

Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2012



**Organización
Meteorológica
Mundial**

Tiempo • Clima • Agua

OMM-Nº 1108

OMM–N° 1108

© **Organización Meteorológica Mundial, 2013**

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 80 40
Correo electrónico: Publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-31108-5

La OMM, en colaboración con sus Miembros, publica desde 1993 declaraciones anuales sobre el estado del clima mundial. La presente publicación ha sido posible gracias a la colaboración con el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica de Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y la Unidad de Investigación sobre el Clima de la Universidad de East Anglia, Reino Unido, el Centro de Predicción Climática, el Centro Nacional de Datos Climáticos, el Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información sobre el medio ambiente (NESDIS), el Centro Nacional de Huracanes y el Servicio Meteorológico Nacional de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA), Estados Unidos de América; el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales, dirigido por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), Estados Unidos; el Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos, Estados Unidos; el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP), Reino Unido, el Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, Alemania, y el Observatorio de inundaciones de Dartmouth, Estados Unidos. También han contribuido los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales o instituciones climáticas similares de Alemania, Argelia, Argentina, Australia, Austria, Belarús, Bélgica, Benin, Brasil, Canadá, China, Colombia, Croacia, Dinamarca, España, Estados Unidos, Federación de Rusia, Fiji, Finlandia, Francia, Hungría, Islandia, India, Indonesia, Irlanda, Israel, Japón, Kenya, Letonia, Lituania, Marruecos, Moldova, Nueva Zelandia, Noruega, Países Bajos, Pakistán, Portugal, Reino Unido, Serbia, Suiza, Suecia, Túnez, Turquía y Venezuela (República Bolivariana de), así como el Centro Regional sobre el Clima para la vigilancia del clima de la Asociación Regional VI (Europa) de la OMM, el Centro Africano de Aplicaciones Meteorológicas para el Desarrollo (ACMAD, Niamey), el Instituto de Meteorología e Hidrología del Caribe (IMHC), la Agencia Espacial Europea (AEE), el Observatorio de Hong Kong, Hong Kong, China, la Universidad de Tecnología de Viena, Austria, el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN, Guayaquil, Ecuador), la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC).

Portada: Sandra Cunningham (Shutterstock.com)

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 Secretaría 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 formuladas por autores nombrados en las publicaciones de la OMM son las de los autores y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Prólogo | 3 |
| Prefacio | 5 |
| Conclusiones principales | 6 |
| Temperaturas mundiales | 6 |
| Precipitaciones a nivel mundial y manto de nieve del hemisferio norte | 7 |
| Estado del hielo | 9 |
| Principales fenómenos meteorológicos extremos y sus efectos | 10 |
| Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera en 2011 | 12 |
| Ozono en la Antártida | 13 |
| Características climáticas regionales | 14 |
| África | 14 |
| Asia | 15 |
| América del Sur | 19 |
| América del Norte, América Central y el Caribe | 20 |
| Suroeste del Pacífico | 23 |
| Europa | 24 |
| Ciclones tropicales | 29 |
| Utilización de satélites de observación de la Tierra para la vigilancia de la humedad del suelo | 32 |

Prólogo

La “Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial” ha cobrado cada vez mayor popularidad e importancia desde que la Organización Meteorológica Mundial la publicara por primera vez en 1993. La Comisión de Climatología de la OMM elabora la Declaración en colaboración con los 191 Miembros de la Organización. Esta reúne los principales fenómenos climáticos de cada año. Esta publicación es hoy día una fuente autorizada de información, reconocida a nivel internacional, para la comunidad científica, los medios de comunicación y el público en general. Estoy convencido de que esta edición de 2012 contribuirá al éxito de la publicación.

2012 ha pasado a formar parte, en novena posición, de los diez años más cálidos jamás registrados, a pesar del efecto de enfriamiento que trajo consigo el episodio de La Niña de principios de año. Aunque el ritmo del calentamiento varía de un año para otro debido a la variabilidad natural causada por fenómenos como el ciclo de El Niño, las erupciones volcánicas u otros, el calentamiento sostenido de la atmósfera inferior es un indicio preocupante. La continua tendencia al alza de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero y el consiguiente aumento del forzamiento radiativo de la atmósfera de la Tierra confirman que el calentamiento va a seguir.

La pérdida récord de hielo marino del Ártico entre agosto y septiembre —un 18 por ciento menor que el récord mínimo anterior de 4,17 millones de km² alcanzado en 2007— fue también un indicio claro y preocupante del cambio climático. En 2012 se produjeron otros muchos fenómenos extremos, tales como sequías y ciclones tropicales. La variabilidad natural del clima siempre ha provocado fenómenos extremos, pero ahora las características físicas de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos tienen su origen cada vez más por el cambio climático. Por ejemplo, dado que el nivel medio del mar a escala mundial es actualmente unos 20 cm más alto que en 1880, tormentas como el huracán *Sandy* están causando más inundaciones costeras que las que se habrían producido de haber sido de otro modo.

El huracán *Sandy* causó la muerte de casi 100 personas y provocó una destrucción importante en el Caribe antes de cobrar mayor intensidad, así como decenas de miles de millones de dólares de Estados Unidos en daños y alrededor de 130 víctimas mortales en el este de Estados Unidos. El tifón *Bopha*, que fue el ciclón tropical más mortífero

del año, azotó Filipinas dos veces en diciembre. Durante el año, Estados Unidos y el sureste de Europa padecieron condiciones de sequía extrema, mientras que el África occidental se vio gravemente afectada por inundaciones extremas. A la población de Europa, el norte de África y Asia le afectaron gravemente las nevadas y el frío extremos. Por tercer año consecutivo se produjeron graves inundaciones en Pakistán.

Cada vida perdida a causa de los desastres relacionados con el tiempo y el agua es una tragedia. Afortunadamente, estas tragedias están disminuyendo progresivamente gracias a la mejora de los sistemas de alerta temprana de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de todo el mundo, que funcionan 24 horas al día, a la mayor capacidad y fiabilidad de los modelos de predicción numérica del tiempo y a los avances en sistemas de radar y satelitales y en los sistemas de observación meteorológicos, climáticos e hidrológicos.

Para que el proceso de adopción de decisiones pueda beneficiarse de los avances logrados en nuestra comprensión y predicción del sistema climático, es necesario seguir estudiando nuevos paradigmas científicos. En los últimos años se ha reconocido que el cambio climático es un factor que está agravando la variabilidad del clima. El cambio climático se ha convertido también en una fuente de incertidumbre para los planificadores y los encargados de la adopción de decisiones de los sectores económicos sensibles a las condiciones climáticas.

Es vital que sigamos invirtiendo en las observaciones e investigaciones que mejorarán nuestros conocimientos sobre la variabilidad del clima y el cambio climático. Es necesario que entendamos qué proporción del calor adicional capturado por los gases de efecto invernadero se almacena en los océanos y las consecuencias que ello supone en cuanto a la acidificación de los océanos o a efectos de otro tipo. Necesitamos saber más acerca de los efectos de enfriamiento temporales provocados por la contaminación y por otros aerosoles emitidos a la atmósfera. Asimismo, necesitamos comprender mejor el comportamiento cambiante de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos como consecuencia del calentamiento mundial, así como la necesidad de ayudar a los países de las zonas más afectadas a gestionar mejor los riesgos relacionados con el clima mediante sistemas mejorados de alerta temprana y sistemas de vigilancia del clima.

El Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), adoptado por el Congreso Meteorológico Mundial en su reunión extraordinaria de 2012, constituye actualmente la plataforma básica mundial necesaria para la adopción de decisiones en materia de adaptación al clima gracias a una mejor información climática.

Deseo expresar, en nombre de la OMM, mi agradecimiento a todos los que han contribuido y colaborado en esta publicación, incluidos los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales de los 191 Miembros. Al igual que con ediciones anteriores, quisiera subrayar la importancia que

para la OMM tiene conocer su opinión sobre la presente publicación. Por lo tanto, espero con interés recibir sus comentarios acerca de la Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2012, así como toda otra sugerencia que tenga para mejorarla.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'M. Jarraud', with a long horizontal stroke extending to the right.

(M. Jarraud)
Secretario General

Prefacio

La presente Declaración está basada en información y en series de datos correspondientes a 2012, facilitadas por Miembros y asociados de la OMM y evaluadas en su contexto geográfico mundial y regional. Siempre que ha sido posible y adecuado se han realizado comparaciones utilizando promedios y registros climatológicos (datos históricos).

La evaluación de la temperatura mundial se basa en tres series de datos independientes producidos por el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica y la Unidad de Investigación sobre el Clima de la Universidad de East Anglia (HadCRU), ambos en Reino Unido, el Centro Nacional de Datos Climáticos de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) en Estados Unidos, y el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), también en Estados Unidos. Los datos de HadCRU se registran desde 1850 y las series de datos del Centro Nacional de Datos Climáticos y del Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (y, por lo tanto, los datos combinados de ambos) desde 1880. Se han utilizado también otras series de datos para realizar otros análisis.

Varios expertos asociados con instituciones, centros y programas climáticos internacionales y regionales, así como los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de todo el mundo, que son los principales proveedores de las observaciones de base y de la información climática, elaboraron y revisaron el contenido. Más de 50 SMHN hicieron aportaciones directas a la Declaración tras la solicitud de contribuciones emitida por la OMM. Muchos otros Servicios hicieron accesibles en sus sitios web informes

climáticos y de datos a los que el público podía acceder cuando lo necesitara. Para resolver dudas sobre los hechos y las cifras la OMM se ponía en contacto con la fuente de datos nacional pertinente y comprobaba la información antes de incluirla en la Declaración.

La definición de las Regiones se basa en la estructura regional de la OMM, tal como se presenta a continuación:

- África (Región I)
- Asia (Región II)
- América del Sur (Región III)
- América del Norte, América Central y el Caribe (Región IV)
- Suroeste del Pacífico (Región V)
- Europa (Región VI)

La vigilancia del sistema climático de la OMM utiliza variables climáticas esenciales, tal como recomienda el Sistema Mundial de Observación del Clima. Se han seleccionado cerca de 50 variables climáticas esenciales adecuadas para la observación a nivel mundial. La presente Declaración incluye evaluaciones sobre el estado del clima mundial y fenómenos extremos conocidos a través de datos y productos relativos a las variables climáticas esenciales, entre las que figuran la temperatura del aire, la lluvia, el ozono y la velocidad del viento (variables climáticas esenciales de la atmósfera); el manto de nieve, la alteración por incendios y la descarga fluvial (variables climáticas esenciales terrestres); y el hielo marino (variables climáticas esenciales oceanográficas). La Declaración incluye también información sobre la humedad del suelo, variable disponible desde hace poco como información climática a nivel mundial.

Conclusiones principales

Figura 1. Anomalías de la temperatura mundial en la superficie del mar y de la tierra (°C) en 2012 respecto del período de 1961-1990

(Fuente: Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y Unidad de Investigación sobre el Clima de la Universidad de East Anglia, Reino Unido)

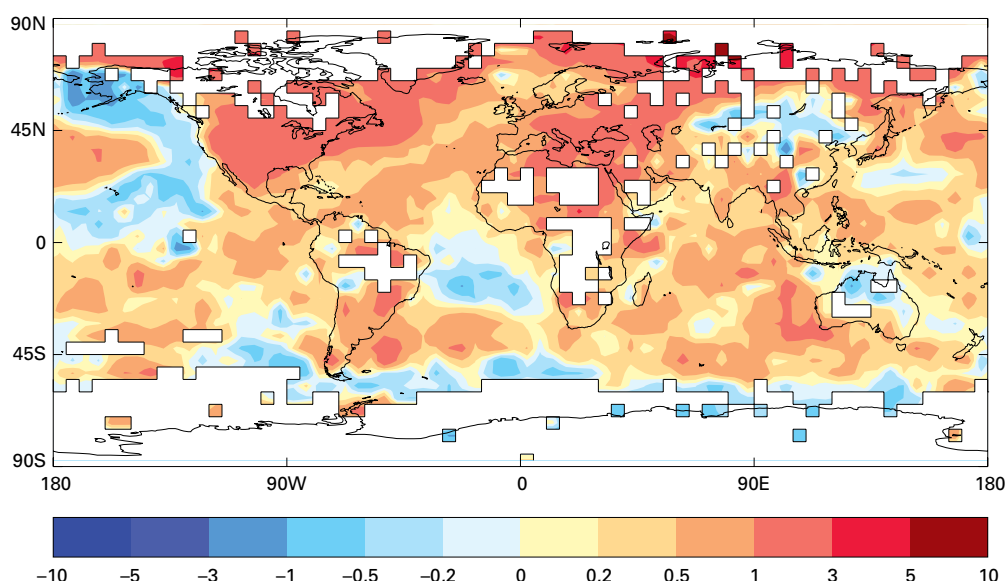


Figura 2. Anomalías del promedio mundial anual de la temperatura entre 1850 y 2012 (respecto del período 1961-1990)

obtenidas de HadCRUT4 (línea en negro y área en gris, que representan el valor medio y el intervalo de incertidumbre del 95 por ciento), del Centro Nacional de Datos Climáticos (CNDC) de la NOAA y del Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales de la NASA

(Fuente: Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y Unidad de Investigación sobre el Clima, Universidad de East Anglia, Reino Unido)

TEMPERATURAS MUNDIALES

Según las estimaciones, las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra en 2012 fueron $0,45^{\circ}\text{C} \pm 0,11^{\circ}\text{C}$ superiores a la media de $14,00^{\circ}\text{C}$ correspondiente al período 1961-1990. Así pues, 2012 es el noveno año más cálido desde que se iniciaran los registros en 1850. Es también el vigésimo séptimo año consecutivo que las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra están por encima de la media del período 1961-1990. Los años 2001 a 2012 se encuentran entre los 13 años más cálidos de los que se tienen datos.

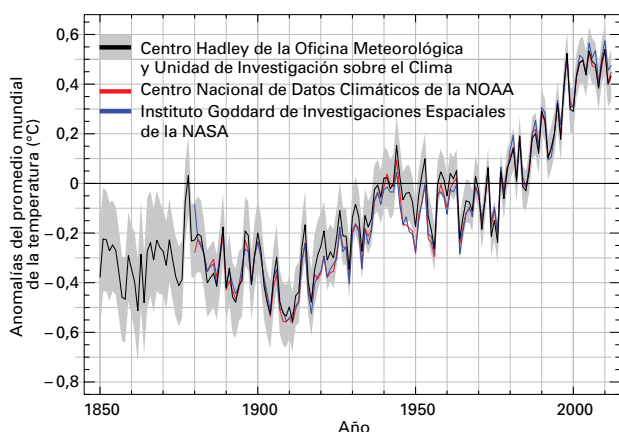
La anomalía de las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra en 2012 fue tan solo $0,1^{\circ}\text{C}$ inferior al valor récord observado en 2010. Si se tomara como referencia el período de 30 años comprendido entre 1981 y 2010, que incluye los tres

decenios más cálidos jamás registrados, en lugar del período 1961-1990, la anomalía de las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra se situaría $0,16^{\circ}\text{C}$ por encima de la media.

Las cifras anteriores están basadas en la media de las tres principales series de datos mundiales. Otras series de datos producen resultados similares, aunque ligeramente diferentes. Según las series de datos de temperatura mundial del Servicio Meteorológico de Japón, se estima que las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra en 2012 fueron $0,14^{\circ}\text{C}$ superiores a la media del período 1981-2010, lo que convierte 2012 en el octavo año más cálido de los que se tiene registro.

Las temperaturas medias mundiales estimadas mediante datos de reanálisis de modelos suelen coincidir con las observaciones. De acuerdo con los datos de reanálisis del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP), la anomalía de las temperaturas mundiales de la superficie del océano y de la tierra de $0,18^{\circ}\text{C}$ por encima del período de referencia 1981-2010 hace que 2012 sea, junto con los años 2002, 2003 y 2009, el sexto año más cálido desde que el CEPMMP comenzó a registrar sus reanálisis en 1958.

El año empezó con un episodio de La Niña entre débil y moderado, que se formó en octubre de 2011. Por lo general, la presencia de este fenómeno al comienzo de un año suele traer aparejada una disminución de las temperaturas mundiales y 2012 no ha sido una excepción. La media correspondiente al trimestre de enero a mayo de 2012 fue la menor



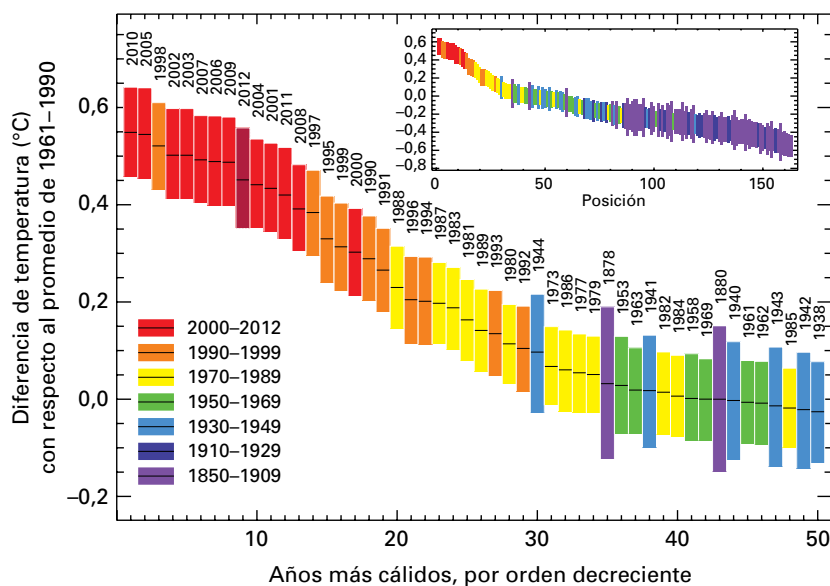


Figura 3. Clasificación mundial de las temperaturas de la superficie correspondientes a los 50 años más cálidos. El recuadro muestra la clasificación mundial de las temperaturas globales de la superficie desde 1850. El tamaño de las barras indica el límite de confianza del 95 por ciento asociado a cada año. Los valores son simples promedios ponderados por zonas. (Fuente: Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y Unidad de Investigación sobre el Clima de la Universidad de East Anglia, Reino Unido)

temperatura mundial de la superficie del océano y de la tierra de este período desde 1997, si bien la anomalía de la temperatura permaneció por encima de la media de 0,28 °C del período 1961-1990. El episodio de La Niña fue debilitándose a lo largo del mes de abril a medida que aumentaba la temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico tropical, lo que propició las condiciones neutras que se registraron de forma continuada hasta finales de año.

Se dieron temperaturas superiores a la media en la mayor parte de la superficie terrestre del globo, en particular en América del Norte, el sur de Europa, el oeste de la Federación de Rusia, algunas zonas del norte de África y en el sur de América del Sur. Sin embargo, en Alaska, en partes del norte y el este de Australia y en Asia central se observaron temperaturas por debajo de la media.

Se registraron temperaturas oceánicas por encima de la media en la mayor parte de las superficies de los océanos del mundo. Sin embargo, se observaron temperaturas por debajo de la media en gran parte de la zona central tropical del Océano Pacífico, el noreste del océano Pacífico, partes del Atlántico Sur y los océanos meridionales. Se ofrecen más detalles en la sección dedicada a las características climáticas regionales.

PRECIPITACIONES A NIVEL MUNDIAL Y MANTO DE NIEVE DEL HEMISFERIO NORTE

A diferencia de los dos últimos años (2010 y 2011) en que las temperaturas fueron muy superiores

a la media, de acuerdo con el Centro Nacional de Datos Climáticos de Estados Unidos, en 2012 la

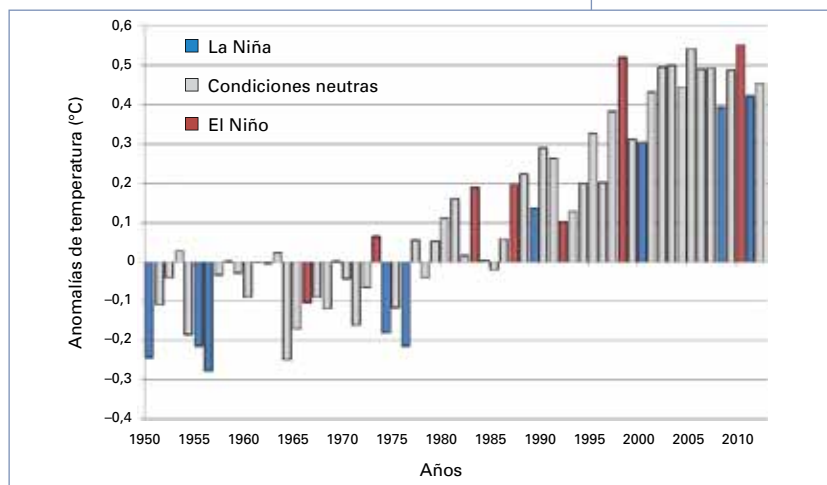
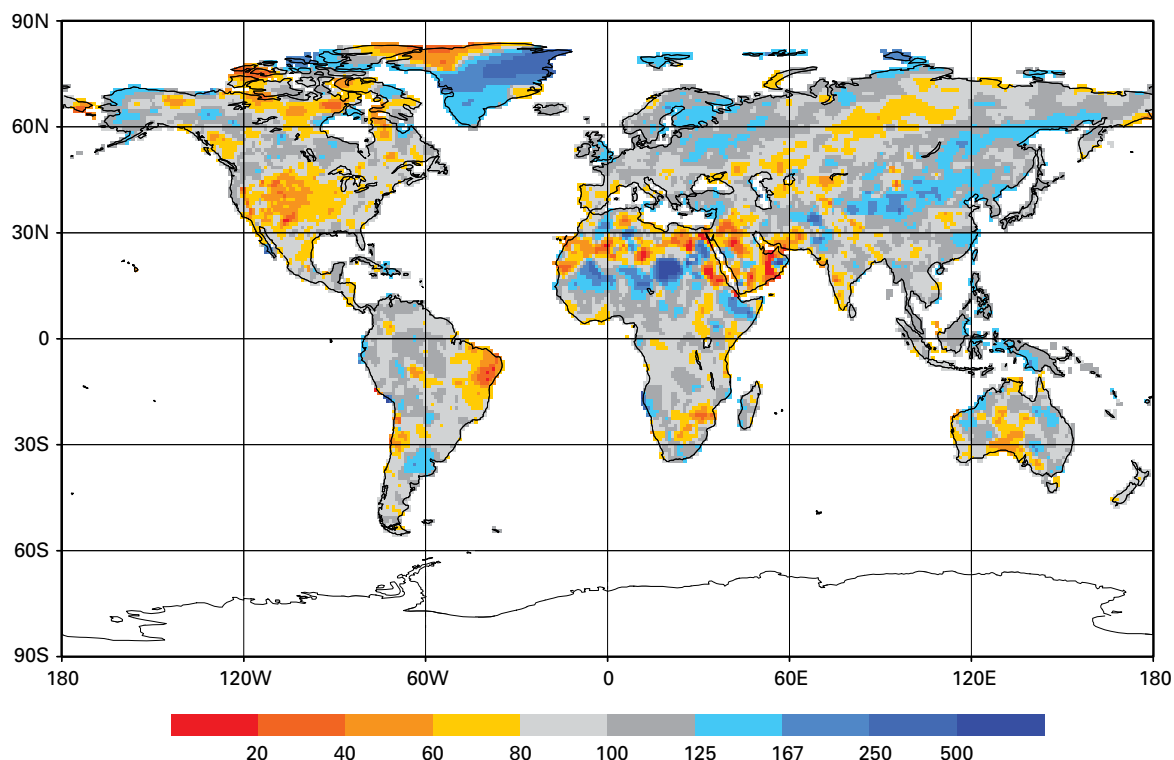


Figura 4. Anomalías de la temperatura media anual mundial de la superficie terrestre y la superficie del mar de enero a diciembre (respecto de 1961-1990) para el período 1950-2012; los años que empezaron con un episodio de La Niña moderado o fuerte ya en activo figuran en azul, los años que empezaron con un episodio de El Niño moderado a fuerte ya en activo figuran en rojo; los demás años figuran en gris.

a la media, de acuerdo con el Centro Nacional de Datos Climáticos de Estados Unidos, en 2012 la media mundial de precipitaciones en la superficie terrestre fue tan solo 6,3 mm superior a la media del período 1961-1990.

En 2012 las precipitaciones registradas en todo el mundo variaron significativamente; sin embargo, se dieron unas circunstancias particularmente singulares, como unas condiciones más secas de lo normal en la mayor parte del centro de Estados Unidos, el norte de México, el noreste de Brasil, la zona central de la Federación de Rusia y el sur y el centro de Australia. Hubo condiciones de humedad superiores a la media en el norte de

Figura 5. Anomalías de precipitación anual en la superficie terrestre durante 2012; análisis basado en una red de pluviómetros con una separación de 1,0 grado, expresado en desviaciones normalizadas respecto de los valores normales, en mm/mes, sobre la base del período de 1951-2000
(Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones, Servicio Meteorológico de Alemania)



Europa, el oeste de África, la parte norte y central de Argentina, el oeste de Alaska y la mayor parte del norte de China. Se ofrecen más detalles en la sección dedicada a las características climáticas regionales.

Según los datos del Global Snow Laboratory (Laboratorio de Nieve Mundial) de la Universidad de Rutgers en Estados Unidos, la extensión del manto de nieve de América del Norte durante el invierno de 2011/2012 estuvo por debajo de la media, convirtiéndose en la cuarta extensión más reducida registrada y en la más reducida desde el invierno de 1999/2000. Estos datos contrastaban sobremanera con los dos inviernos anteriores (2009/2010 y 2010/2011) en los que se habían dado la mayor extensión del manto de nieve y la tercera extensión mayor, respectivamente, desde que se iniciaran los registros en 1966.

Al mismo tiempo, durante el invierno la extensión del manto de nieve del continente euroasiático estuvo por encima de la media, convirtiéndose en la cuarta extensión más vasta jamás registrada. En general, la extensión del manto de nieve del hemisferio norte fue superior a la media —590 000 km² por encima de la media de 45,2 millones de km²— y fue la decimocuarta extensión más vasta que se haya registrado nunca.

En primavera (de marzo a mayo) la extensión del manto de nieve de América del Norte fue la tercera menor registrada, 930 000 km² por debajo de la media. En Eurasia, la extensión del manto de nieve disminuyó hasta un millón de km² por debajo de la media, y fue la duodécima menor extensión registrada en primavera. En general, la extensión del manto de nieve en la primavera del hemisferio norte fue la sexta menor registrada.

Un análisis reciente de los registros de satélite de la extensión del manto de nieve de la NOAA proporcionados por la Universidad de Rutgers, confirma el menor registro de extensión de nieve en Eurasia en el mes de junio desde 2008. Además, en tres de los últimos cinco años se registraron valores sin precedentes de baja extensión del manto de nieve en junio en América del Norte. La extensión del manto de nieve en junio de 2012 fue de 2,7 millones de km² por debajo de la media (la media de junio correspondiente al período 1976-2012 es de 7,8 millones de km²), lo que la convierte en la menor extensión del manto de nieve del hemisferio norte en junio desde que comenzaron las observaciones satelitales en 1967.

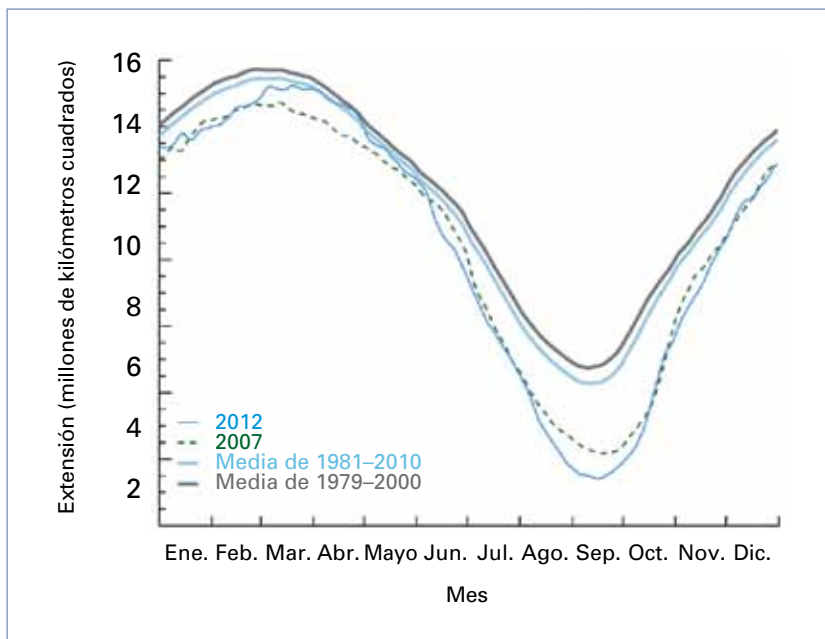
El manto de nieve del hemisferio norte en junio está disminuyendo más rápidamente que la extensión de la capa de hielo del verano Ártico, y a un ritmo

superior al de las proyecciones de los modelos climáticos. Las estimaciones de la variación histórica del volumen de agua acumulado en la nieve de las zonas terrestres del hemisferio norte, realizadas en el marco del proyecto GLOBsnow sobre elementos de usuarios de datos de la Agencia Espacial Europea, muestran una disminución gradual del nivel máximo de agua almacenado desde 1979. Ambas series de datos muestran la tendencia al adelanto del deshielo de la nieve en primavera de las latitudes altas.

ESTADO DEL HIELO

Extensión del hielo marino

La extensión del hielo marino en el Ártico aumenta durante la estación fría del hemisferio norte, alcanza un máximo en marzo y se funde durante la estación cálida del hemisferio norte, para alcanzar su mínimo en septiembre. Durante la temporada de expansión de 2011/2012, la extensión del hielo marino en el Ártico alcanzó su máximo el 20 de marzo, con 15,24 millones de km². La extensión media del hielo marino en marzo de 2012 fue de 15,21 millones de km². Esta extensión es un 3,4 por ciento menor que la media de marzo del período 1979-2000, y la novena menor desde que se iniciaran los registros en 1979. Sin embargo, fue la mayor extensión de hielo marino de marzo desde 2008.



Después de que el hielo marino alcanzara su máxima extensión en marzo, empezó la temporada de deshielo en el Ártico. En 2012, la extensión del hielo marino en el Ártico evolucionó en mayo igual o ligeramente por encima de los niveles diarios de 2007. Disminuyó rápidamente en junio, y otra vez a principios de agosto, situándose por debajo de los niveles de 2007. En agosto el hielo marino en el Ártico perdió una media de 92 000 km² de hielo al

Figura 6. Extensión del hielo marino en el hemisferio norte en 2012, comparada con 2007 y con los promedios del período 1981-2010 y del período 1979-2000 (Fuente: Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos, Estados Unidos)



Figura 7. Extensión mínima del hielo marino en el hemisferio norte en septiembre de 2012 (segundo valor más bajo registrado, izquierda), y septiembre de 2007 (segundo valor más bajo registrado, derecha); las líneas de color magenta/naranja indican la mediana de largo plazo basada en el período 1979-2000 (Fuente: Centro Nacional de Datos de Nieve y Hielos, Estados Unidos)

día. Esta es la disminución más rápida de agosto jamás registrada.

El hielo se derritió tan rápidamente en agosto que el 26 de agosto la extensión del hielo marino en el Ártico fue inferior al récord anterior de poca extensión alcanzado el 18 de septiembre de 2007, 18 días antes del 13 de septiembre, que es la fecha media de menor extensión del período 1979-2000. A partir del 26 de agosto la extensión del hielo marino siguió disminuyendo y el 31 de agosto el hielo marino en el Ártico había disminuido hasta 3,7 millones de km², siendo la primera vez en los 34 años de registros que se observaba una extensión del hielo marino de menos de 4,0 millones de km² en agosto.

La extensión del hielo marino en el Ártico alcanzó el nivel más bajo sin precedentes de su ciclo anual el 16 de septiembre, a saber, 3,41 millones de km². Dicha extensión batió el récord mínimo anterior del 18 por ciento, alcanzado el 18 de septiembre de

2007. Fue inferior en un 49 por ciento, o en casi 3,3 millones de km², al promedio mínimo del período 1979-2000. La diferencia entre la máxima extensión del hielo marino en el Ártico el 20 de marzo y la extensión mínima más baja del 16 de septiembre fue de 11,83 millones de km², lo que constituyó la mayor reducción estacional de la extensión del hielo marino producida en los 34 años de registros satelitales.

Al mismo tiempo, el hielo marino en la Antártida de expande durante la estación fría del hemisferio sur, alcanzando su extensión máxima en septiembre, y después se derrite durante la estación cálida del hemisferio sur, alcanzando su extensión mínima en febrero o marzo. La extensión del hielo marino de la Antártida en marzo de 2012 fue la cuarta más grande jamás registrada, con 5,0 millones de km² o el 16,0 por ciento por encima de la media correspondiente al período de 1979-2000. Durante la temporada de expansión, la extensión del hielo marino en la Antártida alcanzó su máxima superficie

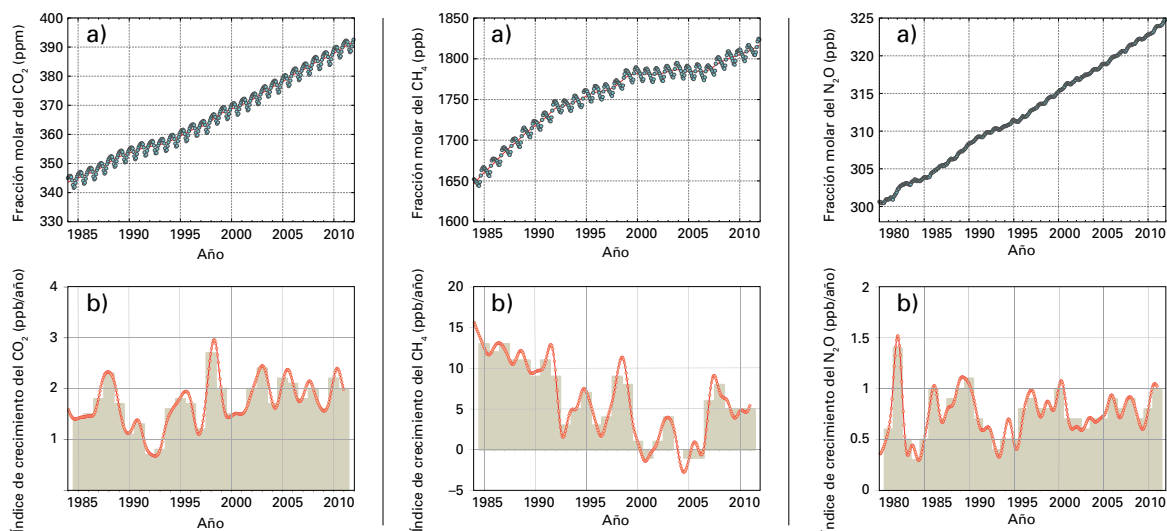
ESTIMACIONES DEL NÚMERO DE VÍCTIMAS, PERSONAS AFECTADAS Y PÉRDIDAS DEBIDAS A CINCO IMPORTANTES FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS EXTREMOS

| Fenómeno | Localización | Fecha | Víctimas | Nº de afectados | Pérdidas (USD) |
|-----------------------------|--|---|--|-----------------|--------------------|
| Huracán <i>Sandy</i> | El Caribe y zonas adyacentes de Estados Unidos | Finales de octubre | Más de 230 | ~62 millones | ~70 000 millones |
| Tifón <i>Bopha</i> | Mindanao, Filipinas | Principios de diciembre | Más de 1000 víctimas mortales de las cuales casi 900 desaparecidas | ~6 millones | Más de 49 millones |
| Ola de frío | La mayor parte de Europa y el norte de África | Mediados de enero a principios de febrero | Más de 650 | — | ~660 millones |
| Inundaciones | África occidental | Julio-septiembre | 340 | ~3 millones | 5,8 millones |
| Sequía | Zonas adyacentes de Estados Unidos | Durante todo el año | — | 164 millones | Miles de millones |

LOS 10 PRINCIPALES FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS DEL AÑO

- Las temperaturas mundiales siguieron registrando anomalías positivas; 2012 se situó entre los diez años más cálidos jamás registrados (período de referencia: 1961-1990).
- La extensión del hielo marino ártico siguió disminuyendo hasta alcanzar la menor extensión del hielo marino de todas las registradas.
- Un calor intenso afectó a Canadá, Estados Unidos y Europa.
- Hubo unas condiciones de sequía extrema en Estados Unidos y Europa suroriental.
- África occidental se vio duramente azotada por inundaciones violentas.
- A la población de Europa, el norte de África y el norte de Asia le afectaron gravemente las condiciones de frío y nieve extremas.
- En Pakistán se dieron graves inundaciones por tercer año consecutivo.
- El huracán *Sandy*, que fue el ciclón tropical más costoso del año, destruyó la costa oriental de Estados Unidos.
- El tifón *Bopha*, que fue el ciclón tropical que más vidas se cobró en 2012, azotó Filipinas en diciembre.
- El agujero de ozono en la Antártida fue el segundo más pequeño de los últimos 20 años.

Figura 8. Izquierda: Promedio mundial de la fracción molar del CO_2 a) y su índice de crecimiento b) desde 1984 hasta 2011. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b). Centro: Promedio mundial de la fracción molar del CH_4 a) y su índice de crecimiento b) desde 1984 hasta 2011. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b). Derecha: Promedio mundial de la fracción molar del N_2O a) y su índice de crecimiento b) desde 1980 hasta 2011. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b).



desde que empezaran los registros el 26 de septiembre de 1979, con 19,4 millones de kilómetros cuadrados. Ese valor superó el récord máximo anterior de 19,36 millones de km^2 , establecido el 21 de septiembre de 2006.

Capa de hielo de Groenlandia

A principios de julio la superficie de la capa de hielo de Groenlandia registró un deshielo de la superficie sin precedentes y se estima que el 97 por ciento de la capa de hielo se vio afectada por el deshielo de la superficie a mediados de julio. Esta ha sido la mayor superficie de hielo fundido desde que empezaran los registros satelitales hace 34 años. Durante el verano se suele observar un deshielo de la superficie de casi la mitad de la capa de hielo de Groenlandia, sobre todo en las elevaciones más bajas. Sin embargo, en 2012, a causa de un sistema de altas presiones, se dieron condiciones más cálidas de lo normal que propiciaron este excepcional deshielo.

PRINCIPALES FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS Y SUS EFECTOS

En 2012 se produjeron anomalías y fenómenos climáticos importantes en todo el mundo. Algunas zonas del hemisferio norte se vieron especialmente afectadas al producirse en ellas múltiples fenómenos extremos, como olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas, sequías e incendios de monte, precipitaciones e inundaciones extremas, nevadas y frío extremo, y ciclones tropicales.

ESTADO DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA ATMÓSFERA EN 2011

El análisis de las observaciones del programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM muestra que los promedios mundiales del coeficiente de concentración¹ del dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) alcanzaron nuevos índices elevados en 2011. (No se han recopilado aún los datos correspondientes a 2012).²

1 Por "coeficiente de concentración" se entiende la cantidad de un componente en una mezcla (por ejemplo, un gas concreto de efecto invernadero) en relación con otros componentes (sin contar el vapor de agua). El coeficiente de mezclado es equivalente al término más técnico de "fracción molar". Para expresar el coeficiente de mezclado se utilizan las siguientes unidades:

2 ppm = número de moléculas de gas por millón de moléculas de aire seco,

ppb = número de moléculas de gas por mil millones de moléculas de aire seco,

ppt = número de moléculas de gas por billón de moléculas de aire seco.

Los datos de gases de efecto invernadero se proporcionan al Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero en verano del año siguiente al año observado, pero a causa de la necesidad de realizar un proceso de calibración posterior y de control de calidad de las observaciones de gases de efecto invernadero en las redes de medida, los resultados del análisis a nivel mundial no se presentan hasta noviembre del año siguiente al año observado, lo que supone un retraso de un año en la comunicación de los datos. Por lo tanto, los resultados del análisis mundial de 2012 no estarán disponibles hasta noviembre de 2013.

El promedio mundial del coeficiente de concentración del CO_2 en 2011 ascendió a $390,9 \pm 0,1$ ppm, un 40 por ciento por encima del nivel preindustrial (anterior a 1750). El incremento anual de 2010 a 2011 fue de 2,0 ppm, cifra superior al índice de crecimiento medio correspondiente al decenio de 1990 ($\sim 1,5$ ppm al año) e igual al del último decenio ($\sim 2,0$ ppm al año).

En 2011, el coeficiente de concentración del CH_4 en la atmósfera alcanzó un nuevo nivel de 1813 ± 2 ppb en 2011, un 159 por ciento superior al nivel preindustrial. El índice de crecimiento del CH_4 disminuyó de aproximadamente 13 ppb anuales a principios del decenio de 1980 a prácticamente cero entre 1999 y 2006. Sin embargo, desde 2007, este índice ha ido aumentando de nuevo, y de forma casi constante durante los últimos tres años.

El promedio mundial del coeficiente de concentración del N_2O en 2011 fue de $324,2 \pm 0,1$ ppb, lo que representa 1,0 ppb más que en 2010 y un 20 por ciento por encima del nivel preindustrial. El incremento anual de 2010 a 2011 fue superior al índice de crecimiento medio de los últimos diez años (0,78 ppb al año). El índice anual de gases de efecto invernadero de la NOAA fue de 1,30 en 2011, lo que corresponde a $2,84 \text{ W/m}^2$ (vatios por metro cuadrado) del forzamiento radiativo de la atmósfera debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración, respecto de 1750.

El índice anual de gases de efecto invernadero revela que el forzamiento radiativo de la atmósfera debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración ha aumentado en un 30 por ciento desde 1990 y de un 1,2 por ciento de 2010 a 2011. En 2011 el forzamiento radiativo de la atmósfera debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración correspondió a un coeficiente de concentración del CO_2 equivalente a 473 ppm (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

EL OZONO EN LA ANTÁRTIDA

El agujero de ozono en la Antártida en 2012 fue menos importante que en los años inmediatamente anteriores, con una extensión máxima diaria de 21,1 millones de km^2 , la segunda más pequeña de los últimos 20 años. La dimensión

media de la extensión del agujero de ozono a lo largo del período comprendido entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre de 2012 fue de 17,8 millones de km^2 .

La capa de ozono alcanzó su extensión mínima diaria el 1 de octubre de 2012, con 124 unidades Dobson (DU), lo que corresponde al segundo valor más alto en 20 años.

Dos factores contribuyeron a esta evolución en 2012. En primer lugar, la temperatura de la estratosfera en la región del Polo Sur fue ligeramente más elevada que en los últimos años, lo que generó una menor extensión de las nubes estratosféricas polares en comparación con años más recientes, si bien la temperatura de la estratosfera de la Antártida fue más elevada en 2010. Las temperaturas estratosféricas relativamente suaves de 2012 tendrían que haber favorecido un agujero de ozono moderadamente débil, situado probablemente entre el agujero de ozono de 2010 (relativamente débil) y el de 2011 (relativamente cercano a los valores normales).

En segundo lugar, la estratosfera de la Antártida estuvo inusualmente activa en 2012, lo que ocasionó el transporte de aire rico en ozono desde latitudes cercanas hasta la región del Polo Sur. Este aire rico en ozono actuó a modo de tapadera sobre las masas de aire pobre en ozono de la capa inferior, lo que tuvo como consecuencia valores bajos en la zona del agujero de ozono (a saber, la zona de la región en que el ozono total es inferior a 220 DU). Estos valores bajos se registraron a pesar de que la zona de menor concentración de ozono se situó como siempre entre 14 y 20 km de altitud.

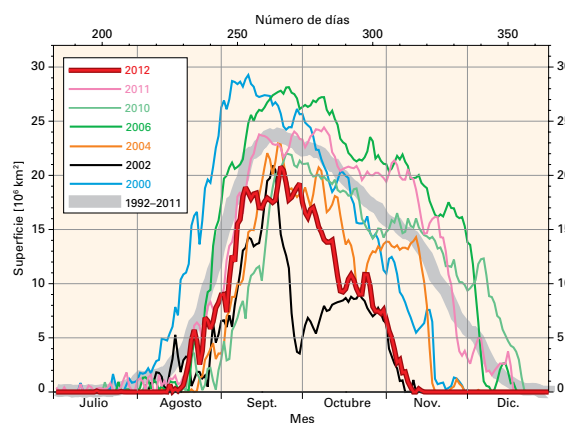


Figura 9. Extensión diaria (en millones de km^2) del agujero de ozono sobre la Antártida en 2012 comparado con los dos agujeros de ozono anteriores (2011 y 2010). Se muestran también a modo de ejemplo otros dos años (2004 y 2002) en los que se registraron agujeros de ozono leves. Se presentan también los mayores agujeros de ozono registrados (en 2000 y 2006). El gráfico ha sido elaborado por la OMM y está basado en datos del *Multi Sensor Re-analysis* (MSR) del Real Instituto Neerlandés de Meteorología. Se puede consultar más información sobre las series de datos del MSR en el siguiente enlace http://www.knmi.nl/research/climate_chemistry/ck.php?item=news_archive&year=2010&month=nov.

Características climáticas regionales

AFRICA

Temperatura y precipitación

En gran parte de África se dieron temperaturas superiores a las normales durante el año, dándose las temperaturas más anormalmente altas en zonas del norte de África. En Túnez, 2012 se situó entre los diez años más cálidos desde 1950. En lo referente al África oriental, las temperaturas máximas fueron superiores a la media en Kenya durante los meses de enero y febrero. En algunas zonas las temperaturas máximas, particularmente en enero, fueron las más elevadas desde las registradas en 2000. En Sudáfrica, las anomalías de la temperatura media anual relativas a 2012 basadas en datos preliminares de estaciones se situaron 0,23 °C por encima de la media del período 1961-1990. Las temperaturas medias de los 16 últimos años estuvieron todas por encima de las normales.

La precipitación estival en el hemisferio norte y en el África subsahariana fue superior a la media. La precipitación en la mayor parte del África occidental, particularmente en Senegal, el sur de Mauritania, el oeste y el este de Malí, Níger y el norte de Burkina Faso fue un 40 por ciento superior a la normal. En muchos países situados en el Golfo de Guinea y en África oriental las precipitaciones fueron escasas y se registró tan solo el 70 por ciento del nivel normal de precipitación.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

Las olas de calor afectaron al norte de África durante todo el año. Marruecos padeció su peor ola de calor en junio y de mediados de julio a principios de agosto, con lo que se batieron nuevos récords de temperatura. En algunos lugares los nuevos

récords de temperatura se situaron 2 a 3 °C por encima del récord anterior.

Sequía

En el noreste de Kenya se registraron precipitaciones inferiores a la media durante la estación de lluvias, que tiene lugar de marzo a mayo, en particular en la ciudad de Garissa, donde se registró la insignificante cantidad de 19,2 mm, que corresponde a un 13 por ciento de los valores normales y al segundo valor más bajo registrado desde 1959.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En muchas zonas del oeste de África y el Sahel, en particular en Níger y Chad, hubo graves inundaciones entre julio y septiembre debido a una temporada de monzones de intensa actividad. Las lluvias fuertes provocaron importantes inundaciones en 23 Estados de Nigeria. El tiempo peligroso afectó a cerca de tres millones de personas y causó 300 víctimas mortales. Las inundaciones destruyeron tierras agrícolas, casas y escuelas, y provocaron brotes de cólera y otras enfermedades. Las lluvias torrenciales causaron inundaciones en varias partes de Níger y destruyeron miles de casas, afectando a más de 480 000 personas y causando la muerte de casi 100 personas.

En varias zonas de la República Unida de Tanzania cayeron fuertes lluvias en varias ocasiones durante el mes de abril, lo que provocó crecidas repentinas. En Kenya hubo lluvias sin precedentes en mayo y agosto, así como durante la temporada "corta" de lluvias (de octubre a diciembre). Se registró una serie continuada de lluvias intensas en la parte occidental de Kenya durante la temporada corta de lluvias, que se atribuyó a una fase positiva de Dipolo del océano Índico. Algunos ríos se desbordaron y causaron inundaciones, arrastrando a varias personas y obligando a otras a desplazarse, y destrozando infraestructuras en la cuenca del Lago Victoria.

El 17 de enero se observaron lluvias fuertes en las zonas del noreste de Sudáfrica provocadas por la tormenta tropical Dando, lo que aumentó el flujo fluvial y el nivel de las presas y causó inundaciones locales. Durante el mes de junio se observaron amplias inundaciones en Ciudad del Cabo y en Puerto Elisabeth, que causaron el desplazamiento de miles de personas. En agosto volvieron a producirse inundaciones en algunas zonas bajas de Ciudad del Cabo. Tras las fuertes lluvias registradas en Cabo Oriental los días 20 y 21 de octubre se produjeron daños que obligaron a cerrar indefinidamente las rutas principales que conectan East London con Puerto Elisabeth.

Gente en la playa durante una ola de calor en Casablanca, julio de 2012.



Frío extremo y nevadas

El frío afectó a zonas del norte de África de finales de enero a mediados de febrero y en algunos países se establecieron nuevos récords de temperaturas mínimas. El 13 de febrero la temperatura descendió a -3°C en Kenitra (Marruecos), con lo que se alcanzó un nuevo récord en ese lugar, que hasta entonces había sido de $0,8^{\circ}\text{C}$, y fue también la primera vez que con instrumental moderno se registraban temperaturas bajo cero en esa zona costera. Mientras tanto, en Túnez se dio la ola de frío más intensa desde 2002.

ASIA

Temperatura y precipitación

En 2012 se dieron temperaturas más cálidas que la media en la mayor parte de las zonas del oeste y el sur de Asia. El calor fue particularmente notable en el noroeste de Asia. Sin embargo, en algunas zonas de Asia central las temperaturas estuvieron por debajo de la media.

En la Federación de Rusia, en su conjunto, el invierno, la primavera y el verano fueron cálidos y las anomalías de la temperatura se situaron por encima de la media del período 1961-1990. Abril fue el mes más cálido de los tres meses de primavera del hemisferio norte respecto de los valores normales y las anomalías de la temperatura mensual media registrada superaron los 7°C en varias regiones. El verano de 2012 fue el segundo más cálido jamás registrado por detrás del récord del verano de 2010, y el otoño fue el cuarto más cálido desde que se iniciaran los registros en 1891.

Mientras que en China se dieron temperaturas superiores a las normales durante la primavera y el verano, las temperaturas fueron inferiores a la media durante el invierno y el otoño. En términos generales, la temperatura anual del país en 2012 fue de $9,4^{\circ}\text{C}$, es decir $0,2^{\circ}\text{C}$ inferior a la media del período 1981-2010. La temperatura media de la estación del monzón de verano en India se situó $0,61^{\circ}\text{C}$ por encima de la media del período 1961-1990, lo que constituyó el segundo año de monzones más cálido desde 1901, después de 2009 y 1987 ($+0,80^{\circ}\text{C}$). En 2012 las temperaturas mensuales en Tailandia se situaron por encima de la media, y en noviembre y diciembre se registraron anomalías de entre 2 y 3°C por encima de la media.

En 2012 la precipitación anual en China fue de $669,3\text{ mm}$, un $6,3$ por ciento superior al promedio.



Mujer cruzando una calle inundada en Wuhan, provincia de Hubei, China, mayo de 2012.

En Beijing y Tianjin, al norte de China, el volumen de precipitaciones fue el mayor en 35 años. En India fue tan solo del 69 por ciento de la media. Las precipitaciones observadas durante la estación previa al monzón (de marzo a mayo) fueron las más bajas desde 1901. Las precipitaciones caídas durante la estación del monzón en el país en su conjunto fueron inferiores a lo normal (el 93 por ciento de la media) y se caracterizaron por una notable variabilidad espacial y temporal.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

Durante abril y mayo hubo unas temperaturas excepcionalmente altas en la mayor parte de China, registrándose en la mayoría de las regiones anomalías mensuales de hasta 5°C por encima de la media del período 1961-1990. El 30 de abril se registró una temperatura media diaria de $28,5^{\circ}\text{C}$ en Hong Kong, China, que se situó a nivel de la alcanzada el 26 de abril de 1994, es decir, la máxima temperatura de abril desde que se iniciaran los registros en 1884. El 3 de mayo se dio una temperatura mínima de $28,0^{\circ}\text{C}$ en Hong Kong, China; nunca antes se había dado una "noche calurosa" (con una temperatura mínima igual o superior a 28°C) tan pronto en el año.

En el sur y el centro de China se registró una ola de calor de finales de junio a mediados de julio, lo que provocó un incremento del consumo eléctrico de hasta $3,8$ gigavatios en la ciudad de Changsha el 9 de julio, el mayor jamás registrado. El calor siguió

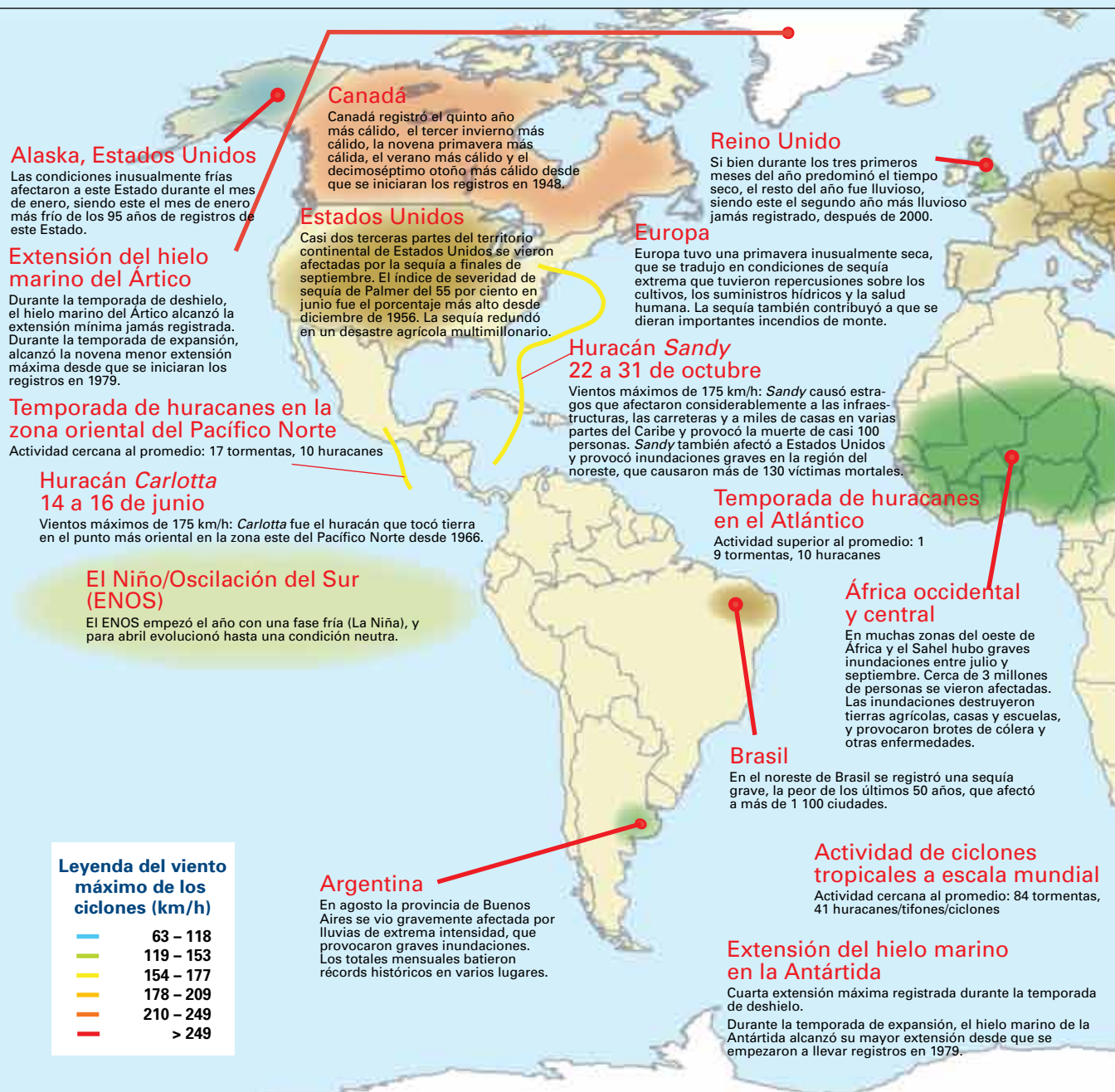
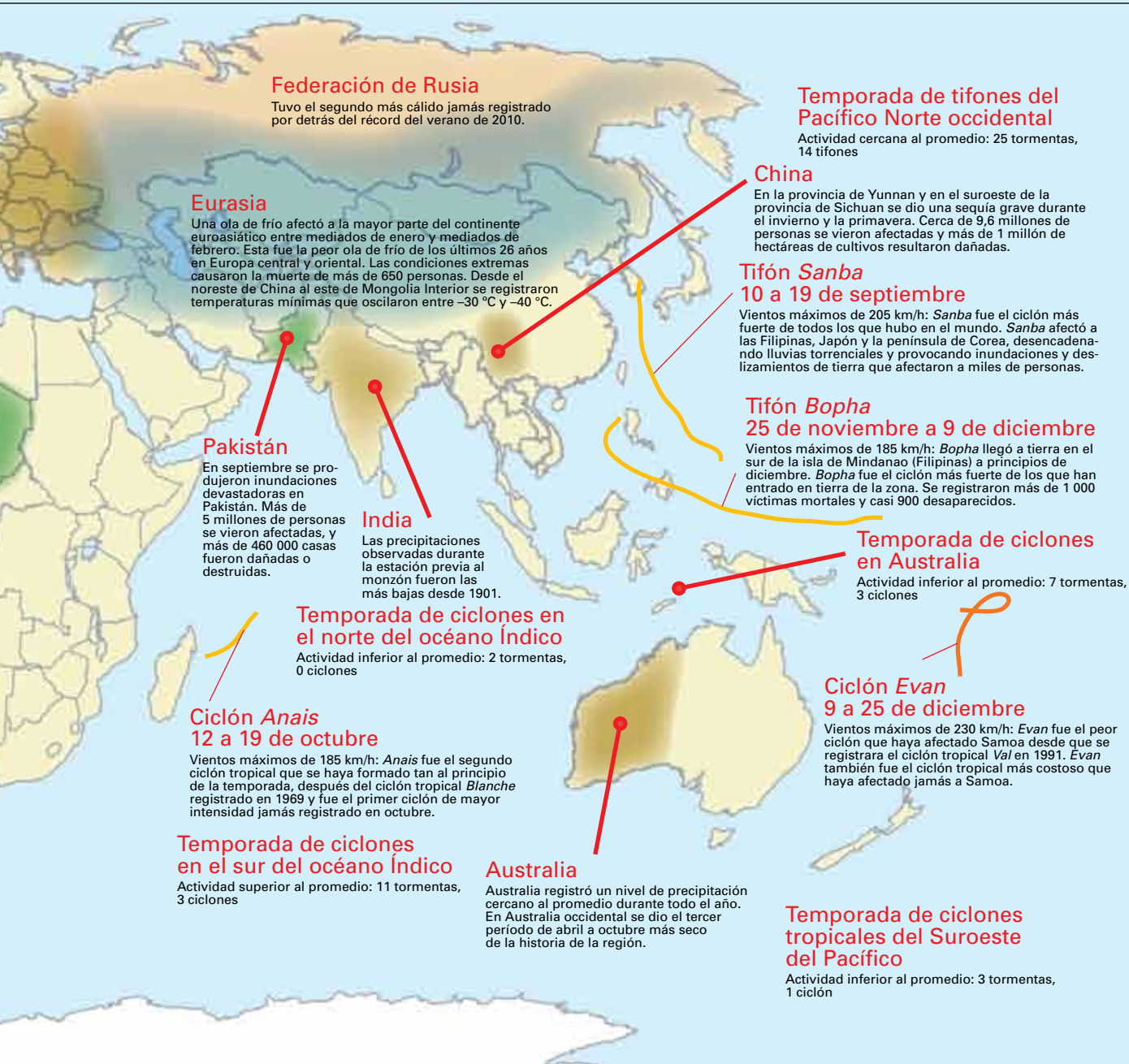


Figura 10. Anomalías y fenómenos climáticos importantes producidos en 2012
(Fuente: Centro Nacional de Datos Climáticos, NOAA, Estados Unidos)



CATEGORÍAS DE CICLONES TROPICALES

“Huracán”, “ciclón” y “tifón” son términos diferentes que designan el mismo fenómeno meteorológico, caracterizado por lluvias torrenciales y por una velocidad máxima de los vientos sostenidos (en la zona cercana al ojo) superior a 119 km/h. Según la región, ese fenómeno recibe las denominaciones siguientes:

- Huracán: Atlántico Norte occidental, parte central y oriental del Pacífico Norte, mar Caribe y golfo de México;
- Tifón: Pacífico Norte occidental;
- Ciclón: bahía de Bengala y mar Arábigo;
- Ciclón tropical severo: Pacífico suroccidental y océano Índico suroriental;
- Ciclón tropical: océano Índico suroccidental.

afectando a zonas del sur de China en agosto, y en Hong Kong, China ese mes fue el más caluroso jamás registrado.

Una ola de calor intensa afectó a zonas de India del 29 de mayo al 6 de junio. Entre las regiones afectadas se encontraban Uttarakhand (área montañosa del oeste del Himalaya), Uttar Pradesh, Bihar, Jharkhand y zonas de Orissa, Bengala Occidental y la zona costera de Andhra Pradesh. El calor intenso dio lugar a temperaturas máximas que, en general, alcanzaron 45 °C o más y causaron la muerte de 500 personas.

Durante la ola de calor que se produjo de mediados de julio a principios de agosto las temperaturas máximas diarias se situaron entre 29 y 37 °C en zonas del centro de la Federación de Rusia. En el norte de Japón se registró un calor intenso desde finales de agosto hasta mediados de septiembre debido a un reforzamiento significativo del anticiclón del Pacífico Norte, lo que provocó un récord de temperatura media durante diez días a mediados de septiembre, con una anomalía de 5,5 °C superior a la media del período 1981-2010.

Sequía e incendios de monte

En China, en la provincia de Yunnan y en el suroeste de la provincia de Sichuan, se dio una sequía grave durante el invierno y la primavera. Cerca de 9,6 millones de personas se vieron afectadas, más de un millón de hectáreas de cultivos resultaron dañadas y las pérdidas económicas directas ascendieron a más de 780 millones de dólares. Si bien en la mayor parte del sur de China se registraron niveles desde casi normales hasta superiores a la media durante todo el año, el nivel de precipitaciones en Hong Kong, China fue inferior a la media, y tan solo alcanzó el 80 por ciento de la media de precipitaciones de los años 1981 a 2010 durante ese mismo período. Por otra parte, los valores de pluviosidad observados en agosto fueron los más bajos desde 1992.

Varias zonas del oeste de la Federación de Rusia y del oeste de Siberia se vieron afectadas por la sequía durante junio y julio, lo que provocó pérdidas y daños a las cosechas por valor de cerca de 630 millones de dólares.

La sequía estuvo presente en zonas de la República Islámica del Irán durante todo el año. En la región suroeste se dio una sequía moderada a intensa de noviembre de 2010 a noviembre de 2012. Estas condiciones meteorológicas secas contribuyeron al desencadenamiento de incendios de monte.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En partes del sur de China se dieron las lluvias más fuertes de los últimos 32 años, debido a las lluvias torrenciales que cayeron del 5 de abril al 15 de mayo. Del 21 al 22 de julio se observaron lluvias torrenciales en Beijing, Tianjin y Hebei, y varias estaciones registraron el mayor nivel de precipitaciones diarias de la historia. En Mentougou se registró el impresionante récord de 305,2 mm de precipitación en un día. Estas lluvias extremas causaron cerca de 4 500 millones de dólares de pérdidas económicas y la muerte de 114 personas.

En zonas del oeste de la Federación de Rusia se registraron episodios de precipitaciones extremas e inundaciones devastadoras de mayo a octubre y, de agosto a septiembre, en la parte sur del extremo oriental del país. El 21 de mayo se dieron 110 mm de precipitación en la parte oriental del territorio de Krasnodar en menos de dos horas. Las lluvias copiosas provocaron crecidas que inundaron cerca de 50 casas. A principios de julio se volvieron a observar lluvias torrenciales en la zona, que provocaron inundaciones devastadoras, causaron la muerte de casi 200 personas, inundaron más de 5 500 casas y destruyeron infraestructuras en la ciudad de Krymsk. Los daños se calcularon en cerca de 630 millones de dólares. El 2 de agosto se observaron inundaciones extremas en el territorio de Khabarovsk, donde el nivel fluvial subió 10 metros. Las lluvias fuertes inundaron carreteras, cultivos y 60 casas, y destruyeron un puente.

Las lluvias copiosas que se dieron durante la última semana de junio provocaron graves inundaciones en Assam, al noroeste de India, que causaron 120 víctimas. Un chubasco registrado durante la noche del 13 de septiembre en Uttarakhand (zona montañosa del oeste del Himalaya) se llevó muchos hogares y se cobró la vida de al menos 70 personas.

En septiembre se dieron inundaciones devastadoras en Pakistán. Las lluvias debidas al monzón provocaron inundaciones y víctimas mortales en todo el país, siendo las regiones de Balochistan, Punjab y Sindh las más afectadas. Más de cinco millones de personas y más de 400 000 hectáreas de cultivos se vieron afectadas, y más de 460 000 casas e infraestructuras fueron dañadas o destruidas.

Entre el 12 y el 13 de octubre se registraron lluvias copiosas en zonas de las provincias de Golestán, Mazandarán y Gilán en la República Islámica del Irán, lo que provocó inundaciones que se cobraron la vida de seis personas y causaron daños a la

agricultura, zonas residenciales y carreteras. Las pérdidas económicas se calcularon en más de 47 millones de dólares.

Frío extremo y nevadas

En China se dieron dos cortos períodos de frío que tuvieron efectos significativos. De mediados de enero a mediados de febrero se registraron temperaturas mínimas que oscilaron entre -30°C y -40°C desde el noreste de China al este de Mongolia Interior, lo que afectó a cerca de 41 000 personas, destruyó 25 000 casas y causó pérdidas económicas directas equivalentes a 1,8 millones de dólares. Estas condiciones de frío hicieron que en la región se registrara la temperatura mínima media más baja ($-25,6^{\circ}\text{C}$) desde 1991 y la cuarta más baja desde que se iniciaran los registros nacionales en 1951.

La nieve cayó también en otras zonas del país, y el 9 de febrero se registró un total de 91,5 mm en Nyalam, lo que corresponde al nivel más alto de nieve caída en un día jamás registrado. El segundo período corto de frío tuvo lugar del 22 al 23 de agosto en algunas zonas del país y afectó a 125 000 hectáreas, los daños más graves causados por el frío desde 1961. Cerca de 400 000 personas se vieron afectadas por el frío y las pérdidas económicas ascendieron a 25,7 millones de dólares.

AMÉRICA DEL SUR

Temperatura y precipitación

En 2012 la temperatura media en América del Sur se mantuvo casi siempre por encima de la media. La persistencia de las anomalías positivas de entre 1 y 2°C afectó a la zona septentrional de América del Sur, Brasil, Paraguay y el norte de Argentina. El calor persistente que se dio en Argentina durante todo el año hizo que 2012 fuera el año más cálido desde 1961, con $0,78^{\circ}\text{C}$ por encima de la media

del período 1961-1990. Este valor superó la cifra récord de 2006 en $+0,22^{\circ}\text{C}$. La primavera de 2012 fue la más cálida jamás registrada en el país.

La precipitación fue superior a la media desde enero hasta marzo en la zona occidental del norte de América del Sur y en Argentina, y se registraron anomalías que oscilaron entre 50 y 250 mm. Por el contrario, en Brasil se observó un nivel de precipitación por debajo de lo normal durante la mayor parte del año, que alcanzó el punto más bajo durante marzo y mayo, con un déficit de 300 mm. Esta situación tuvo graves repercusiones en la región septentrional.

En la República Bolivariana de Venezuela, Colombia, Suriname y Guyana se registraron lluvias inferiores a la media desde abril hasta finales de año. A partir de agosto se dieron precipitaciones superiores a la media en la región central de Argentina y la primavera del hemisferio sur (de septiembre a noviembre) fue sumamente lluviosa para la región.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

Una ola de calor entre moderada y fuerte afectó a zonas del centro de Argentina durante los diez primeros días de enero. El calor intenso hizo que se batieran numerosos récords de temperatura y provocó cortes en el suministro de energía.

Sequía

En el noreste de Brasil, tras varios años de precipitaciones entre casi normales y por encima de lo normal, hubo una sequía grave durante la temporada húmeda de 2012. Esta sequía afectó a más de 1 100 ciudades y puso en peligro la vida de los habitantes locales y su ganado. Este fue el nivel de precipitación más bajo registrado en la región en los últimos 50 años.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En la zona septentrional de América del Sur, varias zonas de Colombia se vieron afectadas por precipitaciones intensas durante la mayor parte del año, registrándose en algunas regiones totales diarios de entre 150 y 250 mm. Durante los cuatro primeros meses del año La Niña influyó en el clima de Colombia, lo que provocó lluvias fuertes en algunas zonas del país, que llevaron al desbordamiento de ríos y causaron inundaciones que afectaron a miles de personas. En Istmina (Chocó), zona septentrional del país, el 31 de marzo se registraron 251 mm de precipitación, lo que corresponde al mayor nivel registrado en 24 horas en el mes de marzo.



Hombre arreando vacas lecheras en la ciudad de Totoras, norte de Buenos Aires, febrero de 2012.

En agosto la provincia de Buenos Aires (Argentina) se vio afectada por lluvias de extrema intensidad, que provocaron graves inundaciones y evacuaciones. Los totales mensuales batieron récords históricos (desde 1875) en varios lugares del centro y en zonas del norte de Argentina, y en algunos lugares alcanzaron niveles de casi el doble que los registros anteriores relativos al mes de agosto. El 6 de diciembre una tormenta violenta ocasionó lluvias fuertes en Buenos Aires. En unas cuantas horas se acumularon 122 mm de precipitación, que fue la segunda cantidad de lluvia diaria más alta registrada desde 1906. El 19 de diciembre, en la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, cayeron lluvias intensas que registraron un total de 178 mm acumulados en 12 horas, la segunda cantidad de lluvia diaria más alta registrada desde 1935.

Nevadas

Ushuaia (Argentina), la ciudad más meridional del mundo, se vio afectada por fuertes nevadas en junio, igualando el récord de 19 días de nevadas de junio de 1986 y 1995.

AMÉRICA DEL NORTE, AMÉRICA CENTRAL Y EL CARIBE

Temperatura y precipitación

En toda América del Norte, en las zonas adyacentes de Estados Unidos y en Canadá se registraron

temperaturas anormalmente altas durante todo el año. El invierno del hemisferio norte (de diciembre de 2011 a febrero de 2012) fue el tercero más cálido de Canadá y de los territorios adyacentes de Estados Unidos desde que se iniciaran los registros en 1948 y 1895, respectivamente.

En Canadá se dio el verano más cálido (de junio a agosto) jamás registrado, y en las zonas adyacentes de Estados Unidos se registró la primavera más cálida (de abril a mayo) y el segundo verano más cálido hasta esa fecha. En otoño (de septiembre a noviembre) las temperaturas fueron más bajas en partes de las zonas adyacentes de Estados Unidos y en Canadá. En general, en las zonas adyacentes se registró el año más cálido del que se tienen datos, aproximadamente 1,8 °C por encima de la media del siglo XX (1901-2000).

Si bien en la mayor parte de América del Norte se dieron temperaturas anormalmente altas durante enero, en Alaska predominaron las condiciones inusualmente frías, siendo este el mes de enero más frío de los 95 años de registros de este Estado.

En México se registraron temperaturas superiores a la media durante todo el año. Febrero fue el único mes en que se dieron temperaturas más frías de lo normal en partes del país. En el Caribe las temperaturas estivales se situaron por encima de la media, en particular en algunos lugares de las Antillas Mayores, donde se batieron récords

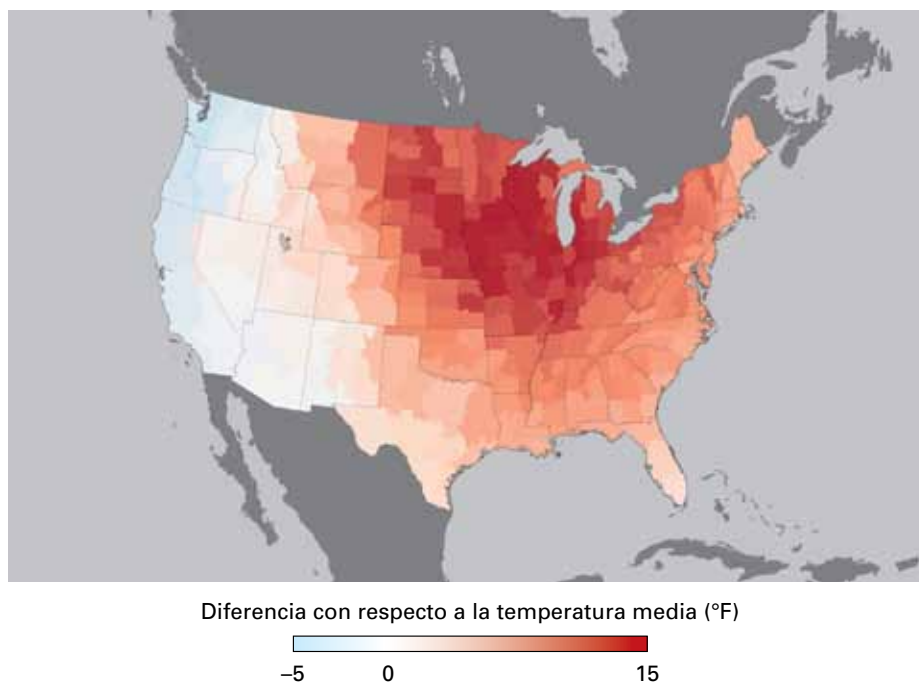


Figura 11. Anomalías de la temperatura (°F) relativas al período 1961–1990 para marzo de 2012 en las zonas adyacentes de Estados Unidos
(Fuente: Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera)

sin precedentes de junio a noviembre. En el área metropolitana de San Juan (Puerto Rico) el verano de 2012 fue el tercero más cálido jamás registrado y junio de ese mismo año el mes más cálido del que se tienen datos.

En Canadá se observaron precipitaciones cercanas a las normales, tan solo un uno por ciento por encima de la media del período 1961-1990. El invierno del período 2011-2012 fue el segundo más seco que se haya registrado nunca, situándose las temperaturas un 18 por ciento por debajo de la media. Las precipitaciones estuvieron cerca de la media durante las demás estaciones. En la mayor parte de las zonas adyacentes de Estados Unidos hubo precipitaciones inferiores a la media, situándose la media nacional en 674,9 mm, es decir, 65,3 mm por debajo de la media del período 1901-2000. Si bien en muchos Estados se registraron precipitaciones inferiores a la media durante todo el año, tan solo en los Estados de Nebraska y Wyoming se dio el año más seco jamás registrado.

En el Caribe las precipitaciones se situaron en la media o por debajo de la media durante la temporada húmeda (de junio a noviembre), siendo junio y septiembre meses muy secos en toda la región. En junio se registraron totales de 3,1 mm y 4,1 mm en San Martín y San Juan (Puerto Rico) respectivamente, siendo este el junio más seco de los 60 años de registro de ambos lugares. Otras islas en que se registró el mes de junio más seco fueron Santo Tomás (el segundo más seco), Santa Cruz (el tercero más seco) y Antigua (el tercero más seco). En Santo Tomás y Antigua se dio el mes de septiembre más seco jamás registrado. Durante la estación seca (de enero a mayo) se registró el 245 por ciento de la precipitación normal, lo que constituyó el período más húmedo en 27 años.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

Durante el año se produjeron importantes olas de calor en el hemisferio norte, dándose las más destacadas a principios de la primavera (de marzo a mayo) en toda América del Norte. Durante la mayor parte de marzo se registraron temperaturas estivales en casi toda América del Norte.

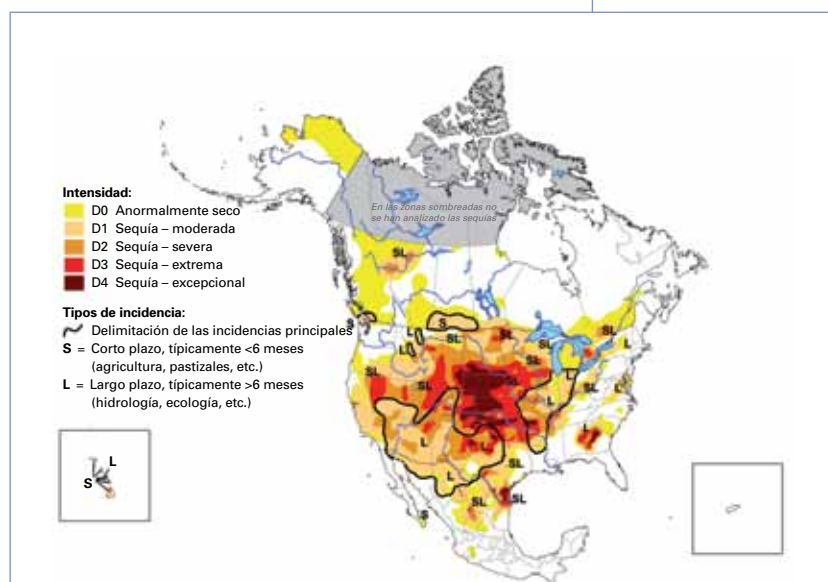
En Canadá las temperaturas se acercaron a los récords establecidos, incluso estuvieron cerca de batir nuevos récords, lo que hizo que marzo fuera el mes más cálido registrado en la región de las praderas canadienses, los Grandes Lagos y la cuenca del río San Lorenzo. En ese mes se

alcanzaron niveles históricos de temperatura máxima en muchos lugares de Canadá. El 19 de marzo se dio una temperatura máxima de 20,9 °C en Winnipeg, primer día del año en que se registraron temperaturas por encima de 20 °C. El 21 de marzo se observó una temperatura máxima de 28,8 °C en Petawawa, el nivel más alto jamás registrado en Ontario en marzo. Este valor superó el récord anterior en 16,6 °C. El 22 de marzo se dio en Halifax una temperatura máxima de 27,2 °C, pulverizando el récord anterior de 11,8 °C alcanzado en 1983.

En Estados Unidos las extraordinarias olas de calor dieron lugar a cerca de 15 000 nuevos récords diarios de temperaturas máximas y mínimas en marzo, con lo que prácticamente se duplicó el número de récords alcanzados durante la ola de calor de agosto de 2011. Durante ese mes todos los Estados registraron altas temperaturas diarias sin precedentes. En algunos casos las temperaturas mínimas fueron tan o más altas que los anteriores récords de temperatura máxima en la misma fecha.

La zona más afectada fue la del Medio Oeste de Estados Unidos, donde la temperatura se situó, en general, entre 11 y 17 °C por encima de la media, registrándose en algunos lugares el marzo más cálido de la zona. En algunos casos la diferencia entre el nuevo récord y el anterior fue de entre 8 y 11 °C. El calor extremo contribuyó a que marzo de 2012 fuera el más cálido jamás registrado en las zonas adyacentes de Estados Unidos. El calor prevaleció hasta el verano del hemisferio norte (de junio a agosto), lo que intensificó la sequía y provocó incendios de monte.

Figura 12. Estado de la sequía en América del Norte a finales de septiembre de 2012 (Fuentes: Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA, en colaboración con el Departamento de agricultura de Estados Unidos, el Centro de Predicción Climática de la NOAA y el Centro Nacional de Mitigación de Sequías, Estados Unidos, el Ministerio del Medio Ambiente y de Agricultura y Agroalimentación de Canadá, y la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional, México)





Bombero rociando agua durante la erradicación de un incendio en el Bosque Nacional Boise, Idaho, Estados Unidos, agosto de 2012.

Sequía e incendios de monte

Según el United States Drought Monitor (sistema de vigilancia de la sequía de los Estados Unidos), el año comenzó con una sequía de magnitud intensa a excepcional en el sur y el centro de las zonas adyacentes de Estados Unidos, así como en el sureste de la región y en la mitad norte de México. En las planicies del sur de Estados Unidos la sequía de 2012 fue la prolongación de la grave sequía que afectó a la región en 2011. Esta siguió afectando a Estados Unidos a lo largo de 2012, mejorando en algunas zonas y empeorando en otras. De acuerdo con datos del United States Drought Monitor, el 25 de septiembre casi dos tercios de las zonas adyacentes de Estados Unidos (el 65,5 por ciento) padecían una sequía de magnitud moderada a excepcional y fue el día de mayor extensión y alcance de la sequía en los 13 años de historia del United States Drought Monitor.

En general, la sequía afectó a aproximadamente 164 millones de personas y causó miles de millones de pérdidas en el sector agrícola, y su repercusión fue la más grave y extensa desde la sequía de 1988. Las lluvias del final del verano (de junio a agosto) y del otoño (de septiembre a noviembre) aliviaron bastante la sequía en partes de las zonas adyacentes de Estados Unidos; sin embargo, la sequía persistió hasta finales de año en la mayor parte del oeste y el centro del país.

Las condiciones secas, junto con el calor observado en el hemisferio norte durante la mayor parte de

la primavera y el verano, provocaron incendios de monte devastadores. En las zonas adyacentes de Estados Unidos, a pesar de que el número de incendios de monte durante el año fue el más bajo desde 2000, el número de hectáreas quemadas por incendio durante el mismo período fue el más elevado de la historia de la región.

Entre los incendios de monte registrados en las zonas adyacentes de Estados Unidos cabe destacar los registrados en Nuevo México, Colorado y Oregón. En Nuevo México los incendios comenzaron a mediados de mayo debido a descargas eléctricas ocurridas en la zona muy seca del Bosque Nacional de Gila al oeste del Estado. Los incendios carbonizaron más de 63 000 hectáreas, lo que los convirtió en los mayores incendios de monte de la historia del Estado. En Colorado la temporada de incendios de monte de 2012 fue la peor desde hacía diez años, cuando los incendios quemaron cerca de 102 000 hectáreas. Fueron los incendios más destructivos de la historia del Estado y los segundos mayores jamás registrados en junio. En Oregón se registró también el mayor incendio de monte desde el decenio de 1860.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En las zonas adyacentes de Estados Unidos varias tormentas tropicales aportaron lluvias sumamente necesarias a zonas afectadas por la sequía. La tormenta tropical *Debby* batió el récord de lluvia en Florida, haciendo que el mes de junio fuera el más lluvioso del que se tiene

registro. El huracán *Isaac* provocó lluvias fuertes en los Estados del sur, lo que hizo que ese agosto fuera el segundo más lluvioso jamás registrado en Luisiana y Mississippi.

Las lluvias que se produjeron en toda la región aliviaron la sequía de la parte inferior del valle del Mississippi. En Florida se dio el verano más húmedo de los registrados debido, en parte, a las tormentas. Antes de llegar a tierra, el huracán *Isaac* provocó entre 100 y 200 mm de lluvia en Puerto Rico, registrándose cantidades más importantes en las montañas del interior.

Frío y nevadas

En Estados Unidos, una tormenta de nieve provocó fuertes nevadas en zonas del este de Colorado y Nebraska del 2 al 4 de febrero. En Denver (Colorado) cayeron 40,4 cm de nieve, con lo que se estableció un récord para el mes de febrero y se superó el de febrero de 1912 de 4,6 cm. En el mismo período se registraron 57,5 cm en Boulder y se estableció también un récord para febrero. En Lincoln (Nebraska) se observó un total de 28,2 cm, lo que corresponde a la cuarta mayor nevada jamás registrada en la ciudad en 24 horas.

SUROESTE DEL PACÍFICO

Temperatura y precipitación

En la mayor parte del suroeste del Pacífico la temperatura fue más elevada de lo normal, salvo en el norte de Australia, donde las temperaturas estuvieron por debajo de la media. Sin embargo, en Australia en su conjunto la temperatura fue 0,11 °C superior a la media de 21,81 °C del período 1961-1990. Las temperaturas máximas fueron 0,51 °C superiores a la media.

A pesar de la elevada temperatura media, las temperaturas mínimas se situaron por debajo de la media en el continente australiano, en particular de febrero a agosto, lo que dio lugar a una temperatura mínima a nivel nacional de 0,28 °C por debajo de la media (de enero a diciembre en todo el país). El contraste entre la alta temperatura máxima y la baja temperatura mínima supuso el tercer mayor rango de temperatura diaria registrado, por detrás de los de 1994 y 2000. La temperatura mínima durante el invierno (de junio a agosto) fue la tercera más baja del país en su conjunto.

En 2012, tras dos años muy lluviosos, en Australia se dio un nivel de precipitación cercano al promedio. El año comenzó con precipitaciones cercanas al

promedio en la mayor parte del país durante los meses de enero a marzo, coincidiendo con un episodio de La Niña. Ese marzo fue el tercero más húmedo jamás registrado en el país. Tras disiparse el episodio de La Niña en abril, la precipitación se mantuvo, en general, por debajo de la media en la mayor parte de las regiones del sur del país.

En Nadi (Fiji) se observó un total anual de precipitaciones de 3 548 mm, el mayor volumen registrado en 69 años.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

En varias regiones de Australia las temperaturas máximas superaron con creces el promedio de agosto a diciembre. Cabe destacar que en Evans Head se registró una temperatura máxima de 41,6 °C el 20 de octubre, lo que constituyó la temperatura más elevada jamás registrada en octubre en las zonas costeras de Nueva Gales del Sur. Mientras tanto, en Birdsville se registró el día primaveral de 40 °C más temprano de los registros, al alcanzar una temperatura de 40,6 °C el 20 de septiembre.

Sequía

Tras las intensas lluvias registradas en 2010 y 2011 provocadas por el fenómeno de La Niña, en 2012, en la mayor parte de Australia, las precipitaciones se situaron nuevamente en un nivel cercano a la media. El primer trimestre del año (de enero a marzo) fue mucho más húmedo de lo normal en casi todo el país, ya que el episodio de La Niña persistía. Sin embargo, de abril en adelante se observaron condiciones meteorológicas secas en la mayor parte de las regiones. A nivel nacional, la precipitación total de abril a octubre fue un 31 por ciento inferior a la media, lo que corresponde al undécimo valor más bajo del que se tiene registro.

A nivel regional, en Australia occidental se dio el tercer período de abril a octubre más seco de la historia de la región. En varios lugares del interior de Australia occidental y del norte de Australia meridional se registraron menos de 10 mm de precipitación durante ese período de siete meses. Un indicador de lo secas que fueron las condiciones meteorológicas fue que en el aeropuerto de Alice Springs no llovió en 157 días, del 25 de abril al 28 de septiembre. Este ha sido el período sin lluvia más largo desde que se construyó el aeropuerto hace 71 años.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En toda Australia, los episodios de inundaciones más intensos del año se produjeron a finales de

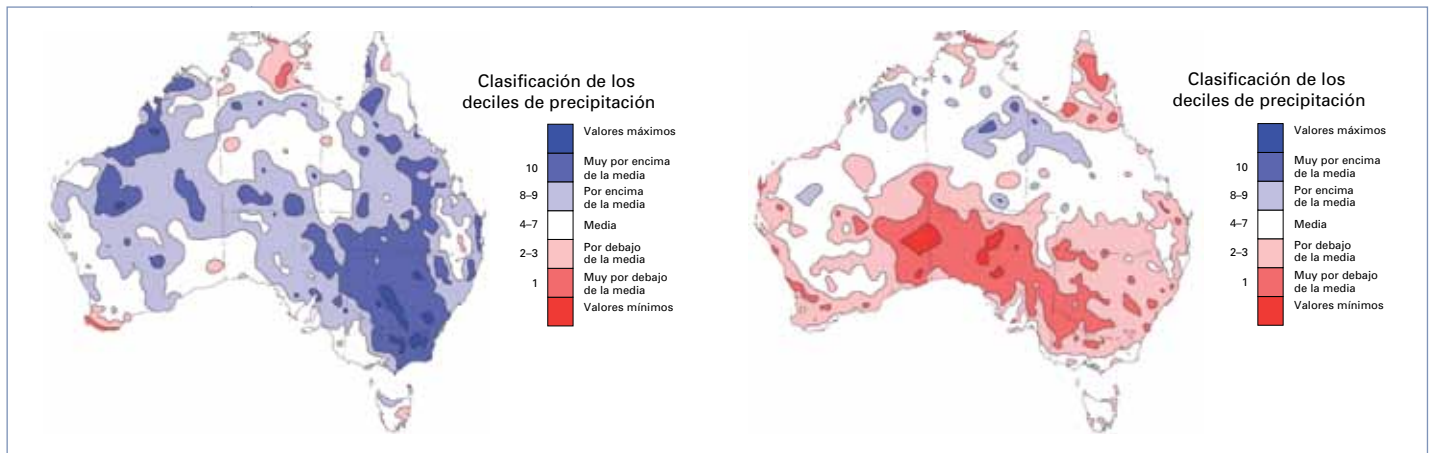


Figura 13. Deciles de precipitación en Australia para el período comprendido entre enero y marzo de 2012 (izquierda) y abril y diciembre de 2012 (derecha) (Fuente: Oficina de Meteorología de Australia)

febrero y principios de marzo, como consecuencia de las lluvias fuertes y persistentes que se dieron en la región, que comprende desde el este de Australia meridional hasta la casi totalidad de la parte interior sur de Nueva Gales del Sur y las zonas limítrofes del norte de Victoria. El 27 de febrero empezó a llover con intensidad y siguió lloviendo hasta el 4 de marzo. Se registraron totales semanales de 200 mm en gran parte del sur de Nueva Gales del Sur y en zonas adyacentes del norte de Victoria.

Los promedios de precipitación de siete días en las cuencas del río Upper Murray (cerca de 295 mm), Murrumbidgee (cerca de 203 mm) y Lachlan (alrededor de 180 mm) fueron de cerca del doble de los valores más elevados jamás registrados para un período de siete días. En algunas zonas de los ríos Murrumbidgee y Lachlan se registraron los mayores volúmenes de crecida desde 1974 y fue necesario evacuar muchas ciudades, entre ellas Wagga Wagga, Hay y Forbes.

Del 21 al 26 de enero hubo graves inundaciones en el norte y el oeste de Fiji. Entre el 22 y el 24 de enero se acumularon más de 200 mm de precipitación en la mayor parte de la División Oeste; se registraron 863 mm en Vatukoula, 818 mm en Tavua, 579 mm en el aeropuerto de Nadi, 552 mm en la zona de la fábrica de Lautoka, 547 mm en la zona de la fábrica de Penang y 513 mm en la zona de la fábrica de Rarawai. Estas importantes cantidades de lluvia sobre suelos saturados provocaron graves inundaciones en las principales ciudades de Nadi, Ba y Rakiraki.

La lluvia fue particularmente fuerte y persistente en la División Oeste y provocó graves crecidas de los principales ríos, cursos de agua y zonas bajas de la División hasta el 31 de enero. En la División Oeste hubo una de las peores inundaciones durante la última semana de marzo.

Nevadas y frío extremo

En el interior de Australia se dieron temperaturas mínimas inusualmente bajas a principios de julio. En Australia meridional hizo especialmente frío y en Yunta se observó una temperatura mínima de $-7,5^{\circ}\text{C}$ el 6 de julio, la temperatura más baja registrada en Australia meridional desde 1983. Se estableció un récord sin precedentes de $-5,0^{\circ}\text{C}$ en Marla el 7 de julio. A mediados de octubre tuvo lugar un episodio de nevadas tardías. En la parte alta de las Montañas Azules, al oeste de Sydney, se registraron entre 15 y 25 cm de nieve, la mayor nevada desde 1984.

EUROPA

Temperatura y precipitación

En Europa se registraron temperaturas más cálidas que la media durante 2012. El calor fue más acusado en el sureste de Europa. En diciembre de 2011, y en la mayor parte de enero de 2012, se observaron temperaturas superiores a la media en toda Europa. El frío solo estuvo presente en la región desde finales de enero hasta mediados de febrero, lo que dio lugar a un invierno generalmente moderado en muchos países de Europa. El frío inusual que se registró desde finales de enero hasta mediados de febrero hizo que muchos países padecieran el mes de febrero más frío de los casi tres últimos decenios.

Tras el período de frío intenso volvieron a observarse temperaturas más cálidas que la media, y en marzo se dieron temperaturas estivales en algunas zonas de Europa. En muchos países las temperaturas de marzo se situaron entre las tres más cálidas: Noruega (la más cálida), Suiza (la segunda más cálida), Países Bajos, Austria, Reino Unido, Francia y Alemania (la tercera más cálida igual en todos ellos). En algunos lugares la media

correspondiente a marzo de 2012 fue superior a la de abril de 2012, situación muy poco usual.

Mientras que en la mayor parte de Europa se observaron temperaturas extraordinariamente cálidas en marzo, en zonas del sureste las temperaturas fueron inferiores a la media. En Armenia y Georgia se dio el segundo marzo más frío desde 1965 y 1961, respectivamente. Durante el resto de la primavera se registraron temperaturas más cálidas que la media en toda Europa, salvo en algunas partes del norte de Europa donde las temperaturas fueron inferiores a la media en abril.

Durante el verano las temperaturas se mantuvieron más cálidas que la media en el sur y el sureste de Europa, Oriente Medio, Groenlandia y Asia occidental, mientras que se observaron temperaturas más frías de las normales en zonas del norte de Europa, incluida la zona septentrional de las Islas Británicas y Escandinavia. En general, el verano de 2012 fue uno de los veranos más cálidos registrados en muchos países de la mitad sur de Europa: el más cálido se observó en Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Serbia, Montenegro, la ex República Yugoslava de Macedonia e Israel (el mismo nivel que en 2010), el segundo más cálido en Hungría y Eslovenia, el tercero más cálido en Austria y el cuarto más cálido en España.

El verano fue también inusualmente cálido en Groenlandia y, en muchas zonas, fue el más cálido del que se tiene registro o alcanzó niveles casi sin precedentes. Por otra parte, en Dinamarca y Reino Unido se dio el verano más frío desde 2000 y 1998, respectivamente, y fue también el más frío registrado en las regiones septentrionales de Suecia en más de 15 años.

En Turquía las temperaturas medias mensuales se situaron por debajo de la media del período 1971-2000 en enero, febrero y marzo, siendo las temperaturas superiores a las normales durante el resto del año. La temperatura media anual del país fue de 14,2 °C, 1,0 °C por encima de la media. En el sur del Cáucaso se observaron temperaturas superiores a la media desde abril hasta finales de junio. Desde agosto hasta finales de año el calor fue excepcional en Armenia. El otoño fue el tercero más cálido jamás registrado, con el mes de octubre más cálido desde 1966.

Durante 2012 se observó un pronunciado contraste entre el norte y el sur de Europa. En la mayor parte del norte de Europa se registraron lluvias

superiores al promedio, mientras que en el sur fueron inferiores.

Reino Unido registró su segundo año más lluvioso desde que se iniciaran los registros en 1910, con una precipitación anual total de 1 331 mm (el 121 por ciento de la media), tan solo 6 mm inferior al récord de año más lluvioso alcanzado en 2000. En Suecia se dio el año más lluvioso desde que se iniciaran los registros nacionales hace 150 años. Después de registrar su año más húmedo en 2011, las precipitaciones en 2012 en Noruega se mantuvieron cerca de la media, en un 105 por ciento de la misma. En Finlandia, la precipitación anual fue de 739 mm en 2012, es decir 173 mm inferior a la media de 566 mm del período 1961-1990. Este fue el año más lluvioso registrado en Finlandia desde que se estableciera la base de datos reticular de precipitaciones en 1961.

Por sexto año consecutivo, en Letonia se registraron lluvias superiores a la media. La precipitación total de 832 mm (el 127 por ciento de la precipitación normal) hizo que 2012 fuera el cuarto año más lluvioso desde que se iniciaran los registros hace 90 años. En Chipre se dio el año más lluvioso desde 1902. En Turquía, en 2012 se observaron precipitaciones superiores a las normales y la media de precipitación total fue de 745 mm, o un 16 por ciento por encima de la media del período 1971-2000. En Dinamarca el otoño de 2012 fue el más húmedo registrado desde 2001.

En España las precipitaciones registradas de enero a marzo se situaron en el 37 por ciento de la media, el valor más bajo para este período desde 1947. Siguió observándose condiciones más secas de lo normal durante el verano, lo que dio lugar al segundo verano más seco de los últimos 60 años.

Figura 14. Anomalías de temperatura (°C) en Europa en marzo de 2012 respecto del período de 1961-1990 (Fuente: Centro Regional sobre el Clima para la vigilancia del clima de la Asociación Regional VI (Europa), Servicio Meteorológico de Alemania)

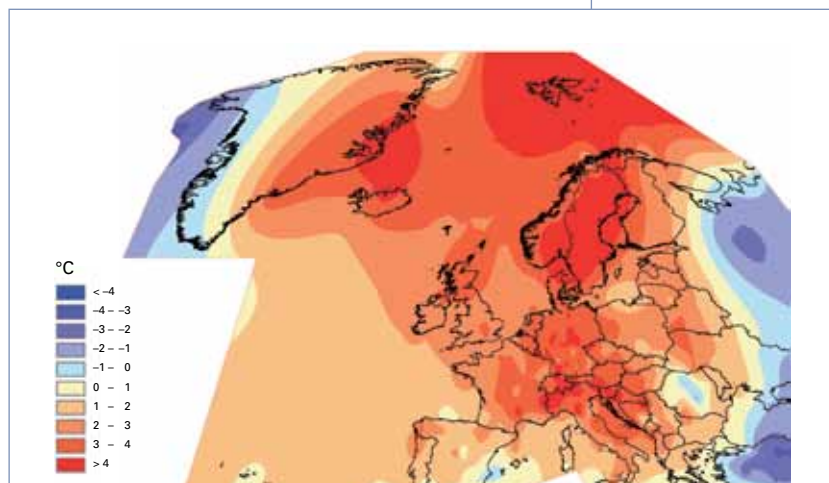
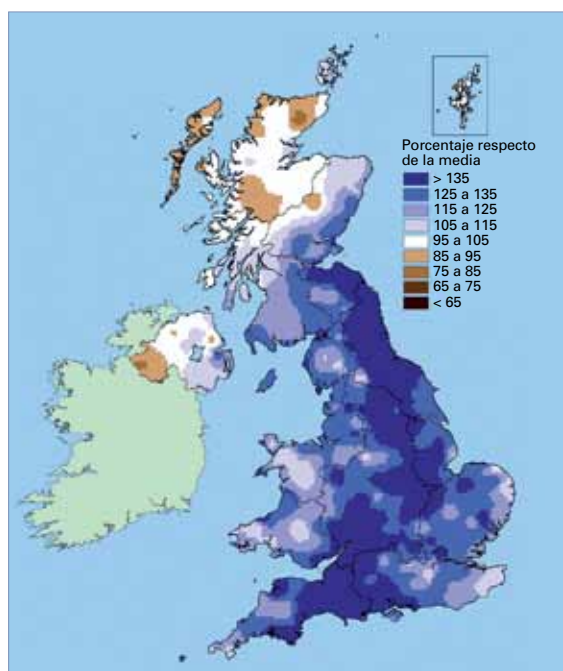


Figura 15. Anomalías de las precipitaciones entre enero y diciembre de 2012 (en porcentajes respecto de la media registrada en el período 1961–1990) para el Reino Unido (Fuente: Oficina Meteorológica del Reino Unido)



En Portugal se acumuló una precipitación total de 636 mm, 246 mm por debajo de la media del período de 1971-2000, lo que hizo que 2012 fuera el octavo año más seco desde 1931. En Hungría 2012 fue también más seco de lo normal, inmediatamente después del año más seco jamás registrado.

En zonas del sureste y noreste de Groenlandia no llovió durante el verano de 2012. En la ciudad de Tasiilaq se dio el tercer verano más seco desde que se iniciaran los registros en 1895, y el verano en Danmarkshavn fue, al igual que en 2003, el segundo más seco desde que se iniciaran los registros en 1949.

Olas de calor y temperaturas extremadamente elevadas

Al igual que en las zonas adyacentes de Estados Unidos, en Europa se dieron muchos casos de temperaturas sin precedentes durante la ola de calor de marzo. El mes de marzo de 2012 fue el más cálido jamás registrado en zonas centrales de Suecia, y varias estaciones observaron una temperatura máxima diaria de hasta 3 °C superior a los récords anteriores. En Noruega, el 27 de marzo se dio una temperatura máxima de 23,1 °C al sur del país en Landvik (Aust-Agder), lo que supuso un nuevo récord de marzo a nivel nacional.

Las olas de calor siguieron afectando a Europa durante todo el año. El 25 de mayo se observó una temperatura máxima de 31,1 °C en el sur de Noruega, lo que constituyó la temperatura máxima jamás observada en ese mes en el país.

En Groenlandia, donde se dieron temperaturas inferiores a la media durante la mayor parte del año, se registraron temperaturas máximas históricas en mayo, que aumentaron extraordinariamente a 24,8 °C en Ivittuut y Narsarsuaq el 29 de mayo.

Eslovaquia se vio afectada por varias olas de calor durante el verano. En general, en el sur de Eslovaquia se dio un total de entre 37 y 53 días tropicales (temperaturas máximas diarias superiores a la temperatura de referencia de 30 °C), lo que corresponde al segundo mayor número de días tropicales después de 2003 desde que se iniciaran los registros nacionales en 1901.

En Chipre se registraron ocho días consecutivos a temperaturas máximas diarias de 40 °C o más, siendo los 43,6 °C observados el 17 de julio la segunda temperatura más elevada registrada en los últimos 25 años. Bulgaria se vio afectada por olas de calor extremas en julio, que llevaron a centenares de personas a solicitar asistencia médica. La temperatura más elevada fue de 41,5 °C y se registró el 15 de julio en Somovit. En Budapest (Hungría) se observaron cuatro olas de calor de junio a agosto, durante las cuales se dieron 24 días a temperaturas medias diarias de 27 °C o más, el mayor número de días registrado desde que se tienen datos. En Jordania se dieron dos olas de calor en junio y julio, y las temperaturas diarias fueron hasta 9 °C superiores a las normales durante ese período.

En Francia se registró una ola de calor breve, aunque importante, durante la segunda mitad de agosto. El fenómeno fue notable por lo tardío y porque batió los récords de temperaturas máximas establecidas durante la gran ola de calor de agosto de 2003. La República Checa también se vio afectada por olas de calor durante la mayor parte del verano; el 20 de agosto se estableció un nuevo récord de temperatura máxima más elevada cuando las temperaturas ascendieron a 40,4 °C. En octubre, una temperatura excepcionalmente cálida afectó a las zonas meridionales de Suecia. El 20 de octubre se registró una temperatura máxima de 19,7 °C en Helsingborg, lo que constituyó la temperatura más alta jamás registrada en Suecia en fechas tan avanzadas.

Sequía e incendios de monte

Una sequía importante afectó a zonas de Europa durante el invierno, la primavera y el verano del hemisferio norte. Varios países registraron el mes más seco en muchos años: Portugal (el febrero más seco desde 1931), Francia (el febrero más seco desde 1959), Reino Unido (el marzo más seco

desde 1953), la República Checa (el segundo marzo más seco en los últimos 50 años) y Alemania (el tercer marzo más seco). En España se observaron los valores de precipitación medios más bajos desde 1947 de enero a marzo. Siguieron dándose condiciones meteorológicas secas en España durante el verano, lo que dio lugar al segundo verano más seco de los últimos 60 años.

Sin embargo, en partes del norte de Europa se registraron lluvias al final de la primavera, mientras que en algunas regiones del sur las lluvias fueron más abundantes al principio del otoño. La ausencia de lluvia registrada durante la mayor parte del año, junto con temperaturas superiores a las normales, provocaron graves sequías en zonas del sureste de Europa, que afectaron considerablemente al rendimiento de las cosechas, los flujos fluviales y el abastecimiento de agua. En Hungría la sequía persistió durante casi dos años, lo que provocó graves daños al sector agrícola y pérdidas totales de más de 1 800 millones de dólares.

En Europa se dieron importantes incendios de monte. En España los incendios quemaron cerca de 210 000 hectáreas durante el año, el mayor volumen en diez años. El incendio más importante se declaró el 24 de septiembre en Valencia, y fue necesario evacuar a casi 2 000 personas. En agosto se registró un incendio en las zonas meridionales de Bosnia y Herzegovina que quemó cerca de 5 000 hectáreas y causó daños por valor de aproximadamente 83 millones de dólares. En Rumania las temperaturas inusualmente cálidas y la ausencia de precipitación durante julio y agosto provocaron incendios de monte que quemaron más de 200 hectáreas de pastos y vegetación seca en todas las zonas meridionales del país.

Precipitaciones extremas e inundaciones

En el sureste de Bulgaria las lluvias fuertes y la fusión de la nieve provocó la ruptura de la presa de Ivanovo el 6 febrero e inundó el pueblo de Bisser. Las inundaciones causaron daños y destruyeron cerca de 100 casas, estropearon los cultivos y causaron la muerte de 10 personas. Los daños se calcularon en más de 2,7 millones de dólares. En Rumania llovió abundantemente durante la última mitad de mayo, lo que provocó inundaciones en más de 100 localidades de 20 distritos. Las inundaciones causaron daños a 800 casas, cultivos, carreteras y vías férreas, y provocaron deslizamientos de tierra que bloquearon varias carreteras nacionales.

Después del mes de marzo más seco desde 1953, en Reino Unido se dieron los meses de abril y junio más lluviosos de todos los registrados. Las lluvias se prolongaron durante el verano, que resultó ser el más húmedo desde 1912. A finales de noviembre una serie de sistemas de baja presión provocaron lluvias fuertes en la mayor parte del país, y se registró una de las semanas más húmedas de los últimos 50 años. Dado que los suelos ya estaban saturados debido a las condiciones de humedad que venían afectando al país desde abril, las lluvias fuertes causaron inundaciones generalizadas, que afectaron a la red de transporte, inundaron propiedades y provocaron deslizamientos de tierra.

Durante el mes de junio varias tormentas provocaron lluvias fuertes en zonas de Irlanda. El 8 de junio, en Lough Glencar, se registró una precipitación total de 99,5 mm, el valor de precipitación más alto del año y de junio registrado desde 1993. El 22 de junio, en Malin Head, se observó el valor diario de precipitación más alto del año y de junio desde 1987.

En Suecia los meses de junio y julio fueron muy lluviosos. En Estocolmo se registró el mes de junio más lluvioso desde que se iniciaran los registros en 1786. A principios de julio cayeron lluvias torrenciales en zonas del sur de Suecia, lo que provocó inundaciones locales. El 7 de julio se registró un total de 163 mm de lluvia en Hishult, al sureste de Suecia, la quinta cantidad diaria más alta jamás registrada por una estación meteorológica oficial sueca. Ese mismo día, en la zona occidental de la Estonia continental se registró un total de 93,7 mm de precipitación, en 12 horas o menos, lo que supuso la cantidad de precipitación diaria más alta de la región desde 1964.

En Finlandia se batieron muchos récords de precipitación locales a lo largo del año, particularmente en julio, septiembre y octubre. En Helsinki se dio la cantidad de precipitación más alta de septiembre desde que se iniciaran los registros en 1844. En octubre se observaron precipitaciones diarias que oscilaron entre 40 y 50 mm en muchas zonas del oeste de Finlandia, y en algunas zonas se registraron más de 100 mm en una semana. Los promedios de precipitación mensuales de octubre suelen situarse entre 50 y 60 mm en esta zona. En algunos casos, las lluvias excepcionales provocaron inundaciones sin precedentes durante el otoño. Las inundaciones causaron cerca de ocho millones de dólares de daños a la agricultura y las infraestructuras.

Frío y nieve

En el continente euroasiático se produjo un período de frío desde finales de enero hasta mediados de febrero de 2012, que destacó por su intensidad, duración y las repercusiones que tuvo en la sociedad. En las regiones orientales de la Federación de Rusia las temperaturas oscilaron entre -45°C y -50°C a finales de enero. En varias zonas de Europa del este se registraron temperaturas mínimas de hasta -30°C , y en algunas zonas del norte de Europa y del centro de la Federación de Rusia las temperaturas fueron inferiores a -40°C .

Al mismo tiempo, las temperaturas máximas se mantuvieron por debajo de 0°C durante varios días consecutivos en la mayor parte de Europa, y en Europa centro oriental se dieron cerca de 20 días consecutivos por debajo de 0°C , 10 días más de lo habitual en febrero. En Francia las temperaturas excepcionalmente bajas fueron las más frías desde enero de 1987, y en Suiza se registró el período de frío más importante en 27 años. En Polonia se dieron temperaturas de hasta $-29,9^{\circ}\text{C}$, lo que supuso el período de frío más intenso desde 2002.

En Austria las temperaturas fueron 10°C inferiores a la media durante la primera mitad de febrero, e hicieron que este mes fuera el febrero más frío desde 1986. En Georgia se observaron temperaturas mínimas de entre -8°C y -31°C , lo que dio lugar a la ola de frío más importante desde enero de 2008. El 6 de febrero, se registró en Suecia la temperatura más baja desde 2001, ya que esta descendió a $-42,8^{\circ}\text{C}$. En Portugal se observó la segunda temperatura mínima media más baja de febrero desde 1931, con una anomalía de 5°C inferior a la media del período 1971–2000. En algunas zonas del este de España se dieron temperaturas mínimas entre -10°C y -15°C , lo que supuso la ola de frío más intensa desde febrero de 1956.

En el norte de Eslovaquia las temperaturas medias diarias se situaron entre -20°C y -23°C , y las temperaturas mínimas descendieron a -30°C . Esta fue la ola de frío más intensa registrada en la región desde el invierno de 1962/1963, y las temperaturas mínimas medias de febrero fueron las más bajas de los últimos 25 años. En Bosnia y Herzegovina los primeros 10 días de febrero fueron los más fríos en 120 años. En la región de Troodos (Chipre), el 20 de febrero se registró una temperatura mínima de $-11,1^{\circ}\text{C}$, la segunda temperatura mínima más baja registrada en los últimos 15 años. En Letonia las temperaturas diarias fueron inferiores a -30°C , la tercera vez que se observaban estas temperaturas en el país (las otras dos veces fueron febrero de 1956 y febrero de 1999).

En la parte europea de la Federación de Rusia se registraron temperaturas extremadamente bajas del 8 al 13 de febrero, en particular en las regiones meridionales, y en varias ciudades se registraron temperaturas mínimas por primera vez. El 13 de febrero se observaron temperaturas casi sin precedentes en Moscú, al descender estas hasta $-28,5^{\circ}\text{C}$. La temperatura mínima récord de $-29,3^{\circ}\text{C}$ se alcanzó en 1911.

En algunas zonas de la región noroeste de la República Islámica del Irán las temperaturas descendieron hasta $-23,6^{\circ}\text{C}$, con lo que se batió un nuevo récord de temperatura mínima. El récord anterior se estableció en 1987 cuando las temperaturas descendieron hasta -23°C . Se puede consultar más información en *Assessment of the Observed Extreme Conditions during Late Boreal Winter 2011/2012* (Evaluación de las condiciones meteorológicas extremas observadas durante el último invierno boreal 2011/2012) (WCDMP-No. 80).

Las temperaturas inusualmente frías también estuvieron acompañadas de una importante acumulación de nieve. En Bosnia y Herzegovina se dieron entre 85 y 107 cm de nieve, la mayor acumulación registrada en los últimos 120 años. La importante acumulación de nieve obligó a cerrar las escuelas durante 15 días y el peso de la nieve derrumbó el techo de un centro deportivo. En general, los daños se calcularon en 40 millones de dólares. En varios lugares del norte de Italia se registró la mayor acumulación de nieve de los últimos 100 años, que se situó entre 250 y 305 cm. Las condiciones extremas en Europa causaron la muerte de más de 650 personas.



Trabajadores quitando nieve
en la Plaza Roja de Moscú,
febrero de 2012.

Ciclones tropicales

En 2012 la actividad de los ciclones tropicales a escala mundial estuvo muy cerca de la media de 85 tormentas del período 1981–2010, con un total de 84 tormentas (velocidad del viento igual o superior a 34 nudos o 63 km/h). El número de tormentas registradas en 2012 fue mayor que en los dos últimos años.

Cuenca del océano Atlántico

En la cuenca del Atlántico la actividad de la temporada de huracanes fue superior a la media por tercer año consecutivo, con un total de 19 tormentas de las que diez alcanzaron la categoría de huracán, y solo una alcanzó una máxima intensidad (los promedios son 12 tormentas, 6 huracanes y 3 huracanes de primer orden). La estación se caracterizó por el menor número de huracanes de primer orden observados en la cuenca desde 1997. En términos de la energía ciclónica acumulada, mediante la que se mide la fuerza y duración de las tormentas tropicales y los huracanes, la temporada de huracanes de 2012 en el Atlántico se situó en el 142 por ciento de la media. 2012 ha sido, por lo tanto, una estación activa pero no excepcional, puesto que desde 1980 ha habido diez años de mayor intensidad.

En la cuenca del Atlántico se registraron varias tormentas antes de que comenzara oficialmente la temporada el 1 de junio. La tormenta tropical *Alberto* se formó el 19 de mayo, y fue la tormenta

tropical más temprana de la cuenca del Atlántico desde la tormenta tropical *Ana* que tuvo lugar del 20 al 24 de abril de 2003. La tormenta tropical *Beryl* también se formó durante el mes de mayo, lo que hizo que fuera la primera vez desde 1908 que dos tormentas tropicales se formaban antes de que comenzara la temporada de huracanes. *Beryl* fue asimismo el ciclón tropical de pretemporada más fuerte registrado que haya tocado tierra en Estados Unidos. De las 19 tormentas que se formaron durante la temporada de huracanes, cuatro se formaron antes del 1 de julio, la primera vez que esto sucedía desde que se iniciaran los registros en 1851. Por lo general, la cuarta tormenta tropical que se forma en la cuenca del Atlántico tiene lugar en agosto. Sin embargo, en agosto de 2012 se formaron ocho tormentas, igualando el récord sin precedentes de número de tormentas con nombre formadas en el mes de agosto de 2004.

El huracán *Sandy* fue la tormenta más destacable de 2012 en el Atlántico. Causó estragos en todo el Caribe y la muerte de casi 100 personas. Los vientos fuertes y las lluvias intensas que la tormenta provocó afectaron considerablemente a las infraestructuras, las carreteras y a miles de casas en varias partes del Caribe. Las zonas adyacentes de Estados Unidos también se vieron afectadas, y se produjeron inundaciones graves en la región del noreste, que causaron más de 130 víctimas mortales. El huracán *Sandy* provocó



STEVENESJUS / REUTERS

lluvias sin precedentes en partes de la región del noreste y el total de precipitación en algunas zonas se situó entre 100 y 230 mm. Las lluvias fuertes contribuyeron también a que en varios Estados el mes de octubre fuera uno de los diez más lluviosos. Además de las lluvias intensas, el huracán provocó importantes mareas de tempestad e hizo que subiera el nivel del agua en la zona costera del noreste, hasta un nivel sin precedentes en varias localidades. *Sandy* provocó también el cierre de la Bolsa de Nueva York durante dos días consecutivos. La última vez que esto ocurrió a causa de un fenómeno meteorológico fue en 1888 en respuesta a una importante tormenta de invierno.

Cuenca oriental del Pacífico Norte

A diferencia de la actividad inferior a la media de los dos últimos años observada en la cuenca oriental del Pacífico Norte, la actividad de los huracanes estuvo cercana a la media en 2012. En la cuenca se dio un total de 17 tormentas, de las que diez alcanzaron la categoría de huracán (los promedios son 17 tormentas y 9 huracanes). Al igual que en la cuenca del Atlántico, la temporada de huracanes de la cuenca oriental del Pacífico Norte, que empieza oficialmente el 15 de mayo, se adelantó al formarse la tormenta tropical *Aletta* el 14 de mayo. Esta fue la primera vez que una tormenta tropical se formaba antes del comienzo

oficial de la temporada de huracanes tanto en la cuenca del Atlántico como en la cuenca oriental del Pacífico Norte.

La tormenta que más destacó de la temporada de huracanes de 2012 del Pacífico Norte oriental fue el huracán *Bud*, que, al igual que el huracán *Alma* registrado en 2002, fue el segundo huracán más fuerte del mes de mayo en el Pacífico Norte oriental, después del huracán *Adolph* de 2001. *Bud* alcanzó también el récord de ser la segunda tormenta tropical más temprana del Pacífico Norte oriental.

Cabe señalar también la formación del huracán *Carlotta* en el Pacífico Norte oriental, que llegó a tierra a mediados de junio en el punto más oriental desde 1966, en la costa de la cuenca de Oaxaca en México. Si bien el huracán *Carlotta* aportó una lluvia muy necesaria a zonas afectadas por la sequía, provocó también inundaciones y deslizamientos de tierra, causó daños a carreteras y cultivos y se cobró la vida de siete personas.

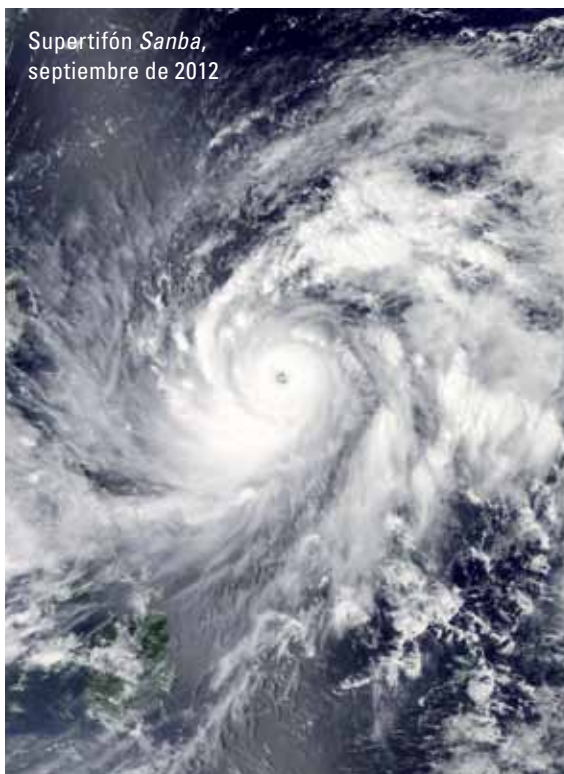
Cuenca occidental del Pacífico Norte

La temporada de tifones en el Pacífico Norte occidental estuvo próxima a la media, al registrarse un total de 25 tormentas, de las que 14 alcanzaron la categoría de tifón (los promedios del período 1981-2010 son 26 tormentas y 16 tifones). La cuenca occidental del Pacífico Norte fue la única cuenca en que se registró un tifón con rachas de 105 nudos (195 km/h) mantenidas durante 10 minutos.

Durante todo el año potentes tifones causaron estragos en toda la región de Asia Oriental. El supertifón *Sanba* fue el ciclón más fuerte de todos los que hubo en 2012 en el mundo, con vientos máximos sostenidos de 110 nudos (205 km/h) y una presión central de 900 hPa. *Sanba* afectó a las Filipinas, Japón y la península de Corea, desencadenando lluvias torrenciales y provocando inundaciones y deslizamientos de tierra que afectaron a miles de personas y causaron millones de daños en dólares.

Otra tormenta destacable fue el supertifón *Bopha*, que llegó a tierra en el sur de la isla de Mindanao (Filipinas) a principios de diciembre. *Bopha* fue el ciclón más fuerte de los que han entrado en tierra de la zona. Causó daños generalizados y dejó a miles de habitantes sin techo. Se registraron más de 1 000 víctimas mortales, 900 de las cuales desaparecidas. Los daños se estimaron en más de 49 millones de dólares.

Supertifón *Sanba*,
septiembre de 2012



NASA

En el extremo oriental de Rusia se dio un número de ciclones tropicales y extratropicales sin precedentes desde que se iniciaran los registros en 1970. Hubo seis ciclones tropicales en 2012, con lo que se superó la cifra récord de cinco ciclones tropicales de 1981 y 2011.

Cuencas del norte y del suroeste del océano Índico

En el norte del océano Índico se registró una temporada inferior a la media, con solo dos tormentas tropicales (la media del período de 1981-2010 es de cuatro tormentas), mientras que la temporada de ciclones de 2011/2012 en el suroeste del océano Índico fue superior a la media con 11 tormentas (la media es de cinco). La tormenta tropical *Nilam*, uno de los dos ciclones que se formó en el norte del océano Índico, llegó a tierra en la costa de Tamil Nadu, al sur de India, donde causó daños materiales generalizados y se cobró la vida de cinco personas. El ciclón avanzó hacia el norte sobre la costa de Andhra, provocando lluvias torrenciales del 31 de octubre al 2 de noviembre, cobrándose la vida de más de 40 personas, causando daños materiales y estropeando cultivos.

En la cuenca del suroeste del océano Índico la tormenta tropical *Dando* llegó a tierra en la provincia de Gaza (Mozambique) el 16 de enero, siendo la primera tormenta tropical que se abatió sobre el sur de Mozambique desde la tormenta tropical *Domoina* registrada en 1984. *Dando* afectó con lluvias fuertes a la región y provocó inundaciones que causaron víctimas mortales.

El 14 de febrero el ciclón tropical *Giovanna* llegó a tierra en Madagascar, con vientos máximos sostenidos de 68 nudos (126 km/h), lo que equivale a una tormenta de categoría 4 en la escala de huracanes Saffir-Simpson. Al tocar tierra la tormenta provocó vientos destructivos y lluvias torrenciales, se cobró cerca de 25 víctimas mortales y afectó a miles

de personas. El ciclón *Anais*, el primer ciclón de mayor intensidad jamás registrado en octubre, se formó el 12 de octubre y fue, por lo tanto, uno de los ciclones de la temporada de 2012/2013. Se trata del segundo ciclón tropical que se haya formado tan al principio de la temporada, después del ciclón tropical *Blanche* registrado en 1969.

Cuenca australiana

En la cuenca australiana se registró una temporada de ciclones inferior a la media, con siete tormentas (siendo la media de 11 tormentas). El ciclón de mayor intensidad de la temporada fue *Lua*, tormenta de categoría 2 en la escala de huracanes Saffir-Simpson. El 17 de marzo *Lua* llegó a tierra con esa intensidad en Australia occidental, antes de que sus restos se desplazaran tierra adentro por el oeste de Australia. Las zonas afectadas por el ciclón estaban poco pobladas y se registraron tan solo daños limitados.

Cuenca del suroeste del océano Pacífico

La temporada de ciclones de 2011/2012 en el suroeste del Pacífico fue inferior a la media, con solo tres ciclones tropicales con nombre (siendo la media del período 1981-2010 de ocho tormentas). Solo uno de estos ciclones, *Jasmine*, se calificó como grave, lo que equivale a la categoría 4 en la escala de huracanes Saffir-Simpson. El ciclón tropical *Evan*, que se formó el 9 de diciembre, tocó tierra en Samoa, causando una gran devastación y daños generalizados a cultivos agrícolas, carreteras, casas y escuelas. Fue el peor ciclón que haya afectado Samoa desde que se registrara el ciclón tropical *Val* en 1991. El ciclón tropical *Evan* provocó ráfagas de viento de hasta 84 nudos (156 km/h), con lo que se batió un nuevo récord desde que se iniciaran las observaciones en 1971 en la isla de Wallis. Cerca de Futuna se registraron ráfagas de viento de hasta 82 nudos (152 km/h), las segundas más fuertes medidas en la isla desde que se puso en marcha la estación en 1981.

Utilización de satélites de observación de la Tierra para la vigilancia de la humedad del suelo

Wolfgang Wagner, Wouter Dorigo y Christoph Paulik, Universidad Tecnológica de Viena, Austria

La humedad del suelo tiene mucha influencia en el intercambio de agua y energía entre la superficie del suelo y la atmósfera y es, por lo tanto, una variable fundamental del sistema climático. Si bien muchos de sus efectos en el sistema climático, como la función de la falta de humedad del suelo en la aparición de olas de calor se conocen bastante bien, los avances en la comprensión científica de la humedad del suelo, y su interacción con el clima, se han visto obstaculizados por la falta de observaciones de la humedad del suelo. Afortunadamente, la situación ha mejorado significativamente en los últimos años, gracias a la creciente disponibilidad de observaciones in situ (por ejemplo, mediante la Red internacional de datos sobre la humedad del suelo, véase www.ipf.tuwien.ac.at/) y de observaciones satelitales de la humedad del suelo.

TELEDETECCIÓN POR MICROONDAS DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Muchos satélites de observación de la Tierra tienen incorporados sensores de microondas que miden la emisión o reflexión de la radiación de microondas de la superficie de la Tierra. La señal que reciben estos sensores de microondas es sensible a la cantidad de agua contenida en los primeros centímetros del suelo ya que, en las frecuencias de microondas, las moléculas de agua contenidas en el suelo rotan para tratar de alinearse con el campo eléctrico alterno de las microondas. Esta rotación no solo genera un calentamiento insignificante del suelo (efecto que se utiliza a unos niveles de energía muy superiores en el caso de los hornos microondas), sino que también provoca la dispersión de la radiación de microondas. Por consiguiente, los instrumentos de microondas activos (radares) que iluminan un suelo húmedo reciben, en general, una señal con mayor retrodispersión que cuando iluminan un suelo seco. Por esa misma razón, las superficies de suelo húmedo transmiten una radiación de microondas menos natural procedente de capas del suelo más profundas que los suelos secos, lo que significa que la radiación natural que reciben los instrumentos de microondas pasivos (radiómetros) disminuye a medida que aumenta la humedad del suelo en superficie.

A pesar de la estrecha relación que existe entre la humedad del suelo y las observaciones de las microondas, ha sido bastante difícil desarrollar la capacidad operacional de observación de la Tierra. Desde el punto de vista tecnológico, uno de los desafíos ha sido crear sensores capaces de medir las señales de bajo nivel energético emitidas por las microondas con la adecuada exactitud radiométrica. Otro desafío ha sido desplazar el sensor de

longitudes de onda hacia longitudes de onda mayores para maximizar la sensibilidad a la humedad del suelo, sin que tenga una repercusión negativa en la resolución y cobertura espacial. Desde el punto de vista científico, los trabajos se han centrado en desarrollar algoritmos que permitan identificar la señal correspondiente a la humedad del suelo entre otra serie de parámetros que afectan a las observaciones de microondas, como la cubierta vegetal o la rugosidad de la superficie del suelo. Aunque muchas de las cuestiones científicas solo se conocen de forma parcial, los algoritmos de recuperación se han desarrollado hasta el punto de hacer posible el proceso de datos a escala mundial.

CONSTELACIÓN VIRTUAL DE SATÉLITES DE OBSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Hasta la fecha tan solo se ha construido y puesto en marcha un satélite de observación de la Tierra con el principal objetivo de medir la humedad del suelo. Se trata del satélite de observación de la humedad del suelo y de la salinidad del océano (SMOS) lanzado por la Agencia Espacial Europea (AEE) en noviembre de 2009. El próximo satélite de observación de la humedad del suelo será el de la misión Soil Moisture Active-Passive (SMAP), cuyo lanzamiento está previsto incorporar al calendario 2014-2015 de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Sin embargo, esta misión de exploración específica no es la única; existe una flota de satélites que llevan a bordo instrumentos de teledetección de microondas. Estos instrumentos fueron construidos con otros propósitos, por ejemplo, la vigilancia de los hielos marinos y del viento del océano, pero también pueden utilizarse para medir la humedad del suelo. Por consiguiente, hay actualmente muchos satélites en órbita que, en su conjunto, proporcionan numerosas mediciones diarias de la humedad del suelo para cada uno de los puntos de la superficie de la Tierra. Por lo tanto, se puede hablar de una constelación virtual de satélites que proporcionan observaciones de la humedad del suelo a escala mundial las 24 horas del día.

Desafortunadamente, aún resulta difícil comparar directamente los datos sobre la humedad del suelo derivados de los diferentes satélites. Esto se debe a que las características de los diferentes sensores y de los algoritmos científicos pueden diferir de manera significativa. Además, todavía no se ha acordado una normativa internacional al respecto. Sin embargo, la situación mejora notablemente si se eliminan las diferencias sistemáticas que existen entre las diferentes series de datos satelitales. De esto se puede deducir que la

mayoría de los productos satelitales de humedad del suelo describen bastante bien las tendencias de la humedad del suelo a lo largo del tiempo y el espacio. Esto también ha permitido fusionar datos sobre la humedad del suelo obtenidos por instrumentos de microondas activos y pasivos para crear registros a largo plazo de la humedad del suelo, como ha sido el caso en el marco de la Iniciativa de la Agencia Espacial Europea sobre el cambio climático (véase www.esa-soilmoisture-cci.org/).

MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO A PARTIR DE METOP ASCAT

Hasta hace unos años los productos satelitales relativos a la humedad del suelo no estaban disponibles en tiempo real y sufrían una demora de unos días, en el mejor de los casos. La situación cambió con el difusímetro avanzado (ASCAT), sensor de microondas activo colocado en varios satélites meteorológicos operativos (Metop) desde finales de 2006. Los datos sobre la humedad del suelo obtenidos por ASCAT se procesan y difunden de forma totalmente operativa en las dos etapas siguientes:

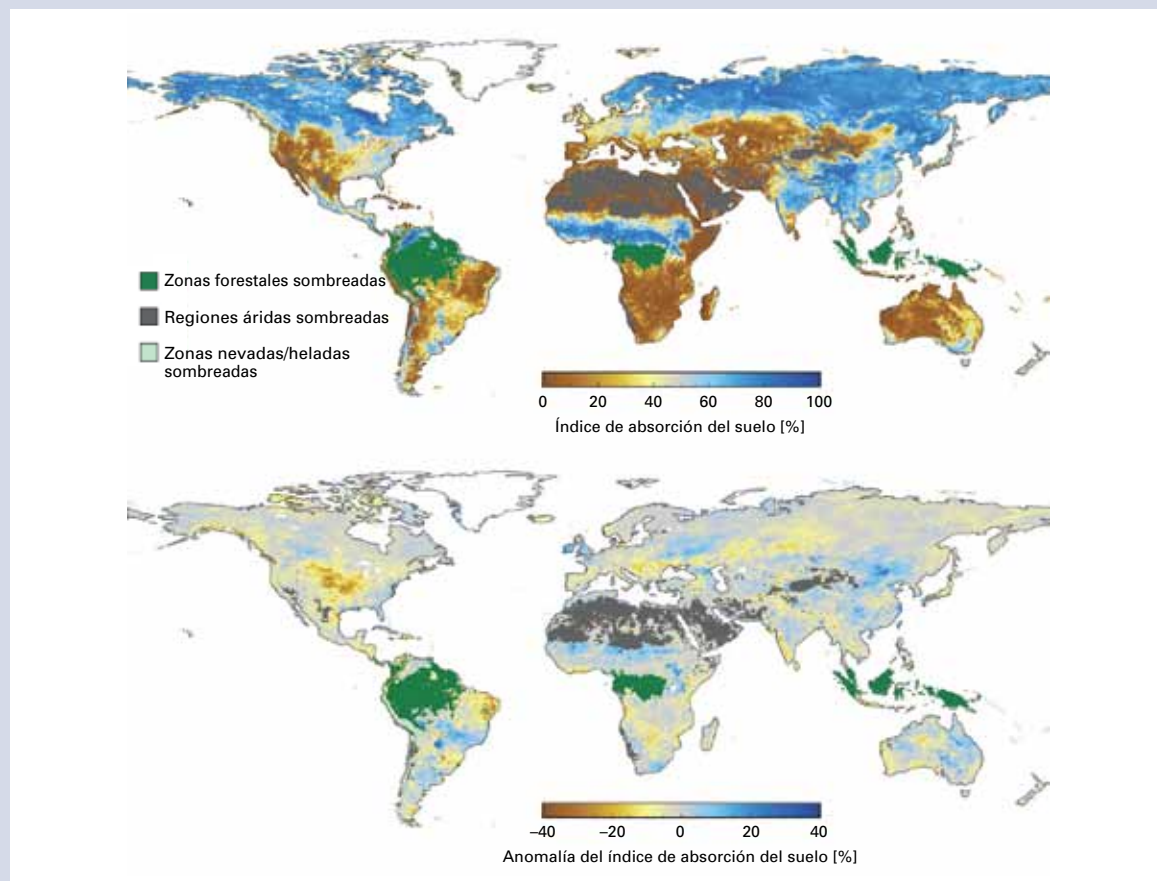
- La Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) genera

mediante ASCAT datos para una superficie de 25 km de humedad del suelo casi en tiempo real en el marco del Centro de aplicaciones satelitales para el apoyo a la hidrología operativa y la gestión del agua. Estos datos se obtienen en la franja geométrica original del instrumento, y representan tan solo la capa fina superior de 2 cm del suelo accesible a las microondas.

- Al filtrar las series temporales de datos de ASCAT de humedad del suelo con un filtro exponencial se obtiene el llamado índice de absorción del suelo (Soil Water Index) de ASCAT, que es una estimación del perfil de humedad del suelo hasta una profundidad de alrededor de 0,5 m. Los datos derivados del índice de absorción del suelo de ASCAT se encuentran disponibles en una retícula regular mundial a través del servicio de vigilancia de la Tierra del programa europeo Copernicus (anteriormente GMES).

Tanto los datos relativos a la humedad del suelo en superficie como los derivados del índice de absorción del suelo del ASCAT están a libre disposición de usuarios científicos y operativos para el estudio de los patrones de tiempo y clima en relación con la humedad del suelo.

La humedad absoluta del suelo (arriba) y las anomalías de la humedad del suelo (abajo) durante el período comprendido entre julio y septiembre de 2012 derivan del difusímetro avanzado (ASCAT) a bordo de los satélites meteorológicos operativos. El índice de absorción del suelo es una estimación del perfil de humedad del suelo hasta una profundidad de alrededor de 0,5 m derivada únicamente de las observaciones satelitales. Se sombreen aquellas zonas en las que el difusímetro avanzado (ASCAT) no puede proporcionar estimaciones fiables de la humedad del suelo. La imagen de la anomalía del índice de absorción del suelo (período de referencia 2007-2011) muestra las zonas de sequía o humedad inusual, que representan, por ejemplo, las condiciones severas de sequía en la zona central de América del Norte, el noreste de Brasil, el sudeste de Europa, y las condiciones inusualmente húmedas en el oeste de África, que provocaron inundaciones a gran escala en la zona.



Por más información diríjase a:
Organización Meteorológica Mundial

Oficina de comunicación y relaciones públicas
Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27
Correo electrónico: cpa@wmo.int

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