



Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2015

TIEMPO CLIMA AGUA



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

OMM-Nº 1167

Índice

Prólogo	3
Introducción	4
Conclusiones principales	5
Temperatura	5
Precipitación y manto de nieve.	6
Océanos	7
El Niño	8
Criósfera	9
Gases de efecto invernadero.	10
Fenómenos extremos regionales	11
África	11
Asia	14
América del Sur	15
América del Norte, América Central y el Caribe.	16
Suroeste del Pacífico	18
Europa y Oriente Medio	18
Ciclones tropicales	19
Sustancias que agotan el ozono	21
El aumento del contenido calorífico de los océanos revela un avance ininterrumpido del calentamiento mundial	23

Con mucho, año más cálido jamás registrado: 0,76 °C por encima del promedio de 1961-1990

2015

1°

Aumento por encima de los valores preindustriales; a la mitad del límite de 2 °C

EL NIÑO

Uno de los episodios más intensos jamás registrados; en combinación con el cambio climático provocado por las actividades humanas redonda en un nuevo máximo de las temperaturas globales

FENÓMENOS
DE GRAVEDAD
EXTREMA

Olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones tropicales intensos

400 ppm

Las concentraciones de CO₂ cruzan puntos de referencia simbólicos durante la primavera del hemisferio norte

Exceso de energía de las emisiones de gases de efecto invernadero almacenado en los océanos; récord de contenido calorífico del océano hasta 2 000 m.

93%

Prólogo

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), con arreglo a su mandato de proporcionar información de fuentes autorizadas sobre el tiempo, el clima y el agua, realiza evaluaciones anuales sobre el estado del clima mundial. Durante más de dos decenios, estas evaluaciones se han publicado en los seis idiomas oficiales de las Naciones Unidas con miras a informar a los gobiernos, los organismos internacionales y otros asociados de la OMM sobre las tendencias climáticas mundiales y los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y destacables a escala nacional y regional.

El año 2015 se destacará en el registro histórico del clima mundial por muchas razones. En 2015 las altas temperaturas batieron numerosos récords modernos: fue el año más cálido de los que se tienen datos tanto a nivel mundial como a nivel nacional en muchos países. Hubo olas de calor sumamente intensas en varias partes del mundo, que provocaron un número extremadamente elevado de muertes en India y Pakistán. Las precipitaciones extremas sin precedentes causaron inundaciones que afectaron a decenas de miles de personas en América del Sur, África occidental y Europa. Las condiciones secas en África meridional y en Brasil agravaron las sequías durante varios años. La influencia que ejerció el intenso episodio de El Niño registrado hacia fines de 2015 puede percibirse en muchos de los fenómenos meteorológicos y climáticos del año. Si bien queda mucho por hacer, los avances en materia de cooperación internacional, el intercambio de datos en tiempo casi real y los progresos en la ciencia de la atribución climática están comenzando a posibilitar el esclarecimiento de la influencia específica que ejercen El Niño, otras variaciones climáticas naturales y el cambio climático provocado por las actividades humanas.

Como hecho positivo, cabe señalar que en diciembre las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático aprobaron en diciembre el innovador Acuerdo de París. Los gobiernos del mundo acordaron de forma unánime adoptar medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a escala mundial. Con ello procuran mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir las actividades encaminadas a limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C. El Acuerdo de París permite albergar esperanzas de acelerar las iniciativas internacionales de protección de nuestro planeta, a fin de evitar alcanzar un punto de no retorno para el sistema climático. Sin embargo,

se prevé la continuación de la tendencia al calentamiento y el aumento de la cantidad de desastres en los próximos decenios. Esta situación pone de relieve la necesidad de invertir en medidas de adaptación y no solo de mitigación. Una de las formas más poderosas de adaptarse a las consecuencias del cambio climático es fortalecer los sistemas de alertas tempranas de desastres y los servicios climáticos.

La OMM persevera en su empeño por mejorar los servicios meteorológicos y climáticos y las investigaciones conexas. Sin embargo, además de promover los avances científicos, la Organización reconoce que es necesario fortalecer los servicios climáticos operativos que respalden la resiliencia y la adaptación al clima. Aproximadamente 70 países en el mundo no cuentan con las capacidades que necesitan para generar y aplicar información climática y predicciones con la puntualidad y la calidad de servicio requeridas. El Marco Mundial para los Servicios Climáticos presta apoyo a los países menos adelantados, a los pequeños Estados insulares en desarrollo y a otros países vulnerables, de modo que fortalezcan sus capacidades climáticas y meteorológicas nacionales. Asimismo, la OMM colabora con sus asociados para ayudar a que los países se protejan de los riesgos climáticos a través de sistemas de alerta temprana multirriesgos, predicciones que tengan en cuenta los impactos y avisos basados en el conocimiento del riesgo.

Aprovecho esta oportunidad para expresar mi agradecimiento a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales de los Estados Miembros de la OMM, así como a los centros de datos e instituciones internacionales y regionales y a los expertos climáticos de todo el mundo, que ayudaron a elaborar la presente declaración anual conforme a las más elevadas normas científicas.

La OMM acoge con satisfacción las sugerencias de sus Miembros sobre cómo seguir mejorando la Declaración sobre el estado del clima mundial, en particular teniendo en cuenta los nuevos requisitos establecidos en el Acuerdo de París, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.



(P. Taalas)
Secretario General

Introducción

La Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2015 abarca muchos aspectos del sistema climático, entre ellos las condiciones atmosféricas y oceánicas, el fenómeno de El Niño, la círosfera, las concentraciones de gases de efecto invernadero, los fenómenos extremos regionales, los ciclones tropicales y el agotamiento de la capa de ozono. La Declaración se basa en análisis numéricos objetivos y en observaciones *in situ* y desde el espacio que se recopilan a través de diversos programas de la OMM y programas copatrocinados. Estas observaciones representan las variables climáticas esenciales definidas por el Sistema Mundial de Observación del Clima.

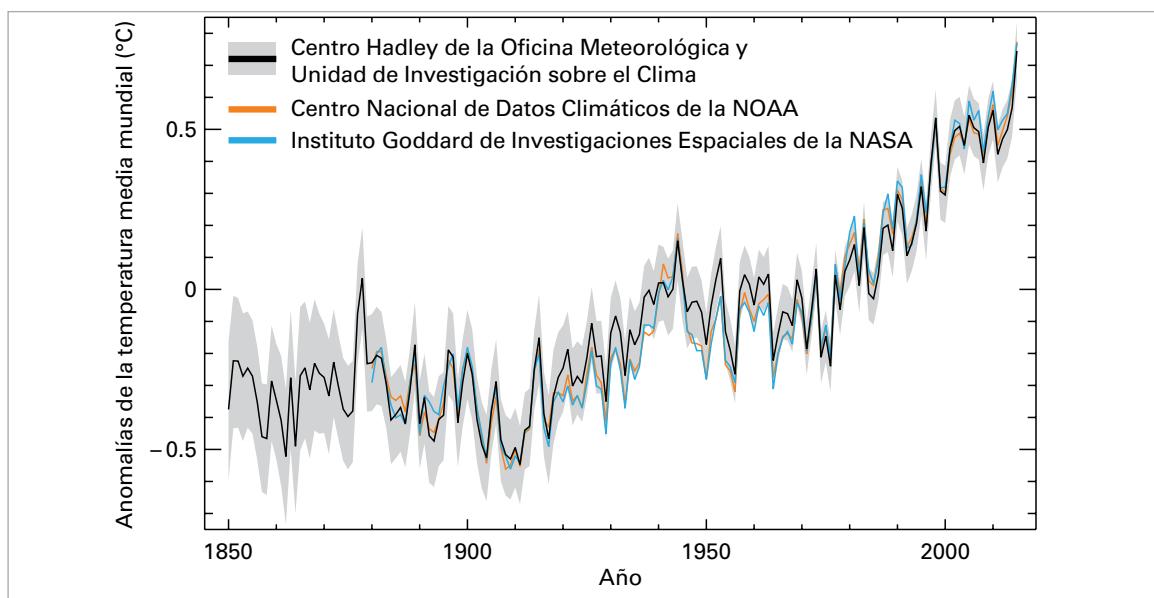
Los conjuntos de datos internacionales que respaldan esta evaluación se mantienen a través de centros avanzados de datos climáticos, vigilancia e investigación que colaboran con la OMM. Asimismo, se recopilaron datos e información climática directamente de los Estados Miembros a través de una encuesta especial realizada por la Organización. En el análisis sobre la temperatura mundial, se combinan tres conjuntos de datos internacionales: el primero (HadCRUT) está mantenido por el Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido y la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, tanto en el Reino Unido de Gran Bretaña como en Irlanda del Norte; el segundo está mantenido por los Centros Nacionales para la Información

Ambiental (NCEI) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos de América, y el tercero se mantiene gracias al Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (GISS) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de Estados Unidos. En el análisis de la OMM también se incorporan datos de reanálisis del Centro Europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP) y el Servicio Meteorológico de Japón (JMA). El Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, ubicado en Alemania, proporcionó la información relacionada con la precipitación a escala mundial.

En la evaluación de las anomalías de las temperaturas nacionales se tienen en cuenta los datos recopilados directamente de los Miembros a través de la encuesta de la OMM. Los datos relativos a los efectos socioeconómicos utilizados en la presente publicación se basan en informes suministrados directamente por los países o se extrajeron de fuentes autorizadas de las Naciones Unidas. En el proceso de examen realizado por homólogos participaron expertos climáticos internacionales, instituciones regionales que se ocupan de productos climáticos y expertos de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales. En algunos casos, fue necesario verificar los datos con los coordinadores nacionales para validar o actualizar la información disponible en fuentes mundiales.



Conclusiones principales



TEMPERATURA

En 2015, el aumento a largo plazo de las temperaturas mundiales, debido principalmente a las emisiones de gases de efecto invernadero de la humanidad, sumado a los efectos del comienzo de un episodio de El Niño provocaron un calentamiento mundial récord.

La temperatura media mundial cerca de la superficie en 2015 fue la más elevada jamás registrada por un amplio margen, de acuerdo con las fuentes¹ de datos analizados por la OMM (figura 1). La temperatura media mundial del año fue de alrededor de $0,76 \pm 0,09$ °C por encima del promedio del período comprendido entre 1961 y 1990, y aproximadamente 1°C superior al período comprendido entre 1850 y 1900. Las incertidumbres relativas a este período más antiguo son más importantes y más difíciles de calcular.

Estas estimaciones se basan en los datos de la temperatura del aire recopilados en las estaciones

meteorológicas sobre las temperaturas de la superficie terrestre y de la superficie del mar medidas en el océano por medio de la flota de buques de observación voluntaria y las boyas a la deriva y fondeadas. Posteriormente, estos valores se corroboran mediante un análisis elaborado por el Servicio Meteorológico de Japón.

Las temperaturas medias mundiales también pueden calcularse usando los resultados de los reanálisis. En un reanálisis, se combinan las observaciones históricas procedentes de numerosos instrumentos diferentes empleando un sistema moderno de predicción meteorológica para obtener un registro integral del tiempo y el clima. Se examinaron dos reanálisis a largo plazo: el reanálisis de ERA-Interim elaborado por el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo y el reanálisis de JRA-55 elaborado por el Servicio Meteorológico de Japón. Las estimaciones centrales de ambos reanálisis indican que 2015 fue el año más cálido jamás registrado cerca de la superficie.

El promedio mundial de temperaturas en zonas terrestres indica que 2015 fue uno de los años más cálidos de los que se tiene constancia (junto con 2005, 2007 y 2010, en los que se registraron temperaturas similares). La temperatura media mundial en la superficie del mar de 2015 igualó el valor récord de 2014. Si se combinan las temperaturas elevadas de la superficie terrestre y de la superficie del mar, 2015 bate el récord en general.

Se registraron temperaturas considerablemente elevadas en la mayoría de las zonas terrestres

Figura 1. Anomalías de la temperatura media anual mundial del período comprendido entre 1850 y 2015 (respecto del período de 1961 a 1990). La línea negra y el área en gris sombreada son valores provenientes del análisis del conjunto de datos HadCRUT4, fruto de la colaboración entre el Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido y la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia. El área en gris sombreada señala el intervalo de confianza del 95% de las estimaciones. La línea anaranjada representa los valores del conjunto de datos NOAA GlobalTemp, elaborado por los Centros Nacionales para la Información Ambiental (NCEI) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos. La línea azul representa los valores del conjunto de datos del análisis de la temperatura del Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (GISTEMP) elaborado por el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (GISS) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). (Fuente: Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido, Reino Unido, y Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, Reino Unido)

¹ HadCRUT4.4.0.0 elaborado por el Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido, en colaboración con la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, tanto en Reino Unido como en Irlanda del Norte; GISTEMP elaborado por el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (EE. UU.); y NOAA GlobalTemp elaborado por los Centros Nacionales para la Información Ambiental de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (EE. UU.). La cifra citada es el promedio de estos tres conjuntos de datos y su incertidumbre se extrae del conjunto de datos HadCRUT4.

Figura 2. Anomalías de la temperatura media anual cerca de la superficie para 2015 (diferencia de temperatura respecto de la media del período de 1961 a 1990) según el conjunto de datos HadCRUT4. (Fuente: Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido)

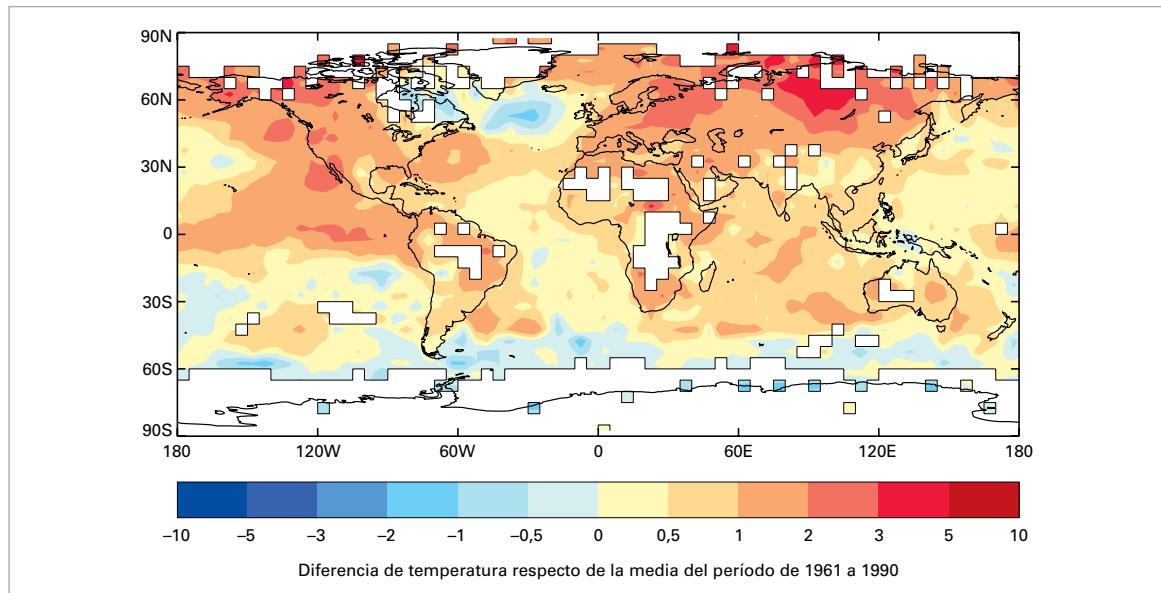


Figura 3. Valores totales de la precipitación anual expresada como un percentil del período de referencia de 1951 a 2010 para las zonas que se hubieran ubicado en el 20% más seco (marrón) y en el 20% más lluvioso (verde) de los años durante el período de referencia. Las áreas sombreadas en marrón y verde más oscuros indican el 10% más seco y el 10% más lluvioso, respectivamente. (Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, Deutscher Wetterdienst, Alemania)

observadas (figura 2). Las altas temperaturas se observaron en particular en grandes zonas de América del Sur, África, gran parte de Europa, el noreste de Eurasia, Oriente Medio y las zonas occidentales de América del Norte. Se batieron récords de temperatura a nivel continental en Asia y América del Sur. En la Federación de Rusia, se registró el año más cálido del que se tienen datos, con una temperatura de 2,16 °C por encima del promedio del período comprendido entre 1961 y 1990. En China también se observó el año más cálido registrado (desde, al menos, 1961), y 10 provincias registraron temperaturas elevadas sin precedentes. En Europa se registró el segundo año más cálido (detrás de 2014) o el más cálido, y 2015 fue el año más cálido en varios países (Estonia, Finlandia, España) o fue uno de los tres años más cálidos (Alemania, Francia, Eslovenia, Moldova,

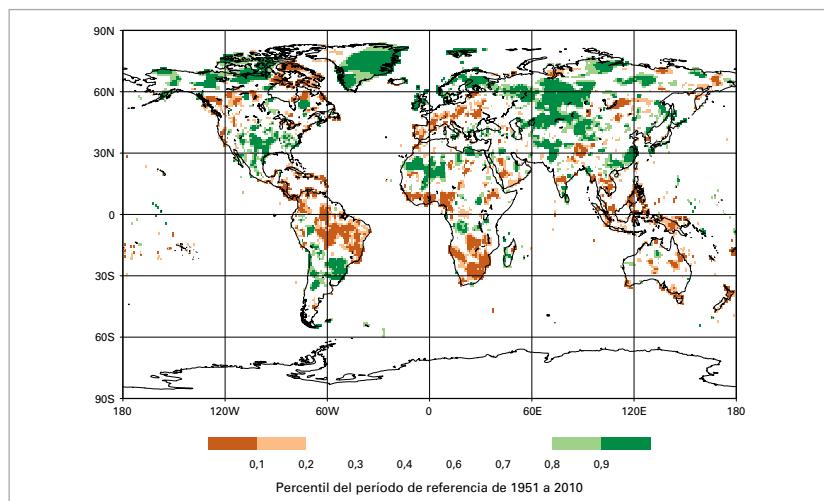
Hungría, Serbia). En África y Oceanía se registró el segundo año más cálido del que se tienen datos.

En muy pocas zonas terrestres se observaron condiciones importantes de frío si se promedian todo el año. Una zona que alcanzó temperaturas bastante más frías que el promedio fue la Antártida, donde la fase positiva del Modo Anular del Sur (MAS) persistió durante varios meses. En la fase positiva del MAS, los vientos del oeste se intensifican y se contraen hacia la Antártida, lo que provoca un enfriamiento en la mayor parte del este de la Antártida y un calentamiento en la península antártica. En octubre se observó un cambio hacia valores menos extremos del índice del MAS hasta el final del año y un calentamiento en comparación con el promedio en el continente. Algunas zonas del noreste de América del Norte alcanzaron temperaturas más frías de lo normal durante el año.

PRECIPITACIÓN Y MANTO DE NIEVE

La distribución de las precipitaciones en un año normal es sumamente variable a escala regional y local, y 2015 no fue la excepción. Las precipitaciones extremas, que en algunos casos ocasionaron inundaciones y sequías, afectaron muchas regiones del mundo. En la sección que figura a continuación sobre fenómenos extremos regionales se ofrece más información sobre las precipitaciones extremas y los efectos conexos.

A escala anual, se observaron zonas (figura 3) de lluvias excepcionalmente abundantes, por

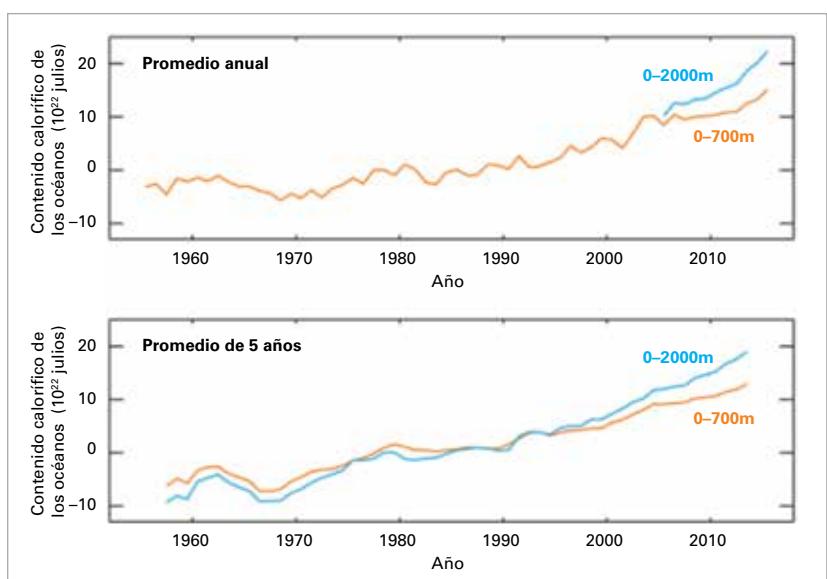


ejemplo: las zonas meridionales de Estados Unidos, México, Perú, el norte de Chile, la mayor parte del Estado Plurinacional de Bolivia, Paraguay, el sur de Brasil y el norte de Argentina, las zonas norte y sureste de Europa, algunas partes de Asia central, el sureste de China, algunas zonas de Pakistán y Afganistán. Por otra parte, entre las zonas secas figuraron América Central y el Caribe, el noreste de América del Sur, incluido Brasil, algunas partes de Europa central y meridional, algunas partes del sureste de Asia, Indonesia y el sur de África. Si bien las acumulaciones a largo plazo revisten importancia, algunas ocultan una gran variabilidad en el nivel total a corto plazo.

Según los datos del Global Snow Laboratory (Laboratorio de Nieve Mundial) de la Universidad de Rutgers, la extensión del manto de nieve del hemisferio norte durante la primavera boreal alcanzó los 28,5 millones km², cifra inferior a la media a largo plazo y octavo valor más bajo jamás registrado. La extensión del manto de nieve durante la primavera boreal en América del Norte fue la cuarta más reducida de que se tiene constancia. Sin embargo, en Estados Unidos numerosas tempestades de nieve afectaron el noreste del país en febrero. En Massachusetts, Boston y Worcester se observaron las mayores nevadas en un mes y el invierno con la mayor cantidad de nieve jamás registrados. En Boston cayeron 164,6 cm de nieve durante febrero, lo que representa una cantidad superior a la normal de toda la estación para la ciudad.

OCÉANOS

Se registraron temperaturas considerablemente elevadas en grandes zonas oceánicas. Como es de esperar en un episodio de El Niño, el Pacífico tropical alcanzó temperaturas muy superiores a la media, con una temperatura que superó en más de 1 °C en gran parte de la zona central y oriental del



Pacífico ecuatorial (figura 2). El Pacífico nororiental, gran parte del océano Índico y zonas del Atlántico norte y sur también registraron temperaturas considerablemente elevadas. Hubo zonas al sur de Groenlandia y en el extremo suroeste del Atlántico que alcanzaron temperaturas bastante más frías que el promedio. En otras zonas del océano Austral (al sur de los aproximadamente 60 °S) se registraron temperaturas más frías de lo normal; sin embargo, en muchos casos se dispone de datos insuficientes en el período climatológico (1961-1990) para estimar con fiabilidad la importancia de las anomalías actuales.

En 2015, el contenido calorífico de los océanos a escala mundial tanto hasta los 700 metros (figura 4) como hasta los 2 000 metros de profundidad alcanzó niveles sin precedentes. Las mediciones habituales de las temperaturas en las capas de hasta 2 000 metros de profundidad ahora se realizan mediante el uso de flotadores de la red de estaciones para la oceanografía geoestrófica en tiempo real (red Argo). Para obtener más información y antecedentes sobre el contenido calorífico de los océanos, véase la página 23.

El nivel del mar se mide por medio de satélites y mareógrafos tradicionales. Las estimaciones más recientes del nivel del mar a escala mundial obtenidas de altímetros a bordo de satélites (figura 5) indican que el promedio mundial del nivel del mar para el período comprendido entre enero y noviembre de 2015 fue el más alto registrado por satélite y, teniendo en cuenta la tendencia ascendente del nivel del mar a largo plazo según las estimaciones realizadas por los altímetros, el

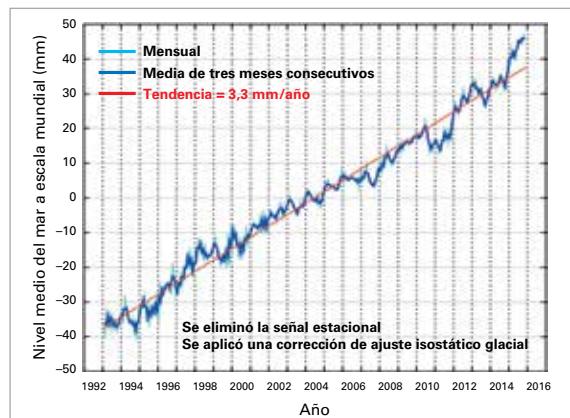


Figura 4. Promedio anual del contenido calorífico de los océanos en los 700 metros (anaranjado) y los 2 000 metros (azul) superiores del océano (imagen superior) y promedio de cinco años del contenido calorífico de los océanos (imagen inferior). Los promedios anuales hasta los 2 000 metros solo se muestran a partir de 2005, cuando la red Argo proporciona una cobertura casi mundial hasta los 2 000 metros de forma anual o con mejor frecuencia. (Fuente: *Datos del Laboratorio de Estudios sobre el Clima Oceánico de NOAA/NESDIS/NODC, Estados Unidos, datos actualizados en Levitus y otros (2012)*)

Figura 5. Variación del nivel medio del mar a escala mundial entre 1993 y noviembre de 2015; los valores correspondientes al ciclo anual se eliminaron; los valores mensuales se presentan en azul claro; los promedios de tres meses, en azul oscuro, y la tendencia lineal simple, en rojo. (Fuente: *Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth, Australia*)

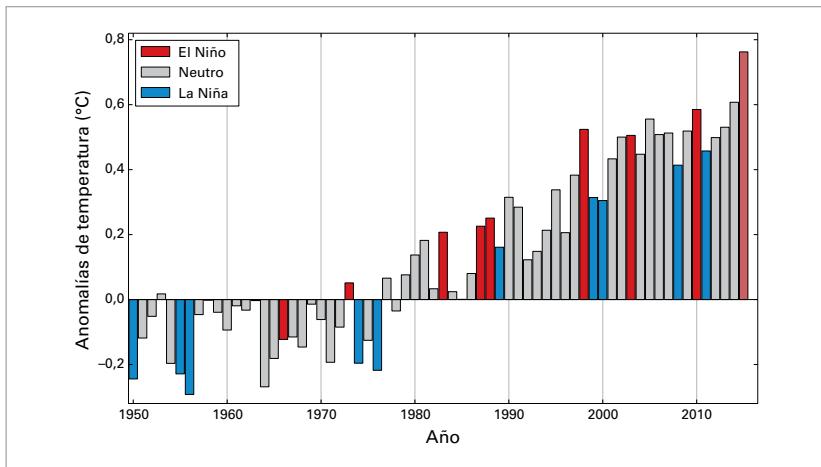


Figura 6. Anomalías de la temperatura media anual mundial (diferencia con respecto a la media del período comprendido entre 1961 y 1990) sobre la base de una media de los tres conjuntos de datos sobre la temperatura mundial. Las barras de colores indican si un año se ha clasificado como un año afectado por El Niño (rojo) o por La Niña (azul), o como un año en el que no ha habido una fuerte influencia (gris). La barra en rojo pálido indica el año 2015.

(Fuente: Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido, Reino Unido, y Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, Reino Unido)

nivel fue el más alto desde que comenzaron los registros a escala mundial hace más de un siglo.

Si bien la media mundial del nivel del mar alcanzó niveles sin precedentes en 2015, esto no sucedió en todas las partes del océano. La media mensual del nivel del mar fue inferior a la normal en la parte occidental del Pacífico tropical, como cabría esperar durante un episodio de El Niño. En la segunda mitad del año, se observaron anomalías negativas del nivel del mar de aproximadamente -10 cm en las Islas Marshall, los Estados Federados de Micronesia y Papua Nueva Guinea. Las anomalías son más pequeñas que las observadas durante el episodio de El Niño de 1997/1998. En cambio, y también como consecuencia de El Niño, los niveles del mar a lo largo del ecuador al este de la línea internacional de cambio de fecha estuvieron por encima de la media.

EL NIÑO

Las variaciones que se producen en la temperatura de las aguas superficiales del Pacífico tropical se combinan con el proceso de retroalimentación atmosférica para impulsar las dos fases claramente definidas de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS): El Niño y La Niña. Durante un episodio de El Niño, las temperaturas de la superficie del mar en la parte oriental del Pacífico tropical son superiores a la media. Esto provoca un debilitamiento o un cambio de dirección de los vientos alisios dominantes, lo que refuerza el aumento de la temperatura de la superficie. El fenómeno ENOS es el modo principal de variabilidad climática mundial de un año a otro. El Niño afecta la circulación atmosférica global, modifica las características meteorológicas en todo el mundo y aumenta de forma temporal las temperaturas globales.

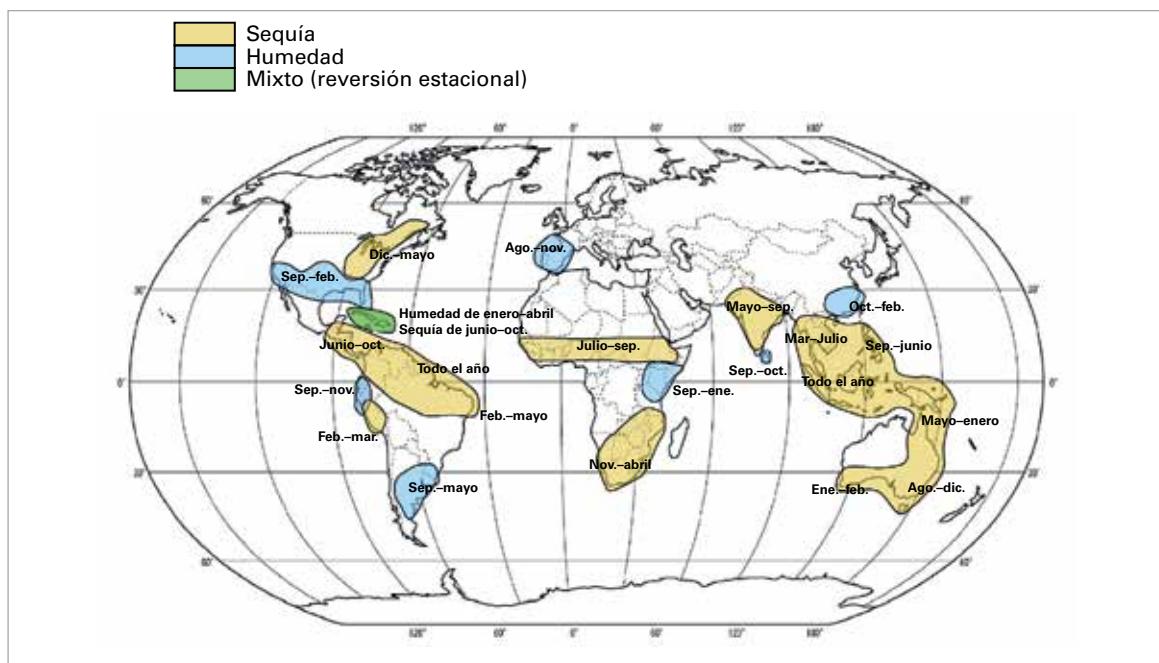
Figura 7. Anomalías en las precipitaciones favorecidas durante el fenómeno de El Niño, sobre la base de tasas históricas de presencia del fenómeno durante episodios anteriores de El Niño. (Fuente: adaptado de datos del Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido)

En 2015, las temperaturas de la superficie del mar en las zonas oriental y central del Pacífico aumentaron y superaron los umbrales habituales de El Niño durante la primavera del hemisferio norte. Los indicadores atmosféricos también apuntaron al comienzo de un episodio de El Niño, por ejemplo, la diferencia de presión atmosférica entre Tahití y Darwin, una mayor convección cerca de la línea internacional de cambio de fecha, y un debilitamiento o un cambio de dirección de los vientos alisios. El Niño continuó intensificándose y alcanzó su punto máximo en diciembre. En su intensidad máxima, las temperaturas de la superficie del mar en algunas zonas fundamentales fueron similares a las registradas durante los episodios excepcionalmente intensos de El Niño en 1997/1998 y 1982/1983, aunque las anomalías de las temperaturas máximas de la superficie del mar se produjeron más al oeste en 2015.

El Niño afecta la distribución de las lluvias y las características meteorológicas en muchos lugares del mundo. Si bien las particularidades de cada episodio de El Niño son diferentes de los demás, existen determinadas características recurrentes que pueden preverse durante un episodio intenso de El Niño.

El fenómeno de El Niño suele relacionarse con un aumento de las temperaturas globales tanto en la superficie (figura 6) como hasta la troposfera. No obstante, existe un desfase entre el calentamiento del Pacífico tropical y su efecto en las temperaturas globales, y dicho desfase resulta más prolongado en la troposfera que en la superficie. Si bien es posible que las temperaturas globales en la superficie hayan aumentado levemente debido a las condiciones de un episodio inminente de El Niño que reinaron a fines de 2014, es probable que todos los efectos del episodio de fuerte intensidad de El Niño de 2015 sobre la temperatura mundial continúen una vez que este alcance su máxima intensidad.

En la figura 7 se muestra una representación esquemática de las distribuciones anómalas de las lluvias habituales favorecidas durante el episodio de El Niño. En la figura 3 se muestran las anomalías observadas en materia de precipitación en 2015. Se registraron déficits de lluvia congruentes con un episodio de El Niño desde América Central hasta el norte de Brasil, en las zonas meridionales de África, en el sureste de Asia, en vastas zonas de Oceanía y en la zona oriental de Australia. Las lluvias monzónicas en India también estuvieron por debajo de la media. Entre las zonas en las



que se registraron precipitaciones superiores a la media cabe mencionar el sur de Brasil y el norte de Argentina y las regiones meridionales de Estados Unidos.

Asimismo, el fenómeno de El Niño afecta a la formación y el desarrollo de los ciclones tropicales, lo que evita la formación de huracanes en el Atlántico Norte y promueve la formación de huracanes y tifones en el noreste del Pacífico, lo cual está en consonancia con las observaciones realizadas en 2015 (véase la página 20).

CRIOSFERA

En el hemisferio norte, el ciclo estacional de la extensión de los hielos marinos del Ártico suele alcanzar su nivel máximo en marzo y su nivel mínimo en septiembre. Desde que comenzaron a

realizarse registros satelitales de manera uniforme a fines de la década de 1970, se ha observado una disminución general de la extensión de los hielos marinos durante todo el ciclo estacional. En 2015, la extensión máxima diaria, que se registró el 25 de febrero, fue la menor de la que se tiene constancia: 14,54 millones de km², lo cual representa 1,10 millón de km² por debajo de la media del período comprendido entre 1981 y 2010 y 0,13 millones de km² por debajo del nivel máximo anterior registrado en 2011. La extensión mínima de hielo marino se observó el 11 de septiembre y fue de 4,41 millones de km², la cuarta más baja jamás registrada por satélite (figura 8). El 30 de diciembre, una masa de aire excepcionalmente cálido se dirigió hacia el norte e ingresó en la región polar. Como resultado de ella, el 30 de diciembre una estación meteorológica en boga cerca del Polo Norte registró una temperatura

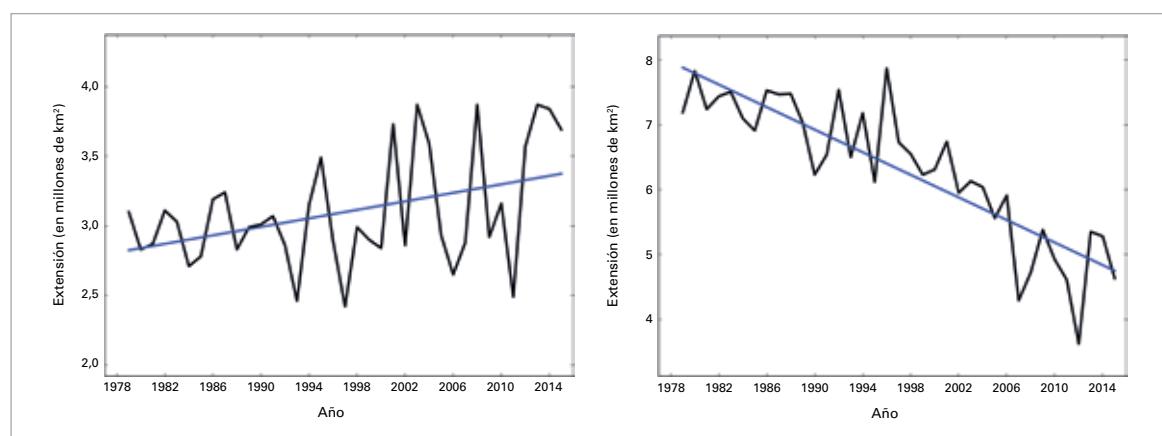




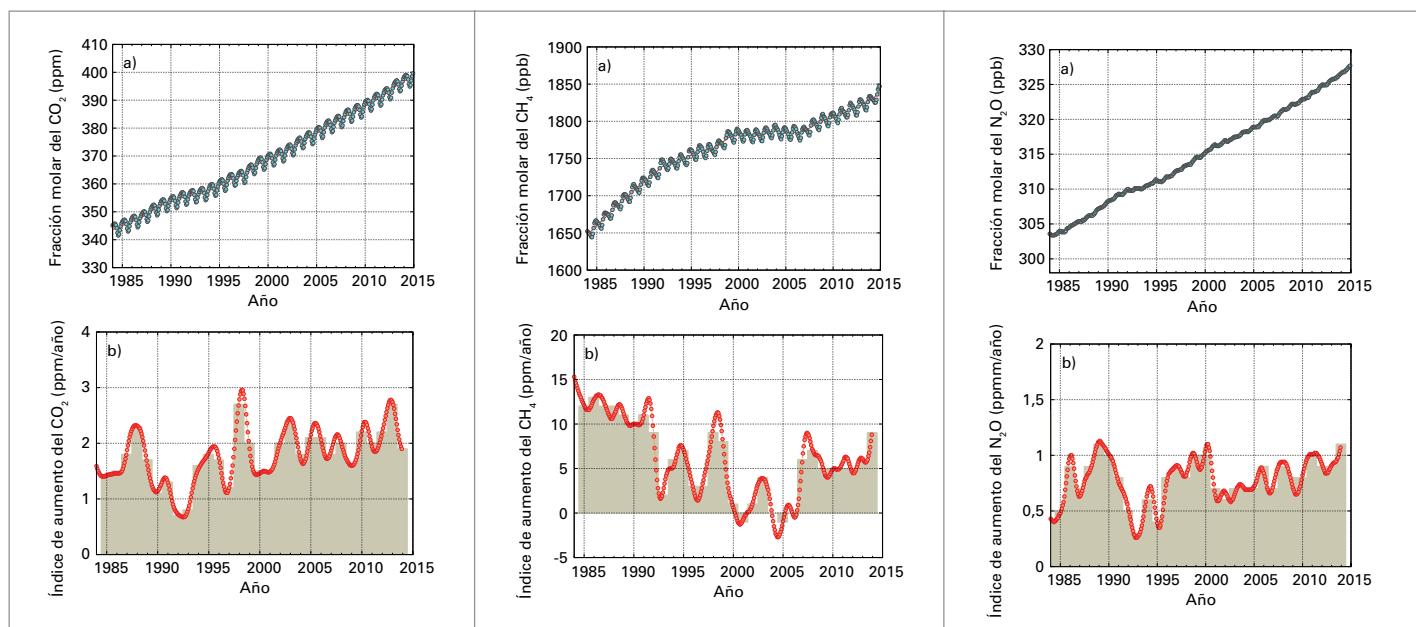
Figura 9. Promedios mundiales de las fracciones molares (unidad que mide la concentración) del CO_2 , expresados en partes por millón (izquierda), del CH_4 , expresados en partes por mil millones (en el medio), y del N_2O , expresados en partes por mil millones (derecha) entre 1984 y 2014, indicados en la fila superior. Además, se indican los índices de crecimiento en la fila inferior. Los promedios anuales de los índices de crecimiento se presentan en forma de columnas en las filas inferiores de los diagramas.

por encima del nivel de congelación de $+0,7^\circ\text{C}$, aunque por breve tiempo.

En el hemisferio sur, el ciclo estacional de la extensión de los hielos marinos de la Antártida suele alcanzar su nivel máximo alrededor de septiembre u octubre, y su nivel mínimo en febrero o marzo. En 2015, la extensión máxima diaria de 18,83 millones de km^2 se registró el 6 de octubre. Se trata de la decimosexta extensión máxima más alta jamás registrada por satélite y representa 1,33 millones de km^2 por debajo del nivel máximo de 2014. La extensión mínima, registrada el 20 de febrero, fue de 3,58 millones de km^2 , es decir, la cuarta extensión mínima más alta en verano de que se tenga constancia y 0,17 millones de km^2 por debajo del récord de 2008. La variabilidad de un año a otro de la extensión mínima de los

hielos marinos de la Antártida es amplia si se la compara con la tendencia a largo plazo; en los últimos cinco años se han registrado la segunda extensión mensual más grande (2013) y la tercera más pequeña (2011). La extensión diaria de los hielos marinos de la Antártida se ubicó en niveles jamás registrados, o cerca de ellos, en la primera parte del año; sin embargo, en agosto, la extensión se acercó a la media a largo plazo. Es limitado el nivel de fiabilidad de los conocimientos científicos sobre el aumento observado a largo plazo de la extensión de los hielos marinos de la Antártida desde 1979.

En Groenlandia, la extensión del deshielo estival total en 2015 fue la undécima más amplia jamás registrada (desde 1978), cerca de los 85 000 km^2 por encima de la media del período comprendido entre 1981 y 2010. Esta cifra es superior a la media a largo plazo, pero no resulta anormal en el marco del último decenio. La extensión del deshielo estival total en 2012, la más amplia de la que se tenga registro, fue de más de 300 000 km^2 por encima de la media del período comprendido entre 1981 y 2010. En la estación de montaña de Groenlandia administrada por el Instituto Meteorológico Danés, se observaron temperaturas invernales, primaverales y estivales inferiores a la media. El 28 de agosto se registró un nuevo nivel mínimo de baja temperatura, con la temperatura más baja de que se tenga constancia para este mes: $-39,6^\circ\text{C}$. En octubre, la temperatura más baja registrada ($-55,2^\circ\text{C}$) el 24 de octubre igualó la temperatura mínima registrada el 31 de octubre de 2007.



GASES DE EFECTO INVERNADERO

El último análisis de las observaciones de gases de efecto invernadero de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM muestra que los promedios mundiales de las fracciones molares del dióxido de carbono (CO_2), del metano (CH_4) y del óxido nitroso (N_2O) alcanzaron nuevos niveles máximos en 2014 (figura 9 – los últimos datos son de 2014 ya que existe un desfase de un año en los informes integrales sobre los gases de efecto invernadero). En 2014, el promedio mundial de la fracción molar del CO_2 fue de $397,7 \pm 0,1 \text{ ppm}^2$, es decir, un 143% respecto del nivel preindustrial. El aumento anual de 2013 a 2014 fue de 1,9 ppm, lo cual representa una cifra cercana al aumento anual medio de los últimos 10 años y superior al índice de crecimiento medio correspondiente a la década de 1990 (~1,5 ppm al año). Los datos preliminares de la NOAA para 2015 indican que el crecimiento del CO_2 registró un aumento sin precedentes de 3,01 ppm al año. El incremento del CO_2 atmosférico de 2003 a 2013 corresponde a aproximadamente el 45% del CO_2 emitido por las actividades humanas, y el porcentaje restante es absorbido por los océanos y la biosfera terrestre.

El CH_4 atmosférico alcanzó un nuevo nivel máximo de $1833 \pm 1 \text{ ppmm}$ en 2014, es decir, el 254% del nivel preindustrial, debido al incremento de las emisiones procedentes de fuentes antropogénicas. En 2014 el promedio mundial de la fracción molar del N_2O fue de $327,1 \pm 0,1 \text{ ppmm}$, lo cual representa un aumento de 1,1 ppmm con respecto al nivel de 2013 y un 121% del nivel preindustrial (270 ppmm). El aumento anual de 2013 a 2014 ha sido superior al índice de crecimiento medio de los últimos 10 años (0,87 ppmm al año).

El índice anual de gases de efecto invernadero de la NOAA indica que de 1990 a 2014, el forzamiento radiativo de los gases de efecto invernadero de larga duración presentó un aumento del 36%, y el CO_2 representó aproximadamente un 80% de dicho aumento. El incremento del forzamiento radiativo total de todos los gases de efecto invernadero de larga duración desde los tiempos preindustriales alcanzó $+2,94 \text{ W/m}^2$. El forzamiento radiativo total de todos los gases de efecto invernadero de larga duración corresponde a una fracción molar equivalente en CO_2 de 481 ppm.

² ppm = partes por millón; ppmm = partes por mil millones.

FENÓMENOS EXTREMOS REGIONALES

En todo el mundo se registraron numerosos fenómenos de gravedad extrema que, en varios casos, provocaron víctimas mortales y daños materiales (figura 10). En esta sección se resumen los fenómenos meteorológicos y climáticos de efectos devastadores que se registraron en las distintas regiones a lo largo del año.

ÁFRICA

Durante la primavera austral de 2015, en Sudáfrica se superaron periódicamente las temperaturas máximas de las que se tienen datos. El 27 de octubre, en Vredendal se registró una temperatura de $48,4^\circ\text{C}$, la más elevada de la que se tiene constancia en Sudáfrica. A principios de noviembre continuó una ola de calor con $40,3^\circ\text{C}$ en Pretoria y $36,5^\circ\text{C}$ en Johannesburgo, ambos registros sin precedentes para esas estaciones.

Las altas temperaturas afectaron a muchos lugares del norte de África. En Marruecos se registraron nuevos niveles máximos de temperatura para el mes de mayo en algunas estaciones, y el calor extremo observado en julio provocó la pérdida de la mitad de la producción de cítricos. En Egipto, las temperaturas máximas de julio alcanzaron los $47,6^\circ\text{C}$ en Luxor. En África occidental, mayo fue excepcionalmente cálido en Burkina Faso y Níger, y se superó en 3 °C la media en algunos lugares.

En febrero el norte de África se vio afectado por lluvias intensas. En Alhucemas (Marruecos),

Figura 10. Anomalías de la precipitación anual (diferencia con respecto a la media del período comprendido entre 1951 y 2000), expresada en mm/mes para África en 2015. (Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, Alemania)

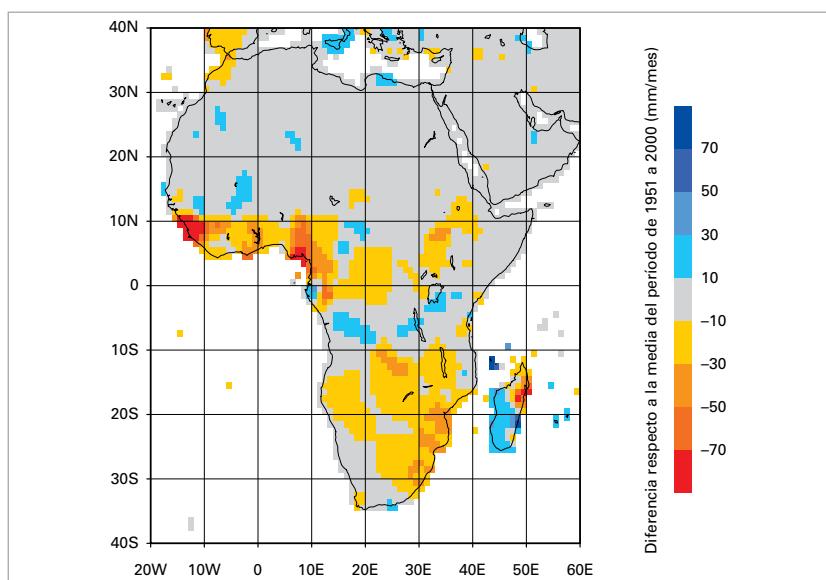
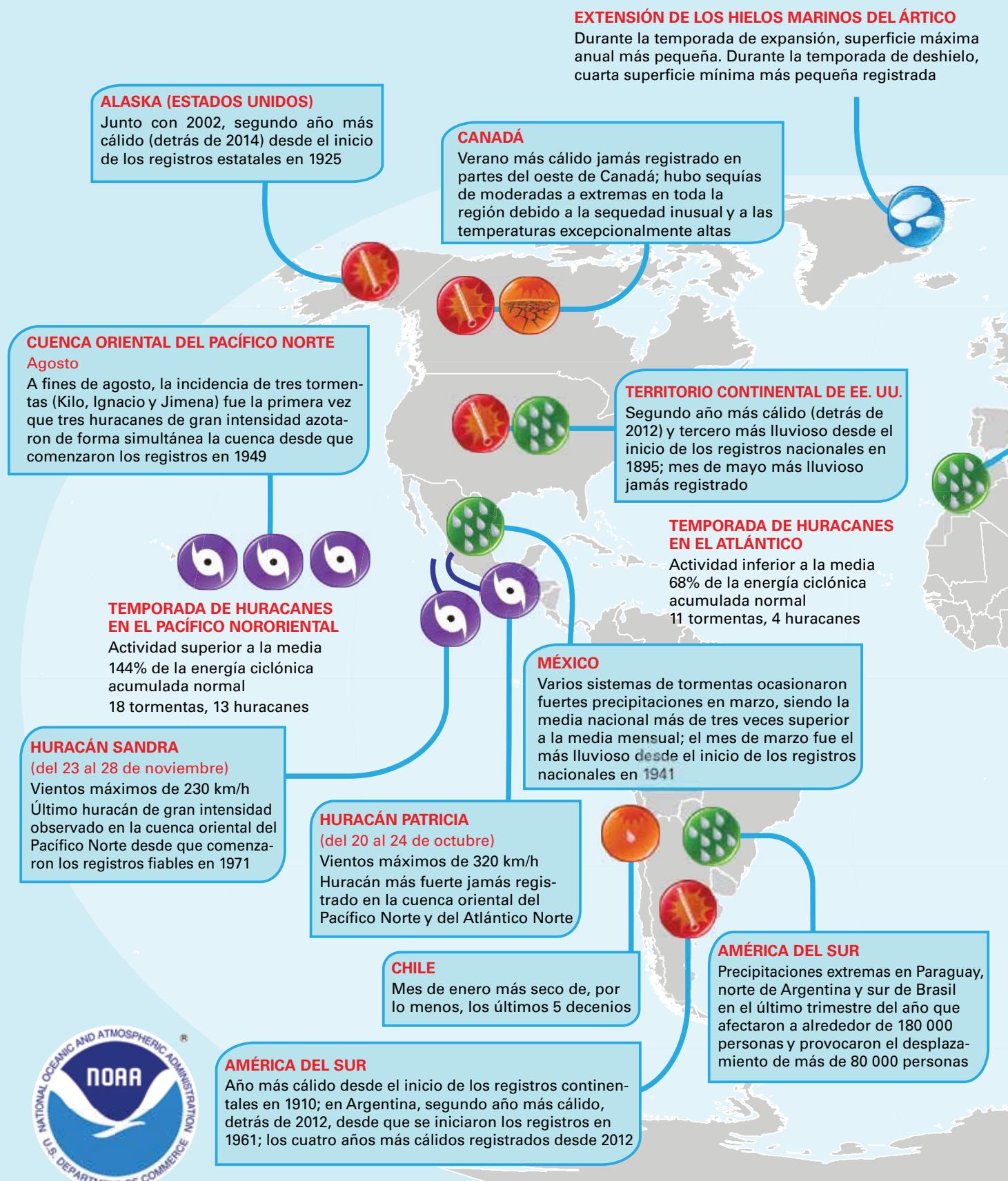
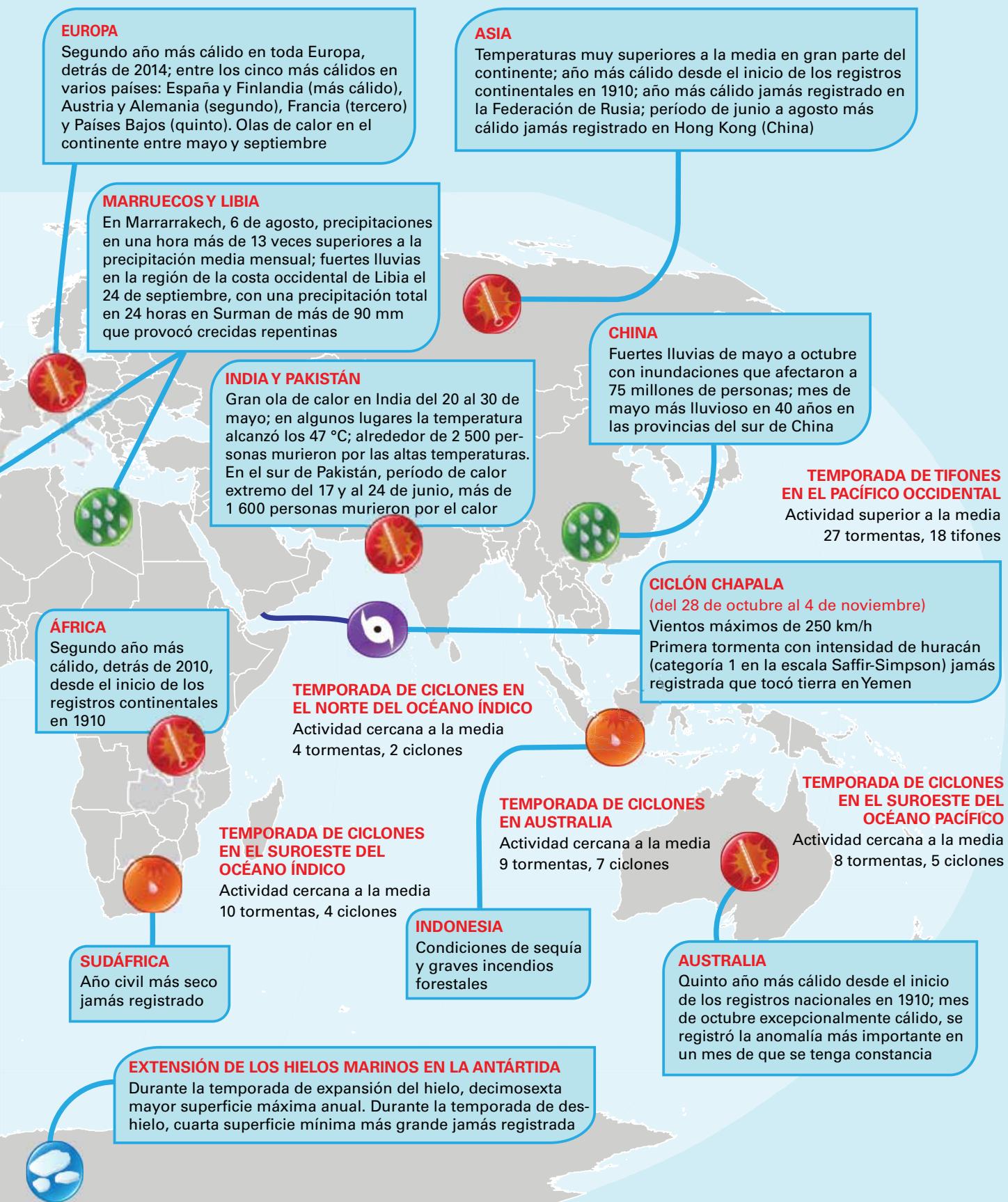


Figura 11. Anomalías de la precipitación anual (diferencia con respecto a la media del período comprendido entre 1951 y 2000), expresada en mm/mes para África en 2015
(Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, Alemania)





donde la precipitación mensual normal es de 36 mm, en febrero de 2015 cayeron 206 mm, de los cuales 88 mm se registraron en 24 horas el 18 de febrero. Las lluvias intensas también afectaron la región costera occidental de Libia en septiembre; en Surman cayeron más de 90 mm en 24 horas (donde la media mensual es de 8 mm) y provocaron crecidas repentinas. Desde septiembre hasta finales del año, Marruecos también se vio afectado por sequías graves.

El monzón de África occidental generó inundaciones considerables. Las lluvias intensas provocaron inundaciones en julio y agosto que afectaron a 21 000 personas en Burkina Faso. En Níger, a pesar de que la precipitación anual total (figura 10) se acercó a la media a largo plazo, se registraron lluvias intensas, que superaron los 100 mm en un día, en varios lugares y provocaron inundaciones que causaron 25 víctimas fatales. Las lluvias intensas y las crecidas también afectaron a Gambia y a Malí.

Hacia el sur, en la República Unida de Tanzania, se registraron lluvias intensas y crecidas en marzo, mayo y noviembre. Varios fenómenos de precipitaciones extremas con niveles totales diarios sin precedentes se relacionaron con la muerte de más de 50 personas. En Mauricio, en el suroeste del océano Índico, se registró el mes de junio más lluvioso desde 1976. La precipitación mensual total fue un 180% superior a la media a largo plazo. Las lluvias intensas de enero provocaron inundaciones en Malawi, Mozambique y Zimbabwe.

En Sudáfrica, el período de julio de 2014 a junio de 2015 fue, en promedio, la temporada más seca desde el período comprendido entre 1991

y 1992, y la tercera más seca desde el período comprendido entre 1932 y 1933. A finales del verano, las sequías prolongadas perjudicaron gravemente las cosechas de maíz, caña de azúcar y sorgo. En su conjunto, 2015 fue el año civil más seco jamás registrado.

ASIA

En 2015 el subcontinente indio se vio afectado por olas de calor importantes. En mayo, algunas estaciones en Odisha, Telangana y la ciudad costera de Andhra Pradesh registraron temperaturas de aproximadamente 47 °C entre el 23 y el 26 de mayo (figura 12). Debido al calor fallecieron alrededor de 2 500 personas y solo en Telangana y Andhra Pradesh, estados del sur de la India, se produjeron más de 2 000 muertes. Un período de temperaturas extremas también afectó el sur de Pakistán entre el 17 y el 24 de junio, donde las temperaturas superaron los 40 °C. En Karachi murieron más de 1 400 personas debido al calor y alrededor de 200 personas en otras regiones de la provincia de Sindh. Si bien el calor extremo es común en la estación antes de los monzones en el subcontinente indio, en 2015 la ola de calor se extendió a una zona mayor que la normal, e incluyó regiones como Andhra Pradesh en el este de India y la zona costera de Pakistán; además, en algunos lugares estuvo acompañada de una humedad muy elevada.

El 31 de julio, en Bandar Mahshahr, una ciudad costera de Irán, se registró una temperatura de 46 °C junto con una temperatura de punto de rocío de 32 °C. Las temperaturas elevadas junto con una alta humedad son excepcionales. El Observatorio de Hong Kong informó que fue el verano más cálido desde que se inició el registro de datos en 1884. El 8 de agosto, la temperatura en el Observatorio de Hong Kong alcanzó los 36,3 °C, batiendo el récord anterior de 36,1 grados Celsius registrados en 1990.

Una combinación de condiciones secas y episodios de lluvias intensas afectaron el subcontinente indio en 2015. En India, el total de precipitaciones registradas durante los monzones estivales entre junio y septiembre fue del 86% con respecto a su promedio a largo plazo. En 2014, la cantidad de lluvia registrada en India también fue inferior a la media; es la cuarta vez que se registran dos años consecutivos de precipitaciones por debajo de la media en el registro de 115 años. La contracara de los niveles extremos de precipitaciones presenta

REUTERS / Hani Amara



TRÍPOLI (LIBIA)

Las fuertes lluvias fueron la causa del cierre de varias de las calles principales de la capital.

lluvias monzónicas intensas durante 2015 que provocaron inundaciones y causaron la muerte de más de 200 personas, principalmente en Bengala Occidental y Assam. Las lluvias excepcionalmente intensas en Tamil Nadu y la ciudad costera de Andhra Pradesh durante noviembre y principios de diciembre ocasionaron inundaciones que causaron la muerte de más de 100 personas.

En Pakistán, el monzón estival fue errático y el 90% del total de la estación se concentró en la primera mitad de la estación en zonas en las que rara vez llueve. La estación de Mianwali registró 340 mm de lluvia en 36 horas entre el 2 y el 3 de agosto; el nivel mensual normal es de 115,9 mm. Pakistán también presentó condiciones meteorológicas excepcionales durante marzo y abril, y las lluvias intensas y las heladas tardías perjudicaron los cultivos. Un tornado poco común azotó el valle de Peshawar el 27 de abril y provocó la muerte de 45 personas.

En China, la mortalidad relacionada con las condiciones meteorológicas y las zonas afectadas fueron considerablemente inferiores en comparación con los últimos 15 años. Entre mayo y septiembre, China se vio afectada por 35 episodios de lluvias intensas. Las inundaciones subsiguientes afectaron a 75 millones de personas, y las pérdidas económicas estimadas alcanzaron los 25 000 millones de dólares de Estados Unidos. Entre el 5 y el 31 de mayo, el condado de Huanan recibió precipitaciones que superaron el 150% de la media a largo plazo, una cantidad ligeramente mayor que en 2014 y la más abundante en casi 40 años. En cambio, en el norte de China, en la parte oriental del noroeste del país y la provincia de Liaoning, se produjeron sequías graves y sucesivas durante el verano y el otoño. Los cultivos de maíz y de papas se vieron gravemente afectados.

KARACHI (PAKISTÁN)

La gente se refresca del calor con el agua que pierde una tubería.

REUTERS / Akhtar Soomro

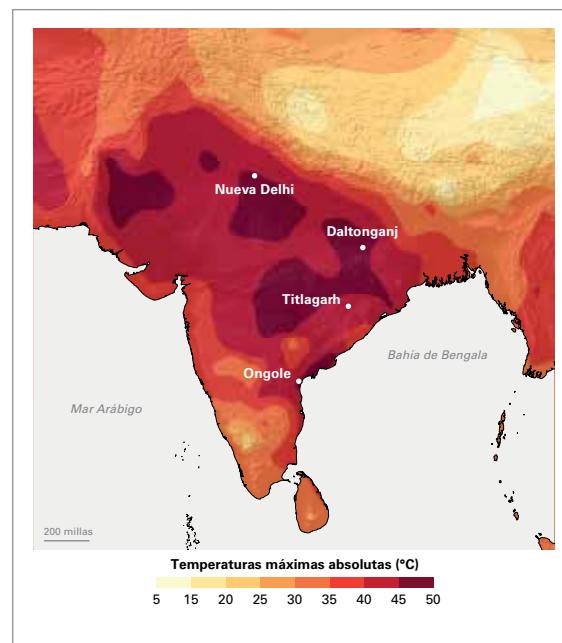


Figura 12. Valores correspondientes a las temperaturas máximas durante el período del 24 al 30 de mayo de 2015. (Fuente: Climate.gov de la NOAA, Estados Unidos, sobre la base de datos interpolados de estaciones meteorológicas que fueron proporcionados por el Departamento de Meteorología de India)

Las sequías que se registraron en la parte europea de Rusia durante fines de la primavera y el verano boreales provocaron pérdidas de cosechas en más de 1,5 millón de hectáreas, y las pérdidas económicas conexas alcanzaron aproximadamente los 9 000 millones de rublos. Las siguientes regiones se vieron particularmente afectadas: las regiones de Volgograd y Saratov a lo largo del río Volga, así como Orenburg al este y la República de Kalmykia y en la zona sur de la parte europea de la Federación de Rusia. Las sequías en la parte asiática de Rusia se registraron durante el final de la primavera y el verano boreales en la República de Buriatia. Los incendios forestales arrasaron aproximadamente 460 000 hectáreas en la República de Buriatia y 880 000 hectáreas en Transbaikalia.

AMÉRICA DEL SUR

Durante 2015, las temperaturas fueron superiores a lo normal en la mayor parte del subcontinente, con anomalías de hasta 2 °C. Las más elevadas se registraron en la costa caribeña de Venezuela y Colombia, el norte de Chile y el sureste de Brasil. Tras un otoño y un invierno australes extraordinariamente cálidos, en los que se registraron varios récords, Argentina tuvo una primavera más fría que la normal y el mes de octubre más frío jamás registrado. Sin embargo, en todo el país, 2015 fue el segundo año más cálido de que se tenga constancia.

La disminución de las lluvias en Brasil y en el norte de América del Sur es común durante el fenómeno de El Niño. Brasil, que comenzó el año con sequías en las zonas meridional y oriental, experimentó un desplazamiento de las sequías hacia el norte, con escasas lluvias durante la estación seca en el Amazonas (figura 13). Como resultado de las condiciones secas persistentes en Colombia y Venezuela, la agricultura, la cría de ganado y la generación hidroeléctrica se vieron gravemente afectadas durante el último trimestre del año.

En enero, Chile presentó condiciones más secas de lo normal en todo su territorio, y en el sur del país se produjeron los déficits más extremos. En algunos lugares el mes de enero fue el más seco de los últimos 50 años. Las estaciones de Temuco y Valdivia, situadas en la región central del país, no registraron lluvias en ese mes. En la región patagónica (en el sur de Argentina), las temperaturas superiores a las normales y las precipitaciones inferiores al promedio al comienzo de 2015 favorecieron las condiciones para el inicio de uno de los incendios forestales más importantes de la historia de Argentina. El incendio duró casi dos meses y arrasó 41 000 hectáreas de bosques autóctonos.

En febrero y marzo, las lluvias intensas, que provocaron inundaciones, azotaron varios lugares de América del Sur. En Argentina diversas estaciones de larga data registraron nuevos récords de precipitación en febrero. El Observatorio de Córdoba registró 385 mm de lluvia en ese mes, batiendo

el récord de larga data de 266 mm establecido en 1889. Durante marzo, Chile recibió lluvias excepcionalmente intensas en la región de Atacama en el norte del país, que provocaron inundaciones y deslizamientos de lodo en distintas ciudades, por ejemplo, en Copiapo y Chañaral, a diferencia de las condiciones secas que se observaron más al sur.

En el último trimestre de 2015, se registraron precipitaciones extremas en varias partes de América del Sur, en particular en Paraguay, el norte de Argentina y el sur de Brasil. Las inundaciones afectaron a alrededor de 180 000 personas y provocaron el desplazamiento de más de 80 000 personas.

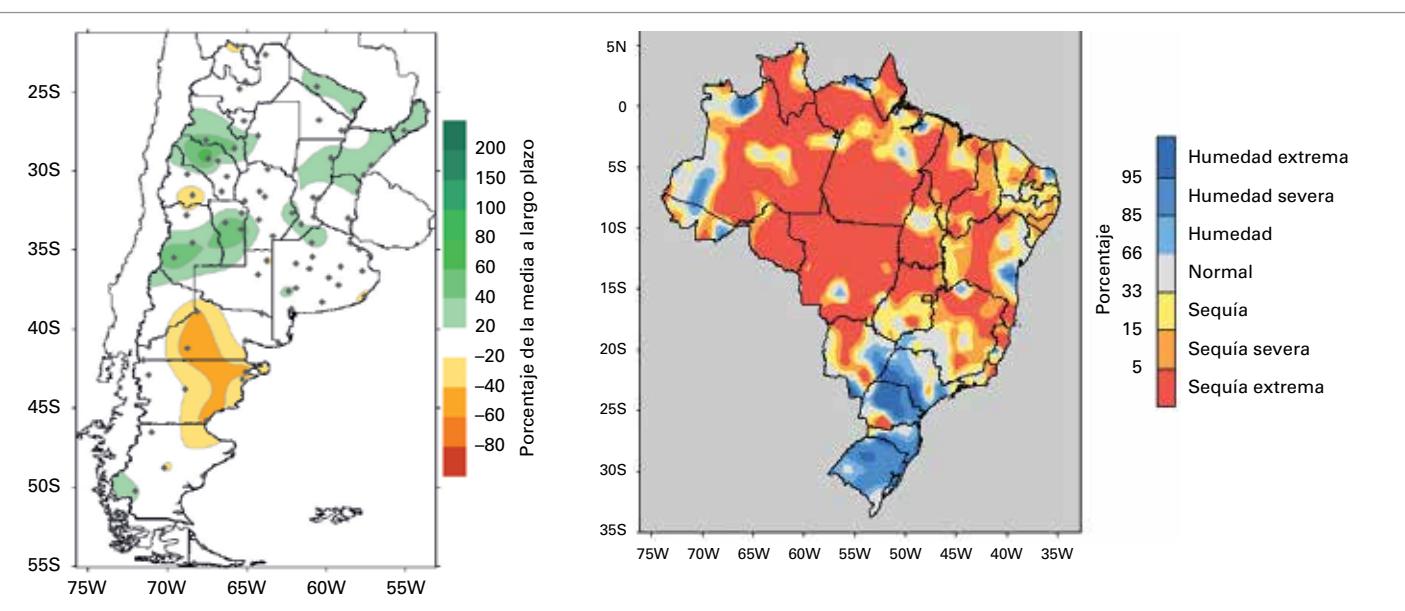
AMÉRICA DEL NORTE, AMÉRICA

CENTRAL Y EL CARIBE

En la zona occidental de Canadá y en Estados Unidos se registraron temperaturas excepcionalmente cálidas. Fue el segundo año más cálido jamás registrado en el territorio continental de Estados Unidos, y en cuatro estados el año más cálido de que se tenga constancia. En Canadá se registró un promedio de temperaturas invernales elevadas sin precedentes a lo largo de la costa del Pacífico. Febrero fue el segundo mes más frío jamás registrado en algunos estados de Estados Unidos. En cambio, en diciembre se observaron temperaturas elevadas sin precedentes en 29 estados.

Figura 13. Anomalías de la precipitación anual para Argentina (izquierda), expresada como un porcentaje de la media a largo plazo, y anomalías del índice normalizado de precipitación para Brasil (derecha) correspondientes a 2015.

(Fuentes: Servicio Meteorológico Nacional, Argentina, e Instituto Nacional de Meteorología, Brasil)

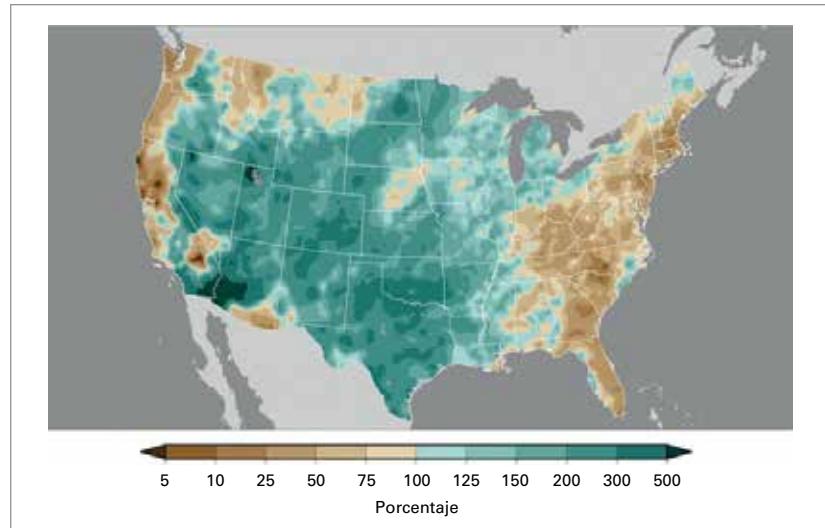


En todo el territorio de América Central y el Caribe se observaron niveles totales bajos de precipitación durante el año, relacionados con la influencia ejercida por el fenómeno de Niño. El total de la precipitación de Puerto Rico fue inferior a la media a largo plazo, lo que provocó sequías y el racionamiento de agua en algunas zonas.

Las condiciones secas y cálidas observadas en gran parte del oeste de Estados Unidos durante el año favorecieron los incendios forestales. En Alaska, más de 400 incendios devastaron 728 000 hectáreas en mayo, y se batió el récord anterior de 216 incendios y 445 000 hectáreas. En julio se registraron más de 700 incendios forestales en Alaska, los cuales destruyeron casi 2 millones de hectáreas durante el verano boreal. En toda la zona noroccidental se produjeron importantes incendios en agosto. El incendio del complejo de Okanogan fue el más grande jamás registrado en el estado de Washington, en el que se destruyeron más de 121 000 hectáreas.

Mayo fue el mes más lluvioso de que se tenga constancia en el territorio continental de Estados Unidos (figura 14) y el mes más lluvioso en general de los 121 años de registros. En Colorado, Oklahoma y Texas se registraron precipitaciones sin precedentes en este mes. Las lluvias de mayo pusieron fin a la sequía que había afectado las planicies del sur desde 2011. En cambio, más al oeste, persistieron las condiciones de sequía a largo plazo. Las cuencas del oeste dependen del manto de nieve como recurso hídrico. El 1 de abril, el equivalente en agua de la nieve fue del 5% del nivel normal en la parte occidental, es decir, el más bajo desde que comenzaron a medirse en 1950. El anterior equivalente en agua de la nieve más bajo fue del 25% del nivel normal, registrado en 1977 y 2014.

A principios de octubre, a medida que el huracán Joaquín se alejaba de la costa este, interactuó con un sistema de baja presión y produjeron la entrada de aire tropical en la región de Carolina del Norte y Carolina del Sur. Se produjeron precipitaciones generalizadas sin precedentes durante cinco días que alcanzaron un total de entre 380 y 630 mm, las cuales provocaron inundaciones considerables en toda la región y causaron la muerte de 16 personas. Las precipitaciones extremas y las crecidas repentinas, algunas de las cuales guardaron una relación con los residuos del huracán Patricia, también afectaron algunas partes de Texas. Diciembre fue el diciembre más lluvioso



jamás registrado en el territorio continental de Estados Unidos, y también fue el diciembre más cálido de que se tenga constancia.

México registró el marzo más lluvioso del que se tienen datos (desde 1941). La cantidad de lluvia a escala nacional fue de 69,6 mm, muy por encima del promedio a largo plazo de 14,7 mm. En Baja California y Baja California Sur se registró el mes de junio más lluvioso de que se tenga constancia, y en Sonora, el segundo más lluvioso. En el centro y en el norte del país, Aguascalientes y Zacatecas tuvieron el tercer mes de junio más lluvioso.

Figura 14. Anomalías de la precipitación en Estados Unidos para mayo de 2015, expresada como un porcentaje de la media del siglo XX.
(Fuente: Centros Nacionales para la Información Ambiental, NOAA, Estados Unidos)

ALASKA (ESTADOS UNIDOS)

En julio se notificaron más de 700 incendios forestales en Alaska, con el resultado de casi 2 millones de hectáreas quemadas durante el verano.



Sherman Hogue / Fort Wainwright PAO

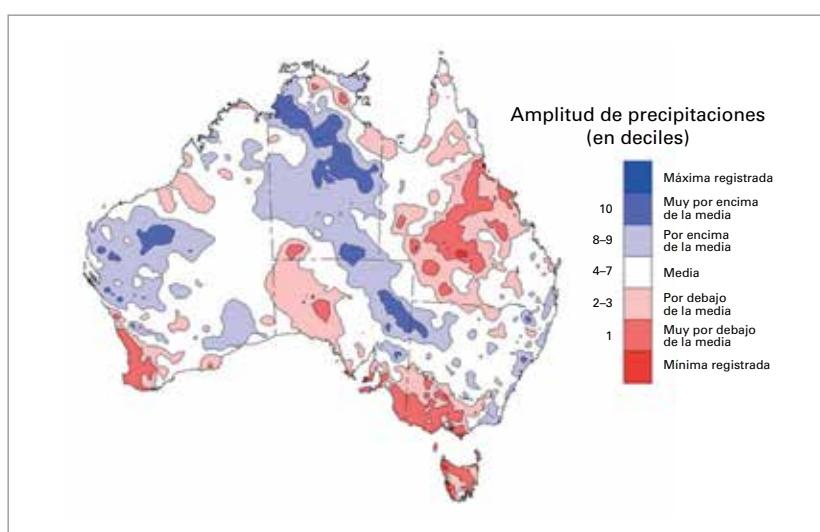
SUROESTE DEL PACÍFICO

En Indonesia, la poca precipitación relacionada con el fenómeno de El Niño aumentó el riesgo y la incidencia de incendios forestales, lo que a su vez generó una mala calidad del aire. En la primera mitad del año, 40 provincias septentrionales de Tailandia registraron el segundo nivel total más bajo de precipitación en 64 años.

En Australia se registró el mes de octubre más cálido de que se tenga constancia. La anomalía observada en octubre también fue la más elevada de cualquier otro mes jamás registrada. La ola de calor que se produjo a principios del mes estableció un nuevo récord de temperatura elevada a principios de la estación en el sur de Australia. En todo el año, fue el quinto año más cálido jamás registrado.

En general, las condiciones meteorológicas en Australia fueron aproximadamente un 4% más secas que la media en 2015; en algunas zonas se registró un nivel de precipitaciones mucho más alto que la media, mientras que otras zonas registraron precipitaciones muy inferiores a la media (figura 15). Es probable que el fenómeno de El Niño en 2015 haya contribuido a valores de precipitaciones inferiores a la media en la parte oriental de Australia (figura 7), moderadas por los cambios observados en la temperatura de la superficie del mar en el océano Índico (el dipolo del océano Índico fue positivo entre agosto y noviembre). Desde el final del episodio más reciente de La Niña a principios de 2012, hubo una serie de años secos que dieron lugar a un resurgimiento de sequías a largo plazo en la zona occidental

Figura 15. Valores totales de la precipitación anual de Australia, expresada como deciles de las distribuciones observadas para 2015.
(Fuente: Oficina de Meteorología, Australia)



de Victoria, Australia Meridional y el suroeste de Australia Occidental. En Nueva Zelanda, el nivel total anual de precipitaciones fue inferior al normal en algunas zonas (en Kaitaia y Kerikeri fueron los años más secos jamás registrados), pero en el resto del país se observaron niveles casi normales.

EUROPA Y ORIENTE MEDIO

Europa se vio afectada por olas de calor de mayo a septiembre (figura 16). Se establecieron nuevos récords de las medias mensuales de julio en Austria y España. El calor con frecuencia fue intenso. En Kitzingen (Alemania), el 5 de julio se estableció un nuevo récord para el país de 40,3 °C. En mayo, se registró una temperatura de 42,6 °C en el aeropuerto de Lanzarote y de Valencia (España), que superó las anteriores temperaturas máximas de mayo en 6 °C. En España, Francia y Polonia, varias estaciones batieron récords de temperaturas máximas. En el Reino Unido, el 1 de julio se estableció un nuevo récord de temperatura para este mes: de 36,7 °C. Entre el 1 y el 4 de agosto, en Jordania se registraron temperaturas casi 8 °C superiores a la normal, llegando a 47 °C en Wadi Elrayyan. En siete estaciones de Bosnia y Herzegovina se registraron nuevos récords de temperatura para septiembre en los seis días posteriores al 15 de septiembre. En la República de Moldova y Serbia se registraron temperaturas diarias sin precedentes para septiembre. En Sodoma (Israel), la temperatura mínima del 9 de septiembre fue de 36,5 °C, la temperatura mínima diaria más elevada jamás registrada en Israel, que batió el récord de 36 °C en Tiberíades en 1936. En regiones tan orientales como Azerbaiyán, se establecieron nuevos récords de temperatura en algunas estaciones entre junio y septiembre.

En algunos casos, la duración de las olas de calor resultó poco común. En mayo, en Beja (Portugal), hubo 19 días con una temperatura máxima superior a los 30 °C; la media es 5 días. En Slap en el valle de Vipava en Eslovenia, en 54 días se superaron los 30 °C en el período comprendido entre junio y agosto. En España, se registró la ola de calor más larga de que se tenga constancia, del 27 de junio al 22 de julio. Entre junio y agosto, cinco olas de calor afectaron Eslovenia. En Liubiana (Eslovenia) se registró una serie sin precedentes de 21 días con temperaturas superiores a los 30 °C. Hungría tuvo 41 días con temperaturas de más de 30 °C durante el verano, 22 más que la media.

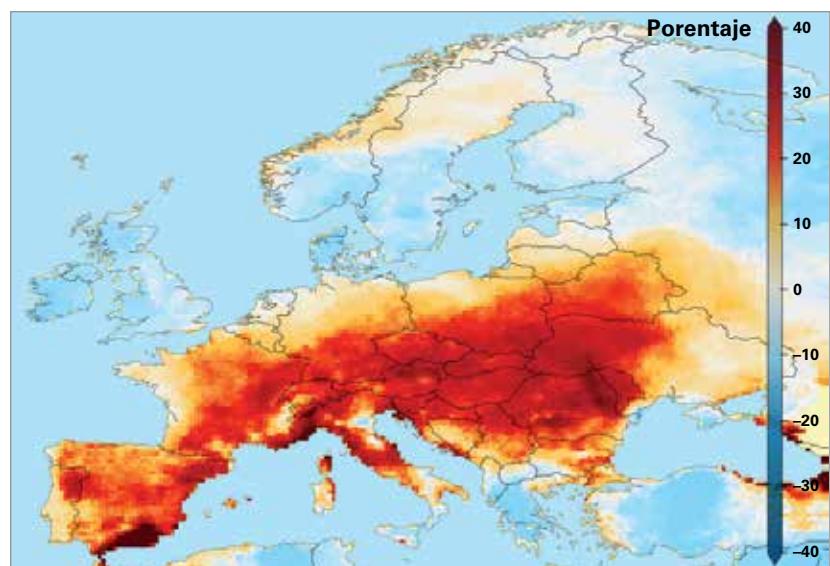
Noviembre y diciembre fueron meses excepcionalmente cálidos en Europa. En diciembre se registraron temperaturas elevadas sin precedentes en varios países, entre ellos, el Reino Unido, Francia, Alemania y los Países Bajos. En la serie Central England Temperature (Temperatura en Inglaterra Central), se registró el diciembre más cálido desde, al menos, 1659. El Reino Unido y Finlandia tuvieron los días más cálidos de noviembre hasta ahora registrados, mientras que Estonia, Finlandia y la República de Moldova tuvieron los días más cálidos de diciembre jamás registrados.

Enero fue lluvioso en grandes zonas del norte de Europa y Escandinavia. En la parte occidental de Finlandia, muchas estaciones meteorológicas informaron sobre un nivel total sin precedentes de precipitaciones para el mes. En Suecia, Piteå recibió 134,6 mm de lluvia en enero, el mes de enero más lluvioso desde, al menos, 1860. Las intensas lluvias generalizadas en Chipre provocaron inundaciones y deslizamientos de tierra. En febrero, las lluvias intensas afectaron los países del sur de Europa y se produjeron inundaciones en algunas partes de Albania, la ex República Yugoslava de Macedonia, Grecia y Bulgaria.

En España, entre el 20 y el 24 de marzo, cayeron 300 mm de lluvia en algunas zonas de la provincia de Castellón. En mayo, en casi todo el territorio de Suecia hubo muchas precipitaciones. Varias estaciones con récords de precipitación batieron los récords mensuales de los últimos 100 años. En Estocolmo, se registró el mes de mayo más lluvioso de los últimos 200 años. En Finlandia, Noruega y Dinamarca, se registró el segundo mayo más lluvioso de que se tenga constancia.

Francia presentó tres períodos de lluvias particularmente intensas. En el primer período, los días 23 y 24 de agosto, en Montpellier en la región de Languedoc cayeron 108,1 mm en una hora, la cantidad total más alta de lluvia caída en una hora registrada en este lugar. Entre los días 12 y 13 de septiembre, varias estaciones registraron un nivel total de precipitaciones superior a los 200 mm. El 3 de octubre, en la región de los Alpes Marítimos, cayeron aproximadamente 200 mm de lluvia en dos horas, lo que provocó la muerte de 20 personas.

En Irlanda, el 11 y el 13 de septiembre las estaciones de Galway y Mayo registraron un nivel total de precipitaciones en 24 horas, sin precedentes para septiembre, de más de 100 mm, lo que



provocó inundaciones. A mediados de octubre, las lluvias intensas que se produjeron en Bosnia y Herzegovina dieron paso a inundaciones en Mostar y la ciudad de Stolac. En diciembre, en el Reino Unido se registró un nivel total de precipitaciones récord en 24 horas (341,4 mm, en Honister Pass en Cumbria en las 24 horas hasta las 18:00 TMG del 5 de diciembre de 2015) y el diciembre más lluvioso de que se tenga constancia.

Algunas zonas presentaron condiciones meteorológicas particularmente secas. En abril, debido a las condiciones muy secas en Austria (en Klagenfurt, fue el año más seco desde 1813) se produjeron incendios forestales. Entre fines de mayo y mediados de agosto, algunas zonas occidentales de Eslovaquia recibieron la menor cantidad de precipitaciones desde 1872. En julio, algunas partes de Francia presentaron un bajo nivel de precipitación mensual sin precedentes. Grandes zonas de Serbia se vieron afectadas por sequías extremas en julio. Estonia tuvo el mes de octubre más seco desde 1961. En Austria se registró el segundo diciembre más seco desde 1858 y en Hungría, el tercero más seco desde 1901.

CICLONES TROPICALES

A escala global, se formaron 91 tormentas tropicales durante 2015. Una tormenta con nombre se define como una tormenta tropical en la que la velocidad del viento iguala o supera los 63 km por hora. Esta cifra supera la media anual del período comprendido entre 1981 y 2010 de aproximadamente 85 tormentas y es levemente superior al

Figura 16. Número de días cálidos (con una temperatura superior al percentil 90 del período de referencia, 1981-2010) en relación con la media durante el verano europeo de 2015. (Fuente: Instituto Real de Meteorología de los Países Bajos)



percentil 75 de 90 tormentas. La menor cantidad de tormentas en un año en la era satelital moderna fue de 67 tormentas en 2010.

En la cuenca del **Atlántico Norte** hubo 11 tormentas con nombre, de las cuales cuatro se convirtieron en huracanes y dos de estos (Danny y Joaquín) se clasificaron como huracanes de gran intensidad. Esta cifra es levemente inferior a la media a largo plazo de 12 tormentas, 6 huracanes y 3 huracanes de gran intensidad. Durante un episodio de El Niño suele disminuir la actividad de los huracanes en el Atlántico Norte. La energía ciclónica acumulada es una unidad de medición que combina la intensidad y la duración de las tormentas tropicales. En 2015, la energía ciclónica acumulada de la cuenca del Atlántico fue solo de aproximadamente el 68% de la media a largo plazo.

En la cuenca del **Pacífico Nororiental**, se formaron 18 tormentas con nombre. Trece de estas tormentas se convirtieron en huracanes y nueve se clasificaron como huracanes de gran intensidad. Las medias anuales (1981-2010) son 15 tormentas, 8 huracanes y 4 huracanes de gran intensidad, respectivamente. El huracán Patricia (entre el 20 y el 24 de octubre) fue el más intenso de que se tenga constancia, ya sea en la cuenca del Atlántico o en la cuenca oriental del Pacífico Norte, con velocidades máximas del viento sostenido de 346 km por hora. Tocó tierra en la costa mexicana el 24 de octubre con vientos de 241 km por hora

en una zona con escasa población. Los residuos del huracán Patricia contribuyeron a las intensas lluvias y a las inundaciones que se produjeron en las planicies del sur de Estados Unidos y la parte inferior del valle del río Misisipi. La energía ciclónica acumulada en la región oriental del Pacífico Norte fue aproximadamente un 44% superior a la media a largo plazo, la más elevada en la cuenca desde 1993. En la región del Pacífico Central se formaron en total siete tormentas con nombre, y tres de ellas alcanzaron una intensidad de huracán.

En la cuenca del **Pacífico Noroccidental**, se registraron 27 tormentas que recibieron nombre. Dieciocho de ellas alcanzaron la intensidad de un tifón. Las medias de un año completo son 26 tormentas y 17 tifones. El tifón Koppu, localmente conocido como Lando, tocó tierra en Filipinas en octubre y afectó a muchas personas, a la vez que provocó daños generalizados. Debido a las trayectorias de las tormentas, en agosto y septiembre por primera vez desde 1946 no fue necesario emitir avisos de tormentas en Hong Kong (China). Seis tifones tocaron tierra en China, y tres de ellos (Chan-hom, Soudelor y Mujigae) provocaron pérdidas económicas combinadas de 8 000 millones de dólares de Estados Unidos.

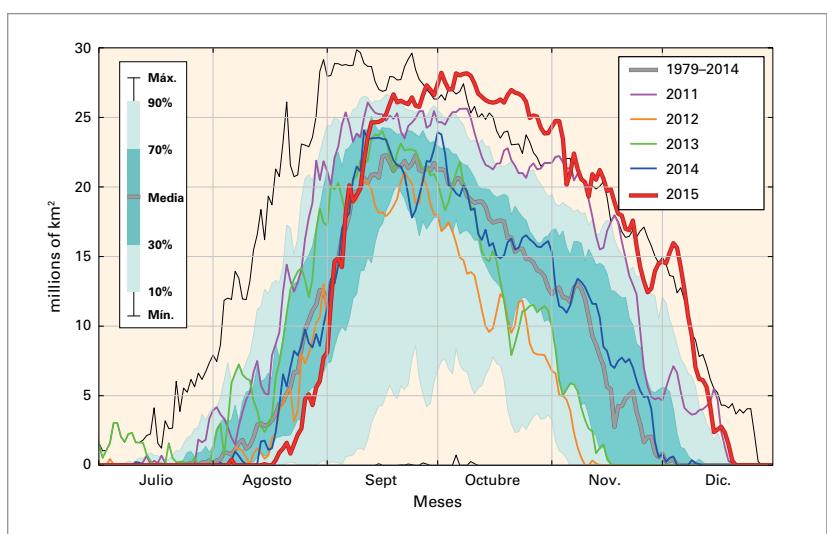
En el **norte del océano Índico** se formaron cuatro tormentas con nombre en comparación con una media anual de 5. Komen se desarrolló como

una depresión tropical en el noreste del golfo de Bengala, cerca de la costa de Bangladesh. Se intensificó en el mar antes de tocar tierra como una tormenta tropical. Las precipitaciones relacionadas con la tormenta y las lluvias monzónicas causaron graves inundaciones y deslizamientos de tierra en Myanmar. Bangladesh también sufrió crecidas repentinas y deslizamientos de tierra. La tormenta se produjo tras un período temprano de lluvias intensas a partir del 24 de junio. El ciclón tropical Chapala tocó tierra en Yemen y provocó inundaciones considerables. Se trató del primer ciclón tropical que tocó tierra en Yemen con la intensidad de un huracán durante la era satelital. La isla Socotra se vio afectada tanto por el ciclón Chapala como por el ciclón Megh, que se desarrolló poco tiempo después de que Chapala tocara tierra. El ciclón Chapala fue una tormenta de categoría 3 cuando atravesó el norte de la isla Socotra, y Megh fue una tormenta de categoría 2.

En el **suroeste del océano Índico**, 10 tormentas recibieron nombre durante la temporada de 2014/2015, una cifra ligeramente superior a la media a largo plazo de 9. Cuatro de estas tormentas alcanzaron la intensidad de un ciclón tropical y dos se convirtieron en ciclones tropicales intensos. En el año civil 2015, que contiene el final de una temporada y el inicio de otra, se formaron 11 tormentas con nombre.

En la cuenca **australiana**, en la temporada de 2014/2015 se formaron nueve tormentas que recibieron nombre. Hubo siete tormentas con nombre durante 2015, que comprendió el final de una temporada y el inicio de otra, una cifra ligeramente inferior a la media a largo plazo de 10. El ciclón Marcia fue el de mayor intensidad que tocó tierra jamás registrado tan al sur de la costa oriental, al menos en la era satelital moderna. El momento en que se formó la tormenta Raquel (a fines de junio) fue poco común. Nunca se había registrado una tormenta tan tardía en la región oriental de Australia en la era satelital, y el único ciclón invernal anterior registrado se produjo a principios de junio de 1972.

En el **suroeste del Pacífico Sur** se registraron 11 tormentas con nombre. La media anual es de 6. El 13 de marzo, el ciclón tropical Pam tocó tierra en Vanuatu como un ciclón de categoría 5 y destruyó numerosos hogares. El Gobierno de Tuvalu declaró el estado de emergencia el 13 marzo tras graves inundaciones provocadas por mareas de



tempestad y marejadas. En Kiribati se informó sobre graves daños en las tres islas meridionales. Las Islas Salomón también se vieron afectadas. En la temporada de 2014/2015 hubo ocho tormentas con nombre.

SUSTANCIAS QUE AGOTAN EL OZONO

Gracias a los resultados satisfactorios del Protocolo de Montreal, se ha suspendido el uso de halones y clorofluorocarbonos (CFC). No obstante, estos compuestos permanecerán en la atmósfera durante muchos decenios debido a su larga duración. De hecho, existe aún un exceso de cloro y bromo en la atmósfera suficiente para que se produzca una destrucción completa del ozono a ciertas altitudes en la Antártida de agosto a diciembre; por lo tanto, el tamaño del agujero de ozono de un año al siguiente depende principalmente de las condiciones meteorológicas.

En 2015, las temperaturas de la estratosfera fueron más frías que la media a largo plazo (1979-2014) durante el invierno y la primavera del hemisferio austral. El vórtice polar meridional fue particularmente estable y concéntrico en torno al Polo Sur. La superficie rodeada por el vórtice fue más grande que la normal y la media de octubre fue la mayor jamás registrada de acuerdo con los datos de ERA Interim del CEPMMP. En consecuencia, se retrasó el inicio del agotamiento de la capa de ozono.

Sin embargo, tras el comienzo del agotamiento del ozono a mediados de agosto, su evolución fue rápida y la extensión del agujero de ozono alcanzó un nivel máximo para la temporada de 28,2 millones de km² el 2 de octubre, de acuerdo

Figura 17. Superficie (en millones de km²) en la cual la columna de ozono total es de menos de 220 unidades Dobson; el año 2015 se muestra en rojo y se incluyen otros años caracterizados por grandes agujeros en la capa de ozono a los fines de comparación. La línea gruesa gris muestra la media del período comprendido entre 1979 y 2014; las zonas sombreadas en verde azulado oscuro y claro representan los percentiles 30 y 70 y los percentiles 10 y 90, respectivamente. La línea gruesa negra muestra los valores máximos y mínimos para cada día durante el período comprendido entre 1979 y 2014. El diagrama se confeccionó en la OMM de acuerdo con los datos obtenidos en el sitio web de Ozonewatch (Vigilancia de la capa de ozono) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos (<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>), que se basan en observaciones satelitales realizadas a través del espectrómetro cartográfico del ozono total (TOMS) e instrumentos de vigilancia del ozono.

con un análisis realizado por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) (figura 17). En un análisis realizado por el Instituto Real de Meteorología de los Países Bajos (KNMI) se demuestra que la extensión del agujero de ozono de 2015 alcanzó un nivel máximo de 27,1 millones de km² el 9 de octubre. Por lo tanto, el agujero de ozono fue ya sea el cuarto o el quinto más grande jamás registrado después de 2000, 2003 y 2006 en ambos análisis, así como en 1998 de acuerdo con el análisis del KNMI.

Si se tienen en cuenta los 60 días consecutivos en que se registraron las extensiones más grandes, la media de la extensión del agujero de ozono fue de 25,6 millones de km² en 2015, de acuerdo con los datos procedentes de la NASA. Según esta medición, el agujero de ozono de 2015 fue el más grande de que se tenga constancia. En el análisis del KNMI, la extensión equivalente fue de 24,2 millones de km², lo que ubica al agujero de ozono de 2015 como uno de los segundos más grandes (junto con el de 1998), y después del de 2006.

El aumento del contenido calorífico de los océanos revela un avance ininterrumpido del calentamiento mundial

Matthew D. Palmer³, Susan Wijffels⁴, John A. ChurCH₄

Cuando el clima es estable, la cantidad de energía que el sistema Tierra absorbe del Sol se equilibra por la cantidad de energía que la Tierra emite al espacio en forma de radiación infrarroja térmica. No obstante, el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero ha generado un desequilibrio al reducir la radiación emitida y acumular, como consecuencia, energía en el sistema Tierra con el paso del tiempo. El nivel del incremento de energía en el sistema climático (el desequilibrio energético de la Tierra) constituye el parámetro más importante que define el ritmo del cambio climático mundial.

En escalas temporales de más de un año aproximadamente, la gran mayoría (> 90%) del desequilibrio energético de la Tierra produce calentamiento de los océanos. Por lo tanto, el seguimiento de las temperaturas de los océanos y de los cambios que se producen en el contenido calorífico conexo de los océanos nos permite observar las variaciones del desequilibrio energético de la Tierra a lo largo del tiempo. Las observaciones del contenido calorífico de los océanos han sido fundamentales para la evaluación de los modelos climáticos y la detección y la atribución del cambio climático provocado por la acción humana. También revisten una importancia esencial para “fijar” las estimaciones obtenidas desde satélites de los cambios producidos en el desequilibrio energético de la Tierra.

A medida que los océanos se calientan, se expanden y provocan un aumento del nivel del mar a escala mundial y regional. El incremento del contenido calorífico de los océanos representa aproximadamente el 40% del aumento observado del nivel del mar a nivel mundial en los últimos

60 años, y se prevé que contribuirá de forma similar al aumento futuro del nivel del mar. El calentamiento de las aguas oceánicas adyacentes a las capas de hielo también puede afectar el flujo de hielo hacia el océano, el cual constituye otro componente fundamental del aumento del nivel del mar. Por lo tanto, el seguimiento del contenido calorífico de los océanos a escala mundial y regional, así como las mediciones por mareógrafo y satélite del nivel del mar y de la masa oceánica son fundamentales para comprender los cambios históricos y futuros del nivel del mar.

En el pasado, una de las dificultades para estimar el nivel del cambio en el contenido calorífico de los océanos ha sido la escasa densidad histórica del sistema de observación de los océanos. Las mediciones de la temperatura subsuperficial de los océanos se han basado principalmente en los instrumentos a bordo de buques que suelen realizar muestreos solo en algunos cientos de metros de la capa superior. Como resultado, muchas de las estimaciones históricas del cambio en el contenido calorífico de los océanos a escala mundial se limitan a los 700 metros superiores aproximadamente, y subsisten importantes incertidumbres antes de la década de 1970, cuando comenzaron a realizarse muestreos oceánicos generalizados a través de tecnologías de observación más asequibles.

A comienzo de la década de 2000 se produjo una revolución en nuestra capacidad para observar el contenido calorífico de los océanos y el contenido de agua dulce a escala mundial a través de la creación de la red Argo de flotadores perfiladores autónomos. Esta red alcanzó su madurez en 2006 con aproximadamente 3 000 flotadores distribuidos en la mayor parte del mundo que miden la temperatura y el contenido de salinidad en los 2 km superiores de los océanos cada 10 días. Las observaciones de la red Argo sirven de guía en una nueva era de seguimiento del desequilibrio energético de la Tierra y los diversos factores que configuran su evolución con el transcurso del tiempo.

Si bien las temperaturas de los océanos por debajo de los 300 metros (figura 18 b, c, d) indican un

³ Centro Hadley del Servicio Meteorológico del Reino Unido, Exeter (Reino Unido).

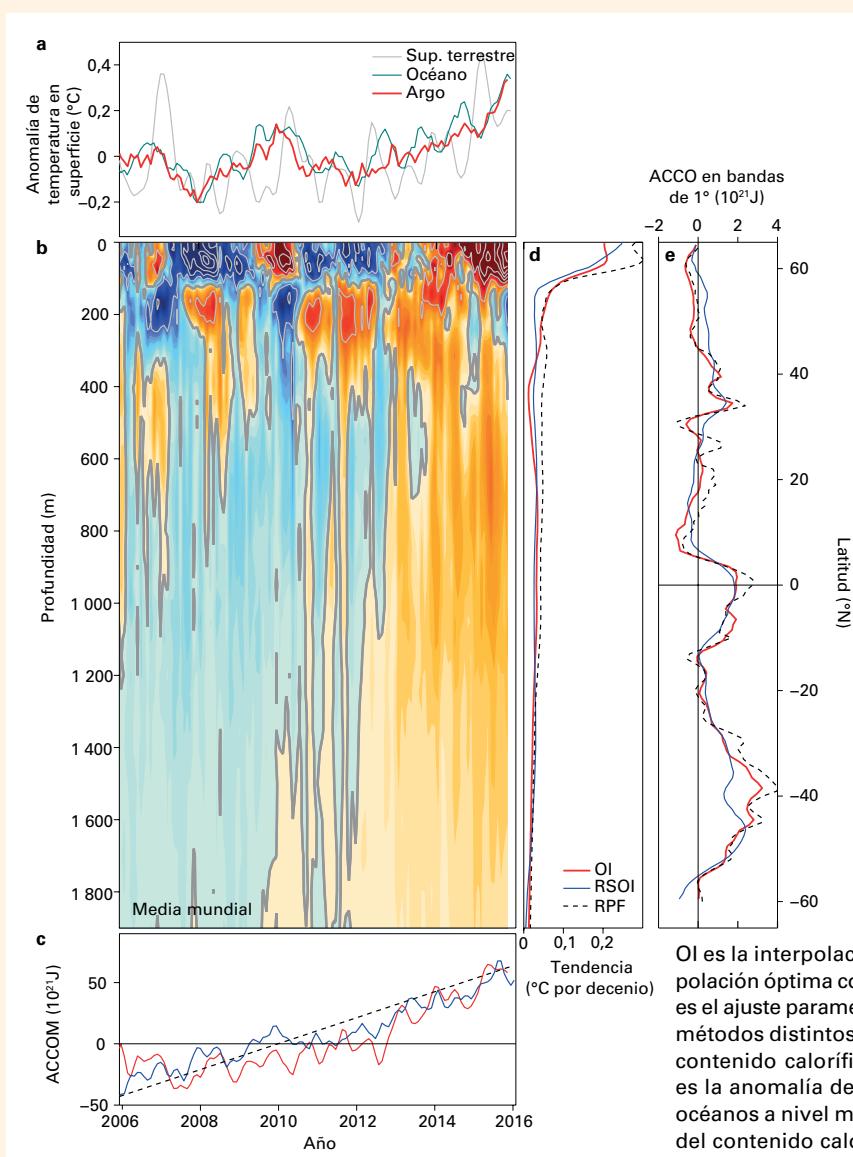
⁴ División de Investigación Marina y Atmosférica de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO), Hobart (Australia).

aumento relativamente constante en el período comprendido entre 2006 y 2015, las temperaturas de la superficie de los océanos (figura 18 a) revelan una variabilidad adicional plurianual debido principalmente a la variación que se produce en la zona tropical del océano Índico y del océano Pacífico relacionada con el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur. La mayoría de estas oscilaciones cerca de la superficie se equilibran a través de cambios opuestos más profundos entre los 100 y los 300 metros, y el contenido calorífico de los océanos entre los 0 y los 2 000 metros aumenta de forma constante en todo este período. Las temperaturas de la superficie terrestre muestran también una mayor variabilidad, y se producen variaciones

particularmente importantes año tras año. Con respecto a las estimaciones que se muestran en la figura 18 e, entre el 75 y el 99% del calentamiento se produce en el hemisferio sur, sobre todo entre los puntos 30 °S y 50 °S.

El aumento observado en el contenido calorífico de los océanos implica que el desequilibrio energético de la Tierra es casi constante de entre 0,65 y 0,80 Wm², expresado como un valor medio de la superficie planetaria. Entre el 75 y el 80% de este valor provienen de los 2 000 metros superiores, de acuerdo con la representación gráfica de la figura 18, y entre el 20 y el 25% restantes, del océano más profundo. El desequilibrio energético observado

Figura 18. a) Promedio mundial del cambio de la temperatura de la superficie del océano (en °C), según datos procedentes de la red Argo (rojo), la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA, turquesa) y una media de seis meses consecutivos del promedio mundial de la NOAA del cambio de la temperatura de la superficie terrestre (gris); b) promedio mundial de los cambios de la temperatura del océano según datos de la red Argo (el intervalo del contorno es de 0,01 para colores, 0,05 °C en gris); c) cambio a través del tiempo del contenido calorífico de los océanos en la capa de 0 a 2 000 metros; d) promedio mundial de la posible tendencia de la temperatura de 2006 a noviembre de 2015 (en °C por decenio) representada gráficamente en función de la profundidad; y e) tendencias del contenido calorífico representadas en función de la latitud. Los diagramas c), d) y e) presentan los resultados de tres análisis basados en datos de la red Argo (interpolación óptima, interpolación óptima con reducción del espacio y ajuste paramétrico robusto), los cuales proporcionan un indicio de la incertidumbre. (Fuente: Reproducido de Wijffels y otros (2016), cuando todos los datos están disponibles)



OI es la interpolación óptima, RSOI es la interpolación óptima con reducción del espacio, RPF es el ajuste paramétrico robusto. Se trata de tres métodos distintos que se usan para calcular el contenido calorífico de los océanos. ACCOM es la anomalía del contenido calorífico de los océanos a nivel mundial. ACCO es la anomalía del contenido calorífico de los océanos.

que se infiere del cambio en el contenido calorífico de los océanos se encuentra en el intervalo de 0,6 a 1 Wm² previsto para el período 2006-2015 usando modelos climáticos.

La vigilancia del contenido calorífico de los océanos nos permite realizar un mejor seguimiento del ritmo subyacente del cambio climático en escalas temporales decenales o menores y una mejor cuantificación del efecto de otros factores climáticos, entre ellos los cambios que se producen en los aerosoles volcánicos y de origen humano, sobre el desequilibrio energético de la Tierra. Si bien las observaciones de la red Argo actualmente se limitan a los 2 000 metros superiores de las profundidades del océano, ahora existen tecnologías para obtener perfiles de casi toda

la profundidad oceánica (hasta los 6 km). Estas nuevas observaciones serán fundamentales para realizar el seguimiento del cambio climático y del nivel del mar, a medida que los efectos del desequilibrio energético de la Tierra se evidencien en profundidades aún mayores en los océanos del mundo.

Referencias:

Wijffels, S. y otros, 2016: "Ocean temperatures chronicle the ongoing warming of Earth", *Nature Climate Change*, 6:116–118, doi:10.1038/nclimate2924.

von Schuckmann, K. y otros, 2016: "An imperative to monitor Earth's energy imbalance", *Nature Climate Change*, 6:138–144, doi:10.1038/nclimate2876.

Para más información, diríjase a:

Organización Meteorológica Mundial

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

Oficina de comunicación y de relaciones públicas

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Correo electrónico: cpa@wmo.int

www.wmo.int