravesando las islas Baleares. Las bajas presiones sobre el Sahara Occidental, junto con la acción del anticiclón de las Azores, generaron un intenso gradiente bórico en Canarias que intensificó notablemente el régimen de vientos procedentes del nordeste (alisios), con rachas muy fuertes de más



de 70 km/h, que entre canales y zonas expuestas superan localmente los 90-100 km/h en gran parte del archipiélago, así como avisos costeros.

En cuanto al impacto causado por el oleaje intenso de mar de viento y mar combinada del nordeste en las islas Canarias, las zonas de mayor afección fueron las costas norte y nordeste de Tenerife, norte y este de Gran Canaria y, en menor medida, norte de las islas de Lanzarote, La Graciosa y Fuerteventura. El episodio causó principalmente daños en infraestructuras por inundación de avenidas, olas que entraron en edificios y destrozos en playas y calas. Se informó de un fallecido debido a las malas condiciones del mar en la costa norte de Tenerife y el rescate de un bañista en la costa sureste de Gran Canaria. El evento afectó al tráfico marítimo interinsular entre Lanzarote y La Graciosa.

Episodio 3 a 7 de noviembre de 2023

Este episodio fue más intenso y de mayor duración. Durante el mismo, los frentes asociados a dos grandes borrascas penetraron por el noroeste de la península ibérica, cruzándola de NO a SE, y generaron mar de fondo del norte que afectó al archipiélago canario. Cíaran, nombrada por el Met Office, localizada

en las Islas Británicas los días 2 y 3 de noviembre y Domingos, nombrada por AEMET, localizada al oeste de Irlanda entre los días 4 y 5 de noviembre, produjeron efectos adversos, siendo los fenómenos más significativos vientos muy fuertes y oleaje intenso (figura 2).

El archipiélago canario estuvo afectado esos días por diferentes sistemas frontales. En lo que respecta al viento, la semana comenzó con un flujo del N y

NE, predominando un régimen de alisio moderado a fuerte con rachas fuertes o muy fuertes en la primera mitad de la semana. A partir del jueves, se impuso el régimen normal del alisio y con ello un tiempo más estable. En Canarias se emitió el día 2 para el día 3 un aviso costero amarillo por mar combinada de norte o noroeste de 4 m para La Palma y Lanzarote, que el día 4 se extendió a todo el archipiélago excepto a Gran Canaria, isla

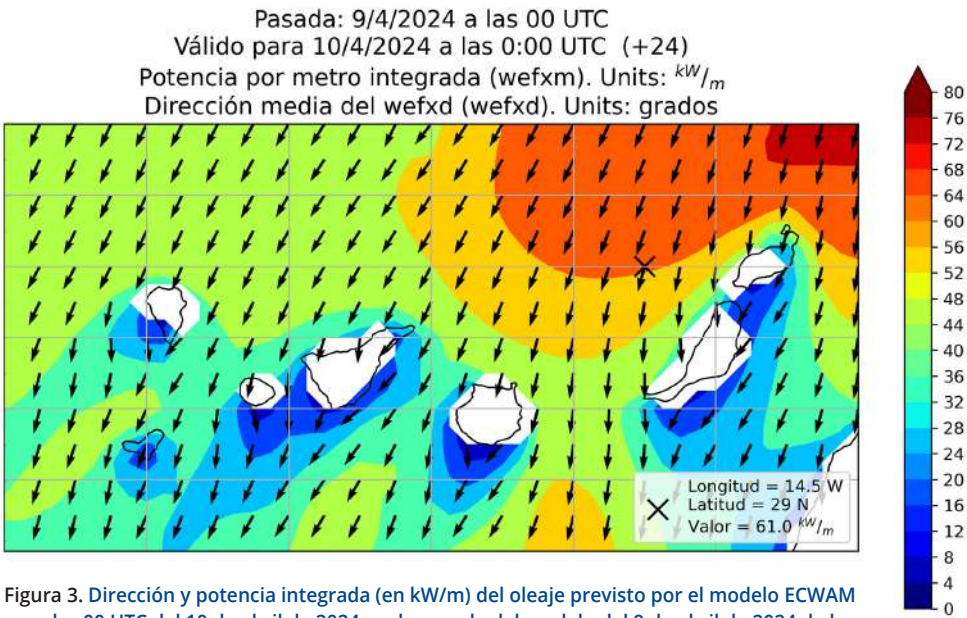


Figura 3. Dirección y potencia integrada (en kW/m) del oleaje previsto por el modelo ECWAM para las 00 UTC del 10 de abril de 2024, en la pasada del modelo del 9 de abril de 2024 de las 00 UTC. Se indica el valor de la potencia en el punto marcado por el aspa.

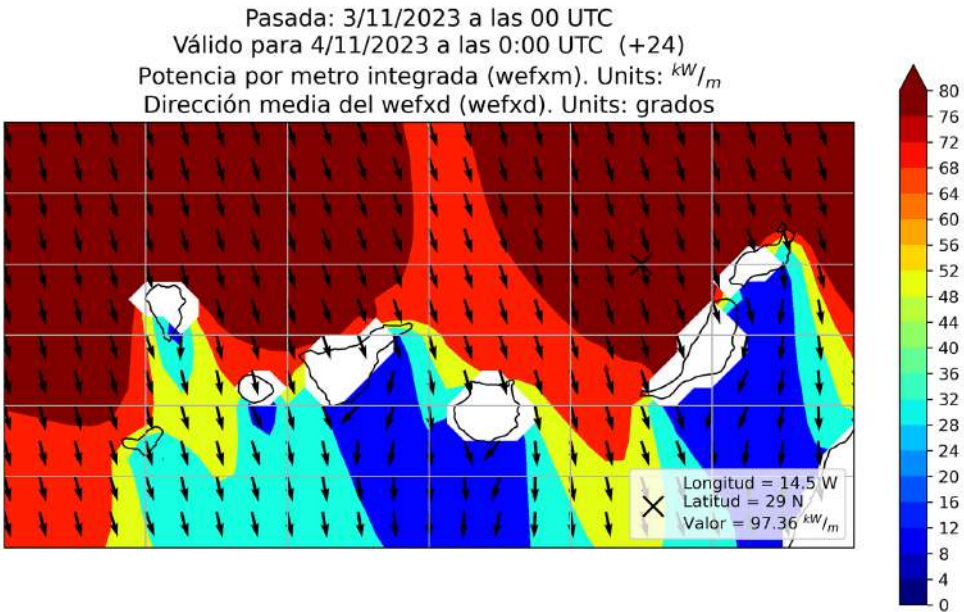


Figura 4. Mismos parámetros que la figura 3 pero para la pasada de las 00 UTC del ECWAM del 3 de noviembre de 2023, válidos para las 00 UTC del 4 de noviembre de 2023.

que se añadió el día 5. Para Lanzarote y La Palma el aviso fue naranja por olas de 4 a 5 m. A partir del día 6 continúa el aviso amarillo por mar combinada de norte o noroeste de 4 m y además por mar de viento del nordeste de 50 a 61 km/h (fuerza 7) para todas las islas, y ocasionalmente de 62 a 74 km/h (fuerza 8) en el sureste de Tenerife, mar adentro. El día 7 dicho aviso se limita a Gran Canaria y Tenerife. El día 8 la situación remite.

Potencia del oleaje en ambos episodios

En la figura 3 se muestran los valores

de la potencia por metro del oleaje (en kW/m) y la dirección, integrada en todo el espectro, del modelo de olas del Centro Europeo (ECWAM). La potencia por metro integrada es proporcional a H^2T siendo H y T la altura significativa y el periodo de transmisión de la energía del oleaje, respectivamente.

Si bien es cierto que los valores de la figura 3 no tienen nada que ver con lo que se observa en los temporales marítimos de latitudes altas, son valores relativamente elevados para la zona del archipiélago canario.

En la figura 4 se muestra el mismo

parámetro para el evento de noviembre de 2023. La mar combinada tenía alturas de olas entre 0.5 y 1 metros mayores que en el episodio de abril de 2024, y la potencia por metro incluso se llega a salir de la escala predefinida.

Merece la pena mencionar que el evento de abril de 2024 tuvo lugar en un episodio de marea viva particularmente intenso; de hecho, un día antes, el 8 de abril, había tenido lugar un eclipse solar total (aunque no en todas las mareas vivas hay necesariamente un eclipse). En cambio, para la situación de noviembre de 2023, las pleamares eran bajas. Si un evento tan intenso como el de noviembre hubiera tenido lugar en mareas vivas como las de abril es de suponer que el impacto en costas hubiera sido mayor. Se pueden ver los máximos diarios de la marea astronómica en la figura 5, tomados del mareógrafo de Puertos del Estado en Santa Cruz de Tenerife.

También destaca la diferencia en direcciones que, aunque de pocos grados, es relevante. En el intenso evento de noviembre de 2023 el mar de fondo venía de norte-noroeste, mientras que en abril de 2024 venía del nordeste. Este cambio a nordeste probablemente expone más a zonas especialmente sensibles, como el paseo de Arinaga en Gran Canaria, donde no es difícil que el agua entre en la zona peatonal, aún sin tener mucha potencia.

En resumen, la combinación de una potencia algo más alta de lo habitual, la presencia de marea viva y una dirección de nordeste se combinaron para hacer que el mar de fondo del 9 al 10 de abril de 2024 tuviera claras repercusiones en las islas. Por su parte, el evento de noviembre tenía tanta potencia que sus efectos fueron notables en todo el archipiélago sin necesidad de concurrir otros factores; pero si a esos valores tan altos de la potencia se hubiera añadido la presencia de marea viva, probablemente los impactos en costas hubieran sido aún mayores.

Referencias:

● [1] Font-Tullot, Inocencio (2000). *Climatología de España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca. 2ª Edición.

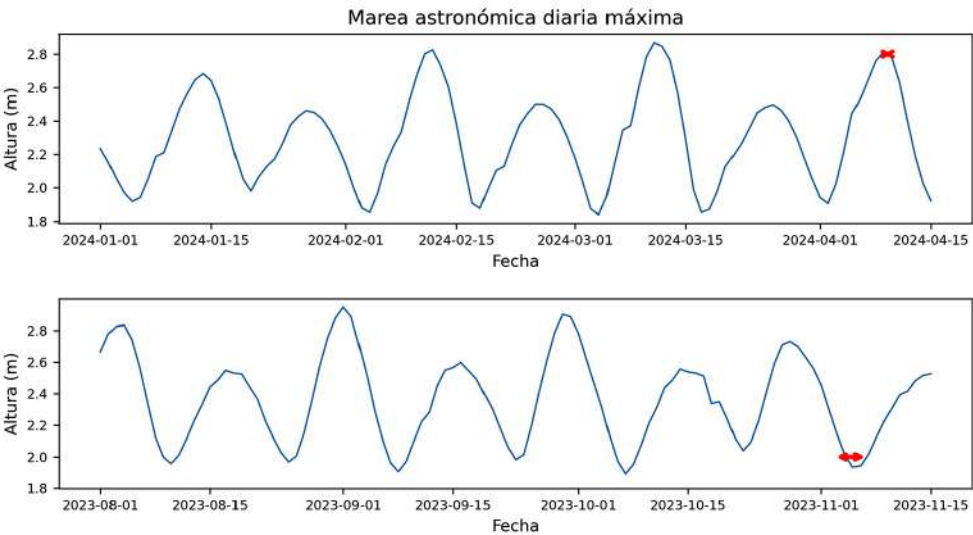


Figura 5: Máxima altura diaria de la marea astronómica con respecto al cero del puerto de Santa Cruz de Tenerife. Los eventos de abril de 2024 y de noviembre de 2023 están indicados de forma aproximada con las flechas rojas.

LIBROS

Solvable: how we healed the Earth, and how we can do it again (Solucionable: cómo hemos curado a la Tierra y cómo podemos hacerlo de nuevo)

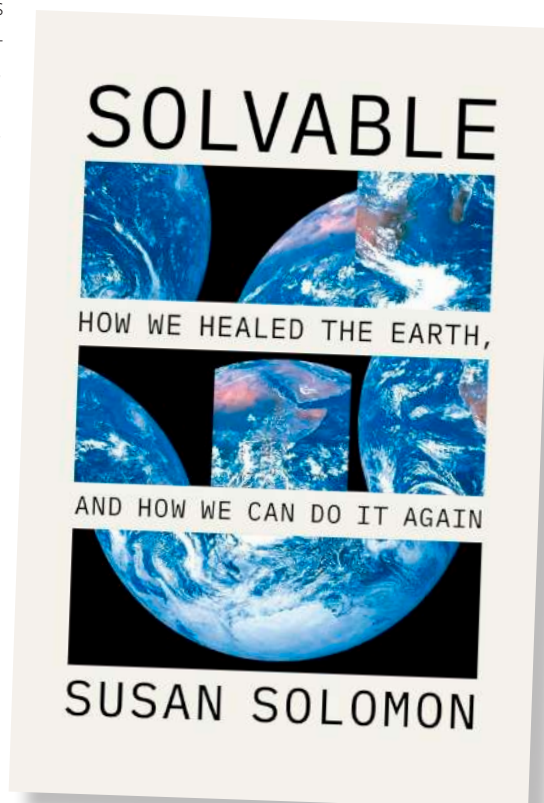
SUSAN SOLOMON, 2024

EDITORIAL: UNIVERSITY OF CHICAGO, 240 PÁGINAS, PRECIO: 26,24 € (TAPA DURA), ISBN-10: 0226827933, ISBN-13: 978-0226827933.

La autora, Susan Solomon (Chicago, EE. UU., 1956), es química de formación, habiendo trabajado gran parte de su carrera en la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, de sus siglas en inglés) y desde 2011 también en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Solomon adquirió notoriedad por liderar la expedición a la Antártida en 1986, donde se hicieron mediciones que fueron clave para entender los procesos que condujeron a dañar la capa de ozono y a su posterior recuperación. Sus trabajos demostraron el papel de los clorofluorocarburos (CFC) como causa más probable del agujero de ozono antártico y contribuyeron grandemente al Protocolo de Montreal de la ONU que regula las sustancias químicas dañinas para la capa de ozono. Ha participado activamente en el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) siendo copresidenta del grupo de trabajo sobre las bases físicas en el cuarto informe de evaluación del IPCC.

Solomon nos describe en este libro el largo recorrido que transcurre desde que surge un descubrimiento científico de un posible problema medioambiental, seguido de la toma en consideración de su importancia por parte de la comunidad científica y de la opinión pública, hasta que se llega a un compromiso político y un acuerdo internacional que, con la participación de la industria, cristalice en una acción efectiva. En este libro Solomon nos relata las historias internas de algunas victorias ambientales pasadas (referidas a la disminución del ozono estratosférico, al smog, a los pesticidas y al plomo) para extraer los elementos esenciales que pueden ayudar en el avance de nuestra lucha contra el cambio climático. Según la autora, el camino hacia el éxito comienza cuando un problema ambiental adquiere un carácter personal y perceptible para el público en general. Es entonces cuando los legisladores, diplomáticos, industrias y agencias internacionales responden al impulso popular. El cambio efectivo se produce cuando de forma simultánea la presión de los consumidores, la

legislación y la regulación producen soluciones prácticas. Sanar el planeta es una larga tarea que no se gana con miedo, pánico, pesimismo y desesperanza sino con la unión de la presión combinada de los ciudadanos, la política y la regulación. En su libro Solomon nos presenta a los héroes de victorias pasadas que van desde madres soliviantadas hasta bandas juveniles convertidas en activistas sociales, pasando por observadores de aves, científicos iconoclastas (a menudo mujeres) y brillantes legisladores. El



punto de vista autorizado de Solomon es una fuente de inspiración que a la vez plantea una hoja de ruta con unas dosis muy necesarias de realismo. Los problemas a los que se enfrenta nuestro planeta tienen solución y Solomon nos muestra cómo afrontarlos.

En el capítulo dedicado al problema de la disminución del ozono estratosférico y de su descubrimiento, se muestra el papel jugado por la detallada comprensión de las sustancias y procesos involucrados –por parte tanto de científicos responsables de observaciones

como de los químicos que intentaron desentrañar y modelizar los hipotéticos procesos intervinientes (entre ellos la propia Solomon)– y por los distintos grupos sociales que movilaron a la opinión pública y a los representantes políticos, a pesar de las reticencias y resistencias del sector industrial, para finalmente llegar a un acuerdo internacional, el Protocolo de Montreal, que alcanzó compromisos que permitieron en un tiempo razonable sentar las bases para la resolución del problema. En este

capítulo se narra de forma muy exhaustiva el papel jugado por los distintos sectores e individuos y las tensiones y conflictos de intereses que finalmente permitieron llegar a un acuerdo satisfactorio que seguramente será un ejemplo modélico para resolver actuales y futuros problemas ambientales, no solamente el relacionado con el cambio climático. En este caso se dio lo que la autora denomina la “conjunción de las tres P”. Primero, que el problema sea “personal”, es decir, que tenga claros impactos en las personas individuales, en su salud, por ejemplo, con la mayor proliferación de cánceres de piel. Segundo, que la ciencia que hay tras el problema detectado sea fácilmente “perceptible” por los no expertos, es decir, el papel del ozono como filtro de los rayos ultravioleta, la existencia de sustancias generadas por el hombre que destruyen este ozono (los famosos CFC), etc. Tercero, la existencia de soluciones eminentemente “prácticas”, como la sustitución de los CFC por otras sustancias que realicen de forma económicamente viable la misma función sin dañar la capa de ozono. La identificación de las tres P constituye el hilo conductor en cada uno de los capítulos del libro –que se corresponden con diferentes problemas ambientales–, y que nos servirán de lección para atacar el problema del cambio climático en el que se centra el capítulo final donde se intenta aplicar las lecciones aprendidas en las anteriores crisis ambientales descritas en el libro.

Otro capítulo está dedicado al problema de la calidad del aire, y del smog en particular, que afectó a muchas ciudades y regiones de zonas fuertemente industrializadas y con alta densidad de tráfico rodado principalmente en los



➔ años 50 y 60. Los agudos problemas de smog en la bahía de Los Ángeles (EE. UU.) fueron el detonante de una campaña ciudadana para un problema que ya había detectado en 1542 el explorador Juan Rodríguez Cabrillo. Éste había notado que el humo de las fogatas no se elevaba más que unos pocos cientos de pies antes de extenderse en una capa de neblina, oscureciendo la vista de las montañas, bautizando a la bahía de San Pedro como "La Bahía de los Fumos". En la década de 1940, la cuenca de Los Ángeles tenía la peor calidad del aire de EE. UU. Los episodios de smog, además de los efectos en la salud, bloqueaban rutinariamente las vistas, antes majestuosas, de la isla Catalina y las montañas, causando incluso "oscurecimientos durante el día" que obligaban a los equipos de filmación a detener los rodajes al aire libre. El smog ciertamente se había convertido en un problema personal y perceptible para toda la población. En la lucha contra este problema ambiental fue decisiva, además de la presión popular, la figura del senador norteamericano Ed Muskie, que fue un ardiente defensor del medioambiente, impulsando en EE. UU. entre otros muchos proyectos la Ley de Calidad del Aire (*Air Quality Act*) y la creación de la Agencia de Protección Ambiental (*Environmental Protection Agency*, EPA), ambos en el año 1970, que fueron modelo para iniciativas similares en otros países. En este caso, una fuerte regulación obligó a la industria a desarrollar dispositivos que redujesen las emisiones de sustancias causantes del smog, como fueron por ejemplo los catalizadores en los motores de combustión interna. Parece difícil imaginar que una ley pudiera hacer más por las personas y el planeta que la Ley de Calidad del Aire, al combatir eficazmente no sólo el smog sino también la lluvia ácida. En este caso, el activismo social y la ciencia se combinaron con las políticas para lograrlo.

La historia de la eliminación progresiva de los pesticidas persistentes, cuyo principal ejemplo es el DDT, ilustra la confluencia de una serie de factores: en primer lugar, el poder de la opinión pública, así como el de una escritora de talento excepcional, Rachel Carson, que mediante su influyente libro "La primavera silenciosa" lo inspiró, motivó y dirigió. Después vinieron otros científicos, que confirmaron los puntos fundamentales de Carson y ampliaron enormemente el nivel de evidencias sobre los impactos en las aves y los peces hasta convertirlos en pruebas irrefutables, lo que impulsó a los grupos ambientalistas que a su vez organizaron a los ciudadanos para servir y utilizar el poder de la ley. El desarrollo de estructuras institucionales permitió a los gobiernos tomar medidas tanto

de manera individual como colectiva, facilitando que se actuase con determinación a nivel internacional mediante acuerdos que limitasen el uso de estas sustancias contaminantes de larga vida. Este problema ambiental parecía imposible de abordar por el hecho de afectar a los intereses de grandes corporaciones industriales, pero en la medida en que estas corporaciones sean capaces de cambiar en un sector tan fundamental para la sociedad como es el agroalimentario nos ofrece un faro de esperanza para atacar otros problemas ambientales.

Otro problema medioambiental que trata Solomon es el de la contaminación por plomo. La minería de plomo se llevó a cabo desde los tiempos de los romanos a una escala tal que sus vapores y partículas se extendieron por todo el planeta, llegando incluso hasta Groenlandia, donde los datos de los núcleos de hielo recuperados recientemente han ayudado a que el mundo se diera cuenta de la enormidad de los peligros del plomo. Los romanos utilizaban plomo para fabricar tazas, platos y recipientes para cocinar. Mientras que la utilización de ollas de cobre puro daba un sabor desagradable cuando se utilizaban para la elaboración de vino, las ollas de plomo tenían la desafortunada cualidad de proporcionar al vino un sabor dulce debido a la formación de acetato de plomo. Plinio estaba entre los que defendían que "se debe dar preferencia a los recipientes de plomo para hervir el *defrutum* (jarabe de uva)". El vino endulzado con plomo era ampliamente consumido por los romanos de clase alta. Incluso los eruditos modernos han seguido debatiendo si estas prácticas tan peligrosas contribuyeron o no de manera significativa al fin del imperio, ya no es difícil encontrar informes de envenenamiento por plomo en los escritos romanos. El ingeniero romano Vitruvio fue uno de los primeros en sospechar que el uso de plomo suponía un riesgo para la salud, escribiendo en el año 8 d. C. que "cuando se extraen oro, plata, hierro, cobre, plomo y similares, se encuentran abundantes manantiales, pero en su mayoría impuros. Cuando el agua se introduce en el cuerpo... los hombres sufren calambres o gota..." También señaló que "el agua es mucho más saludable si procede de vasijas de barro que si se transporta con tuberías de plomo". Mucho después de la civilización romana, el plomo siguió siendo ampliamente utilizado en todo el mundo a pesar de sus riesgos, incluso en tuberías de agua, alimentos y cosméticos. No fue hasta el siglo XV que España, Francia y Alemania reconocieron los peligros de usar jarabes de uva endulzados con plomo en el vino y los prohibieron. El plomo se usaba no solo en vinos, sino también en prensas empleadas para triturar manzanas

para la famosa sidra del sur de Inglaterra, lo que realizaba la dulzura. En el siglo XVIII, se identificó como causante de la enfermedad generalizada comúnmente llamada "cólico de Devonshire", y que cada otoño durante la cosecha de manzanas, daba lugar a síntomas tales como "tumultos en los intestinos", dolor, convulsiones y ocasionalmente la muerte. Sin embargo, el versátil metal fue utilizado por la industria conservera como soldadura en muchas latas de alimentos, y no fue hasta la década de 1990 que la Administración de Alimentos y Medicamentos (*Food and Drug Administration*, FDA) de los EE. UU. prohibió todas las latas nacionales y extranjeras soldadas con cantidades significativas de plomo para mantenerlo fuera de la cadena alimentaria en el país. Pero de todas las muchas y variadas fuentes de plomo, sólo dos han infligido un sufrimiento generalizado en la era industrial: la gasolina y la pintura. El largo camino para demostrar sus efectos y llegar a su prohibición es relatado por la autora con amplio detalle, permitiendo extraer también consecuencias para abordar otros problemas ambientales.

De todos los ejemplos de problemas ambientales y de sus soluciones mostrados en el libro, extrae la autora lecciones para aplicar en el capítulo final que trata sobre el problema del cambio climático. El papel jugado por la ciudadanía, por los científicos, por los movimientos sociales, por la clase política, por la industria, por los inversores, etc. es analizado en detalle en las pasadas crisis para aprender cómo afrontar la actual crisis climática. Solomon conoce muy bien el papel singular del IPCC y de las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que fue adoptada en 1992 y que desde entonces ha tenido lentos avances para atajar significativamente el problema. El haber participado tanto en las negociaciones como en el desarrollo de la ciencia subyacente, que explica el problema y propone soluciones, le permite a la autora analizar con una lucidez extraordinaria las dificultades y obstáculos para avanzar a más velocidad. Los pequeños éxitos son mostrados en detalle para analizar su posible extrapolación a las partes más difíciles de las negociaciones internacionales. La autora no rehúsa discutir los aspectos más polémicos y controvertidos tales como los aspectos éticos, los intereses industriales, los equilibrios de poder económico y político, etc. Sin embargo, siempre transmite una visión positiva: tenemos las herramientas, tenemos el conocimiento, solo nos falta la determinación suficiente para avanzar. Como reza el título del libro, ya hemos sido capaces de solucionar anteriores crisis y podemos hacerlo de nuevo.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Guía Met; Información meteorológica aeronáutica (15.^a edición)

NIPO: 666-24-005-3

HTTPS://DOI.ORG/10.31978/666-24-005-3

EDITA: MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO;

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET); SERVICIO DE APLICACIONES AERONÁUTICAS MADRID, 2024

El pasado mes de julio, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) anunció una nueva actualización de la *Guía MET: Información meteorológica aeronáutica*. Se trata de una de las publicaciones más demandadas por los usuarios aeronáuticos cuya primera edición se remonta al año 1999. Sin embargo, no fue hasta la 4ª cuando adoptó un formato similar a la 15ª actual.

Su principal propósito es el dar a conocer las diferentes prestaciones y servicios que AEMET ofrece a sus usuarios como proveedor de servicio meteorológico de apoyo a la navegación aérea certificado en el ámbito del Cielo Único Europeo, contexto normativo en cuyo seno se desarrolla la aviación civil.

Sus casi setenta páginas están estructuradas conforme a siete apartados, con el fin de mejorar su accesibilidad y acercar su contenido a sus lectores. En los dos primeros se ofrece una sucinta visión de la estructura orgánica del servicio meteorológico orientado a los usuarios aeronáuticos, el cual está integrado por dos OVM (Oficina de Vigilancia Meteorológica: Valencia y Canarias), cinco OMAe (Oficinas Meteorológicas de Aeródromo: Madrid, Valen-

cia, Santander, Sevilla y Las Palmas) y por más de una treintena de EMAe (Estaciones Meteorológicas Aeronáuticas) localizadas en los diferentes aeródromos españoles. Al margen de las tres competencias ordinarias que AEMET tiene asumidas en el contexto aeronáutico (observación, predicción y vigilancia), en esta Guía se desvela una cuarta que engarza con los deseos de los usuarios en contar con una mayor integración de la información meteorológica en su cadena operativa de toma de decisiones. En la actualidad, AEMET presta una asesoría específica a ENAIRE (proveedor ATS) y AENA (gestor aeroportuario) en dos centros de control de ENAIRE (Barcelona y Sevilla) y en seis aeropuertos de AENA (Madrid, Barcelona, Palma de Mallorca, Gran Canaria, Tenerife Norte y Tenerife Sur).

El tercer capítulo está dedicado a los boletines aeronáuticos donde se cifra la información a través de caracteres alfanuméricos global-



mente conocidos. En este sentido, se distinguen los *boletines de aeródromo* (METAR/SPECI, TAF/TREND, Avisos de aeródromo, Avisos automáticos de rayos y tormentas previstas, pronósticos de despegue) y los de *área* (SIGMET, AIRMET, AIREP Special y GAMET).

En el cuarto se da cuenta de los mapas aeronáuticos disponibles en la actualidad. Se trata de un producto cuyo formato gráfico facilita el conocimiento de la formación de fenómenos potencialmente adversos en el contexto aeronáutico a través del uso de una simbología específica. Esta información es de capital importancia para la planificación de los vuelos. El mapa significativo de baja cota emitido por las OVM de Valencia y Canarias, los mapas significativos para niveles medios y altos y de pronóstico reticular proveídos por el Centro Mundial de Pronóstico (WAFc) del MetOffice, ubicado en Londres, son una pequeña muestra

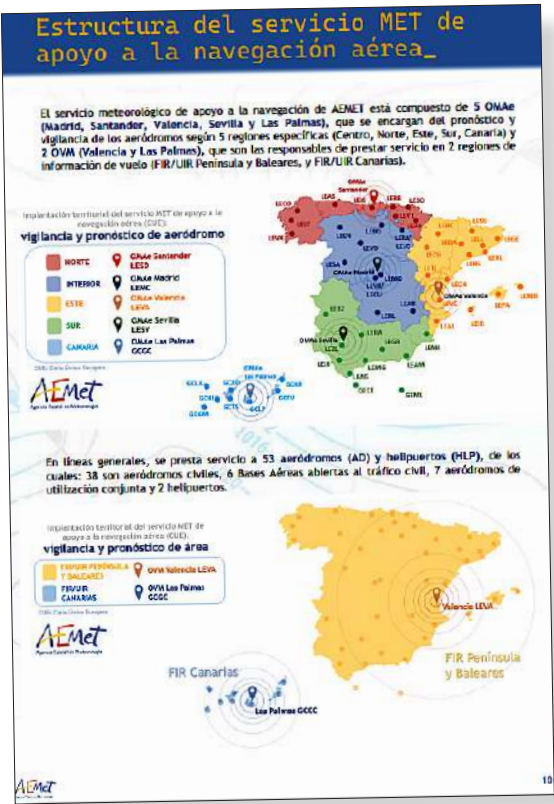
del amplio elenco de gráficos disponibles.

El quinto capítulo se ha orientado para mostrar otras prestaciones no menos importantes que las anteriores: el Servicio de Meteorología Espacial (AEMET es un organismo “transmisor” de este tipo de información de creciente interés para los usuarios), AMA (Autoservicio Meteorológico Aeronáutico: portal web donde se pone a disposición información meteorológica actualizada) y dos productos de información de aeródromo de notable interés: Climatologías aeronáuticas (información estadística de variables meteorológicas de interés aeronáutico) y las Guías meteorológicas (meteorología orientada a impactos).

Por último, en los capítulos sexto y séptimo se encuentra la información básica que posibilita un mejor uso de esta Guía: datos de las diferentes unidades operativas de AEMET y los acrónimos aeronáuticos utilizados.

La Guía MET es de acceso libre y a través del siguiente enlace, localizado en la página oficial de AEMET: <https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/aeronautica/AUGUI-0102.pdf>

ALEJANDRO MÉNDEZ FRADES



Reunión anual de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS 2024), Barcelona, 2-6 de septiembre de 2024

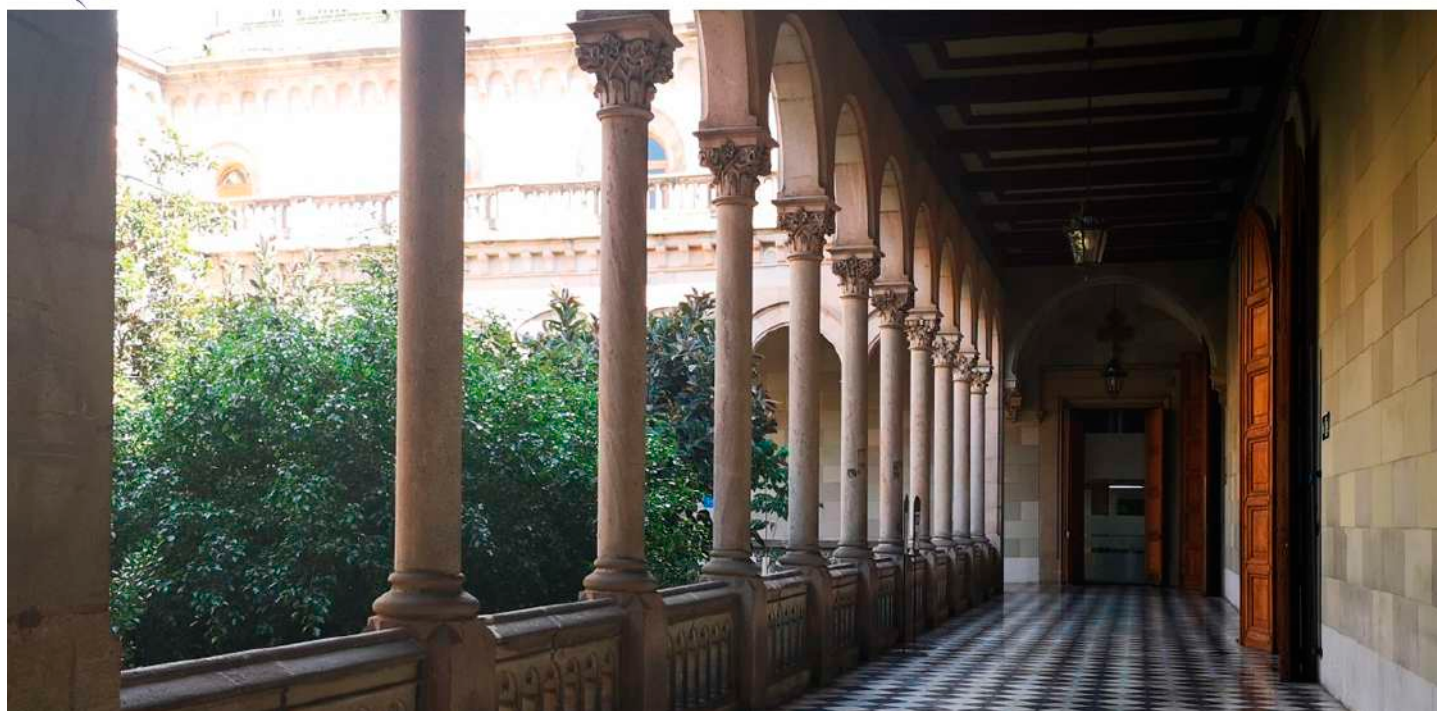
Tras retrasos acumulados por la pandemia y otras causas, la conferencia anual de la EMS en Barcelona que inicialmente estuvo programada para 2021 acabó celebrándose del 2 al 6 de septiembre de 2024.

Uno de los patios interiores del edificio histórico de la

Universidad de Barcelona

EMS Annual Meeting

Barcelona & online | 2-6 September 2024



Como es habitual en las conferencias anuales de la EMS, la oferta de sesiones fue amplia teniendo lugar simultáneamente en diferentes salas. Asistieron 1080 participantes de 46 países: 996 presenciales en Barcelona y 84 en línea de todo el mundo. Ha sido la conferencia anual de la EMS con mayor asistencia desde que comenzaron a organizarse en 1999. El modelo de reunión híbrido (presencial/virtual) ha demostrado funcionar muy bien. El tema central de la conferencia sobre el que se enfocaron algunas sesiones e intervenciones en plenario fue "El papel de la investigación meteorológica y climática en la consecución de una Europa climáticamente neutra". Las diferentes sesiones se dividieron en cinco grandes categorías: eventos plenarios, compromiso con la sociedad, sistemas operativos y aplicaciones, comprendiendo los procesos del tiempo y del clima y

finalmente talleres y reuniones paralelas.

El acto de inauguración consistió en una mesa redonda en torno al aniversario del establecimiento de la EMS: "25 años de EMS: pasado, presente y futuro" (véase video en <https://meetin-gorganizer.copernicus.org/EMS2024/session/51383#>). En este acto, entre otros temas, se destacaron los logros conseguidos en estos años, en especial la consolidación de las conferencias anuales como cita obligada de la comunidad meteorológica europea y los prestigiosos premios de la EMS en sus diversas categorías. También se habló del lanzamiento del *Journal of the European Meteorological Society (JEMS)* que aspira a ser un foro natural para la presentación de artículos sobre desarrollos científicos y operativos dentro de la denominada "Infraestructura Meteorológica Europea", incluyendo a servicios

meteorológicos e hidrológicos, universidades, institutos de investigación y desarrollo, así como entidades relevantes de la industria (<https://www.emetsoc.org/introducing-the-new-journal-of-the-ems/>). Se presentó también en la mesa redonda el acuerdo alcanzado en la asamblea general para alcanzar en 2040 la neutralidad cero en emisiones de carbono asociados a las reuniones de la EMS (<https://www.emetsoc.org/ems-makes-a-pledge-to-become-net-zero-by-2040/>). Se mencionaron otras actividades tales como los concursos de fotografías (<https://www.emetsoc.org/europhotometeo/album/europhoto-meteo-2024/>), y las *webinars*.

(https://www.youtube.com/playlist?list=PL91ORKILu_m0qzBXk1R-100jIwV2aU_tFM), etc. que mantienen la EMS activa en el periodo entre las conferencias anuales.



Participantes en la mesa redonda "25 años de EMS: pasado, presente y futuro"[de izquierda a derecha: Dominique Marbouty (vicepresidente EMS), Bianca Mezzina (premio "Joven Científico 2024 EMS), Martin Rasmussen (director general Copernicus Meetings), Stella Kafka (directora ejecutiva AMS), Lizz Bentley (presidenta EMS), Dennis Schulze (presidente PRIMET) y Jordi Mazón (presidente ACAM).

Entre los resultados de las diferentes categorías de premios, cabe destacar la concesión de la medalla de plata de la EMS a Susan Grimmond en reconocimiento a su excepcional carrera científica y académica, marcada por contribuciones pioneras en el campo de la meteorología urbana, su liderazgo en la comunidad meteorológica y el impacto de su trabajo en operaciones de modelización meteorológica y climática. Tras la entrega de la medalla, la homenajeadada pronunció la conferencia titulada "Meteorología y clima urbanos: contribuciones y desafíos para lograr una Europa climáticamente neutra" (véase vídeo de la entrega de premios y la conferencia correspondiente a la medalla de plata de la EMS de 2024 en <https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2024/session/51394#>).

Hubo, como es habitual, una interesante conferencia estratégica a cargo de Ana Romero, jefa del servicio de emergencia climática y educación ambiental del Área Metropolitana de Barcelona, en la que habló de la experiencia y ejemplos prácticos de adaptación del Área Metropolitana con especial énfasis en la adaptación a las altas temperaturas extremas (véase video en <https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2024/session/51395#>).

Entre las presentaciones plenarias, cabe mencionar la ofrecida por Brigitte Perrin (OMM) sobre "La extensión de la inteligencia artificial para luchar contra la información errónea y la desinformación sobre el tiempo y el clima" donde entre otros muchos temas presentó el piloto

de la herramienta AskWMO, con unas prestaciones similares al muy utilizado ChatGPT pero que usa como información de entrada publicaciones seleccionadas de la OMM con lo cual se garantiza un alto control de calidad. En el futuro se pretende aumentar la extensión de la información a toda la biblioteca virtual de la OMM.

Francisco Doblas (BSC) hizo otra presentación plenaria titulada "Ser o no ser: la operacionalización de las proyecciones climáticas" donde recordó que las proyecciones climáticas son una de las pocas fuentes de información climática que no tiene un estado operativo a nivel de la OMM. Este hecho es sorprendente dado el papel clave que desempeñan las proyecciones climáticas globales y regionales en muchos ámbitos, desde las evaluaciones de riesgos climáticos hasta los planes de adaptación al clima y las políticas de mitigación. Esta situación es resultado de

la infraestructura, los modelos y el diseño experimental de las proyecciones climáticas que se han desarrollado durante las últimas dos décadas en el ámbito de la investigación, incluso cuando son realizadas por servicios meteorológicos. La presentación discutió los requisitos para la operacionalización de las proyecciones climáticas, respaldadas por un sólido esfuerzo de investigación, y los pasos iniciales en esta dirección, incluido el papel de los rápidos desarrollos basados en técnicas de aprendizaje automático.

Aaron Boone (Météo-France/CNRS) hizo otra presentación plenaria sobre la "Comprensión del impacto de las actividades humanas en el ciclo hidrológico terrestre en una región semiárida granero" donde ejemplificó una mejor comprensión de las interacciones tierra-atmósfera-hidrología sobre la cuenca del Ebro, región con un marcado contraste entre regiones extensamente irrigadas y paisa-





La presidenta de la EMS, Lizz Bentley, dirigiéndose a los participantes en la celebración del *Palau Reial de Pedralbes* (izq.). Demostración de *castellers* (der.)

jes naturales. Recientemente, los avances en las capacidades de observación atmosférica y de la superficie terrestre, la representación del riego en modelos, junto con la expansión de las superficies irrigadas, han aumentado aún más la necesidad de campañas de campo específicas en regiones climáticas con heterogeneidad en sus características superficiales. Destacó el impacto potencial del riego en la dinámica de la capa límite atmosférica local, afectando las condiciones atmosféricas cercanas a la superficie.

Con motivo del 25 aniversario de la EMS, la Generalidad de Cataluña y el Servei Meteorològic de Catalunya ofrecieron una celebración (*Festa*) en el *Palau Reial* de Pedralbes con demostraciones de la gastronomía, cultura y música catalanas.

En esta ocasión, las sesiones de la reunión se desarrollaron simultáneamente hasta en siete sesiones paralelas en diferentes salas, lo que obligó a los asistentes a realizar una previa selección de temas y charlas en las que participar (el programa muestra la cantidad de sesiones y eventos que tuvieron lugar: https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2024/session_programme).

Las reuniones anuales de la EMS proporcionan una visión muy actualizada tanto de la investigación como de las operaciones y aplicaciones en meteorología y clima. Además de las sesiones dedicadas a áreas de conocimiento, con una larga historia dentro de las conferencias de la EMS, han surgido recientemente nuevas sesiones dedicadas a temas más nove-

dosos o que han tenido una creciente actividad tales como los métodos basados en AI y autoaprendizaje en meteorología y climatología, comunicación con especial énfasis en la lucha contra la desinformación y la comunicación de las incertidumbres, servicios climáticos, sistemas de alerta temprana, información para apoyar la toma de decisiones, etc.

Entre los muchos eventos, talleres y reuniones de grupos de trabajo que tuvieron lugar en paralelo, se celebró una reunión inicial del comité de programación para comenzar con los preparativos de la próxima reunión EMS 2025 que se celebrará el próximo año en Liubliana, Eslovenia, entre el 8 y 12 de septiembre de 2025.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO
Y MANUEL PALOMARES CALDERÓN

PRÓXIMAS CITAS

NOVIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025

IMPORTANTE: la mayoría de estas conferencias admiten participación presencial y en línea

21 noviembre, Madrid, ESPAÑA
- Conmemoración del 60 aniversario de la fundación de la AME.
Conferencias y cena de gala
- Se anuncia en www.ame-web.org

23 noviembre, Barcelona, ESPAÑA
- XXX Jornadas de Meteorología Eduardo Fontserè bajo el lema: "La meteorologia i la climatologia en l'era de la IA" -
- Se anunciará en <http://acam.cat/>

12 - 16 enero 2025, New Orleans, EE. UU.
- 105ª Reunión de la American Meteorological Society. El lema de la conferencia es "Towards a Thriving Planet: Charting the Course Across Scales"

- <https://annual.ametsoc.org/index.cfm/2025/>

22 - 24 enero 2025, San Lorenzo de El Escorial, ESPAÑA
- XIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología
- XIII Congreso Internacional AEC. Cambio climático y sociedad. De la ciencia básica a los servicios climáticos - AECLIM

5-7 febrero 2025, Maó (Menorca), ESPAÑA
- Water resources under pressure: water management in a context of global change
- <https://tcm.ime.cat/>

27 abril - 2 mayo 2025, Viena, AUSTRIA
- Asamblea de la Unión Europea de Geociencias (EGU 2025)
- <https://www.egu25.eu/>

17 - 20 junio 2025, Turín, ITALIA
- 25th Symposium on Boundary Layers and Turbulence
- <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/25th-symposium-on-boundary-layers-and-turbulence/>

25 - 29 Agosto 2025, Toronto, Ontario, Canadá
- 41st International Conference on Radar Meteorology
- <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/41st-international-conference-on-radar-meteorology/>



HAN COLABORADO TAMBIÉN...

Han colaborado también: Javier Martínez Martínez, Mario Navarro Escaravajal, David Esteban Liljedahl, Enric Navarrete Bachs, Benjamín Poreé, Idoia Alonso Corres, José Miguel García García, Óscar Cárdenas Acuña, Javier de la Orden Gómez, Sericio Safont, Diana Castro y Vicente Reig

Título: "Manga marina"

Autor: David Esteban Liljedahl

Manga marina captada el 18 de agosto de 2024 desde Son Servera, Mallorca, y que se había formado en el seno de varias nubes convectivas que se regeneraban en una pequeña zona de convergencia de vientos, en la zona de Capdepera.

POR DELANTE

www.aemet.es

DEL TIEMPO



Mucho más que
una predicción...