

# Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019

TIEMPO CLIMA AGUA



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

OMM-N° 1248

## **OMM-N° 1248**

© Organización Meteorológica Mundial, 2020

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 al:

Presidente de la Junta de Publicaciones  
Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
7 bis, avenue de la Paix  
Case postale 2300  
CH-1211 Genève 2, Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03  
Fax: +41 (0) 22 730 81 17  
Correo electrónico: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-31248-8

Portada: Bomberos voluntarios salvando vidas y granjas de un incendio de monte bajo en Bundaberg, Queensland (Australia).

### 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>Prólogo</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>Mensaje del Secretario General de las Naciones Unidas</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Mensajes más importantes</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Indicadores climáticos a escala mundial</b> . . . . .	<b>6</b>
Temperatura . . . . .	6
Gases de efecto invernadero y ozono . . . . .	7
Océanos . . . . .	9
Criosfera . . . . .	14
Factores de la variabilidad climática a corto plazo . . . . .	17
Fenómenos de fuerte impacto en 2019 . . . . .	18
<b>Riesgos e impactos relacionados con el clima</b> . . . . .	<b>27</b>
La salud, en riesgo creciente . . . . .	27
La seguridad alimentaria y el desplazamiento de poblaciones siguen viéndose afectados negativamente por la variabilidad del clima y los fenómenos meteorológicos extremos . . . . .	29
La vida y la biodiversidad marinas, amenazadas por el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos . . . . .	32
Estudio de caso: Los choques climáticos graves provocan un deterioro de la seguridad alimentaria y desplazamientos en la región del Gran Cuerno de África en 2019 . . . . .	33
<b>Referencias de los conjuntos de datos</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>Lista completa de colaboradores</b> . . . . .	<b>39</b>

Desde 2016, los siguientes organismos de las Naciones Unidas han contribuido de manera significativa a la Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en apoyo de la política y la acción climáticas:

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)

Fondo Monetario Internacional (FMI)

Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR)

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

Organización Internacional para las Migraciones (OIM)

Organización Mundial de la Salud (OMS)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

# Prólogo



Las concentraciones de gases de efecto invernadero, en particular de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siguen aumentando. El año 2019 terminó con una temperatura media mundial 1,1 °C por encima de los promedios preindustriales estimados, valor solo superado por el récord que se estableció en 2016. Si el episodio de El Niño no hubiera influido en el aumento del calentamiento observado en 2016, 2019 habría sido un año con registros sin precedentes.

La temperatura es un indicador del cambio climático en curso. También el nivel del mar está subiendo a un ritmo cada vez mayor, debido al mayor calentamiento de los océanos, en la superficie y en las profundidades, y a la mayor fusión del hielo de Groenlandia y de los glaciares, lo que expone a las zonas costeras y a las islas a un mayor riesgo de inundaciones y a la sumersión de las zonas bajas.

Asimismo, en 2019, las olas de calor, unidas a prolongados períodos de sequía, estuvieron relacionadas con varios incendios forestales de dimensiones sin precedentes, como los sucedidos en Australia, donde ardieron millones de hectáreas, y en Siberia y otras regiones del Ártico que se vieron afectadas por incendios forestales de una intensidad récord.

Además de estos potentes fenómenos, se han producido daños relacionados con el clima, como los efectos de las sequías plurianuales en la migración interna y transfronteriza de varios grupos de población, una mayor exposición de la población mundial a los peligros para la salud debidos al calor y la contaminación, y la reducción del crecimiento económico, especialmente en las economías en desarrollo, a raíz del aumento de las temperaturas y de los fenómenos meteorológicos extremos.

Los resultados del presente informe ponen de manifiesto que el cambio climático ya es muy evidente de varias maneras. Es necesario acometer iniciativas de mitigación climática más ambiciosas para que el calentamiento no supere los 2 °C para finales de siglo.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) seguirá analizando de cerca la variabilidad del clima y el cambio climático y sus repercusiones. Se está creando un portal de información para posibilitar el seguimiento de los indicadores del estado del clima.

Quisiera dar las gracias a los numerosos equipos de expertos en climatología y otras disciplinas, a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales, a los centros mundiales y regionales dedicados a la recopilación y el análisis de datos climáticos y a los organismos del sistema de las Naciones Unidas. Gracias a su infatigable colaboración, la Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial se ha convertido en una publicación insignia que proporciona a las instancias normativas de todo el mundo información esencial sobre el clima.

(P. Taalas)  
Secretario General



# Mensaje del Secretario General de las Naciones Unidas



Actualmente estamos muy lejos de cumplir los objetivos del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C o 2 °C. Tenemos que reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 45 % con respecto a los niveles de 2010 de aquí a 2030 y llegar a cero emisiones netas de aquí a 2050, y para ello necesitamos voluntad política y una acción urgente a fin de tomar un camino distinto.

En el presente informe se exponen los datos científicos más recientes y se evidencia la imperiosa necesidad de acometer una acción climática de gran alcance. Se recopilan datos de todos los ámbitos de la climatología y se enumeran las posibles repercusiones futuras del cambio climático, desde las consecuencias para la salud y la economía hasta el menoscabo de la seguridad alimentaria y el aumento de los desplazamientos.

El cambio climático es el reto que marcará nuestra época. Se nos acaba el tiempo para conjurar los peores impactos de la alteración climática y proteger a nuestras sociedades de los efectos inevitables que se avecinan.

La ciencia nos dice que, aun cuando logremos limitar el calentamiento a 1,5 °C, nos enfrentaremos a riesgos notablemente mayores para los sistemas naturales y humanos. Sin embargo, los datos del presente informe ponen de manifiesto que en 2019 la temperatura ya era 1,1 °C más alta que en la era preindustrial. Las consecuencias ya son evidentes. Las crecidas, sequías y tormentas tropicales más intensas y frecuentes, las graves olas de calor y el aumento del nivel del mar ya ponen en serio peligro las vidas y los medios de subsistencia en todo el planeta.

Exhorto a todo el mundo —desde los gobiernos, la sociedad civil y los dirigentes empresariales hasta la ciudadanía— a que presten atención a estos datos y adopten medidas urgentes para detener los peores efectos del cambio climático. Necesitamos ser más ambiciosos en materia de mitigación, adaptación y financiación a tiempo para la conferencia sobre el clima (26º período de sesiones de la Conferencia de las Partes) que se celebrará en Glasgow en noviembre. Es la única manera de garantizar un futuro más seguro, próspero y sostenible para todos los habitantes de un planeta sano.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'António Guterres'.

(A. Guterres)

Secretario General de las Naciones Unidas

# Mensajes más importantes

**En 2018, las fracciones molares atmosféricas a escala mundial de los gases de efecto invernadero alcanzaron niveles sin precedentes,** a saber, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ),  $407,8 \pm 0,1$  partes por millón (ppm); el metano ( $\text{CH}_4$ ),  $1\,869 \pm 2$  partes por mil millones (ppmm); y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ),  $331,1 \pm 0,1$  ppmm. Esos valores corresponden, respectivamente, al 147 %, el 259 % y el 123 % de los niveles preindustriales. Los primeros indicios ponen de manifiesto que el incremento de los tres gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) continuó en 2019.

**El océano absorbe alrededor del 90 % del calor que queda atrapado en el sistema Tierra por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero.** El contenido calorífico de los océanos, que es un indicador de esa acumulación de calor, de nuevo alcanzó niveles sin precedentes en 2019.

**El océano se expande a medida que se calienta, y el nivel del mar aumenta.**

Ese aumento es aún mayor a raíz de la fusión del hielo terrestre, que posteriormente fluye hacia el mar. Se han registrado incrementos del nivel del mar en el conjunto del registro altimétrico, pero recientemente el nivel del mar ha aumentado a un ritmo más alto debido, en parte, al mayor derretimiento de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida. En 2019, el nivel medio del mar a escala mundial alcanzó su valor más alto desde que se dispone de registros de altimetría de alta precisión (enero de 1993).

**En 2019, la temperatura media mundial superó en  $1,1 \pm 0,1$  °C los niveles preindustriales.** Es probable que el año 2019 haya sido el segundo más cálido desde que existen registros de mediciones instrumentales. Los últimos cinco años han sido los cinco más cálidos de los que se tiene constancia, y el último decenio (2010-2019) ha sido el más cálido del que se tienen datos. Desde la década de 1980, cada decenio sucesivo ha sido más cálido que cualquiera de los precedentes desde 1850.

**En el año 2019 se observó una extensión de hielo marino reducida tanto en el Ártico como en la Antártida.**

La extensión mínima diaria del hielo marino del Ártico en septiembre de 2019 fue la segunda más baja del registro satelital. En la Antártida, la variabilidad en los últimos años ha sido elevada, y el aumento a largo plazo se ha visto neutralizado por una acusada reducción de la extensión a finales de 2016. Desde entonces, las extensiones han seguido siendo reducidas, y en algunos meses de 2019 se registraron extensiones mínimas sin precedentes.

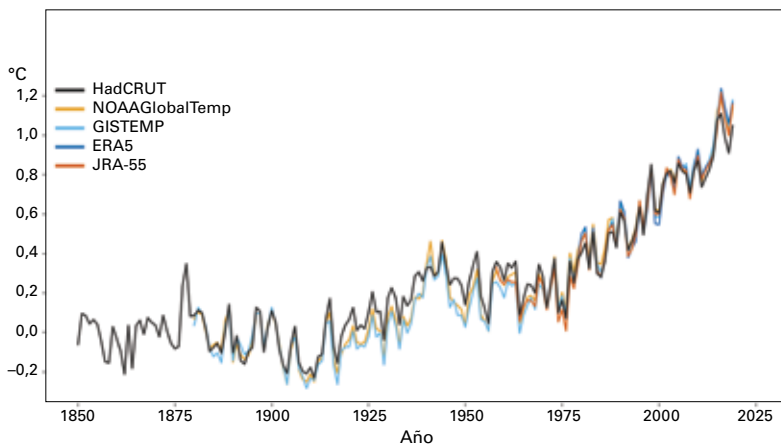
**Durante el decenio 2009-2018, el océano absorbió alrededor del 23 % de las emisiones anuales de  $\text{CO}_2$ , lo que contrarrestó el aumento de las concentraciones atmosféricas.**

Sin embargo, el  $\text{CO}_2$  absorbido por el agua de mar disminuye su pH, proceso que se denomina acidificación de los océanos. Las observaciones de fuentes de mar abierto en los últimos 20 a 30 años muestran una clara disminución del pH medio a un ritmo de 0,017-0,027 unidades de pH por decenio desde finales de la década de 1980.

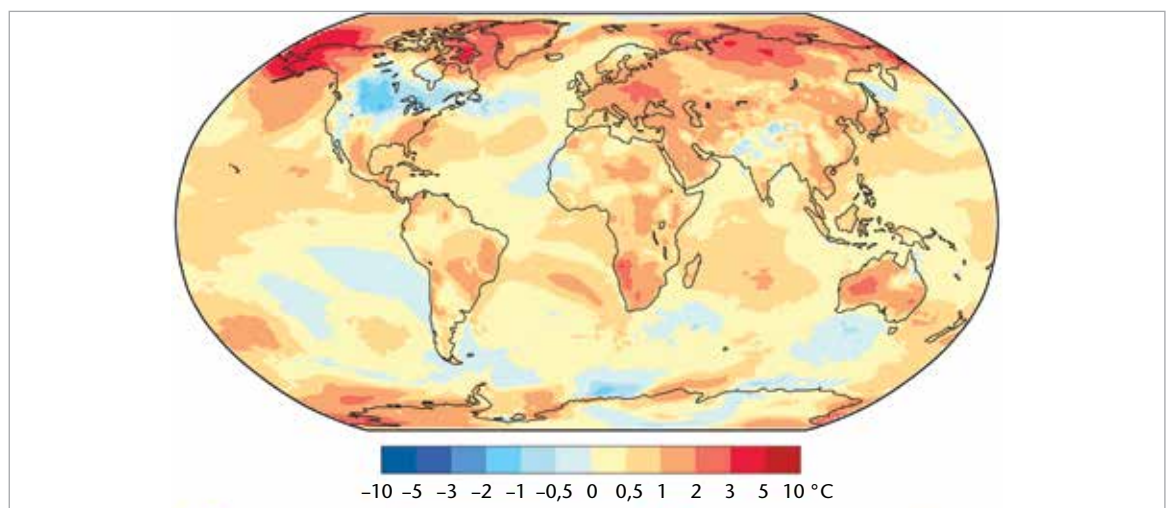


# Indicadores climáticos a escala mundial

**Figura 1.** Diferencia en la temperatura media anual mundial con respecto a las condiciones preindustriales (1850-1900). Los resultados de los dos reanálisis (ERA5 y JRA-55) concuerdan con los de los conjuntos de datos *in situ* (HadCRUT, NOAA GlobalTemp y GISTEMP) para el período 1981-2010.



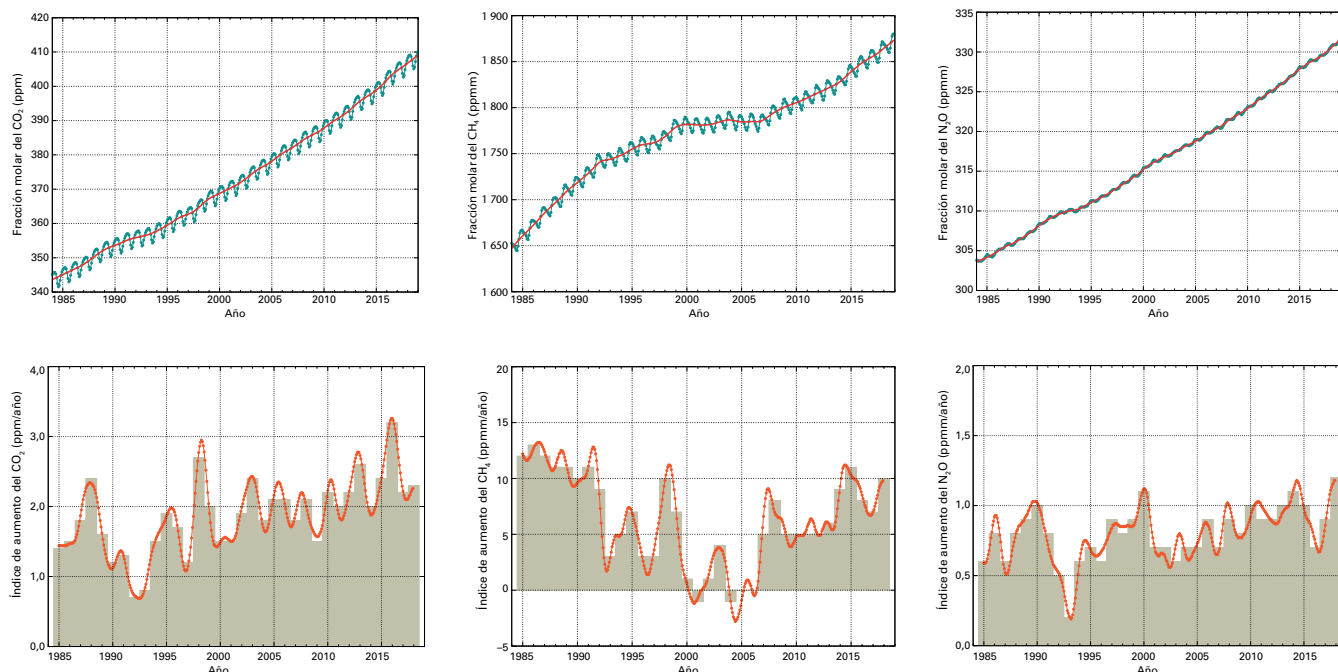
**Figura 2.** Anomalía de la temperatura del aire en superficie en 2019 con respecto a la media de 1981-2010 (fuente: datos de ERA5 del ECMWF, servicio de Copernicus relativo al cambio climático).



<sup>1</sup> Los cinco conjuntos de datos comprenden tres conjuntos de datos *in situ*—HadCRUT.4.6.0.0, producido por la Oficina Meteorológica del Reino Unido y la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia; NOAA GlobalTemp v5, producido por la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos; y GISTEMP v4, producido por el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)— así como dos reanálisis —ERA5, producido por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF) para el servicio de Copernicus relativo al cambio climático, y JRA-55, producido por el Servicio Meteorológico del Japón—.

<sup>2</sup> Por calentamiento total se entiende el cambio efectivo de temperatura, independientemente de su causa, mientras que el calentamiento provocado por la actividad humana se refiere al componente de ese calentamiento que es atribuible a las actividades del ser humano. La estimación del calentamiento provocado por la actividad humana se basa en: Haustein, K. y otros, 2017: "A real-time Global Warming Index", en *Scientific Reports* 7, 15417, doi: 10.1038/s41598-017-14828-5.





**Figura 3.** Fila superior: Promedios mundiales de la fracción molar (unidad que mide la concentración), de 1984 a 2018, del CO<sub>2</sub> en ppm (izquierda), del CH<sub>4</sub> en ppmm (centro) y del N<sub>2</sub>O en ppmm (derecha). La línea roja corresponde al promedio mensual de la fracción molar que resulta de suprimir las variaciones estacionales; la línea y los puntos azules representan los promedios mensuales. Fila inferior: Los índices de aumento representan el incremento en los promedios anuales sucesivos de las fracciones molares del CO<sub>2</sub> en ppm por año (izquierda), del CH<sub>4</sub> en ppmm por año (centro) y del N<sub>2</sub>O en ppmm por año (derecha) (fuente: VAG de la OMM).

contribuido mínimamente a las altas temperaturas mundiales de 2019, pero no se produjo un aumento manifiesto de la temperatura a principios de año como sí se observó en el inicio de 2016.

Los últimos cinco años (2015-2019) son los cinco más cálidos de los que se tiene constancia. Las últimas medias quinquenal (2015-2019) y decenal (2010-2019) son también las más altas de las que se tienen datos.<sup>3</sup> Desde la década de 1980, cada decenio sucesivo ha sido más cálido que cualquiera de los precedentes desde 1850.

Aunque el calor generalizado del año es evidente, hubo variaciones en las anomalías de temperatura en todo el mundo. En la mayoría de las zonas terrestres se registraron condiciones más cálidas que las de la media reciente (1981-2010, figura 2). El año 2019 fue uno de los tres más cálidos en África de los que se tienen datos, al menos desde 1950. Hubo otras medias continentales que se situaron entre las 3 más altas, excepto la de América del Norte, que fue la 14ª más alta en valores nominales. El estado de Alaska (Estados Unidos) registró condiciones excepcionalmente cálidas. Entre las zonas en que se experimentó un acusado calentamiento en 2019 cabe citar grandes partes del Ártico, el centro y el este de Europa, el sur de África, el sureste continental de Asia, distintas partes de Australia (donde fue el año más cálido y más seco del que se tienen datos), el noreste de Asia y varias partes del Brasil. Fuera de América del Norte, hubo escasas zonas con temperaturas sobre la superficie terrestre inferiores a la media.

## GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OZONO

Los promedios mundiales de las fracciones molares de los gases de efecto invernadero se calculan a partir de las observaciones *in situ* realizadas en distintos emplazamientos a través del Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM. Esos datos se pueden obtener del Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero del Servicio Meteorológico del Japón.<sup>4</sup> El año 1750 se utiliza como referencia representativa de las condiciones preindustriales.

El aumento en los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera es uno de los principales factores del cambio climático. Las concentraciones atmosféricas evidencian un equilibrio entre las fuentes (que incluyen las emisiones) y los sumideros. Las concentraciones mundiales de CO<sub>2</sub> reflejan el balance entre las emisiones provocadas por las actividades del ser humano y la absorción por la biosfera y los océanos.

En 2018, las fracciones molares de los gases de efecto invernadero alcanzaron nuevos máximos: el promedio mundial de la fracción molar del CO<sub>2</sub> fue de 407,8 ± 0,1 ppm; en el caso del CH<sub>4</sub>, fue de 1 869 ± 2 ppmm; y para el N<sub>2</sub>O, fue de 331,1 ± 0,1 ppmm (figura 3). Los aumentos anuales en los tres principales gases de efecto invernadero fueron mayores que los del año anterior y que los índices de crecimiento medio decenal. Los promedios mundiales de las fracciones molares

<sup>3</sup> De períodos no superpuestos de cinco y diez años.

<sup>4</sup> <https://gaw.kishou.go.jp/>.

de 2018 constituyen, respectivamente, el 147 %, el 259 % y el 123 % de los niveles preindustriales (1750). Los promedios mundiales de 2019 no estarán disponibles hasta finales de 2020, pero los datos en tiempo real de determinados emplazamientos, como Mauna Loa (Hawái) y el cabo Grim (Tasmania) indican que los niveles de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O siguieron aumentando en 2019.

En el informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C se concluyó que limitar el calentamiento a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales implica alcanzar emisiones mundiales netas de CO<sub>2</sub> iguales a cero aproximadamente en 2050 y lograr importantes reducciones paralelas en las emisiones de otros forzadores distintos del CO<sub>2</sub>, en particular de metano.

### PRESUPUESTO DE CARBONO

Evaluar con exactitud las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> y su redistribución entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre —el “presupuesto mundial de carbono”<sup>5</sup>— es importante para comprender mejor el ciclo global del carbono, apoyar la elaboración de políticas climáticas y prever el futuro cambio climático.

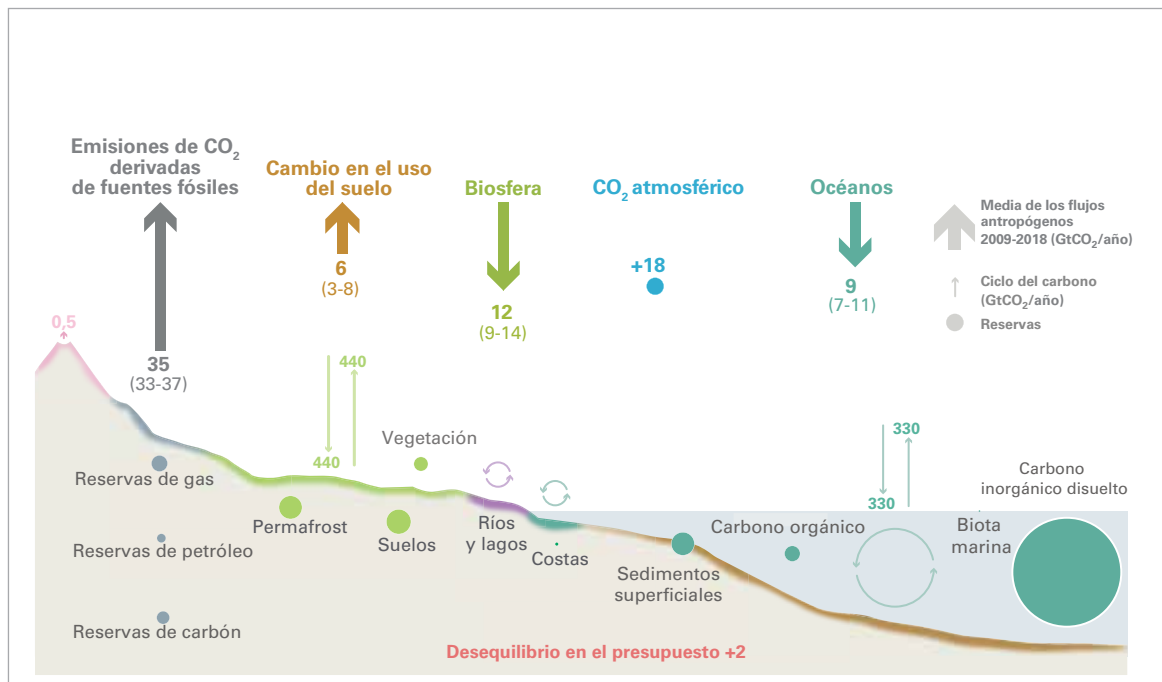
Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de fuentes fósiles han aumentado de manera progresiva en los últimos dos siglos, con breves interrupciones a raíz de pequeños descensos asociados a contracciones económicas de gran magnitud, como las recesiones

o las crisis del precio del petróleo. Durante el decenio 2009-2018, del que se dispone de datos completos, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> derivadas de fuentes fósiles fueron, en promedio, de 34,7 ± 1,8 GtCO<sub>2</sub> (miles de millones de toneladas) por año, con un aumento medio anual del 0,9 % hasta alcanzar un máximo sin precedentes de 36,6 GtCO<sub>2</sub> en 2018. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por los cambios en el uso del suelo ascendieron a 5,5 ± 2,6 GtCO<sub>2</sub> en ese período, sin que se registrase una tendencia clara (figura 4).

En el decenio 2009-2018 se incrementaron tanto la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> como su índice de aumento, al tiempo que los sumideros terrestre y oceánico de CO<sub>2</sub> siguieron creciendo en respuesta al incremento en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>. Los sumideros terrestre y oceánico de CO<sub>2</sub> absorben alrededor del 45 % de todas las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub>.

Según una proyección preliminar de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> derivadas de fuentes fósiles elaborada a partir de los datos de los tres primeros trimestres de 2019, las emisiones habrían crecido un 0,6 % en 2019, porcentaje comprendido en un intervalo de -0,2 % a +1,5 % que incluye la posibilidad de un crecimiento nulo o incluso un ligero descenso de las emisiones con respecto a 2018. Las emisiones provocadas por los incendios en las zonas de deforestación indican que las emisiones derivadas de los cambios en el uso del suelo en 2019 fueron superiores a la media de 2009-2018.

**Figura 4.** Presupuesto de perturbación del ciclo global del carbono a raíz de las actividades humanas; promedio mundial del decenio 2009-2018. La perturbación antropógena se suma a los flujos naturales del carbono. Los flujos y las reservas aparecen representados por círculos y flechas de menor grosor. El desequilibrio entre las emisiones totales y el número total de sumideros refleja las lagunas en los datos, los modelos o en nuestra comprensión del ciclo del carbono (fuentes: Proyecto Carbono Global, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>; Friedlingstein y otros, 2019).



<sup>5</sup> Friedlingstein, P. y otros, 2019: “Global Carbon Budget 2019”, en *Earth System Science Data*, 11, 1783-1838, <https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/>.

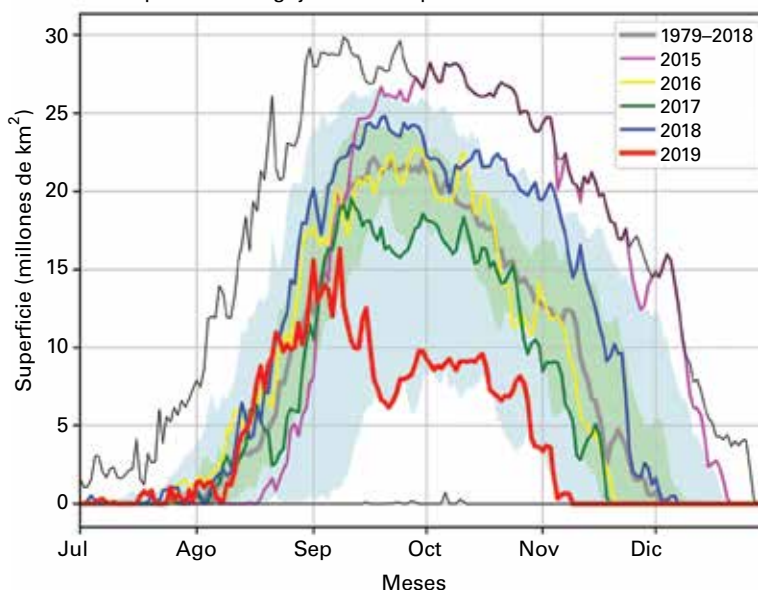
En 2019, el índice de aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico fue de 19,1 ± 3,3 GtCO<sub>2</sub>, por encima de la media de 2009-2018, un incremento impulsado por el auge de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las estimaciones preliminares de los sumideros oceánico y terrestre de CO<sub>2</sub> en 2019 fueron de 9,5 GtCO<sub>2</sub> y 14,3 GtCO<sub>2</sub>, respectivamente, ambas por encima de su media decenal.

## OZONO ESTRATOSFÉRICO Y GASES QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO

A raíz de la aplicación satisfactoria del Protocolo de Montreal, se ha declarado el fin en el uso de halones y clorofluorocarbonos (CFC). Se vigila su concentración en la atmósfera para entender el efecto continuo que tienen en la capa de ozono y detectar cambios inesperados. En varios estudios recientes se informó de una ralentización en el descenso de la concentración atmosférica de CFC-11 desde 2012,<sup>6</sup> que se relaciona con un aumento de las emisiones mundiales al que contribuyeron las emisiones en Asia Oriental. Debido a su prolongado período de vida atmosférico, esos compuestos permanecerán en la atmósfera durante muchos decenios. Aunque no se produjeran nuevas emisiones, hay cloro y bromo en la atmósfera más que suficientes para que se produzca una destrucción completa de la capa de ozono a ciertas altitudes en la Antártida de agosto a diciembre. En consecuencia, todos los años se sigue formando un agujero en la capa de ozono en primavera, cuyo tamaño y profundidad varían cada año, principalmente en función de las condiciones meteorológicas.

El agujero en la capa de ozono de 2019 apareció relativamente pronto y siguió creciendo hasta que un repentino calentamiento estratosférico en septiembre perturbó la progresión de la destrucción del ozono y provocó que el agujero fuera más pequeño y débil que en la media a largo plazo. La superficie de agotamiento del ozono fue inferior a la media a largo plazo y la concentración mínima de ozono se mantuvo por encima de la media a largo plazo hasta principios de noviembre, varias semanas antes de lo habitual. La superficie del agujero de la capa de ozono alcanzó su máximo de 2019 el 8 de septiembre, con 16,4 millones de km<sup>2</sup>. A modo de comparación, llegó a tener una superficie de 29,9 millones de km<sup>2</sup> el 9 de septiembre de 2000 y de 29,6 millones de km<sup>2</sup> el 24 de septiembre de 2006, según un análisis de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) (figura 5).

Superficie del agujero de la capa de ozono — Hemisferio sur



## OCEANOS

Los océanos son una parte importante del sistema Tierra. La tasa de cambio del contenido calorífico de los océanos es un indicador del calentamiento global, puesto que representa una gran proporción del calor que se acumula en el sistema climático. La expansión térmica fruto del calentamiento de los océanos, combinada con la fusión del hielo terrestre, eleva el nivel del mar, lo que afecta a las zonas costeras. Los cambios en la química oceánica asociados al aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera están alterando el pH de los océanos.

## CONTENIDO CALORÍFICO DE LOS OCEANOS

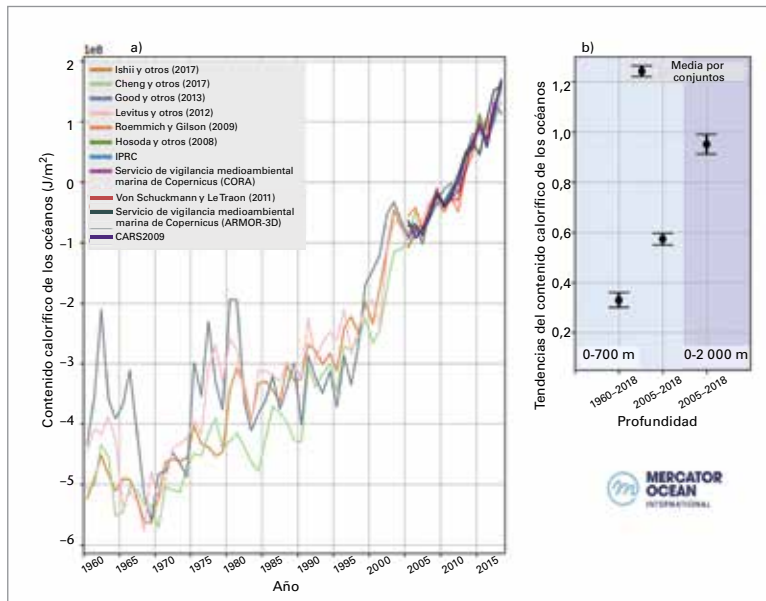
El contenido calorífico de los océanos es un parámetro fundamental del cambio climático, puesto que es un indicador de la acumulación de calor en el sistema Tierra. Los cambios en la composición atmosférica provocados por la actividad humana causan un desequilibrio radiativo en la parte superior de la atmósfera —el desequilibrio energético de la Tierra— que está impulsando el calentamiento global.<sup>7</sup> Debido a la gran capacidad calorífica del océano, la mayoría de ese calor acumulado (en torno a un 90 %) se almacena en los océanos del mundo.

En consecuencia, el océano se está calentando, lo que tiene efectos de gran alcance en el sistema climático de la Tierra. Por ejemplo, el aumento del contenido calorífico de los océanos contribuye en más de un 30 % a la elevación del nivel medio del mar observada a escala mundial a raíz de la expansión térmica del

**Figure 5.** Superficie (en millones de km<sup>2</sup>) en que la columna de ozono total es inferior a 220 unidades Dobson. El año 2019 aparece destacado en color rojo. Se incluyen los últimos años a fines de comparación, según se indica en la leyenda. La línea nítida y gruesa de color gris representa la media del período 1979-2018. La superficie sombreada en azul representa los percentiles 30 a 70 y la superficie sombreada en verde representa los percentiles 10 y 90 del período 1979-2018. Las líneas negras delgadas muestran los valores diarios máximo y mínimo registrados cada día durante el período 1979-2018. El gráfico se ha elaborado en la OMM a partir de los datos descargados del sitio web Ozone Watch de la NASA (<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). Los datos de la NASA se basan en las observaciones satelitales de los instrumentos de vigilancia del ozono (OMI) y del espectrómetro cartográfico del ozono total (TOMS).

<sup>6</sup> Montzka, S. A. y otros, 2018: "An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC 11", en *Nature*, 557:413-417, doi: 10.1038/s41586-018-0106-2.

<sup>7</sup> Hansen, J. y otros, 2011: "Earth's energy imbalance and implications", en *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 13421-13449.



**Figura 6.** a) Contenido calorífico medio de los océanos en la superficie casi mundial (60° S-60° N) durante el período 1960-2018, obtenido a partir de los diferentes productos de temperatura subsuperficial.

Los productos basados en la red Argo se han superpuesto a partir del año 2005, como se indica en la leyenda.<sup>22</sup> b) Tasa de cambio en la media por conjuntos de las series temporales de contenido calorífico de los océanos que aparecen representadas en a), junto con la dispersión por conjuntos. Las tasas ascienden a  $0,3 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$  (0-700 m, 1960-2018),  $0,6 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$  (0-700 m, 2005-2018),  $1,0 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$  (0-2 000 m, 2005-2018).

agua marina.<sup>8</sup> El calentamiento de los océanos está alterando las corrientes oceánicas<sup>9,10</sup> y modificando indirectamente las trayectorias de las tormentas.<sup>11,12</sup> Las consecuencias del calentamiento de los océanos también se extienden a la criosfera de la Tierra, dado que las plataformas de hielo flotante pierden grosor y las capas de hielo disminuyen.<sup>13,14,15,16</sup> El calentamiento

de los océanos aumenta su estratificación y, junto con la acidificación y la desoxigenación de sus aguas, puede provocar cambios drásticos en el ensamblaje de los ecosistemas y la biodiversidad, la extinción de poblaciones, la decoloración coralina, distintas enfermedades infecciosas, cambios etológicos (también en la reproducción) y una redistribución de los hábitats.<sup>17,18,19</sup>

Las mediciones históricas de la década de 1940 se basaban principalmente en técnicas a bordo de buques, lo que limitaba la disponibilidad de las observaciones de la temperatura subsuperficial a escala mundial y en profundidad.<sup>20</sup> Por lo tanto, las estimaciones a escala mundial del contenido calorífico de los océanos se limitan a menudo al período de 1960 en adelante, y a una integración vertical desde la superficie hasta los 700 m de profundidad. Con el despliegue de la red Argo de flotadores perfiladores autónomos, que alcanzó su objetivo de cobertura en 2006, actualmente es posible medir de forma rutinaria los cambios en el contenido calorífico de los océanos hasta una profundidad de 2 000 m<sup>21</sup> (figura 6).

En 2019, el contenido calorífico de los océanos en los primeros 700 m (en una serie de mediciones que comienza en la década de 1950) y los primeros

<sup>8</sup> Grupo sobre el Presupuesto del Nivel del Mar Mundial del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), 2018: "Global sea-level budget 1993–present", en *Earth System Science Data*, 10, 1551-1590, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018>.

<sup>9</sup> Hoegh-Guldberg, O. y otros, 2018: "Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems", en Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2018: *Global Warming of 1.5 °C* (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörrner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield, eds.). Ginebra.

<sup>10</sup> Rhein, M. y otros, 2018: "Greenland submarine meltwater observed in the Labrador and Irminger Seas", en *Geophysical Research Letters*, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL079110>.

<sup>11</sup> Yang, H. y otros, 2016: "Intensification and poleward shift of subtropical western boundary currents in a warming climate", en *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 4928-4945, doi: 10.1002/2015JC011513.

<sup>12</sup> Woollings, T. y otros, 2012: "Response of the North Atlantic storm track to climate change shaped by ocean - atmosphere coupling", en *Nature Geoscience*, mayo de 2012, doi: 10.1038/NGE01438.

<sup>13</sup> Shi, J. R. y otros, 2018: "Evolving relative importance of the Southern Ocean and North Atlantic in anthropogenic ocean heat uptake", en *Journal of Climate*, 31, 7459-7479, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0170.1>.

<sup>14</sup> Polyakov, I. V. y otros, 2017: "Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian basin of the Arctic ocean", en *Science*, 356, 285-291, doi: 10.1126/science.aai8204.

<sup>15</sup> Straneo, F. y otros, 2019: "The case for a sustained Greenland Ice sheet - Ocean Observing System (GriOOS)", en *Frontiers in Marine Science*, 6, 138, doi: 10.3389/fmars.2019.00138.

<sup>16</sup> Shepherd, A. y otros, 2018: "Trends and connections across the Antarctic cryosphere", en *Nature*, 558(7709), 223-232, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0171-6>.

<sup>17</sup> Gattuso, J.-P. y otros, 2015: "Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios", en *Science*, 349, 6243, doi: 10.1126/science.aac4722.

<sup>18</sup> Molinos, J. G. y otros, 2016: "Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity", en *Nature Climate Change*, 6, <https://doi.org/10.1038/nclimate2769>.

<sup>19</sup> Ramírez, F. y otros, 2017: "Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity", en *Science Advances*, 3(2), doi: 10.1126/sciadv.1601198.

<sup>20</sup> Abraham, J. P. y otros, 2013: "A review of global ocean temperature observations: implications for ocean heat content estimates and climate change", en *Review of Geophysics*, 51, 450-483, doi: 10.1002/rog.20022.

<sup>21</sup> Riser, S. y otros, 2016: "Fifteen years of ocean observations with the global Argo array", en *Nature Climate Change*, 6, 145-153, <https://doi.org/10.1038/nclimate2872>.

<sup>22</sup> Se puede consultar más información sobre los distintos productos de datos en las referencias indicadas en la leyenda. Sobre CARS2009, hay más información disponible en <http://www.marine.csiro.au/~dunn/cars2009/>; en relación con el Centro Internacional de Investigaciones del Pacífico (IPRC), en <http://apdr.csoest.hawaii.edu/projects/argo/>; y acerca del servicio de vigilancia medioambiental marina de Copernicus, en <http://marine.copernicus.eu/>.

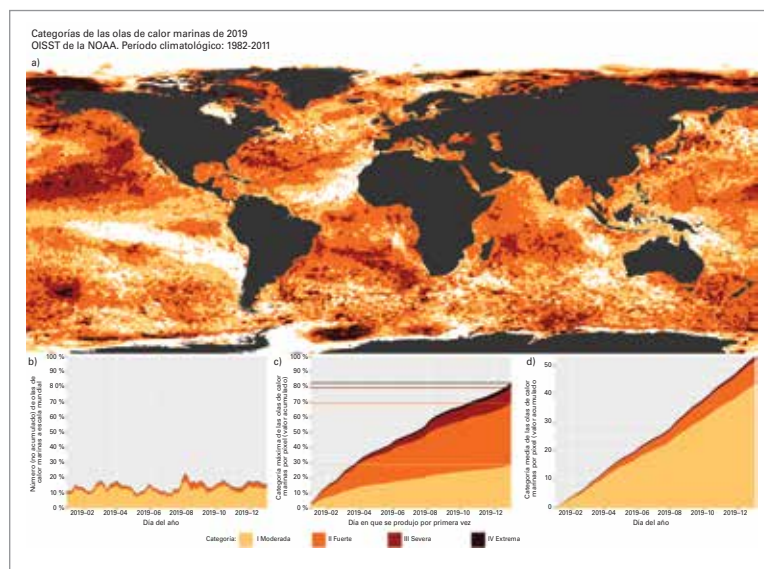


2 000 m (en una serie de mediciones que comienza en 2006) siguió aumentando hasta llegar a niveles sin precedentes o casi sin precedentes, y el promedio del año superó los niveles máximos anteriores, que se alcanzaron en 2018. En la última cuarta parte del decenio, y en comparación con la serie histórica de absorción de calor desde 1960, la ganancia de calor de los océanos a nivel mundial ha aumentado en la capa superior (0-700 m), y el calor ha sido secuestrado en las capas más profundas del océano (0-2 000 m).

## OLAS DE CALOR MARINAS

De manera análoga a las olas de calor en zonas terrestres, el calor extremo puede afectar a la capa próxima a la superficie de los océanos con una serie de consecuencias para la vida marina y para las comunidades que dependen de esas masas de agua. Los datos satelitales de temperatura de la superficie del mar se pueden utilizar para vigilar las olas de calor marinas. En ese caso, las olas de calor marinas se clasifican de la siguiente manera: moderadas, cuando la temperatura de la superficie del mar está por encima del percentil 90 de la distribución climatológica durante 5 días o más;<sup>23</sup> fuertes, si la diferencia respecto a la media a largo plazo duplica con creces la diferencia entre el percentil 90 y la media a largo plazo; severas, si esa diferencia es más de 3 veces mayor, y extremas, si es más de 4 veces mayor.

En cuanto a 2019 (figura 7), el número de días con olas de calor marinas promediado para el conjunto de los océanos fue de aproximadamente 55 días por píxel, es decir, casi 2 meses de temperaturas inusualmente cálidas. En una mayor parte del océano se registraron olas de calor marinas clasificadas como fuertes (41 %) si se compara con la parte en la que se experimentaron olas de calor moderadas (29 %), mientras que en el 84 % del océano se produjo al menos una ola de calor marina. En amplias zonas del noreste del Pacífico, las olas de calor fueron de categoría severa. Entre 2014 y 2016, la temperatura de la superficie del mar en la zona también fue inusualmente alta y la masa de aguas con



temperaturas superiores a la media recibió el apodo de “la mancha caliente” (*blob*).<sup>24,25</sup> Otra zona de consideración es el mar de Tasmania, donde ha habido una serie de olas de calor marinas en los veranos de 2015/2016<sup>26</sup> y 2017/2018<sup>27</sup>, y nuevamente en 2018/2019. A finales de 2019, una ola de calor marina extrema afectó también a la zona al este de Nueva Zelanda. Los fenómenos climáticos, como las olas de calor marinas y las crecidas, estuvieron relacionados con una amplia mortalidad en las principales comunidades que conforman los hábitats marinos a lo largo de más del 45 % del litoral continental de Australia entre 2011 y 2017.<sup>28</sup>

## NIVEL DEL MAR

En 2019, el nivel del mar siguió aumentando (figura 8, izquierda) y su nivel medio a escala mundial alcanzó el valor más alto desde que se dispone de registros altimétricos de alta precisión (enero de 1993). Se estima que la tasa media de aumento es de  $3,24 \pm 0,3$  mm año<sup>-1</sup> para el periodo de 27 años, pero la tasa ha aumentado durante ese tiempo.

**Figura 7.** a) Mapa mundial que muestra la categoría más alta de las olas de calor marinas registradas en cada píxel a lo largo del año, estimada a partir del conjunto de datos OISST v2 de la NOAA (período de referencia 1982-2011). El color blanco indica que no hubo ninguna ola de calor marina en un píxel en todo el año. b) Diagrama que presenta el porcentaje de píxeles del océano que registraron una ola de calor marina cualquier día del año. c) Diagrama que presenta el porcentaje acumulado del océano que registró una ola de calor marina a lo largo del año.<sup>29</sup> Las líneas horizontales de la figura representan los porcentajes finales de cada categoría de ola de calor marina. d) Diagrama que presenta el total de días con olas de calor marinas promediado para todos los píxeles del océano<sup>30</sup> (fuente: Robert Schlegel, Woods Hole Oceanographic Institution).

<sup>23</sup> Hobday, A. J. y otros, 2018: “Categorizing and naming marine heatwaves”, en *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

<sup>24</sup> Gentemann, C. L. y otros, 2017: “Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014-2016 northeast Pacific marine heat wave”, en *Geophysical Research Letters*, 44, 312-319, doi: 10.1002/2016GL071039.

<sup>25</sup> Di Lorenzo, E. y N. Mantua, 2016: “Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave”, en *Nature Climate Change*, 6(11), pág. 1042, doi: 10.1038/nclimate3082.

<sup>26</sup> Oliver, E. C. y otros, 2017: “The unprecedented 2015/16 Tasman Sea marine heatwave”, en *Nature communications*, 8, pág. 16101, doi: 10.1038/ncomms16101.

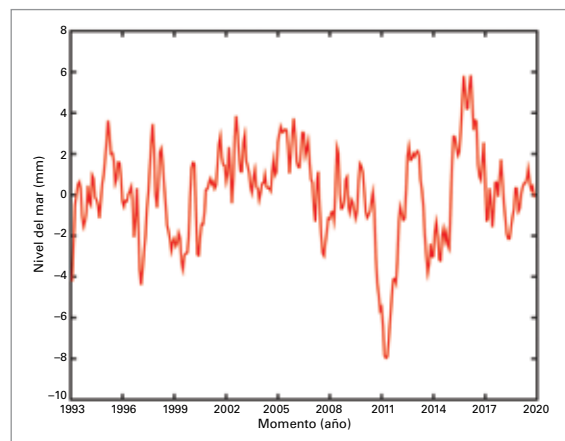
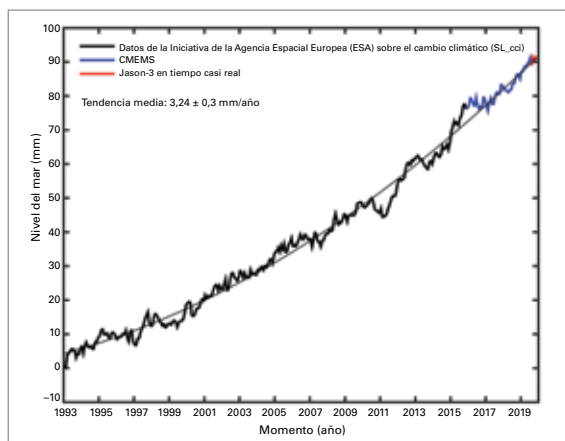
<sup>27</sup> Perkins-Kirkpatrick, S. E. y otros, 2019: “The role of natural variability and anthropogenic climate change in the 2017/18 Tasman Sea marine heatwave”, en *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1), págs. S105-S110, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0116.1>.

<sup>28</sup> Babcock, R. C. y otros, 2019: “Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: Extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45 % of Australia’s coast”, en *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00411>.

<sup>29</sup> Los valores se basan en el momento del año en que un píxel experimenta por primera vez su ola de calor marina de categoría más alta, de modo que ningún píxel se cuenta más de una vez.

<sup>30</sup> Esta cifra se obtiene calculando el total de días con olas de calor marinas por píxel de todo el océano y dividiéndolo por el número total de píxeles del océano (cerca de 690 000).

**Figura 8.** Izquierda: Evolución del nivel medio del mar a escala mundial de enero de 1993 a diciembre de 2019, según datos altimétricos de alta precisión. La línea curva delgada de color negro es una función cuadrática que se ajusta mejor a los datos. Los datos del servicio de vigilancia medioambiental marina de Copernicus (SVMCC) comienzan en enero de 2016, y los de Jason-3, de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), en octubre de 2019. Derecha: Nivel medio del mar a escala mundial sin tendencias durante el mismo período (la diferencia entre la función cuadrática de suavizamiento y los valores medidos en el gráfico de la izquierda).



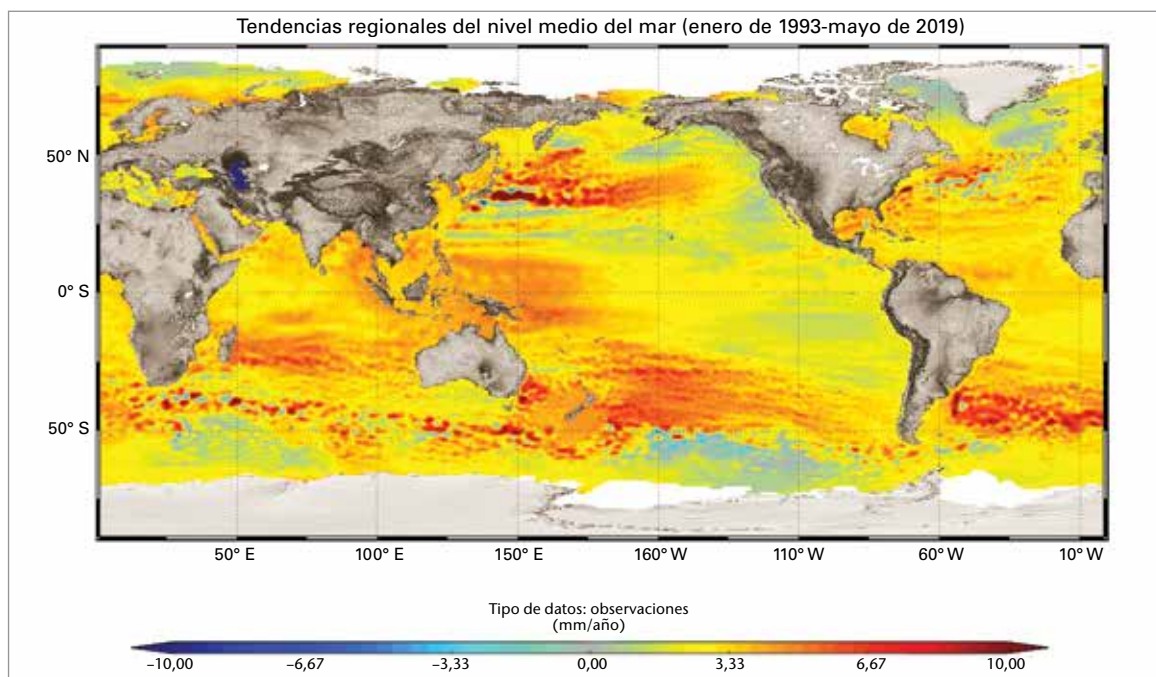
La mayor pérdida de masa de las capas de hielo es la principal causa de la subida acelerada del nivel medio del mar a escala mundial,<sup>31</sup> lo que se suma a los aumentos constantes fruto de la expansión de las aguas oceánicas originada por el calentamiento.

La variabilidad interanual (figura 8, derecha) del aumento del nivel del mar se debe principalmente al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS; véase también el apartado [Factores de la variabilidad climática a corto plazo](#)). Durante los episodios de El Niño, el agua de las cuencas fluviales tropicales en la superficie terrestre se transfiere al océano por los cambios en la precipitación y la escorrentía (como sucedió en 1997, 2012 y 2015). Durante los episodios de La Niña sucede lo contrario: hay una

transferencia de agua del océano a la superficie terrestre (por ejemplo, en 2011).<sup>31</sup>

La elevación del nivel del mar no es uniforme en todas las regiones. En la figura 9 se presentan las características de la tendencia espacial desde enero de 1993 hasta mayo de 2019. Las tendencias regionales más acusadas en el hemisferio sur se registran al este de Madagascar, en el océano Índico; al este de Nueva Zelanda, en el océano Pacífico; y al este del río de la Plata/América del Sur, en el Atlántico Sur. En el hemisferio norte, también se observa un perfil alargado hacia el este en el Pacífico Norte. El perfil nítido que se observaba en el Pacífico tropical occidental durante los dos primeros decenios del registro altimétrico se está desvaneciendo ahora,

**Figura 9.** Variabilidad regional en las tendencias del nivel del mar en el período 1993-2019, según datos altimétricos satelitales (fuente: Copernicus/Collecte Localisation Satellites (CLS)/Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) de Francia/Laboratorio de Estudios en Geofísica y Oceanografía Espaciales (LEGOS).



<sup>31</sup> Fasullo, J. T. y otros, 2013: "Australia's unique influence on global sea level in 2010-2011", en *Geophysical Research Letters*, 40, 4368-4373, doi: 10.1002/grl.50834.

lo que da a entender que no era una señal a largo plazo. Las tendencias no uniformes del nivel del mar están dominadas por las variaciones geográficas del contenido calorífico de los océanos,<sup>32,33</sup> pero también dependen de los procesos que afectan a la atmósfera, la geosfera y la criosfera.

## ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS

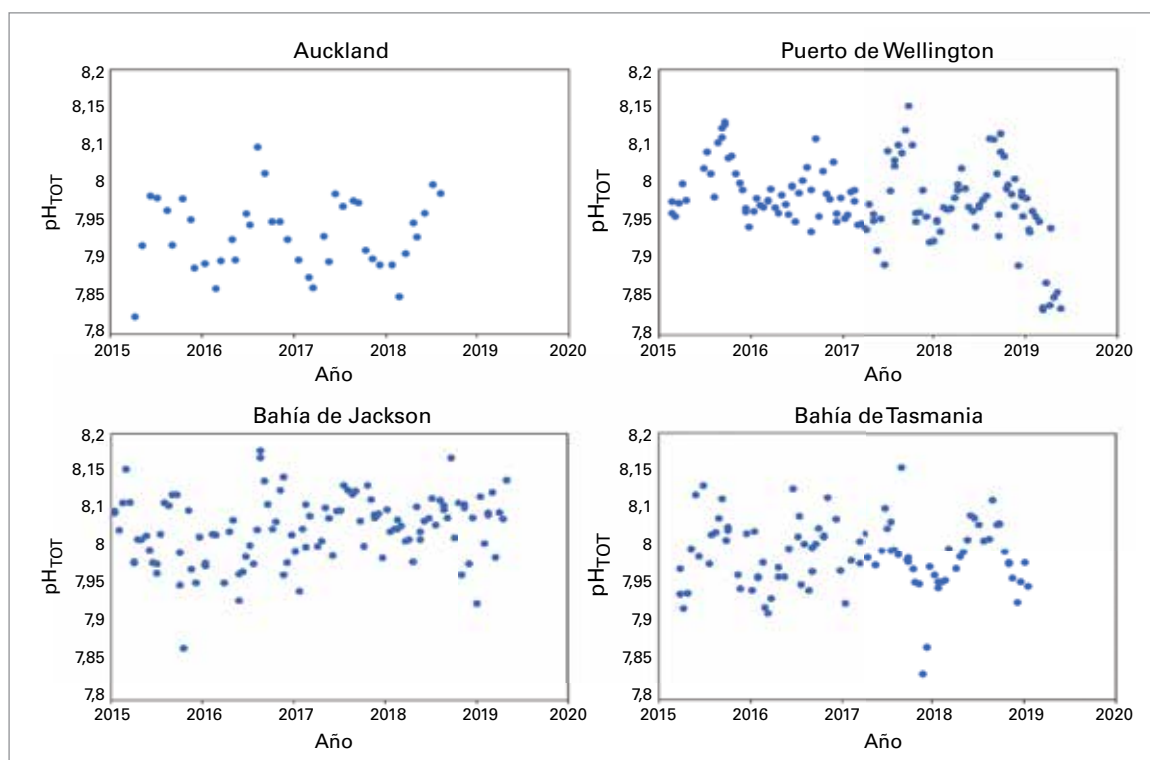
En el decenio 2009-2018, los océanos absorbieron alrededor del 23 % de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub>,<sup>34</sup> lo que contribuye a mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> altera la química del océano, dado que el CO<sub>2</sub> reacciona con el agua de mar disminuyendo su pH y aumentando la acidez del océano. Este proceso se denomina acidificación de los océanos. El cambio de pH está relacionado con otras alteraciones en la química de los carbonatos que disminuyen la capacidad de calcificación de algunos organismos marinos, como los mejillones, los crustáceos y los corales. El conjunto de esos cambios afecta a la vida marina, al disminuir su capacidad potencial de crecimiento y reproducción. Las observaciones de fuentes de mar abierto durante los últimos 20 a 30 años ponen de

manifiesto un descenso evidente del pH medio, con una reducción del valor medio de pH oceánico en superficie a nivel mundial de 0,017-0,027 unidades de pH por decenio desde finales de los años ochenta.<sup>33</sup>

En las aguas costeras, los cambios en la química de los carbonatos causados por la acidificación antropógena de los océanos son más difíciles de distinguir, debido a la complejidad del medioambiente y a los distintos factores que influyen en él. Esos cambios repercuten en los servicios oceánicos que se concentran en la costa, y que son de importancia para el bienestar de las personas, como la pesca y la acuicultura, el turismo y el ocio. Los marcados patrones estacionales y la variabilidad del pH son evidentes en las últimas actividades de vigilancia llevadas a cabo en el océano Austral en torno a Nueva Zelanda (figura 10), lo que pone de relieve la necesidad de realizar observaciones sostenidas a largo plazo con una alta resolución temporal y espacial.

## DESOXIGENACIÓN

Tanto las observaciones como los modelos numéricos indican que el oxígeno está disminuyendo actualmente



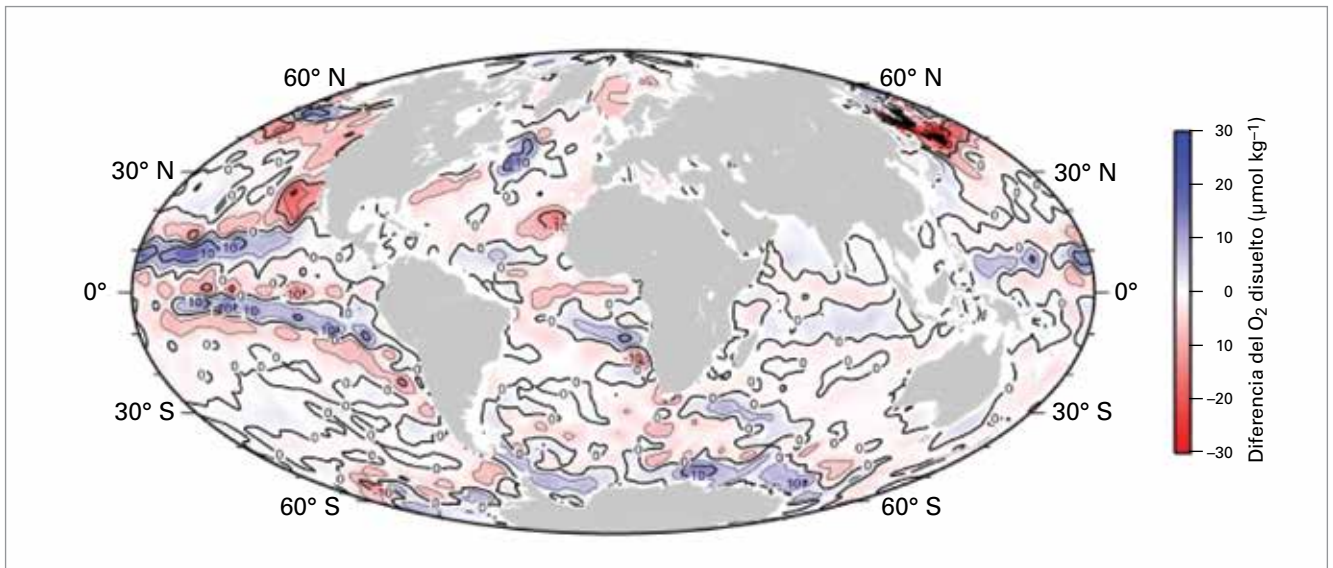
**Figura 10.** Mediciones del pH de cuatro emplazamientos en torno a Nueva Zelanda, que abarcan entre cuatro y cinco años de observaciones. Fila superior: Emplazamientos urbanizados en Auckland y Wellington. Fila inferior: Un emplazamiento de costa abierta (bahía de Jackson) y un emplazamiento en una bahía (bahía de Tasmania). Se observan con claridad los patrones estacionales y la variabilidad entre las mediciones de pH (autoría: Kim Currie, Instituto Nacional de Investigaciones Hidrológicas y Atmosféricas (NIWA) de Nueva Zelanda).

<sup>32</sup> Church, J. A. y otros, 2013: "Sea Level Change", en IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Stocker, T. F. y otros (eds.)). Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press.

<sup>33</sup> IPCC, 2019: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N. Weyer (eds.)). En imprenta.

<sup>34</sup> Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2019: *Boletín de la OMM sobre los Gases de Efecto Invernadero: Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2018*, [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10127](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10127).





**Figura 11.** Diferencia en el oxígeno disuelto entre 2000-2018 y 1970-2018 basada en mediciones *in situ* de agua de mar a 200 m (datos de botellas), según el World Ocean Atlas 2018 (García y otros, 2019).

en alta mar y en las zonas oceánicas costeras, incluidos los estuarios y los mares semicerrados. Desde mediados del siglo pasado, se estima que ha habido una disminución de entre el 1 % y el 2 % (es decir, de 2,4 Pmol a 4,8 Pmol o de 77 000 a 145 000 millones de toneladas) en el inventario de oxígeno oceánico mundial.<sup>35,36</sup> Sin embargo, las observaciones realizadas en el océano a 200 m de profundidad ponen de relieve que los cambios presentan diferencias en función de la cuenca oceánica de que se trate, y que la mayor pérdida de oxígeno disuelto del océano se registró en el hemisferio norte durante los últimos decenios (figura 11).

Se espera que la expansión prevista del 7 % de la superficie preindustrial con niveles mínimos de oxígeno (<80  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) hasta el año 2100 altere la diversidad, la composición, la abundancia y la distribución de la vida marina. En varios estudios recientes se determinó además que la desoxigenación, junto con el calentamiento y la acidificación de los océanos, representa una importante amenaza para los ecosistemas oceánicos y el bienestar humano. Incluso se reconoce ahora que los arrecifes de coral son vulnerables a una gran pérdida de oxígeno.<sup>37</sup>

## CRIOSFERA

La criosfera comprende la precipitación sólida, la capa de nieve, el hielo marino, el hielo lacustre y fluvial, los glaciares, los casquetes de hielo, las capas de hielo, el permafrost y el suelo estacionalmente

congelado. Aunque proporciona los principales indicadores de un clima cambiante, es uno de los ámbitos menos estudiados del sistema Tierra. Muchos de los componentes se miden en la superficie, pero la cobertura espacial es deficiente en términos generales. Algunos componentes, como la extensión del hielo marino, se han medido desde el espacio durante muchos años, si bien la capacidad de medir otros componentes desde el espacio aún se está desarrollando. Los principales indicadores de la criosfera que se utilizan en el presente documento incluyen la extensión del hielo marino, el balance de masas de los glaciares y el balance de masas de la capa de hielo de Groenlandia. En el apartado **Fenómenos de fuerte impacto en 2019** se abordan varios episodios concretos de nevadas.

## HIELO MARINO

El hielo marino ártico (así como el subártico) ha experimentado una disminución a largo plazo en todos los meses desde que se dispone de satélites (de 1979 a la actualidad, figura 12); las mayores pérdidas relativas se producen al final del verano, alrededor de la época del mínimo anual, en septiembre, con variaciones regionales.

La extensión máxima diaria del hielo marino en el invierno ártico de 2019 (14,78 millones de  $\text{km}^2$ ), alcanzada alrededor del 13 de marzo, fue la séptima extensión máxima más reducida de la que se tienen datos,<sup>38</sup> y la media mensual de marzo fue también la séptima más baja (figura 12). La extensión mínima diaria del hielo marino en el verano ártico

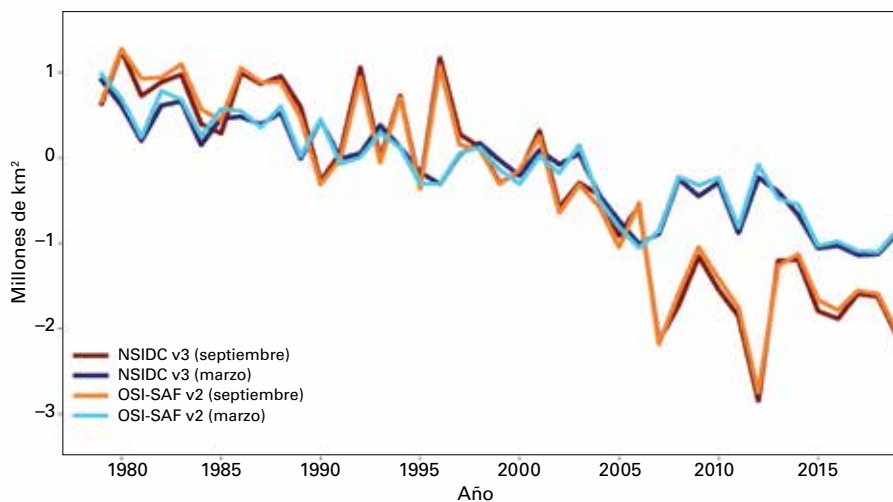
<sup>35</sup> Bopp, L. y otros, 2013: "Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models", en *Biogeosciences*, 10:6225-6245, <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.

<sup>36</sup> Schmidtko, S. y otros, 2017: "Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades", en *Nature*, 542:335-339, doi: 10.1038/nature21399.

<sup>37</sup> Camp E. F. y otros, 2017: "Reef-building corals thrive within hot-acidified and deoxygenated waters", en *Scientific Reports*, 7(1), 2434, doi: 10.1038/s41598-017-02383-y.

<sup>38</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/03/>.





**Figura 12.** Anomalías mensuales en la extensión del hielo marino del Ártico en los meses de septiembre y marzo del periodo 1979-2019 (con respecto a la media de 1981-2010) (fuentes: Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos (NSIDC) de los Estados Unidos y Servicio de Aplicaciones de Satélites para el Océano y el Hielo Marino (OSI SAF) de EUMETSAT).

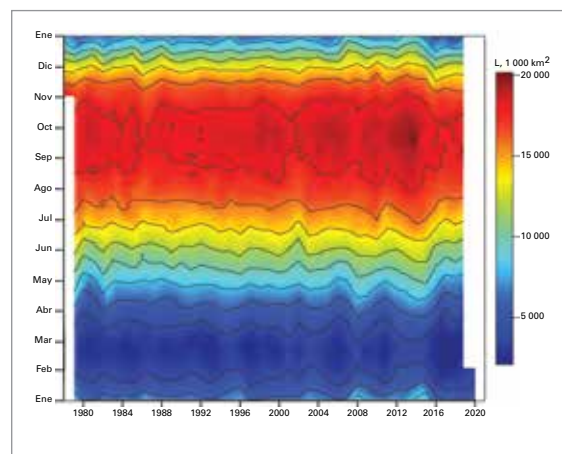
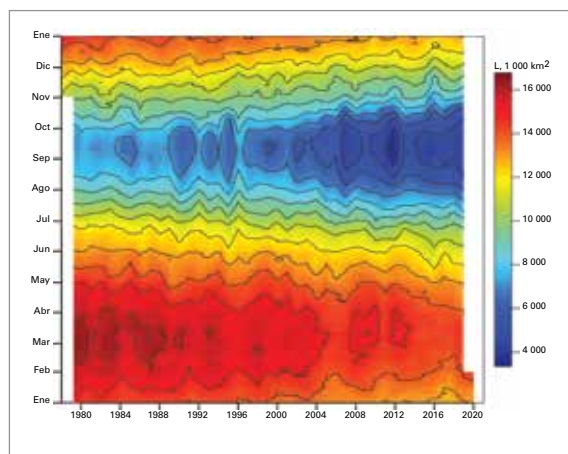
(4,15 millones de km<sup>2</sup>), que se registró alrededor del 18 de septiembre, quedó empatada con las de 2007 y de 2016 como la segunda más reducida de la que se tiene constancia.<sup>39</sup> La extensión media mensual de septiembre fue la tercera más baja en valores nominales de la que se tienen datos.<sup>40</sup>

Las extensiones fueron muy reducidas hasta noviembre; el borde del hielo avanzó más lento de lo habitual en los mares de Beaufort, Chukchi, Kara y Barents. Sin embargo, alrededor de Svalbard, el hielo marino volvió prácticamente a las condiciones que promediaba.<sup>41</sup> De abril a noviembre de 2019, las extensiones mensuales estuvieron entre las tres más reducidas de esos meses de las que se tienen datos, y la extensión mensual de octubre fue la más escasa de la que se tiene constancia.

El estado de los hielos varió de manera acusada durante el invierno de 2018/2019 en los mares regionales del Ártico. Aunque la extensión del hielo

fue extremadamente reducida en el mar de Bering, los valores del cercano mar de Okhotsk fueron casi los habituales. Los vientos del norte en la región del mar de Barents, entre enero y agosto de 2019, hicieron que los registros de extensión del hielo fueran casi los habituales en la parte septentrional de la zona, a diferencia del decenio pasado, en que fueron inferiores a la media. El invierno de 2018/2019 trajo consigo la formación temprana de hielo en los Grandes Lagos de América del Norte y una cobertura de hielo superior a la media. La máxima cobertura de hielo en los Grandes Lagos ascendió al 145 % de la media a largo plazo, y fue la séptima más alta desde 1972/1973.<sup>42</sup>

Hasta 2016, la extensión del hielo marino de la Antártida había mostrado un pequeño aumento a largo plazo (figura 13). A finales de 2016, ese aumento se interrumpió por una reducción repentina de la extensión a valores extremadamente reducidos. Desde entonces, la extensión del hielo marino de la Antártida se ha mantenido en niveles



**Figura 13.** Variabilidad de los patrones estacionales de extensión diaria del hielo marino del Ártico (al norte de 45° N, gráfico de la izquierda) y la Antártida (al sur de 50° S, gráfico de la derecha) calculada sobre la base de las series del algoritmo NASA Team del NSIDC para 1978-2020 (fuente: Instituto de Investigación sobre el Ártico y el Antártico (AARI)).

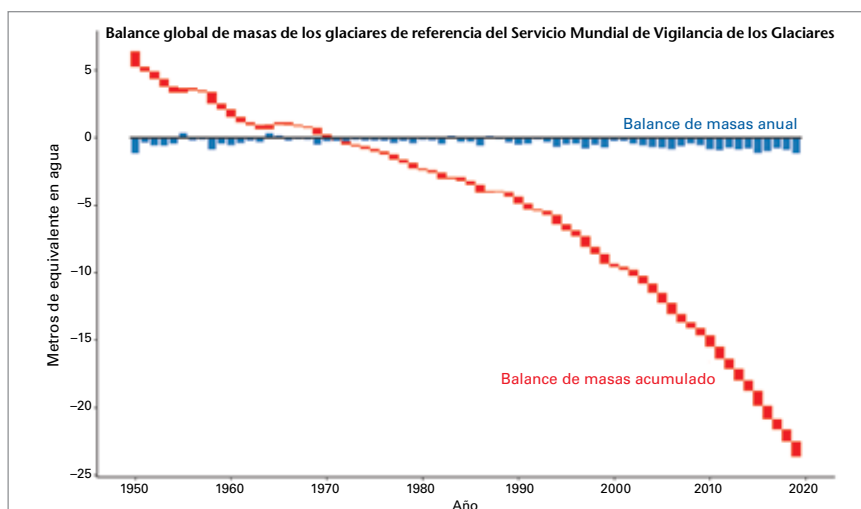
<sup>39</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/>.

<sup>40</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/10/>.

<sup>41</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/11/>.

<sup>42</sup> <https://www.glerl.noaa.gov/data/ice/#historical>.

**Figura 14.** Balance de masas anual (en azul) y acumulado (en rojo) de los glaciares de referencia con más de 30 años de mediciones glaciológicas en curso. El balance global de masas se basa en un promedio de 19 regiones para minimizar el sesgo a favor de las regiones de las que se dispone de un número adecuado de muestras. Las variaciones anuales en las masas se expresan en metros de equivalente en agua, unidad que corresponde a toneladas por metro cuadrado ( $1\ 000\ \text{kg m}^{-2}$ ) (fuente: Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares (2020, actualizado)).



relativamente bajos. En 2019 se registraron tres meses (mayo, junio y julio) con una extensión mensual reducida sin precedentes. Al final del invierno y en la primavera del hemisferio sur se observaron extensiones que se aproximaban más a la media a largo plazo, pero noviembre registró su segunda menor extensión de la que se tiene constancia y diciembre registró su cuarta o quinta menor extensión. La extensión mínima diaria del hielo marino (2,47 millones de  $\text{km}^2$ ), alcanzada alrededor del 28 de febrero,<sup>38</sup> fue la séptima más reducida de la que se tienen datos. La extensión máxima diaria del hielo marino (18,40 millones de  $\text{km}^2$ ) se alcanzó alrededor del 30 de septiembre.

## GLACIARES

Los glaciares se forman a partir de la nieve que se ha compactado hasta convertirse en hielo, el cual puede deformarse y fluir hacia altitudes menores y más cálidas, donde se derrite o, si el glaciar termina en el océano, romperse formando icebergs. Los glaciares son sensibles a los cambios de temperatura, de las precipitaciones y de la radiación solar entrante, así como a otros factores como los cambios en la lubricación basal o la pérdida de las plataformas de hielo de apoyo.

Según el Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares, en el año hidrológico 2017/2018 los glaciares observados experimentaron una pérdida de hielo de 0,89 m de equivalente en agua (figura 14). Los resultados preliminares de 2019, basados en un subconjunto de glaciares, indican que el año hidrológico 2018/2019 fue el 32º año consecutivo con un balance de masas negativo; la pérdida de hielo fue de más de 1 m de equivalente en agua. Ocho de los diez años con los mayores balances de masas negativos se han registrado desde 2010. La pérdida acumulada de hielo desde 1970 asciende a más de 23 m de equivalente en agua.

En 2019 se registraron importantes pérdidas de volumen de hielo en los glaciares suizos, según informó la Comisión de la Criosfera de la Academia Suiza de Ciencias,<sup>43</sup> aunque las pérdidas generales fueron inferiores a las de los dos años anteriores. A finales de la primavera, la capa de nieve de los glaciares estaba entre un 20 % y un 40 % por encima de lo habitual y, aunque el inicio del deshielo fue relativamente tardío, la tasa de pérdida alcanzó niveles sin precedentes a finales de junio y principios de julio durante un período de dos semanas de intenso calor. El hielo se siguió fundiendo hasta principios de septiembre. En los 12 meses anteriores a octubre de 2019, los glaciares de Suiza perdieron alrededor del 2 % de su volumen total. En los últimos cinco años la pérdida ha superado el 10 %, la mayor tasa de disminución en más de un siglo de registros.

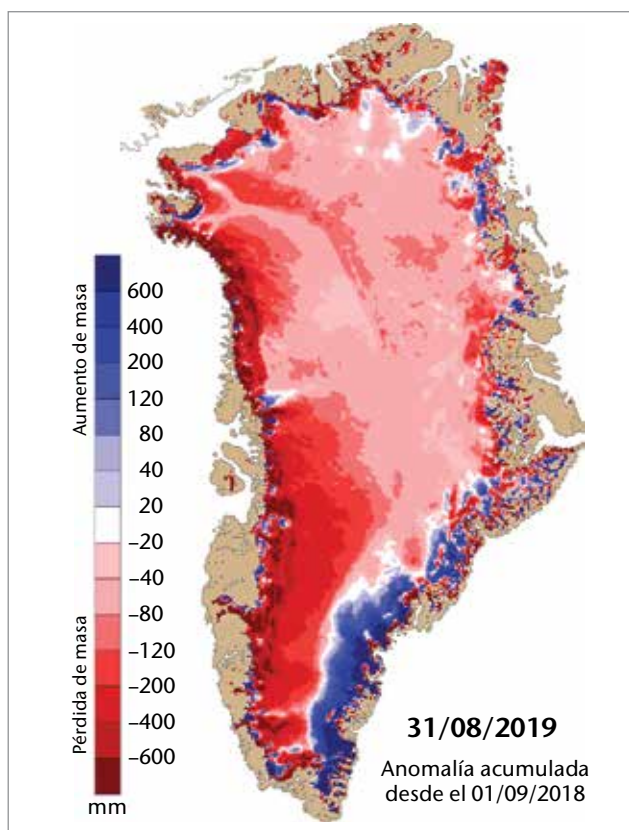
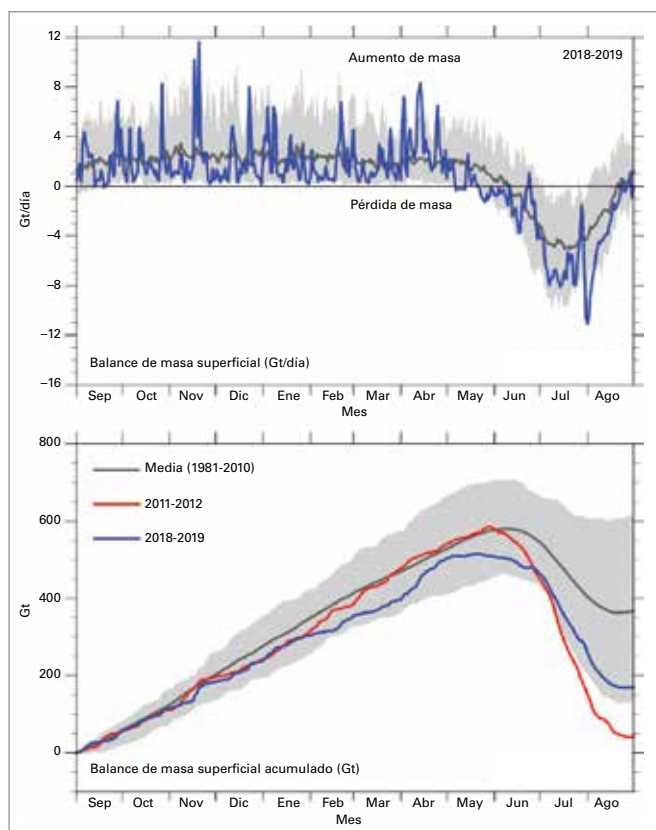
## CAPA DE HIELO DE GROENLANDIA

Los cambios en la masa de la capa de hielo de Groenlandia reflejan los efectos combinados del balance de masa superficial —definido como la diferencia entre la caída de nieve y la escorrentía de la capa de hielo de Groenlandia, que siempre es positiva al final del año— y las pérdidas de masa en la periferia por el desprendimiento de icebergs y el derretimiento de las lenguas de los glaciares en contacto con el océano.<sup>44</sup>

El total acumulado del balance de masa superficial entre septiembre de 2018 y agosto de 2019 (figura 15, izquierda) fue de 169 Gt, el séptimo valor más bajo del que se tienen datos. En los últimos 13 años se han registrado 9 de los 10 años con menor balance de masa superficial desde 1981. A título comparativo, la media del balance de masa superficial del período 1981-2010 es de 368 Gt, y el menor balance de masa superficial fue de 38 Gt en 2012. El balance de masa superficial fue inferior a su valor habitual en casi

<sup>43</sup> <https://naturalsciences.ch/organisations/ekk/118503-glacier-volume-reduced-by-10-per-cent-in-only-five-years>.

<sup>44</sup> Según el informe estacional de Polar Portal correspondiente a 2019, que se puede consultar en <http://polarportal.dk/en/home/2019-season-report/>.



toda Groenlandia, excepto en la parte suroriental (figura 15, derecha), debido a un invierno seco, a un inicio muy temprano de la estación de deshielo y a un verano largo, seco y cálido.

Como se ha señalado, el balance de masa superficial siempre es positivo al final del año, pero la capa de hielo también pierde hielo por el desprendimiento de icebergs y el derretimiento en los puntos de las lenguas de los glaciares en contacto con el agua de mar caliente. Con los satélites se puede medir la velocidad del hielo de los glaciares de aflujo alrededor de los bordes de la capa de hielo y estimar a partir de ese dato la cantidad de hielo que se pierde por los desprendimientos y por el derretimiento a raíz de la interacción con el océano. El análisis de 2018/2019 arroja una pérdida de alrededor de 498 Gt. A título comparativo, la capa de hielo perdió un promedio de aproximadamente 462 Gt anuales en forma de icebergs y por el derretimiento a causa de la interacción con el océano durante el período 1986-2018.

Si se calcula la diferencia entre la ganancia de 169 Gt en el balance de masa superficial y la pérdida de hielo de 498 Gt por los desprendimientos y el derretimiento a raíz de la interacción con el océano se obtiene una pérdida neta de hielo de 329 Gt en 2018/2019. Para poner esa cifra en contexto, los datos de los satélites del Experimento de Recuperación Gravitacional y Clima (GRACE) indican que Groenlandia perdió alrededor de 260 Gt de hielo por año durante el período 2002-2016;

la pérdida máxima fue de 458 Gt, en 2011/2012. Por lo tanto, las 329 Gt de esta temporada superan con creces la media, pero no constituyen una pérdida récord.

## FACTORES DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA A CORTO PLAZO

El océano desempeña varios papeles importantes en relación con el clima. Las temperaturas de la superficie cambian relativamente despacio en el océano, de modo que los patrones recurrentes de la temperatura de la superficie del mar se pueden utilizar para comprender y, en algunos casos, predecir los patrones rápidamente cambiantes del tiempo en la tierra a escalas temporales estacionales. Hay dos factores en concreto que pueden ayudar a comprender el clima de 2019, a saber, El Niño-Oscilación del Sur y el dipolo del océano Índico.

### EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es uno de los factores más importantes de la variabilidad interanual de las características meteorológicas mundiales. Los episodios de El Niño, que se caracterizan por temperaturas de la superficie del mar superiores a la media en el Pacífico oriental y por un debilitamiento de los vientos alisios, se asocian a temperaturas mundiales más elevadas. El enfriamiento de las temperaturas mundiales suele ir asociado a los episodios de La Niña,

**Figura 15.** Izquierda: Balance de masa superficial del año comprendido entre el 1 de septiembre de 2018 y el 31 de agosto de 2019. El gráfico superior muestra los distintos días y el gráfico inferior la suma acumulada a lo largo del año. El año 2018/2019 aparece en color azul, y la línea gris representa la media a largo plazo. A título comparativo, en el gráfico inferior también aparece el año récord 2011/2012 destacado en rojo. Los valores se expresan en gigatoneladas por día y gigatoneladas, respectivamente. Derecha: Mapa que muestra la anomalía del balance de masa superficial (en mm) en el territorio de Groenlandia (fuente: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>).



que se caracterizan por temperaturas de la superficie del mar inferiores a la media en el Pacífico oriental y por un fortalecimiento de los vientos alisios.

Las temperaturas mundiales récord de 2016 se registraron después de un episodio inusualmente intenso de El Niño a finales de 2015 y principios de 2016. En cambio, el año 2019 comenzó con unas condiciones neutras o débiles de El Niño.<sup>45</sup> Las temperaturas de la superficie del mar alcanzaron o superaron los umbrales habituales de El Niño desde octubre de 2018 hasta el primer semestre de 2019, pero no hubo una respuesta atmosférica en las primeras etapas del episodio. Los indicadores atmosféricos, como el debilitamiento de los vientos alisios y el aumento de la nubosidad en la línea internacional de cambio de fecha, no se mostraron sistemáticamente hasta febrero. A partir de entonces, el acoplamiento entre el océano y la atmósfera mantuvo las temperaturas de la superficie del mar en los niveles límite de un episodio de El Niño hasta mediados de año.

## DIPOLO DEL OCEANO ÍNDICO

La fase positiva del dipolo del océano Índico se caracteriza por temperaturas de la superficie del mar inferiores a la media en el océano Índico oriental y superiores a la media en el océano Índico occidental. La fase negativa se caracteriza por el patrón opuesto. El cambio resultante en el gradiente de temperatura de la superficie del mar en toda la cuenca oceánica influye en la meteorología de los continentes circundantes.

En 2019, el dipolo del océano Índico comenzó con una fase levemente positiva, que se reforzó progresivamente de mayo a octubre para acabar convirtiéndose en uno de los episodios positivos más intensos desde que se comenzó a disponer de registros fiables, en torno a 1960. El índice del dipolo del océano Índico disminuyó ligeramente antes del final del año. La fase positiva del dipolo durante el invierno y la primavera australes se ha asociado a condiciones más secas y más cálidas en Indonesia y los países circundantes, así como en distintas partes de Australia. De hecho, en este último país se han registrado condiciones inusualmente secas durante el invierno y la primavera que han agravado los déficits de precipitaciones a largo plazo. La fase positiva del dipolo del océano Índico también se asocia a la retirada tardía del monzón del suroeste del Índico, como se observó este año, y a las elevadas precipitaciones en la última parte del año en el este de África. Para consultar información más detallada sobre los efectos regionales, véanse los apartados [Lluvias fuertes e inundaciones](#), [Sequía](#) y [Estudio de caso: Los choques climáticos graves provocan un deterioro de la seguridad alimentaria y desplazamientos en la región del Gran Cuerno de África en 2019](#).

## FENÓMENOS DE FUERTE IMPACTO EN 2019

En las siguientes secciones se describen distintos fenómenos de fuerte impacto que tuvieron lugar en 2019. La información sobre esos fenómenos se basa en gran medida en las contribuciones de los Miembros de la OMM y en información adicional del Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, los Centros Regionales sobre el Clima y los centros de vigilancia de tormentas tropicales.

### OLAS DE CALOR Y OLAS DE FRÍO

En 2019 también se registraron numerosas olas de calor intensas. Entre las más significativas cabe destacar dos grandes olas de calor que se produjeron en Europa a finales de junio y finales de julio (figura 16). La primera alcanzó su máxima intensidad en el sur de Francia, donde se estableció un récord nacional de 46,0 °C (1,9 °C por encima del récord anterior) el 28 de junio en Vêrargues (Hérault). También afectó a gran parte de Europa Occidental. La segunda ola de calor fue más extensa, con récords nacionales de temperatura en Alemania (42,6 °C), los Países Bajos (40,7 °C), Bélgica (41,8 °C), Luxemburgo (40,8 °C) y el Reino Unido (38,7 °C). El calor también se extendió a los países nórdicos; Helsinki registró el 28 de julio su temperatura más alta (33,2 °C) de la que se tienen datos. En algunas estaciones a largo plazo, los récords se superaron en 2 °C o más, por ejemplo, en París, donde se registraron 42,6 °C en el observatorio principal de Montsouris el 25 de julio, 2,2 °C por encima del récord anterior establecido en 1947, y en Uccle (cerca de Bruselas), cuyos 39,7 °C superaron en 3,1 °C el récord anterior (para consultar las consecuencias de esas temperaturas, véase el apartado [Calor extremo y salud](#)).

El Japón experimentó dos olas de calor que destacaron por distintos motivos. La primera tuvo lugar a finales de mayo; se registraron temperaturas inusualmente altas, incluso de 39,5 °C (la misma temperatura máxima registrada en cualquier época del año en la isla de Hokkaido), pero apenas trajo consecuencias aparejadas. La segunda, en julio, fue menos inusual en el sentido meteorológico, pero sus efectos en la salud fueron mucho mayores por cuanto tuvo lugar durante el pico del verano y se concentró en la zona con mayor densidad demográfica de Honshu.

Australia tuvo un verano excepcionalmente caluroso en 2018/2019. La temperatura media en verano fue la más alta de la que se tienen datos por casi 1 °C de diferencia, y enero fue el mes más caluroso en Australia del que se tiene constancia. La mayor parte del país se vio afectada, y las anomalías más extremas se produjeron en el interior de Nueva Gales del Sur. El calor fue más destacable por su

<sup>45</sup> [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO\\_ENSO\\_May19\\_Esp.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_May19_Esp.pdf).

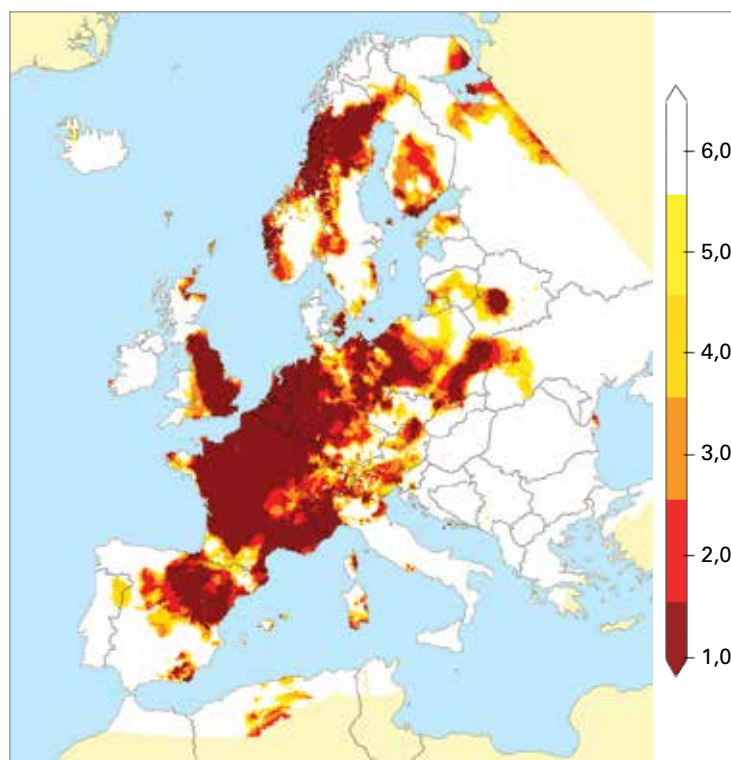


persistencia, pero también se registraron importantes temperaturas extremas, por ejemplo, los 46,6 °C de Adelaida el 24 de enero, la temperatura más alta en la ciudad de la que se tienen datos. El calor se extendió a Nueva Zelanda a finales de enero, donde se registraron temperaturas máximas históricas el 29 de enero en Hamilton (32,9 °C) y Wellington (30,3 °C), y hubo varios incendios forestales de consideración en el norte de la isla Sur. El calor extremo se prolongó durante diciembre, que fue el más caluroso en Australia del que se tienen datos y en el que se registró el día más caluroso a nivel nacional promediado por zona (41,9 °C el 18 de diciembre); por su parte, en Nullarbor Roadhouse se alcanzaron 49,9 °C el 19 de diciembre, la temperatura más alta en Australia desde 1998. En total, en 2019 se registraron los siete días más calurosos en Australia de los que se tienen datos, y nueve de los diez más calurosos.

Otra gran ola de calor del verano austral se produjo en la región meridional de América del Sur a finales de enero y principios de febrero. La etapa inicial de la ola de calor alcanzó su punto álgido en el centro de Chile, donde se registraron temperaturas sin precedentes en varios lugares, por ejemplo, en Santiago (38,3 °C el 27 de enero). La semana siguiente, las temperaturas excepcionalmente altas llegaron al extremo sur del continente. Se considera que los 30,8 °C alcanzados en Río Grande (Argentina, 53,8° S) el 4 de febrero constituyen el registro más meridional de una temperatura de 30 °C.

Aunque las temperaturas máximas absolutas en Oriente Medio no fueron tan altas como algunas observadas en los últimos años, cabe mencionar los 49,9 °C alcanzados en Sedom el 17 de julio, que representan la temperatura más alta registrada en Israel desde al menos 1942. El calor extremo también afectó a la India en el período anterior al monzón de mayo y principios de junio. Se registraron varias temperaturas máximas sin precedentes, como los 48,0 °C del aeropuerto de Nueva Delhi el 10 de junio.

En consonancia con un año cálido a nivel mundial y con una tendencia general de calentamiento, el frío extremo fue menos común que el calor extremo. Una zona con temperaturas inferiores a la media en 2019 fue América del Norte (figura 2). La ola de frío más importante del año tuvo lugar al final del invierno en la región central de América del Norte. Comenzó con una intensa ola de frío en la región centrooccidental de los Estados Unidos a finales de enero, que dio lugar a una temperatura mínima récord de -38,9 °C en el estado de Illinois, registrada en Mount Carroll el 31 de enero, seguida de un frío muy persistente durante febrero y principios de marzo en el interior de la zona oeste, a ambos lados de la frontera entre los Estados Unidos y el Canadá. Las temperaturas medias de febrero estuvieron más de 15 °C por debajo de los valores habituales en algunos lugares, por ejemplo, en Great Falls (Montana), cuya media



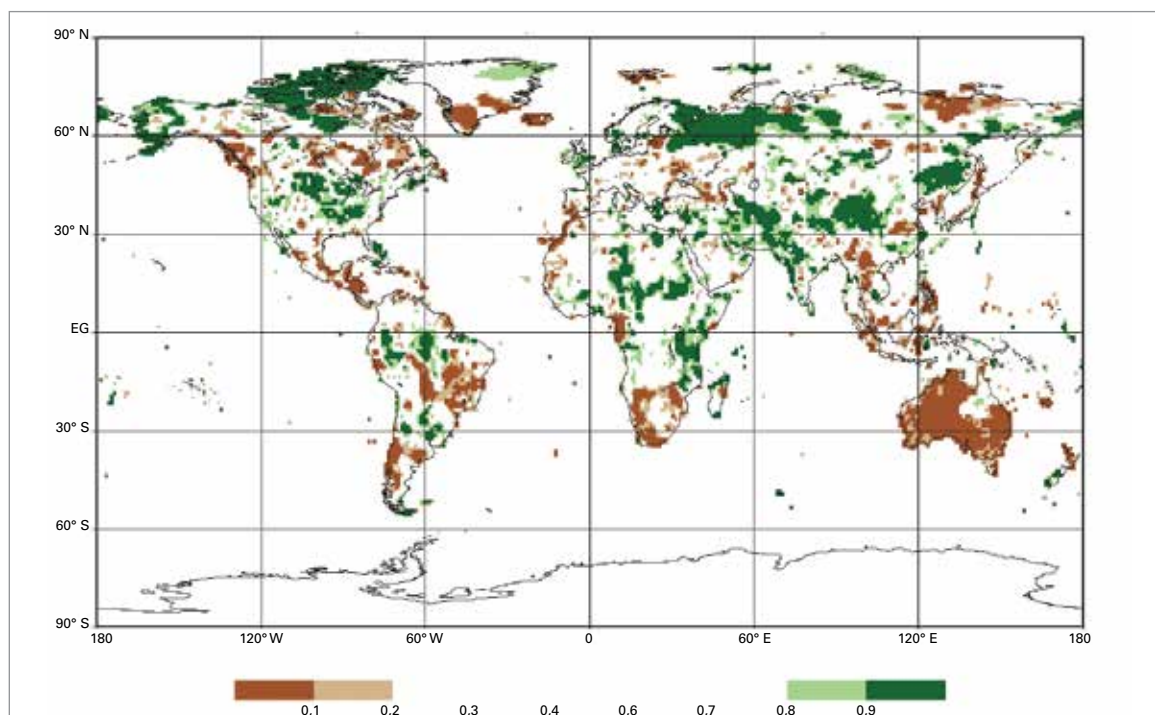
mensual de -17,9 °C fue 15,3 °C inferior a lo normal y más de 5 °C inferior al registro anterior. También fue el febrero más frío del que se tienen datos en varias regiones del oeste del Canadá, incluida la ciudad de Vancouver, y la primera mitad del año en distintas partes del este del Canadá fue bastante fría.

A finales de septiembre y finales de octubre se produjeron nuevas irrupciones excepcionales de frío y nevadas tempranas en el interior occidental y central de América del Norte. A finales del mes de octubre se registraron récords de temperatura mínima en ocho estados del norte y el oeste de los Estados Unidos, en marcado contraste con las altas temperaturas sin precedentes para ese mes que se registraron en diez estados del sur y el este a principios de mes. Las nevadas intensas de mediados de octubre, que llegaron a acumular espesores de hasta 74 cm, causaron grandes perturbaciones y cortes en el suministro eléctrico en Manitoba (Canadá). La primera quincena de noviembre también fue inusualmente fría en muchas partes del norte de los Estados Unidos y el sur del Canadá.

Si bien las temperaturas fueron próximas a la media o superiores, la gran intensidad de las precipitaciones del invierno y el inicio de la primavera dio lugar a un manto de nieve de espesor inusual en muchas partes de los Alpes europeos. Entre el 4 y el 15 de enero cayeron más de 300 cm de nieve en algunas zonas de los Alpes austriacos, mientras que las nevadas primaverales supusieron un espesor récord para el 1 de junio de 270 cm en Weissfluhjoch (Suiza, 2 540 m de altitud), aunque el clima sumamente caluroso de junio hizo que esa nieve se derritiera a principios de

**Figura 16.** Clasificación de las temperaturas más altas de junio y julio de 2019 en Europa con respecto a un registro que comienza en 1950. Los tonos más oscuros de color rojo indican valores récord (fuente: conjunto de datos E-OBS, Instituto Real de Meteorología de los Países Bajos (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateofthecclimate/july2019.php>).

**Figura 17.** Valores totales de la precipitación anual de 2019, expresados como percentil del período de referencia 1951-2010 para las zonas que se hubieran ubicado en el 20 % más seco (en color marrón) y en el 20 % más lluvioso (en color verde) de los años durante el período de referencia. Las zonas marcadas con tonos de marrón y verde más oscuros indican el 10 % más seco y el 10 % más lluvioso, respectivamente (fuente: *Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC), Servicio Meteorológico de Alemania*).



julio, cerca del inicio habitual del período sin nieve. Se registraron numerosas avalanchas en toda la región durante los períodos de nevadas más intensas.

## PRECIPITACIÓN

Se observaron condiciones inusualmente secas en relación con las medias a largo plazo para 2019 (figura 17) en Australia y el oeste de Indonesia y en los países circundantes. Además, en el sur de África, en América Central y en varias partes de América del Sur se registraron valores de precipitación anormalmente bajos. Se observaron grandes zonas con acumulados inusualmente elevados en la parte central de los Estados Unidos, el norte del Canadá, el norte de la Federación de Rusia, el suroeste de Asia, el norte de China y el este de África.

En junio se registró un acusado déficit de precipitaciones en la India al retrasarse el inicio del monzón. Sin embargo, debido a la fase positiva del dipolo del océano Índico, la retirada del monzón indio también se retrasó y hubo un exceso de precipitaciones en los meses siguientes en todas las regiones, excepto en el noreste del país. Por otro lado, las anomalías positivas en la precipitación en África Oriental y las anomalías negativas en el archipiélago de Malasia y en Australia se asocian a la fase positiva del dipolo del océano Índico que prevaleció durante la mayor parte del segundo semestre de 2019.

El período más prolongado de días de lluvia consecutivos en 2019 fue más largo que el período medio<sup>46</sup> en las zonas tropicales de América del Sur, África Occidental y el sureste asiático y en el continente marítimo. En 2019, el período más prolongado de días secos consecutivos fue más largo de lo habitual en Australia, África Meridional y Occidental, la región central y meridional de América del Sur y la región septentrional de América del Norte. El período de días secos consecutivos fue más breve de lo normal en el suroeste de Asia y la península arábiga, el suroeste de América del Norte y el norte de la región de los Andes. El número de días de precipitación intensa (días con más de 20 mm de precipitación, PD20) fue superior a la media a largo plazo en la India, en varias partes del este de África, en zonas de América del Sur, en el centro de América del Norte y en distintas partes del este de Asia. Se observaron menos días de precipitación intensa de lo habitual en el continente marítimo, el centro de África y Madagascar, así como en distintas partes de las zonas tropicales de América del Sur y América Central.

## LLUVIAS FUERTES E INUNDACIONES

Durante la estación del monzón de verano de la India se produjeron inundaciones periódicas, sobre todo en las zonas occidental y septentrional de la India y en varios países vecinos. En general,

<sup>46</sup> Las medias a largo plazo de los índices de fenómenos extremos mencionados se basan en el período 1982-2016 y se calcularon de la siguiente manera: los índices de fenómenos extremos se calcularon primero para cada año de ese período de 35 años y, posteriormente, la media de esos 35 valores se estableció como media a largo plazo. Esta definición no normalizada de media a largo plazo se debe a la disponibilidad de datos reticulares fiables.

las precipitaciones en toda la India durante la estación del monzón de verano (junio a septiembre) fueron un 10 % superiores a la media de 1961-2010; fue el primer año en que se superó la media desde 2013 y el más lluvioso desde 1994, a pesar de que las precipitaciones de junio fueron inferiores a la media. La retirada del monzón también se produjo excepcionalmente tarde: su fecha de retirada, el 9 de octubre, fue la más tardía de la que se tiene constancia. Se informó de más de 2 200 muertes en varios episodios de inundaciones en la India, Nepal, Bangladesh y Myanmar durante la estación. Las inundaciones monzónicas también afectaron a partes del sur de China en junio, donde se registraron 83 víctimas mortales y más de 2 500 millones de dólares de los Estados Unidos en pérdidas económicas.<sup>47</sup>

La República Islámica del Irán se vio gravemente afectada por las inundaciones de finales de marzo y principios de abril; la región de Shiraz sufrió las peores consecuencias. Durante ese episodio de precipitaciones, el acumulado total en 24 horas alcanzó los 188 mm. Según las informaciones disponibles, hubo al menos 76 muertes, así como graves pérdidas económicas.

Un sistema tropical de bajas presiones trajo consigo lluvias extremas e inundaciones asociadas al norte de Queensland (Australia) a finales de enero y principios de febrero. Las precipitaciones totales en un período de 10 días superaron los 2 000 mm en algunas zonas costeras de los alrededores de Townsville, y la propia localidad de Townsville recibió 1 259,8 mm;<sup>48</sup> por su parte, un segundo episodio de lluvias fuertes en el interior del noroeste de Queensland descargó más de 600 mm en 7 días. Hubo importantes inundaciones urbanas en la zona de Townsville, y en el noroeste de Queensland algunos ríos se expandieron hasta alcanzar decenas de kilómetros de ancho. Las inundaciones y el clima inusualmente frío asociado a ellas provocaron cuantiosas pérdidas de ganado. Se calcula que las pérdidas económicas totales ascendieron a alrededor de 2 000 millones de dólares.<sup>49</sup>

En marzo se produjeron crecidas repentinas y deslizamientos de tierra conexos en los alrededores de Jayapura, en la provincia indonesia de Papua, tras una precipitación acumulada de 235 mm en 8 horas, y hubo al menos 112 muertes, según las informaciones disponibles. Más adelante, a finales de marzo, una entrada de humedad tropical trajo consigo lluvias extremas a la costa occidental de

la isla Sur de Nueva Zelanda; se registró un récord nacional de 1 086 mm en 48 horas en el río Cropp, a raíz de lo que se produjo una grave inundación. Un puente en la autopista principal de la región quedó arrasado.

Las lluvias fuertes y persistentes afectaron a gran parte del centro de los Estados Unidos a finales de 2018 y en el primer semestre de 2019. El promedio de las precipitaciones del período de 12 meses registrado entre julio de 2018 y junio de 2019 en el territorio contiguo de los Estados Unidos (962 mm) fue el más alto del que se tienen datos. Esa situación dio lugar a inundaciones de larga duración en la cuenca del Misisipi; el río permaneció por encima de la altura de la inundación en Baton Rouge (Luisiana) durante casi siete meses, del 6 de enero al 4 de agosto. También se produjeron importantes inundaciones en partes del este del Canadá en abril y principios de mayo debido a una combinación de fuertes precipitaciones y rápido derretimiento de un manto de nieve superior a la media, en particular en las zonas de Ottawa y Montreal y en Nuevo Brunswick; en la región de Ottawa se inundaron 6 000 viviendas. Se calcula que las pérdidas económicas totales por inundaciones en los Estados Unidos en 2019 ascendieron a 20 000 millones de dólares;<sup>50</sup> hubo episodios especialmente graves en el río Misuri en marzo y en el río Arkansas a finales de mayo y principios de junio.

En enero algunas partes de América del Sur se vieron afectadas por precipitaciones muy abundantes. Hubo grandes inundaciones en el norte de la Argentina, en el Uruguay y en el sur del Brasil; se calcula que las pérdidas en la Argentina y el Uruguay ascendieron a 2 500 millones de dólares. Las precipitaciones totales de enero superaron los 600 mm en varios lugares del noreste de la Argentina.

En octubre y noviembre se produjeron importantes inundaciones en muchas partes del este de África que hasta entonces habían estado afectadas por la sequía (véase [Estudio de caso: Los choques climáticos graves provocan un deterioro de la seguridad alimentaria y desplazamientos en la región del Gran Cuerno de África en 2019](#)). A principios de año, las inundaciones durante la estación de lluvias afectaron a varios países, entre ellos, el Sudán, Nigeria, el Camerún y Côte d'Ivoire, aunque en general las precipitaciones estacionales en el Sahel fueron bastante próximas a la media.

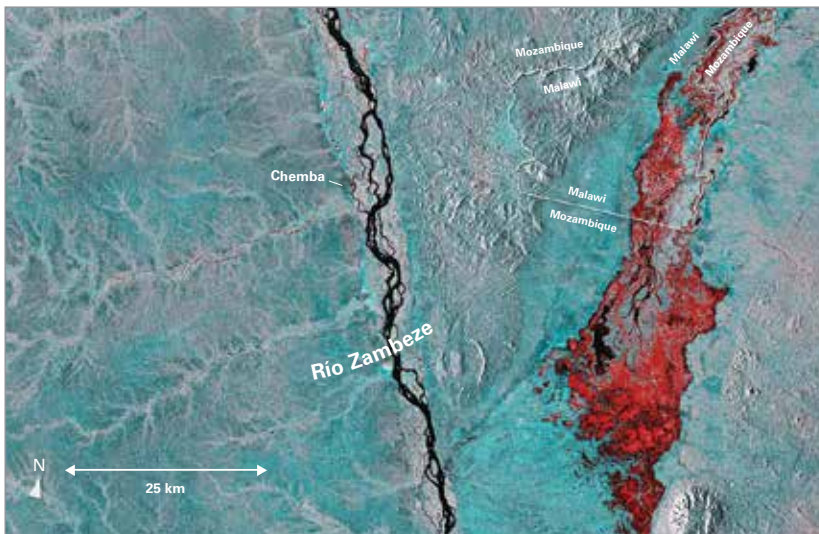
<sup>47</sup> Base de datos internacional de desastres (EM-DAT), Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres.

<sup>48</sup> <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs69.pdf>.

<sup>49</sup> [http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107\\_analytics-if-october-global-recap.pdf](http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107_analytics-if-october-global-recap.pdf).

<sup>50</sup> <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/2019>.





**Figura 18.** CICLONES TROPICALES

Inundaciones causadas por el ciclón Idai.

La imagen es del satélite Sentinel-1 de Copernicus y muestra parte de la inundación, representada en rojo, al este del río Zambeze en Mozambique y Malawi. La imagen comprende dos imágenes satelitales, una del 2 de marzo, antes de que el ciclón azotara la región, y otra del 20 de marzo, después del paso del ciclón (fuente: Copernicus, [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2019/03/Flooding\\_following\\_Cyclone\\_Idai](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/03/Flooding_following_Cyclone_Idai)).

En 2019, la actividad mundial de ciclones tropicales fue superior a la media. En el hemisferio norte se registraron 72 ciclones tropicales, en contraste con el promedio de 59, aunque la energía ciclónica acumulada fue solo un 4 % superior a la media. La temporada 2018/2019 del hemisferio sur también registró un valor superior a la media, con 27 ciclones, la cifra más alta en una temporada desde 2008/2009.

Fue una temporada de ciclones particularmente extrema en la zona norte del océano Índico. Según los datos disponibles, por primera vez en una misma temporada tres ciclones alcanzaron vientos máximos sostenidos de 100 kn o más, y la energía ciclónica acumulada estacional fue por un amplio margen la más alta de la que se tiene constancia. El ciclón Fani fue el más importante de los que ha afectado a la India desde 2013; tocó tierra en la zona oriental, en la costa de Odisha, el 3 de mayo, con vientos sostenidos de 100 kn, después de haber alcanzado un pico de 135 kn en la bahía de Bengala. Se produjeron importantes daños en el litoral y hubo víctimas mortales, aunque las amplias evacuaciones en las zonas costeras afectadas redujeron en gran medida el impacto para la población. Kyarr, en octubre, fue uno de los ciclones más fuertes registrados en el mar Arábigo, pero no llegó a tierra, aunque la alta mar y las mareas de tempestad que trajo aparejadas afectaron a algunas zonas costeras.

La temporada también fue activa en la cuenca de la zona sur del océano Índico; hubo 18 ciclones, de los que 13 alcanzaron la intensidad de huracán, de modo que se igualó el número máximo jamás

registrado. El ciclón tropical Idai tocó tierra cerca de Beira (Mozambique) el 15 de marzo (figura 18) después de registrar vientos máximos sostenidos de 105 kn. Fue uno de los ciclones más potentes en llegar a tierra en la costa este de África. El viento y las mareas de tempestad provocaron una destrucción generalizada en la zona costera de Mozambique, especialmente en la ciudad de Beira, y las graves inundaciones se extendieron a las regiones interiores del país y a varias partes de Zimbabwe, sobre todo al noreste. Hubo más de 900 muertes relacionadas con la tormenta, el mayor número de fallecimientos del que se tiene constancia por un ciclón tropical en el hemisferio sur, al menos en los últimos 100 años. El mes siguiente, el ciclón Kenneth, de gran intensidad, tocó tierra en una región menos poblada del norte de Mozambique, donde los daños fueron menos graves.

Uno de los ciclones tropicales más intensos del año fue Dorian, que alcanzó una intensidad de categoría 5 en el Atlántico occidental a finales de agosto; tocó tierra en las Bahamas el 1 de septiembre, con vientos máximos sostenidos de 165 kn, de modo que igualó el valor máximo registrado para una llegada a tierra en el Atlántico Norte. Dorian se desplazó de manera excepcionalmente lenta y permaneció casi inmóvil sobre las Bahamas como sistema de categoría 5 durante aproximadamente 24 horas. La prolongada duración de los vientos extremos y las mareas de tempestad causaron una destrucción casi total en varias islas de las Bahamas, en las que hubo al menos 60 muertes, según las informaciones disponibles,<sup>51</sup> y pérdidas económicas estimadas en más de 3 000 millones de dólares.<sup>52</sup> Dorian continuó posteriormente en dirección noreste, provocando importantes daños en varias partes de la costa este de los Estados Unidos y en la provincia canadiense de Nueva Escocia. La tormenta tropical Imelda llevó aparejadas lluvias extremas en la frontera oriental de Texas, que también resultó azotada por el huracán Harvey en 2017; en algunos lugares se registraron precipitaciones totales de más de 1 000 mm. Se calcula que las pérdidas ascendieron a 5 000 millones de dólares.<sup>50</sup> El número de ciclones en el Atlántico Norte fue muy superior a la media, pero la cifra de los que alcanzaron intensidad de huracán fue próxima a lo habitual.

El tifón Hagibis tocó tierra al oeste de Tokio el 12 de octubre, con una presión central de 955 hPa. Los principales efectos causados por Hagibis fueron las inundaciones, como resultado de lluvias extremas. Hakone, en las faldas del monte Fuji, registró un acumulado total diario de 922,5 mm, el más alto del que se tiene constancia para un día natural en el Japón. En muchos otros lugares de la región occidental de Tokio se registraron totales diarios

<sup>51</sup> <https://reliefweb.int/report/bahamas/hurricane-dorian-situation-report-14-october-15-2019>.

<sup>52</sup> <https://www.iadb.org/en/damages-and-other-impacts-bahamas-hurricane-dorian-estimated-34-billion-report>.



superiores a los 400 mm. Según las informaciones disponibles, hubo al menos 96 víctimas mortales. En septiembre, el tifón Faxai causó importantes perturbaciones en la prefectura de Chiba. Al inicio de la temporada, el tifón Lekima había tocado tierra en la provincia de Zhejiang (China); se informó de importantes inundaciones y cuantiosas pérdidas económicas. Lekima, con una velocidad máxima del viento al llegar a tierra de 185 km/h, fue el quinto tifón más intenso en tocar tierra en China desde 1949. En general, la actividad ciclónica en las cuencas del Pacífico nororiental y noroccidental alcanzó un nivel cercano a la media.

## TORMENTAS VIOLENTAS

Repetidos sistemas extratropicales afectaron a la región del Mediterráneo en otoño, con lluvias extremas y vientos fuertes asociados a daños importantes. Los fenómenos más violentos afectaron a distintas partes de España a mediados de septiembre, especialmente alrededor de las regiones de Alicante y Murcia; al sur de Francia a mediados de octubre; y a la zona norte del Adriático a mediados de noviembre. Los fenómenos que afectaron a España y Francia provocaron precipitaciones que superaron los 200 mm en 24 horas en algunos lugares, a la vez que una marea de tempestad asociada a la tormenta de noviembre elevó los niveles de agua en Venecia hasta 1,85 m, el nivel más alto desde 1966 y el segundo más alto en el registro instrumental. En Italia se produjeron inundaciones periódicas en noviembre, que fue el mes con más precipitaciones del que se tienen datos en la región de Emilia-Romaña, al tiempo que en el sur de Austria también se registraron importantes inundaciones y daños causados por el viento. También hubo varias tormentas eléctricas violentas en la región del Mediterráneo durante el verano, por ejemplo, cerca de Salónica (Grecia) los días 10 y 11 de julio, en las que se registraron 7 muertes, y en Córcega (Francia) el 15 de julio, donde cayeron 30 mm de lluvia en 6 minutos.

A mediados de abril, el Pakistán y las zonas septentrional y occidental de la India se vieron afectados por tormentas eléctricas violentas generalizadas y las consiguientes tormentas de polvo. Según las informaciones disponibles, hubo al menos 50 víctimas mortales en la India los días 16 y 17 de abril, y otras 39 en el Pakistán; en la primera mitad de junio hubo 60 muertes a causa de más tormentas eléctricas violentas en el norte de la India.

Los Estados Unidos vivieron la temporada de tornados más activa desde 2011. La actividad en ese sentido fue especialmente destacada durante el mes de mayo, en el que se registraron 556 tornados, el segundo mayor número registrado en un solo mes. Sin embargo, en todo el año solo un tornado alcanzó la intensidad 4 en la escala de Fujita mejorada, y el número de víctimas fue muy inferior a la media a largo plazo.

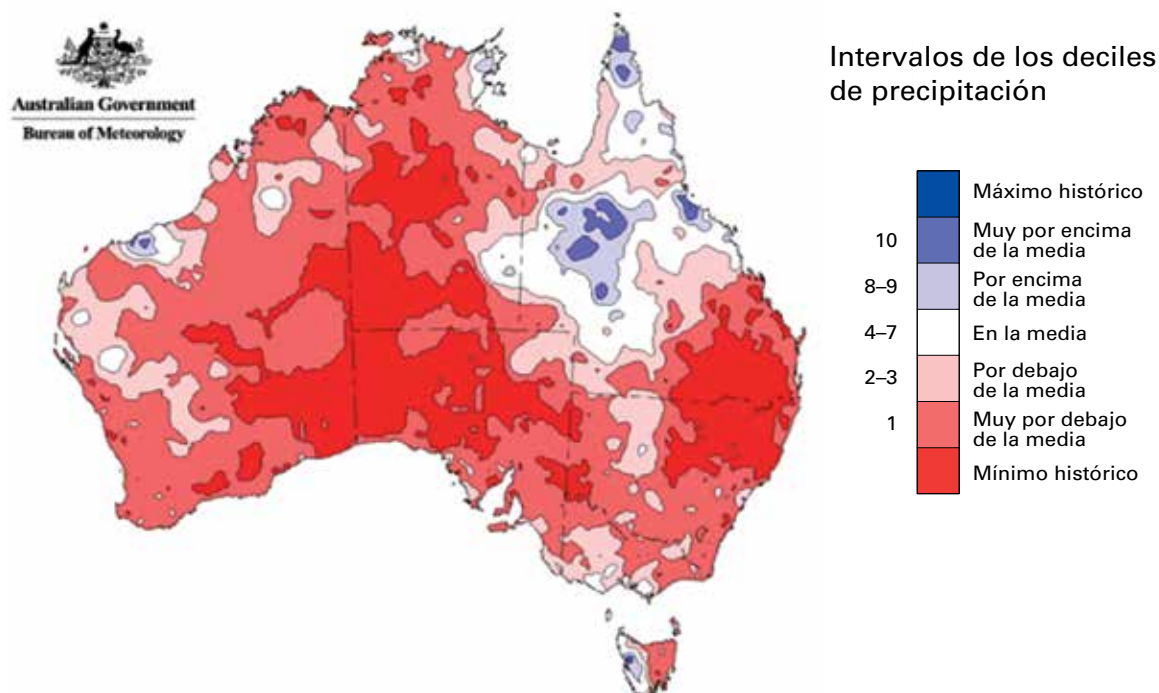
## SEQUÍA

La sequía afectó a muchas partes de Asia suroriental y el Pacífico suroccidental en 2019, y en muchos casos estuvo asociada a la intensa fase positiva del dipolo del océano Índico. A partir de mediados de año prevalecieron condiciones excepcionalmente secas en Indonesia y varios países vecinos. Singapur registró el período más seco de julio a septiembre del que se tienen datos.

Más al norte, fue un año de sequía severa en muchas partes de la cuenca del Mekong. Las zonas más afectadas se situaron cerca de la frontera entre China y la República Democrática Popular Lao, donde las precipitaciones de abril a septiembre fueron más de un 50 % inferiores a lo habitual en algunos lugares, aunque las lluvias fuertes de septiembre en el centro y el sur de la República Democrática Popular Lao aliviaron las condiciones de sequía en esas zonas. Las precipitaciones de abril a julio en la provincia china de Yunnan fueron las más escasas desde 1961. Las condiciones también fueron anormalmente secas en varias partes del norte de Tailandia, y las lluvias de enero a septiembre en Chiang Rai fueron un 42 % inferiores a lo habitual. En la segunda mitad de 2019, en varios puntos del río Mekong se registraron los niveles más bajos observados para esa época del año en los últimos 30 años, o se estuvo cerca de esos valores.

Las condiciones de sequía de larga duración, que habían afectado a muchas partes de la zona interior de Australia Oriental en 2017 y 2018, se ampliaron e intensificaron en 2019, sobre todo en el segundo semestre del año, en el que se registró la primavera más seca de Australia (noviembre y diciembre) de la que se tienen datos. Las zonas más afectadas se situaron en la mitad septentrional de Nueva Gales del Sur y en las zonas fronterizas adyacentes de Queensland, donde las precipitaciones anuales fueron, en general, las más bajas registradas, y llegaron a ser entre un 70 % y un 80 % inferiores a la media. En algunas zonas solo se registró aproximadamente la mitad de sus anteriores precipitaciones mínimas. La mayor parte del país registró acumulados muy inferiores a la media (figura 19), y solo en el norte de Queensland, zona afectada por las inundaciones de principios de 2019, y en el oeste de Tasmania se superaron los valores medios. La estación de lluvias de 2018/2019 (octubre-abril) fue también con creces la más seca desde 1991/1992 en las zonas tropicales de Australia Occidental y el Territorio del Norte, y se caracterizó por una ausencia casi total de precipitaciones en la parte central del continente. Fue el año más seco del que se tienen datos en Australia en su conjunto, en la cuenca del Murray-Darling y en los estados de Australia Meridional (donde el total anual en la estación de Marree fue de solo 12 mm) y Nueva Gales del Sur. La sequía provocó una grave escasez de agua en los ríos de la cuenca septentrional del Murray-Darling; hubo cuantiosas

**Figura 19.** Deciles de precipitación de Australia en el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2019 (distribución basada en datos reticulares) (fuente: Oficina de Meteorología de Australia).



## VIGILANCIA DE LA SEQUÍA EN AUSTRALIA MEDIANTE LOS PRODUCTOS DEL PROYECTO DE DEMOSTRACIÓN SOBRE LA VIGILANCIA DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS EXTREMOS DESDE EL ESPACIO DE LA OMM

**Yuriy Kuleshov, Lynette Bettio, Takuji Kubota, Tomoko Tashima, Pingping Xie, Toshiyuki Kurino y Peer Hechler**

Reconociendo la necesidad de utilizar mejor la vigilancia de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos desde el espacio y de reforzar esa labor, la OMM puso en marcha el Proyecto de Demostración sobre la Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos y Climáticos Extremos desde el Espacio. Se puso en práctica una fase de demostración del Proyecto en 2018/2019 y se centró en la vigilancia de la sequía y las precipitaciones intensas. Se ejecutó en las Asociaciones Regionales II y V de la OMM y su ámbito geográfico abarca el sureste de Asia y la zona occidental del océano Pacífico, de 40° N a 45° S y de 50° E a 160° W. La Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y el Centro de Predicción Climática de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) facilitan datos y productos satelitales adaptados a la región en la que se ejecuta el Proyecto.

La precipitación media mensual en esa región en junio de 2019 muestra que las lluvias en la mayor

parte de Australia fueron muy bajas (menos de 1 mm/día). La mayoría de las zonas recibieron solo entre el 25 % y el 50 % de la precipitación habitual en el mes de junio. Ese déficit de precipitación, acumulado durante varios meses consecutivos, dio lugar a condiciones de sequía clasificadas como severas y extremas (valores del índice normalizado de precipitación inferiores a  $-1,5$  y  $-2,0$ , respectivamente).

El examen de rutina de las observaciones espaciales e *in situ* puso de relieve un elevado grado de coincidencia con respecto a la cuenca del Murray-Darling, en el sureste de Australia, donde la densidad de las observaciones en superficie es alta. Sin embargo, hay notables discrepancias entre las observaciones satelitales e *in situ* en las partes centrales del continente, donde la densidad de las observaciones en superficie es muy baja. Este proyecto ha demostrado de forma notoria el valor de las estimaciones de la precipitación a partir de datos y productos de base espacial para fines de detección y vigilancia de la sequía, sobre todo en las regiones en que las observaciones realizadas con pluviómetros son limitadas o no están disponibles.

pérdidas agrícolas y algunas ciudades necesitaron transportar el agua en camiones después de que sus fuentes de agua habituales se secaran.

Las precipitaciones en la estación de lluvias de 2018/2019 fueron escasas en muchas partes del sur de África, entre ellas, la zona central y occidental de Sudáfrica, Lesotho, Botswana y Zimbabwe. Sin embargo, hubo grandes crecidas en el noreste de Zimbabwe en marzo (asociadas al ciclón Idai), y en el este de Sudáfrica en abril, donde, según las informaciones disponibles, hubo 70 muertes en la provincia de KwaZulu-Natal después de que la precipitación diaria superara los 200 mm en algunos lugares. Gran parte del sur de África también registró precipitaciones inferiores a la media a principios de la estación de lluvias de 2019/2020. El nivel de las precipitaciones durante la estación de lluvias en la zona occidental y central del Sahel fue en general próximo a la media.

Las condiciones de sequía afectaron a muchas partes de América Central en 2019. El nivel de los lagos disminuyó considerablemente tras las precipitaciones inferiores a la media registradas en Panamá en el primer semestre del año, lo que dio lugar a restricciones al transporte marítimo en el canal de Panamá. Si bien las condiciones mejoraron en ese país a partir de mediados de año, siguieron siendo sustancialmente más secas de lo habitual en zonas situadas más al noroeste, como Honduras, Guatemala, Nicaragua y El Salvador, hasta que se produjeron lluvias fuertes en octubre. En el centro de Chile también fue un año excepcionalmente seco, con un total anual de solo 82 mm en Santiago, menos del 25 % de la media a largo plazo.

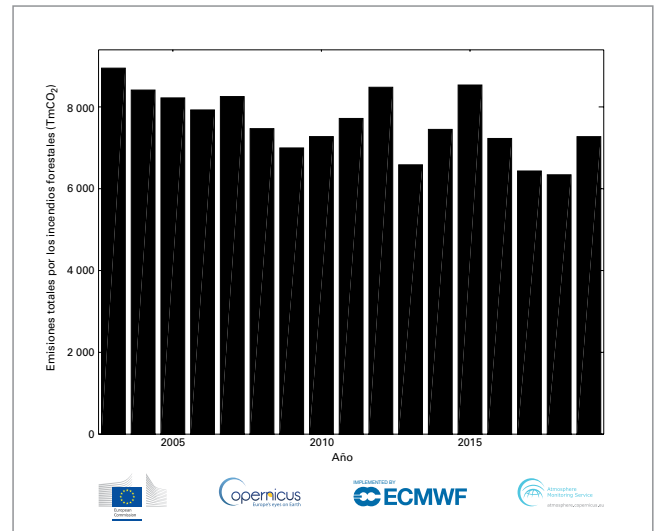
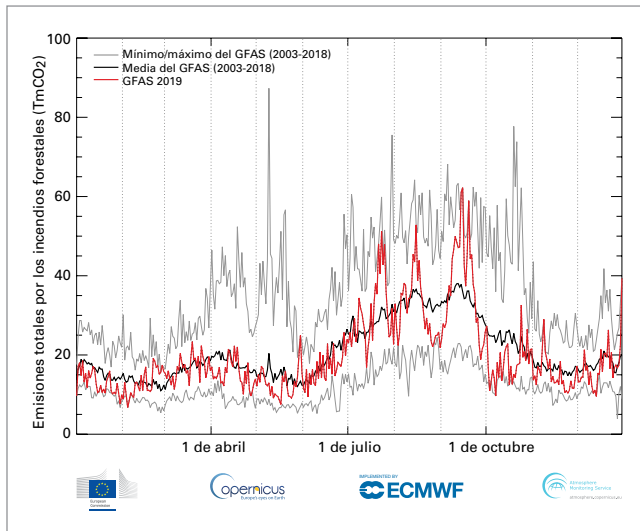
Fue el segundo verano consecutivo con prolongados períodos de sequía en muchas partes de Europa Occidental y Central, desde Francia hasta Ucrania. En París se registraron 34 días consecutivos sin lluvia, del 19 de agosto al 21 de septiembre, cifra que iguala el segundo período de sequía más prolongado del que se tienen datos, después de otro período de sequía anterior de 27 días, del 21 de junio al 17 de julio (el sexto más largo). Los bajos niveles del río Danubio interrumpieron el transporte fluvial en Serbia a principios de otoño, al tiempo que el río Wisla, en Polonia, igualó su nivel más bajo registrado a finales de septiembre. También fue un invierno seco en muchas partes del Mediterráneo occidental: las precipitaciones en España de enero a agosto fueron un 23 % inferiores a la media, lo que incluyó el febrero más seco del siglo XXI, y las precipitaciones invernales en la mayor parte de Marruecos fueron inferiores a la mitad de la media a largo plazo. En Islandia, el final de la primavera y el principio del verano fueron especialmente secos en el sur y el oeste. No se

registraron precipitaciones en Stykkishólmur durante 37 días consecutivos, del 21 de mayo al 26 de junio, la sequía más larga de la que se tiene constancia en la serie de la estación, cuyo registro comenzó en 1856.

## INCENDIOS FORESTALES

Los incendios forestales, por lo general a raíz de condiciones anormalmente secas o cálidas, volvieron a afectar a muchas partes del mundo en 2019. La actividad fue menor que en los últimos años en algunas zonas propensas a los incendios forestales, como el oeste de América del Norte, pero los grandes incendios ocurridos en California, en octubre, siguieron causando pérdidas importantes. Por otra parte, fue un año de incendios por encima de la media en varias regiones de latitudes superiores, como Siberia (Federación de Rusia) y Alaska (Estados Unidos), donde los fuegos asolaron algunas partes del Ártico en que antes eran muy poco frecuentes. En 2019, las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los incendios forestales de verano en el Ártico fueron las más altas en los 17 años de registro del conjunto de datos del Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios (GFASv1.2) del servicio de vigilancia atmosférica de Copernicus (SVAC)/ Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF).

Australia sufrió una temporada de fuegos excepcionalmente prolongada y grave a finales de 2019, con repetidas olas de incendios de gran magnitud. En el noreste de Nueva Gales del Sur y en el sur de Queensland se declararon varios incendios de grandes proporciones a principios de septiembre, con nuevos focos que se extendieron de manera progresiva hacia el sur durante los meses siguientes, alimentados por condiciones muy secas y distintos episodios de fuertes vientos del oeste y calor extremo. En diciembre, el índice de riesgo de incendio forestal acumulado mensualmente, indicador de las condiciones meteorológicas extremas relacionadas con los incendios, fue el más alto registrado para cualquier mes en Queensland, Nueva Gales del Sur, Australia Meridional y el Territorio de la Capital de Australia. Muchos incendios ardieron durante dos meses o más. Las llamas alcanzaron su pico a finales de diciembre y en los primeros días de enero y causaron una destrucción generalizada en el sureste de Nueva Gales del Sur, especialmente cerca de la costa, y en el este de Victoria, así como cerca de Adelaida y en la isla Canguro, en Australia Meridional. A principios de 2020 se habían registrado 33 muertes y se habían perdido más de 2 000 propiedades, al tiempo que en Nueva Gales del Sur y Victoria habían ardo unos 7 millones de hectáreas. En el inicio de 2019, un verano seco en Tasmania contribuyó a



**Figura 20.** Izquierda: Total estimado de emisiones diarias de CO<sub>2</sub> a escala mundial fruto de incendios forestales, en megatoneladas de CO<sub>2</sub>, del 1 de enero al 31 de diciembre de 2019, en comparación con los valores diarios medio y mínimo/máximo de los años 2003-2018. Derecha: Total estimado de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> a escala mundial fruto de incendios forestales, en megatoneladas de CO<sub>2</sub>, entre 2003 y 2019. Las figuras se han elaborado a partir del conjunto de datos del Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios (GFASv1.2) del SVAC/ECMWF.

que se produjeran numerosos incendios de larga duración en enero y febrero en las partes occidental y central de la isla, que suelen registrar más precipitaciones. Es la segunda vez en cuatro años que los incendios han afectado a regiones donde históricamente el fuego era muy atípico.

La grave sequía en Indonesia y los países vecinos dio lugar a la temporada de incendios más importante desde 2015, aunque los fuegos y la contaminación por humo asociada a ellos no alcanzaron el nivel de gravedad de 2015.<sup>53</sup> En la cuenca del Amazonas también hubo más incendios que en los últimos años, sobre todo en agosto, aunque la cifra fue muy inferior a la de años anteriores de sequía severa, como 2010. El número de incendios comunicados en la región de la Amazonia del Brasil fue solo ligeramente superior al promedio de los últimos diez años, pero la cifra total de incendios en América del Sur fue la más alta desde 2010; el Estado Plurinacional de Bolivia y la República Bolivariana de Venezuela fueron algunos de los países con un año de incendios especialmente activo.<sup>54</sup>

Si bien en 2019 se registró una importante actividad regional en materia de incendios forestales en todo el mundo, el total estimado de emisiones mundiales diarias y anuales se acercó a la media calculada para los 17 años anteriores con el conjunto de datos del Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios (GFASv1.2)

del SVAC/ECMWF. Ese conjunto de datos combina las observaciones de incendios activos realizadas con los instrumentos MODIS de los satélites Terra y Aqua de la NASA para ofrecer un conjunto de datos de la energía radiativa media diaria de los incendios y las emisiones estimadas de especies pirogénicas, incluidas las partículas, los gases reactivos y los gases de efecto invernadero, desde el 1 de enero de 2003 hasta el momento de redactarse el presente documento.

Las emisiones totales diarias de CO<sub>2</sub> fruto de los incendios forestales a lo largo del año (figura 20, izquierda) se ciñeron generalmente a la media de 2003-2018 con un aumento de la actividad, superior a 20 TmCO<sub>2</sub> por día, entre junio y octubre, y una reducción de la actividad, inferior a 20 TmCO<sub>2</sub> por día, durante el resto del año. Los mayores aumentos por encima de la media de 17 años se produjeron en julio, agosto, septiembre y a finales de diciembre, coincidiendo con la actividad máxima de incendios forestales en el Ártico, Siberia, Indonesia y Australia, respectivamente.

Las emisiones totales anuales de CO<sub>2</sub> a escala mundial generadas por los incendios forestales en 2019 (figura 20, derecha) fueron superiores a las de los dos años anteriores, pero siguieron siendo inferiores a las de la mayoría de los demás años del conjunto de datos, en consonancia con la disminución general de la actividad mundial de incendios forestales observada desde 2003.

<sup>53</sup> <http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot>.

<sup>54</sup> Según datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), Brasil.



# Riesgos e impactos relacionados con el clima

El riesgo de los impactos relacionados con el clima depende de complejas interacciones entre los peligros relacionados con el clima y la vulnerabilidad, la exposición y la capacidad de adaptación de los sistemas humanos y naturales.<sup>55</sup> Con los niveles actuales de emisiones de gases de efecto invernadero, el mundo sigue camino de superar los umbrales de temperatura acordados de 1,5 °C o 2 °C por encima de los niveles preindustriales,<sup>56</sup> lo que aumentaría el riesgo de efectos generalizados del cambio climático que trascienden lo que se ha observado hasta ahora.<sup>57,58</sup>

Los fenómenos relacionados con el clima ya plantean riesgos para la sociedad por sus repercusiones en la salud, la seguridad alimentaria e hídrica, así como en la seguridad humana, los medios de subsistencia, las economías, la infraestructura y la biodiversidad. El cambio climático también lleva aparejadas graves consecuencias para los servicios ecosistémicos. Puede afectar a las pautas de utilización de los recursos naturales, así como a la distribución de los recursos entre regiones y dentro de los países.

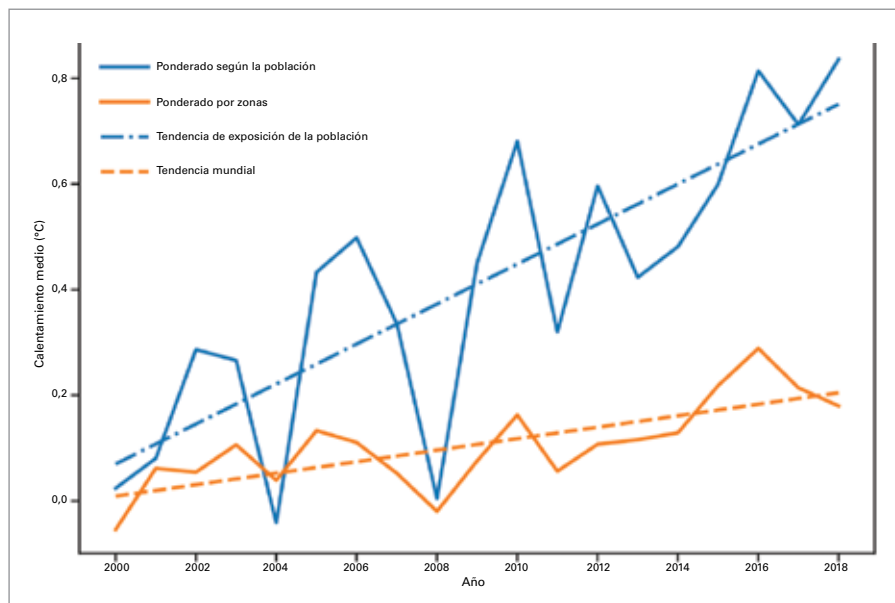
## LA SALUD, EN RIESGO CRECIENTE

Los efectos en la salud incluyen enfermedades y muertes relacionadas con el calor; lesiones y pérdidas de vidas humanas asociadas a tormentas violentas e inundaciones; incidencia de enfermedades transmitidas por vectores y por el agua; empeoramiento de las enfermedades cardiovasculares y respiratorias por la contaminación del aire; y estrés y traumas mentales por el desplazamiento, así como por la pérdida de medios de subsistencia y propiedades.

## CALOR EXTREMO Y SALUD

Las zonas muy pobladas del planeta están cada vez más expuestas a condiciones más cálidas, y experimentan un cambio medio de temperatura en verano que es superior al promedio mundial (figura 21).

Las condiciones de calor extremo están causando cada vez más estragos en la salud humana y los sistemas de salud. Se registran consecuencias



**Figura 21.** Calentamiento medio en verano (junio-agosto en el hemisferio norte, diciembre-febrero en el hemisferio sur), ponderado según la población y por zonas, en relación con la media de 1986-2005.<sup>59</sup>

<sup>55</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2019: *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People* (Ekins P., J. Gupta y P. Boileau, eds.), 745 páginas. Cambridge, Cambridge University Press, doi 10.1017/9781108627146, <https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook>.

<sup>56</sup> IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5 °C* (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield, eds.). Ginebra, <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

<sup>57</sup> PNUMA, 2019: *Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019*. Nairobi, <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.

<sup>58</sup> PNUMA, 2019: *Lessons from a Decade of Emission Gap Assessments* (J. Christensen y A. Olhoff, eds.). Nairobi.

<sup>59</sup> Watts, N. y otros, 2019: "The 2019 report of *The Lancet* Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate", en *The Lancet*, 394 (10211), págs. 1836-1878, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(19\)32596-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)32596-6/fulltext).

aún más graves en los lugares donde el calor extremo concurre con una población envejecida, la urbanización, los efectos de la isla de calor urbano y las desigualdades en materia de salud.<sup>60</sup> En 2018, las personas vulnerables mayores de 65 años experimentaron un récord de 220 millones de exposiciones a olas de calor<sup>61</sup> por encima del promedio de referencia de 1986-2005, cifra que batió por 11 millones el récord anterior, establecido en 2015.

En 2019, las altas temperaturas sin precedentes registradas en Australia, la India, el Japón y Europa afectaron negativamente a la salud y el bienestar de las personas. Una importante ola de calor afectó al Japón a finales de julio y principios de agosto de 2019; provocó más de 100 muertes y supuso una gran carga para el sistema de salud, al generar 18 000 ingresos hospitalarios adicionales. Europa experimentó dos importantes olas de calor en el verano de 2019. En junio, una ola de calor que afectó al suroeste y el centro de Europa causó varias muertes en España y Francia. La ola de calor más importante se produjo a finales de julio y afectó a gran parte de Europa Central y Occidental. En los Países Bajos, ese episodio se asoció a 2 964 víctimas mortales, casi 400 muertes más

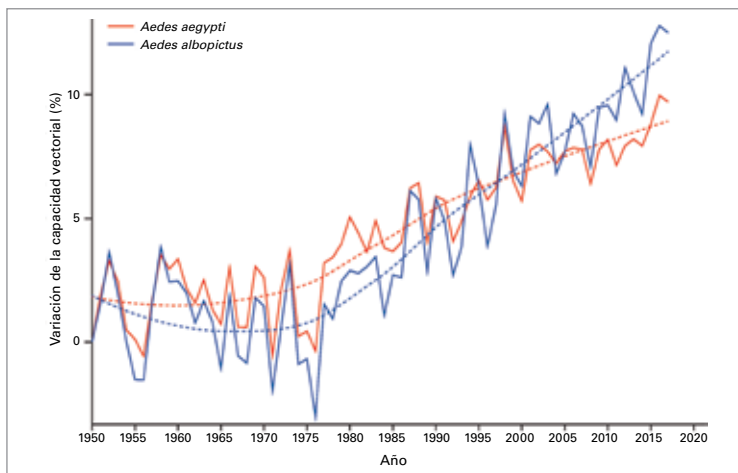
que la media de una semana de verano,<sup>62</sup> al tiempo que en Inglaterra se registraron 572 decesos adicionales (de 390 a 754, con un intervalo de confianza del 95 %) con respecto a la referencia de la mortalidad por todas las causas de personas mayores de 65 años.<sup>63</sup>

En las zonas metropolitanas de Francia, entre principios de junio y mediados de septiembre se registraron más de 20 000 visitas a los servicios de urgencias y 5 700 visitas domiciliarias de médicos por enfermedades relacionadas con el calor.<sup>64</sup> Durante las dos olas de calor del verano se registraron 1 462 muertes adicionales (es decir, un aumento del 9,2 % de la mortalidad media, con un intervalo de incertidumbre de 548 a 2 221 muertes adicionales) en las regiones afectadas. Las personas mayores de 75 años fueron las más afectadas, junto con los grupos etarios de 15 a 44 años y de 65 a 74 años. En las regiones de Francia que experimentaron un calor extremo (alertas rojas), las 572 muertes adicionales que se observaron representan un aumento del 50 % de la mortalidad que cabría esperar si no se hubiera producido una ola de calor.

## ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

Los cambios en las condiciones climáticas desde 1950 están facilitando la transmisión del virus del dengue por el género de mosquito *Aedes*, lo que aumenta el riesgo de contraer la enfermedad (figura 22). Al mismo tiempo, la incidencia mundial del dengue ha aumentado de manera drástica en los últimos decenios, y alrededor de la mitad de la población mundial corre actualmente el riesgo de contraer la infección.<sup>65</sup> En 2019, el mundo experimentó un gran aumento de los casos de dengue, en comparación con el mismo período de 2018. En América se registraron más de 2 800 000 casos sospechosos y confirmados de dengue, incluidas unas 1 250 muertes.<sup>66</sup> En los 3 meses de agosto a octubre, el 85 % de los casi 1 050 000 casos se registraron en el Brasil, Filipinas, México, Nicaragua, Tailandia, Malasia y Colombia.<sup>67</sup>

**Figura 22.** Variación de la capacidad vectorial mundial de los vectores del virus del dengue *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* desde 1950. La capacidad vectorial depende de la temperatura y se calcula utilizando datos climáticos históricos.<sup>59</sup>



<sup>60</sup> Sera, F. y otros, 2019: "How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis", en *International Journal of Epidemiology*, 48(4):1101-1112, doi: 10.1093/ije/dyz008, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30815699>.

<sup>61</sup> Cada exposición a una ola de calor es una persona mayor de 65 años que experimenta una ola de calor (definida como un período de 3 o más días en un lugar determinado en que la temperatura mínima diaria fue superior al percentil 99 de la distribución de la temperatura mínima diaria para los meses de verano de 1986 a 2005).

<sup>62</sup> <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2019/32/more-deaths-during-recent-heat-wave>.

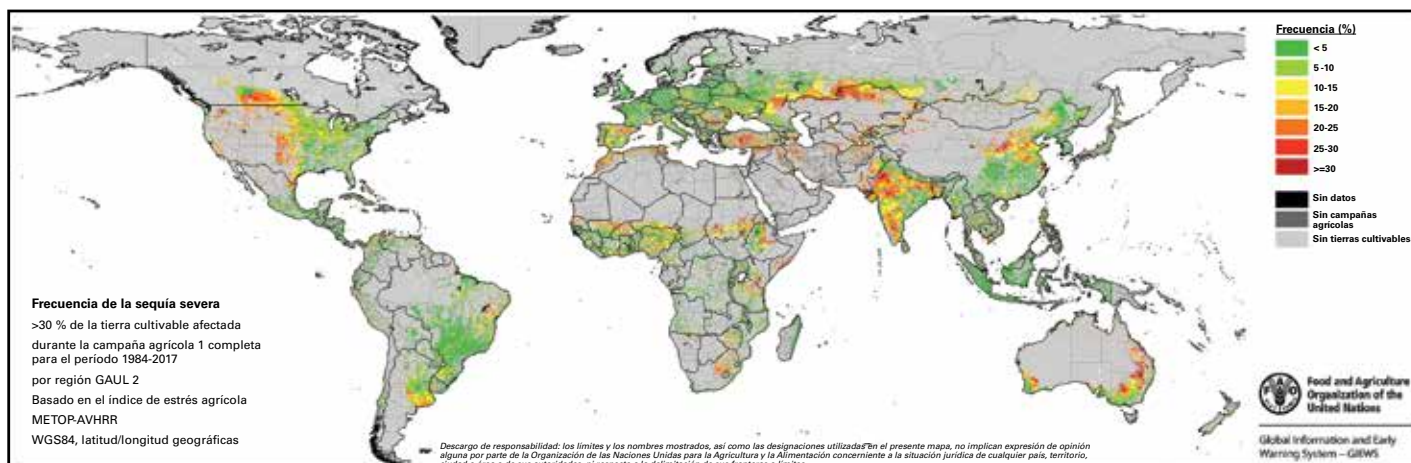
<sup>63</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/phe-heatwave-mortality-monitoring>.

<sup>64</sup> <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-canicule.-bilan-ete-2019>.

<sup>65</sup> <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>.

<sup>66</sup> [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=es).

<sup>67</sup> <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly> (actualización del 22 de noviembre de 2019).



## LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EL DESPLAZAMIENTO DE POBLACIONES SIGUEN VIÉNDOSE AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR LA VARIABILIDAD DEL CLIMA Y LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

El aumento de la temperatura mundial y los cambios en la distribución de las precipitaciones ya han afectado a ecosistemas terrestres como los bosques y las praderas, así como a las tierras agrícolas y al rendimiento de los cultivos.<sup>68</sup> Entre 2006 y 2016, la agricultura (cultivos, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura) en los países en desarrollo concentró aproximadamente el 26 % de las pérdidas y los daños totales ocasionados por desastres de mediana y gran escala relacionados con el clima. Alrededor de dos tercios de las pérdidas y los daños en los cultivos estuvieron vinculados a las crecidas, pero casi el 90 % de las pérdidas y los daños en el sector ganadero se atribuyeron a la sequía<sup>69</sup> (figura 23).

Además de los conflictos, la inseguridad y las desaceleraciones y las contracciones económicas, la variabilidad del clima y los fenómenos meteorológicos extremos figuran entre los principales factores que han desencadenado

el reciente aumento del hambre en el mundo y son una de las principales causas de las crisis profundas. Después de un decenio de descenso progresivo, el hambre repunta: más de 820 millones de personas, es decir, 1 de cada 9 personas en el mundo, padecieron hambre en 2018, según los últimos datos mundiales (figura 24). La situación es más grave en África Subsahariana, donde el número de personas subalimentadas aumentó en más de 23 millones entre 2015 y 2018, sobre todo en los países afectados por conflictos. De los 33 países con crisis alimentarias en 2018, la variabilidad del clima y los fenómenos meteorológicos extremos fueron un factor agravante, junto con las perturbaciones económicas y los conflictos, en 26 países, y el factor principal en 12 de los 26.<sup>70</sup> En vista de esa situación, la comunidad mundial se enfrenta a un enorme desafío para cumplir el objetivo Hambre cero de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Entre enero y junio de 2019 se registraron más de 6,7 millones de nuevos desplazamientos internos por desastres, provocados por fenómenos hidrometeorológicos como el ciclón Idai, en África suroriental; el ciclón Fani, en el sur de Asia; o el huracán Dorian, en el Caribe; y por las inundaciones en el Irán, Filipinas y Etiopía, fenómenos que desencadenaron graves necesidades humanitarias y de protección.<sup>71</sup> Se preveía que en 2019 esa cifra se acercaría a los 22 millones,<sup>72</sup> después de llegar en 2018 a 17,2 millones de desplazamientos

**Figura 23.** Frecuencia de los episodios de sequía severa en las zonas de cultivo de cereales del mundo calculada a partir de datos de teledetección en el período 1984-2017 (fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Observación de la Tierra del Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura (SMIA)).

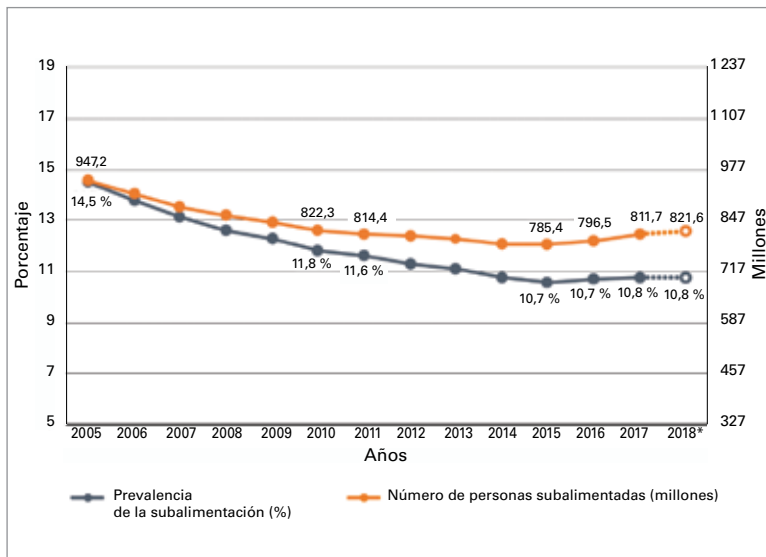
<sup>68</sup> IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi y J. Malley, eds.). Ginebra, <https://www.ipcc.ch/srccl/>.

<sup>69</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2018: *The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017*, <http://www.fao.org/3/i8656EN/i8656en.pdf>.

<sup>70</sup> FAO, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Programa Mundial de Alimentos (PMA) y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019: *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía*. Roma, FAO.

<sup>71</sup> <http://www.internal-displacement.org/publications/internal-displacement-mid-year-figures-january-june-2019>.

<sup>72</sup> Centro de Vigilancia de los Desplazamientos Internos (IDMC), <http://www.internal-displacement.org/>.



**Figura 24.** El número de personas subalimentadas en el mundo aumentó desde 2015. Los valores para 2018 son proyecciones, señaladas con líneas discontinuas y círculos vacíos (fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)).

en 148 países y territorios. De todos los peligros naturales, las crecidas y las tormentas son los que más han contribuido a los desplazamientos registrados en 2019, seguidos de las sequías. La Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) participó activamente en la protección y el apoyo a las personas desplazadas en ese contexto, en particular en Mozambique después del ciclón Idai.

Los efectos de los fenómenos y desastres relacionados con el clima en el desplazamiento de personas no son iguales en todas partes. Asia y el Pacífico siguen siendo las regiones más propensas a los desastres repentinos y de evolución lenta. Por ejemplo, más de dos millones de personas fueron evacuadas en Bangladesh, el segundo país de la región más propenso a los desastres, debido al ciclón Bulbul en noviembre de 2019, y más de dos millones fueron evacuadas en China a raíz del tifón Lekima en agosto de 2019. América Latina y el Caribe también se vieron especialmente afectados por fenómenos relacionados con el clima y otros peligros, como las erupciones volcánicas y los terremotos, que provocaron más desplazamientos. Por ejemplo, unas 70 000 personas se quedaron sin hogar en las Bahamas, en septiembre de 2019, a raíz del huracán Dorian, y en el Amazonas, en el Brasil, hubo más de 42 000 personas desplazadas en junio de 2019 debido a las inundaciones. Millones de personas en el Cuerno de África y en África Occidental también se vieron afectadas por las crecidas.

Los grupos de población de refugiados suelen residir en “zonas críticas” climáticas, donde están expuestos a peligros repentinos y de evolución lenta que repercuten en su situación, lo que también puede dar lugar a un desplazamiento secundario. Por ejemplo, cientos de miles de refugiados rohinyá que han huido a Bangladesh y que ahora residen en Kutupalong se ven habitualmente afectados por tormentas y lluvias fuertes y deslizamientos de tierra. Entre enero y noviembre de 2019, los campamentos de la zona se vieron afectados por crecidas, deslizamientos de tierra y fuertes vientos. En consecuencia, la Oficina del ACNUR y sus asociados dieron prioridad a la preparación para la estación del monzón, en particular a la construcción de estructuras de contención en las laderas y de drenajes, carreteras y puentes. La deficiente calidad de los edificios y los asentamientos en zonas expuestas han hecho que más de 84 000 personas se vean afectadas de una población total de casi 945 000 habitantes.<sup>73</sup>

Aunque la mayor parte de los desplazamientos relacionados con los desastres y el clima son internos, también se producen desplazamientos transfronterizos, que pueden estar relacionados con situaciones de conflicto o violencia.<sup>74</sup> En Somalia, el empeoramiento de la sequía y la violencia provocaron que miles de personas huyeran a Etiopía, país que también se enfrenta a los efectos adversos de los fenómenos relacionados con el clima. En la región del lago Chad se ha producido una desertificación y una deforestación asociadas a la disminución del lago, a los fenómenos climáticos extremos, al crecimiento demográfico y al riego no regulado. Todo ello —sumado a la violencia, que ha obligado a millones de personas a abandonar sus hogares en el Chad, el Camerún, Nigeria y el Níger— agrava los desplazamientos forzados, incluidos los movimientos de refugiados, a través de las fronteras.<sup>75</sup>

En el sur de África, el inicio de las lluvias estacionales se retrasó y hubo prolongados períodos secos. En mayo de 2019, Namibia declaró el estado de emergencia en respuesta a la sequía que sufría.<sup>76</sup> Se prevé que la producción regional de cereales será aproximadamente un 8 % inferior a la media quinquenal, y que 12,5 millones de personas de la región experimentarán una grave inseguridad alimentaria hasta marzo de 2020, lo que supone un aumento de más del 10 % con respecto al año anterior.

<sup>73</sup> <http://iom.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=1eec7ad29df742938b6470d77c26575a>.

<sup>74</sup> Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), <https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>.

<sup>75</sup> IDMC, <http://www.internal-displacement.org/expert-opinion/looking-beyond-boko-haram-in-the-lake-chad-region>; ACNUR, <https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>.

<sup>76</sup> *AfricaNews*, 6 de mayo de 2019: “Namibia declares national state of emergency over drought”, <https://www.africanews.com/2019/05/06/namibia-declares-national-state-of-emergency-over-drought/>.



La seguridad alimentaria se ha ido deteriorando en varias zonas de Etiopía, Somalia, Kenya y Uganda debido a una prolongada y mala estación primaveral (*gu*) de lluvias, después de una breve temporada otoñal (*deyr*) en 2018, con registros inferiores a la media. Además, entre octubre de 2019 y enero de 2020 la región sufrió inundaciones generalizadas que afectaron a 3,4 millones de personas.<sup>77</sup>

En marzo de 2019, el ciclón tropical Idai contribuyó a la destrucción total de cerca de 780 000 hectáreas de cultivos en Malawi, Mozambique y Zimbabwe, lo que socavó todavía más la precaria situación de seguridad alimentaria de la región.<sup>78</sup> El ciclón también provocó el desplazamiento de al menos 50 905 personas en Zimbabwe,<sup>79</sup> 53 237 en el sur de Malawi<sup>80</sup> y 77 019 en Mozambique.<sup>81</sup> Además, Mozambique fue azotado por el ciclón Kenneth unas semanas más tarde, lo que provocó que el número total actual de desplazados internos sea de 88 381, los cuales se concentran principalmente en las zonas de Beira y Quelimane.<sup>82</sup>

La inseguridad alimentaria siguió siendo grave en Sudán del Sur durante todo 2019; se estima que 4,54 millones de personas sufrían una grave situación de inseguridad alimentaria entre septiembre y diciembre. Sin embargo, es probable que el número real de personas que se encuentran en situación de inseguridad alimentaria sea sustancialmente superior a la estimación realizada en agosto, habida cuenta de que las crecidas generalizadas de septiembre y octubre afectaron a unas 900 000 personas y provocaron importantes pérdidas en los cultivos y el ganado.<sup>83</sup>

Las crecidas repentinas ocurridas en el Afganistán en marzo de 2019, tras una intensa sequía de abril a octubre de 2018, causaron las peores inundaciones en un decenio en algunas partes

del país: 13,5 millones de personas están en situación de inseguridad alimentaria, y 22 de las 34 provincias todavía se están recuperando de la sequía severa sufrida en 2018, que ya había provocado el desplazamiento de 32 515 personas solo en Herat.<sup>84</sup> La situación es especialmente grave porque se calcula que el 80 % de los suelos del país están degradados debido a la acumulación de años de sequía.<sup>85</sup>

El tiempo seco se prolongó durante el primer semestre de 2019 en la República Popular Democrática de Corea después de dos años consecutivos de condiciones secas y características meteorológicas irregulares. En promedio, solo cayeron 56,3 mm de lluvia en el país de enero a marzo de 2019, el nivel más bajo registrado desde 1917. Alrededor de diez millones de personas necesitan urgentemente asistencia alimentaria.<sup>86</sup>

En 2019, las condiciones más secas de lo habitual en el Corredor Seco de América Central y el Caribe causaron incendios forestales en el norte de Guatemala y Honduras, que afectaron negativamente al crecimiento de los cultivos y contribuyeron a la desecación de algunos ríos de Honduras. Después de las precipitaciones inferiores a lo normal que se registraron de mayo a agosto de 2019, unas 50 000 familias perdieron cerca del 80 % de su producción de maíz en Guatemala. También se registraron importantes pérdidas de cosechas (de hasta el 70 % y el 50 % en el caso del maíz y los frijoles, respectivamente) en Honduras, castigada por unas condiciones de sequía similares. En septiembre de 2019, el Gobierno de Honduras declaró el estado de emergencia debido a la pérdida de cultivos básicos, situación que colocó a más de 100 000 personas en riesgo de inseguridad alimentaria. Se estima que en El Salvador más de 70 000 hogares sufren escasez de alimentos y agua potable.<sup>87</sup>

<sup>77</sup> <https://reliefweb.int/report/south-sudan/eastern-africa-region-regional-floods-and-locust-outbreak-snapshot-january-2020>.

<sup>78</sup> FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (julio-septiembre de 2019). Roma, <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5445en/>.

<sup>79</sup> Organización Internacional para las Migraciones (OIM), <https://displacement.iom.int/reports/zimbabwe-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-baseline-assessment-round-1-3-27-april-2019>.

<sup>80</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/reports/malawi-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-multi-sectoral-location-assessments-11-april-2019>.

<sup>81</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/reports/mozambique-%E2%80%94-cyclone-idai-response-situation-report-%E2%80%94-round-10-october-2019>.

<sup>82</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/mozambique>.

<sup>83</sup> FAO, <http://www.fao.org/3/ca7236es/ca7236es.pdf>.

<sup>84</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/reports/afghanistan-%E2%80%94-drought-response-situation-report-26-april-2019>.

<sup>85</sup> FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (abril-junio de 2019). Roma, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1190473/>.

<sup>86</sup> FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (octubre-diciembre de 2019). Roma, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

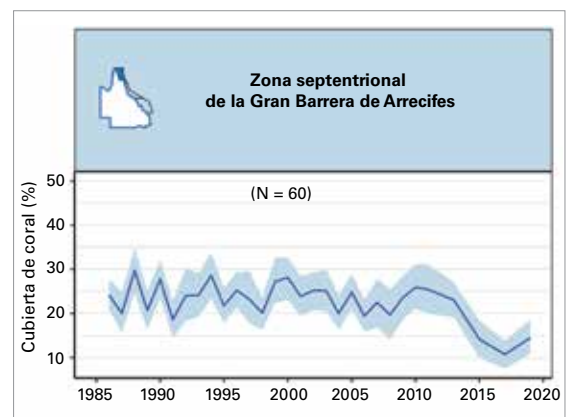
<sup>87</sup> *Ibid.*

## LA VIDA Y LA BIODIVERSIDAD MARINAS, AMENAZADAS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Las principales presiones sobre los recursos marinos vivos son la sobreexplotación, la contaminación por actividades terrestres y el cambio climático.<sup>88</sup> Los arrecifes de coral son el ecosistema marino más amenazado por los cambios oceánicos relacionados con el clima, especialmente el calentamiento y la acidificación de los océanos.<sup>89,90</sup> Según las proyecciones, los arrecifes de coral disminuirán hasta ocupar entre un 10 % y un 30 % de la cobertura anterior si hay un calentamiento de 1,5 °C, y menos de un 1 % de dicha cobertura si el calentamiento es de 2 °C.<sup>91</sup> La acidificación de los océanos también puede repercutir negativamente en otros sistemas marinos, como los lechos de mejillones y los hábitats de algunas macroalgas. La pesca se ve afectada por el cambio climático de muchas maneras.<sup>92</sup> A medida que los perfiles de temperatura y salinidad cambian con el calentamiento del planeta, la distribución y la productividad de importantes especies objetivo ya están dando lugar a cambios en la distribución de las capturas pesqueras.

La vigilancia a largo plazo de la Gran Barrera de Arrecifes puso de relieve que la cubierta de coral duro aumentó ligeramente, del 11 % en 2017 al 14 % en 2019, en su zona septentrional (figura 25). Sin embargo, esos valores se mantienen cerca de los niveles mínimos registrados por el Programa de Vigilancia a Largo Plazo (LTMP) del Instituto Australiano de Ciencias del Mar (AIMS) desde 1985, que se relacionan con los efectos acumulados

de los ciclones y dos episodios de grave decoloración coralina en el período 2014-2019.<sup>93</sup> Hasta la fecha, la recuperación ha sido limitada. El intenso ciclón tropical Debbie de 2017 y la continua propagación hacia el sur de los brotes de la estrella de mar *Acanthaster planci* contribuyeron a la reducción constante de la cubierta de coral en la zona central de la Gran Barrera de Arrecifes. En promedio, la cubierta de coral duro se redujo ligeramente, del 14 % en 2018 al 12 % en 2019. En su conjunto, la cubierta de coral media de los arrecifes de la zona meridional de la Gran Barrera de Arrecifes siguió disminuyendo, aunque solo sensiblemente, del 25 % en 2018 al 24 % en 2019.



**Figura 25.** Tendencias en el promedio de la cubierta de coral duro de la zona septentrional de la Gran Barrera de Arrecifes, según los estudios de remolque tipo manta hasta junio de 2019. N indica el número de arrecifes representados en los análisis; el sombreado azul indica el 95 % de los intervalos de credibilidad. Obsérvese que muchos arrecifes de esta región no tienen un historial de estudios periódicos y que en 2019 no se pudieron estudiar todos los arrecifes costeros (fuente: Instituto Australiano de Ciencias del Mar (AIMS)).<sup>94</sup>

<sup>88</sup> Salem, H. S., 2011: "Social, environmental and security impacts of climate change on the eastern Mediterranean", en *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (Brauch, H. S., Spring, U. O., Mesjasz, C., Grin, J., Kameri-Mbote, P., Chourou, B., Dunay, P., Birkmann, J., eds.). Springer, 421-445.

<sup>89</sup> Gattuso, J-P. y otros, 2015: "Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios", en *Science*, 349(6243), doi: 10.1126/science.aac4722.

<sup>90</sup> Albright, R. y otros, 2018: "Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification", en *Nature*, 555, 516-519, doi: 10.1038/nature25968.

<sup>91</sup> Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), 2019: *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services – Summary for Policymakers*. Bonn, <https://ipbes.net/global-assessment>.

<sup>92</sup> Ripple, W. y otros, 2019: "World Scientists' Warning of a Climate Emergency", en *BioScience*, 70(1), <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.

<sup>93</sup> Instituto Australiano de Ciencias del Mar (AIMS), 2019: *Long-term Reef Monitoring Program - Annual Summary Report on coral reef condition for 2018/19*; puede consultarse en <https://www.aims.gov.au/reef-monitoring/gbr-condition-summary-2018-2019>.

<sup>94</sup> *Ibid.*

## ESTUDIO DE CASO:

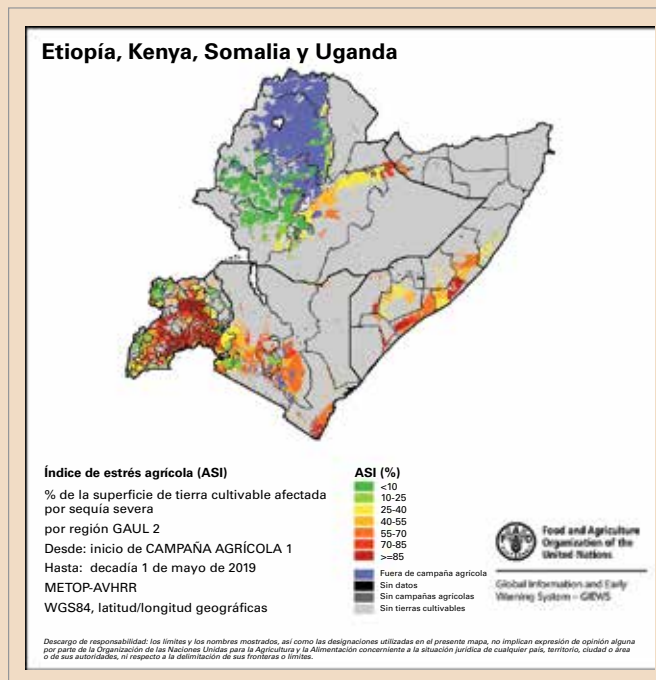
# Los choques climáticos graves provocan un deterioro de la seguridad alimentaria y desplazamientos en la región del Gran Cuerno de África en 2019

Alessandro Costantino, Sarah Graf y Óscar Rojas, FAO

La situación de seguridad alimentaria se deterioró notablemente en 2019 en algunos países del Gran Cuerno de África debido a los fenómenos climáticos extremos, los desplazamientos, los conflictos y la violencia. Por ejemplo, en Somalia y Kenya, el número de personas afectadas por la inseguridad alimentaria aumentó entre finales de 2018 y finales de 2019 de 1,6 a 2,1 millones y de 0,7 a 3,1 millones, respectivamente. A finales de 2019 se estimaba que unos 22,2 millones de personas (6,7 millones en Etiopía, 3,1 millones en Kenya, 2,1 millones en Somalia, 4,5 millones en Sudán del Sur<sup>95</sup> y 5,8 millones en el Sudán) padecían una grave inseguridad alimentaria,<sup>96</sup> cifra solo ligeramente inferior a la registrada durante la severa y prolongada sequía de 2016-2017.<sup>97</sup>

En marzo y los primeros veinte días de abril la sequía fue excepcional; se estima que las precipitaciones acumuladas fueron un 80 % inferiores a la media en la mayor parte del Cuerno de África.<sup>98</sup> Las condiciones meteorológicas desfavorables, que figuran entre las más secas de las que se tiene constancia en algunas partes, afectaron a varias zonas de cultivo, en las que hubo una reducción de las zonas plantadas y de los rendimientos (véase la figura 26). En condiciones tan secas, las infestaciones de gusanos cogolleros del maíz redujeron aún más los rendimientos de los cultivos.

Las precipitaciones superiores a la media de finales de abril y mayo redujeron los déficits de humedad y mejoraron las condiciones de la vegetación. Los fuertes aguaceros también redujeron los niveles de infestación de gusanos cogolleros del maíz, pero en varias zonas los daños a los cultivos fueron irreversibles en su mayor parte. Las contracciones más acusadas de la producción se registraron en Somalia y en la zona suroriental de Kenya, donde los déficits de precipitación fueron más graves y la estación de lluvias suele ser más corta que en otros países de la región. En Somalia, la producción de la cosecha de primavera (*gu*) de 2019 fue la más baja desde 1995 y aproximadamente un 60 % inferior a



la media de los 5 años anteriores. Se estimó que la producción de maíz fue entre un 50 % y un 60 % inferior a la media en las zonas de agropastoreo y las zonas agrícolas marginales de las regiones central, suroriental y costera de Kenya. En las zonas de pastoreo, las condiciones excepcionalmente secas de marzo y abril, sobre todo en el centro y el norte de Somalia, en el sureste de Etiopía y en la mayor parte de Kenya, dieron lugar a una grave pérdida de peso del ganado y a un aumento de su tasa de mortalidad, así como a un descenso acusado de la producción de leche.<sup>99</sup> A finales de 2019, los precios de los cereales eran muy elevados en la mayoría de los mercados de Kenya, Uganda, Somalia y Etiopía, hasta el doble del precio del año anterior, lo que restringió el acceso a los alimentos de grandes segmentos de la población.<sup>100</sup>

El breve período de lluvias de la estación otoñal (*deyr*) de 2019, de octubre a diciembre, se caracterizó por precipitaciones excepcionalmente intensas en toda la región, que acumuló los totales de precipitaciones más altos o los segundos más altos

**Figura 26.** Índice de estrés agrícola (ASI) de la región del Gran Cuerno de África en mayo de 2019.

<sup>95</sup> En Sudán del Sur, la proyección de la inseguridad alimentaria para el período de octubre a diciembre, que se realiza en agosto, no tiene en cuenta los efectos de las inundaciones, por lo que es probable que el número de personas afectadas por la inseguridad alimentaria a finales de 2019 sea considerablemente mayor que la estimación comunicada.

<sup>96</sup> FAO, 2020: *GIEWS Special Alert 347: The worst desert locust outbreak in decades threatens food security across East Africa*. Roma, <http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>.

<sup>97</sup> FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (octubre-diciembre de 2019). Roma, <http://www.fao.org/emergencias/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

<sup>98</sup> FAO, *Perspectivas de cosechas y situación alimentaria*, julio de 2019, <http://www.fao.org/3/ca5327es/ca5327es.pdf>.

<sup>99</sup> FAO, *Perspectivas de cosechas y situación alimentaria*, septiembre de 2019, <http://www.fao.org/3/ca6057es/ca6057es.pdf>.

<sup>100</sup> FAO, *Food Price Monitoring and Analysis Bulletin*, noviembre de 2019, <http://www.fao.org/3/ca6996en/ca6996en.pdf>.

registrados desde 1981, entre el 200 % y el 400 % de la media a largo plazo. El calentamiento atípico de la superficie del mar frente a la costa de África Oriental, como parte de uno de los episodios más intensos del dipolo del océano Índico de los que se tiene constancia, se asoció a las fuertes lluvias registradas en el interior. Si bien las abundantes precipitaciones tuvieron efectos positivos en los cultivos y los pastizales, también desencadenaron crecidas generalizadas, que conllevaron la pérdida de vidas, desplazamientos, daños a los cultivos y muertes de ganado, principalmente en el centro y el sur de Somalia, el sureste de Etiopía, el norte y el este de Kenya y en Sudán del Sur.

Los fenómenos climáticos extremos causaron más amenazas graves a los ya precarios medios de subsistencia de África Oriental y el Cuerno de África,<sup>101</sup> regiones habitadas por comunidades muy vulnerables en las que al menos 75 millones de personas viven con ingresos inferiores a 1,9 dólares al día.<sup>102</sup> Se estima que en la región hay 8,1 millones de desplazados internos, de los que al menos 1,8 millones lo son a causa de la sequía y 3,5 millones son solicitantes de asilo y refugiados.<sup>103</sup> Los fenómenos climáticos y meteorológicos extremos obligan aún más a las personas a desplazarse en busca de seguridad: en Somalia, entre enero y mayo de 2019, las sequías desplazaron a por lo menos 60 000 personas,<sup>104</sup> mientras que las crecidas generalizadas de octubre y noviembre provocaron 370 000 desplazamientos adicionales.<sup>105</sup> Miles de personas han estado huyendo a Etiopía, país que también se enfrenta a los efectos adversos de los fenómenos climáticos, incluidos los desplazamientos. Asimismo, los fenómenos relacionados con el clima están exacerbando las tensiones entre las personas desplazadas y sus comunidades de acogida, lo que aviva aún más los conflictos intracomunitarios.

El país más perjudicado por las crecidas fue Sudán del Sur, donde resultaron afectadas unas 900 000 personas, de las que unas 420 000 se vieron desplazadas. Las grandes pérdidas de cultivos

causadas por las crecidas, especialmente en los antiguos estados de Bahr el Ghazal septentrional, Yonglei, Alto Nilo y Warrap, han neutralizado en cierta medida el aumento de la producción y las mejoras en materia de seguridad fruto de los altos rendimientos logrados en las zonas no afectadas por las crecidas. En consecuencia, se estima que la producción agregada de cereales en 2019 es superior a la escasa producción de 2018, pero inferior a la producción media quinquenal.<sup>106</sup> Según las informaciones disponibles, hubo importantes pérdidas de ganado en las zonas afectadas por las crecidas. Los daños a los medios de subsistencia causados por las crecidas han empeorado todavía más una situación de seguridad alimentaria ya de por sí crítica; se preveía que 4,54 millones de personas (casi el 40 % de la población total) se encontrarían en situación de inseguridad alimentaria entre septiembre y diciembre, pero es probable que la cifra actual sea notablemente mayor como consecuencia de las crecidas.<sup>107</sup>

La reproducción incontrolada de langostas en la península Arábiga, sumada a las condiciones climáticas y meteorológicas inusuales de África Oriental, dio lugar a la peor invasión de langostas del desierto en 25 años en el Cuerno de África y la más grave en 70 años en Kenya. A finales de 2019, la invasión de langostas afectó al este de Etiopía y al centro y el sur de Somalia; en enero de 2020 se había extendido al norte de Kenya, y se prevé que para junio de 2020 haya llegado al sur de Etiopía, al noreste de Uganda y al este de Sudán del Sur. Grandes enjambres como los que aparecieron en Kenya pueden comer la misma cantidad de alimentos que 80 millones de personas en un solo día, y las zonas afectadas pueden experimentar la pérdida total de cosechas y forraje. Se prevé que la reproducción sostenida de las langostas se prolongue hasta junio de 2020, lo que "representa una amenaza sin precedentes para la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de la región, y podría dar lugar a más sufrimiento y desplazamientos y a posibles conflictos".<sup>108,109</sup>

<sup>101</sup> Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCAH), *Sahel: Overview of Humanitarian Needs and Requirements 2018*, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Sahel%20HNR0%202018.pdf>, pág. 3.

<sup>102</sup> Según los datos del Banco Mundial disponibles en <https://data.worldbank.org/indicator>: el porcentaje de la población que vive con menos de 1,90 dólares al día (paridad del poder adquisitivo de 2011) se multiplicó por la población total de Etiopía, Kenya, Sudán del Sur y Uganda; los datos de Somalia se han excluido de la estimación, dado que no se dispone de su índice de recuento de la pobreza.

<sup>103</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

<sup>104</sup> OIM, <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

<sup>105</sup> OCAH, <https://reliefweb.int/report/somalia/somalia-floods-update-un-ocha-noaa-echo-daily-flash-26-november-2019>.

<sup>106</sup> FAO, 2020: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (enero-marzo de 2020), Roma, <http://www.fao.org/3/ca7557en/ca7557en.pdf>.

<sup>107</sup> FAO, *Perspectivas de cosechas y situación alimentaria*, diciembre de 2019, <http://www.fao.org/3/ca7236es/ca7236es.pdf>.

<sup>108</sup> FAO, <http://www.fao.org/emergencias/crisis/desertlocust/intro/en/>.

<sup>109</sup> FAO, 2020: *GIEWS Special Alert 347: The worst desert locust outbreak in decades threatens food security across East Africa*, Roma, <http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>, y OCAH, 2020: *Eastern Africa Region: Regional Floods and Locust Outbreak Snapshot*, [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA\\_20200117\\_EasternAfrica\\_Flood\\_Snapshot\\_Jan2020\\_def.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA_20200117_EasternAfrica_Flood_Snapshot_Jan2020_def.pdf).



# Referencias de los conjuntos de datos

## GASES DE EFECTO INVERNADERO

Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero:

Boletín de la OMM sobre los Gases de Efecto Invernadero, número 15, noviembre de 2019, <https://gaw.kishou.go.jp/>.

CO<sub>2</sub> de Mauna Loa:

Keeling, C. D. y otros, 1976: "Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii", en *Tellus*, 28, doi: 10.1111/j.2153-3490.1976.tb00701.x.

Dr. Pieter Tans, Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos ([www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)), y Dr. Ralph Keeling, Instituto Scripps de Oceanografía de la Universidad de California en San Diego ([scrippsco2.ucsd.edu/](http://scrippsco2.ucsd.edu/)).

CO<sub>2</sub> del cabo Grim (Tasmania):

Estación de referencia de medición de la contaminación atmosférica del cabo Grim (CGBAPS), <https://www.csiro.au/en/Research/OandA/Areas/Assessing-our-climate/Latest-greenhouse-gas-data>.

## TEMPERATURA EN SUPERFICIE

HadCRUT:

Morice, C. P. y otros, 2012: "Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset", en *Journal of Geophysical Research*, 117, doi: 10.1029/2011JD017187.

NOAAGlobalTemp:

Zhang, H.-M. y otros, Conjunto de datos de la temperatura global en superficie de la NOAA (NOAAGlobalTemp), versión 5. Centros Nacionales de Información Ambiental de la NOAA, doi: 10.25921/9qth-2p70 [8 de enero de 2020].

GISTEMP:

Equipo GISTEMP, 2019: Análisis de la temperatura en superficie del Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (GISTEMP), versión 4. Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la NASA, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.

Lenssen, N. y otros, 2019: "Improvements in the GISTEMP uncertainty model", en *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (12), doi: 10.1029/2018JD029522.

ERA5:

Hersbach, H. y otros, 2019: The ERA5 global reanalysis. En examen en *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

JRA-55:

Kobayashi, S. y otros, 2015: "The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics", en *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 93(1).

## PRESUPUESTO DE CARBONO

Friedlingstein, P. y otros, 2019: "Global Carbon Budget 2019", en *Earth System Science Data*, 11, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.

## OZONO

Ozone Watch de la NASA, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>.

## CONTENIDO CALORÍFICO DE LOS OCÉANOS

Ishii, M. y otros, 2017: "Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets", en *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, volumen 13, doi: 10.2151/sola.2017-030.

Cheng, L. y otros, 2017: "Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015", en *Science Advances*, 3(3), doi: 10.1126/sciadv.1601545.

Good, S. A. y otros, 2013: "EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates", en *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, doi: 10.1002/2013JC009067.

Levitus, S. y otros, 2012: "World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010", en *Geophysical Research Letters*, 39, doi: 10.1029/2012GL051106.

Roemmich, D. y J. Gilson, 2009: "The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program", en *Progress in Oceanography*, 82(2), <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.03.004>.

Hosoda, S. y otros, 2008: "A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float observations", en *Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) Report of Research and Development*, volumen 8, [http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo\\_web/ancient/MapQ/Hosoda\\_et\\_al\\_MOAA\\_GPV.pdf](http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo_web/ancient/MapQ/Hosoda_et_al_MOAA_GPV.pdf).

von Schuckmann, K. y P.-Y. Le Traon, 2011: "How well can we derive Global Ocean Indicators from Argo data?", en *Ocean Science*, 7, <https://doi.org/10.5194/os-7-783-2011>.

## OLAS DE CALOR MARINAS

Hobday, A. J. y otros, 2018: "Categorizing and naming marine heatwaves", en *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

Temperatura de la Superficie del Mar de Interpolación Óptima (OISST):

Banzon, V. y otros, 2016: "A long-term record of blended satellite and *in situ* sea-surface temperature for climate monitoring, modeling and environmental studies", en *Earth System Science Data*, 8, doi: 10.5194/essd-8-165-2016.

## NIVEL DEL MAR

Programa de Archivo, Validación e Interpretación de Datos Oceanográficos Satelitales (AVISO):

Legeais, J.-F. y otros, 2018: "An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative", en *Earth System Science Data*, 10, doi: 10.5194/essd-10-281-2018.

Servicio de vigilancia medioambiental marina de Copernicus (SVMMC):

Pujol, M.-I. y otros, 2016: "DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years", en *Ocean Science*, 12, doi: 10.5194/os-12-1067-2016, 2016.

Ablain, M. y otros, 2017: "Satellite altimetry-based sea level at global and regional scales", en *Surveys in Geophysics*, 38, doi: 10.1007/s10712-016-9389-8.

Escudier, P. A. y otros, 2017: "Satellite radar altimetry: principle, accuracy and precision", en *Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces* (D. Stammer y A. Cazenave, eds.).

## pH DEL OCÉANO

Hawaii Ocean Time-series (HOT):

Adaptado a partir de: Dore, J. E. y otros, 2009: "Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific", en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106:12235-12240.

Serie de Nueva Zelanda:

<https://marinedata.niwa.co.nz/nzoa-on/>

Vance, J. y otros, 2019: "NZOA-ON: The New Zealand Ocean Acidification Observing Network", en *Marine and Freshwater Research*, doi: 10.1071/MF19222.

## EXTENSIONES DEL HIELO MARINO

OSI SAF v2:

Lavergne, T. y otros, 2019: "Version 2 of the EUMETSAT OSI SAF and ESA CCI sea-ice concentration climate data records", en *The Cryosphere*, 13, doi: 10.5194/tc-13-49-2019, 2019.

Centro de Aplicaciones Satelitales para el Océano y el Hielo Marino (OSI SAF) de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), 2017: *Global sea ice concentration climate data record v2.0*, doi: 10.15770/EUM\_SAF\_OSI\_0008.

Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos (NSIDC):

Fetterer, F. y otros, 2017: Índice del hielo marino, versión 3. NSIDC, <https://doi.org/10.7265/N5K072F8> [4 de febrero de 2020].

## BALANCE DE MASAS DE LOS GLACIARES Y DE LAS CAPAS DE HIELO

Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares:

Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares (2019): Base de datos de fluctuaciones de los glaciares, doi: 10.5904/wgms-fog-2019-12. Acceso en línea: <http://dx.doi.org/10.5904/wgms-fog-2019-12>.

## PRECIPITACIÓN

Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones:

Ziese, M. y otros, 2011: *GPCC First Guess Product at 1.0°: Near Real-Time First Guess Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges based on SYNOP Data*, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/FG\_M\_100.

Schneider, U. y otros, 2018: *GPCC Monitoring Product: Near Real-Time Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges based on SYNOP and CLIMAT data*, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/MP\_M\_V6\_100, [http://dx.doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/MP\\_M\\_V6\\_100](http://dx.doi.org/10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100).

Schneider, U. y otros, 2018: *GPCC Full Data Daily Version 2018 at 1.0°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data*, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/FD\_M\_V2018\_100.



## ÍNDICES DE FENÓMENOS EXTREMOS

Schamm, K. y otros, 2013: *GPCC First Guess Daily Product at 1.0°: Near Real-Time First Guess Daily Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges based on SYNOP Data*, doi: [10.5676/DWD\\_GPCC/FG\\_D\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FG_D_100).

Ziese, M. y otros, 2018: *GPCC Full Data Daily Version.2018 at 1.0°: Daily Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historic Data*, doi: [10.5676/DWD\\_GPCC/FD\\_D\\_V2018\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_D_V2018_100).

## INCENDIOS FORESTALES

Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios (GFAS):

Kaiser, J. W. y otros, 2012: "Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power", en *Biogeosciences*, 9(1), <https://www.biogeosciences.net/9/527/2012/bg-9-527-2012.html>.

# Lista completa de colaboradores

## MIEMBROS DE LA ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

Alemania, Argelia, Argentina, Armenia, Austria, Bangladesh, Bulgaria, Camerún, Canadá, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Croacia, Chile, China, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos, Estonia, Federación de Rusia, Filipinas, Finlandia, Francia, Georgia, Grecia, Guinea, India, Indonesia, Irán (República Islámica del), Irlanda, Israel, Italia, Japón, Jordania, Kazajstán, Kenya, Letonia, Libia, Luxemburgo, Macedonia del Norte, Malasia, Marruecos, Nigeria, Nueva Zelandia, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, República de Moldova, República Unida de Tanzania, Senegal, Serbia, Singapur, Sudáfrica, Sudán, Suecia, Suiza, Tayikistán, Trinidad y Tabago, Túnez, Turquía, Ucrania, Centro Regional sobre el Clima de la Asociación Regional VI de la OMM.

## CENTROS DE DATOS

Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones; Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido; Centros Nacionales de Información Ambiental de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA); Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF) y servicio de Copernicus relativo al Cambio Climático (C3S); Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA); Servicio Meteorológico del Japón (JMA); Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM; Centro Nacional de Datos Oceanográficos (CNDO) de la NOAA; Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos (NSIDC); Observatorio de Mauna Loa; Iniciativa Carbono Azul; Observatorio de Hong Kong; Foro sobre la Evolución Probable del Clima en la región panártica; Iniciativa de la Agencia Espacial Europea (ESA) sobre el Cambio Climático; Servicio de Vigilancia Medioambiental Marina de Copernicus (SVMMC); Programa de Archivo, Validación e Interpretación de Datos Oceanográficos Satelitales (AVISO); Polar Portal; Departamento de Oceanografía Física de la Woods Hole Oceanographic Institution; Instituto de Investigación sobre el Ártico y el Antártico (AARI); Mercator Océan; Red Mundial del Oxígeno Oceánico (GO2NE); Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos (GOA-ON); Centro de Aplicaciones Satelitales para el Océano y el Hielo Marino (OSI SAF) de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT); Oficina de Meteorología de Australia; Unidad sobre los océanos y la atmósfera de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO).

## ORGANISMOS DE LAS NACIONES UNIDAS

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Fondo Monetario Internacional (FMI), Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización Internacional para las Migraciones (OIM), Organización Mundial de la Salud (OMS), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

## COLABORADORES PARTICULARES

### ASPECTOS FÍSICOS

Robbie Andrew (Centro de Investigación Internacional sobre el Clima y el Medio Ambiente), Lynette Bettio, Pep Canadell (CSIRO), Anny Cazanave (Laboratorio de Estudios en Geofísica y Oceanografía Espaciales y Observatorio Mediodía-Pirineos (Francia)), Robert Dunn (Oficina Meteorológica del Reino Unido), Pierre Friedlingstein (Universidad de Exeter), Karsten Haustein (Universidad de Oxford), Peer Hechler (OMM), Jennifer Howard (Conservación Internacional), Matthias Huss (Universidad de Friburgo (Suiza)), Kirsten Isensee (COI de la UNESCO), Rob Jackson (Universidad de Stanford), John Kennedy (Oficina Meteorológica del Reino Unido), Rachel Killick (Oficina Meteorológica del Reino Unido), Takuji Kubota, Yuriy Kuleshov, Toshiyuki Kurino, Lisa Levin (Instituto Scripps de Oceanografía), Patrick Megonigal (Centro Smithsonian de Investigaciones Medioambientales), Glen Peters (Centro de Investigación Internacional sobre el Clima y el Medio Ambiente), Corinne Le Quere (Universidad de East Anglia (Reino Unido)), Robert W. Schlegel (Departamento de Oceanografía Física de la Woods Hole Oceanographic Institution (Estados Unidos)),

Katherina Luise Schoo (COI de la UNESCO), Karina von Schuckmann (Mercator Océan International (Francia)), Vasily Smolyanitsky (Instituto de Investigación sobre el Ártico y el Antártico (Federación de Rusia)), Martin Stendel (Instituto Meteorológico Danés), Oksana Tarasova (VAG de la OMM), Tomoko Tashima, Blair Trewin (Oficina de Meteorología de Australia), Freja Vamborg (ECMWF y C3S), Pingping Xie, Michael Zemp (Suiza), Markus Ziese (Servicio Meteorológico de Alemania (DWD)).

#### RIESGOS E IMPACTOS RELACIONADOS CON EL CLIMA

Pierre Boileau (PNUMA), Alessandro Costantino (FAO), Florence Geoffroy (ACNUR), Sarah Graf (FAO), Lorenzo Guadagno (OIM), Dina Ionesco (OIM), Kirsten Isensee (COI de la UNESCO), Maarten Kappelle (PNUMA), Isabelle Michal (ACNUR), Lev Neretin (FAO), Oscar Rojas (FAO), Pinya Sarasas (PNUMA), Jeremy Schlickerieder (FAO), Joy Shumake-Guillemot (OMS/OMM).

#### OTROS COLABORADORES

Sandra Amlang (UNDRR), Diarmid Campbell Lendrum (OMS), Atsushi Goto (JMA), Katherine Hill (SMOC/SMOO), Clare Nullis (OMM), Wilfran Moufouma Okia (OMM), Mxolisi Shongwe (Secretaría del IPCC), Michael Sparrow (PMIC), Yanchun Zhang (UNCTAD), Zinta Zommers (UNDRR), Peter Bissolli (DWD).





Para más información, diríjase a:

**Organización Meteorológica Mundial**

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

**Oficina de Comunicaciones Estratégicas  
Gabinete del Secretario General**

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)