

# Estado del clima en Europa 2022



TIEMPO CLIMA AGUA



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

OMM-N° 1320



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY  
 **ECMWF**

 Climate  
Change Service  
climate.copernicus.eu



Imagen de portada: Explosión de nubes de tipo *mammatus*. Fotografía tomada por Boris Jordan (Alemania) para el concurso de fotografía para el calendario de la OMM de 2021.

## OMM-N° 1320

© Organización Meteorológica Mundial, 2023

La OMM se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de las publicaciones de la OMM sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir la presente publicación parcial o totalmente deberán dirigirse a:

Presidente de la Junta de Publicaciones

Organización Meteorológica Mundial (OMM)

7 bis, avenue de la Paix  
Case postale 2300  
CH-1211 Ginebra 2, Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03  
Correo electrónico: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-31320-1

### NOTA

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OMM y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte de la Organización, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que la OMM los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

Las observaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en las publicaciones de la OMM por autores cuyo nombre se menciona son únicamente las del autor y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

# Índice

<b>Mensajes principales.</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>Prólogo</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Prefacio</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Contexto climático mundial.</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>Clima regional</b> . . . . .	<b>7</b>
Temperatura . . . . .	7
Precipitaciones. . . . .	8
Criosfera . . . . .	9
Océano. . . . .	11
<b>Principales configuraciones de la circulación atmosférica de la Región en 2022.</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>Fenómenos extremos y sus efectos</b> . . . . .	<b>15</b>
Panorama . . . . .	15
Precipitaciones intensas y crecidas . . . . .	15
Sequías. . . . .	16
Olas de calor e incendios forestales . . . . .	17
Olas de calor marinas. . . . .	18
Olas de frío, nevadas fuertes y heladas . . . . .	19
Tormentas con vientos fuertes. . . . .	20
<b>Políticas y medidas relacionadas con el clima en el sector energético</b> . . . . .	<b>21</b>
Transiciones hacia sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono . . . . .	21
El compromiso con las energías renovables . . . . .	21
Potencial de la energía renovable . . . . .	21
Servicios climáticos para el sector energético . . . . .	22
Energía nuclear . . . . .	23
Impacto de los fenómenos meteorológicos extremos en el sector energético . . . . .	24
<b>Uso de fuentes de energía renovables para los sistemas agroalimentarios</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>Infraestructura de observación que constituye la base del monitoreo del clima</b> . . . . .	<b>26</b>
<b>Conjuntos de datos y métodos</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>Lista de colaboradores.</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>Notas finales</b> . . . . .	<b>34</b>



# Mensajes principales



Europa es la Región de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que experimenta el calentamiento más rápido, el doble que el promedio mundial desde los años ochenta. En 2022, la temperatura media anual fue entre la segunda y la cuarta más alta jamás registrada, dependiendo del conjunto de datos utilizado, y el verano de ese año fue el más cálido. En muchos países del oeste y el suroeste de Europa, el año 2022 fue el más cálido del que se tiene constancia.



Las precipitaciones fueron inferiores a la media en gran parte de la Región en 2022. Fue el cuarto año seco consecutivo en la península ibérica y el tercero en las regiones montañosas de los Alpes y los Pirineos.



La ausencia de precipitaciones, en particular en forma de nieve en invierno, combinada con las altas temperaturas estivales, contribuyó a la mayor pérdida de hielo glaciar observada en los Alpes europeos.

El manto de hielo de Groenlandia siguió perdiendo masa durante 2022 y, en septiembre, los períodos de calor excepcional provocaron un deshielo generalizado de su superficie.



En 2022, las temperaturas de la superficie del mar en la zona del Atlántico Norte comprendida en la Región de Europa de la OMM fueron las más cálidas jamás registradas, y amplias zonas marítimas de la Región se vieron afectadas por olas de calor marinas fuertes o incluso severas y extremas. Las tasas de calentamiento de la superficie oceánica, en particular en el Mediterráneo oriental, los mares Báltico y Negro y el Ártico meridional, triplicaron con creces el promedio mundial.



Se notificaron más de 16 000 víctimas mortales debidas a las condiciones meteorológicas y climáticas de alto impacto de 2022. Casi todas ellas se atribuyeron a las excepcionales olas de calor que sufrió Europa durante el verano. La más grave se produjo a mediados de julio y supuso temperaturas récord en muchos lugares. El 19 de julio, la temperatura alcanzó por primera vez los 40 °C en el Reino Unido, al registrarse 40,3 °C en Coningsby.



La sequía también afectó a gran parte de la Región, sobre todo durante la primavera y el verano. La combinación de condiciones secas y calor extremo alimentó numerosos incendios forestales, que se saldaron con la segunda mayor superficie calcinada registrada en la Región. Se produjeron grandes incendios forestales en Francia, España, Portugal, Eslovenia y la República Checa.



Las tormentas y las crecidas causaron decenas de víctimas mortales. Se dieron muchos casos de inundaciones localizadas por precipitaciones intensas, un derecho (una banda de tormentas eléctricas y vientos destructivos de larga duración) que afectó a zonas del sur y el centro de Europa en agosto, y tres tormentas sucesivas durante una semana de febrero en el noroeste de Europa.



A pesar de que el año se caracterizó por unas condiciones cálidas, algunas zonas se vieron afectadas por períodos de frío y fuertes nevadas, entre ellas Türkiye, la República Árabe Siria, Grecia y Montenegro. En diciembre, un período de frío generalizado también afectó a gran parte del norte y el oeste de Europa. Reikiavik (Islandia) vivió el diciembre más frío de los últimos 100 años.



En 2022, el 22,3 % de la electricidad de la Unión Europea se generó mediante energía eólica y solar, fuentes que superaron por primera vez al gas fósil (20 %). Estos dos recursos renovables generaron más electricidad que ninguna otra fuente de energía. Monitorear y comprender su variabilidad temporal y espacial es cada vez más importante debido a la creciente relevancia que tienen para la canasta de energía europea.



La información climática es importante para mejorar la resiliencia y el funcionamiento de los sistemas energéticos. Mientras que el 80 % de los Miembros europeos de la OMM ofrece algún tipo de información climática al sector energético, menos del 50 % le proporciona predicciones climáticas mensuales o estacionales, lo cual revela el potencial sin explotar de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) para apoyar la transición energética y una mayor resiliencia climática del sector energético.

# Prólogo



El informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) titulado *Estado del clima en Europa 2022* es el segundo de una serie anual de informes que se inició con éxito el año pasado. En esta publicación conjunta de la Asociación Regional para Europa (AR VI) de la OMM y el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) de la Unión Europea se resumen el estado del clima y los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y de alto impacto ocurridos en 2022 en el ámbito de la AR VI (Europa), en el contexto de la variabilidad del clima a largo plazo y el cambio climático.

En el informe se utilizan datos de sistemas de observación del clima y se reúnen valiosas contribuciones de los Miembros, a la vez que se apoyan sus necesidades en materia de monitoreo del clima, cambio climático y servicios climáticos. Los últimos datos e información sobre los impactos, los riesgos y las políticas de los

organismos de las Naciones Unidas y los socios de la Unión Europea (UE) complementan la visión general basada en la ciencia física. En el presente informe también se tienen en cuenta las conclusiones fundadas científicamente del Sexto Informe de Evaluación<sup>1</sup> y del Informe de Síntesis<sup>2</sup> del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicados recientemente, así como del informe *European State of the Climate 2022* (Estado del clima en Europa 2022) de Copernicus<sup>3</sup>.

De las seis Regiones definidas por la OMM, Europa es la que se está calentando más rápido. Asimismo, muchos países del oeste y suroeste de Europa experimentaron en 2022 el año más cálido jamás registrado. El verano fue el más caluroso del que se tiene constancia: las altas temperaturas exacerbaron las severas y generalizadas condiciones de sequía, alimentaron violentos incendios forestales que provocaron la segunda mayor superficie calcinada de la historia y produjeron un exceso de mortalidad asociado al calor de miles de personas.

Las alertas tempranas son fundamentales para anticipar y reducir los impactos del creciente número de fenómenos extremos. La OMM, junto con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, lidera la iniciativa de las Naciones Unidas denominada Alertas Tempranas para Todos, puesta en marcha por el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres, durante la Cumbre de Dirigentes Mundiales celebrada en el marco del 27º período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP 27) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Gracias al plan de acción, se reforzarán el monitoreo y las observaciones del sistema Tierra, así como las capacidades de predicción y alerta a escala mundial, lo que beneficiará a la población y a los sectores económicos.

La energía es el tema central de la sección de política climática del presente informe *Estado del clima en Europa 2022*, y hay buenas noticias al respecto. Por primera vez en la historia, en la UE se generó más electricidad a partir de energía eólica y solar que a partir de gas fósil. Aumentar el uso de energías renovables y bajas en carbono es crucial para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, y supone una importante contribución a la neutralidad climática y a la mitigación del cambio climático causado por la actividad humana. Los servicios climáticos son fundamentales para velar por la resiliencia de los sistemas energéticos frente a las perturbaciones climáticas, planificar su funcionamiento y fundamentar las medidas destinadas a potenciar la eficiencia energética, entre otras aplicaciones relevantes.

Aprovecho la ocasión para felicitar a los autores principales, expertos y científicos por sus excelentes aportaciones al presente informe. También quiero expresar mi gratitud a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), a la red de Centros Regionales sobre el Clima de la OMM para Europa, al Servicio de Cambio Climático de Copernicus, a los organismos hermanos de las Naciones Unidas, a los socios de la UE y a todas las instituciones que han contribuido a la presente publicación por su extraordinario apoyo.

Prof. Petteri Taalas  
Secretario General (OMM)

# Prefacio



El valor social de un análisis sistemático del cambio climático es cada vez más evidente, ya que permite anticiparnos mejor a futuros fenómenos extremos y prepararnos para los impactos de un mundo más cálido.

En el informe *Estado del clima en Europa 2022* se ofrece, una vez más, un relato detallado y preciso de una serie de fenómenos climáticos sin precedentes que han afectado a nuestra región. La variabilidad interanual del clima queda patente al comparar el informe de 2021 —en el que nos centramos inevitablemente en las tormentas violentas y en las devastadoras inundaciones que afectaron al oeste de Europa— con el informe actual, en el que las temperaturas extremadamente altas y la sequía prolongada pasaron a primer plano.

El estrés térmico sin precedentes que los europeos sufrieron en 2022 fue uno de los principales causantes del exceso de mortalidad asociado a las condiciones meteorológicas que se produjo en la región. Desafortunadamente, no puede considerarse un hecho puntual ni una anomalía climática. Nuestros conocimientos actuales del sistema climático y de su evolución, expuestos de forma clara en el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), nos muestran que este tipo de fenómenos forman parte de un patrón en el que los episodios extremos de estrés térmico serán más frecuentes y más intensos en toda la región.

Debido al crecimiento constante de la fracción renovable de la canasta de energía europea, nuestro sistema depende en mayor medida de la variabilidad del tiempo y el clima. Cada vez es más importante describir esos cambios y comprender las causas de esas fluctuaciones. En el presente informe se facilita información valiosa sobre el clima como recurso para apoyar nuestra transición hacia una sociedad con un cero neto en emisiones.

Animo a los lectores a ir más allá de las cifras informativas y las estadísticas claras de estas páginas y tomarlas como un estímulo para modificar de manera fundamental la forma en la que analizamos los datos que describen el mundo que nos rodea.

El Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S), financiado por la Comisión Europea, ha estado trabajando junto con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para facilitar la prestación operativa de servicios climáticos, de modo que todos los ciudadanos de la región puedan acceder fácilmente a datos de alta calidad, abiertos y gratuitos sobre el mundo en el que vivimos. El presente informe es un paso clave en ese proceso, ya que permite que esos datos hablen por sí mismos. El clima está cambiando rápidamente y debemos utilizar todas las herramientas a nuestro alcance para adaptarnos a las condiciones a las que nos enfrentaremos en los próximos años.

El informe es el resultado de un esfuerzo colectivo en el que han participado muchas personas e instituciones de toda la región. Quiero dar las gracias a los autores principales y al equipo editorial, pero también a las muchas personas que, entre bastidores, han hecho posible la publicación del presente informe.



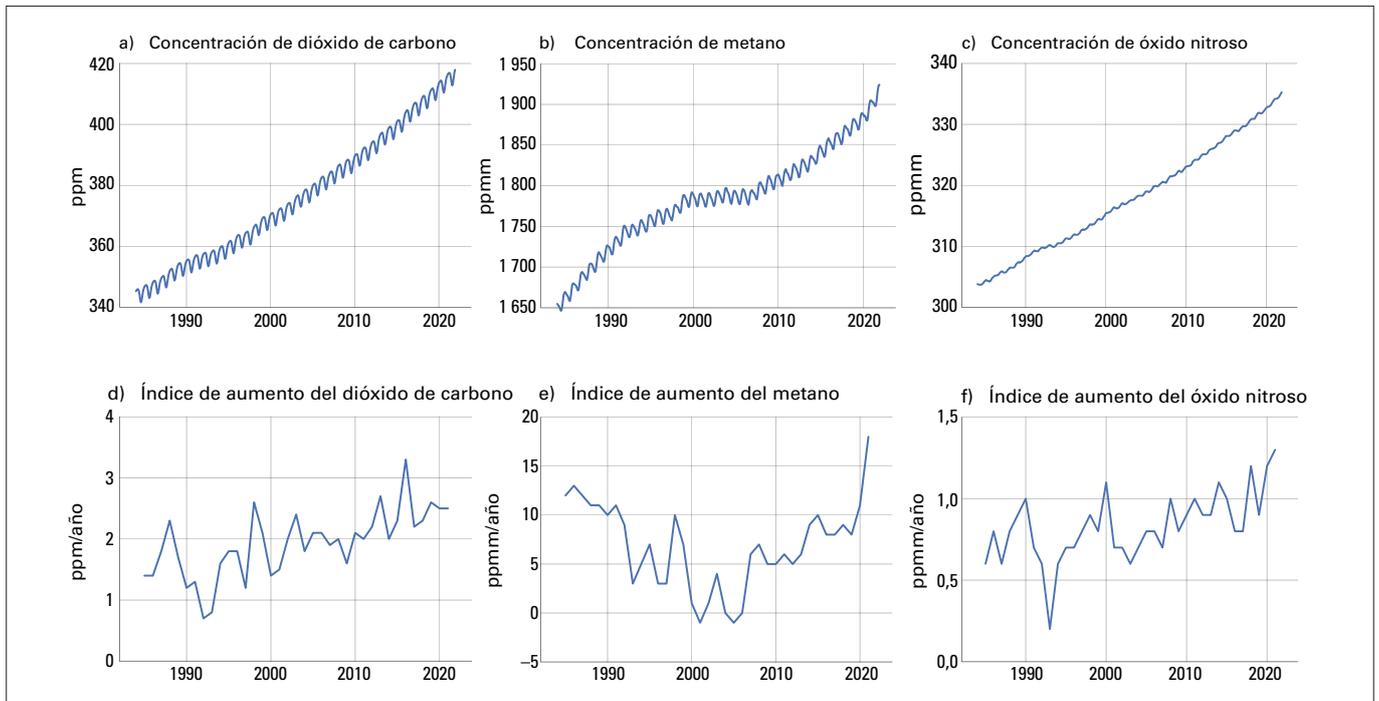
Dr. Carlo Buontempo  
Director del Servicio de Cambio Climático de Copernicus  
Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF)

# Contexto climático mundial

En 2022, la temperatura media anual mundial cerca de la superficie estuvo 1,15 [1,02-1,28] °C por encima del promedio de la era preindustrial (1850-1900). El año 2022 fue el quinto o el sexto más cálido registrado según seis conjuntos de datos<sup>4</sup>, a pesar del efecto de enfriamiento ejercido por el episodio de La Niña. Los años comprendidos entre 2015 y 2022 fueron los ocho más cálidos jamás registrados según todos los conjuntos de datos<sup>5</sup>.

Las concentraciones atmosféricas de los tres gases de efecto invernadero principales alcanzaron nuevos máximos históricos en 2021, último año para el cual se dispone de datos consolidados a nivel mundial. Los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se situaron en 415,7 ± 0,2 partes por millón (ppm), los de metano (CH<sub>4</sub>) en 1 908 ± 2 partes por mil millones (ppmm), y los de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en 334,5 ± 0,1 ppmm, lo que representa un aumento del 149 %, 262 % y 124 %, respectivamente, frente a los niveles preindustriales (antes de 1750) (figura 1). Los datos en tiempo real de determinados emplazamientos, como Mauna Loa<sup>6</sup> (Hawái, Estados Unidos de América) y Kennaook/cabo Grim<sup>7</sup> (Tasmania, Australia), indican que los niveles de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O siguieron aumentando en 2022.

En los dos últimos decenios, el ritmo de calentamiento de los océanos se ha incrementado y en 2022 el contenido calorífico de los océanos fue el más alto jamás registrado. El calentamiento de los océanos y la pérdida acelerada de masa de los mantos de hielo contribuyeron a una subida del nivel medio del mar a escala mundial de 4,62 mm al año entre 2013 y 2022, y a que se alcanzara un nuevo récord en 2022. Entre 1960 y 2021, el océano absorbió alrededor del 25 % de las emisiones atmosféricas antropógenas anuales de CO<sub>2</sub><sup>8</sup>, un gas que reacciona con el agua de mar y reduce su pH. Según las observaciones a largo plazo en mar abierto —cuya cantidad es limitada— se ha producido un descenso del pH: el pH medio de la superficie del océano a escala mundial ha perdido entre 0,017 y 0,027 unidades de pH por decenio desde finales de los años ochenta. Este proceso, que se denomina acidificación del océano, afecta a muchos organismos y servicios ecosistémicos<sup>9</sup>, y amenaza la seguridad alimentaria al poner en peligro la pesca y la acuicultura.



**Figura 1.** Fila superior: promedios mensuales mundiales de la fracción molar (unidad de medida de la concentración atmosférica) de: a) CO<sub>2</sub>, en partes por millón; b) CH<sub>4</sub>, en partes por mil millones; y c) N<sub>2</sub>O, en partes por mil millones, de 1984 a 2021. Fila inferior: índices de aumento que plasman el aumento de los promedios anuales sucesivos de las fracciones molares de: d) CO<sub>2</sub>, en partes por millón por año; e) CH<sub>4</sub>, en partes por mil millones por año; y f) N<sub>2</sub>O, en partes por mil millones por año.

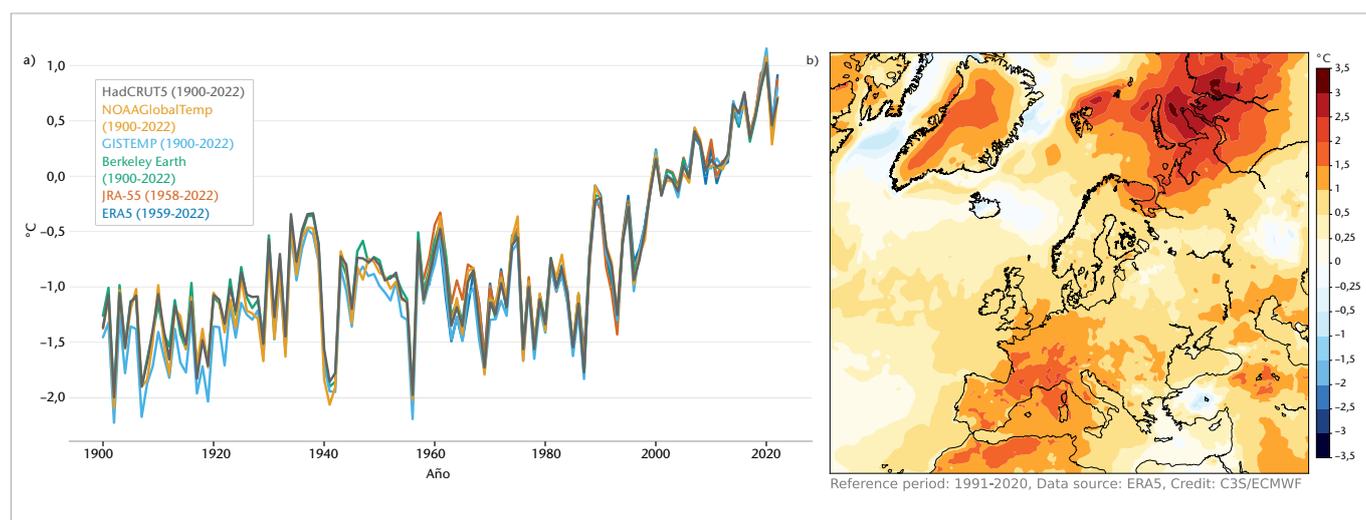
# Clima regional

En las siguientes secciones se analizan los principales indicadores del estado del clima en Europa (Región VI de la Organización Meteorológica Mundial (OMM); véase el mapa que figura en el apartado “Ámbito de la Región” de la sección “Conjuntos de datos y métodos” que figura al final del informe). Uno de esos indicadores que resulta particularmente importante, la temperatura, se describe en relación con las anomalías o desviaciones respecto a un período de referencia. En el caso de la temperatura media mundial, para calcular las anomalías con respecto a los niveles preindustriales, se utiliza el período de referencia empleado en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>10</sup>, a saber, 1850-1900. Sin embargo, a escala regional, este período no siempre puede utilizarse como referencia para calcular anomalías, ya que no se dispone de datos suficientes para calcular promedios regionales anteriores a 1900. En cambio, para calcular las anomalías de temperatura y de otros indicadores se utilizan las normales climatológicas estándares correspondientes al período de referencia 1991-2020. Las anomalías de temperatura regionales también pueden expresarse en relación con el período de referencia 1961-1990. Se trata de un período de referencia fijo recomendado por la OMM para evaluar los cambios de temperatura a largo plazo. En el presente informe, se indica de forma explícita si, al calcular anomalías, se han utilizado períodos distintos a los períodos de referencia.

## TEMPERATURA

La temperatura del aire en superficie influye en los sistemas humanos y naturales. Puede afectar a la salud, la agricultura y la demanda de energía, así como a los ciclos de crecimiento en entornos naturales. Las temperaturas extremas afectan especialmente a la salud de las personas. En Europa, las temperaturas han aumentado considerablemente durante la era industrial. Desde los años ochenta, las temperaturas en Europa han aumentado a un ritmo de +0,5 °C por decenio, más del doble que el promedio mundial. Es, por tanto, la Región de la OMM que experimenta el calentamiento más rápido<sup>11</sup>.

En 2022, la temperatura media anual de Europa<sup>12</sup> se situó entre la segunda y la cuarta más alta jamás registrada, con una anomalía de 0,79 [0,70-0,91] °C por encima del promedio de 1991-2020 (figura 2 a)) y una anomalía de 1,83 [1,73-1,92] °C por encima del promedio de 1961-1990. Casi toda la Región registró en 2022 temperaturas medias anuales que superaron en más de 0,5 °C el promedio de 1991-2020; solo en el noroeste de Islandia y en una pequeña parte de Türkiye las temperaturas fueron ligeramente inferiores al promedio. Las mayores desviaciones respecto de la media se produjeron en la zona europea del Ártico y en el suroeste de la Región. En 2022, hubo temperaturas en gran parte del suroeste de Europa que superaron en más de 1 °C el promedio de 1991-2020, y en algunas zonas lo superaron en más de 2 °C (figura 2 b)).



**Figura 2.** a) Anomalía de la temperatura media anual del aire en superficie (°C) sobre Europa, con arreglo a la definición de la Región VI de la OMM (véase el apartado “Ámbito de la Región” de la sección “Conjuntos de datos y métodos”), durante el período 1900-2022, según datos de seis conjuntos de datos (solo para zonas terrestres), y b) durante 2022, según el reanálisis ERA5, en comparación con el período de referencia 1991-2020.

**Fuente:** a) OMM. Nota: Los conjuntos de datos HadCRUT5, Berkeley Earth, NOAA GlobalTemp y GISTEMP se basan en observaciones *in situ*. ERA-5 y JRA-55 son conjuntos de datos de reanálisis. b) Reanálisis ERA5 del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF). Para obtener más información sobre los conjuntos de datos y su representación gráfica, véase el apartado “Temperatura” de la sección “Conjuntos de datos y métodos” que figura al final del presente informe.

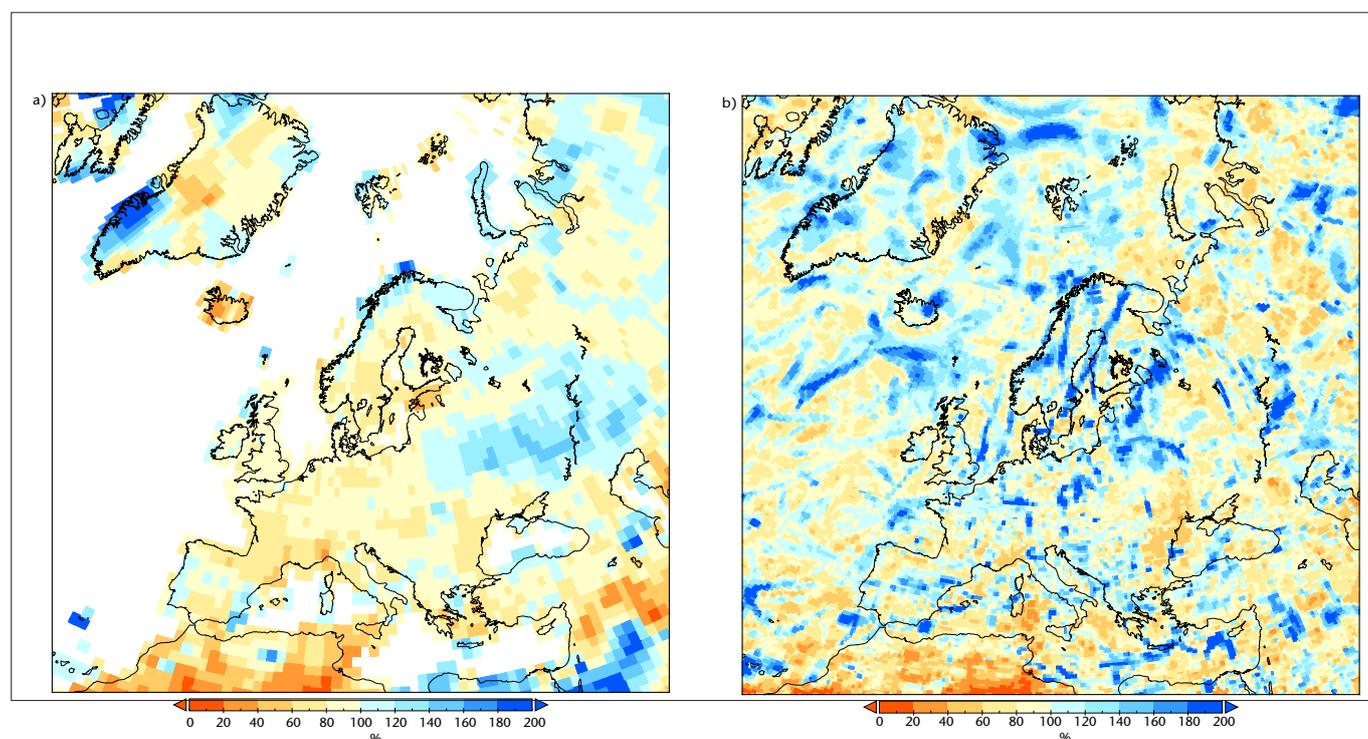
En el conjunto de Europa también se vivió el verano más cálido de la historia (según las anomalías estacionales desde 1950)<sup>13</sup>. Se notificaron temperaturas anuales récord en el oeste y suroeste de Europa (donde varios países experimentaron su año más cálido, como Alemania, Bélgica, España, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y Suiza). El Ártico se ha ido calentando a un ritmo muy superior al del promedio mundial desde los años noventa y, en 2022, las temperaturas medias anuales en el noroeste de Siberia superaron en más de 3 °C el promedio de 1991-2020.

## PRECIPITACIONES

Las precipitaciones, que constituyen una variable esencial para el monitoreo del clima, suelen presentar una mayor variabilidad espacial y temporal que la temperatura. La ausencia de precipitaciones provoca sequías, mientras que el exceso de ellas puede causar crecidas o un aumento de la descarga fluvial y la humedad del suelo.

En promedio, las precipitaciones acumuladas en 2022 en la mayor parte de la Región VI de la OMM fueron inferiores a la media en comparación con el período de referencia 1991-2020 (figura 3 a)). Los mayores déficits de precipitaciones anuales se dieron en el sur del golfo de Finlandia, en el sur de Francia y en el noroeste de Italia, así como en las islas del mar Egeo y en Oriente Medio. Por el contrario, los mayores excesos de precipitación anual se observaron a lo largo de la costa norte escandinava, desde las marismas de Prípiat (sur de Bielorrusia, noroeste de Ucrania) hasta las altiplanicies del Volga (parte europea de la Federación de Rusia), alrededor de la Costa Blanca (España), en Creta (Grecia), en las Hébridas Exteriores (noroeste de Escocia) y en las Islas Feroe (Dinamarca). En la península ibérica —por cuarto año consecutivo— y en las regiones montañosas de los Alpes y los Pirineos —por tercer año consecutivo— el año 2022 fue más seco de lo normal.

Las anomalías de la precipitación diaria total más alta del año (RX1) respecto de la media a largo plazo del período 1991-2020 se muestran en la figura 3 b). Las mayores regiones con anomalías RX1 positivas, representadas con tonos azules, se sitúan en el este de Europa. En otros emplazamientos europeos se experimentaron anomalías RX1 positivas,



**Figura 3.** a) Anomalía relativa del total anual de precipitaciones de 2022 con respecto al período 1991-2020. Los tonos amarillos, naranjas y rojos indican déficit de precipitaciones, mientras que los tonos azules indican exceso de precipitaciones. b) Desviación de la precipitación diaria total más alta (RX1) de 2022 con respecto al período de referencia 1991-2020. En las regiones representadas con tonos azules la RX1 fue superior a la media anual, mientras que en las regiones representadas con tonos marrones, la RX1 fue inferior a la media a largo plazo.

*Fuente:* a) Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC) del Servicio Meteorológico de Alemania (DWD); b) ERA5 del ECMWF.

a pesar de que el total anual fue inferior a lo normal (por ejemplo, en el oeste, el sur y el centro de Europa). Por otra parte, no todas las regiones con precipitaciones anuales totales por encima de lo normal presentaron anomalías RX1 positivas (por ejemplo, en torno a la Costa Blanca).

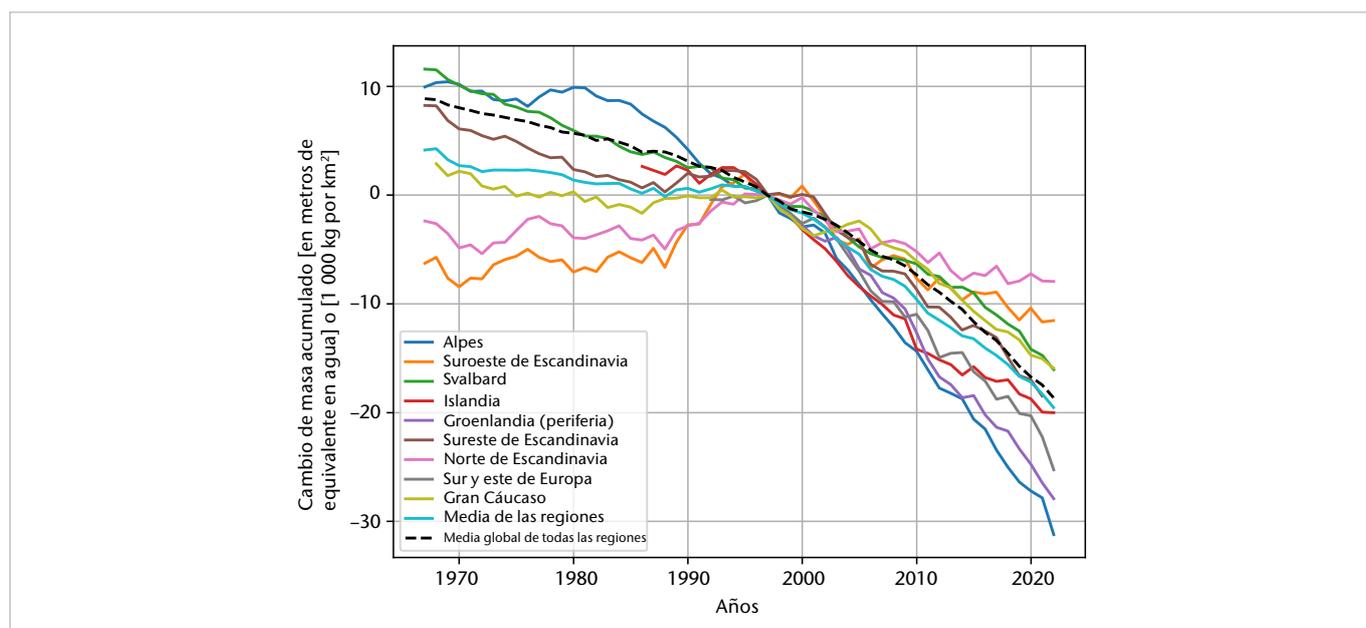
## CRIOSFERA

La criosfera corresponde a la parte del sistema Tierra donde el agua está presente en forma sólida, esto es, los mantos de hielo, las plataformas de hielo, los glaciares, la cubierta de nieve, el permafrost (suelo congelado), el hielo marino, y el hielo fluvial y lacustre. En la Región pueden encontrarse todas estas formas. La criosfera está experimentando grandes cambios a medida que la Tierra se calienta, y desempeña un papel importante en el sistema climático, como se resume a continuación<sup>14</sup>.

## GLACIARES Y MANTOS DE HIELO DE GROENLANDIA

El hielo que hay sobre la superficie terrestre, en forma de mantos de hielo y glaciares, desempeña una función relevante en el sistema climático de la Tierra por su capacidad de almacenar grandes cantidades de agua fuera de los océanos durante períodos prolongados y por el efecto que produce en el albedo superficial, al reflejar la radiación de onda corta incidente. Los cambios en la masa de hielo almacenada en la superficie terrestre, por ejemplo, el crecimiento o la reducción de los mantos de hielo y los glaciares, no solo inciden en el clima local, sino que también afectan al nivel medio del mar a escala mundial. La masa de los glaciares y los mantos de hielo aumenta cuando se acumula nieve, y disminuye principalmente cuando su superficie se funde fruto de interacciones con la atmósfera o, en las zonas delanteras, a causa de interacciones con el agua de lagos u océanos.

En Europa, los glaciares perdieron un volumen de unos 880 km<sup>3</sup> de hielo desde 1997 hasta 2022. Los glaciares de los Alpes registraron las mayores pérdidas de hielo durante ese período, en el que el espesor del hielo se redujo una media de 34 m (figura 4)<sup>15</sup>. En 2022, los glaciares de esa cordillera registraron de nuevo una pérdida récord de masa de más de 3 m de equivalente en agua en un solo año, provocada por unas acumulaciones de nieve muy bajas durante el invierno y por un verano muy cálido. Varias tormentas de polvo ocasionaron una importante deposición de polvo sahariano en muchos glaciares europeos, lo cual contribuyó a acelerar el deshielo del manto nivoso invernal<sup>16</sup>.



**Figura 4.** Cambios acumulados en la masa de los glaciares europeos de 1967 a 2022, para glaciares de nueve regiones diferentes respecto de los cuales se dispone de registros a largo plazo. Los valores del balance de masas se expresan en metros de equivalente en agua respecto a 1997.

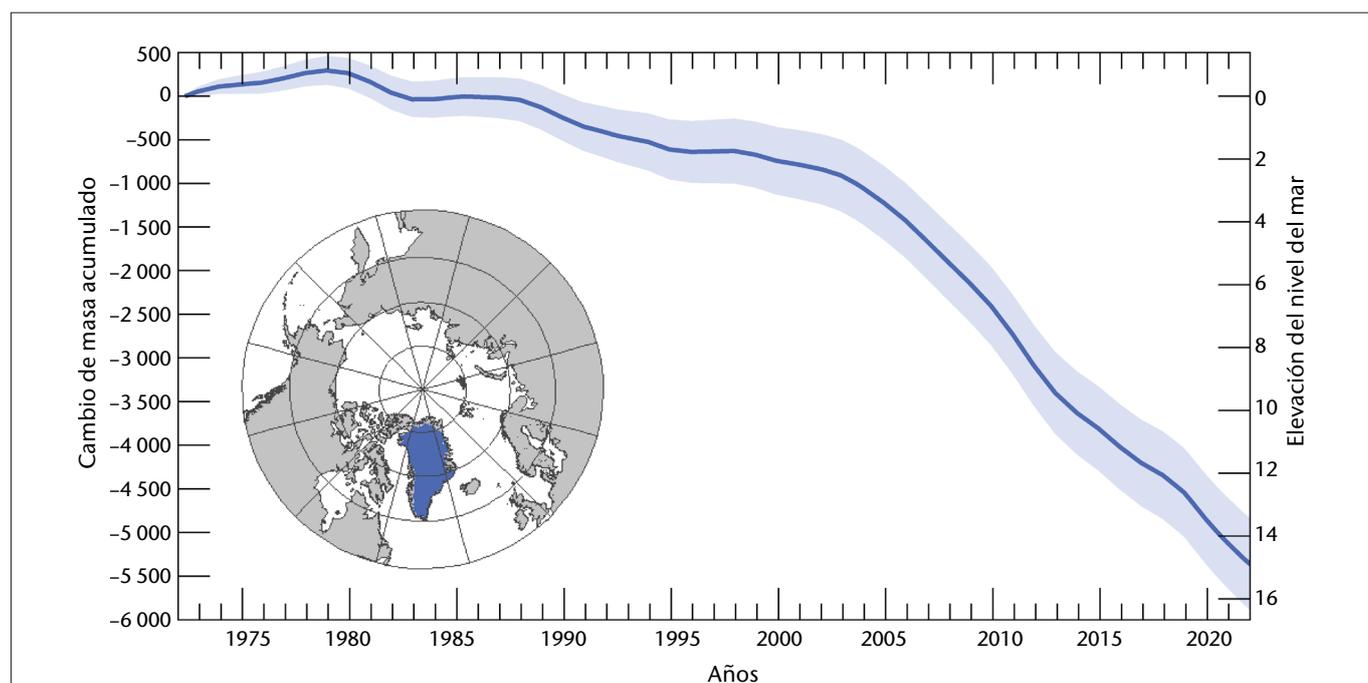
*Fuente:* Datos del Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares (WGMS) (2021, datos actualizados). Gráfico publicado originalmente como parte del indicador "Glaciares" de los indicadores climáticos del C3S a 20 de abril de 2023 (<https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/glaciers>).

El manto de hielo de Groenlandia perdió  $5\,362 \pm 527$  Gt de hielo entre 1972 y 2021, lo que contribuyó en  $14,9 \pm 1,5$  mm al aumento del nivel medio del mar a escala mundial<sup>17</sup>. En 2021, el último año respecto del cual se dispone de datos consolidados (figura 5), el manto de hielo de Groenlandia perdió  $234 \pm 86$  Gt de hielo, una cifra inferior a la de 2019, año récord en el que esas pérdidas alcanzaron un valor máximo de  $444 \pm 93$  Gt, debido a un intenso episodio de fusión superficial. Las estimaciones independientes obtenidas de distintas fuentes indican que el manto de hielo de Groenlandia siguió perdiendo masa durante el año de balance de masas de 2022<sup>18</sup>. Además, en septiembre de 2022, Groenlandia experimentó un deshielo generalizado de su superficie, el más importante para un mes de septiembre en más de dos décadas.

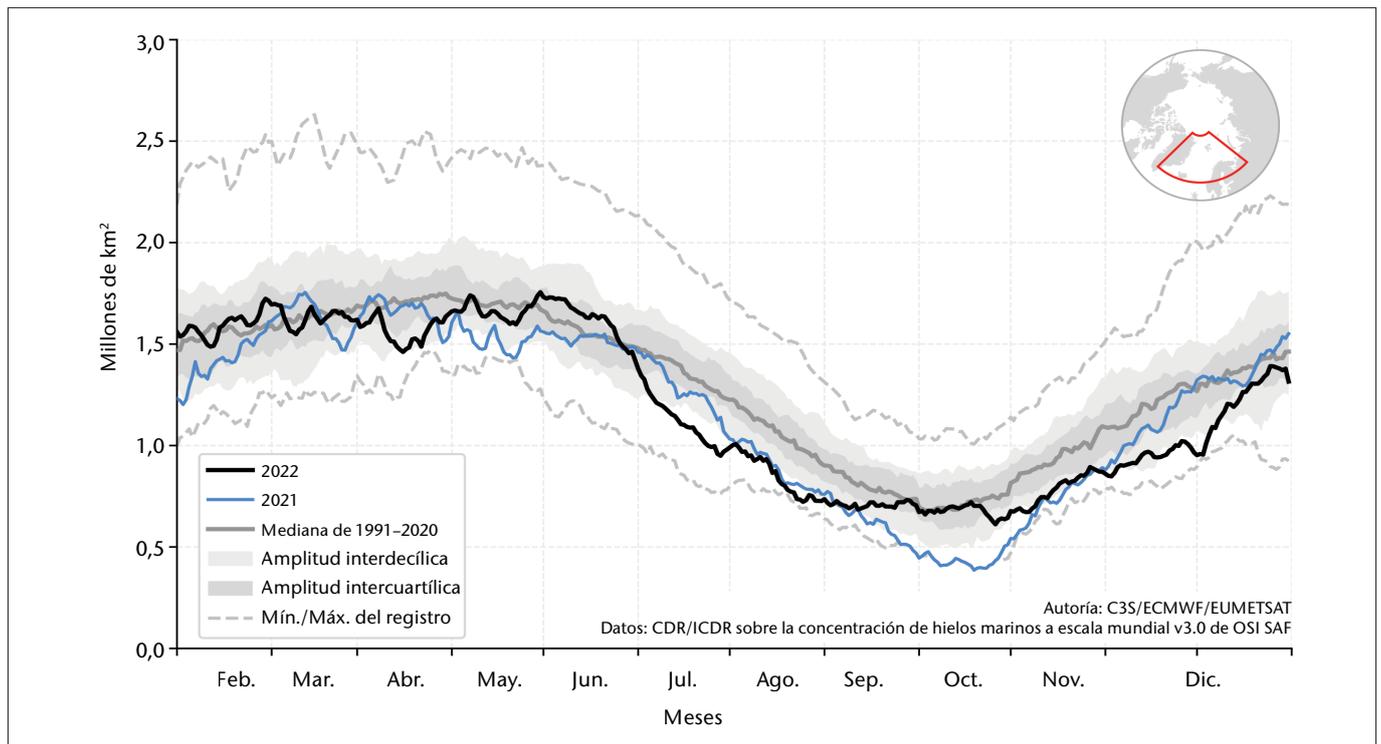
## HIELO MARINO

La extensión de los hielos marinos en el sector europeo del Ártico<sup>19</sup> se mantuvo relativamente cerca del promedio de 1991-2020 desde enero hasta mediados de mayo, antes de reducirse rápidamente hasta niveles inferiores a la media a principios de junio y estabilizarse hacia mediados de julio (figura 6). En septiembre, se alcanzó el mínimo anual, al observarse una extensión media mensual un 6 % inferior al promedio, la 14ª más baja del registro satelital (1979-2022). A partir de octubre se mantuvo por debajo del promedio. La situación en septiembre de 2022 contrastó significativamente con la de septiembre de 2021, cuando el hielo marino en el sector europeo del Ártico alcanzó su extensión más baja registrada, un 40 % por debajo de la media. El récord de 2021 se explica porque en el mar de Groenlandia se observó una extensión mínima de los hielos marinos sin precedentes. En 2022, la extensión de los hielos marinos en ese sector se mantuvo relativamente cercana al promedio durante todo el año. El rápido descenso que se produjo a finales de mayo y principios de junio de 2022 se debió a la irrupción de vientos cálidos del sur sobre el mar de Barents, que provocaron un rápido retroceso del borde del hielo marino hacia el norte. La extensión de los hielos marinos en esa parte del sector europeo del Ártico se mantuvo por debajo del promedio hasta finales de año, debido principalmente a una cubierta de hielo marino muy inferior a la media entre Svalbard (Noruega) y Franz Josef Land (Federación de Rusia).

La extensión de los hielos marinos en el mar Báltico suele caracterizarse por su extensión máxima invernal. Durante el invierno de 2021/2022, se alcanzó un máximo de unos 93 000 km<sup>2</sup> a principios de febrero y, por tanto, se considera que esa estación es un "invierno de hielo frágil"<sup>20</sup>. Se trata de la 10ª extensión máxima más baja de los últimos cuatro decenios y la 55ª más baja de todo el registro de datos, establecido hace más de 300 años<sup>21</sup>.



**Figura 5.** Balance de masas acumulado del manto de hielo de Groenlandia y las correspondientes contribuciones al nivel medio del mar a escala mundial entre 1972 y 2021 (los años indicados corresponden al inicio del año). La zona sombreada representa la incertidumbre acumulada. Fuente: Datos del Ejercicio de Intercomparación de Balances de Masas del Manto de Hielo (IMBIE) (<http://imbie.org/>).



**Figura 6.** Extensión diaria total de los hielos marinos en el sector europeo del Ártico correspondiente a 2021 (en azul) y a 2022 (en negro). Los tonos grises indican la mediana diaria (línea continua), la amplitud interdecádica (sombreado claro) y la amplitud intercuartílica (sombreado oscuro) durante el período de referencia 1991-2020, así como los mínimos y máximos diarios durante el período 1979-2022 (líneas discontinuas). El sector europeo del Ártico se delimita mediante una línea roja en el mapa situado sobre el gráfico.

*Fuente:* Extensión de los hielos marinos calculada a partir del registro de datos climáticos (CDR) sobre la concentración de hielos marinos a escala mundial (provisional) v3.0 de los Servicios de Aplicaciones Satelitales para el Océano y los Hielos Marinos (OSI SAF) de EUMETSAT.

(<https://osi-saf.eumetsat.int/products/osi-430-a>).

## OCÉANO

La Región VI de la OMM comprende varias cuencas y subregiones oceánicas importantes, así como grandes lagos: el sector del Atlántico oriental del Ártico, los mares del Norte, Báltico, Mediterráneo y Negro, y parte del mar Caspio. Desempeñan un papel fundamental en la determinación de las condiciones climáticas y meteorológicas de la Región, y se ven muy afectados por el cambio climático mundial y regional.

### TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR

La superficie del mar separa el océano de la atmósfera. Su temperatura es clave para monitorear los flujos de energía entre ambos y comprender el papel que desempeñan los océanos en la configuración del tiempo y el clima. La temperatura de la superficie del mar constituye un indicador clave del calentamiento de los océanos, y el contenido calorífico de los océanos brinda información sobre el calentamiento en las profundidades. Durante la era industrial, se ha producido un calentamiento generalizado de las principales cuencas oceánicas de la Región, aunque el ritmo de calentamiento difiere.

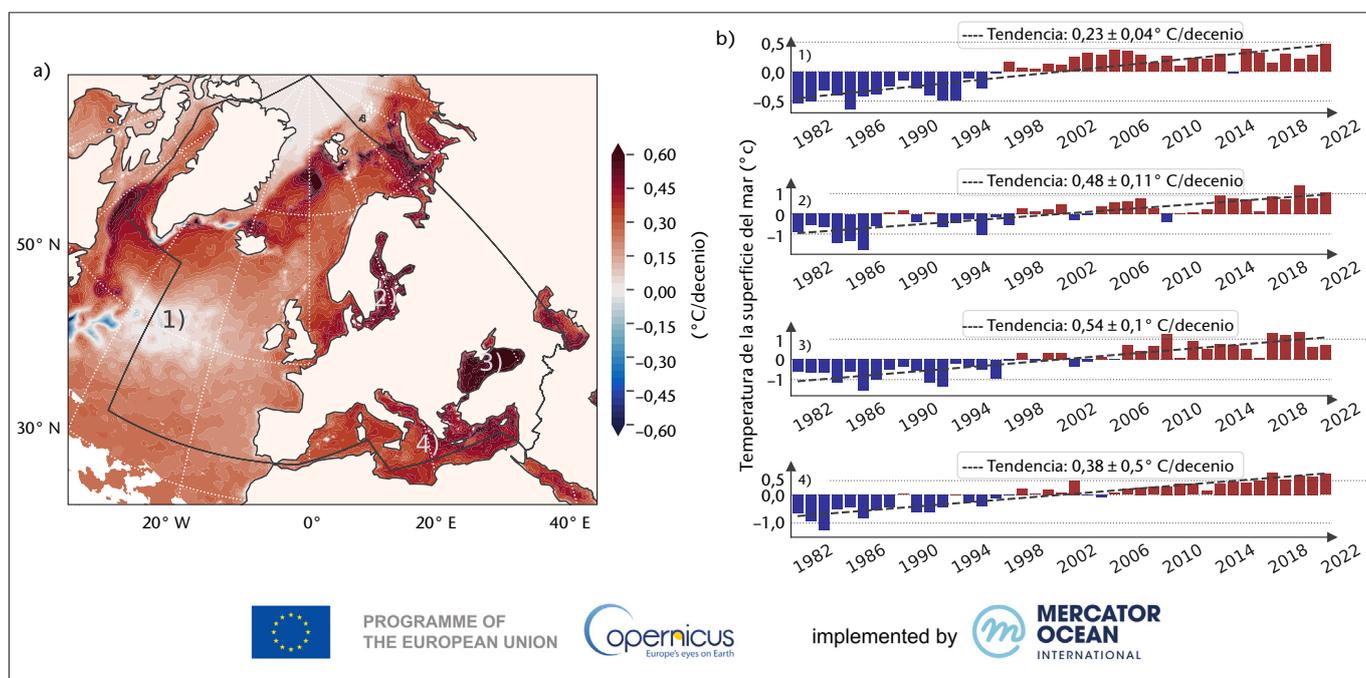
El año 2022 fue el más cálido del que se tiene constancia en términos de temperatura media de la superficie del mar en la zona del Atlántico Norte de la región europea de la OMM, fruto de la tendencia a largo plazo de calentamiento de  $0,23\text{ °C} \pm 0,04\text{ °C}$  por decenio (figura 7 b), 1)). En comparación, la temperatura media de la superficie del mar a escala mundial ha aumentado en los últimos decenios a un ritmo de  $0,15\text{ °C} \pm 0,01\text{ °C}$  por decenio. En diversas subregiones se supera la tendencia de la temperatura de la superficie del mar del conjunto de la zona, y las tasas más elevadas se observan en el mar Negro ( $0,54\text{ °C} \pm 0,10\text{ °C}$  por decenio), seguido por el mar Báltico ( $0,48\text{ °C} \pm 0,11\text{ °C}$  por decenio) y, a continuación, por el mar Mediterráneo ( $0,38\text{ °C} \pm 0,05\text{ °C}$  por decenio) (figura 7 b), 2) a 4)). Asimismo, las tasas más elevadas de calentamiento superficial del océano a escala regional, que superan entre tres y cuatro veces las tasas medias de calentamiento a nivel mundial, se observan en la parte

oriental de la Región, como en el Ártico meridional, la totalidad de los mares Báltico y Negro, y la cuenca oriental del mar Mediterráneo (figura 7 a)). El resto de la cuenca mediterránea se ve afectada por un calentamiento entre dos y tres veces superior al ritmo medio de calentamiento superficial de los océanos a escala mundial, mientras que la zona de la plataforma noroccidental europea se calienta a un ritmo de entre 0,1 °C y 0,2 °C por decenio. Desde el último cuarto de decenio, en el margen más occidental se registra un ligero enfriamiento asociado a las variaciones que se dan en esa zona, que reciben la denominación de "agujero de calentamiento" o "mancha fría" del Atlántico Norte. Esta cuestión se analiza con más detalle en la sección "Contenido calorífico de los océanos".

## CONTENIDO CALORÍFICO DE LOS OCÉANOS

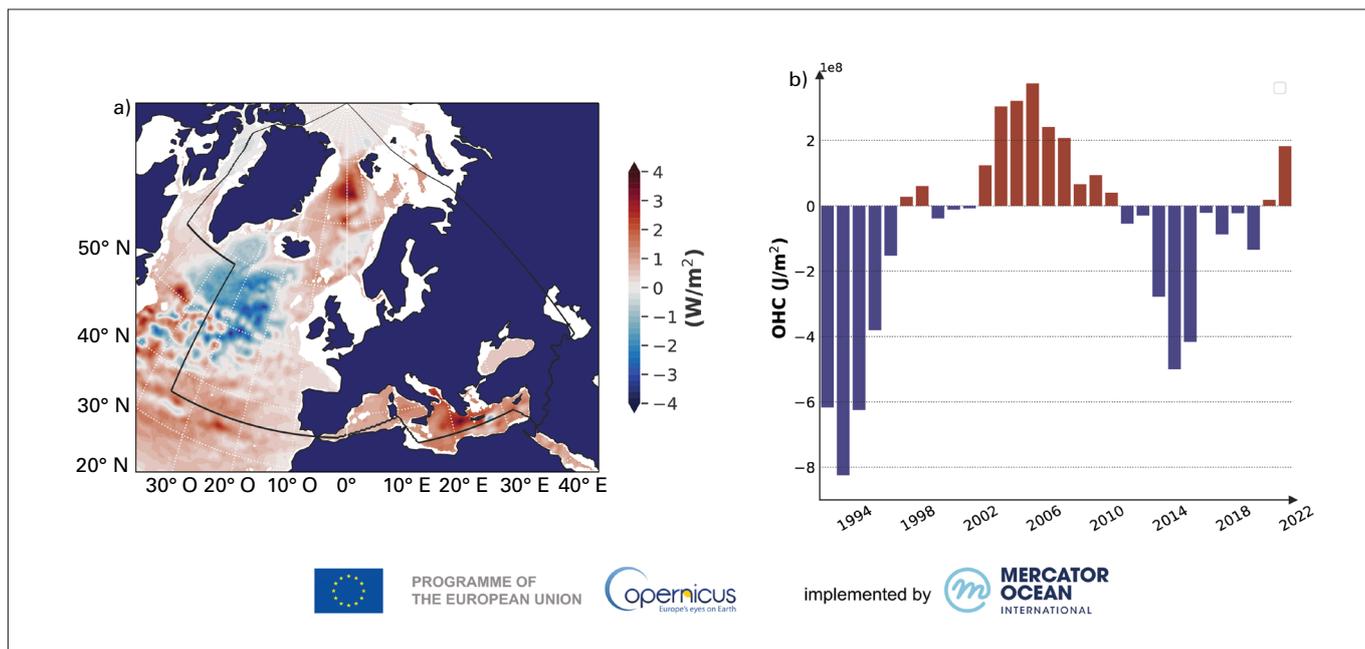
Los océanos han absorbido hasta el 90 % del calor adicional fruto de la emisión antropógena de gases de efecto invernadero. Ello ha provocado un calentamiento notable que será irreversible en escalas de tiempo de centenarias a milenarias<sup>22,23,24</sup>. El IPCC ha llegado a la conclusión de que "es prácticamente seguro que las capas superiores del océano (0 a 700 m) en todo el mundo se han calentado desde la década de 1970, y es sumamente probable que la influencia humana sea la principal fuerza impulsora"<sup>25</sup>.

En los últimos años, el calentamiento medio de las capas superiores del océano (de 0 a 700 m de profundidad) de la Región (véase la zona delimitada por la línea negra en la figura 8 a)) ha estado dominado por variaciones interanuales en el Atlántico Norte subpolar, que se superponen a la tendencia de calentamiento a largo plazo<sup>26</sup>. La incertidumbre del ritmo de calentamiento es alta y la tendencia no es significativa (figura 8 b)). A escala regional, ese calentamiento es más evidente en el mar Mediterráneo, donde llega a superar los 2 W m<sup>-2</sup> en la cuenca oriental. En el margen atlántico, las tasas regionales de calentamiento del océano se sitúan entre 0,5 y 1,0 W m<sup>-2</sup>, aproximadamente. De forma más precisa, la zona situada en el extremo más occidental de la Región VI de la OMM se caracteriza por un enfriamiento a escala decenal y pierde más de 2 W m<sup>-2</sup> durante el período 1993-2022 (figura 8 a)). Los cambios en esa zona se asocian al llamado "agujero de calentamiento" del Atlántico Norte —también denominado "mancha fría" del Atlántico Norte— que se ha relacionado con fenómenos como los cambios en la circulación oceánica en latitudes altas y los procesos aire-mar vinculados a alteraciones en la cobertura de nubes bajas<sup>27,28</sup>.



**Figura 7.** a) Tendencias en cuanto a la temperatura de la superficie del mar (°C por decenio) durante el período 1982-2022. b) Serie temporal de anomalías de la temperatura de la superficie del mar (°C) promediadas por zona respecto del período de referencia 1982-2022 para las zonas indicadas en 7 a): 1) Atlántico Norte; 2) mar Báltico; 3) mar Negro; y 4) mar Mediterráneo. La región europea de la OMM se delimita mediante una línea de color negro.

*Fuente:* Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus/Mercator Océan International (Francia). Datos obtenidos del producto de teledetección para el período 1982-2021 (visítase <https://doi.org/10.48670/moi-00168>), y para el año 2022 (visítase <https://doi.org/10.48670/moi-00165>), descargados del Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus.



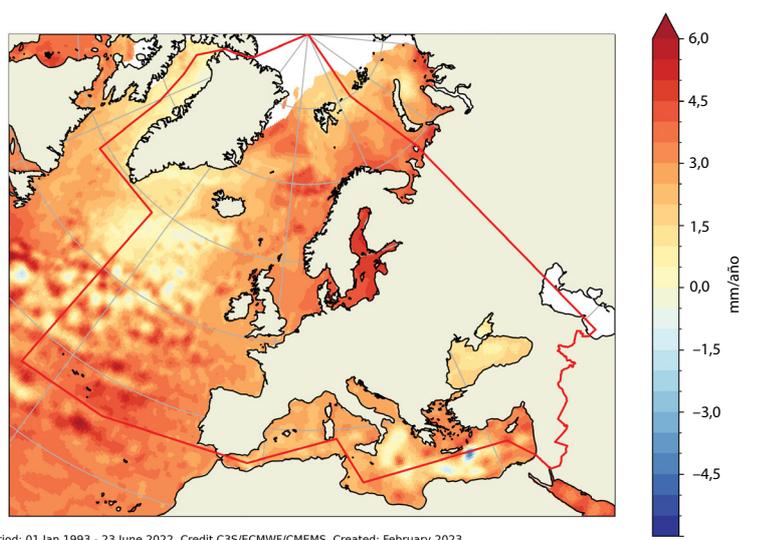
**Figura 8.** a) Anomalías del contenido calorífico de los océanos (OHC) a nivel regional (de 0 a 700 m de profundidad) durante 2022 (respecto a la climatología de 2005-2022). La región europea de la OMM se delimita mediante una línea de color negro. Las zonas representadas de color blanco corresponden a sectores donde el océano tiene menos de 300 m de profundidad, que se han excluido del presente análisis a causa de las limitaciones en cuanto a densidad de las mediciones oceánicas. b) Anomalías anuales del contenido calorífico de los océanos durante el periodo 1993-2022 (respecto a la climatología de 2005-2022).

*Fuente:* Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus/Mercator Océan International (Francia). Datos obtenidos de un producto basado en observaciones distribuido por el Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus (<https://doi.org/10.48670/moi-00052>).

## NIVEL DEL MAR

La evolución del nivel medio del mar pone de manifiesto tanto la expansión térmica de los océanos en respuesta al calentamiento como la pérdida de masa de los mantos de hielo y los glaciares<sup>29</sup>. Se observan variaciones interanuales y a largo plazo del nivel del mar a escala mundial y regional. Esas variaciones pueden afectar a las

comunidades costeras y sumarse a los efectos de subsidencia y levantamiento del terreno. Además, pueden constituir un peligro fruto del mayor riesgo de inundación costera para todas las personas expuestas y vulnerables<sup>30</sup>. Desde 1993, el nivel medio del mar a escala mundial ha aumentado a un ritmo medio de  $3,4 \pm 0,3$  mm/año<sup>31</sup>. A escala regional, las tendencias absolutas del nivel del mar calculadas a partir de datos satelitales muestran variaciones espaciales, y la mayor parte de los mares europeos presentan tendencias de aumento del nivel de sus aguas de entre 2 y 4 mm al año<sup>32</sup> (figura 9)<sup>33</sup>.



Period: 01 Jan 1993 - 23 June 2022, Credit C3S/ECMWF/CMEMS, Created: February 2023

**Figura 9.** Tendencias del nivel del mar (mm/año) obtenidas a partir de altimetría satelital entre enero de 1993 y junio de 2022. Los datos no se han corregido en función del ajuste isostático glacial ni de la deriva instrumental de las mediciones del TOPEX-A. la línea de color rojo delimita la Región VI de la OMM (Europa).

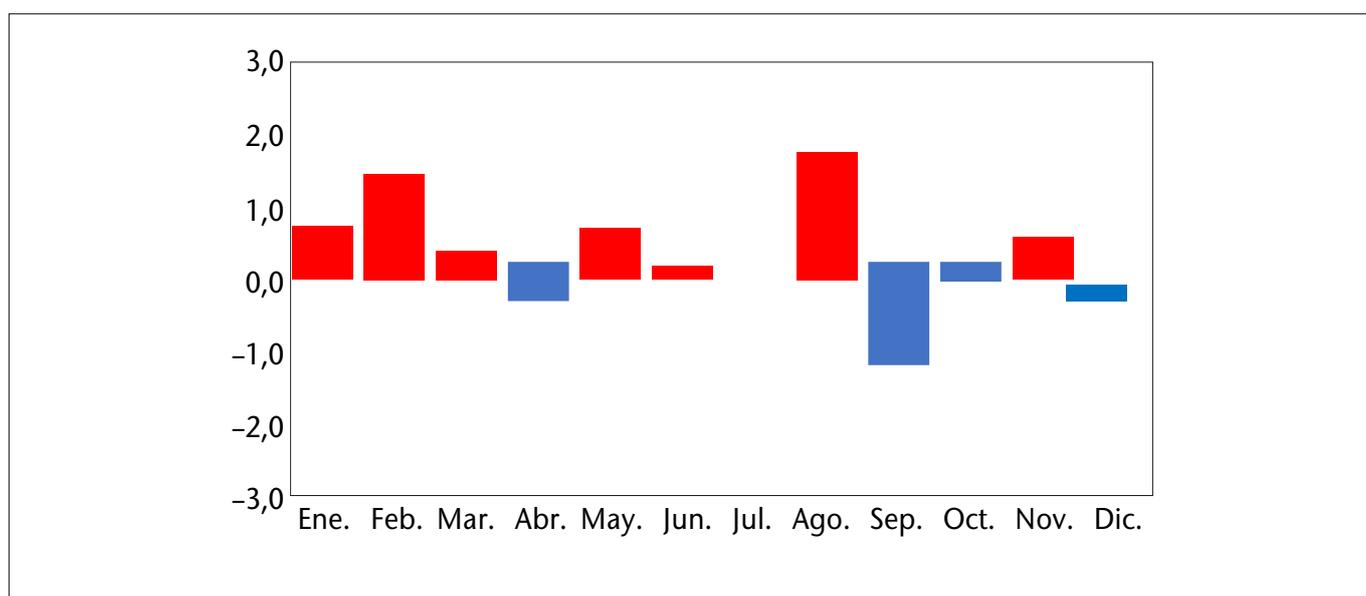
*Fuente:* Indicador de monitoreo oceánico del Servicio de Vigilancia Medioambiental Marina de Copernicus (SVMMC), basado en el producto de nivel del mar del C3S.

# Principales configuraciones de la circulación atmosférica de la Región en 2022

En cuanto al clima regional, a pesar de las tendencias al calentamiento en escalas de tiempo decenales, se produce una variabilidad interanual en respuesta a determinados condicionantes climáticos. Durante la mayor parte de 2022, el promedio de la temperatura media mensual en la Región VI de la OMM fue más cálido de lo normal. La oscilación del Atlántico Norte, que describe los cambios en la intensidad de dos configuraciones recurrentes de la presión atmosférica sobre esa parte del océano, desempeña un papel clave en la variabilidad climática de la región europea.

La oscilación del Atlántico Norte fue positiva desde principios de año hasta bien entrado marzo, y contribuyó a las temperaturas cálidas del comienzo del año registradas en gran parte de Europa y también al episodio cálido vivido en el norte del continente en marzo (véase la figura 10, índice mensual de la oscilación del Atlántico Norte en 2022). El intenso chorro que se le asocia trajo en febrero algunas de las tormentas que recibieron nombre, así como una situación de bloqueo en la primavera de 2022 que se relacionó con un episodio de frío en abril.

Durante el verano, en consonancia con un índice positivo de la oscilación del Atlántico Norte, una banda de altas presiones, que se extendía sobre la parte central del Atlántico Norte, el oeste y noreste de Europa, contribuyó a que se alcanzaran temperaturas sin precedentes y condiciones secas en esas regiones. Los períodos prolongados de condiciones anticiclónicas y la persistente falta de precipitaciones en amplias zonas de Europa de invierno a verano potenciaron la aparición de olas de calor durante la estación estival.



**Figura 10.** Valores medios mensuales del índice de la oscilación del Atlántico Norte en 2022.

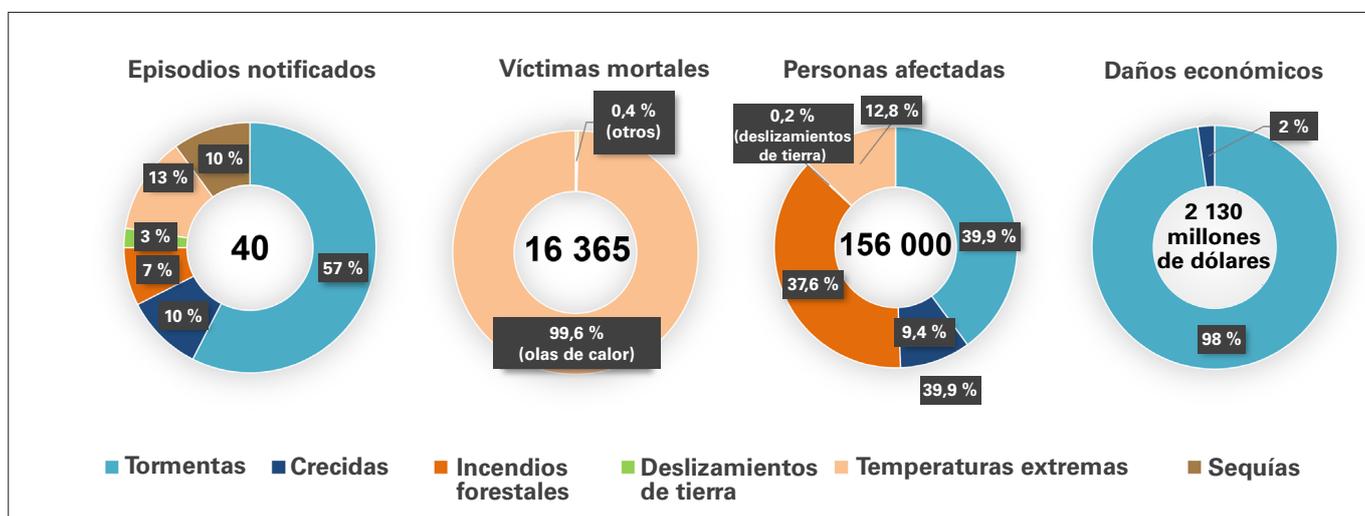
*Fuente:* Datos del Centro de Predicción del Clima (CPC) de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA).

# Fenómenos extremos y sus efectos

## PANORAMA

En la Región, el año 2022 estuvo marcado por varios fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos. En los siguientes apartados se describe una selección de algunos episodios excepcionales.

Según la información de la Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT<sup>34</sup> en 2022 se produjeron en Europa 40 episodios meteorológicos, hidrológicos y climáticos peligrosos que causaron 16 365 víctimas mortales notificadas y afectaron directamente a 156 000 personas (figura 11). Alrededor del 67 % de los episodios estuvieron relacionados con inundaciones y tormentas, ocasionaron decenas de víctimas mortales y supusieron el 99,9 % de los daños económicos totales (unos 2 000 millones de dólares de los Estados Unidos, cifra muy inferior al total de 50 000 millones de dólares de 2021, debidos, principalmente, a las inundaciones de julio de 2021 en el oeste y el centro de Europa). Mucho más graves, en términos de mortalidad, fueron las olas de calor (13 % de todos los episodios), por las que se notificó un exceso de muertes cifrado en 16 305 personas, lo que representa el 99,6 % de todas las víctimas mortales. Las cifras relativas a las consecuencias de los fenómenos extremos en 2022 podrían haber sido peores porque, a causa de la falta de datos, algunos de ellos no se incluyeron en la base de datos.



**Figura 11.** Fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos ocurridos en Europa en 2022. Nota: A raíz de la falta de datos, puede que no se disponga de información sobre los efectos de algunos desastres. Puede que algunos episodios de carácter transnacional hayan sido notificados individualmente por los países afectados.

Fuente: Datos de la base de datos EM-DAT.

## PRECIPITACIONES INTENSAS Y CRECIDAS

El 11 de enero, la tormenta Diomedes provocó fuertes lluvias sobre el Mediterráneo oriental, especialmente en Grecia, y en particular en la región oriental de Tesalia, las islas Espóradas y las prefecturas vecinas de Macedonia. La estación meteorológica del Observatorio Nacional de Atenas instalada en la localidad de Portaria registró más de 340 mm de lluvia en 16 horas, un valor que se aproxima al total anual de precipitaciones de Atenas (378 mm en la estación de Thissio, cerca del centro de la capital griega). Dos personas murieron en las crecidas que afectaron a la región de Macedonia Central, mientras que se produjo otra víctima mortal en la ciudad de Karditsa, en la región de Tesalia.

En septiembre, varios lugares del sur de Europa se vieron afectados por fuertes lluvias e inundaciones. En el centro de Italia, lluvias torrenciales provocaron inundaciones en la región de Las Marcas los días 15 y 16 de septiembre. Muchas zonas se quedaron sin electricidad, telecomunicaciones ni agua potable. La gente se refugió en los tejados de las casas y en los árboles para escapar de las inundaciones. Las precipitaciones totales ascendieron a 419 mm en 12 horas, el equivalente a cuatro meses de precipitaciones medias. Varios arroyos y ríos se desbordaron. El 16 de septiembre, el Consejo de Ministros italiano declaró el estado de emergencia durante 12 meses. En Croacia, a finales de septiembre, cayeron un total de 287,5 mm de lluvia en 24 horas en Rijeka (desde las 5.00 UTC del 28 de septiembre hasta las 5.00 UTC del 29 de septiembre). Esa cifra supera el anterior valor máximo de precipitación en 24 horas registrado en septiembre de 2013 en esa estación (248,9 mm). La lluvia provocó dañinas crecidas repentinas que dejaron una víctima mortal en Rijeka.

En noviembre, las lluvias intensas y el granizo causaron graves daños en el este y centro de España. Se produjeron inundaciones en las regiones de Valencia y Castilla y León. El aeropuerto de Valencia se cerró debido a las inundaciones. En varios lugares de esas regiones, se midieron acumulados de entre 150 y 300 mm en 48 horas, como los 208,4 mm del aeropuerto de Valencia. En ese aeropuerto se batieron diversos récords de precipitaciones en noviembre: el chaparrón más intenso (66,1 mm en una hora), la mayor precipitación total diaria (148,4 mm) y la mayor precipitación total de noviembre (211,1 mm).

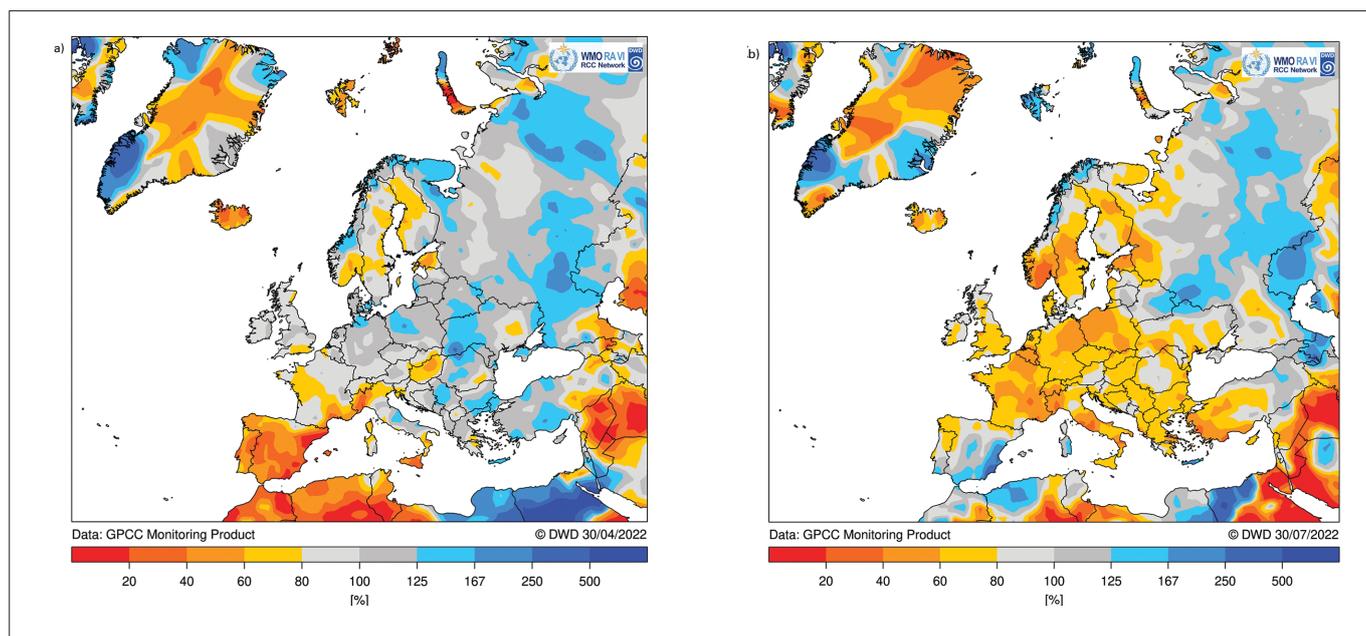
El 12 de diciembre, la tormenta Gaia provocó lluvias fuertes de más de 200 mm en 24 horas que causaron inundaciones en algunas zonas de la provincia de Antalya (Türkiye). En esa provincia, en concreto en la localidad de Finike, se registraron 253,8 mm de lluvia en 24 horas. La lluvia provocó el desbordamiento de varios arroyos, lo que causó perniciosas crecidas y problemas de transporte. Las inundaciones causaron daños a unos 500 vehículos, a unas 100 casas y a más de 1 200 hectáreas de cultivos y tierras agrícolas.

## SEQUIÁS

La sequía afectó a gran parte de Europa durante todo el año. Debido a la oscilación del Atlántico Norte positiva del invierno y a las condiciones de bloqueo, la sequía prevaleció en amplias regiones del suroeste de Europa durante el invierno (de diciembre de 2021 a febrero de 2022) (figura 12 a)). Para finales de febrero, el 96 % de Portugal sufría sequía severa o extrema.

En primavera, los déficits de precipitaciones y de humedad del suelo afectaron a zonas muy amplias de Europa, excepto a la península ibérica, donde las lluvias permitieron mejorar temporalmente las condiciones (figura 12 b)). A principios de agosto, la superficie sujeta a condiciones de sequía alcanzó su máximo. Esa situación se produjo después de que en el oeste y el centro de Europa también se hubiera experimentado recientemente sequía en los veranos de 2018, 2019 y 2020.

En algunos de los principales ríos de Europa se registraron caudales bajos. El bajo nivel de agua del río Po perjudicó a los cultivos y permitió la intrusión de agua de mar casi 40 km tierra adentro, lo que afectó a los ecosistemas fluviales. La temporada de nevadas, extremadamente escasa, también contribuyó al estado crítico de los niveles de agua del río Po y de otros cursos de agua. El 4 de julio, el Gobierno de Italia declaró el estado de emergencia en cinco regiones, donde vivía el 42 % de la población italiana. La falta de agua redujo la producción de energía hidroeléctrica y termoeléctrica. En algunas regiones, como Lombardía, la escasez de precipitaciones mermó las



**Figura 12.** a) Precipitación (porcentaje de la media del período 1991-2020) durante el invierno de 2021/2022 y b) la primavera de 2022. Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCP), del Servicio Meteorológico de Alemania (DWD).

reservas totales de agua (lagos, embalses y equivalente en agua de la cubierta de nieve) por debajo del mínimo observado en los últimos 15 años.

En la Francia continental, a mediados de agosto se habían impuesto restricciones al uso del agua en 71 de los 96 departamentos a causa de las alertas por sequía. Algunas zonas sufrieron una falta total de agua corriente. Los agricultores ya no podían regar sus campos, lo que provocó graves consecuencias para la producción agrícola. Francia sufrió el período de enero a septiembre más seco de su historia, mientras que en el Reino Unido y Uccle (Bélgica), ese período de enero a agosto fue el más seco desde 1976.

Tanto la producción hidroeléctrica como la termoeléctrica se redujeron, debido a unas precipitaciones muy por debajo del promedio que se tradujeron en un bajo nivel de agua de ríos y embalses. En Francia, el bajo caudal fluvial y las elevadas temperaturas del agua de los ríos provocaron la reducción del rendimiento de algunas centrales nucleares<sup>35</sup>.

En Portugal y España, el déficit de precipitaciones del año hidrológico (de octubre de 2021 a septiembre de 2022) repercutió en los niveles de agua embalsada. El 26 de julio, la reserva de agua española disminuyó hasta el 41,9 % de su capacidad total, y fue todavía menor en algunas cuencas, como la del Guadalquivir, en el sur de España (25,6 %).

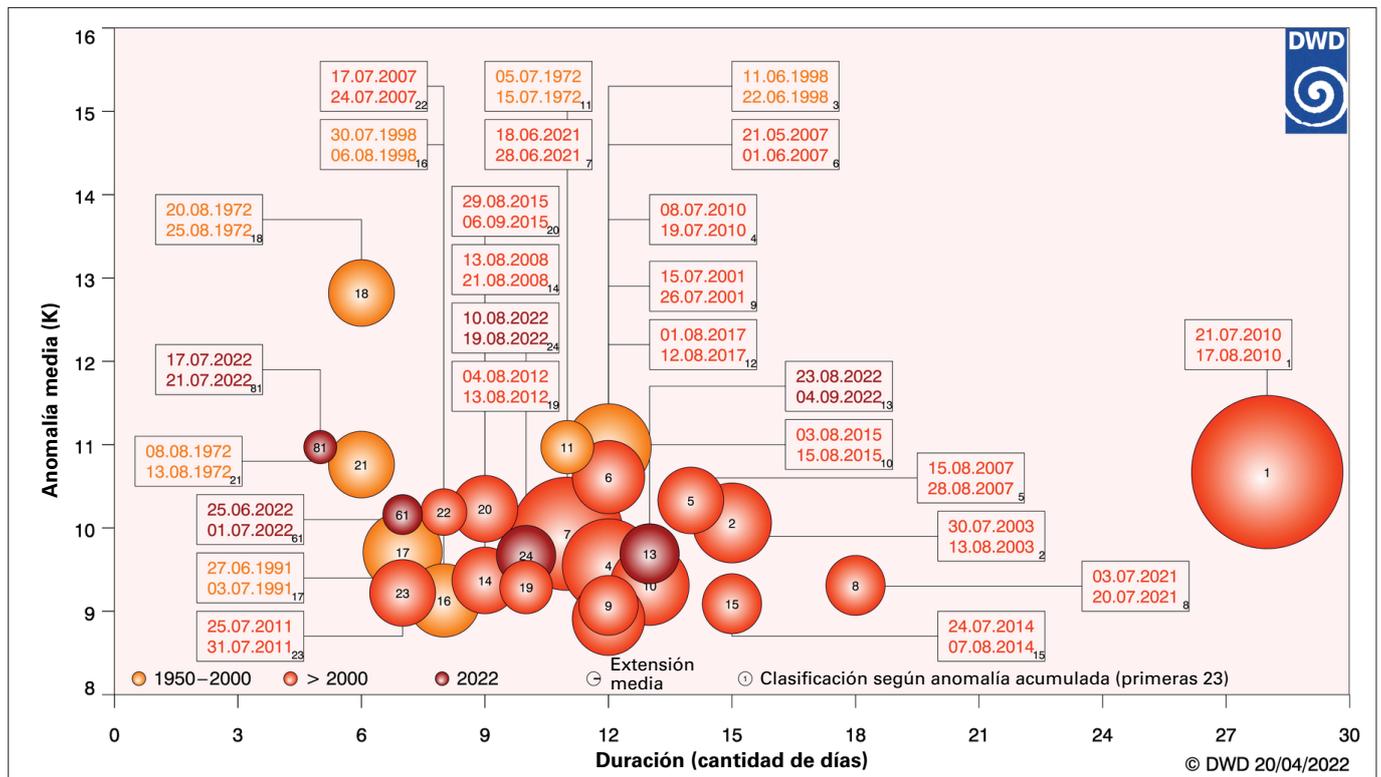
La sequía también fue generalizada en el centro de Europa y perjudicó a la agricultura. En Alemania se redujo la cosecha de cereales y, más tarde, en verano, la de remolacha azucarera, maíz y uva. En varios emplazamientos del río Rin se registraron nuevos niveles mínimos históricos a nivel local. En tres estados del centro-oeste de Alemania se vivió el verano más seco de la historia, en una región que había sufrido inundaciones extremas el verano anterior. En Polonia, alrededor del 64 % de las estaciones de aforo de la red nacional de observación registraron niveles de agua bajos en los ríos. En el oeste de Suiza, el período comprendido entre mayo y mediados de agosto fue el segundo más seco desde que comenzaron las mediciones en 1864.

El segundo verano más seco, seguido del segundo otoño más cálido, provocaron condiciones de sequía y déficit hídrico en Armenia, desde finales de julio hasta septiembre. Hacia finales de año comenzó a desarrollarse una sequía severa en Türkiye y a perpetuarse en la República Árabe Siria. La persistencia de unas condiciones inusualmente secas provocó déficits hídricos. Los precios de los alimentos en la República Árabe Siria casi se duplicaron con respecto a 2021, una situación que se agravó aún más por el conflicto en Ucrania. En la República Árabe Siria, 13,9 millones de personas (64 % de la población) padecieron inseguridad alimentaria<sup>36</sup>.

## OLAS DE CALOR E INCENDIOS FORESTALES

Europa sufrió varias olas de calor excepcionales durante el verano (figura 13). La más severa se produjo a mediados de julio y ocasionó temperaturas sin precedentes en varios emplazamientos. El 19 de julio, la temperatura alcanzó por primera vez los 40 °C en el Reino Unido, al registrarse 40,3 °C en Coningsby, 1,6 °C por encima del anterior récord nacional (38,7 °C en el jardín botánico de Cambridge el día 25 de julio de 2019). En Irlanda, los 33,0 °C registrados el 18 de julio en Phoenix Park, en el condado de Dublín, representaron la temperatura más alta desde 1887. Numerosos emplazamientos batieron récords anteriores en más de 3 °C, sobre todo en el norte de Inglaterra y el oeste de Francia. La temperatura media diaria del centro de Inglaterra superó en 2,8 °C su anterior valor máximo en 250 años de datos diarios. En Alemania, el 20 de julio se alcanzaron 40,1 °C en Hamburgo-Neuwiedenthal, la lectura superior a 40 °C registrada más al norte de la que se tiene constancia. El 21 de julio, el calor se extendió hasta el norte de Suecia, donde los 37,2 °C registrados en Målilla se convirtieron en la temperatura más alta del país desde 1947. A mediados de agosto, el noreste de Europa sufrió importantes olas de calor, que batieron récords en Finlandia, Estonia, Letonia y el oeste de la Federación de Rusia, donde las temperaturas alcanzaron los 31,1 °C en San Petersburgo.

El calor también se extendió hacia el este y el sur. La temperatura del aire máxima diaria registrada el 21 de julio en Eslovaquia (40,0 °C) representa el tercer valor más alto de julio y el cuarto más alto desde que empezaron a obtenerse mediciones en ese país. El 23 de julio se alcanzó un nuevo récord mensual en Eslovenia (39,4 °C). Asimismo, en Zagreb (Croacia) se produjo el segundo día más caluroso desde 1881 (39,1 °C). En julio, en Portugal, las temperaturas alcanzaron los 47,0 °C en Pinhão, el valor más elevado en un mes de julio en el país. En junio se alcanzaron varias temperaturas máximas sin precedentes en Italia, como los 40,0 °C en la estación Roma-Urbe (Roma) el día 27 de junio. El 13 de agosto se batieron numerosos récords de temperaturas máximas y mínimas



**Figura 13.** Las 23 olas de calor más severas de Europa (1950-2022), clasificadas por orden de gravedad de la 1 a la 23. Las olas de calor de 2022 se muestran en color rojo oscuro.

Fuente: Servicio Meteorológico de Alemania (DWD) ([https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm\\_int\\_hwkltr.html](https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_hwkltr.html)). Consúltese también la nota sobre la metodología seguida para elaborar el gráfico.

mensuales más altas en las islas Baleares (España). Por primera vez, las temperaturas en la estación del aeropuerto de Ibiza superaron los 40 °C.

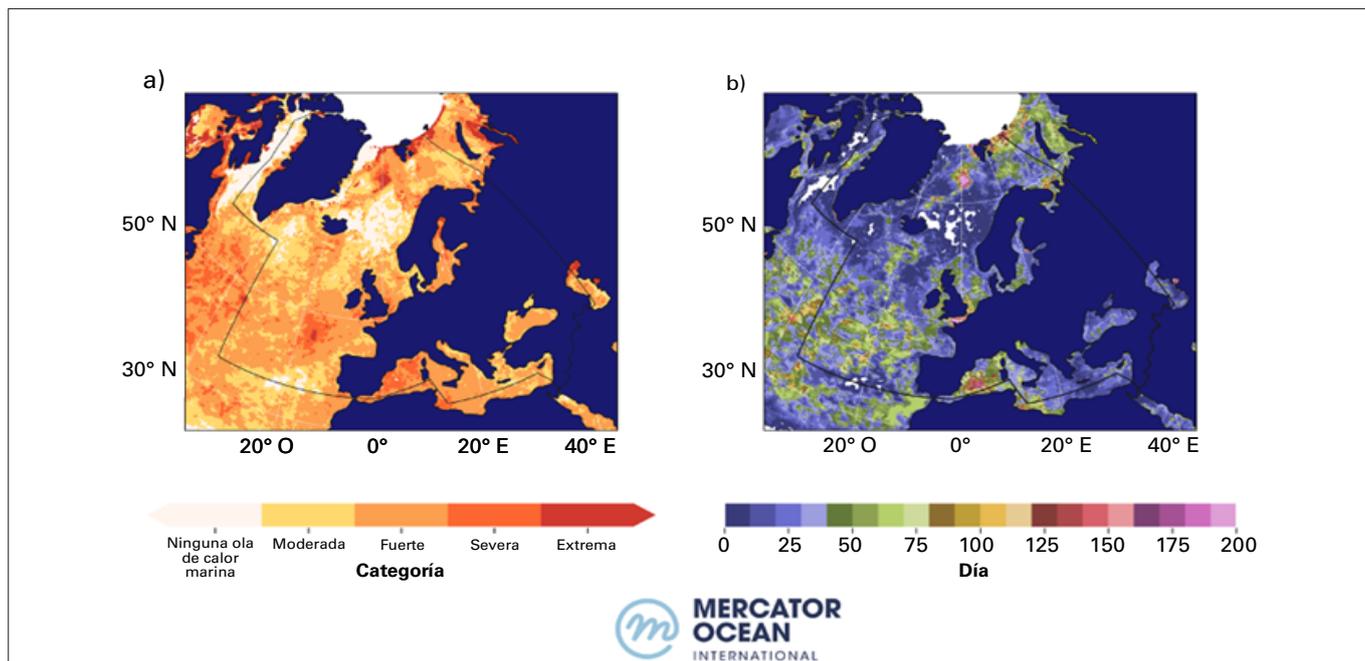
Resulta difícil establecer una estimación de la mortalidad debida únicamente al calor, ya que las tasas de mortalidad también se vieron afectadas por la enfermedad por coronavirus (COVID-19). No obstante, las estimaciones oficiales sitúan el número de muertes en exceso en torno a las 4 600 en España<sup>37</sup>, 4 500 en Alemania<sup>38</sup>, 2 800 en el Reino Unido (entre las personas de 65 años y más)<sup>39</sup>, 2 800 en Francia<sup>40</sup> y 1 000 en Portugal<sup>41</sup>.

Las condiciones de calor y sequía alimentaron numerosos incendios forestales en toda la Región, lo que dio lugar a la segunda mayor superficie calcinada registrada (después de la de 2017). Durante 2022 se produjeron grandes incendios forestales en Francia, España, Portugal, Eslovenia y Chequia, y muchos otros países también vieron arder superficies superiores al promedio. El Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS) estimó en más de 800 000 hectáreas la superficie total calcinada en el conjunto de la Unión Europea (UE)<sup>42</sup>.

Armenia vivió el segundo otoño más caluroso desde 1935, mientras que el episodio cálido observado en la segunda quincena de noviembre produjo temperaturas máximas diarias récord en más de diez estaciones. Las temperaturas en las estaciones situadas a más de 1 000 m sobre el nivel del mar alcanzaron los 22 °C.

## OLAS DE CALOR MARINAS

Una ola de calor marina es un período relativamente largo de temperaturas oceánicas inusualmente elevadas en una región<sup>43</sup>. Ese tipo de fenómeno se está convirtiendo en un factor de estrés generalizado para los ecosistemas marinos de todo el mundo. Las olas de calor marinas suponen una amenaza para importantes ecosistemas a nivel individual, poblacional y comunitario, en especial para los arrecifes de coral y las praderas submarinas. Pueden desencadenar la migración de especies y extinciones masivas, así como provocar importantes pérdidas económicas en la pesca y la acuicultura. La frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor marinas están aumentando significativamente debido al actual calentamiento global antropógeno<sup>44</sup>.



**Figura 14.** Mapa que muestra a) la categoría de ola de calor marina más elevada (para consultar las definiciones, véase el apartado “Olas de calor marinas y episodios de frío marinos” de la sección “Conjuntos de datos y métodos”) observada en cada píxel en 2022 y b) la duración máxima de las olas de calor marinas a lo largo de 2022.

*Fuente:* Mercator Océan International (Francia). Datos obtenidos del producto de teledetección para el período 1982-2021 (<https://doi.org/10.48670/moi-00168>), y para 2022 (<https://doi.org/10.48670/moi-00165>), descargados del Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus.

En 2022, amplias zonas de la Región se vieron afectadas por olas de calor marinas fuertes o incluso severas y extremas. Algunas olas de calor marinas duraron entre cuatro y cinco meses, aproximadamente, como en el Mediterráneo occidental, el canal de la Mancha, el Ártico meridional y la parte septentrional de los mares de Barents y Kara (figura 14). Otras zonas afectadas por olas de calor marinas severas o extremas, cuya duración osciló entre uno y dos meses, fueron el Mediterráneo occidental, los mares de Barents y Kara, el suroeste del Báltico, el mar del Norte y amplias zonas del Atlántico Norte (hasta el suroeste de Irlanda y la zona del golfo de Vizcaya). Por ejemplo, en el verano de 2022 (junio-agosto) se registraron en el Mediterráneo anomalías positivas de la temperatura de la superficie del mar que alcanzaron localmente valores de hasta 4,6 °C, lo que significa que se superaron los valores del verano de 2003, año que ostentaba el anterior récord de calor<sup>45</sup>. La intensidad de las olas de calor fue mayor en las partes septentrionales del Mediterráneo occidental, y disminuyó hacia el sur y el este. En el mar de Liguria la intensidad máxima de la ola de calor se alcanzó el 21 de julio y continuó siendo notable en septiembre.

## OLAS DE FRÍO, NEVADAS FUERTES Y HELADAS

Aunque el año 2022 se caracterizó por numerosos episodios cálidos, se produjeron algunos episodios de frío importantes y nevadas fuertes.

En el sureste de Türkiye, las nevadas y las bajas temperaturas registradas los días 18 y 19 de enero dejaron vehículos bloqueados en una carretera principal, por lo que se tuvo que suministrar ayuda mediante helicópteros. Tales condiciones meteorológicas son poco frecuentes en la región, en la que se registraron temperaturas de -3 °C en Gaziantep (donde la mínima media del período 1991-2020 es de 0,4 °C), y de -34,4 °C en el distrito de Özalp, una zona situada a gran altitud. Esas condiciones invernales también afectaron al noroeste de la República Árabe Siria y a cientos de campos de refugiados a lo largo de la frontera turca. La temperatura en Alepo descendió a -2 °C, y en Kamishli hasta los -9,8 °C. Muchas tiendas de campaña no soportaron el peso de la nevada.

Entre el 24 y el 26 de enero, una fuerte tormenta de invierno llamada Elpida (o Elpis) afectó a Grecia, incluida la capital Atenas, con temperaturas que descendieron hasta los -14 °C y fuertes nevadas. Las autoridades cerraron escuelas, oficinas públicas y todas las empresas privadas de la capital, excepto supermercados, farmacias y gasolineras.

Al menos 200 000 hogares y negocios de Atenas se quedaron sin electricidad, algunos de ellos durante varios días. A pesar de que la nieve es poco frecuente en el centro de Atenas y en las islas del Egeo, fue la segunda vez en 12 meses que esa región sufrió una intensa tormenta de nieve con las consiguientes perturbaciones del tráfico. La anterior se produjo en febrero de 2021. La tormenta Elpis también afectó a Israel, provocando fuertes nevadas. En Jerusalén se vivió la mayor nevada desde 2015, con acumulados de nieve de entre 15 y 25 cm.

Por segundo año consecutivo, las heladas generalizadas de principios de abril provocaron pérdidas en las cosechas en el oeste y el centro de Europa. Los daños a la agricultura fueron generalizados, pero menos graves que los sufridos durante un episodio similar en 2021. Los países más perjudicados fueron Francia, Alemania, España y Austria, donde se vieron especialmente afectados huertos y viñedos. En Francia, el promedio nacional de la temperatura mínima descendió a  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  el 4 de abril, por lo que en esa fecha se dio la mañana de abril más fría en el país desde 1947.

En diciembre, un período de frío también afectó al noroeste de Europa, el episodio de frío más importante desde diciembre de 2010. Islandia registró el diciembre más frío del país desde 1973 y la capital, Reikiavik, el más frío de los últimos 100 años.

## TORMENTAS CON VIENTOS FUERTES

En la última semana de enero, las tormentas procedentes de latitudes más altas se desplazaron más allá de Escandinavia y continuaron hacia el sureste, atravesando Europa central y oriental. La más potente de ellas fue la tormenta Malik, que cruzó Europa central y oriental los días 29 y 30 de enero. Al menos seis personas murieron después de que la tormenta invernal trajera vientos huracanados al norte y centro de Europa, lo cual provocó mareas de tempestad en la costa y dejó sin electricidad a cientos de miles de personas. Los países más afectados fueron el Reino Unido, Dinamarca, Polonia y Alemania, donde viviendas y automóviles quedaron destrozados, se cerraron puentes, se cancelaron trenes y los transbordadores quedaron amarrados en puerto, ya que las mareas de tempestad provocaron inundaciones en la costa. En las zonas costeras e insulares de la parte alemana del mar del Norte y el mar Báltico se registraron ráfagas de viento de entre 110 y 140 km/h, y de unos 100 km/h entre Hamburgo y Berlín. La tormenta también provocó daños en Polonia y Chequia, donde causó víctimas mortales y cortes de electricidad generalizados. En la colina de János (Budapest) se registraron vientos de 127,4 km/h, un nuevo récord nacional para Hungría (el récord anterior se había observado en la estación de Örsöd (Budapest) en 1979).

Del 16 al 21 de febrero, tres tormentas sucesivas con vientos fuertes atravesaron el oeste de Europa, así como el centro y norte del continente. La más significativa fue la tormenta Eunice, que cruzó Irlanda, Inglaterra y Gales el 18 de febrero. En The Needles, en la isla de Wight, tuvo lugar la mayor racha de viento jamás registrada en Inglaterra (196 km/h). Durante la tormenta se produjeron cuatro muertes en el Reino Unido, una en Irlanda y otras dos en Bélgica, mientras que más de un millón de hogares de Inglaterra y Gales se quedaron sin electricidad.

El 18 de agosto, un derecho excepcional, es decir, una banda de tormentas eléctricas y vientos destructivos de larga duración, afectó a zonas del sur y el centro de Europa, lo que provocó fuertes vientos e intensas lluvias a lo largo de 1 600 km, desde las islas Baleares (España) hasta Córcega (Francia), Italia, Eslovenia, Austria y Chequia. El derecho alcanzó su máxima intensidad sobre Córcega, donde se registraron rachas de viento de 225 km/h, el valor más importante observado de forma fiable en la Francia metropolitana. Se notificaron cinco víctimas mortales. También se produjeron daños importantes en Italia, donde el granizo alcanzó los 8 cm de diámetro.

El 23 de octubre, un tornado de categoría EF3 (la tercera categoría más intensa para un tornado en la escala Fujita mejorada) cruzó el norte de Francia y causó daños importantes. Su recorrido fue de 206 km, el más largo registrado en Francia.

# Políticas y medidas relacionadas con el clima en el sector energético

El presente informe se centra en las políticas y medidas relacionadas con el clima en el sector energético, debido a la importancia de ese sector para las transiciones hacia sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono. A continuación se ahonda en este tema, y también se abordan las iniciativas actuales para desplegar las energías renovables, además de analizar el papel que la meteorología puede jugar en ese despliegue. Se destaca la importancia de los servicios climáticos para el sector energético, en particular para los recursos renovables solares y eólicos y también para la energía nuclear, así como los crecientes impactos de los fenómenos meteorológicos extremos. Esta sección se completa con información adicional sobre el uso de fuentes de energía renovables en los sistemas agroalimentarios.

## TRANSICIONES HACIA SISTEMAS ENERGÉTICOS CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

Uno de los objetivos centrales del Acuerdo de París, ratificado por 195 Partes, es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático al mantener el aumento de la temperatura mundial durante el siglo XXI muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura aún más, hasta 1,5 °C. El IPCC, en su Sexto Informe de Evaluación, concluyó que en las trayectorias modelizadas mundiales que limitan el calentamiento a 1,5 °C (probabilidad > 50 %) sin sobrepaso o con sobrepaso limitado, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> alcanzan el cero neto a principios de la década de 2050<sup>46</sup>. En vista de ello, muchos gobiernos en Europa se han comprometido a buscar vías para lograr la neutralidad ("climática") en carbono durante el período 2050-2070 al recortar drásticamente las emisiones del sector energético y compensar las emisiones restantes a través de la captura de carbono y el aumento de los sumideros en el ámbito del uso de la tierra. Los sistemas energéticos deben integrar una combinación de tecnologías con emisiones de carbono nulas o próximas a cero. La interconexión entre tecnología y fuentes de energía sostenibles, como la eólica y la solar, pone de relieve la importancia de la interacción entre tecnología e innovación, investigación y colaboración a nivel mundial con el propósito de alcanzar la neutralidad en carbono para 2050.

La transición hacia sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono requiere el despliegue de tecnologías e infraestructuras energéticas limpias. Ello incluye la integración de fuentes de energía renovables y tecnologías de almacenamiento de energía, junto con la mejora de la infraestructura de la red, al tiempo que se garantiza la asequibilidad y la seguridad energéticas. Para lograr la neutralidad en carbono, es necesario tomar medidas a fin de maximizar el uso de esas tecnologías. Así pues, debe determinarse la interacción tecnológica adecuada mediante la sensibilización, la instauración de marcos políticos y la financiación de una transición justa hacia sistemas energéticos neutros en carbono.

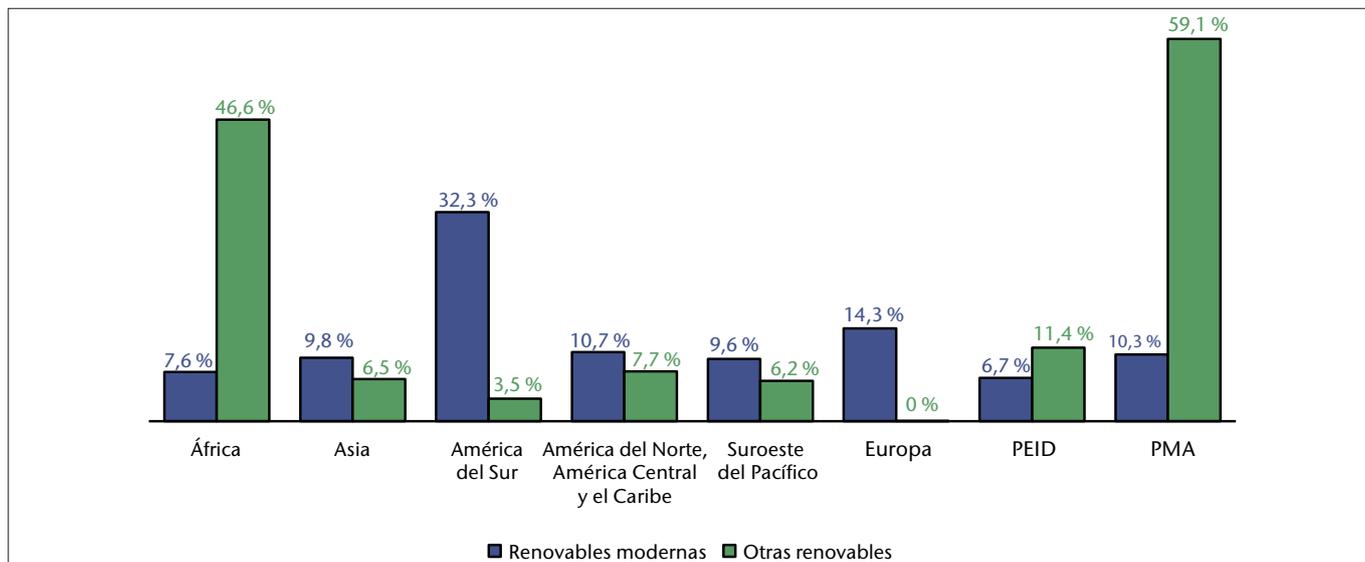
## EL COMPROMISO CON LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La UE ha acordado elevar el objetivo vinculante en materia de energía renovable del 32 % a un mínimo del 42,5 % para 2030, lo que supondrá casi duplicar los niveles de 2019<sup>47</sup>. Además, otras Partes europeas en el Acuerdo de París han incluido objetivos en materia de energía renovable en sus contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN). Por ejemplo, Albania se ha comprometido a alcanzar el 42 % de energía renovable en el consumo de energía final para 2030.

Aún queda mucho camino por recorrer para alcanzar esos objetivos. En 2019, en Europa, la cuota global de las fuentes de energía renovable ascendió al 14,3 % del consumo total de energía final (figura 15). En 2022, la energía eólica y solar generaron en Europa el 22,3 % de la electricidad de la UE, y superaron por primera vez al gas fósil (20 %) y al carbón (16 %)<sup>48</sup>. Eso se debió a una combinación de factores, entre ellos, un aumento significativo de la capacidad instalada de generación de energía solar en 2022. Asimismo, la radiación solar en superficie anual registrada en Europa en 2022 fue la más alta jamás observada desde 1983 (inicio del registro de datos satelitales), un 4,9 % por encima del promedio del período de referencia 1991-2020<sup>49,50</sup>.

## POTENCIAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE

La producción de energía libre de emisiones a partir de fuentes solares, eólicas e hidroeléctricas es cada vez más importante. Por tanto, también reviste cada vez más interés el análisis de las variables meteorológicas asociadas: radiación solar en superficie, velocidad del viento y precipitaciones.



**Figura 15.** Porcentaje de los sistemas energéticos renovables modernos y otros sistemas renovables en 2019, por Región.

*Fuente:* Los datos sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7.2 – Energía renovable, proceden de la Agencia Internacional de Energía (AIE), la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD) y han sido analizados por la OMM para adecuarlos a su clasificación regional.

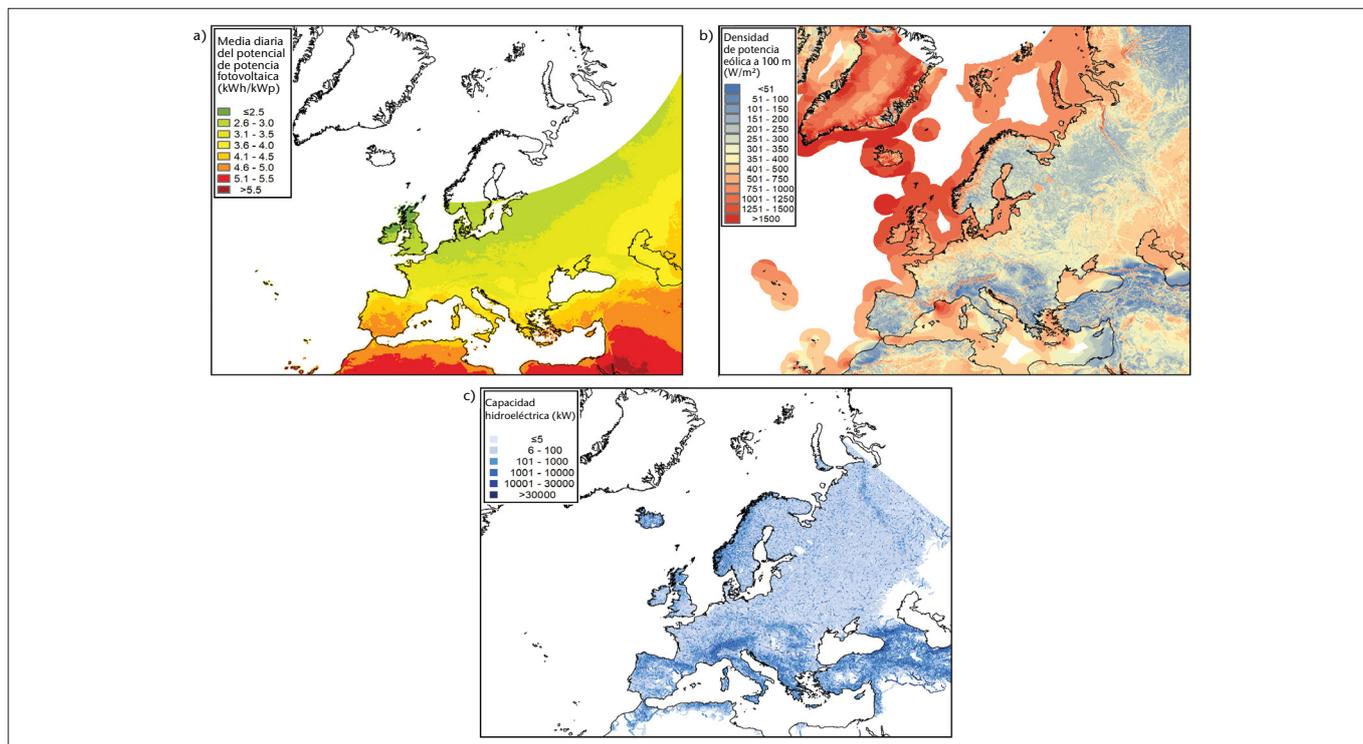
En la figura 16 se muestran los potenciales promedio a largo plazo de la energía fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica<sup>51,52,53</sup>. Por lo general, la radiación solar en superficie es más importante en el sur de Europa a causa del ángulo de incidencia del sol y la menor cobertura nubosa. Normalmente, el potencial de la energía eólica es mayor en el océano, en especial frente a las costas de Irlanda y Portugal. Asimismo, en el mar Egeo se observan velocidades del viento más altas, lo que podría ser interesante para nuevas instalaciones de parques eólicos. La energía hidroeléctrica está directamente relacionada con la topografía de Europa.

Como esas fuentes de energías renovables son intermitentes por naturaleza, también es importante examinar su variabilidad, que es muy diferente para las tres variables meteorológicas que impulsan el potencial de esas fuentes de energía. Ello se evidencia en el promedio mensual de la velocidad del viento (entre  $-40\%$  y  $+80\%$ ) y las precipitaciones ( $\pm 30\%$ ), que son mucho más variables, en comparación con la media a largo plazo, que la radiación solar en superficie (aproximadamente  $\pm 15\%$ )<sup>54</sup>. La energía solar y eólica tienden a complementarse a lo largo del año: la radiación solar es mayor a finales de primavera y verano, mientras que la intensidad del viento suele incrementarse en invierno. El monitoreo y la comprensión de la variabilidad temporal y espacial de esos dos importantes recursos de energía renovable son cada vez más relevantes debido a su creciente importancia para la canasta de energía europea.

Durante el período de 30 años comprendido entre 1991 y 2020 la radiación solar en superficie muestra una clara tendencia positiva para Europa, mientras que la velocidad del viento y las precipitaciones no muestran ninguna tendencia significativa<sup>55</sup>. En los últimos cinco años, se ha registrado un aumento continuo de la irradiancia en superficie, mientras que en el mismo período de tiempo se observa una disminución de las precipitaciones, lo que empieza a repercutir en la producción hidroeléctrica en algunas regiones.

## SERVICIOS CLIMÁTICOS PARA EL SECTOR ENERGÉTICO

La variabilidad climática —mensual, estacional y anual— y el cambio climático a largo plazo están afectando a todos los aspectos del sector energético: el volumen y las formas de consumo de la energía (la demanda); la productividad de cada tecnología de generación de energía (la oferta), y la infraestructura física y no física combinada que garantiza un funcionamiento seguro y fiable (la red eléctrica). Si no se tiene en cuenta toda la gama de opciones en materia de tecnologías energéticas con cero emisiones de carbono y resilientes al clima podría ponerse en jaque la capacidad del mundo de llegar al cero neto en emisiones y mantener la seguridad de la oferta energética. La toma de decisiones, los reglamentos, el diseño de las centrales y las prácticas operativas del sector energético deben adaptarse a un futuro de volatilidad climática.



**Figura 16.** a) Suma diaria de la media a largo plazo de producción de electricidad de una planta fotovoltaica con una potencia máxima de 1 kW conectada a la red para el período 1994-2018; b) estimación de la densidad media de potencia eólica a 100 m sobre la superficie a escala mundial para el período 1998-2017; c) estimación del potencial de potencia hidroeléctrica (capacidad hidroeléctrica).  
*Fuente:* a) Global Solar Atlas 2.0; b) Global Wind Atlas, v.3; c) Conjunto de Datos de Investigación sobre Posibles Emplazamientos para Generación Hidroeléctrica a Escala Mundial.

Los servicios climáticos —esto es, el suministro y uso de información sobre el clima para fines de adopción de decisiones, que abarca la recopilación de datos; el monitoreo y análisis de variables climáticas, y la generación de las correspondientes predicciones y proyecciones— son clave para apoyar la transición energética mundial hacia el cero neto en emisiones. Los servicios climáticos son esenciales para la energía renovable, en particular para la selección de emplazamientos, la evaluación de los recursos y la financiación; el funcionamiento, el mantenimiento y la gestión de los sistemas energéticos; la integración de la electricidad en la red, y la evaluación del impacto de los sistemas energéticos.

Además, los servicios climáticos son necesarios para asegurar la resiliencia de los sistemas energéticos frente a las perturbaciones climáticas y para fundamentar las medidas destinadas a aumentar la eficiencia energética. Las evaluaciones de riesgos que abordan la planificación y la alerta temprana de los fenómenos extremos que afectan a la oferta y a la demanda de energía pueden ayudar a la industria a anticiparse a los efectos perniciosos, absorberlos, adaptarse a ellos y recuperarse.

Según una encuesta realizada por la OMM entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), el 83 % de los Miembros europeos declararon prestar servicios climáticos en el ámbito de la energía. Sin embargo, menos de la mitad de los Miembros facilitan predicciones climáticas para el sector energético (figura 17), lo que pone de manifiesto el potencial desaprovechado de los SMHN en lo referente al apoyo a la transición energética, así como los esfuerzos necesarios para velar por una mayor resiliencia del sector energético.

## ENERGÍA NUCLEAR

Las condiciones meteorológicas extremas, cada vez más frecuentes, y el rápido crecimiento del porcentaje de la electricidad generada mediante energías renovables hacen cada vez más necesarias las fuentes de energía resilientes al clima. Una base energética diversa y resiliente, procedente de fuentes de energía sin emisiones de carbono, como la nuclear, la hidroeléctrica y la geotérmica, entre otras, será clave a la hora de integrar las energías renovables y lograr unos sistemas energéticos mundiales sin emisiones de carbono.

A escala mundial, las interrupciones en la actividad de las centrales nucleares debidas a condiciones climáticas adversas han aumentado en los tres últimos decenios, y en particular entre 2003 y 2006 y, de nuevo, entre 2010 y 2018, aunque siguen afectando a una parte pequeña de la producción total de las centrales nucleares de todo el mundo. Las pérdidas de energía debidas al clima representan una parte muy pequeña, pero creciente, del total de paradas de las instalaciones nucleares a lo largo del tiempo. En 2022, las pérdidas de producción fruto de condiciones meteorológicas supusieron aproximadamente el 0,35 % de la energía nuclear generada en el mundo, frente al 0,29 % de cinco años antes. Casi el 60 % de las pérdidas de producción nuclear debidas a condiciones meteorológicas registradas desde 2017 se produjeron en centrales situadas junto a ríos o lagos. El bajo caudal fluvial, pero sobre todo el aumento de las temperaturas y el calor extremo, son los factores que más contribuyen a las paradas totales relacionadas con el clima en Europa occidental.

Un novedoso análisis que empareja proyecciones climáticas locales del IPCC y emplazamientos de centrales nucleares muestra que, según los escenarios que apuntan a un clima más severo a largo plazo, el sur de Europa podría registrar algunos de los mayores aumentos porcentuales a escala mundial en lo que respecta a temperaturas extremas superiores a 40 °C y número de días secos consecutivos. Esa perspectiva, en particular para las centrales nucleares que puedan ubicarse en el sur de Europa, subraya la necesidad de disponer medidas de adaptación asociadas a estrictas revisiones de seguridad, si se decide que las centrales sigan en funcionamiento. Cabe señalar que de los 100 GW de capacidad nuclear actualmente en construcción o previstos por los Estados Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), más del 60 % están situados en la costa, por lo que se ven menos afectados por los problemas relativos al agua de refrigeración.

## IMPACTO DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

Las condiciones meteorológicas destructivas, cuya frecuencia no deja de aumentar, inciden cada vez más en la oferta, la demanda y la infraestructura del sistema energético mundial. El calor extremo, las precipitaciones intensas, las sequías, las crecidas costeras y fluviales y los ciclones tropicales harán que el diseño y la aplicación de los planes de resiliencia climática para el sistema energético mundial sean aún más complejos, pero más necesarios. En relación con la demanda, los datos y escenarios sobre impactos climáticos ayudarán a los operadores a ajustar el monitoreo de sus sistemas al objeto de satisfacer las nuevas tendencias de demanda alteradas por un clima cambiante. Los pronósticos estacionales y subestacionales pueden ayudar a definir (con diferentes niveles de confianza) condiciones y patrones climáticos anómalo relacionados con el desarrollo potencial de fenómenos climáticos extremos, como olas de calor y sequías, respaldando así la toma de decisiones tempranas y contribuyendo a la continuidad de los servicios de la red eléctrica. En cuanto a la oferta, la modelización del clima y de los sistemas energéticos es cada vez más necesaria para los operadores de centrales y redes, que precisan de información sobre localidades concretas y en diversos horizontes temporales a fin de tener en cuenta los riesgos climáticos cambiantes.

Resulta primordial tener un enfoque a nivel de sistema, que incluya la mejora de las medidas eficaces de gestión de riesgos, en las que participe un amplio abanico de partes interesadas con la intención de alcanzar un mayor nivel de coordinación.

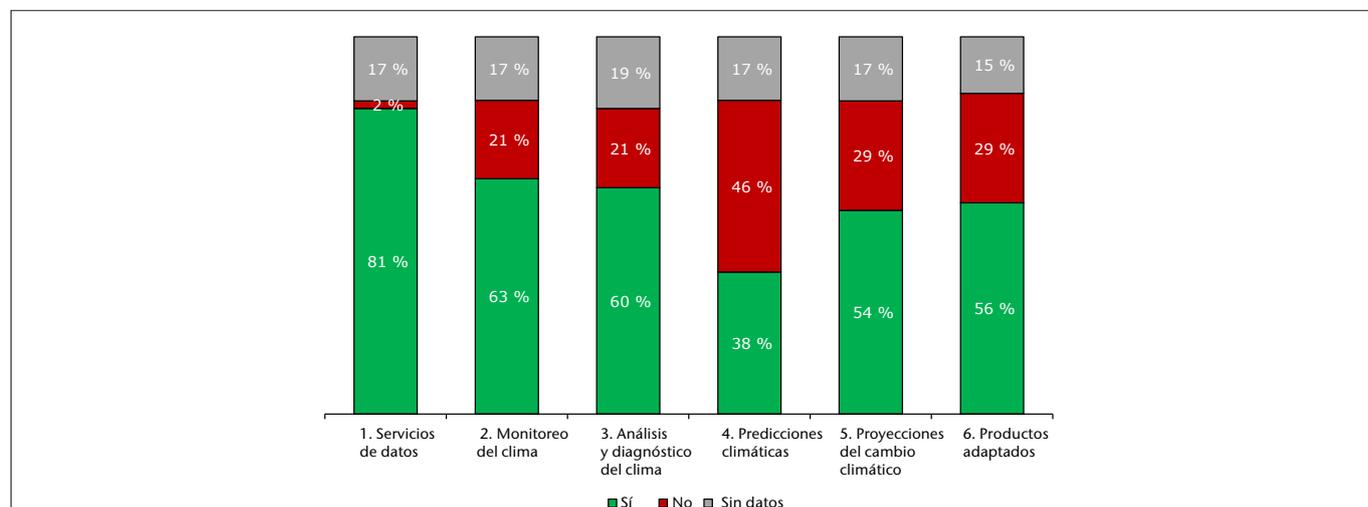


Figura 17. Porcentaje de SMHN europeos que prestan servicios climáticos al sector energético, por tipo de producto.

# Uso de fuentes de energía renovables para los sistemas agroalimentarios<sup>56</sup>

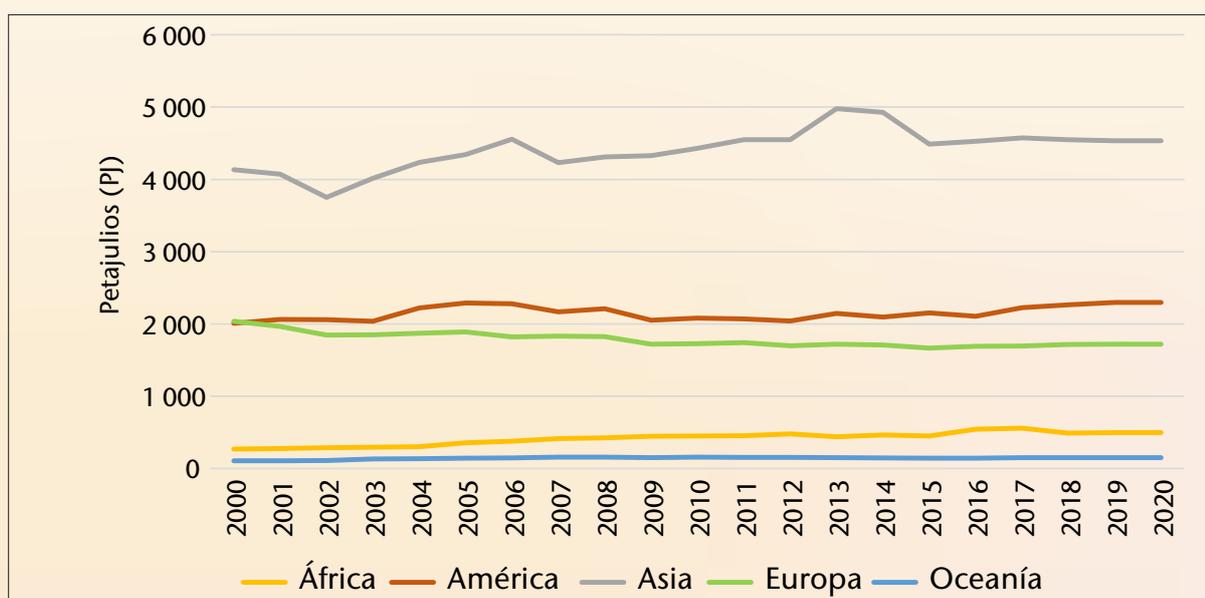
La energía es esencial para la seguridad alimentaria y el desarrollo. Encontrar soluciones ecológicas y resilientes que puedan apoyar la transformación sostenible del sistema agroalimentario, así como su innovación, es un objetivo importante. Sin embargo, existe un gran reto: transformar el sistema alimentario sin recurrir al uso de combustibles fósiles sin que ello menoscabe la seguridad alimentaria.

Las energías renovables pueden desempeñar un papel fundamental para satisfacer las necesidades de electricidad, no solo en la producción primaria, sino también en actividades secundarias, como el secado, la refrigeración, el almacenamiento, el transporte y la distribución de alimentos. Varias aplicaciones que se sirven de energías renovables, y que se están desplegando a lo largo de las cadenas agroalimentarias, están demostrando los beneficios de tales soluciones. Por ejemplo, se está generalizando el riego solar para mejorar el acceso al agua. Se calcula que las emisiones del ciclo de vida del bombeo de agua alimentado con energía solar son entre un 95 % y un 98 % inferiores a las de las bombas conectadas a la red eléctrica o que funcionan con combustible diésel.

En Europa, durante los dos últimos decenios, el consumo de energía en la agricultura se ha mantenido estable, incluso cuando la producción ha crecido, gracias al aumento de la eficiencia y al progreso agronómico (figura 18). Entre los años 2000 y 2012, la intensidad energética en la agricultura se redujo un 20 % (aumento de la eficiencia energética). Al mismo tiempo, seguir satisfaciendo las necesidades energéticas a través de combustibles fósiles plantea problemas importantes de accesibilidad, asequibilidad y resiliencia a las crisis de oferta y de precios, así como efectos medioambientales, en particular, el cambio climático.

El sector agroalimentario es uno de los que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales deberán reducirse drásticamente a lo largo de la cadena agroalimentaria. Del mismo modo, las estrategias de mitigación dependen del aumento de la eficiencia energética. En Europa, las actividades de producción ofrecen oportunidades importantes para mejorar la eficiencia energética. Más allá de la mitigación, la integración de las energías renovables en los sistemas agroalimentarios también refuerza la adaptación, y fomenta la resiliencia a los fenómenos meteorológicos extremos y a la escasez de recursos provocada por el cambio climático.

Para ampliar el uso de las energías renovables en los sistemas agroalimentarios deberán ponerse en práctica medidas concertadas entre gobiernos, sector privado, instituciones financieras, mundo académico y organizaciones internacionales y no gubernamentales. Los gobiernos seguirán desempeñando un papel crucial a través de la financiación pública, con el objetivo de facilitar el despliegue, y a través de la inversión en un ecosistema propicio que fomente la innovación tecnológica, establezca normas y garantice la calidad, imparta conocimientos y aptitudes, sensibilice a las partes interesadas y a la población, y construya infraestructuras para acceder al mercado. Cuando se diseña y se aplica eficazmente, el uso de energías renovables en los sistemas agroalimentarios tiene el potencial de contribuir a múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible.



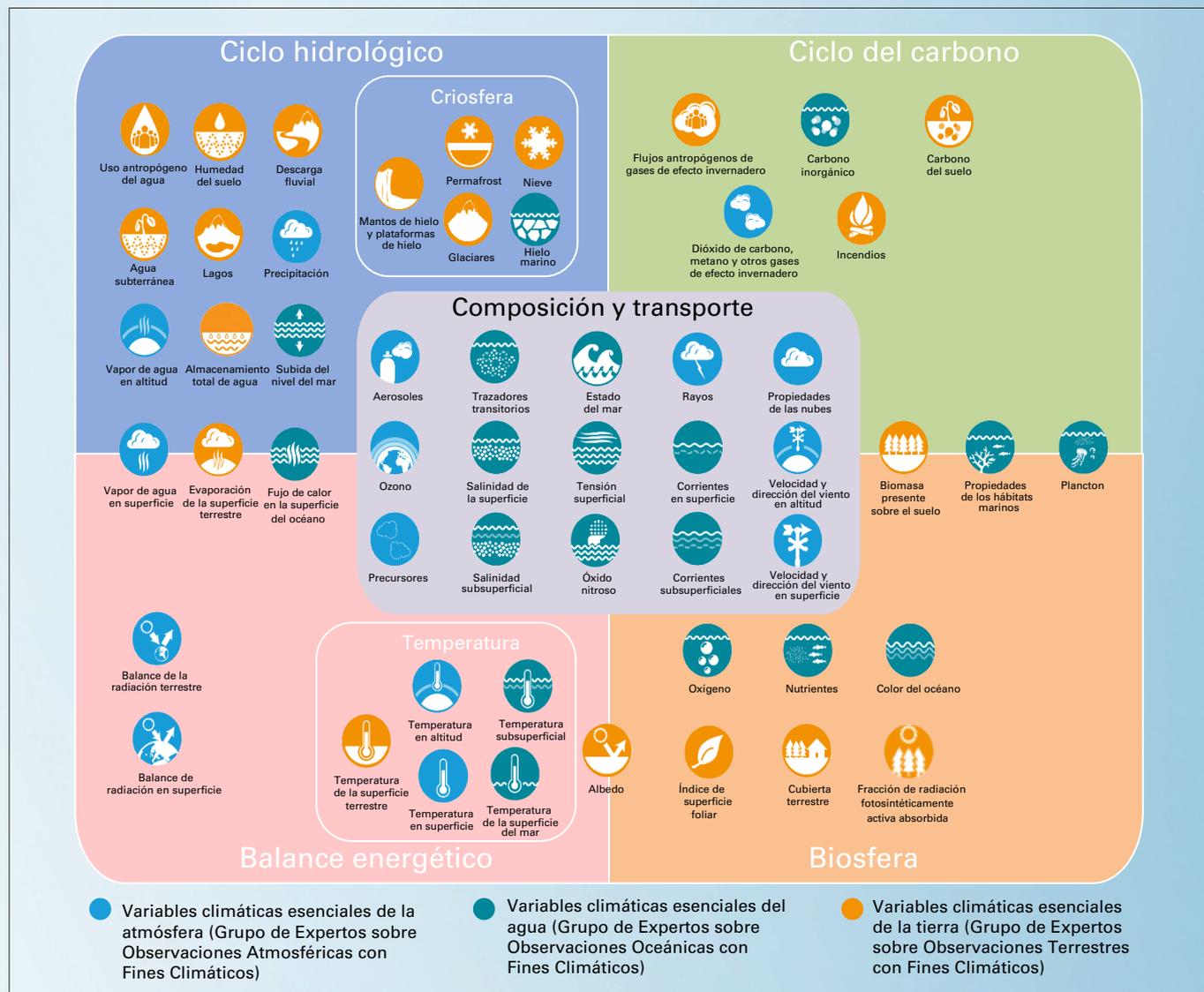
**Figura 18.** Energía utilizada en las explotaciones agrícolas (consumo de energía) en los sistemas agroalimentarios, por región, entre 2000 y 2020. Fuente: Datos procedentes de la Base de Datos Estadísticos Sustantivos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT).

# Infraestructura de observación que constituye la base del monitoreo del clima

El monitoreo del clima se lleva a cabo mediante una red de sistemas de observación que abarcan la atmósfera, el océano, el ciclo hidrológico, la criosfera y la biosfera. Todo un abanico de organizaciones diferentes monitorea cada uno de esos ámbitos de diferentes maneras. En todos ellos, las observaciones satelitales aportan importantes contribuciones al monitoreo del clima mundial.

En 1992, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Internacional de Ciencias (CIC) crearon el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS) para coordinar y facilitar el desarrollo y la mejora de las observaciones climáticas a nivel mundial. El GCOS ha definido un conjunto de variables climáticas esenciales que, en conjunto, proporcionan la información necesaria para comprender, modelizar y predecir el comportamiento del clima, y permiten planificar estrategias de mitigación y adaptación (figura 19). El estado de la infraestructura de observación que constituye la base de esas variables climáticas esenciales se publica en informes de situación periódicos. El GCOS también define en los informes de aplicación lo que se necesita para mejorar el sistema.

En 2022, el GCOS publicó su último Plan de Ejecución<sup>57</sup> en respuesta a las conclusiones del Informe de Situación del GCOS de 2021, a las implicaciones derivadas del Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y a los recientes estudios científicos sobre los ciclos climáticos.



**Figura 19.** Variables climáticas esenciales definidas por el GCOS y los ciclos climáticos. Muchas variables climáticas esenciales ayudan a comprender diversos ciclos diferentes. En la figura solo se indican las principales interconexiones.

En la publicación se proporcionan recomendaciones para lograr un Sistema Mundial de Observación del Clima duradero y adecuado a los fines previstos.

Además de las observaciones proporcionadas por la Red de Observación en Superficie del GCOS (GSN) y la Red de Observación en Altitud del GCOS (GUAN), los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los Miembros de la OMM proporcionan un abanico más amplio y completo de observaciones que se obtienen principalmente para fines de predicción meteorológica operativa. La Red Mundial Básica de Observaciones (GBON) de la OMM, una red diseñada a nivel mundial con capacidades y calendarios de observación prescritos, y en cuyo marco es obligatorio intercambiar datos a nivel internacional, proporcionará observaciones muy necesarias para la predicción numérica del tiempo y contribuirá a fortalecer el reanálisis del clima de modo sustancial.

Con el fin de proporcionar la asistencia financiera y técnica necesaria para la implementación y el funcionamiento de la GBON en las zonas más pobres y con mayores carencias en cuanto a observaciones del planeta, la OMM, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el PNUMA han creado el Servicio de Financiamiento de Observaciones Sistemáticas (SOFF). El SOFF ha recaudado una notable cantidad de fondos para contribuir a la obtención de observaciones en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo y ha entrado en su fase de ejecución en 2023.

Para complementar las observaciones de las propiedades físicas y dinámicas de la atmósfera, la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM coordina las mediciones de la composición atmosférica, y vela por la obtención de datos fiables y exactos a partir de las mediciones realizadas por los Miembros de la OMM, instituciones u organismos de investigación y otras redes colaboradoras.

Las observaciones de la física, la biogeoquímica, la biología y los ecosistemas de los océanos se coordinan a través del Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS). El Grupo de Coordinación de Observaciones (OCG) del GOOS supervisa los resultados de esas observaciones<sup>58</sup> y elabora una ficha anual con los resultados del GOOS. Por lo general, las observaciones oceánicas se ponen a disposición de los usuarios internacionales.

En el ámbito terrestre, se dispone de un grupo más amplio de redes de observación. Por lo general, los SMHN realizan las observaciones hidrológicas y su coordinación recae en la OMM. También contribuyen al GCOS varias redes terrestres mundiales especializadas, por ejemplo, en hidrología (incluidos lagos y ríos), permafrost, glaciares, uso de la tierra y biomasa. En el caso de las redes terrestres, los acuerdos de intercambio de datos normalmente son menos completos y muchas observaciones importantes no se ponen a disposición de los usuarios internacionales.

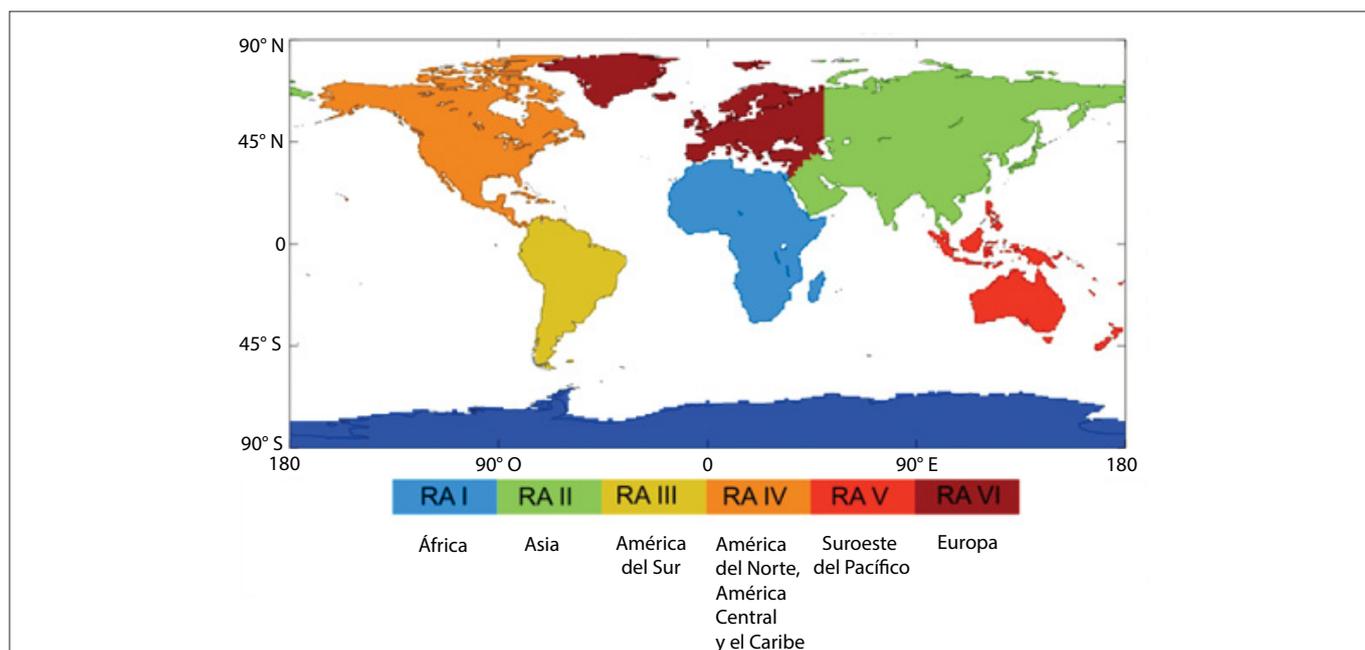
El Grupo de Trabajo sobre el Clima (WGClimate) del Comité sobre Satélites de Observación de la Tierra (CEOS) y del Grupo de Coordinación de los Satélites Meteorológicos (CGMS) basa el desarrollo de las observaciones del clima mediante satélites en los requisitos establecidos por el GCOS en cuanto a las variables climáticas esenciales. Ha elaborado un inventario de variables climáticas esenciales que incluye 766 registros de datos climáticos para 33 variables climáticas esenciales que abarcan 72 productos distintos, y hay más previstos. El Grupo de Trabajo sobre el Clima también está trabajando en las medidas derivadas del Plan de Ejecución. Las observaciones por satélite tienen una cobertura casi mundial, y cuando se utilizan junto con las observaciones realizadas en tierra, ya sea como conjuntos de datos complementarios o bien para fines de validación y calibración, constituyen una parte inestimable del sistema mundial de observación.

# Conjuntos de datos y métodos

## ÁMBITO DE LA REGIÓN

El presente informe se centra en la Región VI de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), cuyo alcance se puede observar en el mapa de la figura 20<sup>59,60</sup>.

En la medida de lo posible, las cifras correspondientes a Europa se refieren a esa Región; sin embargo, en algunos casos los datos agregados se refieren a otras regiones similares, pero ligeramente diferentes, como la Unión Europea (UE),<sup>61</sup> la Región de Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>62</sup> o la región de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE)<sup>63</sup>. En tales casos, el nombre de la región se menciona de forma explícita.



**Figura 20.** Mapa de las asociaciones regionales de la OMM. El presente informe se centra en la Región VI de la OMM.

## TEMPERATURA

En el cálculo de la temperatura regional se han utilizado seis conjuntos de datos (citados a continuación). Las anomalías de la temperatura media regional se han calculado con respecto a los períodos de referencia 1961-1990 y 1991-2020 aplicando los siguientes pasos:

1. Lectura del conjunto de datos reticulares.
2. Reajuste de los datos a una resolución de 1° de latitud x 1° de longitud. Si los datos reticulares son de mayor resolución, la media de las retículas se aplica a cada retícula de 1° x 1°. Si los datos reticulares son de menor resolución, el valor de la retícula de baja resolución se copia en cada retícula de 1° x 1° que se encuentre en la retícula de baja resolución.
3. En relación con cada mes, cálculo del promedio regional utilizando solo las retículas de 1° x 1° cuyos centros se sitúen sobre tierra en la Región.
4. En relación con cada año, cálculo de la media anual de la Región a partir de la media de los promedios mensuales regionales.
5. Cálculo de la media de los promedios anuales de la Región correspondiente a los períodos 1961-1990 y 1991-2020.
6. Sustracción de la media de 30 años de cada año para obtener las anomalías con relación a ese período de referencia.

Se han utilizado los seis conjuntos de datos siguientes:

Berkeley Earth – Rohde, R. A.; Hausfather, Z. The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record. *Earth System Science Data* **2020**, *12*, 3469–3479. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>. Los datos están disponibles [aquí](#).

ERA5 – Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. et al. The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2020**, *146*(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>. Los datos están disponibles [aquí](#).

GISTEMP v4 – GISTEMP Team, 2022: *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4*. NASA Goddard Institute for Space Studies, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>. Lenssen, N.; Schmidt, G.; Hansen, J. et al. Improvements in the GISTEMP Uncertainty Model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **2019**, *124* (12), 6307–6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>. Los datos están disponibles [aquí](#).

HadCRUT.5.0.1.0 – Morice, C. P.; Kennedy, J. J.; Rayner, N. A. et al. An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **2021**, *126* (3). <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>. Los datos están disponibles [aquí](#).

JRA55 – Kobayashi, S.; Ota, Y.; Harada, Y. et al. The JRA55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II **2015**, *93* (1), 5–48. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/93/1/93\\_2015-001/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/93/1/93_2015-001/_article). Los datos están disponibles [aquí](#).

NOAAGlobalTemp v5 – Zhang, H-M.; Huang, B.; Lawrimore, J. et al. NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5.0. *NOAA National Centers for Environmental Information*. doi: 10.25921/9qth-2p70. Huang, B.; Menne, M. J.; Boyer, T. et al. Uncertainty Estimates for Sea Surface Temperature and Land Surface Air Temperature in NOAAGlobalTemp Version 5. *Journal of Climate* **2020**, *33*(4), 1351–1379. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/33/4/jcli-d-19-0395.1.xml>. Los datos están disponibles [aquí](#).

También se han utilizado datos *in situ* de temperatura procedentes de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN).

## PRECIPITACIONES

Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC): visítese el sitio web <https://gpcc.dwd.de> para obtener una descripción de los conjuntos de datos del GPCC.

ERA5 – Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. et al. The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **2020**, *146*(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>. Los datos están disponibles [aquí](#).

También se han utilizado datos *in situ* de precipitaciones procedentes de SMHN.

Nota: En la figura 3 a), las condiciones de Islandia se representan como si fueran más secas que la media a largo plazo. En realidad, durante el año analizado las precipitaciones en Islandia fueron superiores a la media (véase el informe anual de Islandia en <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2022>). La discrepancia se debe probablemente a un cambio en la forma de procesar los datos en tiempo real.

## GLACIARES

Los cálculos del balance de masas acumulado que se consideran en el presente informe se han basado en observaciones *in situ* a largo plazo que recopila el Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares (WGMS) en convocatorias anuales de datos procedentes de una red de colaboración científica que abarca más de 40 países de todo el mundo. Los cálculos que se ofrecen aquí proceden de un subconjunto de glaciares de referencia mundiales y europeos (WGMS 2021, informes actualizados y anteriores).

## MANTO DE HIELO DE GROENLANDIA

La serie temporal que muestra el cambio de masa del manto de hielo de Groenlandia se ha compilado a partir de 27 estimaciones del balance de masas del manto de hielo basadas en datos satelitales como parte del Ejercicio de Intercomparación de Balances de Masas del Manto de Hielo (IMBIE) (<http://imbie.org/>) Puede consultarse de forma gratuita [aquí](#).

## TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR

Se han utilizado cuatro conjuntos de datos reticulares relativos a la temperatura de la superficie del mar:

ERSSTv5: [Datos](#) y [documentación](#).

ESA CCI/C3S SST Climate Data Record v2.1: [Datos](#) y [documentación](#).

HadISST1: [Datos](#) y [documentación](#).

HadSST.4.0.1.0: [Datos](#) y [documentación](#).

En el siguiente enlace se pueden consultar gráficos e información sobre la temperatura de la superficie del mar de los mares regionales europeos: <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/sea-surface-temperature>.

## HIELO MARINO

En la sección dedicada al hielo marino se han utilizado series temporales relativas a la extensión del hielo marino obtenidas del registro de datos climáticos (CDR) sobre la concentración de hielos marinos a escala mundial y del CDR provisional v3.0 de los Servicios de Aplicaciones Satelitales para el Océano y los Hielos Marinos (OSI SAF) de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) ([OSI-450-a](#) y [OSI-430-a](#)). También se han utilizados datos sobre la extensión máxima del hielo marino en invierno en el mar Báltico procedentes del Instituto Meteorológico Finlandés (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/maximum-extent-of-ice-cover-2>). La extensión del hielo marino corresponde a la superficie de las retículas oceánicas en que la concentración de hielo marino supera el 15 %.

La descripción de la temporada invernal de hielo marino del Báltico puede consultarse en el siguiente enlace: [https://www.bsis-ice.de/Beschreibung\\_Eiswinter2022/Eiswinter2022en.html](https://www.bsis-ice.de/Beschreibung_Eiswinter2022/Eiswinter2022en.html).

## CONTENIDO CALORÍFICO DE LOS OCÉANOS

Indicador de monitoreo oceánico del Servicio de Vigilancia Medioambiental Marina de Copernicus (SVMMC) basado en el producto de nivel del mar del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S):

<https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/about-data#Sealevelindicator> y <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators/global-ocean-mean-sea-level-trend-map-observations>.

## NIVEL DEL MAR

Indicador de monitoreo oceánico del SVMMC basado en el producto de nivel del mar del C3S:

<https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/about-data#Sealevelindicator> y <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators/global-ocean-mean-sea-level-trend-map-observations>.

## OLAS DE CALOR MARINAS Y PERÍODOS DE FRÍO MARINOS

Las olas de calor marinas se clasifican como moderadas cuando la temperatura de la superficie del mar está por encima del percentil 90 de la distribución climatológica durante cinco días o más. Las categorías posteriores se definen con respecto a la diferencia entre la temperatura de la superficie del mar y el promedio de la distribución climatológica: fuertes, severas o extremas, si esa diferencia es, respectivamente, más de dos, tres o cuatro veces la diferencia entre el percentil 90 y el promedio de la distribución climatológica (Hobday *et al.*, 2018). Las categorías de los períodos de frío marinos son análogas, pero el criterio de referencia son las temperaturas de la superficie del mar por debajo del percentil 10. El período de referencia utilizado para las olas de calor marinas y los períodos de frío marinos es el comprendido entre 1982 y 2011.

Hobday, A. J.; Oliver, E. C. J.; Sen Gupta, A. et al. Categorizing and Naming Marine Heatwaves. *Oceanography* **2018**, 31 (2), 162–173. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

NOAA OISST v2: Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST): Banzon, V.; Smith, T. M.; Chin, T. M. et al. A Long-term Record of Blended Satellite and in situ Sea-surface Temperature for Climate Monitoring, Modeling and Environmental Studies. *Earth System Science Data* **2016**, 8 (1), 165-176. <https://doi.org/10.5194/essd-8-165-2016>.

## OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>.

## SEQUÍA

Datos del GPCC (<https://gpcc.dwd.de> y [https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm\\_int\\_spi.html](https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_spi.html)), datos *in situ* de SMHN, e información del Nodo para el Monitoreo del Clima (Offenbach) de la Red de Centros Regionales sobre el Clima (CRC) de la Asociación Regional VI de la OMM ([https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm\\_int\\_sse.html](https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_sse.html)).

## INCENDIOS FORESTALES

Información del Nodo para el Monitoreo del Clima (Offenbach) de la Red de CRC de la Asociación Regional VI de la OMM: [https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm\\_int\\_sse.html](https://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_sse.html).

Índice de superficie quemada de Europa del Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS): <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates/EU/2021/2006/2020>.

## PERÍODOS DE FRÍO Y NIEVE

También se han utilizado datos *in situ* procedentes de SMHN.

## TORMENTAS VIOLENTAS Y VIENTOS FUERTES

También se han utilizado datos *in situ* sobre vientos procedentes de SMHN.

## DATOS DE LA BASE DE DATOS INTERNACIONAL SOBRE DESASTRES EM-DAT

Los datos de la Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT se han utilizado para calcular el impacto climático histórico (<http://www.emdat.be>). EM-DAT es una base de datos mundial sobre desastres naturales y tecnológicos que contiene datos fundamentales sobre el acaecimiento de más de 21 000 desastres en todo el mundo y sus efectos, desde 1900 hasta la actualidad. El Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED) de la Escuela de Salud Pública de la Universidad Católica de Lovaina, situada en Bruselas (Bélgica), mantiene la base de datos.

Los indicadores utilizados en relación con la mortalidad, el número de personas afectadas y los daños económicos son el total de víctimas mortales, el número de afectados y el total de daños (en miles de dólares), respectivamente.

## SERVICIOS CLIMÁTICOS

La red de CRC de la Asociación Regional VI de la OMM proporciona datos y servicios de monitoreo del clima y de predicción a largo plazo a los Miembros de la OMM de la Región. Se puede acceder a los servicios a través del enlace <https://www.rccra6.org>.

El **C3S** proporciona datos y servicios de monitoreo del clima en Europa, el Ártico y el resto del mundo. Los principales productos de monitoreo son los [boletines sobre el clima](#), de carácter mensual, y los [informes sobre el estado del clima en Europa](#), publicados anualmente.

*2022 State of Climate Services: Energy* (WMO-No. 1301) (Estado de los servicios climáticos en 2022: energía).

Análisis de la OMM de las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN), que se basa en el análisis de la OMM de las CDN de las Partes y se complementa con el informe de síntesis de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC): [Contribuciones determinadas a nivel nacional presentadas en virtud del Acuerdo de París: Informe de síntesis de la secretaría](#); CMNUCC: Glasgow, 2021.

Lista de verificación para la prestación de servicios climáticos (la capacidad de los Miembros para prestar servicios climáticos, basada en las respuestas a la lista, puede consultarse [aquí](#), en la pestaña "Services" (Servicios)).

# Lista de colaboradores

## SERVICIOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS NACIONALES DE LOS MIEMBROS

Alemania, Andorra, Armenia, Austria, Belarús, Bélgica, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Chequia, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Georgia, Grecia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Jordania, Kazajstán, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Macedonia del Norte, Malta, Noruega, Países Bajos (Reino de los), Polonia, Portugal, Reino Unido, República Árabe Siria, República de Moldova, Rumania, Serbia, Suecia, Suiza, Türkiye, Ucrania.

## ORGANIZACIONES

Administración de los Servicios Técnicos de la Agricultura (ASTA) (Luxemburgo); Organismo Federal Marítimo e Hidrográfico (BSH) (Alemania); Oficina de Meteorología (BOM) (Australia); Centro de Observación y Modelización Polar (CPOM) de la Universidad de Northumbria (Reino Unido); Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) (Francia); Collecte Localisation Satellites (CLS) (Francia); Servicio Meteorológico de Alemania (DWD) (Alemania); Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF); Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Centro de Hidrometeorología y Monitoreo (HMC) de la Organización Estatal No Comercial del Ministerio de Medio Ambiente (SNCO) (Armenia); Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA); Coalición Temática sobre Sistemas Alimentarios Sostenibles; Coalición Temática sobre Medioambiente y Cambio Climático; Comisión Europea, Centro Común de Investigación (JRC); Laboratorio de Estudios de Geofísica y Oceanografía Espaciales (LEGOS) (Francia); Mercator Océan International (Francia); Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (Met Office) (Reino Unido); Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) (Estados Unidos); Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Universidad de Reading (Reino Unido); Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares (WGMS).

## COLABORADORES PARTICULARES (ordenados alfabéticamente por sus apellidos)

Rebecca Emerton (autora principal coordinadora, ECMWF), Andrew Ferrone (autor principal coordinador, ASTA), Stefan Rösner (autor principal coordinador, DWD), Omar Baddour (OMM), Natalia Berghi (OMM), Peter Bissoli (DWD), Roxana Bojariu (Administración Meteorológica Nacional (Rumania)), Roberta Boscolo (OMM), Iva Brkic (CEPE), Walker Darke (CEPE), Frank Dentener (JRC de la Comisión Europea), Ewan Dunlop (JRC de la Comisión Europea), Yannice Faugere (CLS), Valentina Gasbarri (FAO), Atsushi Goto (OMM), Veronica Grasso (OMM), Charlotte Griffiths (CEPE), Peer Hechler (OMM), John Kennedy (OMM), Sari Lappi (OMM), David Lavers (ECMWF), Brianna Lazerwitz (OIEA), Dario Liguti (CEPE), Atsushi Minami (Servicio Meteorológico del Japón (JMA)), Nakiete Msemo (OMM), Benoit Meyssignac (LEGOS), Sergiy Nevmyvanyi (FAO), Julien Nicolas (ECMWF), Inès Otosaka (CPOM), Henri Paillere (OIEA), Frank Paul (Universidad de Zúrich, WGMS), Kornélia Radics (OMM), Claire Ransom (OMM), Anthony Rea (OMM), Maarit Roebeling (DWD), Tania Santivanez (FAO), Reinhard Schiemann (Universidad de Reading), Gerard van der Schrier (Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos (KNMI)), Karina von Schuckmann (Mercator Océan International), Serhat Sensoy (Servicio Meteorológico Estatal de Türkiye (MGM)), Jose Álvaro Silva (OMM), Andrea Toreti (JRC de la Comisión Europea), Blair Trewin (BOM), Hari Tulsidas (CEPE), Michael Zemp (Universidad de Zúrich, WGMS), Markus Ziese (DWD).

# Notas finales

- 1 <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>.
- 2 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>.
- 3 Copernicus Climate Change Service (C3S). *European State of the Climate 2022*; C3S, 2023. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>.
- 4 Los datos proceden de los siguientes conjuntos de datos: Berkeley Earth, ERA5, GISTEMP v4, HadCRUT.5.0.1.0, JRA-55 y NOAA GlobalTemp v5. Para obtener más información al respecto, véase la sección "Conjuntos de datos y métodos" de la publicación *Estado del clima mundial 2022* (OMM-Nº 1316).
- 5 World Meteorological Organization (WMO): *State of the Global Climate 2022* (WMO-No. 1316). Geneva: 2023.
- 6 <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>.
- 7 <https://www.csiro.au/greenhouse-gases/>.
- 8 Friedlingstein, P.; O'Sullivan, M.; Jones, M. W. et al. Global Carbon Budget 2022, *Earth System Science Data* **2022**, *14*, 4811–4900. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>.
- 9 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2019. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- 10 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- 11 Véase en [https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/regional/wmo\\_ra\\_vi.html](https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/regional/wmo_ra_vi.html) un gráfico que muestra la tendencia en el planeta y en las distintas Regiones de la OMM durante distintos periodos de 30 años. Las temperaturas en las Regiones de la OMM se calculan teniendo solamente en cuenta las zonas terrestres, mientras que las temperaturas a escala mundial se calculan teniendo en cuenta todas las superficies.
- 12 Definida teniendo en cuenta toda la superficie terrestre de la Región VI de la OMM (véase el mapa que aparece en la sección "Conjuntos de datos y métodos"). La Región abarca Groenlandia en su zona occidental y se extiende hacia el este superando en casi 20° de longitud la definición de Europa utilizada en el [informe sobre el estado del clima en Europa](#) del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) y en el [indicador de temperatura de la Agencia Europea de Medio Ambiente \(AEMA\)](#). Por lo tanto, es de esperar que haya algunas diferencias en la clasificación.
- 13 Las anomalías estacionales y las clasificaciones se basan en el reanálisis ERA5 que se remonta a 1950, y que utiliza una definición de Europa ligeramente diferente, como se explica en la nota a pie de página 2) del informe sobre el estado del clima en Europa 2022 del C3S: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/temperature>.
- 14 Para obtener una reseña de la criosfera y sus componentes, véase <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/cryosphere>. Para obtener un panorama exhaustivo del estado de los conocimientos sobre todos los componentes de la criosfera, véase: Integrated Global Observing Strategy (IGOS). *Cryosphere Theme Report: For the Monitoring of our Environment from Space and from Earth* (WMO/TD-No. 1405). WMO: Geneva, 2007. Véase también: Lemke, P.; Ren, J.; Alley, R. B. et al. Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2007. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter4-1.pdf>. Véase también: United Nations Environment Program (UNEP). *Global Outlook for Ice and Snow*; 2007. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/13696>. Véase también: Vaughan, D. G.; Comiso, J. C.; Allison, I. et al. Observations: Cryosphere. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K. et al, Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2013. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter04\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter04_FINAL.pdf). Véase también: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2019. <https://www.ipcc.ch/srocc/>. Véase también: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- 15 Un cambio de masa de -1,0 m de equivalente en agua al año equivale a una pérdida de espesor del hielo de aproximadamente 1,1 m al año, y corresponde a una pérdida de masa de 1 t/m<sup>2</sup>.
- 16 Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). *Schlimmer als 2003: Schweizer Gletscher Schmolzen Wie Noch Nie* [Press release]. 28 September 2022. [https://scnat.ch/de/uuid/i/2e076759-0234-567e-9bfb-2cdfebd6ff34-Schlimmer\\_als\\_2003\\_Schweizer\\_Gletscher\\_schmolzen\\_wie\\_noch\\_nie](https://scnat.ch/de/uuid/i/2e076759-0234-567e-9bfb-2cdfebd6ff34-Schlimmer_als_2003_Schweizer_Gletscher_schmolzen_wie_noch_nie).
- 17 Dado que el manto de hielo de Groenlandia cubre una vasta superficie de 1,7 millones de km<sup>2</sup> (Morlighem, M.; Williams, C. N.; Rignot, E. et al. BedMachine v3: Complete Bed Topography and Ocean Bathymetry Mapping of Greenland From Multibeam Echo Sounding Combined With Mass Conservation. *Geophysical Research Letters* **2017**, *44* (21), 11 051–11 061. <https://doi.org/10.1002/2017GL074954>), solo las observaciones por satélite permiten monitorear los cambios de masa en todo el manto. Aquí se utiliza la estimación del balance de masas del manto de hielo de Groenlandia del Ejercicio de Intercomparación de Balances de Masas del Manto de Hielo (IMBIE) actualizado a 2021. La estimación del IMBIE se

- obtuvo combinando 27 estimaciones satelitales del balance de masas del manto de hielo, obtenidas de observaciones satelitales de la variación del volumen del manto de hielo a partir de altimetría espacial, de la variación del campo gravitacional del manto de hielo calculada mediante gravimetría satelital y de la variación de la velocidad del hielo, combinadas con una estimación basada en modelos del balance de masas de la superficie a partir del método de entrada y salida (Otosaka, I. N.; Shepherd, A.; Ivins, E. R. et al. Mass Balance of the Greenland and Antarctic Ice Sheets from 1992 to 2020. *Earth System Science Data* **2022**, 15 (4), 1 597–1 616. <https://doi.org/10.5194/essd-15-1597-2023>).
- 18 El año de balance de masas 2022 va del 1 de septiembre de 2021 al 31 de agosto de 2022. Véanse las fuentes de datos e información más detallada en la página 15 de la publicación *Estado del clima mundial 2022* (OMM-N° 1316).
  - 19 El sector europeo del Ártico se define aquí como la zona oceánica comprendida entre 44° W-50° E y 63° N-85° N (excluido el mar Báltico).
  - 20 Para obtener más información sobre el estado del hielo marino en el mar Báltico, visítese: [https://www.bsis-ice.de/Beschreibung\\_Eiswinter2022/Eiswinter2022en.html](https://www.bsis-ice.de/Beschreibung_Eiswinter2022/Eiswinter2022en.html).
  - 21 El registro de datos sobre la extensión máxima de los hielos marinos en el mar Báltico en invierno del Instituto Meteorológico Finlandés que se utiliza aquí se remonta a más de 300 años (invierno de 1719-1720).
  - 22 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2021. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf).
  - 23 von Schuckmann, K.; Cheng, L.; Palmer, M. D. et al. Heat Stored in the Earth System: Where Does the Energy Go? *Earth System Science Data* **2020**, 12 (3), 2013–2041. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>.
  - 24 Cheng, L.; Trenberth, K. E.; Fasullo, J. T. et al. Evolution of Ocean Heat Content Related to ENSO. *Journal of Climate* **2019**, 32 (12), 3 529–3 556. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0607.1>.
  - 25 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2021. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf).
  - 26 Josey, S. A.; Sinha, B. Subpolar Atlantic Ocean Mixed Layer Heat Content Variability is Increasingly Driven by an Active Ocean. *Communications Earth Environment* **2022**, 3. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00433-6>.
  - 27 Keil, P.; Mauritsen, T.; Jungclaus, J. et al. Multiple Drivers of the North Atlantic Warming Hole. *Nature Climate Change* **2020**, 10, 667–671. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0819-8>.
  - 28 Holliday, N. P.; Bersch, M.; Berx, B. et al. Ocean Circulation Causes the Largest Freshening Event for 120 Years in Eastern Subpolar North Atlantic. *Nature Communications* **2020**, 11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14474-y>.
  - 29 Para obtener información general sobre la variación del nivel del mar en un clima cada vez más cálido, véase: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, and New York, USA, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.
  - 30 Nicholls, R. J.; Lincke, D.; Hinkel, J. et al. A Global Analysis of Subsidence, Relative Sea-Level Change and Coastal Flood Exposure. *Nature Climate Change* **2021**, 11, 338–342. [doi.org/10.1038/s41558-021-00993-z](https://doi.org/10.1038/s41558-021-00993-z).
  - 31 World Meteorological Organization (WMO). *State of the Global Climate 2022* (WMO-No. 1316). Geneva: 2023.
  - 32 Se estima que la incertidumbre en cuanto a la tendencia del nivel medio del mar desde 1993 es de  $\pm 0,3$  mm/año a escala mundial y de hasta 0,9 mm/año en la zona europea. Para obtener más información, consúltese el apartado "Uncertainty estimates" (Estimaciones de la incertidumbre) en <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/about-data#Sealevelindicator>.
  - 33 Cerca de la costa, las variaciones del nivel del mar y las tendencias asociadas obtenidas mediante altimetría son más inciertas que en alta mar. Ello se debe a factores locales, como la distorsión del eco del radar de los altímetros causada por las características de la costa, la mayor incertidumbre de algunas correcciones altimétricas (como las mareas oceánicas), otros procesos locales que los satélites no captan (como la distancia hasta la que las olas bañan la costa) y la resolución espacial de los datos obtenidos por satélite.
  - 34 Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED): <https://www.emdat.be/>.
  - 35 *2022 State of Climate Services: Energy* (WMO-No. 1301).
  - 36 <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Products/Echo-Flash#/daily-flash-archive/4637>.
  - 37 Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED): <https://www.emdat.be/>.
  - 38 Robert Koch Institut, Germany: *Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022*.

- 39 Office for National Statistics (ONS) and UK Health Security Agency (UKHSA): *Excess Mortality During Heat-periods: 1 June to 31 August 2022*.
- 40 Santé Publique, France: *Bilan Canicule et Santé: Un Été Marqué par des Phénomènes Climatiques Multiples et un Impact Sanitaire Important*.
- 41 Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED): <https://www.emdat.be/>
- 42 San-Miguel-Ayaz, J.; Durrant, T.; Boca, R. et al. *Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2023. doi:10.2760/091540, JRC133215.
- 43 Una ola de calor marina puede definirse como un período de al menos cinco días en el que las temperaturas de la superficie del mar son más altas que el 90 % de las temperaturas registradas durante un período de comparación de 30 años para los mismos días naturales y la misma región: Hobday, A. J.; Alexander, L. V.; Perkins, S. E. et al. A Hierarchical Approach to Defining Marine Heatwaves. *Progress in Oceanography* **2016**, *141*, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.12.014>
- 44 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2021. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf).
- 45 <https://www.mercator-ocean.eu/actualites/marine-heatwaves-mediterranean-summer-2022/>
- 46 Intergovernmental Panel on *Climate Change (IPCC)*. *Climate Change 2021: Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- 47 [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en).
- 48 <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/>.
- 49 <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/wind-solar-energy-resources>.
- 50 [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc\\_eude\\_eur\\_sun\\_anos\\_2022\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_eur_sun_anos_2022_17.png).
- 51 Mapa extraído de Global Solar Atlas 2.0, una aplicación web gratuita, desarrollada y operada por la empresa Solargis s.r.o. por encargo del Grupo Banco Mundial, que utiliza datos de Solargis, y cuya financiación procede del Programa de Asistencia para la Gestión en el Sector de la Energía (ESMAP). Para obtener más información, visítase: <https://globalsolaratlas.info>.
- 52 Mapa extraído de Global Wind Atlas 3.0, una aplicación web gratuita cuyo desarrollo, gestión y propiedad corresponden a la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU). El Global Wind Atlas 3.0 se publica en colaboración con el Grupo Banco Mundial, que utiliza datos proporcionados por Vortex, y cuya financiación procede del Programa de Asistencia para la Gestión en el Sector de la Energía (ESMAP). Para obtener más información, visítase: <https://globalwindatlas.info>. El Global Wind Atlas 3.0 fue desarrollado por un equipo formado por Jake Badger, J.; Bauwens, I.; Casso, P. y otros.
- 53 A partir de los emplazamientos de las centrales (desde microcentrales hidroeléctricas hasta centrales de gran tamaño), de los conjuntos de datos sobre líneas de ruptura (elevación) del Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010) y de los datos sobre escorrentía del Centro Mundial de Datos sobre Escorrentía. Hoes, O. A. C. *Global Potential Hydropower Locations*; Version 1. 4TU.ResearchData dataset, 2014. <https://doi.org/10.4121/uuid:99b42e30-5a69-4a53-8e77-c954f11dbc76>.
- 54 A partir de series temporales de irradiancia superficial recopiladas desde 1983, basadas en los datos medios mensuales de SARA-2.1, la velocidad del viento a 100 m y la precipitación total, según datos medios mensuales de ERA5: <https://cds.climate.copernicus.eu/#!/home>.
- 55 <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/wind-solar-energy-resources>.
- 56 Texto basado en la publicación siguiente: International Renewable Energy Agency (IRENA); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Renewable Energy for Agri-food Systems – Towards the Sustainable Development Goals and the Paris Agreement*; IRENA and FAO: Abu Dhabi and Rome, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb7433en>.
- 57 <https://gcos.wmo.int/en/publications/gcos-implementation-plan2022>.
- 58 <https://www.ocean-ops.org/>.
- 59 Se puede acceder a la zona de la Región VI de la OMM en formato interactivo a través del enlace <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=2848c7bbd9bf479f9d810d8f1c32e2f5>.
- 60 <https://public.wmo.int/en/about-us/members>.
- 61 [https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/country-profiles\\_en](https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/country-profiles_en).
- 62 [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/215660/The-World-Health-Organization-in-the-European-Region-Eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/215660/The-World-Health-Organization-in-the-European-Region-Eng.pdf).
- 63 <https://unece.org/geographical-scope>.





Para más información, diríjase a:

## **Organización Meteorológica Mundial**

7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300 – CH 1211 Ginebra 2 – Suiza

**Oficina de Comunicaciones Estratégicas**

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Correo electrónico: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

[public.wmo.int](http://public.wmo.int)