

Indicadores climáticos y desarrollo sostenible

Las interconexiones al descubierto



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

OMM-Nº 1271

La OMM se ha encargado de recopilar la totalidad del contenido de esta publicación.

El presente informe, junto con informes de referencia más amplios y material de apoyo, está disponible en la dirección siguiente: <https://public.wmo.int/es/recursos>.

Ilustración de la portada: Stepping Clouds (Taeksu Kim, Gyeongju, República de Corea).

Autores principales de la OMM: Claire Ransom, Valentine Haran, Omar Baddour.

Colaboradores (en orden alfabético):

OMM: Maxx Dilley, Cyrille Honoré, Jürg Luterbacher, Wilfran Moufouma Okia, Clare Nullis, Laura Paterson, Nirina Ravalitera, Oksana Tarasova.

Otros: John Kennedy (Oficina Meteorológica del Reino Unido), Christina Lief (consultora), Pierre-Alix Lloret (El Mural del Clima, Francia), Lev Neretin (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)), Ge Peng (Universidad de Alabama Huntsville), Peter Siegmund (Real Instituto de Meteorología de los Países Bajos (KNMI)), Blair Trewin (Oficina de Meteorología de Australia (BOM)).

OMM-N° 1271

© Organización Meteorológica Mundial, 2021

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 N° 2300
CH-1211 Genève 2, Suiza

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

ISBN 978-92-63-31271-6

NOTA

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

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

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



Índice

Prefacio.	2
Introducción	3
Los indicadores.	4
Concentración de CO ₂	7
Acidificación de los océanos	11
Temperatura media global en superficie	15
Contenido calorífico de los océanos	20
Extensión del hielo marino	24
Balance de masas de los glaciares	28
Aumento del nivel del mar	32
Mensajes principales.	36
Conclusión	37
Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados	38
Referencias.	44



Prefacio



Profesor Petteri Taalas, Secretario General de la OMM

Ante el actual cambio climático, la pobreza, la desigualdad y la degradación del medioambiente, es urgente comprender las conexiones entre el clima y el desarrollo internacional. El Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son los primeros pasos para saber dónde nos encontramos y marcarnos objetivos claros para llegar a la meta deseada. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) contribuye a la consecución de los ODS de varias maneras, en particular mediante el monitoreo del estado del clima mundial a través de siete indicadores.

El objetivo del presente informe consiste en contribuir a la agenda de desarrollo sostenible e inspirar a los líderes para que tomen medidas climáticas más ambiciosas, y para ello se exponen —por medio de representaciones visuales claras— las interconexiones entre los indicadores climáticos de la OMM y los ODS. En este documento también se analizan los últimos datos e investigaciones científicas sobre el estado del clima mundial para poner de manifiesto las formas en que ya está cambiando nuestro clima y cómo esos cambios obstaculizarán la consecución de los ODS. La comprensión de las complejidades del cambio climático y el desarrollo internacional constituye un reto constante. Por ello, el presente informe se actualizará periódicamente para reflejar los nuevos conocimientos adquiridos y las conexiones que se vayan conociendo.

Me gustaría dar las gracias a los numerosos expertos de las diversas organizaciones, Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y organismos de las Naciones Unidas que, desde distintas disciplinas, han contribuido a la investigación, el análisis y el examen presentados en este informe. Esta colaboración internacional es fundamental para alcanzar los ODS y limitar el calentamiento global a menos de 2 °C, o incluso a 1,5 °C, para finales de este siglo.

Profesor Petteri Taalas
Secretario General

Introducción

A pesar de los enormes avances logrados con la adopción del Acuerdo de París y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, la comunidad científica y la política siguen interpretando de formas muy distintas el modo en que los riesgos del cambio climático repercuten sucesivamente en los sistemas medioambientales, sociales y económicos. La finalidad de este informe es mejorar los procesos decisorios para que redunden en la adopción de decisiones que tengan en cuenta los riesgos, y para ello se pondrán al descubierto las interconexiones entre los ODS y los siete indicadores del estado del clima utilizados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), a saber:

**Concentración de CO₂ – Acidificación de los océanos – Temperatura –
Contenido calorífico de los océanos – Extensión del hielo marino –
Balance de masas de los glaciares – Aumento del nivel del mar**

Cada indicador climático se eligió por su claridad, su pertinencia para un público diverso y la posibilidad de calcularlo periódicamente utilizando métodos internacionalmente aceptados y publicados, así como datos accesibles y verificables. Asimismo, cada ODS tiene sus propias metas e indicadores. Las interconexiones planteadas con 13 de los 17 ODS, que figuran al final de este informe, son preliminares y formarán parte de un proyecto que está en curso.

En este informe se estudian las conexiones entre los indicadores climáticos y se dedica un apartado a cada uno de ellos. En primer lugar, se proporciona información general sobre la variable medida por el indicador y el método de medición; en segundo lugar, se demuestra su efecto en el clima mundial; y, en tercer lugar, se ilustran los riesgos que plantea para el desarrollo sostenible a través de una extensa revisión bibliográfica. Al representar de forma gráfica el modo en que estos riesgos afectarán a la consecución de ODS específicos se ayudará a los encargados de la formulación de políticas a comprender las interconexiones entre cambio climático y desarrollo sostenible y la complejidad de las amenazas que el primero plantea para el segundo. Así, se pretende fomentar una acción climática más amplia e inmediata.

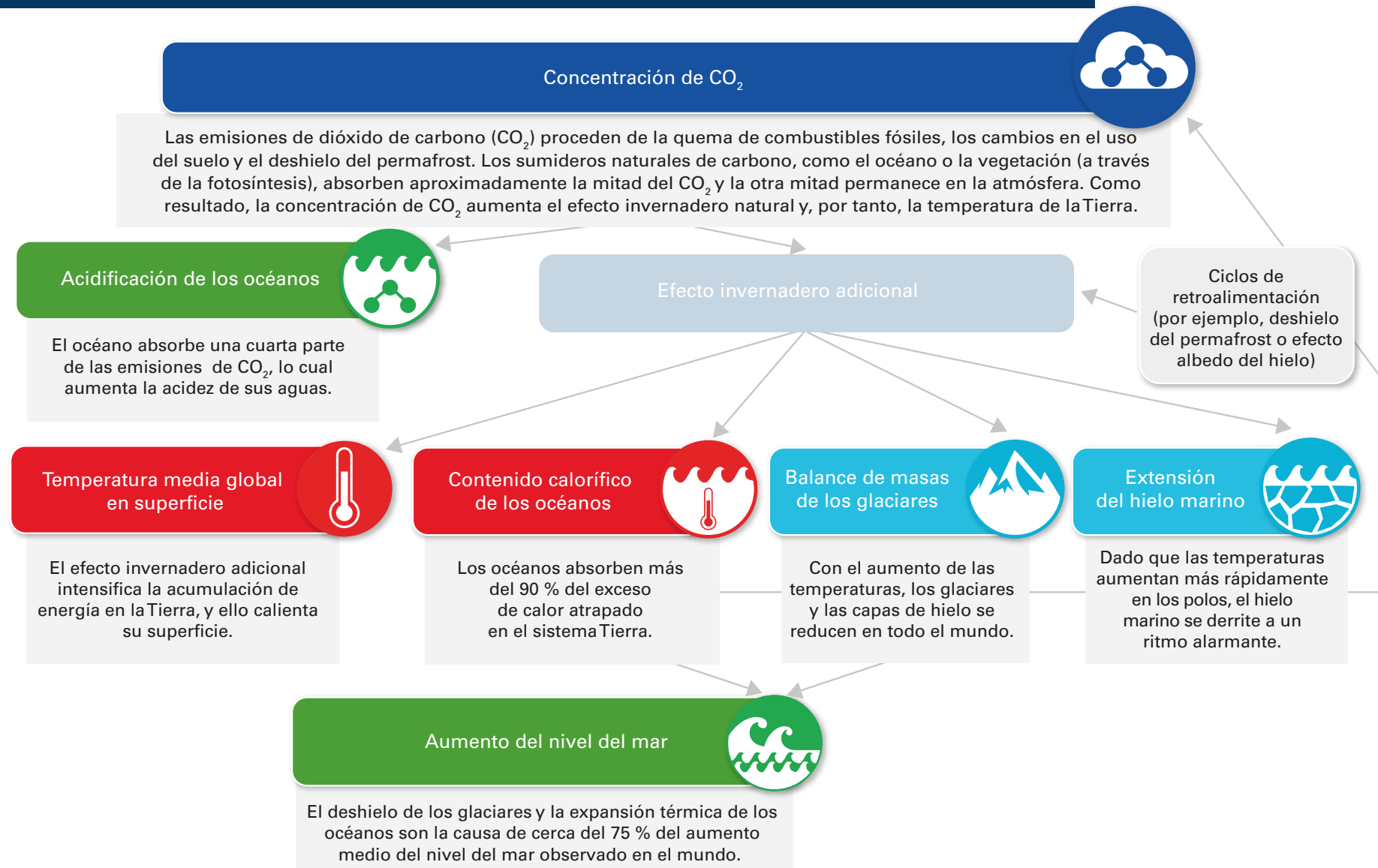


Los indicadores



Interconexiones entre los indicadores climáticos de la OMM

Interconexiones entre los indicadores climáticos de la OMM



Indicadores climáticos y Objetivos de Desarrollo Sostenible pertinentes

Indicadores climáticos y Objetivos de Desarrollo Sostenible pertinentes		1 FIN DE LA POBREZA	2 HAMBRE CERO	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS
		ODS 1	ODS 2	ODS 3	ODS 6	ODS 7	ODS 8	ODS 9	ODS 10	ODS 11	ODS 13	ODS 14	ODS 15	ODS 16
	Concentración de CO ₂													
	Acidificación de los océanos													
	Temperatura media global en superficie													
	Contenido calorífico de los océanos													
	Extensión del hielo marino													
	Balance de masas de los glaciares													
	Aumento del nivel del mar													

Concentración de CO₂



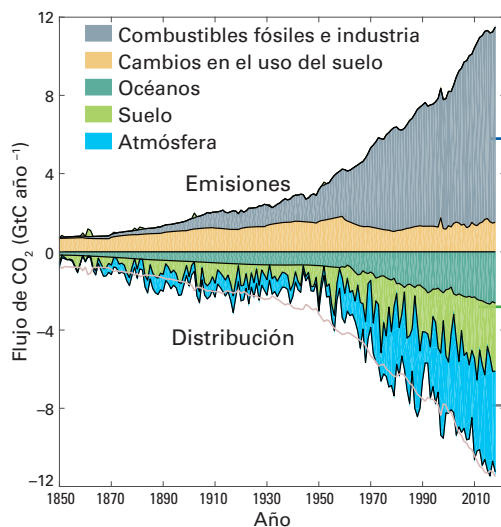


CO₂ atmosférico

Información general

El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero procedente de emisiones antropógenas. Se produce a partir de la quema de combustibles fósiles (por ejemplo, carbón, petróleo o gas natural) y de cambios en el uso del suelo, como la deforestación. Además, el deshielo del permafrost y la degradación de los humedales aumentan aún más las emisiones de este gas. El incremento de la concentración atmosférica de CO₂ contribuye al efecto invernadero. Este fenómeno se produce cuando gases como el CO₂ absorben y emiten energía y esta queda atrapada en la atmósfera. Los gases de efecto invernadero constituyen uno de los motores más importantes del cambio climático y contribuyen de forma decisiva al forzamiento radiativo, definido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como un cambio en el balance entre las energías entrante y saliente del sistema Tierra-atmósfera.¹ Por sí solo, el dióxido de carbono

causó alrededor del 82 % del aumento del forzamiento radiativo durante la pasada década.²



- El océano absorbe entre el 25 % y el 30 % de las emisiones de CO₂ lo que provoca la acidificación de los océanos.
- La vegetación absorbe entre el 20 % y el 25 %.
- El 50 % restante permanece en la atmósfera y contribuye al efecto invernadero adicional.

Figura 1. Componentes combinados del presupuesto de carbono mundial en función del tiempo.

Fuente: Proyecto Carbono Global

Medición del indicador

Como indicador, la concentración atmosférica de CO₂ es fruto de los procesos de intercambio entre la atmósfera, la biosfera y los océanos, y pone de manifiesto el balance entre fuentes —incluidas las emisiones— y sumideros. Se mide utilizando los datos de las observaciones de superficie realizadas en estaciones del Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y sus redes colaboradoras.³ El Centro Mundial de Calibración, apoyado por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), organiza comparaciones periódicas para garantizar la compatibilidad de las mediciones a escala mundial. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha alcanzado el nivel más alto de la historia (figura 2).

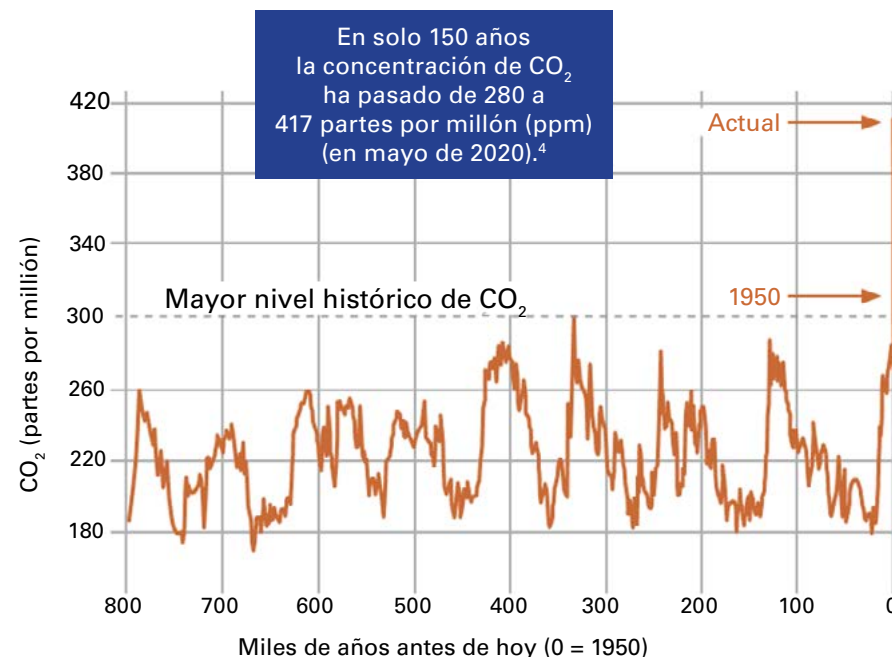


Figura 2. Mediciones indirectas de la concentración de CO₂ desde hace 800 000 años, reconstruidas a partir de testigos de hielo.

Fuente: NOAA



CO₂ atmosférico: Principales efectos climáticos

Acidificación de los océanos

El océano absorbe aproximadamente entre el 25 y el 30 % de las emisiones de CO₂. Cuando dicho gas se disuelve en los océanos, se convierte en iones ácidos (H₂CO₃ y HCO₃⁻).⁵ El efecto de esta transformación es una reducción del pH, también conocida como acidificación de los océanos (véase la figura 3 y el apartado sobre la acidificación de los océanos).

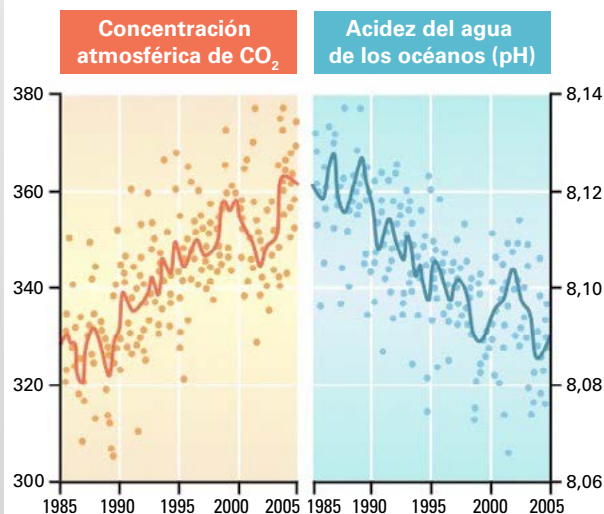


Figura 3. Comparación del CO₂ atmosférico y de la acidez del agua de los océanos.

Fuente: IPCC (véase la referencia 28)

Aumento del forzamiento radiativo en la Tierra

El forzamiento radiativo es una alteración en el equilibrio entre las energías entrante y saliente. Sin embargo, el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ y el consiguiente efecto invernadero están provocando un desajuste en el balance energético de la Tierra que altera su equilibrio y aumenta la acumulación de energía.⁶

La figura 4 ilustra el destino de la energía acumulada por el forzamiento radiativo:

- el 93 % queda retenida en los océanos (tanto en su parte superior como en las profundidades);
- el 3 % derrite la criosfera (el hielo marino, las capas de hielo, los glaciares, etc.);
- el 3 % se disipa en el suelo;
- el 1 % calienta la atmósfera.

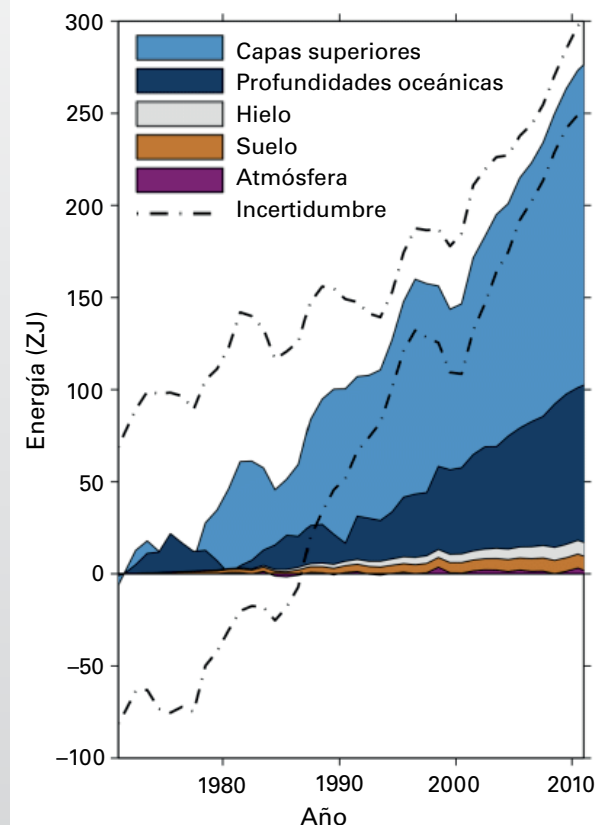


Figura 4. Acumulación de energía en zetajulios en distintos componentes del sistema climático de la Tierra de 1971 a 2010 con respecto a 1971.

Fuente: Rhein y otros, 2013 (véase la referencia 23)



CO₂ atmosférico: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

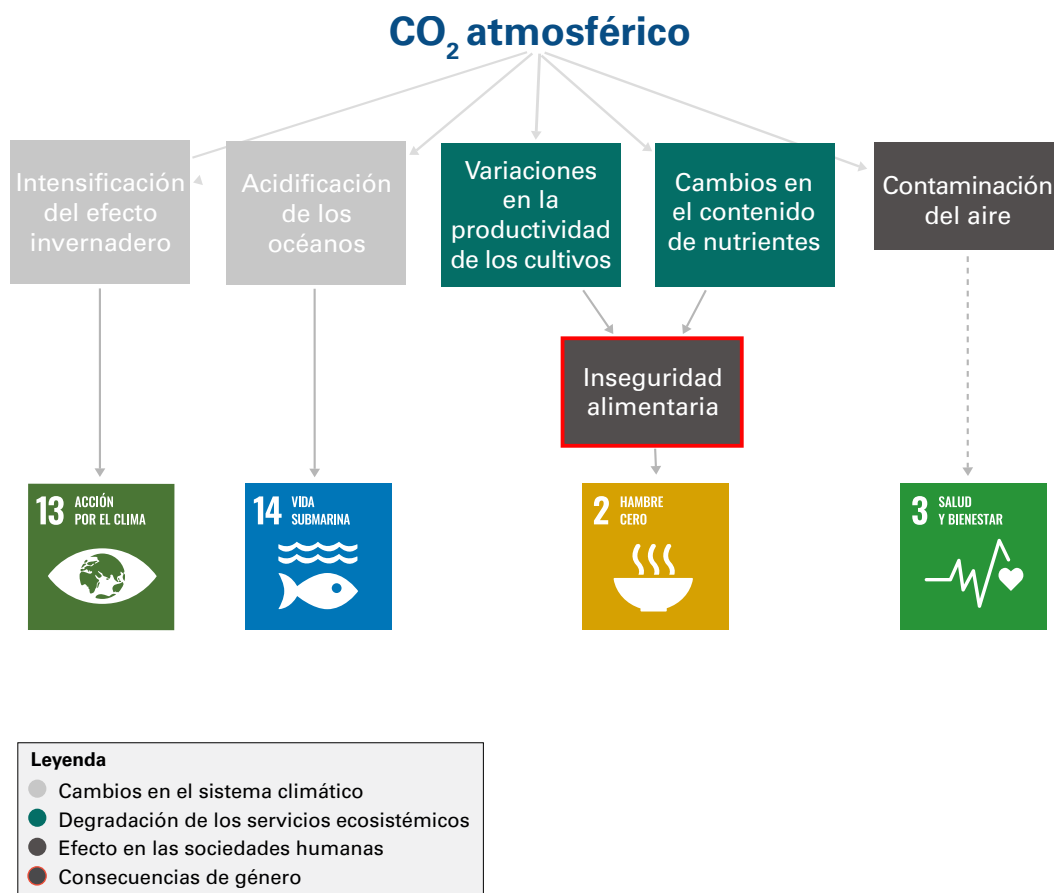


Figura 5. Riesgos asociados al CO₂ atmosférico y vinculación con los ODS.

Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El aumento de las concentraciones de CO₂ potencia el componente antropógeno del efecto invernadero. Aunque el efecto invernadero se produce de forma natural y es necesario para la vida en la Tierra, cuando la actividad humana lo intensifica, acelera el calentamiento del planeta. El incremento descontrolado de las concentraciones de este gas y la subida asociada de las temperaturas mundiales podrían poner de manifiesto la eficacia limitada de las medidas de lucha contra el cambio climático y comprometer los esfuerzos para reducir sus impactos (ODS 13) (véase la figura 5).

Además, la concentración de CO₂ está aumentando tanto en los océanos como en la atmósfera. La creciente presencia de este gas en el agua provoca la acidificación de los océanos, lo que afecta directamente al indicador 14.3.1 de los ODS e incide indirectamente en otros (véase el apartado sobre la acidificación de los océanos). Asimismo, a medida que aumentan las concentraciones atmosféricas de CO₂, los procesos de fotosíntesis se aceleran, lo que permite obtener rendimientos agrícolas en menos tiempo. Esto puede dar lugar a una reducción de ciertas concentraciones de proteínas y nutrientes en los cereales, un proceso conocido como dilución por crecimiento.⁷ La reducción en el contenido de nutrientes afecta a la seguridad alimentaria, específicamente al indicador 2.1.2 de los ODS. Por último, estudios recientes han demostrado que pueden existir riesgos directos para la salud asociados a una mayor exposición a niveles elevados de CO₂, atmosférico, lo que supone una amenaza en lo concerniente a los indicadores 3.4.1 y 3.9.1 de los ODS.⁸

La concentración de CO₂ impulsa el cambio climático a escala mundial y, por consiguiente, es la causa indirecta de los riesgos relacionados con el resto de los indicadores climáticos y con casi todos los ODS. **Por lo tanto, la reducción de las emisiones de carbono es una de las medidas más eficaces y necesarias relacionadas con el clima que pueden adoptarse para alcanzar los ODS.**

Acidificación de los océanos





Acidificación de los océanos

Información general

Los océanos absorben aproximadamente entre el 25 y el 30 % de todas las emisiones de CO_2 .⁹ Cuando el CO_2 se disuelve en el agua, se convierte en iones ácidos (H_2CO_3 y HCO_3^-), que acidifican los océanos. El pH de la superficie de los océanos disminuyó de 8,2 a menos de 8,1 durante la era industrial como resultado del aumento de las emisiones antropógenas de CO_2 .¹⁰ Este descenso corresponde a un aumento de la acidez oceánica de aproximadamente un 30 %. En las últimas décadas, la acidificación de los océanos ha aumentado a un ritmo 100 veces más rápido que en los últimos 55 millones de años.¹¹

Esta acidificación afecta a organismos marinos —como los mejillones, crustáceos y corales— es decir, a su capacidad para formar conchas y material esquelético (véase la figura 6). Dado que estas especies constituyen la base de muchas redes alimentarias marinas, la acidificación de los océanos amenaza no solo a determinadas especies, sino también a ecosistemas enteros y a los servicios relacionados con los océanos, desde la seguridad alimentaria hasta los medios de subsistencia, el turismo y el patrimonio cultural.

Los océanos absorben alrededor del **25 al 30 %** de las emisiones anuales de CO_2 .

Medición del indicador

La acidez de los océanos ha aumentado un **30 %** desde 1850-1900.

En los últimos años, la comunidad internacional ha prestado cada vez más atención a los riesgos que acarrea la acidificación de los océanos. En 2017, se añadió un indicador específico de los ODS (el 14.3.1). La Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos —que cuenta actualmente con más de 100 países miembros— mide y notifica la acidez marina media (pH).¹² El pH de los océanos ha venido disminuyendo de forma constante en los últimos años (figura 7).

Deterioro de una concha en una solución de pH 7,8
Fotografía: David Liittschwager/National Geographic

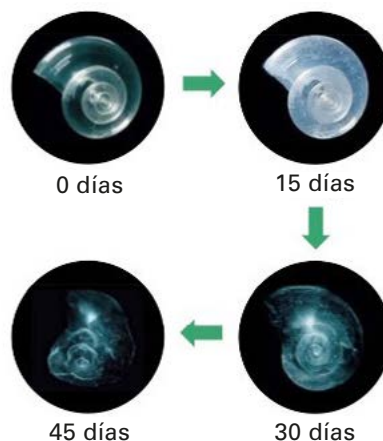


Figura 6. Deterioro de una concha en una solución de pH 7,8.

Fuente: National Geographic Society

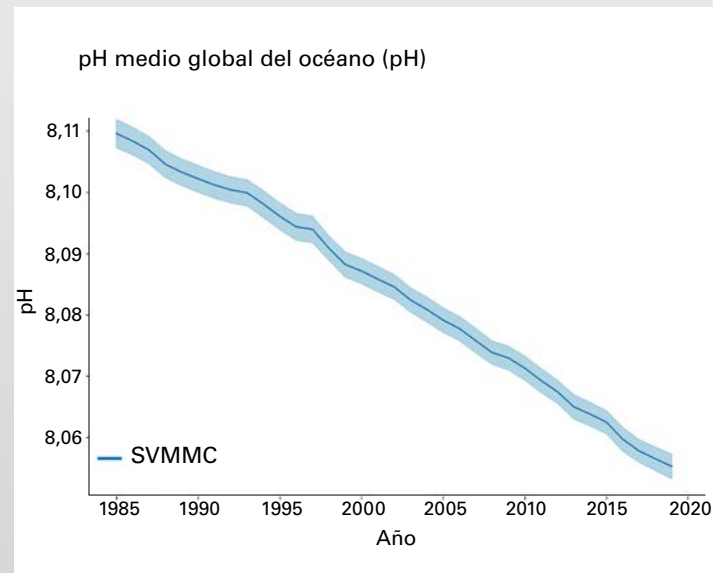


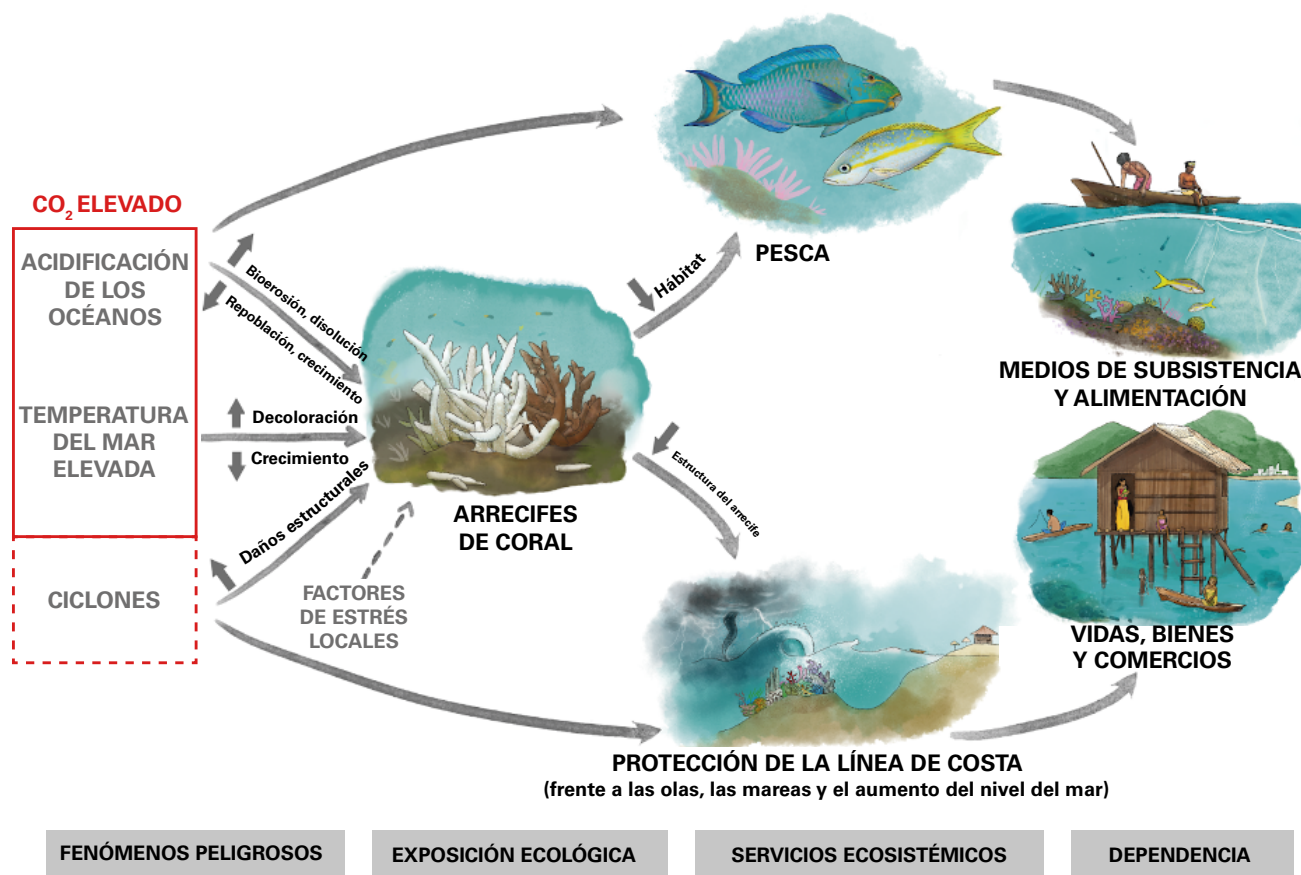
Figura 7. Valor de pH medio mundial en superficie. El área sombreada indica la incertidumbre calculada en cada estimación.

Fuente: Servicio de Vigilancia Medioambiental Marina de Copernicus (SVMCM)



Acidificación de los océanos: Principales efectos climáticos

Alteración y pérdida de ecosistemas marinos



La acidificación de los océanos está relacionada con la disminución de las concentraciones de ión carbonato, indispensable para que organismos marinos como los mejillones, los crustáceos y los corales formen conchas y material esquelético. Por tanto, dicha acidificación puede afectar a los niveles tróficos inferiores y a las fuentes de alimento de la vida marina, lo que podría dar lugar a grandes cambios en las especies marinas, que podrían, a su vez, alterar significativamente los medios de subsistencia de los pescadores y de la industria pesquera.

Es especialmente importante destacar el impacto sobre los arrecifes de coral (figura 8). Los arrecifes de coral no solo son uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del mundo, sino que también proporcionan una protección costera imprescindible en caso de olas altas o mareas de tempestad y sirven de hábitat para muchos mariscos importantes y otros invertebrados. Así, los arrecifes de coral son extremadamente vulnerables al cambio climático y constituyen una solución natural para combatir sus impactos.¹³

Los ecosistemas marinos también se ven afectados por el calentamiento de los océanos (véase el apartado sobre el contenido calorífico de los océanos).

Figura 8. Causas y consecuencias de la decoloración coralina.
Fuente: Marine Ecology Consulting, Fiji



Acidificación de los océanos

Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La acidificación de los océanos (figura 9) es singular porque es el único indicador climático de la OMM que tiene su correspondiente indicador de los ODS (el 14.3.1). Sin embargo, su impacto es de más amplio alcance. A medida que los océanos absorben niveles crecientes de CO_2 , su pH cambia y se vuelve más ácido. Cuando esto ocurre, organismos como los mejillones, crustáceos y corales —y las especies de la cadena alimentaria que dependen de ellos— corren peligro, lo que compromete el logro de las metas 14.2 y 14.3 de los ODS. Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas marinos amenazados y forman parte de una de las cadenas alimentarias en peligro. Muchos de estos arrecifes tienen un valor que va más allá de sus servicios ecosistémicos y han sido declarados Patrimonio de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Su degradación supondría, por tanto, pérdidas culturales muy importantes (meta 11.4 de los ODS), así como pérdidas económicas para el sector turístico (meta 8.9 de los ODS).¹⁴

Además, la pesquería depende de la salud de los ecosistemas marinos. Toda alteración o pérdida significativa de biodiversidad marina puede mermar el rendimiento pesquero, contribuyendo así a la reducción o disminución de los medios de subsistencia (meta 1.4 de los ODS) y a la inseguridad alimentaria (indicador 2.1.2 de los ODS), especialmente en las zonas rurales y de bajos ingresos que dependen más de la pesca local.¹⁵ Teniendo en cuenta las desigualdades constatadas, los riesgos para la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia pueden tener un impacto muy diferente según el género, lo que socava el trabajo realizado en pro de la igualdad de género (ODS 5).¹⁶ Tanto la inseguridad alimentaria como la pérdida de medios de subsistencia pueden llegar a ser también factores desencadenantes de conflictos, especialmente en lo que respecta a las disputas territoriales y la gestión de los recursos, lo que amenazaría la paz y la estabilidad regionales (ODS 16.1).¹⁷ Por consiguiente, está claro que la acidificación de los océanos supone una amenaza muy importante para la consecución de aquí a 2030 de múltiples ODS, incluido el ODS 14.

Acidificación de los océanos



Leyenda

- Degradación de los servicios ecosistémicos
- Efecto en las sociedades humanas
- Consecuencias de género

Figura 9. Riesgos asociados a la acidificación de los océanos y vinculación con los ODS.

Temperatura media
global en superficie





Temperatura media global en superficie

Información general

En función del escenario al que nos lleve la trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero seguida, se prevé que la temperatura media global en superficie aumente entre 2 y 5 °C de aquí a 2100.¹⁸ La velocidad a la cual las temperaturas están cambiando es significativa: mientras que en los últimos 20 000 años se ha producido un calentamiento de 4 °C,¹⁹ el cambio climático antropógeno podría provocar un calentamiento igual en solo dos siglos. Así, el IPCC ha instado al mundo a mantener el calentamiento global por debajo de 1,5 °C, aunque en 2020 este ya estaba alrededor de 1,2 °C por encima de los niveles preindustriales.²⁰

La temperatura media global en superficie no permite apreciar la diferencia de calentamiento entre las regiones (véase la figura 10).

Medición del indicador

La temperatura media global en superficie se utiliza por lo general como punto de partida para la elaboración de políticas relativas al cambio climático y para el debate en torno al mismo. Se mide combinando datos de la temperatura del aire a dos metros sobre el suelo y de la temperatura superficial del mar en zonas oceánicas obtenidos de varias bases de datos.²¹ Suele expresarse como una anomalía con respecto a un período de referencia.

La OMM calcula este indicador a partir de **cinco conjuntos de datos de temperatura mundial**:

| HadCRUT | NOAA GlobalTemp | GISTEMP | ERA5 | JRA-55 |

El ritmo de calentamiento del Ártico es **tres veces más rápido** que el ritmo medio mundial, lo cual causa impactos a escala global.²²

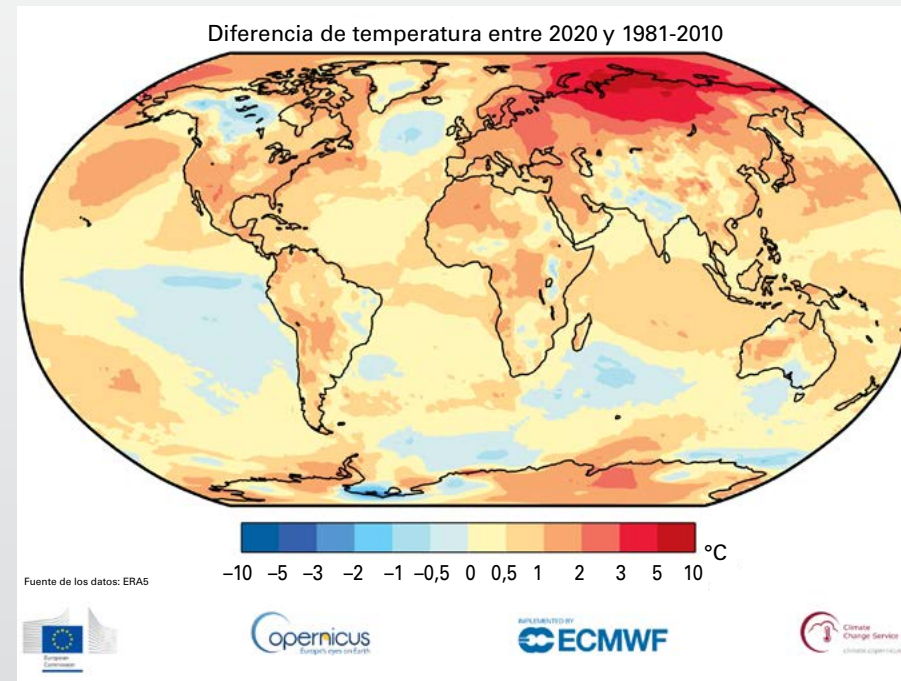


Figura 10. Diferencia de la temperatura del aire en superficie en 2020 con respecto a la media de 1981-2010.

Fuente: *Estado del clima mundial en 2020* (OMM-N° 1264)

En 2020, la temperatura media global en superficie se situó en torno a **$1,2 \pm 0,1$ °C** **por encima** del valor de referencia de la era preindustrial (1850-1900).



Temperatura media global en superficie: Principales efectos climáticos

Calentamiento de la tierra y de la temperatura del aire en superficie

El aire y la tierra absorben el 4 % de la energía acumulada en la Tierra.²³ La temperatura del aire cerca de la superficie se utiliza para evaluar el calentamiento en las zonas terrestres.

Calentamiento de la temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar ejerce una gran influencia en los intercambios de energía, momento y gases entre los océanos y la atmósfera.²⁴

Extremos de calor

Los extremos de calor y las olas de calor están aumentando tanto en frecuencia como en intensidad en todo el mundo,²⁵ lo que provoca grandes y devastadores incendios forestales. Con el rápido calentamiento del Ártico, las altas temperaturas provocan el deshielo del permafrost.

Refuerzo del ciclo de retroalimentación positiva: el deshielo del permafrost

El permafrost es el suelo que se encuentra permanentemente congelado. Al descongelarse, libera al aire el metano almacenado bajo tierra. Asimismo, el metano tiene un potencial de calentamiento global más de 20 veces superior al del CO₂ en una escala temporal de 100 años.²⁸

Si este fenómeno se acelera, existe un alto riesgo de que el cambio climático se vuelva imprevisible, incluso de que se acelere el calentamiento por encima de los 2 °C.

Alteración del ciclo del agua

A medida que las superficies terrestre y oceánica se calientan, la evaporación y la evapotranspiración aumentan, creando más nubes y cambiando los patrones de las precipitaciones y el flujo fluvial. El incremento de las temperaturas provocará cambios globales y regionales y, por tanto, alterará la distribución de la precipitación y modificará las campañas agrícolas (figura 11).²⁶ La intensificación de los episodios de El Niño también está generando más sequías e inundaciones.²⁷

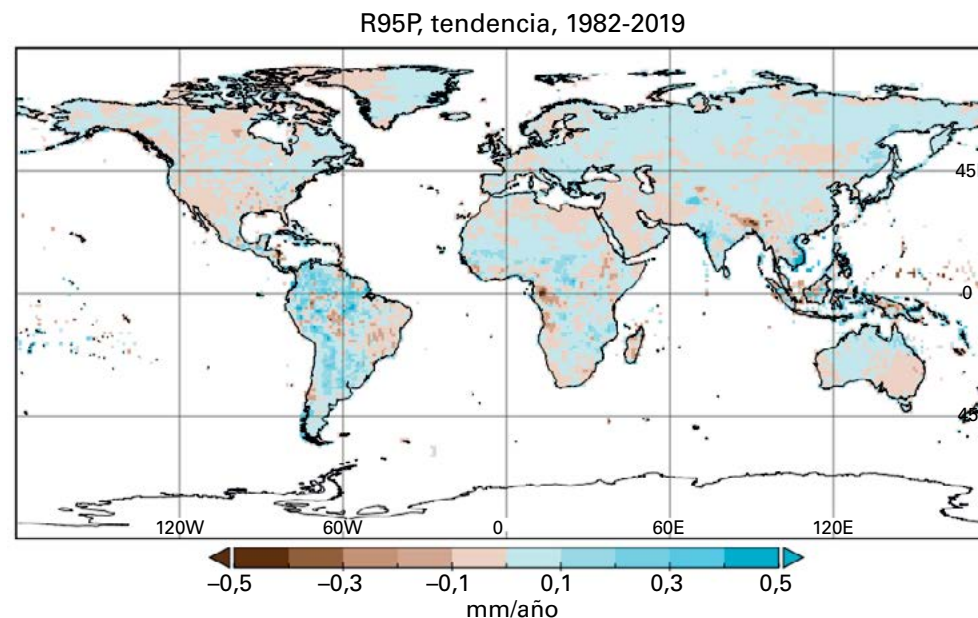


Figura 11. Percentil 95 de la tendencia del total de precipitación diaria desde 1982 hasta 2019.

Fuente: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones



Temperatura media global en superficie: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 12. Riesgos asociados al aumento de la temperatura media global en superficie y vinculación con los ODS

El aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos suponen importantes amenazas para los sistemas humanos y ecológicos (figura 12). Los cambios y las pérdidas en la biodiversidad marina y terrestre, principalmente como resultado de la pérdida de hábitats, los cambios migratorios y las cascadas tróficas, tendrán graves consecuencias en los servicios ecosistémicos y los agroecosistemas.²⁹ Incluso pequeños cambios en una especie podrían acabar provocando la pérdida de ecosistemas enteros o la extinción de especies, lo que afectaría al logro de las metas 14.2 y 15.5 de los ODS. La combinación de los efectos del aumento de las temperaturas, los fenómenos meteorológicos extremos, los cambios en la configuración de las precipitaciones y la pérdida de biodiversidad tiene amplias consecuencias adversas para los rendimientos agrícolas y pesqueros, lo que pone en peligro los medios de subsistencia de las comunidades que dependen de ellos (meta 1.5 de los ODS) y el logro de la seguridad alimentaria (indicadores 2.1.2 y 2.4.1 de los ODS).³⁰

El aumento de las temperaturas y los fenómenos extremos también amenazan la disponibilidad, la distribución y la calidad de las precipitaciones, la fusión de la nieve, el flujo fluvial y el agua subterránea, lo que conduce a un mayor riesgo de escasez de agua e incide directamente en la consecución de las metas 6.1 y 6.4 de los ODS.³¹ Además, los fenómenos extremos contribuyen a aumentar los riesgos para la salud de las personas, los desplazamientos de población y las infraestructuras construidas. Los fenómenos extremos ponen en riesgo la salud, ya que pueden afectar a la morbilidad y la mortalidad (metas 3.4 y 3.9 de los ODS), así como alterar las condiciones sociales y ambientales, lo que a su vez puede facilitar la propagación de enfermedades (meta 3.3 de los ODS), y contribuyen a causar importantes traumas que pueden deteriorar la salud mental (meta 3.4 de los ODS).³² El cambio climático y los desplazamientos migratorios también aumentan la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, lo que acentúa aún más los riesgos sanitarios.³³



Temperatura media global en superficie: Principales efectos climáticos



Figura 12. Riesgos asociados al aumento de la temperatura media global en superficie y vinculación con los ODS.

Asimismo, los fenómenos extremos, los problemas de salud, la escasez de agua y la inseguridad alimentaria aumentan el riesgo de desplazamiento a corto y largo plazo, lo que socava las iniciativas encaminadas a erradicar la pobreza y garantizar los derechos sobre la tierra (indicador 1.4.2 de los ODS), promover la inclusión social, económica y política (meta 10.2 de los ODS), proteger los derechos laborales (meta 8.8 de los ODS) y mejorar la salud mental (meta 3.4 de los ODS).³⁴ La combinación de un mayor riesgo de desplazamiento con un mayor riesgo de degradación de la salud, las reservas de agua y la seguridad alimentaria puede aumentar la probabilidad de que surjan conflictos, lo que pone en peligro el logro del ODS 16.1.³⁵ Los fenómenos extremos ponen en riesgo las infraestructuras construidas, y ello amenaza la salud (ODS 3); daña hogares, comercios (meta 8.8 de los ODS) y comunidades (metas 1.5, 9.1, y 11.b de los ODS); perturba el transporte (meta 11.2 de los ODS); contribuye a la generación de importantes pérdidas económicas (meta 1.5 de los ODS); y retrasa el desarrollo (meta 11.b de los ODS).³⁶

Especialmente en las ciudades, el fenómeno de la isla de calor urbana agrava aún más el efecto del aumento de las temperaturas en la salud (ODS 3) y espolea la demanda de sistemas de refrigeración con alto contenido de carbono (ODS 13).³⁷ Por último, la subida de las temperaturas provoca el deshielo del permafrost y de los glaciares, lo que pone todavía más en jaque las infraestructuras construidas³⁸ y libera gases de efecto invernadero a la atmósfera. Este ciclo de retroalimentación mina toda medida climática adoptada por las naciones (meta 13.2 de los ODS). Es fundamental destacar que los impactos en la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la salud y los medios de subsistencia no afectarán a toda la población por igual; las consecuencias podrían ser diferentes para quienes ya se ven afectados por desigualdades socioeconómicas o de género subyacentes de carácter sistémicos.³⁹

Contenido calórico de los océanos





Contenido calorífico de los océanos

Información general

Al cubrir más del 70 % de la superficie de la Tierra, el océano tiene una capacidad extraordinaria para almacenar calor sin provocar un aumento importante de las temperaturas. Esta capacidad para almacenar y liberar calor a lo largo de períodos de tiempo prolongados confiere al océano un papel crucial en la estabilización del sistema climático de la Tierra. La temperatura de los océanos también aumenta a medida que el cambio climático antropógeno sigue calentando el planeta, lo que entraña graves repercusiones para la vida de las personas y el desarrollo sostenible. El contenido calorífico de los océanos constituye un indicador fundamental del estado del clima, debido al importante impacto que tiene en las pautas meteorológicas, la composición atmosférica, la salud de los ecosistemas y la biodiversidad.

Medición del indicador

Mediante el análisis de perfiles de temperatura subsuperficial, este indicador mide la capacidad del océano para almacenar y transportar calor. Una serie de perfiles de temperatura similares a los aplicados a la temperatura media global en superficie (véase el apartado anterior) se interpolan espacialmente en una franja de tiempo determinada para calcular la media mundial en relación con un período de referencia específico.⁴⁰ Las mediciones de temperatura suelen realizarse en la superficie (<700 m) y en las profundidades de los océanos (de 700 a 2 000 m). Como se muestra en la figura 13, la media del contenido calorífico de los océanos ha ido aumentando de forma constante hasta alcanzar niveles sin precedentes en 2019.

Alrededor del **93 %** del calor acumulado a causa del cambio climático antropógeno se almacena en el océano.⁴¹

Más del **30 %** del aumento del nivel medio del mar observado en el mundo se debe a la **expansión térmica** del agua marina.⁴²

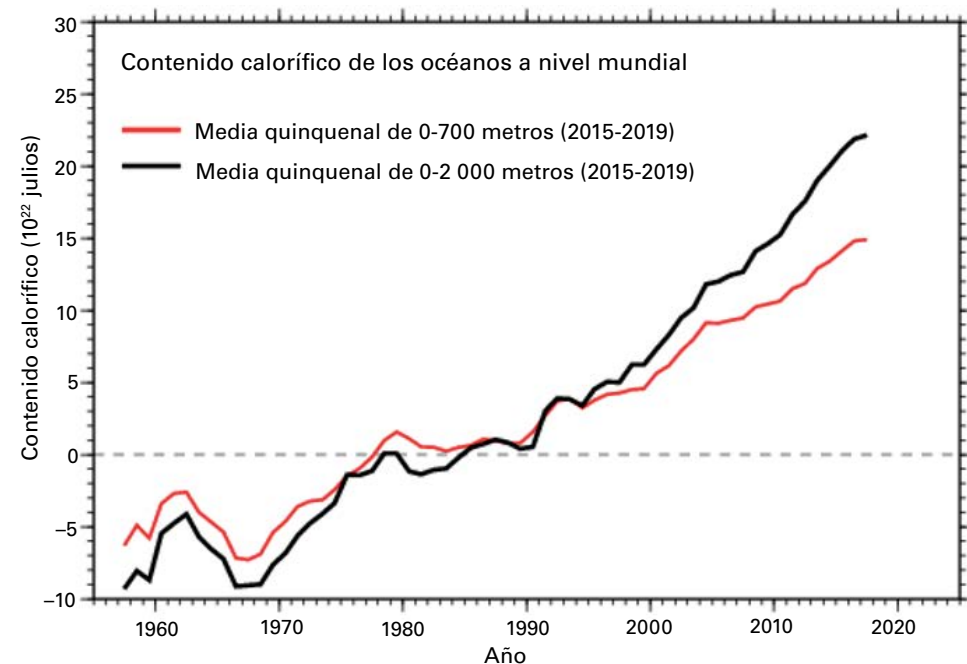


Figura 13. Contenido calorífico de los océanos a nivel mundial

Fuente: Laboratorio de Estudios del Sistema Océano-Clima



Contenido calórico de los océanos: Principales efectos climáticos

Calentamiento de las capas superiores y las profundidades de los océanos

Aumento de la estratificación de la densidad de las capas superiores de los océanos

El calentamiento observado en la superficie de los océanos, junto con las aportaciones de agua dulce, está reduciendo la densidad de las capas superficiales en comparación con la de zonas más profundas. Esas diferencias de densidad impiden la mezcla entre las aguas de superficie y las más profundas.⁴³

Ralentización de la circulación y la ventilación oceánicas

La inhibición de los intercambios desde las aguas profundas hasta las superficiales reduce el suministro de nutrientes y limita la ventilación de los océanos, desde la superficie hasta las profundidades, lo que conlleva graves consecuencias para la captación oceánica de carbono y oxígeno.⁴⁴

Desoxigenación de los océanos

Al calentarse, el agua puede retener menos oxígeno soluble. Asimismo, el aumento de la estratificación oceánica impide el intercambio entre las capas superiores del océano y las profundidades. Desde 1970 se ha producido una pérdida de oxígeno de entre el 0,5 y el 3,3 %, y la extensión de las zonas de oxígeno mínimo se está incrementando en porcentajes que oscilan entre el 3 y el 8 %.⁴⁵

Olas de calor marinas

Las olas de calor marinas son períodos prolongados de temperaturas anormalmente cálidas del agua del mar. Dichas olas han duplicado su frecuencia y se han hecho más duraderas, intensas y extensas, lo que conlleva importantes consecuencias para los ecosistemas marinos y en las industrias.⁴⁶

Derretimiento de la capa de hielo y del hielo marino

Las consecuencias del calentamiento de los océanos también se extienden a la criosfera de la Tierra, dado que las plataformas de hielo flotante pierden grosor y las capas de hielo disminuyen⁴⁷ (véase el apartado sobre la extensión del hielo marino).

Expansión térmica de los océanos

Cuando el agua se calienta, su volumen aumenta.

La expansión térmica es responsable de entre el 30 y el 55 % del incremento del nivel medio del mar a escala mundial en el siglo XXI⁴⁸ (véase el apartado sobre el aumento del nivel del mar.)

Ciclos de retroalimentación positiva

Capacidad del sumidero oceánico de carbono

Conforme el agua se calienta y la ventilación del océano se debilita, se reduce la capacidad del océano para almacenar CO₂ atmosférico.⁴⁹ Esto aumenta aún más la concentración de ese gas en la atmósfera, produciéndose así un ciclo de retroalimentación positiva.

Fusión de los hidratos de metano

Los hidratos de metano son depósitos de metano congelado en el fondo de los océanos. A raíz del calentamiento de las aguas, se vuelven inestables y liberan metano a la atmósfera.⁵⁰



Contenido calorífico de los océanos: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 14. Riesgos asociados al aumento del contenido calorífico de los océanos y vinculación con los ODS.

Dado que el océano desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de los sistemas de la Tierra, los cambios en su temperatura plantean una serie de importantes riesgos para el desarrollo sostenible (figura 14). En primer lugar, el aumento de las temperaturas puede provocar la fusión de los hidratos de metano en aguas profundas. Al fundirse, esos hidratos liberan metano a la atmósfera, un potente gas de efecto invernadero.⁵¹ Además, el océano pierde capacidad para absorber carbono como consecuencia del aumento de la temperatura del agua y la ralentización de la ventilación (véase la página anterior), lo que incrementa la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y amenaza la eficacia de la acción climática (meta 13.2 de los ODS). El calentamiento, especialmente durante las olas de calor marinas (véase la página anterior), también puede contribuir a aumentar el riesgo de floración de algas nocivas y de eutrofización. La floración de algas no solo puede ser perjudicial para las especies marinas y la biodiversidad por la desoxigenación, sino que también puede acarrear graves consecuencias para la salud de las personas (meta 3.9 de los ODS). Además, el océano pierde capacidad para absorber carbono como consecuencia del aumento de la temperatura del agua y la ralentización de la ventilación (véase la página anterior), lo que incrementa la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y amenaza la eficacia de la acción climática (meta 13.2 de los ODS). El calentamiento, especialmente durante las olas de calor marinas (véase la página anterior), también puede contribuir a aumentar el riesgo de floración

de algas nocivas y de eutrofización. La floración de algas no solo puede ser perjudicial para las especies marinas y la biodiversidad por la desoxigenación, sino que también puede acarrear graves consecuencias para la salud de las personas (meta 3.9 de los ODS).⁵² Los ecosistemas marinos se ven aún más afectados por el aumento de la estratificación de los océanos, que propicia la desoxigenación y puede suponer un obstáculo para el suministro de nutrientes. El aumento de las temperaturas también puede afectar negativamente a especies cimentales como los arrecifes de coral.⁵³ En conjunto, estos procesos pueden provocar cambios en la biodiversidad marina o pérdidas de la misma, lo que compromete el cumplimiento de la meta 14.2 de los ODS. Asimismo, al igual que los arrecifes de coral, también resultan afectados el patrimonio natural, la oferta turística y los medios de subsistencia que dependen de ellos, lo que entraña riesgos en lo concerniente al indicador 11.4.1 de los ODS y las metas 8.9 y 1.5.⁵⁴ Por último, los cambios en la biodiversidad pueden conducir a la reducción de los rendimientos pesqueros, lo que amenazaría aún más los medios de subsistencia (meta 1.4 de los ODS) y la seguridad alimentaria (indicador 2.1.2 de los ODS), y podría generar conflictos (ODS 16.1) por los recursos marinos.⁵⁵ Es importante señalar que los efectos en la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia tienen consecuencias significativamente diferentes para aquellos que ya se ven afectados por desigualdades sistémicas subyacentes de índole socioeconómica o de género.⁵⁶

Extensión del hielo marino





Extensión del hielo marino

Información general

Las noticias sobre el cambio climático suelen ir acompañadas de imágenes del deshielo en el Ártico. Aunque el cambio climático es un asunto más complejo, el hielo marino es un componente importante del mismo. La extensión del hielo marino es un indicador eficaz del cambio climático, especialmente si se tiene en cuenta la rapidez con la que se producen los cambios en los polos y las repercusiones a nivel mundial que pueden tener las alteraciones de la capa de hielo, sobre todo como resultado de la retroalimentación hielo-albedo. Debido a su impacto en los recursos marinos, los ecosistemas y las cadenas alimentarias, la extensión del hielo marino constituye una variable climática crucial.

La **extensión mínima** diaria del **hielo marino del Ártico** en septiembre de 2020 fue la **segunda más baja** jamás observada por satélite.⁵⁹

Medición del indicador

La extensión del hielo marino, que se define como las zonas del océano cubiertas por una concentración de hielo superior al 15 %, ⁵⁷ es el indicador climático más utilizado para evaluar los cambios a largo plazo en el hielo marino del Ártico y de la Antártida. Los instrumentos de teledetección pasiva por microondas embarcados en satélites se sirven de la reflectividad para calcular los cambios en este indicador.⁵⁸ Es importante señalar que aún se desconoce mucho sobre el comportamiento del hielo marino en los dos polos, como lo demuestra el hecho que no se conozcan las causas de la importante diferencia en sus respectivos descensos desde 1980 (véase la figura 15).

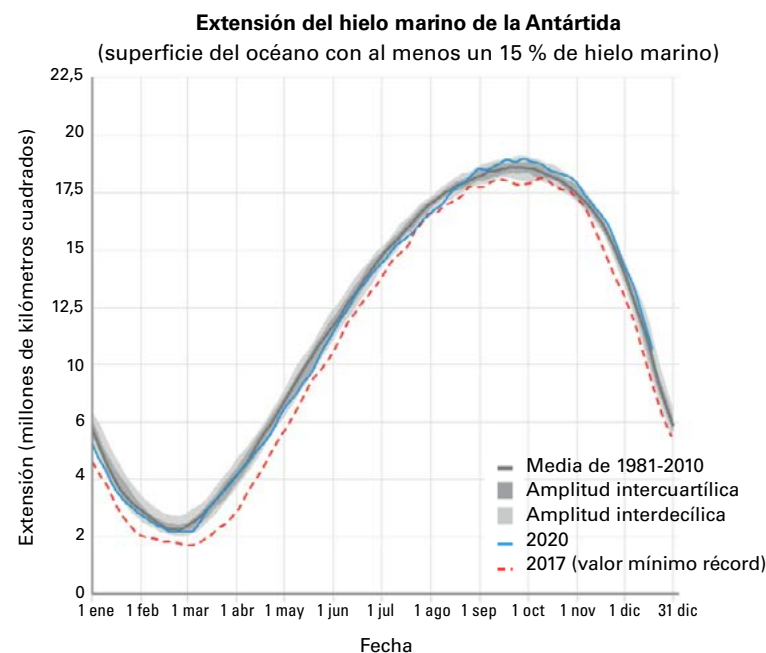
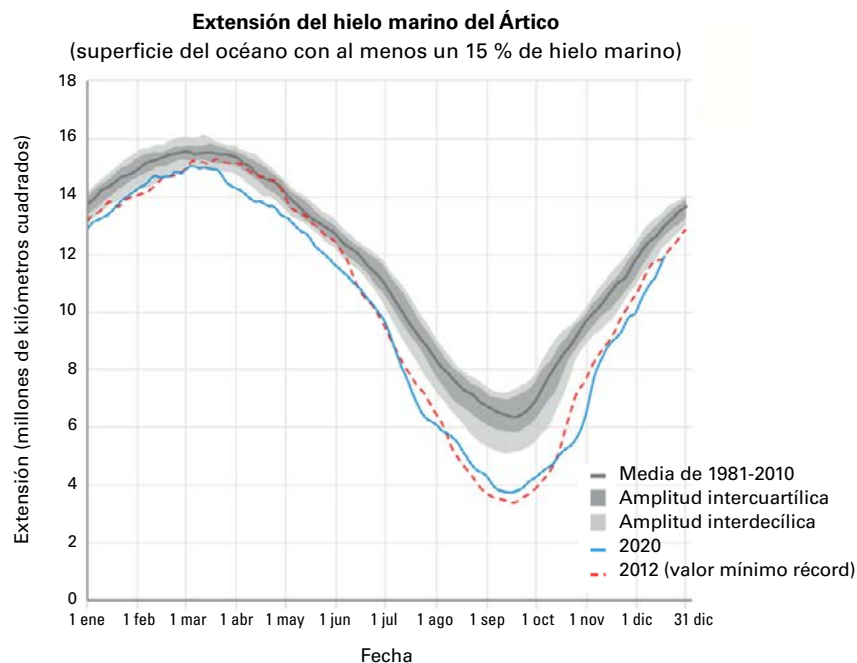


Figura 15. Anomalías en la extensión del hielo marino entre 1979 y 2020 en el Ártico (izquierda) y la Antártida (derecha).
Fuente: Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos, Boulder, Colorado, Estados Unidos de América



Extensión del hielo marino: Principales efectos climáticos

Reducción del albedo de superficie y calentamiento local más rápido: el ciclo de retroalimentación fusión-calor-fusión

Las superficies claras, como el hielo marino, son muy reflectivas y devuelven la luz solar al espacio. A medida que el aumento de las temperaturas mundiales derrite el hielo marino, la extensión de las superficies claras se reduce, dejando al descubierto la superficie más oscura del agua de deshielo y el océano que hay debajo. Estas superficies más oscuras, a su vez, absorben más radiación solar. Como resultado, las temperaturas del aire y del mar en la superficie aumentan, acelerando aún más el calentamiento local y el derretimiento del hielo marino (figura 16). Durante los inviernos (de enero a marzo) de 2016 y 2018, las temperaturas superficiales en el Ártico central estuvieron 6 °C por encima de la media del período 1981-2010, lo que contribuyó a una ausencia de hielo marino regional sin precedentes.⁶⁰



Figura 16. Ciclo de retroalimentación del albedo del hielo marino.
Fuente: UCLA Center for Climate Science

Rápido calentamiento del Ártico e inestabilidad de la corriente en chorro polar

La corriente en chorro polar es un tipo de viento térmico que surge como resultado del fuerte contraste de temperatura entre el aire polar frío y el aire tropical cálido. Como el Ártico se calienta más rápidamente, la diferencia de temperatura (la fuerza del gradiente térmico) entre el polo y los trópicos se reduce. Cuanto más débil sea el gradiente térmico, más débil será la corriente en chorro. Así, a medida que la corriente en chorro se desplaza, el aire cálido puede ascender hacia el norte y el aire frío puede descender hacia el sur (figura 17; véase también el apartado sobre la temperatura media global en superficie).⁶¹

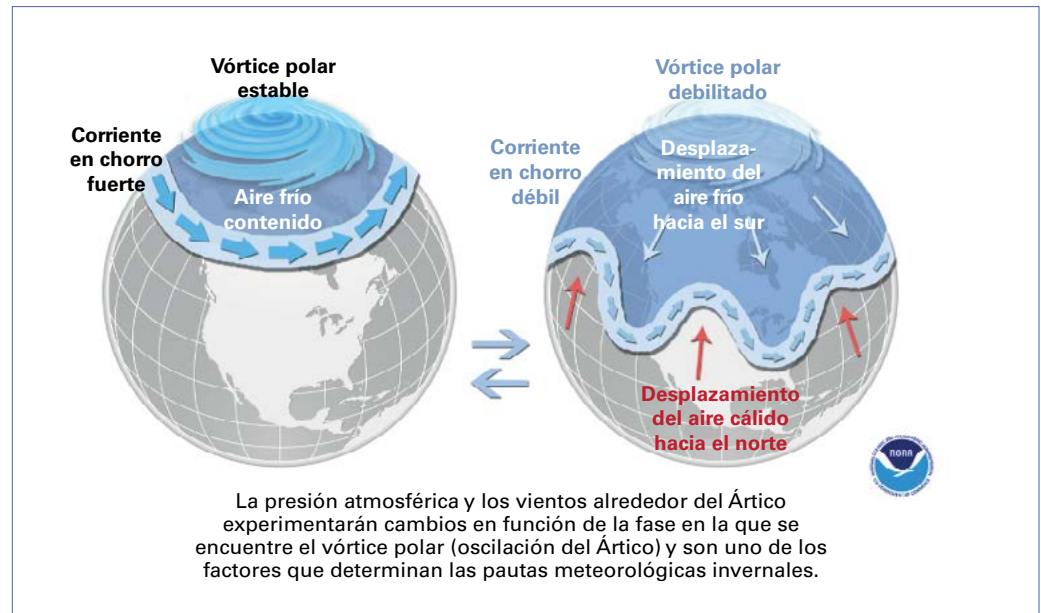


Figura 17. Explicación científica del vórtice polar.
Fuente: NOAA



Extensión del hielo marino: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 18. Riesgos asociados a la disminución de la extensión del hielo marino y vinculación con los ODS.

Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Una de las consecuencias del cambio climático antropógeno es el derretimiento del hielo marino. La disminución a escala mundial de la extensión del hielo marino plantea una serie de riesgos para la consecución de los ODS (figura 18). En primer lugar, al derretirse el hielo de color claro, se refleja menos luz, lo que deja al descubierto el océano oscuro que hay debajo y hace que este absorba más calor. Este cambio en el albedo de superficie acelera el calentamiento, socavando así los progresos en materia de acción climática (meta 13.2 de los ODS). Además, al derretirse el hielo, las múltiples especies que dependen de él, desde las algas y el zooplancton hasta los osos polares y las focas, están en peligro.⁶²

Dadas las conexiones tróficas entre los ecosistemas marinos, los cambios en el hielo marino del Ártico y la Antártida podrían tener repercusiones de alcance mundial, y ello amenazaría la vida tanto terrestre como acuática (metas 15.5 y 14.2 de los ODS). Estos cambios en la biodiversidad también podrían afectar a los medios de subsistencia (meta 1.4 de los ODS) y a la seguridad alimentaria (indicador 2.1.2 de los ODS) que dependen de los rendimientos pesqueros.⁶³ Por último, la reducción en las obstrucciones causadas por el hielo abrirá nuevas rutas para el transporte, lo que aumentará el tráfico comercial, posiblemente agravará la contaminación en detrimento de la vida marina (metas 14.2, 14.c y 6.6 de los ODS) y dará lugar a conflictos (meta 16.1 de los ODS).⁶⁴

Balance de masas de los glaciares





Balance de masas de los glaciares

Información general

Hay glaciares en todo el planeta, y se concentran especialmente en las cordilleras de alta montaña de Asia y de América del Norte y del Sur. También se consideran glaciares las capas de hielo de la Antártida y Groenlandia. A medida que aumentan las temperaturas, los glaciares se derriten y contribuyen a la subida del nivel del mar. Al proporcionar servicios ecosistémicos y suministrar agua dulce a millones de personas en todo el mundo, su pérdida entraña efectos importantes y directos tanto en el clima mundial como en el desarrollo sostenible.

Medición del indicador

El balance de masas de los glaciares se define como la suma de todas las ganancias y pérdidas de masas de hielo.⁶⁵ A pesar de los escasos datos anteriores a la década de 1960, los modelos actuales de glaciares y las observaciones de su longitud (que se remontan hasta el siglo XVI) indican pérdidas importantes a escala mundial desde el apogeo de la denominada Pequeña Edad de Hielo, alrededor de 1850.⁶⁶ Se han podido constatar pérdidas desde 1960 (figura 19), incluida la desaparición de glaciares enteros. Como se muestra en la figura 20, en la última década la pérdida de masa de los glaciares ha provocado casi un tercio del actual aumento del nivel del mar.⁶⁷

El año 2019/2020 fue el **33^{er} año consecutivo** con un balance de masas de los glaciares negativo.⁶⁸

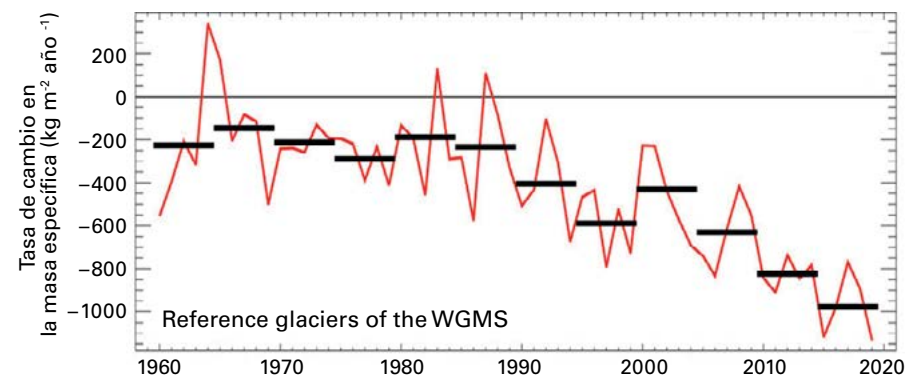


Figura 19. Evolución de la masa de los glaciares entre 1960 y 2020.
Fuente: OMM

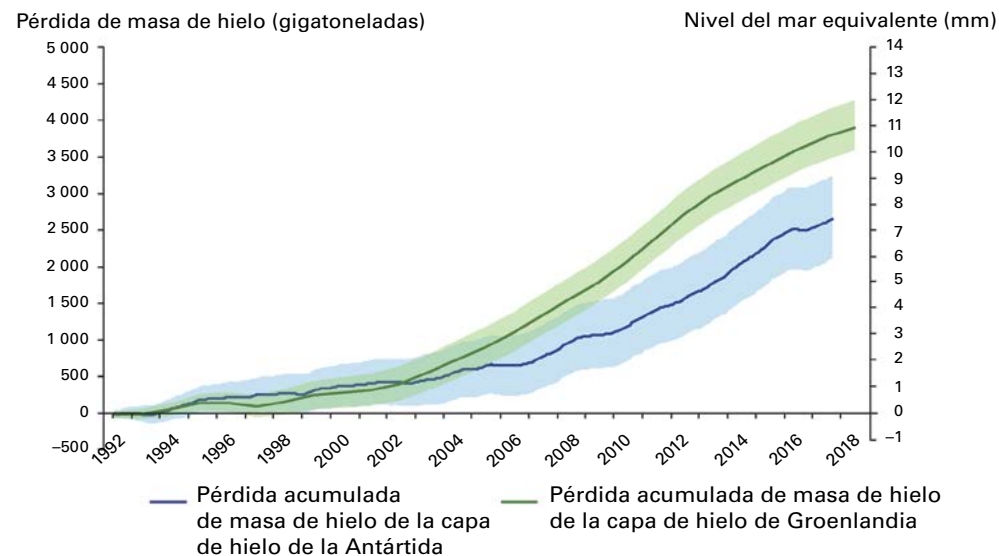


Figura 20. Pérdida acumulada de masa de hielo en Groenlandia y la Antártida medida en gigatoneladas por año (Gt/año).
Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente



Balance de masas de los glaciares: Principales efectos climáticos

Derretimiento de las capas de hielo y los casquetes de hielo

Las capas de hielo y los casquetes de hielo son glaciares de diferentes tamaños. Una capa de hielo, o glaciar continental, es una masa de hielo que cubre el terreno circundante y tiene una superficie de más de 50 000 km². Actualmente, las únicas capas de hielo se encuentran en la Antártida y en Groenlandia. Un casquete de hielo, por su parte, es una masa de hielo que cubre menos de 50 000 km² de superficie terrestre y que normalmente se encuentra en tierras altas.⁶⁹

Aumento del nivel del mar

El derretimiento de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, así como la fusión de los glaciares de todo el mundo, provoca el aumento del nivel del mar. Además, la capa de hielo que cubre la Antártida occidental corre el riesgo de deslizarse y caer al océano. Aunque su derrumbe podría tardar cientos de años en producirse, elevaría el nivel del mar en todo el mundo en más de tres metros.⁷⁰

Pérdida de estabilidad de las laderas de alta montaña

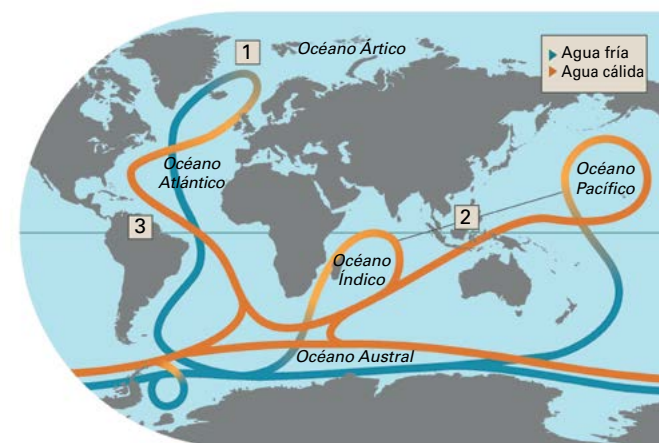
El deshielo del permafrost y el retroceso de los glaciares han mermado la estabilidad de las laderas de alta montaña, y ello entraña un mayor riesgo de deslizamientos de tierra y lodo y de avalanchas.⁷¹

El derretimiento de la capa de hielo de Groenlandia podría ralentizar la circulación termohalina mundial

La circulación termohalina mundial (figura 21) es un sistema de corrientes oceánicas que transportan calor, carbono y nutrientes por todo el planeta. Mientras que las corrientes superficiales son propulsadas principalmente por el viento, las corrientes profundas son impulsadas por diferencias de densidad que dependen tanto de la temperatura (termo) como de la salinidad (halina) del agua.

Estudios recientes han demostrado que la ralentización de la circulación oceánica puede atribuirse en parte al continuo calentamiento y deshielo de Groenlandia.⁷²

Las corrientes oceánicas condicionan las pautas térmicas y meteorológicas y, por tanto, es probable que su ralentización propicie fenómenos meteorológicos extremos, como inviernos más fríos y veranos más calurosos.⁷³ Según el IPCC, es probable que provoque fenómenos meteorológicos extremos, impulse la actividad tormentosa y contribuya a un incremento del nivel del mar en el Atlántico Norte, además de generar un exceso de calor en el Atlántico Sur, dando como resultado un aumento de las inundaciones, las emisiones de metano y las sequías.⁷⁴



- 1 En los polos, a medida que el agua de los trópicos se enfría y se vuelve más salada (y, por tanto, más densa), esta se hunde, formando aguas profundas.
- 2 Las aguas profundas salen a la superficie mediante un proceso llamado afloramiento.
- 3 La corriente cálida de superficie fluye en dirección norte, hacia Groenlandia, completando así el ciclo.

Figura 21. La cinta transportadora oceánica.
Fuente: National Geographic Society



Balance de masas de los glaciares: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Balance de masas de los glaciares



Figura 22. Riesgos asociados a la disminución del balance de masas de los glaciares y vinculación con los ODS.

Los glaciares están perdiendo masa, y ello supone una serie de riesgos para la consecución de los ODS (figura 22), especialmente si se tiene en cuenta que alrededor del 10 % de la población vive en regiones de alta montaña.⁷⁵ Cuando el agua fría de los glaciares se funde y acaba en los océanos, altera la circulación termohalina actual (véase la página anterior), lo que a su vez reduce la capacidad del océano para absorber CO₂, socavando la eficacia de las medidas de acción climática (meta 13.2 de los ODS). Los cambios en la circulación de los océanos también alteran considerablemente las pautas meteorológicas en todo el mundo, y ello amenaza hábitats y ecosistemas terrestres (metas 15.1 y 15.3 de los ODS). Con el retroceso de los glaciares y la prolongación de la temporada sin nieve, las plantas y los animales se ven obligados a desplazar su área de distribución y deben fijar sus hábitats en zonas nuevas, lo que provoca cambios en la biodiversidad y la extinción de especies (metas 15.1 y 15.3 de los

ODS).⁷⁶ Asimismo, las reducciones en el balance de masas de los glaciares entrañan importantes alteraciones en el deshielo de las nieves. La fusión de la nieve y la escorrentía constituyen una fuente esencial de agua dulce, y las modificaciones a largo plazo que experimenten ponen en peligro tanto el acceso a fuentes fiables de agua potable, segura y limpia como el uso de recursos para la generación de energía hidroeléctrica (metas 6.1 y 7.1 de los ODS).⁷⁷ Los glaciares se derriten cada vez más rápido, y ello plantea un riesgo adicional de inundación, que puede contaminar las fuentes de agua y, además, compromete el cumplimiento de las metas 6.1 y 6.3 de los ODS.⁷⁸ Las inundaciones y la escasez de agua también afectan negativamente a los rendimientos agrícolas y amenazan los medios de subsistencia que dependen de ellos (meta 1.5 de los ODS) y la seguridad alimentaria (indicadores 2.1.2 y 2.4.1 de los ODS). Además, el deshielo de los glaciares puede provocar cambios rápidos en la estabilidad de las

laderas, lo que aumenta el riesgo de deslizamientos de tierra y lodo y de avalanchas. Estos fenómenos extremos ponen en peligro la vida de las personas (meta 11.5 de los ODS) y amenazan las infraestructuras construidas, como viviendas, comercios (meta 8.8 de los ODS) y comunidades (metas 1.5, 9.1 y 11.b de los ODS). Asimismo, perturban el transporte (meta 11.2 de los ODS) y contribuyen a que se produzcan pérdidas económicas considerables (meta 1.5 de los ODS) y retrocesos en el desarrollo (meta 11.b de los ODS).⁷⁹ Por último, los glaciares ofrecen importantes oportunidades turísticas (meta 8.9 de los ODS) y servicios culturales (meta 11.4 de los ODS); sin embargo, su disminución pone en peligro los medios de subsistencia que dependen de ellos (meta 1.4 de los ODS).⁸⁰ Es fundamental señalar que, a causa de las desigualdades socioeconómicas y de género, muchos de los riesgos que plantea el cambio en la masa de los glaciares se dejarán sentir de formas diferentes en todo el mundo.⁸¹

Aumento del nivel del mar





Aumento del nivel del mar

Información general

El aumento del nivel del mar es uno de los efectos del cambio climático antropógeno citados con mayor frecuencia y también es uno de los indicadores más importantes, ya que refleja los cambios que se producen en múltiples componentes distintos del sistema climático, así como las interacciones que se establecen entre ellos. La subida del nivel del mar depende principalmente del contenido calorífico de los océanos, porque el agua se expande al calentarse, y de la masa de los glaciares que, tras fundirse, acaba en el mar (véanse los apartados sobre el contenido calorífico de los océanos y el balance de masas de los glaciares).

El aumento del nivel del mar plantea riesgos físicos y financieros importantes para las comunidades costeras, los sistemas alimentarios y los ecosistemas. Asimismo, supone una importante amenaza para el desarrollo sostenible, que va desde el costo económico de la reparación o sustitución de las infraestructuras dañadas por las inundaciones hasta los costos sociales y políticos asociados a los desplazamientos de población y la inseguridad alimentaria.

Medición del indicador

Dado que el nivel del mar varía a lo largo del tiempo, es necesario establecer una media a escala mundial para demostrar los cambios a largo plazo. Históricamente, el nivel medio del mar del planeta se medía mediante mareógrafos, pero desde 1993 se monitorea con una cobertura casi mundial mediante altimetría por satélite de alta precisión.⁸³ Gracias a esta cobertura, la comunidad internacional monitorea las tendencias de aumento continuo. En la figura 23 se muestran los retos que plantea el nivel medio del mar a escala mundial, ya que la subida del nivel del mar es más significativa en unas regiones que en otras.

En los últimos 27 años, el nivel medio del mar del planeta **ha aumentado** aproximadamente **$3,2 \pm 0,3$ mm al año**.⁸²

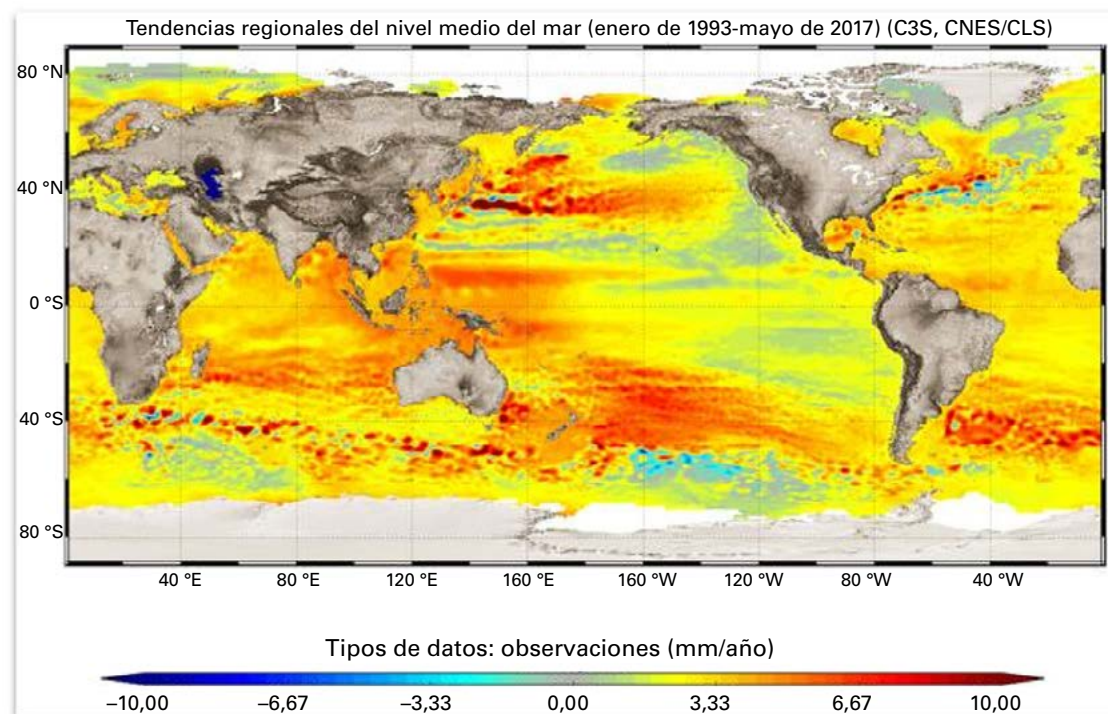


Figura 23. Variabilidad regional de las tendencias del nivel del mar de 1993 a 2019 calculada mediante altimetría por satélite. Fuente: Copernicus/Collecte Localisation Satellites (CLS)/Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES)/Laboratorio de Estudios de Geofísica y Oceanografía Espaciales (LEGOS)



Aumento del nivel del mar: Principales efectos climáticos

Peligros costeros

Elevación extrema del nivel del mar

Los niveles extremos del mar y los peligros costeros se verán agravados por los incrementos previstos en la intensidad de los ciclones tropicales y las precipitaciones asociadas.⁸⁴

Los cambios previstos en las olas a raíz de la alteración de las pautas meteorológicas, así como los cambios en las mareas debidos al aumento del nivel del mar, pueden intensificar o reducir los peligros costeros a escala local.

Erosión costera

La erosión costera está influenciada por el nivel del mar, las corrientes, los vientos y las olas (especialmente durante las tormentas, que pueden multiplicar su energía) y provoca el retroceso de la línea de costa hacia el interior. El aumento de la altura de las olas puede hacer que los bancos de arena costeros se alejen de la costa y se adentren en el mar. Las mareas altas que se alcanzan durante las tempestades también tienden a desplazar esos bancos aguas adentro. La mayor altura de las olas y las mareas incrementa la probabilidad de que el agua del mar invada o destruya las barreras de arena y las dunas costeras (figura 24). El incremento de la frecuencia de las tormentas o de su intensidad puede agravar todos esos efectos.⁸⁵

Inundaciones de humedales costeros

Los ecosistemas costeros con vegetación protegen la costa de las tormentas y la erosión y ayudan a atenuar los impactos del aumento del nivel del mar.

Sin embargo, durante los últimos 100 años se ha perdido casi el 50 % de los humedales costeros a raíz de los efectos combinados de la presión ejercida por el ser humano a escala local, el aumento del nivel del mar, el calentamiento y los fenómenos climáticos extremos.⁸⁶

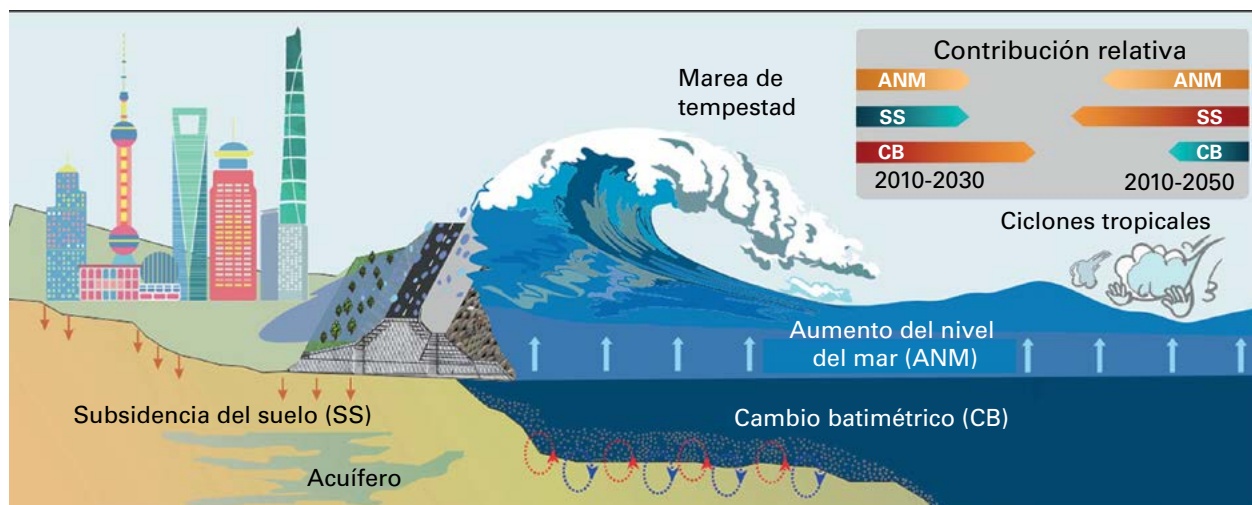


Figura 24. Combinación de peligros costeros derivados del aumento del nivel del mar, los cambios batimétricos y los ciclones tropicales. Fuente: Wang, J. y otros, 2018: "Effects of sea level rise, land subsidence, bathymetric change and typhoon tracks on storm flooding in the coastal areas of Shanghai", en *Science of the Total Environment*, vol. 621: págs. 228 a 234



Aumento del nivel del mar: Principales efectos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 25. Riesgos asociados al aumento del nivel del mar y vinculación con los ODS

Con el aumento del nivel del mar, es más probable que se produzcan fenómenos extremos e inundaciones costeras (figura 25). Estos fenómenos dañan las infraestructuras, lo que supone un riesgo para hogares, comercios y comunidades (metas 1.5, 9.1 y 11.b de los ODS), pone en peligro el acceso al agua potable (meta 6.1 de los ODS), perturba el transporte (meta 11.2 de los ODS) y causa importantes pérdidas económicas y retrocesos en el desarrollo (metas 11.5 y 11.b de los ODS).⁸⁷ Los riesgos vinculados a las inundaciones y los fenómenos extremos también conllevan, a su vez, más probabilidades de que la población deba desplazarse temporalmente o a largo plazo.⁸⁸ Estos desplazamientos pueden socavar las iniciativas destinadas a erradicar la pobreza (indicador 1.4.2 de los ODS), promover la inclusión social,

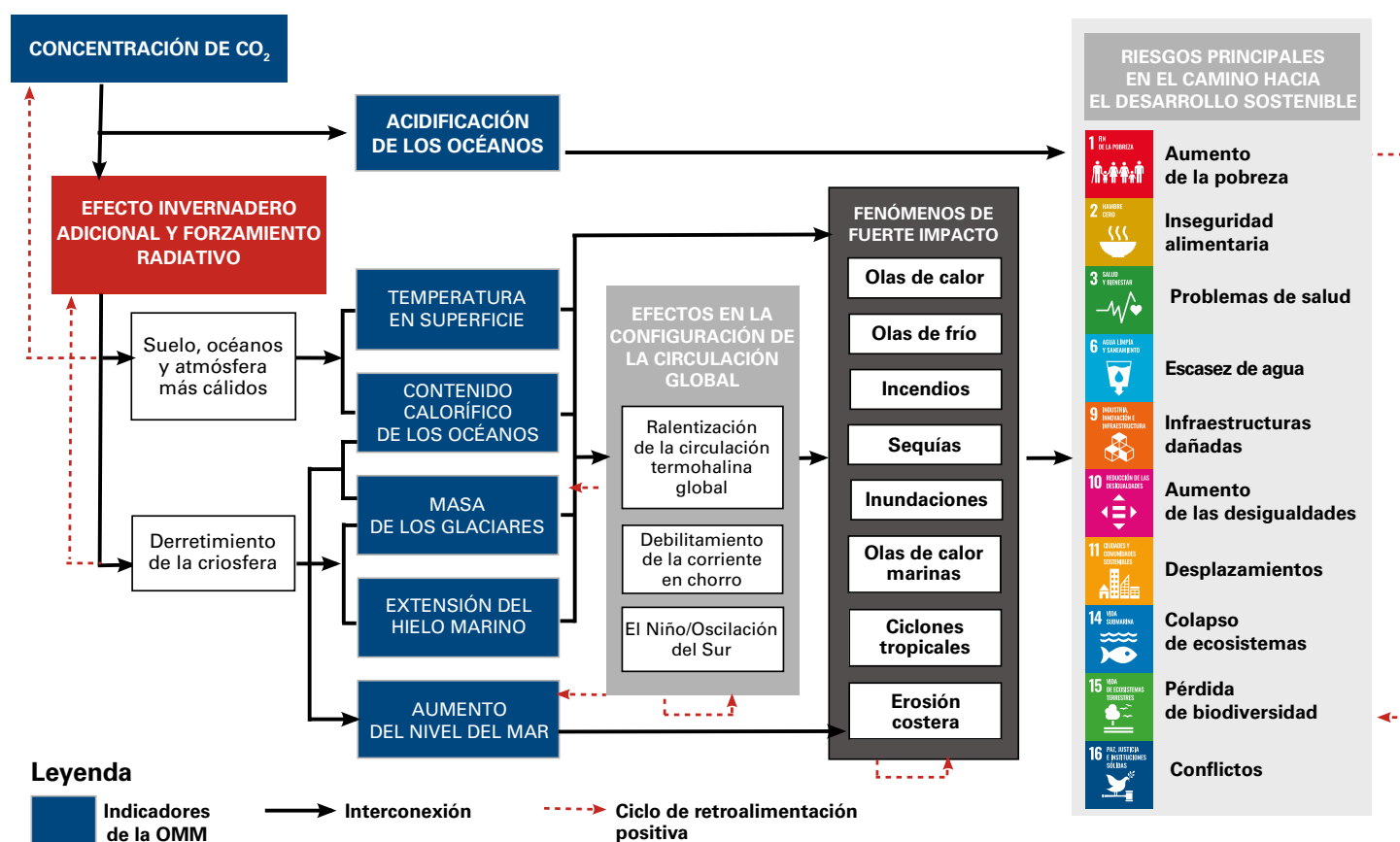
económica y política (meta 10.2 de los ODS) y proteger los derechos laborales (meta 8.8 de los ODS). Además, el aumento del nivel del mar y las inundaciones costeras pueden poner en peligro los ecosistemas, ya que pueden provocar cambios en la temperatura y la salinidad del agua, alterar la cantidad de luz disponible y ahogar a plantas y animales.⁸⁹ Estas pérdidas y la degradación de los ecosistemas costeros ponen en peligro el logro de las metas 14.1, 14.2 y 15.1 de los ODS. El agua salada puede inundar los suelos de las zonas costeras de baja altitud, contaminarlos y dañar los cultivos, lo que supone un importante riesgo para los rendimientos agrícolas y amenaza los medios de subsistencia (metas 1.4 y 1.5 de los ODS) y la seguridad alimentaria (indicadores 2.1.2 y 2.4.1 de los ODS).⁹⁰ También puede producirse la

salinización del agua subterránea. Junto con el aumento del riesgo de contaminación del agua durante las inundaciones, la salinización compromete el acceso a agua potable segura y limpia (metas 6.1 y 6.3 de los ODS). La salinidad del agua también puede causar efectos perjudiciales en la salud de las poblaciones que viven en la costa y en las zonas deltaicas (meta 3.9 de los ODS).⁹¹ Las amenazas que planean sobre el agua potable, la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia incrementan el riesgo de que estallen conflictos locales, lo que puede incrementar el riesgo de desplazamiento de la población.⁹² Por último, cabe señalar que muchos de los riesgos que plantea el aumento del nivel del mar se experimentarán de formas diferentes en todo el mundo, dadas las desigualdades socioeconómicas y de género.⁹³

Mensajes principales

El cambio climático **agudiza las desigualdades** y **amenaza la satisfacción de las necesidades básicas**, como la **alimentación, el agua, la salud, la vivienda, la seguridad económica** y la **paz colectiva en todo el mundo**.

Lograr la **neutralidad en carbono para 2030** es una condición indispensable para **reducir los riesgos relacionados con el clima** en pro del desarrollo sostenible.



Fuente: IPCC, OMM

Conclusión

Si se quieren alcanzar los ODS para 2030, se deben comprender los riesgos que plantea el cambio climático antropógeno. El objetivo del presente informe es ofrecer una visión general de la cuestión para evidenciar las conexiones entre el clima mundial y los ODS, que van mucho más allá del ODS 13 relativo a la acción por el clima. Cada uno de los siete indicadores climáticos analizados en este informe (concentración de CO₂, acidificación de los océanos, temperatura media global en superficie, contenido calorífico de los océanos, extensión del hielo marino, balance de masas de los glaciares y aumento del nivel del mar) plantea riesgos graves para el desarrollo sostenible. **Y lo que es más importante, casi todos los indicadores climáticos conllevan consecuencias para la biodiversidad, lo que puede poner en peligro la consecución de la seguridad alimentaria (ODS 2), la lucha contra la pobreza (ODS 1) y el mantenimiento de la paz (ODS 16).**

El nivel de confianza asociado a cada uno de los riesgos presentados en este informe varía, puesto que aún queda mucho por investigar para resolver las incertidumbres científicas todavía existentes. Por lo tanto, este informe debe considerarse un documento en evolución, que debe actualizarse frecuentemente con las investigaciones y los datos climáticos más recientes. Además, cabe señalar que solo se destacan en el informe 13 de los 17 ODS. No obstante, los cuatro restantes también son importantes. La igualdad de género (ODS 5), por ejemplo, es un elemento crucial de muchos de los riesgos señalados, especialmente en relación con la salud, la seguridad alimentaria y la escasez de agua. La mejora de la educación (ODS 4), las alianzas mundiales (ODS 17) y el consumo sostenible (ODS 12) pueden formar parte de la solución, al mitigar los riesgos que plantea el cambio climático antropógeno o ayudar a frenarlo por completo. Cuanto más consciente sea la comunidad internacional de las interconexiones entre cambio climático y desarrollo sostenible, más alianzas interdisciplinarias en favor del cambio podrán surgir, dando lugar a comportamientos y modos de consumo más sostenibles. Se espera que este informe sea un punto de partida para emprender **actividades de investigación y colaboración más interdisciplinarias, formular mejores políticas y asumir un compromiso más sólido tanto con los ODS como con la acción por el clima.** Nuestro futuro depende de ello.



Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo	1.4 De aquí a 2030, garantizar que todos los hombres y mujeres, en particular los pobres y los vulnerables, tengan los mismos derechos a los recursos económicos y acceso a los servicios básicos, la propiedad y el control de la tierra y otros bienes, la herencia, los recursos naturales, las nuevas tecnologías apropiadas y los servicios financieros, incluida la microfinanciación	1.4.2 Proporción del total de la población adulta con derechos seguros de tenencia de la tierra que posee documentación reconocida legalmente al respecto y considera seguros sus derechos, desglosada por sexo y tipo de tenencia
	1.5 De aquí a 2030, fomentar la resiliencia de los pobres y las personas que se encuentran en situaciones de vulnerabilidad y reducir su exposición y vulnerabilidad a los fenómenos extremos relacionados con el clima y otras perturbaciones y desastres económicos, sociales y ambientales	
2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible	2.1 De aquí a 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad, incluidos los niños menores de 1 año, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año	2.1.2 Prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave entre la población, según la escala de experiencia de inseguridad alimentaria
	2.4 De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo	2.4.1 Proporción de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible

Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades	3.3 De aquí a 2030, poner fin a las epidemias del sida, la tuberculosis, la malaria y las enfermedades tropicales desatendidas y combatir la hepatitis, las enfermedades transmitidas por el agua y otras enfermedades transmisibles	
	3.4 De aquí a 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante su prevención y tratamiento, y promover la salud mental y el bienestar	3.4.1 Tasa de mortalidad atribuida a las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes o las enfermedades respiratorias crónicas
	3.9 De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo	3.9.1 Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación de los hogares y del aire ambiente
6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos	6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos	
	6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial	
	6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua	
	6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos	

Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos	7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos	7.1.1 Proporción de la población que tiene acceso a la electricidad
8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos	8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios	
	8.9 De aquí a 2030, elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales	
9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación	9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos	
10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos	10.2 De aquí a 2030, potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica u otra condición	

Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles	11.2 De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad	
	11.4 Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo	11.4.1 Total de gastos per cápita destinados a la preservación, protección y conservación de todo el patrimonio cultural y natural, desglosado por fuente de financiación (pública y privada), tipo de patrimonio (cultural y natural) y nivel de gobierno (nacional, regional y local/municipal)
	11.5 De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad	
	11.b De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles	

Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos	13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales	
14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible	14.1 De aquí a 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes	
	14.2 De aquí a 2020, gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos importantes, incluso fortaleciendo su resiliencia, y adoptar medidas para restaurarlos a fin de restablecer la salud y la productividad de los océanos	
	14.3 Minimizar y abordar los efectos de la acidificación de los océanos, incluso mediante una mayor cooperación científica a todos los niveles	14.3.1 Acidez media del mar (pH) medida en un conjunto convenido de estaciones de muestreo representativas
	14.c Mejorar la conservación y el uso sostenible de los océanos y sus recursos aplicando el derecho internacional reflejado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, que constituye el marco jurídico para la conservación y la utilización sostenible de los océanos y sus recursos, como se recuerda en el párrafo 158 del documento “El futuro que queremos”	

Objetivos de Desarrollo Sostenible, metas e indicadores destacados

ODS	Metas	Indicadores
15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad	15.1 De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales	
	15.3 De aquí a 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación de las tierras	
	15.5 Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y, de aquí a 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción	
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas	16.1 Reducir significativamente todas las formas de violencia y las correspondientes tasas de mortalidad en todo el mundo	

Referencias

- Myhre, G.; D. Shindell; F.-M. Bréon y otros. "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf.
- Organización Meteorológica Mundial. *Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord*. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-levels-atmosphere-reach-new-record>.
- Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. *Headline Indicators for Global Climate Monitoring*, en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
- Monroe, R. *Rise of Carbon Dioxide Unabated* <https://scripps.ucsd.edu/news/rise-carbon-dioxide-unabated>.
- Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. y otros. "Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.
- Myhre, G.; D. Shindell; F.-M. Bréon y otros. "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge, (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf.
- Dong, J.; Gruda, N.; Lam, S. K. y otros. "Effects of Elevated CO₂ on Nutritional Quality of Vegetables: A Review", en *Frontiers in Plant Science* **2018**, 9, 924. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00924>.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. P.R. Shukla, Skea, J., Calvo Buendia, E. y otros, eds.; 2019. En prensa. <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
- Jacobson, T. A.; Kler, J. S.; Hernke, M. T. y otros. "Direct Human Health Risks of Increased Atmospheric Carbon Dioxide", en *Nature Sustainability* **2019**, 2 (8), 691–701. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0323-1>.
- Science on a Sphere, Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA). *Ocean-Atmosphere CO₂ Exchange* <https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/ocean-atmosphere-co2-exchange/>.
- Servicio Oceánico Nacional, Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA). *How does climate change affect coral reefs?* <https://oceanservice.noaa.gov/facts/coralreef-climate.html>.
- Facts and figures on ocean acidification | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20-ocean/blueprint-for-the-future-we-want/ocean-acidification/facts-and-figures-on-ocean-acidification/>.
- Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Field, C. B., Barros, V. R., Intergovernmental Panel on Climate Change, eds.; Cambridge University Press, Nueva York (Estados Unidos de América), 2014. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf.
- Heron, S. F.; Eakin, C. M.; Douvère, F. y otros. *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment*. París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Centro del Patrimonio Mundial, 2017. <https://whc.unesco.org/document/158688>.
- Allemand, D. y Osborn, D. "Ocean Acidification Impacts on Coral Reefs: From Sciences to Solutions", en *Regional Studies in Marine Science* **2019**, 28, 100558. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100558>.
- Hoegh-Guldberg, O.; Poloczanska, E. S.; Skirving, W.; y otros. "Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification", en *Frontiers in Marine Science* **2017**, 4, 158. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158>.
- Agarwal, B. "Gender Equality, Food Security and the Sustainable Development Goals", en *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2018**, 34, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.002>.
- Spijkers, J.; Morrison, T. H.; Blasiak, R. y otros. "Marine Fisheries and Future Ocean Conflict", en *Fish and Fisheries* **2018**, 19 (5), 798–806. <https://doi.org/10.1111/faf.12291>.

Referencias

18. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*; Pachauri, R. K., Mayer, L., eds. IPCC, Ginebra (Suiza), 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>.
19. Buis, A. *A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter*. Sitio web Global Climate Change de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter>.
20. Organización Meteorológica Mundial (OMM). *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019*. (OMM-N° 1248), 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.YTEegtMzZGw.
21. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
22. Larsen, J. N.; Anisimov, O. A.; Constable, A. y otros. "Polar regions", en *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Barros, V. R., Field, C. B.; Dokken, D. J. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/polar-regions/>.
23. Rhein, M.; Rintoul, S. R.; Aoki, S. y otros. "Observations: Ocean", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter03_FINAL.pdf.
24. Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS), Organización Meteorológica Mundial (OMM). *Sea Surface Temperature - Essential Climate Variables (ECV). Factsheet*. <https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables/sst>.
25. Seneviratne, S. I., Nicholls, N., Easterling, D. y otros: "Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment", en *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2012. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf.
26. NASA Earth Observatory. *The Water Cycle and Climate Change* <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water/page3.php>.
27. Collins, M.; Knutti, R.; Arblaster, J. y otros. "Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf.
28. Forster, P.; Ramaswamy, V.; Artaxo, P. y otros. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing", en *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., Qin, D., Manning, M. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2007. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf>.
29. Pecl, G. T.; Araújo, M. B.; Bell, J. D.; Blanchard, J. y otros. "Biodiversity Redistribution under Climate Change: Impacts on Ecosystems and Human Well-Being", en *Science* **2017**, 355 (6362). <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>.
- Nunez, S.; Arets, E.; Alkemade, R. y otros. "Assessing the Impacts of Climate Change on Biodiversity: Is below 2 °C Enough?", en *Climatic Change* **2019**, 154 (3), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02420-x>.
30. Zhao, C.; Liu, B.; Piao, S. y otros. "Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates", en *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2017**, 114 (35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>.
- Maharjan, K. L.; Joshi, N. P. *Climate Change, Agriculture and Rural Livelihoods in Developing Countries*; Springer Japón, 2015.
- Lewis, P.; Monem, M. A. e Impiglia, A. *Impacts of climate change on farming systems and livelihoods in the near east and North Africa. With a special focus on small-scale family farming*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), El Cairo, 2018. <http://www.fao.org/3/ca1439en/CA1439EN.pdf>.
- Kabir, M. E.; Serrao-Neumann, S. "Climate Change Effects on People's Livelihood", en *Climate Action*; Leal Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L. y otros, eds.; Springer

Referencias

- International Publishing: Cham, 2020; 167–179. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_7.
31. Jiménez Cisneros, B. E.; Oki, T.; Arnell, N. W. y otros. “Freshwater resources”, en *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Barros, V. R., Field, C. B.; Dokken, D. J. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2014; 229–269. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf.
32. Bell, J. E.; Brown, C. L.; Conlon, K. y otros. “Changes in Extreme Events and the Potential Impacts on Human Health”, en *Journal of the Air & Waste Management Association* **2018**, 68 (4), 265–287. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>.
- Hayes, K.; Blashki, G.; Wiseman, J. y otros. “Climate Change and Mental Health: Risks, Impacts and Priority Actions”, en *International Journal of Mental Health Systems* **2018**, 12 (1), 28. <https://doi.org/10.1186/s13033-018-0210-6>.
33. Campbell-Lendrum, D.; Manga, L.; Bagayoko, M. y otros. “Climate Change and Vector-Borne Diseases: What Are the Implications for Public Health Research and Policy?”, en *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **2015**, 370 (1665), 20130552. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0552>.
34. Hugo, G. “Future Demographic Change and Its Interactions with Migration and Climate Change”, en *Global Environmental Change* **2011**, 21, S21–S33. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.008>.
35. Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR). *Cuando la lluvia se convierte en polvo: comprender y abordar el impacto combinado de los conflictos armados y la crisis climática y ambiental en la vida de las personas*, 2020. <https://www.icrc.org/es/publication/cuando-la-lluvia-se-convierte-en-polvo>.
- Bellemare, M. F. “Rising Food Prices, Food Price Volatility, and Social Unrest”, en *American Journal of Agricultural Economics* **2015**, 97 (1), 1–21. <https://doi.org/10.1093/ajae/aau038>.
- Hendrix, C. S.; Salehyan, I. “Climate Change, Rainfall, and Social Conflict in Africa”, en *Journal of Peace Research* **2012**, 49 (1), 35–50. <https://doi.org/10.1177/0022343311426165>.
36. Stewart, M. G.; Deng, X. “Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure”, en *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. <https://doi.org/10.1061/AJRU6.0000809>.
- Bell, J. E.; Brown, C. L.; Conlon, K. y otros. “Changes in Extreme Events and the Potential Impacts on Human Health”, en *Journal of the Air & Waste Management Association* **2018**, 68 (4), 265–287. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>.
37. Galdies, C.; Lau, H. S. “Urban Heat Island Effect, Extreme Temperatures and Climate Change: A Case Study of Hong Kong SAR”, en *Climate Change, Hazards and Adaptation Options: Handling the Impacts of a Changing Climate*; Leal Filho, W., Nagy, G. J., Borga, M. y otros, eds.; Climate Change Management; Springer International Publishing: Cham, 2020; 369–388. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37425-9_20.
- Perera, A. T. D.; Nik, V. M.; Chen, D. y otros. “Quantifying the Impacts of Climate Change and Extreme Climate Events on Energy Systems”, en *Nature Energy* **2020**, 5 (2), 150–159. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0558-0>.
38. Hjort, J.; Karjalainen, O.; Aalto, J. y otros. “Degrading Permafrost Puts Arctic Infrastructure at Risk by Mid-Century”, en *Nature Communications* **2018**, 9 (1), 5147. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>.
39. GRID-Arendal. *Women at the Frontline of Climate Change: Gender Risks and Hopes*. <https://www.grida.no/publications/198>.
40. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. “Headline Indicators for Global Climate Monitoring”, en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
41. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
42. Dahlman, L. y Lindsey, R. *Climate Change: Ocean Heat Content*. Sitio web Climate.gov de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), 2020. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content>.
43. Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. y otros. “Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities”, en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.
44. Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. y otros. “Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities”, en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.;

Referencias

- Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.
45. Rabalais, N. N. "Hypoxia", en *Encyclopedia of Ocean Sciences* (segunda edición); Steele, J. H., ed.; Academic Press: Oxford, 2009; 172–180. <https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00646-9>.
- Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. y otros. "Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.
46. Collins, M.; Sutherland, M.; Bouwer, L. y otros. "Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/10_SROCC_Ch06_FINAL.pdf.
47. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
48. Church, J. A.; Clark, P. U.; Cazenave, A. y otros. "Sea Level Change", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.
49. Marsay, C. M.; Sanders, R. J.; Henson, S. A. y otros. "Attenuation of Sinking Particulate Organic Carbon Flux through the Mesopelagic Ocean", en *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2015**, 112 (4), 1089–1094. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415311112>.
50. Gray, E. *Unexpected future boost of methane possible from Arctic permafrost*. Equipo de Earth Science News de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), 2018. <https://climate.nasa.gov/news/2785/unexpected-future-boost-of-methane-possible-from-arctic-permafrost>.
51. Gray, E. *Unexpected future boost of methane possible from Arctic permafrost*. Equipo de Earth Science News de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), 2018. <https://climate.nasa.gov/news/2785/unexpected-future-boost-of-methane-possible-from-arctic-permafrost>.
52. National Institute of Environmental Health Sciences. *Algal Blooms*. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/algal-blooms/index.cfm>.
53. Dahlman, L. y Lindsey, R. *Climate Change: Ocean Heat Content*. Sitio web Climate.gov de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), 2020. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content>.
54. Dahlman, L. y Lindsey, R. *Climate Change: Ocean Heat Content*. Sitio web Climate.gov de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), 2020. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content>.
55. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). *Ocean warming*. <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/ocean-warming>.
- Spijkers, J.; Morrison, T. H.; Blasiak, R. y otros. "Marine Fisheries and Future Ocean Conflict", en *Fish and Fisheries* **2018**, 19 (5), 798–806. <https://doi.org/10.1111/faf.12291>.
56. Agarwal, B. "Gender Equality, Food Security and the Sustainable Development Goals", en *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2018**, 34, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.002>.
57. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
58. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
59. Organización Meteorológica Mundial (OMM). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019* (OMM-N° 1248), 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.YTEegtMzZGw.
60. Meredith, M.; Sommerkorn, M.; Cassotta, S. y otros. "Polar Regions", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019.

Referencias

- En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf.
61. Overland, J.; Dunlea, E.; Box, J. E. y otros. "The Urgency of Arctic Change", en *Polar Science* **2019**, 21, 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.11.008>.
62. Conservación de la Flora y Fauna del Ártico (CAFF). *State of the Arctic Marine Biodiversity Report*. <https://www.caff.is/marine/marine-monitoring-publications/state-of-the-arctic-marine-biodiversity-report>.
63. Nilsson, A. E.; Nilsson, L. M.; Quinlan, A. y otros. "Food Security in the Arctic: Preliminary Reflections from a Resilience Perspective", en *Arctic Resilience Interim Report 2013*; Nilsson, A. E., eds.; Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Estocolmo (Suecia). 2013, 113–117. https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1628/MM08_Arctic_Resilience_Interim_Report_2013_LR.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Anisimov, O. A.; Vaughan, D. G.; Callaghan, T. y otros. "Polar Regions (Arctic and Antarctic)", en *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), 653–685. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter15-1.pdf>.
64. Guy, E.; Lasserre, F. "Commercial Shipping in the Arctic: New Perspectives, Challenges and Regulations", en *Polar Record* **2016**, 52 (3), 294–304. <https://doi.org/10.1017/S0032247415001011>.
- Gulas, S.; Downton, M.; D'Souza, K. y otros. "Declining Arctic Ocean Oil and Gas Developments: Opportunities to Improve Governance and Environmental Pollution Control", en *Marine Policy* **2017**, 75, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.10.014>.
- Keil, K. "Spreading Oil, Spreading Conflict? Institutions Regulating Arctic Oil and Gas Activities", en *The International Spectator* **2015**, 50 (1), 85–110. <https://doi.org/10.1080/03932729.2014.993863>.
65. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
66. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
67. Zemp, M.; Huss, M.; Thibert, E. y otros. "Global Glacier Mass Changes and Their Contributions to Sea-Level Rise from 1961 to 2016", en *Nature* **2019**, 568 (7752), 382–386. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>.
68. Organización Meteorológica Mundial (OMM). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019* (OMM-N° 1248), 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.YTEegtMzZGw.
69. Siegert, M.; Atkinson, A.; Banwell, A. y otros. "The Antarctic Peninsula Under a 1.5°C Global Warming Scenario", en *Frontiers in Environmental Science* **2019**, 7, 102. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00102>.
70. Bamber, J. L.; Riva, R. E. M.; Vermeersen, B. L. A. y otros. "Reassessment of the Potential Sea-Level Rise from a Collapse of the West Antarctic Ice Sheet", en *Science* **2009**, 324 (5929), 901–902. <https://doi.org/10.1126/science.1169335>.
71. Hock, R.; Rasul, G.; Adler, C. y otros. "High Mountain Areas", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.
- Caesar, L.; Rahmstorf, S.; Feulner, G. "On the Relationship between Atlantic Meridional Overturning Circulation Slowdown and Global Surface Warming", en *Environmental Research Letters* **2020**, 15 (2), 024003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab63e3>.
- Haskins, R. K.; Oliver, K. I. C.; Jackson, L. C. y otros. "Temperature Domination of AMOC Weakening Due to Freshwater Hosing in Two GCMs", en *Climate Dynamics* **2020**, 54 (1), 273–286. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04998-5>.
- Bakker, P.; Schmittner, A.; Lenaerts, J. T. M. y otros. "Fate of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: Strong Decline under Continued Warming and Greenland Melting", en *Geophysical Research Letters* **2016**, 43 (23), 12,252–12,260. <https://doi.org/10.1002/2016GL070457>.
73. Sutton, R. T. y Hodson, D. L. R. "Atlantic Ocean Forcing of North American and European Summer Climate", en *Science* **2005**, 309 (5731), 115–118. <https://www.doi.org/10.1126/science.1109496>.
74. Collins, M.; Sutherland, M.; Bouwer, L. y otros. "Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/10_SROCC_Ch06_FINAL.pdf.
75. Hock, R.; Rasul, G.; Adler, C. y otros. "High Mountain Areas", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019.

Referencias

- En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.
76. Cauvy-Fraunié, S. y Dangles, O. "A Global Synthesis of Biodiversity Responses to Glacier Retreat", en *Nature Ecology & Evolution* **2019**, 3 (12), 1675–1685. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1042-8>.
77. Milner, A. M.; Khamis, K.; Battin, T. J. y otros. "Glacier Shrinkage Driving Global Changes in Downstream Systems", en *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2017**, 114 (37), 9770–9778. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114>.
78. Hock, R.; Rasul, G.; Adler, C. y otros. "High Mountain Areas", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.
79. Stewart, M. G. y Deng, X. "Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure", en *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000809>.
80. Milner, A. M.; Khamis, K.; Battin, T. J. y otros. "Glacier Shrinkage Driving Global Changes in Downstream Systems", en *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2017**, 114 (37), 9770–9778. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114>.
81. Denton, F. "Climate Change Vulnerability, Impacts, and Adaptation: Why Does Gender Matter?", en *Gender & Development* **2002**, 10 (2), 10–20. <https://doi.org/10.1080/13552070215903>.
- GRID-Arendal. *Women at the Frontline of Climate Change: Gender Risks and Hopes*. <https://www.grida.no/publications/198>.
82. Church, J. A.; Clark, P. U.; Cazenave, A. y otros. "Sea Level Change", en *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K. y otros, eds.; Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.
83. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. y otros. "Headline Indicators for Global Climate Monitoring", en *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.
84. Oppenheimer, M.; Glavovic, B. C.; Hinkel, J. y otros. "Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FINAL.pdf.
85. Harley, M. D.; Turner, I. L.; Kinsela, M. A. y otros. "Extreme Coastal Erosion Enhanced by Anomalous Extratropical Storm Wave Direction", en *Scientific Reports* **2017**, 7 (1), 6033. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05792-1>.
86. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). "Resumen para responsables de políticas", en *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Masson-Delmotte, V. y otros, eds.; 2019. En prensa. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/03_SROCC_SPM_FINAL.pdf.
87. Stewart, M. G. y Deng, X. "Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure", en *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000809>.
88. Hugo, G. "Future Demographic Change and Its Interactions with Migration and Climate Change", en *Global Environmental Change* **2011**, 21, S21–S33. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.008>.
89. Bellard, C.; Leclerc, C.; Courchamp, F. "Impact of Sea Level Rise on the 10 Insular Biodiversity Hotspots", en *Global Ecology and Biogeography* **2014**, 23 (2), 203–212. <https://doi.org/10.1111/geb.12093>.
90. Faisal, I.; Parveen, S. "Food Security in the Face of Climate Change, Population Growth and Resource Constraints", en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **2009**, 6 (51), 512001. <https://doi.org/10.1088/1755-1307/6/51/512001>.
91. Vineis, P.; Chan, Q.; Khan, A. "Climate Change Impacts on Water Salinity and Health", en *Journal of Epidemiology and Global Health* **2011**, 1 (1), 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2011.09.001>.
- Chakraborty, R.; Khan, K. M.; Dibaba, D. T. y otros. "Health Implications of Drinking Water Salinity in Coastal Areas of Bangladesh", en *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2019**, 16(19), 3746. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193746>.
92. Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR). *Cuando la lluvia se convierte en polvo: comprender y abordar el impacto combinado de los conflictos armados y la crisis climática y ambiental en la vida de las personas*, 2020. <https://www.icrc.org/es/publication/cuando-la-lluvia-se-convierte-en-polvo>.
93. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Género, cambio climático y salud*, 2014. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204178/9789243508184_spa.pdf.

Para más información, diríjase a:

Organización Meteorológica Mundial

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Ginebra 2 – Suiza

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

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

Correo electrónico: communications@wmo.int

public.wmo.int