

Cambio climático 2014
Informe de síntesis
Resumen para
responsables de políticas

Introducción

El presente Informe de síntesis está basado en los informes de los tres Grupos de trabajo (GT) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), incluidos los informes especiales pertinentes. Ofrece una panorámica completa del cambio climático, y constituye la parte final del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5).

Este resumen se ajusta a la estructura del informe más extenso que trata los siguientes temas: Cambios observados y sus causas; Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos; Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible; Adaptación y mitigación.

En este Informe de síntesis el grado de certeza en los resultados principales de la evaluación se indica como en los informes de los grupos de trabajo y los informes especiales. Se fundamenta en las evaluaciones realizadas por los equipos de redacción sobre los conocimientos científicos subyacentes y se expresa según un nivel de confianza cualitativo (que va de un *nivel muy bajo* a un *nivel muy alto*) y, cuando es posible, de acuerdo con un grado de probabilidad cuantificado (que va de *excepcionalmente improbable* a *prácticamente seguro*)¹. Si procede, los resultados también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre.

Este informe también contiene información relativa al artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

RRP 1. Cambios observados y sus causas

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. {1}

RRP 1.1 Cambios observados en el sistema climático

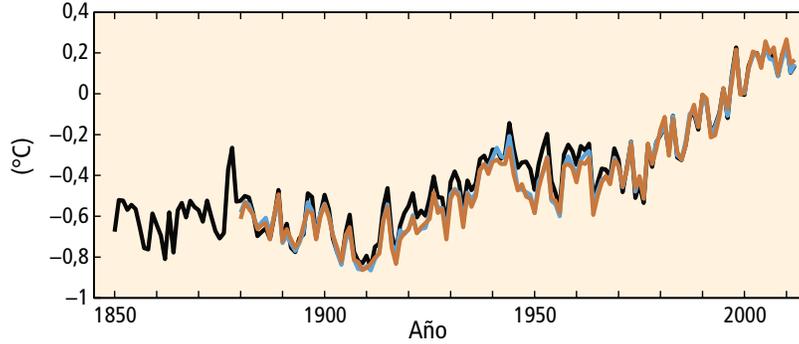
El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado. {1.1}

Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. Es *probable* que el período 1983-2012 haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 1 400 años en el hemisferio norte, donde es posible realizar esa evaluación (*nivel de confianza medio*). Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,06] °C², durante el período 1880-2012, para el que se han producido de forma independiente varios conjuntos de datos (figura RRP.1a). {1.1.1, figura 1.1}

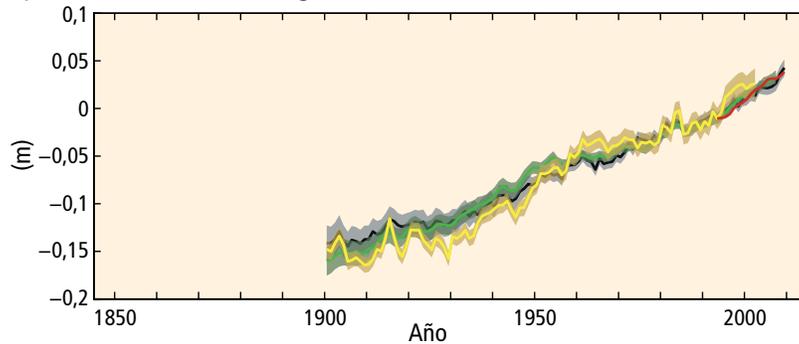
¹ Cada conclusión se basa en una evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo subyacentes. En muchos casos, una síntesis de la evidencia y el nivel de acuerdo apoya la asignación del nivel de confianza. Los términos resumidos que se emplean para expresar la evidencia son: limitada, media o sólida. Y para expresar el nivel de acuerdo se emplean los términos bajo, medio o alto. El nivel de confianza se expresa mediante cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, y en cursiva, por ejemplo, *nivel de confianza medio*. Se han utilizado los siguientes términos para indicar el grado de probabilidad de un resultado o consecuencia: prácticamente seguro 99%-100%; muy probable 90%-100%; probable 66%-100%; tan probable como improbable 33%-66%; improbable 0%-33%, muy improbable 0%-10%, excepcionalmente improbable 0%-1%. Si procede, se pueden utilizar otros términos (sumamente probable 95%-100%, más probable que improbable >50%-100%, más improbable que probable 0%-<50%, sumamente improbable 0%-5%). La probabilidad resultante de la evaluación se expresa en cursiva, por ejemplo, *muy probable*. Para más información, consúltese: Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe y F.W. Zwiers, 2010: Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza, 4 págs.

² La probabilidad prevista de que un valor calculado esté dentro de un rango expresado mediante corchetes o mediante '±' es del 90%, a menos que se indique otra cosa.

a) Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas



b) Promedio global del cambio del nivel del mar



c) Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero

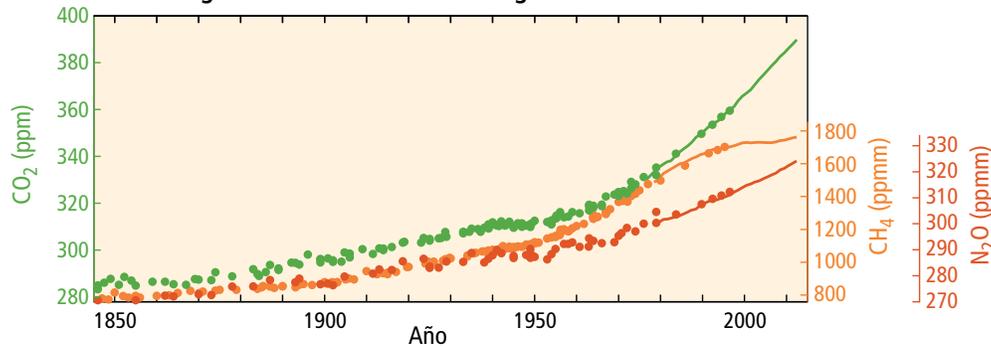
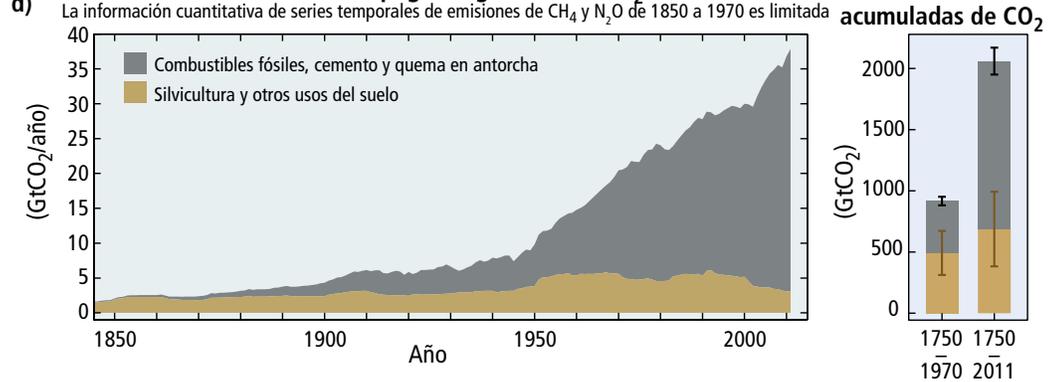
d) Emisiones antropógenas globales de CO₂

Figura RRP.1 | La compleja relación existente entre las observaciones (gráficos a, b y c, fondo amarillo-rosado) y las emisiones (gráfico d, fondo azul claro) se aborda en la sección 1.2 y en el tema 1. Observaciones y otros indicadores de un sistema climático global cambiante. Observaciones: **a)** Anomalías del promedio anual y global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas respecto del promedio del período de 1986 a 2005. Los colores indican diferentes conjuntos de datos. **b)** Promedio anual y global del cambio del nivel del mar con respecto al promedio del conjunto de datos de más larga duración entre 1986 y 2005. Los colores indican diferentes conjuntos de datos. Todos los conjuntos de datos están alineados para tener el mismo valor en 1993, primer año de datos de altimetría por satélite (en rojo). En los casos en que se han evaluado, las incertidumbres se indican mediante sombreado de color. **c)** Concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO₂, verde), metano (CH₄, naranja), y óxido nitroso (N₂O, rojo) determinadas a partir de los datos de los testigos de hielo (puntos) y de mediciones atmosféricas directas (líneas). Indicadores: **d)** Emisiones antropógenas globales de CO₂ procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo y de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la quema en antorcha. Las emisiones acumuladas de CO₂ de esas fuentes y sus incertidumbres se muestran como barras y bigotes verticales, respectivamente, a la derecha. Los efectos globales de la acumulación de emisiones de CH₄ y N₂O se muestran en el gráfico c. Los datos de las emisiones de gases de efecto invernadero de 1970 a 2010 se muestran en la figura RRP.2. {figuras 1.1, 1.3, 1.5}

Además de registrar un calentamiento multidecenal notable, la temperatura media global en superficie muestra una variabilidad decenal e interanual considerable (figura RRP.1a). Debido a esa variabilidad natural, las tendencias basadas en períodos de registros cortos son muy sensibles a las fechas de inicio y final, y no reflejan en general las tendencias climáticas a largo plazo. Por ejemplo, la tasa de calentamiento durante los últimos 15 años (0,05 [−0,05 a 0,15] °C por decenio, entre 1998 y 2012), que comienza con un fuerte efecto del fenómeno El Niño, es menor que la tasa registrada desde 1951 (0,12 [0,08 a 0,14] °C por decenio, entre 1951 y 2012). {1.1.1, recuadro 1.1}

El calentamiento del océano domina sobre el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (*nivel de confianza alto*), siendo únicamente en torno al 1% la energía almacenada en la atmósfera. A escala global, el calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie. Los 75 m superiores se han calentado 0,11 [0,09 a 0,13] °C por decenio, durante el período comprendido entre 1971 y 2010. Es *prácticamente seguro* que la capa superior del océano (0-700 m) se haya calentado entre 1971 y 2010, y es *probable* que se haya calentado entre la década de 1870 y 1971. {1.1.2, figura 1.2}

En promedio, sobre las zonas continentales de latitudes medias del hemisferio norte, las precipitaciones han aumentado desde 1901 (*nivel de confianza medio* antes de 1951, y *alto* después). En otras latitudes, existe un *nivel de confianza bajo* en las tendencias positivas o negativas a largo plazo promediadas por zonas. Las observaciones de cambios en la salinidad de la superficie del océano también ofrecen una evidencia indirecta de cambios en el ciclo global del agua sobre el océano (*nivel de confianza medio*). Es *muy probable* que las regiones con alta salinidad, donde predomina la evaporación, se hayan vuelto más salinas, y que las regiones con baja salinidad, donde predominan las precipitaciones, se hayan desalinizado desde la década de 1950. {1.1.1, 1.1.2}

Desde el comienzo de la era industrial, la incorporación de CO₂ en el océano ha dado lugar a su acidificación; el pH del agua del océano superficial ha disminuido en 0,1 (*nivel de confianza alto*), lo que corresponde a un 26% de aumento de la acidez, medida como concentración de los iones de hidrógeno. {1.1.2}

En el período comprendido entre 1992 y 2011, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa (*nivel de confianza alto*), y es *probable* que esa pérdida se haya producido a un ritmo más rápido entre 2002 y 2011. Los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo (*nivel de confianza alto*). El manto de nieve en primavera en el hemisferio norte ha seguido reduciéndose en extensión (*nivel de confianza alto*). Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las temperaturas del permafrost han aumentado en la mayoría de las regiones desde principios de la década de 1980 en respuesta al aumento de la temperatura en superficie y la alteración del manto de nieve. {1.1.3}

Es *muy probable* que la superficie media anual del hielo marino del Ártico haya disminuido durante el período 1979-2012 en un rango del 3,5% al 4,1% por decenio. La extensión del hielo marino del Ártico ha disminuido en cada estación y en cada decenio sucesivo desde 1979, siendo en verano cuando se ha registrado el mayor ritmo de disminución en la extensión media decenal (*nivel de confianza alto*). Es *muy probable* que la extensión media anual del hielo marino de la Antártida haya aumentado en un rango de entre el 1,2% y el 1,8% por decenio entre 1979 y 2012. Sin embargo, existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que existen marcadas diferencias regionales en la Antártida, con un aumento de la extensión en algunas regiones y una disminución en otras. {1.1.3, figura 1.1}

Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21] m (figura RRP.1b). Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (*nivel de confianza alto*). {1.1.4, figura 1.1}

RRP 1.2 Causas del cambio climático

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es *sumamente probable* que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX. {1.2, 1.3.1}

Las emisiones antropógenas acumuladas de gases de efecto invernadero (GEI) desde la era preindustrial han experimentado grandes aumentos en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)

(figura RRP.1c). Entre 1750 y 2011 las emisiones antropógenas de CO₂ a la atmósfera acumuladas fueron de 2 040 ± 310 GtCO₂. Alrededor del 40% de esas emisiones han permanecido en la atmósfera (880 ± 35 GtCO₂) y el resto fueron removidas de la atmósfera y almacenadas en la tierra (en plantas y suelos) y en el océano. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del CO₂ antropógeno emitido, provocando su acidificación. Alrededor de la mitad de las emisiones de CO₂ antropógenas acumuladas entre 1750 y 2011 se han producido en los últimos 40 años (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.1d). {1.2.1, 1.2.2}

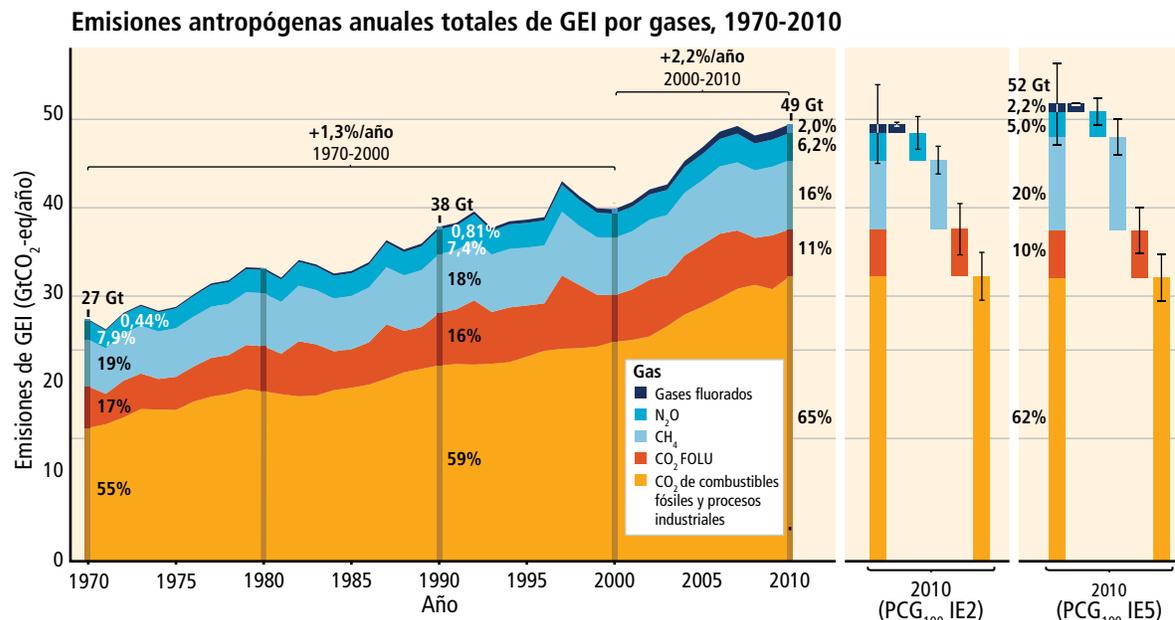


Figura RRP.2 | Emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO₂-equivalente al año, GtCO₂-eq/año) para el período comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO₂ procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nítrico (N₂O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO₂-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. A menos que se indique de otro modo, las emisiones de CO₂-equivalente en el presente informe incluyen los gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE2) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG₁₀₀ más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE5) (barras a la derecha) daría un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO₂-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa. {figura 1.6, recuadro 3.2}

Las emisiones antropógenas totales de GEI han seguido aumentando entre 1970 y 2010 con mayores incrementos absolutos entre 2000 y 2010, a pesar del creciente número de políticas de mitigación del cambio climático. Las emisiones antropógenas de GEI en 2010 alcanzaron la cifra de 49 ± 4,5 GtCO₂-eq/año³. Las emisiones de CO₂ procedente de la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en torno al 78% del aumento total de emisiones de GEI de 1970 a 2010, con una contribución porcentual similar para el aumento experimentado durante el período de 2000 a 2010 (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.2). A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continuaron siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 siguió siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente. El mayor uso del carbón ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual (p. ej. al provocar una disminución de la intensidad de carbono de la energía) del suministro energético mundial (*nivel de confianza alto*). {1.2.2}

Desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) ha aumentado la evidencia de la influencia humana en el sistema climático. Es *sumamente probable* que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período de 1951 a 2010 haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero antropógenos y de otros forzamientos antropógenos. De acuerdo con las mejores estimaciones, la contribución de la actividad humana al calentamiento es similar al calentamiento observado durante el mencionado período (figura RRP.3). Es *probable* que los forzamientos antropógenos hayan contribuido considerablemente a los aumentos de la temperatura en

³ Las emisiones de gases de efecto invernadero se contabilizan como emisiones de CO₂-equivalente (GtCO₂-eq) utilizando los valores de las ponderaciones basadas en los potenciales de calentamiento global de 100 años que figuran en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, salvo que se indique otra cosa. {recuadro 3.2}

superficie desde mediados del siglo XX en todas las regiones continentales, excepto la Antártida⁴. Es *probable* que la influencia antropógena haya afectado al ciclo global del agua desde 1960 y haya contribuido al retroceso de los glaciares desde la década de 1960 y al aumento del deshielo del manto de hielo de Groenlandia desde 1993. Es *muy probable* que la influencia antropógena haya contribuido a la pérdida de hielo marino en el Ártico desde 1979 y que haya contribuido significativamente a aumentos en el contenido global de calor en la capa superior del océano (0-700 m) así como a la elevación del nivel medio global del mar observado desde la década de 1970. {1.3, figura 1.10}

Contribuciones al cambio observado en la temperatura en superficie de 1951 a 2010

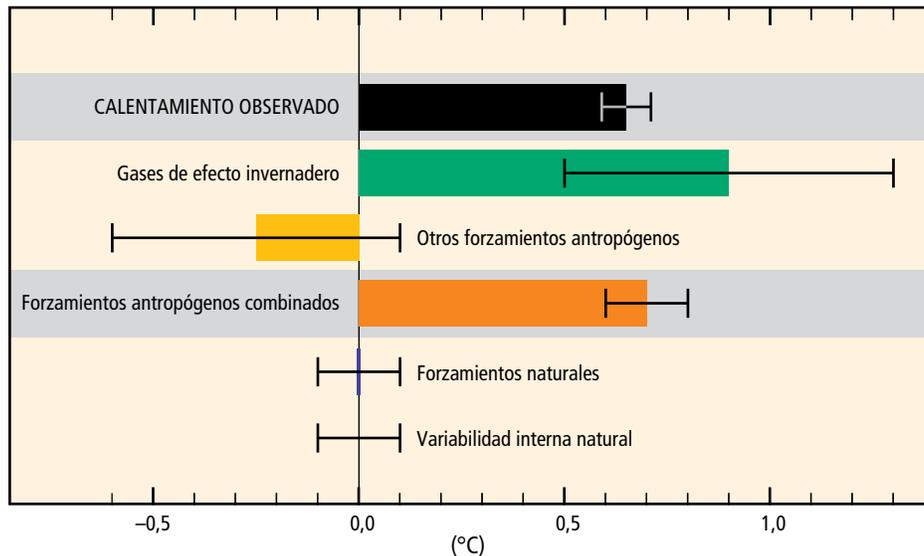


Figura RRP.3 | Rangos evaluados *probables* (bigotes) y sus puntos medios (barras) para las tendencias de calentamiento en el período 1951-2010 debidas a los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, otros forzamientos antropógenos (incluidos el efecto refrigerante de los aerosoles y el efecto de los cambios en el uso del suelo), forzamientos antropógenos combinados, forzamientos naturales y la variabilidad interna natural (que es el elemento de la variabilidad climática que surge espontáneamente en el sistema climático, aunque no haya forzamientos). El cambio observado en la temperatura en superficie se muestra en negro, con un intervalo de incertidumbre de 5% a 95% debido a la incertidumbre de las observaciones. Los intervalos de calentamiento atribuidos (en color) se basan en observaciones combinadas con simulaciones de modelos climáticos, con el fin de estimar la contribución de un forzamiento externo concreto al calentamiento observado. La contribución de los forzamientos antropógenos combinados puede estimarse con menos incertidumbre que las contribuciones de los gases de efecto invernadero y otros forzamientos antropógenos por separado. Ello se debe a que ambas contribuciones se compensan en parte, lo que da lugar a una señal combinada que está mejor limitada por las observaciones. {figura 1.9}

RRP 1.3 Impactos del cambio climático

En los últimos decenios, los cambios del clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos. Los impactos se deben al cambio climático observado, independientemente de su causa, lo que indica la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos al cambio del clima. {1.3.2}

La evidencia más sólida y completa de los impactos observados del cambio climático corresponde a los sistemas naturales. En muchas regiones, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (*nivel de confianza medio*). Muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con otras especies en respuesta al cambio climático en curso (*nivel de confianza alto*). Hay impactos en los sistemas humanos que también se han atribuido al cambio climático, con una contribución grande o pequeña del cambio climático distinguible de otras influencias (figura RRP.4). La evaluación de muchos estudios que abarcan un amplio espectro de regiones y cultivos muestra que los impactos negativos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos (*nivel de confianza alto*). Algunos impactos de la acidificación oceánica en los organismos marinos han sido atribuidos a la influencia humana (*nivel de confianza medio*). {1.3.2}

⁴ En el caso de la Antártida, debido a la gran incertidumbre relativa a las observaciones, existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a que los forzamientos antropógenos hayan contribuido al calentamiento observado promediado en las estaciones disponibles.

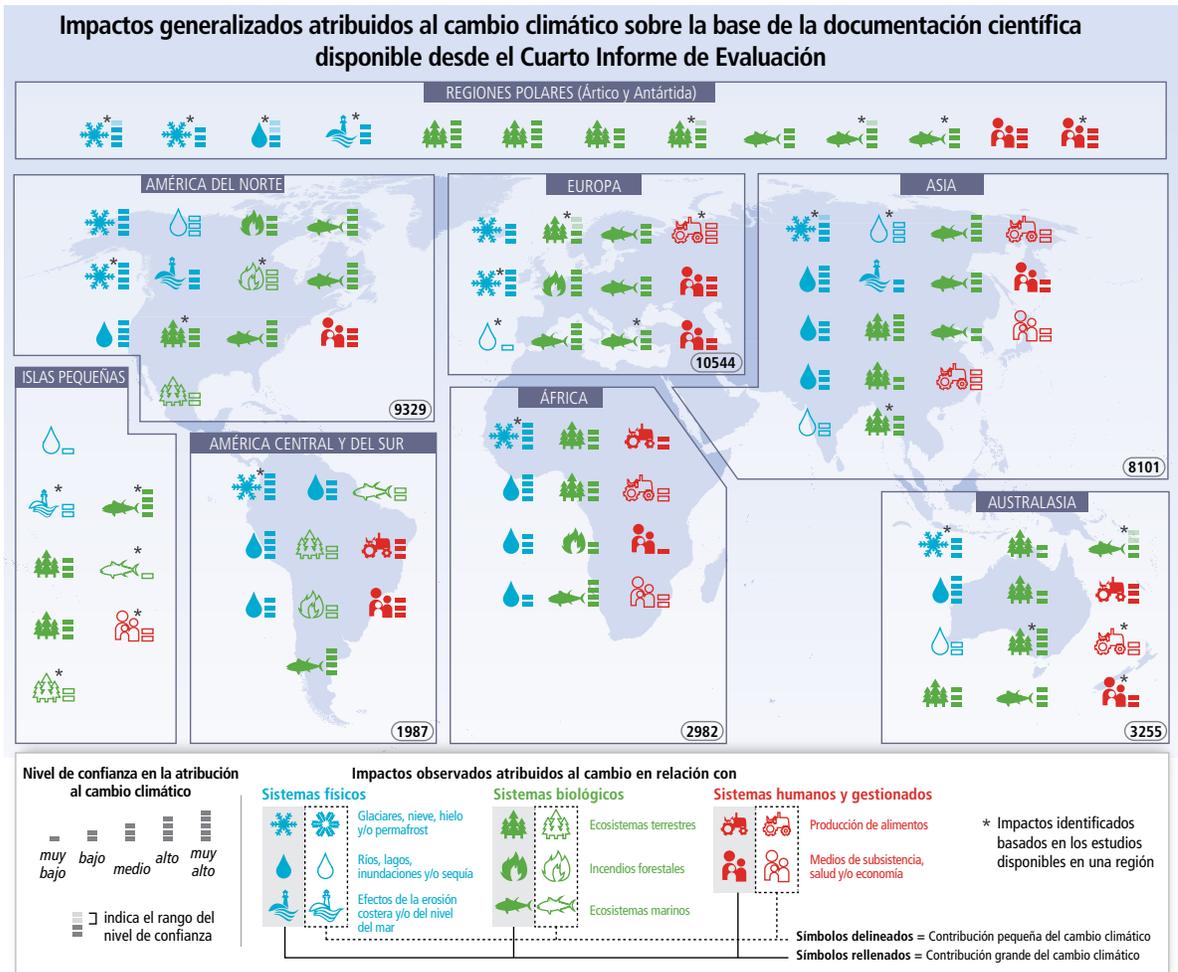


Figura RRP.4 | Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones; no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica definidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. *{figura 1.11}*

RRP 1.4 Episodios extremos

Desde aproximadamente 1950 se han observado cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos de estos cambios han sido asociados con influencias humanas, como por ejemplo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones intensas en diversas regiones. *{1.4}*

Es *muy probable* que el número de días y noches fríos haya disminuido y el número de días y noches cálidos haya aumentado a escala global. Es probable que en gran parte de Europa, Asia y Australia la incidencia de las olas de calor haya aumentado. Es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a los cambios a escala global observados en la frecuencia e

intensidad de las temperaturas extremas diarias desde mediados del siglo XX. Es *probable* que la influencia humana haya más que duplicado la probabilidad de ocurrencia de las olas de calor observadas en algunas localidades. Existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que el calentamiento observado haya aumentado la mortalidad humana relacionada con el calor y haya reducido la relacionada con el frío en algunas regiones. {1.4}

Es *probable* que existan más regiones en las que haya aumentado el número de sucesos de precipitaciones intensas que en las que haya disminuido. La reciente detección de una tendencia creciente en las precipitaciones y caudales extremos en algunas captaciones conlleva mayores riesgos de inundación a escala regional (*nivel de confianza medio*). Es *probable* que los niveles del mar extremos (por ejemplo, los que se producen con las mareas meteorológicas) hayan aumentado desde 1970, principalmente como consecuencia del aumento del nivel medio del mar. {1.4}

Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática (*nivel de confianza muy alto*). {1.4}

RRP 2. Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos

La emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual, junto con la adaptación, puede limitar los riesgos del cambio climático. {2}

RRP 2.1 Impulsores clave del clima futuro

Las emisiones acumuladas de CO₂ determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero presentan un amplio margen de variación, en función del desarrollo socioeconómico y la política climática. {2.1}

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) dependen principalmente del tamaño de la población, la actividad económica, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso del suelo, la tecnología y la política climática. Las trayectorias de concentración representativas (RCP), utilizadas para hacer proyecciones basadas en esos factores, describen cuatro trayectorias distintas en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo. Dichas trayectorias incluyen un escenario de mitigación estricto (RCP2,6), dos escenarios intermedios (RCP4,5 y RCP6,0), y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8,5). Los escenarios sin esfuerzos adicionales para limitar las emisiones ('escenarios de referencia') dan lugar a trayectorias que se sitúan entre RCP6,0 y RCP8,5 (figura RRP.5a). RCP2,6 representa un escenario que tiene por objetivo que sea *probable* mantener el calentamiento global a menos de 2 °C por encima de las temperaturas preindustriales. Las trayectorias se ajustan a los diversos escenarios en los estudios de mitigación evaluados por el Grupo de trabajo III⁵. {2.1, recuadro 2.2, 4.3}

Múltiples líneas de evidencia apuntan a una relación casi lineal sólida y continua entre las emisiones de CO₂ acumuladas y la proyección del cambio en la temperatura global hasta el año 2100 en las RCP y el conjunto mayor de escenarios de mitigación analizados por el Grupo de trabajo III (figura RRP.5b). Cualquier nivel dado de calentamiento está asociado a un rango de emisiones de CO₂ acumuladas⁶, y por lo tanto, a modo de ejemplo, mayores emisiones en decenios pasados implican menores emisiones posteriormente. {2.2.5, cuadro 2.2}

⁵ Se han clasificado unos 300 escenarios de referencia y 900 escenarios de mitigación por concentración de CO₂-equivalente (CO₂-eq) para 2100. El CO₂-eq incluye el forzamiento debido a todos los gases de efecto invernadero (incluidos los gases halogenados y el ozono troposférico), los aerosoles y el cambio del albedo.

⁶ Para calcular este intervalo de emisiones de CO₂ es preciso considerar impulsores distintos del CO₂.

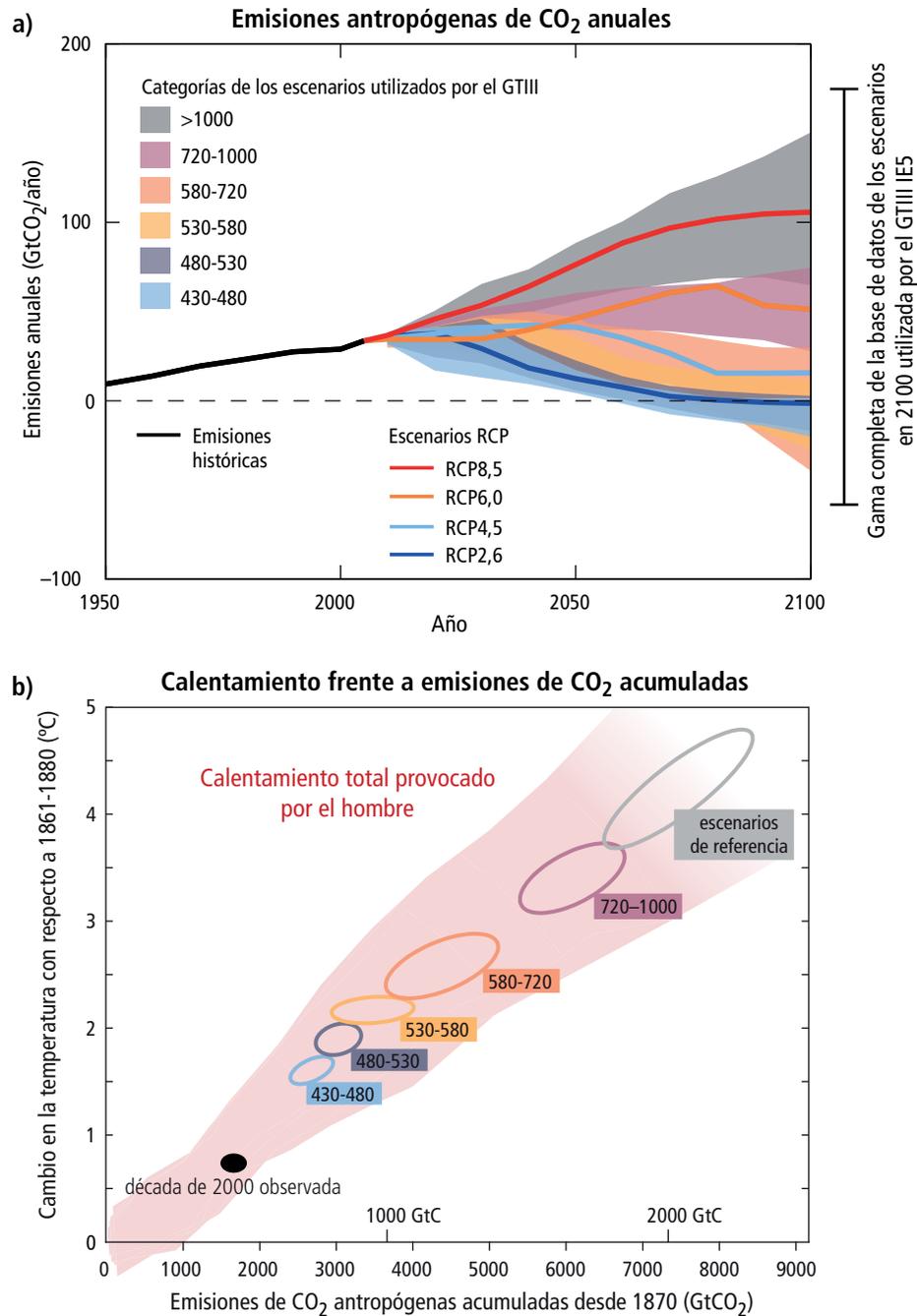


Figura RRP.5 | a) Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) únicamente en las trayectorias de concentración representativas (RCP) (líneas) y las categorías de escenarios asociados utilizados por el Grupo de trabajo III (las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%). Las categorías de escenarios del GTIII resumen los diversos escenarios de emisiones presentados en las publicaciones científicas y se definen sobre la base de niveles de concentraciones totales de CO₂-equivalente (en ppm) en 2100. En el recuadro 2.2 figura 1 se muestran las series temporales de otras emisiones de gases de efecto invernadero. **b)** Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO₂ a partir de diversas líneas de evidencia. El penacho de color muestra la dispersión de las proyecciones pasadas y futuras a partir de una jerarquía de modelos del clima-ciclo del carbono basados en las emisiones históricas y las cuatro RCP en todos los tiempos hasta 2100, y se diluye conforme disminuye el número de modelos disponibles. Las elipses muestran el calentamiento antropógeno total en 2100 frente a las emisiones acumuladas de CO₂ de 1870 a 2100 a partir de un modelo climático simple (promedio de la respuesta climática) para las categorías de escenarios utilizadas por el Grupo de trabajo III. El tamaño de las elipses en función de la temperatura obedece al impacto de distintos escenarios derivados de impulsores climáticos distintos del CO₂. La elipse negra muestra las emisiones observadas hasta 2005 y las temperaturas observadas en la década de 2000-2009 con las incertidumbres conexas. {recuadro 2.2, figura 1; figura 2.3}

Los resultados multimodelos muestran que, para limitar el calentamiento total provocado por el hombre a menos de 2 °C respecto del período 1861-1880 con una probabilidad de >66%⁷, sería necesario limitar las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de las diversas fuentes antropógenas desde 1870 a unas 2 900 GtCO₂ (con un rango de 2 550 a 3 150 GtCO₂ dependiendo de los impulsores climáticos distintos del CO₂). Hasta 2011 ya se habían emitido unas 1 900 GtCO₂⁸. Para consultar otro contexto, véase el cuadro 2.2. {2.2.5}

RRP 2.2 Cambios proyectados en el sistema climático

En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando, y el nivel medio global del mar continuará elevándose. {2.2}

Los cambios proyectados de la sección RRP 2.2 corresponden a 2081-2100 respecto de 1986-2005, a menos que se indique otra cosa.

El clima futuro dependerá del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropógenas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la variabilidad climática natural. El cambio en la temperatura media global en superficie para el período 2016-2035 en relación con el período 1986-2005 es similar para los cuatro escenarios de RCP y es *probable* que vaya a estar en el rango de 0,3 °C a 0,7 °C (*nivel de confianza medio*), siempre que no ocurran grandes erupciones volcánicas ni cambios en algunas fuentes naturales (por ejemplo, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)), ni cambios imprevistos en la irradiación solar total. A mediados del siglo XXI, la magnitud del cambio climático proyectado variará considerablemente según el escenario de emisiones elegido. {2.2.1, cuadro 2.1}

En relación con 1850-1900, las proyecciones apuntan a que es *probable* que, para el final del siglo XXI (2081-2100), la temperatura global en superficie sea superior en 1,5 °C para los escenarios RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*). Es *probable* que dicha temperatura sea superior en 2 °C para los escenarios RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*), y *más probable que improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP4,5 (*nivel de confianza medio*), pero es *improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP2,6 (*nivel de confianza medio*). {2.2.1}

Es *probable* que el aumento de la temperatura media global en superficie al final del siglo XXI (2081-2100) respecto de 1986-2005 sea de 0,3 °C a 1,7 °C bajo el escenario RCP2,6; de 1,1 °C a 2,6 °C bajo RCP4,5; de 1,4 °C a 3,1 °C bajo RCP6,0; y de 2,6 °C a 4,8 °C bajo RCP8,5⁹. La región del Ártico seguirá calentándose más rápidamente que la media global (figura RRP.6a, figura RRP.7a). {2.2.1, figura 2.1, figura 2.2, cuadro 2.1}

Es *prácticamente seguro* que se produzcan temperaturas extremas calientes más frecuentes y frías menos frecuentes en la mayoría de las zonas continentales, en escalas temporales diarias y estacionales, conforme vaya aumentando la temperatura media global en superficie. Es *muy probable* que haya olas de calor con mayor frecuencia y más duraderas. Continuarán produciéndose temperaturas frías extremas en invierno de forma ocasional. {2.2.1}

⁷ Las cifras correspondientes para limitar el calentamiento a 2 °C con una probabilidad superior al 50% y superior al 33% son 3 000 GtCO₂ (rango de 2 900 a 3 200 GtCO₂) y 3 300 GtCO₂ (rango de 2 950 a 3 800 GtCO₂), respectivamente. Para que los límites de temperatura fueran superiores o inferiores sería necesario que las emisiones acumuladas fueran mayores o menores, respectivamente.

⁸ Esta cantidad corresponde a alrededor de los dos tercios de las 2 900 GtCO₂ que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 66%; a alrededor del 63% de la cantidad total de las 3 000 GtCO₂ que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 50%; y a alrededor del 58% de la cantidad total de las 3 300 GtCO₂ que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 33%.

⁹ El período de 1986-2005 fue aproximadamente 0,61 [0,55 a 0,67] °C más cálido que el período de 1850-1900. {2.2.1}

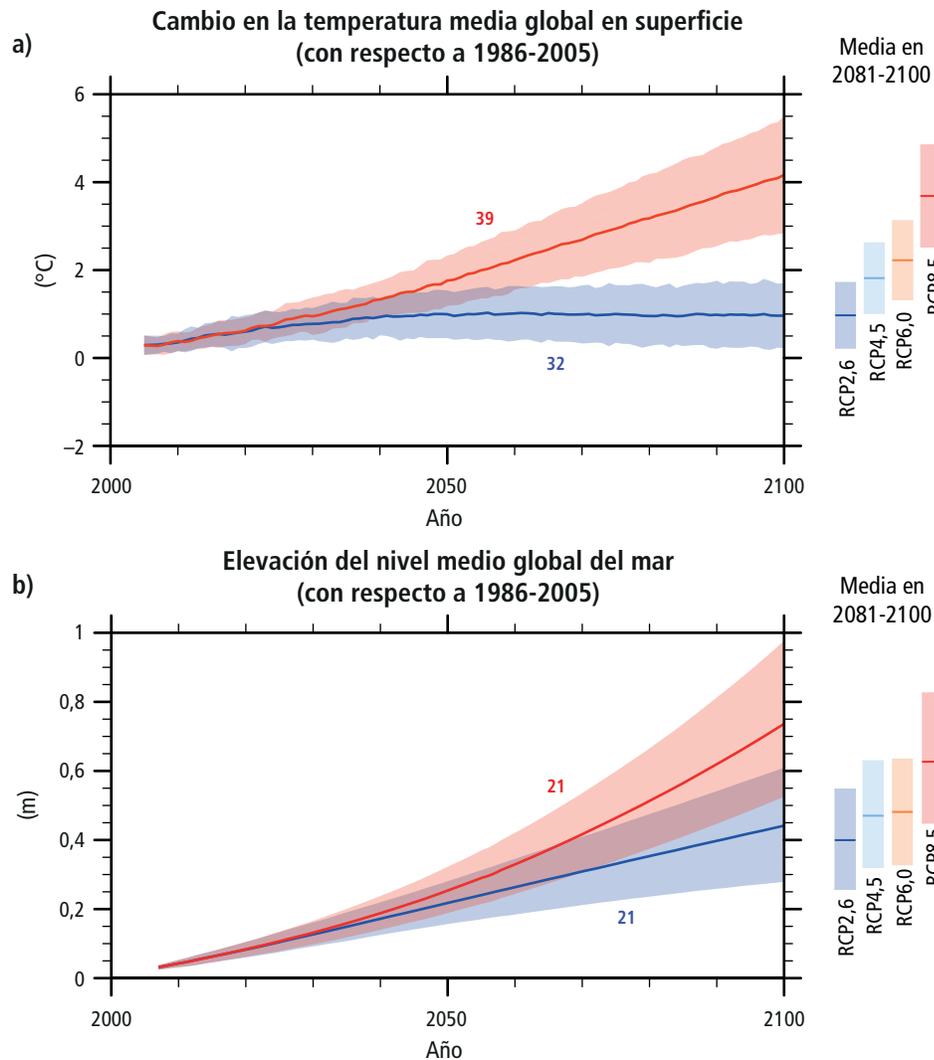


Figura RRP.6 | Cambio en la temperatura media global en superficie **(a)** y elevación del nivel medio global del mar¹⁰ **(b)** de 2006 a 2100 determinados por simulaciones multimodelos. Todos los cambios son en relación con 1986-2005. Las series temporales de las proyecciones y la medición de la incertidumbre (sombreado) se muestran en relación con los escenarios RCP2,6 (azul) y RCP8,5 (rojo). Las incertidumbres medias y asociadas, promediadas entre 2081 y 2100, figuran en todos los escenarios de RCP indicadas con barras verticales de colores en el margen derecho de cada gráfico. Se indica asimismo el número de modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) utilizados para calcular la media multimodelos. {2.2, figura 2.1}

Los cambios en la precipitación no serán uniformes. Es *probable* que en las latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial se experimente un aumento en la precipitación media anual en el marco del escenario RCP8,5. Es *probable* que, en el marco del escenario RCP8,5, la precipitación media disminuya en muchas regiones secas de latitud media y subtropicales, mientras que es *probable* que en muchas regiones húmedas de latitud media la precipitación media aumente (figura RRP.7b). Es *muy probable* que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas. {2.2.2, figura 2.2}

El océano global seguirá calentándose durante el siglo XXI, con un calentamiento más acusado en la superficie en las regiones tropicales y en las regiones subtropicales del hemisferio norte (figura RRP.7a). {2.2.3, figura 2.2}

¹⁰ Sobre la base del conocimiento actual (de observaciones, comprensión física y modelizaciones), solo en caso de que ocurriera un colapso de sectores marinos del manto de hielo de la Antártida, podría aumentar considerablemente el nivel medio global del mar por encima del rango *probable* durante el siglo XXI. Hay un *nivel de confianza medio* en cuanto a que esa aportación adicional no representaría una elevación del nivel del mar superior a algunos decímetros durante el siglo XXI.

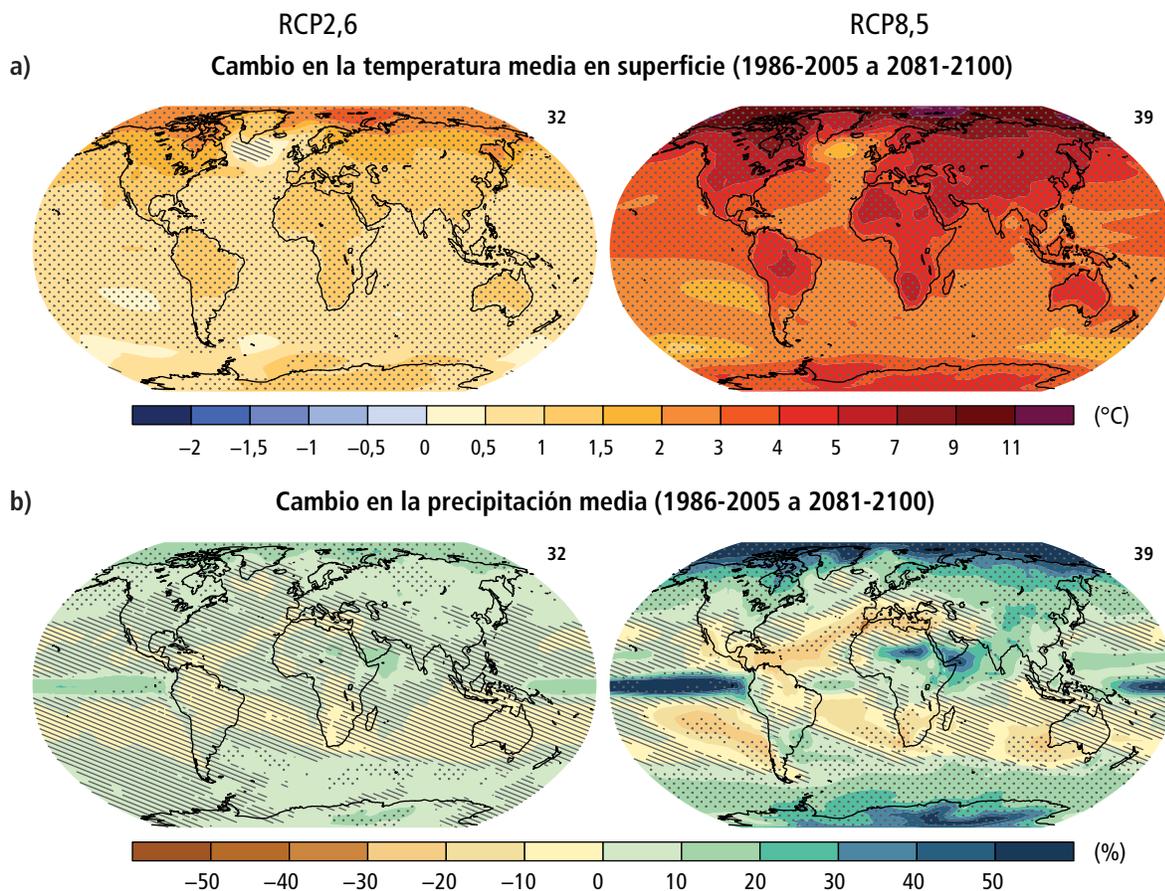


Figura RRP.7 | Cambio en la temperatura media en superficie **(a)** y cambio en la precipitación media **(b)** sobre la base de las proyecciones de la media multimodelos para 2081-2100 en relación con 1986-2005 bajo los escenarios RCP2,6 (izquierda) y RCP8,5 (derecha). En la esquina superior derecha de cada mapa se indica el número de modelos utilizados para calcular la media multimodelos. Las tramas punteadas indican las regiones donde el cambio proyectado es grande con respecto a la variabilidad interna natural y donde al menos el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio. Las tramas rayadas (líneas diagonales) muestran las regiones donde el cambio proyectado es inferior a una desviación típica de la variabilidad interna natural. {2.2, figura 2.2}

Las proyecciones de los modelos del sistema Tierra apuntan a una mayor acidificación global de los océanos para todos los escenarios de RCP al final del siglo XXI, con una lenta recuperación después de mitad de siglo en el marco del escenario RCP2,6. La disminución del pH en el océano superficial se sitúa en el rango de 0,06 a 0,07 (aumento de la acidez del 15% al 17%) para RCP2,6; de 0,14 a 0,15 (del 38% al 41%) para RCP4,5; de 0,20 a 0,21 (del 58% al 62%) para RCP6,0; y de 0,30 a 0,32 (del 100% al 109%) para RCP8,5. {2.2.4, figura 2.1}

Las proyecciones apuntan a que disminuirá la extensión del hielo marino del Ártico durante todo el año en todos los escenarios de RCP. Es *probable* que, antes de mediados de siglo, el océano Ártico esté casi libre de hielo en el mes de septiembre¹¹, momento de mínimo estival de hielo marino, conforme al escenario RCP8,5¹² (*nivel de confianza medio*). {2.2.3, figura 2.1}

Es *prácticamente seguro* que en latitudes muy septentrionales disminuya la extensión del permafrost cerca de la superficie, conforme aumente la temperatura media global en superficie, y las proyecciones indican que la superficie de permafrost cerca de la superficie (3,5 m superiores) disminuirán entre el 37% (RCP2,6) y el 81% (RCP8,5) para el promedio multimodelos (*nivel de confianza medio*). {2.2.3}

Las proyecciones apuntan a que el volumen global de los glaciares, excluidos los glaciares de la periferia de la Antártida (y excluidos los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida) disminuirán entre el 15% y el 55%, en el caso del escenario RCP2,6; y entre el 35% y el 85%, en el caso del escenario RCP8,5 (*nivel de confianza medio*). {2.2.3}

¹¹ Cuando la extensión del hielo marino es inferior a 1 millón de km² durante al menos cinco años consecutivos.

¹² Sobre la base de una evaluación del subconjunto de los modelos que reproducen con mayor rigor el estado climatológico medio y de la tendencia de la extensión del hielo marino del Ártico en 1979-2012.

Se ha experimentado un importante progreso en la comprensión del cambio del nivel del mar, así como en sus proyecciones, desde el Cuarto Informe de Evaluación. La elevación del nivel medio global del mar continuará durante el siglo XXI, y es *muy probable* que ocurra a un ritmo más rápido que el observado entre 1971 y 2010. Para el período 2081-2100 en relación con 1986-2005, es *probable* que la elevación ocurra en los rangos de 0,26 a 0,55 m para RCP2,6, y de 0,45 a 0,82 m para RCP8,5 (*nivel de confianza medio*)¹⁰ (figura RRP.6b). La elevación del nivel del mar no será uniforme entre las regiones. Es *muy probable* que para fines del siglo XXI el nivel del mar aumente en aproximadamente más del 95% de las zonas oceánicas. Las proyecciones señalan que alrededor del 70% de las costas de todo el mundo experimentarán un cambio de nivel del mar en un intervalo de $\pm 20\%$ de la media global. {2.2.3}

RRP 2.3 Futuros riesgos e impactos provocados por un clima cambiante

El cambio climático agravará los riesgos existentes y creará nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. Los riesgos se distribuyen de forma dispar y son generalmente mayores para las personas y comunidades desfavorecidas de los países sea cual sea el nivel de desarrollo de estos. {2.3}

El riesgo de los impactos conexos al clima se deriva de la interacción de los peligros conexos al clima (incluidos episodios y tendencias peligrosos) con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales, así como con su capacidad para adaptarse. Las tasas y magnitudes de aumento del calentamiento y otros cambios en el sistema climático, a los que se suma la acidificación oceánica, hacen que se intensifique el riesgo de impactos nocivos severos, generalizados y, en algunos casos, irreversibles. Algunos riesgos son muy específicos de determinadas regiones (figura RRP.8), mientras que otros son globales. Los riesgos generales de futuros impactos por el cambio climático se pueden reducir si se limita el ritmo y la magnitud del cambio climático, incluido de la acidificación oceánica. Los niveles precisos de cambio climático suficientes para desencadenar un cambio abrupto e irreversible siguen siendo inciertos, pero el riesgo asociado a traspasar esos umbrales aumenta a mayor temperatura (*nivel de confianza medio*). Para la evaluación del riesgo es importante evaluar la gama más amplia posible de impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias. {1.5, 2.3, 2.4, 3.3, recuadro de la introducción.1, recuadro 2.3, recuadro 2.4}

Una gran parte de las especies afrontan un riesgo creciente de extinción debido al cambio climático durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés (*nivel de confianza alto*). La mayoría de especies vegetales no pueden desplazar sus rangos de distribución geográfica de forma natural con la suficiente rapidez para acompañarlos a las tasas del cambio climático actuales y las altas tasas proyectadas en la mayoría de los paisajes; la mayoría de los pequeños mamíferos y moluscos dulceacuícolas no serán capaz de acompañar su tasa de desplazamiento a las tasas proyectadas de cambio climático bajo los escenarios RCP4,5 y superiores en paisajes llanos o semillanos en el siglo actual (*nivel de confianza alto*). El riesgo futuro se señala como alto por la observación de que el cambio climático global natural a un ritmo inferior al actual cambio climático antropógeno provocó considerables desplazamientos de los ecosistemas y la extinción de especies durante los últimos millones de años. Los organismos marinos se verán confrontados progresivamente a niveles decrecientes de oxígeno y altas tasas y magnitudes de acidificación oceánica (*nivel de confianza alto*), con los riesgos consiguientes agravados por el aumento de las temperaturas oceánicas extremas (*nivel de confianza medio*). Los ecosistemas de arrecifes de coral y los ecosistemas polares son muy vulnerables. Los sistemas costeros y las zonas bajas están en situación de riesgo debido a la elevación del nivel del mar, la cual no cesará durante siglos incluso aunque se estabilizara la temperatura media global (*nivel de confianza alto*). {2.3, 2.4, figura 2.5}

Las proyecciones indican que el cambio climático socavarán la seguridad alimentaria (figura RRP.9). En razón del cambio climático proyectado para mediados del siglo XXI y posteriormente, la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos (*nivel de confianza alto*). En relación con el trigo, el arroz y el maíz en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el cambio climático sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 °C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento (*nivel de confianza medio*). Los aumentos de la temperatura

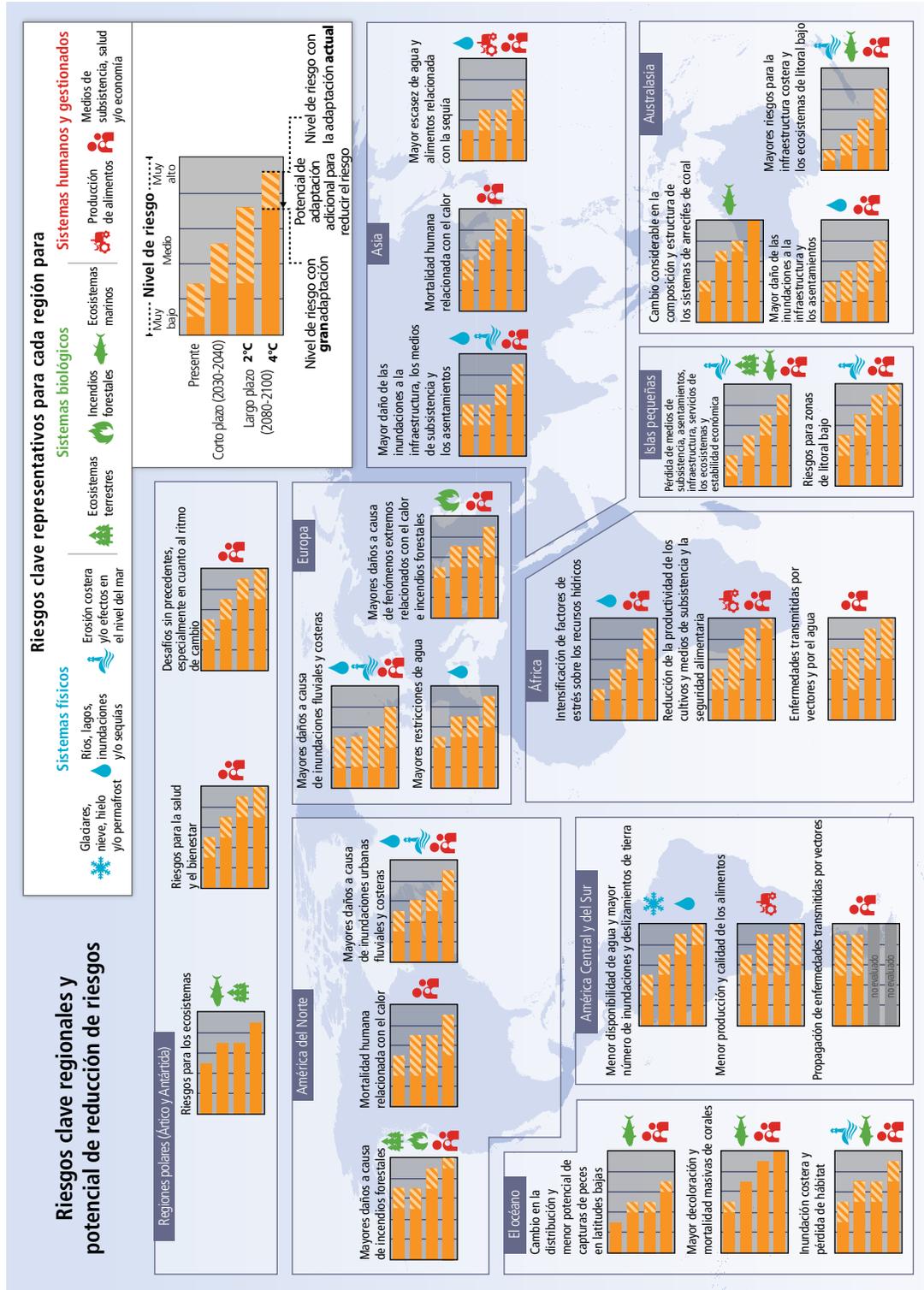


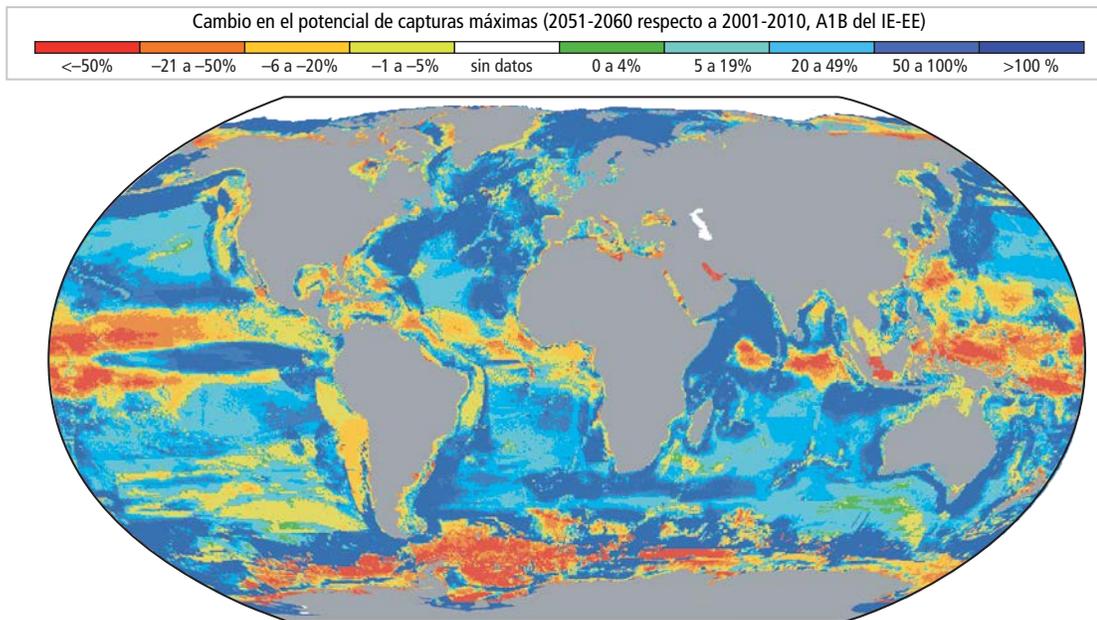
Figura RRP.8 | Riesgos clave representativos¹³ para cada región, incluido el potencial de reducción del riesgo mediante la adaptación y la mitigación, así como los límites de la adaptación. Cada riesgo clave se considera muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto. Los niveles de riesgo se presentan en tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (en este caso, para 2030-2040) y el largo plazo (en este caso, para 2080-2100). A corto plazo, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no difieren sustancialmente para los distintos escenarios de emisiones. A largo plazo, los niveles de riesgo se presentan respecto de dos futuros posibles (aumento de la temperatura media global de 2 °C y 4 °C por encima de los niveles preindustriales). Respecto de cada marco temporal, se indican niveles de riesgo para una continuación de los niveles actuales de adaptación y asumiendo niveles elevados actuales o futuros de adaptación. Ello no implica necesariamente que los niveles de riesgo sean comparables, especialmente entre regiones. (figura 2.4)

¹³ La identificación de los riesgos clave se ha basado en el juicio experto utilizando los siguientes criterios específicos: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad persistente o exposición que contribuyen a los riesgos, o posibilidades limitadas para reducir los riesgos mediante la adaptación o la mitigación.

global de ~ 4 °C o más¹⁴ por encima de los niveles del siglo XX, combinados con una mayor demanda de alimentos, pondría la seguridad alimentaria en situación de mucho riesgo a nivel mundial (*nivel de confianza alto*). Las proyecciones indican que el cambio climático hará que se reduzcan los recursos de aguas superficiales y aguas subterráneas renovables en la mayoría de las regiones secas subtropicales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*), con lo que se intensificará la competencia por el agua entre los sectores (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). {2.3.1, 2.3.2}

El cambio climático plantea riesgos para la producción de alimentos

a)



b)

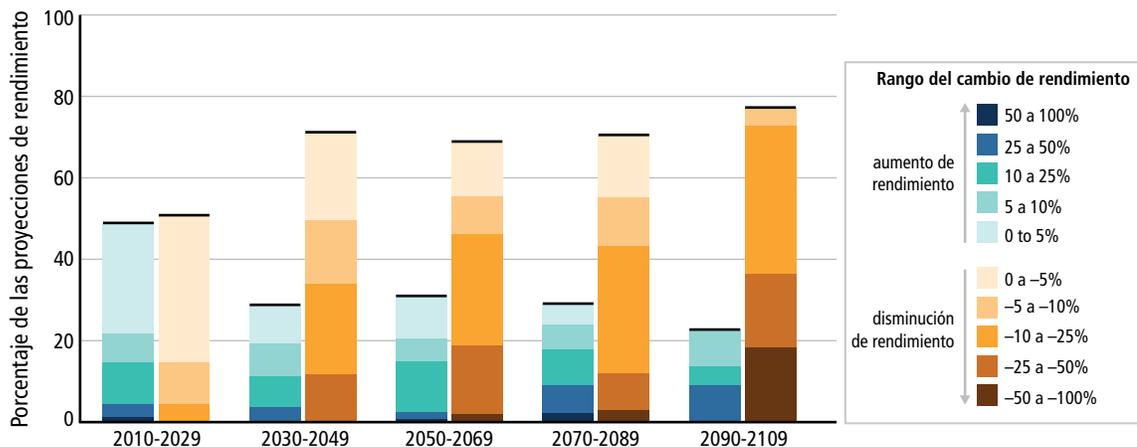


Figura RRP.9 | a) Redistribución global proyectada del potencial de capturas máximas de $\sim 1\,000$ especies marinas de peces e invertebrados explotadas. Las proyecciones comparan los promedios decenales en 2001-2010 y 2051-2060, utilizando condiciones oceánicas basadas en un único modelo climático con arreglo a un escenario de calentamiento entre moderado y alto, sin análisis de posibles impactos ocasionados por sobrepesca o acidificación oceánica. **b)** Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos (principalmente trigo, maíz, arroz y soja) debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. Los datos para cada período totalizan el 100%, indicando el porcentaje de las proyecciones que muestran aumentos de rendimiento frente a disminuciones. La figura incluye proyecciones (basadas en 1 090 puntos de datos) para diferentes escenarios de emisiones, para regiones tropicales y templadas y para casos de adaptación e inadaptación combinados. Los cambios en el rendimiento de los cultivos se calculan con respecto a los niveles del final del siglo XX. {figura 2.6a, figura 2.7}

¹⁴ El calentamiento medio en tierra proyectado es mayor que el calentamiento medio global para todos los escenarios de RCP para el período 2081-2100 respecto de 1986-2005. Para las proyecciones regionales, véase la figura RRP.7. {2.2}

Hasta mediados de siglo, el cambio climático proyectado afectará a la salud humana principalmente por la agravación de los problemas de salud ya existentes (*nivel de confianza muy alto*). Se prevé que a lo largo del siglo XXI el cambio climático ocasione un empeoramiento de la salud en muchas regiones y especialmente en los países en desarrollo de bajos ingresos, en comparación con el nivel de referencia sin cambio climático (*nivel de confianza alto*). Para 2100, en el caso del escenario RCP8,5, se prevé que la combinación de alta temperatura y humedad en algunas zonas durante algunos períodos del año comprometan las actividades humanas normales, como producir alimentos o trabajar en el exterior (*nivel de confianza alto*). {2.3.2}

En las zonas urbanas, las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten los riesgos para las personas, los recursos, las economías y los ecosistemas, incluidos los riesgos derivados del estrés térmico, las tormentas y precipitaciones extremas, las inundaciones continentales y costeras, los deslizamientos de tierra, la contaminación del aire, las sequías, la escasez de agua, la elevación del nivel del mar y las mareas meteorológicas (*nivel de confianza muy alto*). Los riesgos se agravan para las personas que carecen de infraestructuras y servicios esenciales o viven en zonas expuestas. {2.3.2}

Se prevé que las zonas rurales se enfrenten a grandes impactos en cuanto a la disponibilidad y abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria, la infraestructura y los ingresos agrícolas, incluidos desplazamientos de las zonas de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (*nivel de confianza alto*). {2.3.2}

Las pérdidas económicas totalizadas se aceleran a mayor temperatura (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero actualmente es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio climático. Desde la perspectiva de la pobreza, las proyecciones indican que los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, seguirán menoscabando la seguridad alimentaria, y harán que continúen las trampas de pobreza existentes, especialmente en las zonas urbanas y las nuevas zonas críticas de hambruna (*nivel de confianza medio*). Las dimensiones internacionales como el comercio y las relaciones entre Estados son también importantes para entender los riesgos del cambio climático a escala regional. {2.3.2}

Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten las personas desplazadas (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las poblaciones que carecen de los recursos para realizar una migración planificada se ven sometidas a una mayor exposición a episodios meteorológicos extremos, sobre todo en los países en desarrollo y países de bajos ingresos. El cambio climático puede hacer que aumenten indirectamente los riesgos de conflictos violentos al agravar los factores documentados que impulsan dichos conflictos, como son la pobreza y las crisis económicas (*nivel de confianza medio*). {2.3.2}

RRP 2.4 El cambio climático después de 2100, irreversibilidad y cambios abruptos

Muchos aspectos del cambio climático y los impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Los riesgos de cambios abruptos o irreversibles aumentan a medida que aumenta la magnitud del calentamiento. {2.4}

El calentamiento continuará después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP2,6. Durante muchos siglos, la temperatura en superficie se mantendrá aproximadamente constante a niveles elevados después de que cesen completamente las emisiones antropógenas netas de CO₂. Gran parte del cambio climático antropógeno resultante de las emisiones de CO₂ es irreversible en una escala temporal de entre varios siglos y milenios, excepto en el caso de que se produzca una abundante remoción neta de CO₂ de la atmósfera durante un período de tiempo prolongado. {2.4, figura 2.8}

La estabilización de la temperatura media global en superficie no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático. Los biomas cambiantes, el carbono en el suelo, los mantos de hielo, las temperaturas de los océanos y la elevación del nivel del mar conexas tienen su propia escala temporal intrínseca que dará lugar a cambios continuos que durarán cientos a miles de años después de que la temperatura global en superficie se haya estabilizado. {2.1, 2.4}

Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que la acidificación del océano continuará durante siglos si continúan las emisiones de CO₂, y afectará intensamente a los ecosistemas marinos. {2.4}

Es *prácticamente seguro* que la elevación del nivel medio global del mar continuará durante muchos siglos después de 2100; la magnitud de la elevación dependerá de las futuras emisiones. El umbral que propiciaría la pérdida del manto de hielo de Groenlandia durante al menos un milenio, y la elevación del nivel del mar de hasta 7 m asociada, es superior a 1 °C de calentamiento global con respecto al nivel preindustrial (*nivel de confianza bajo*), aunque inferior a 4 °C (*nivel de confianza medio*). La pérdida de hielo abrupta e irreversible del manto de hielo de la Antártida es posible, pero los datos y conocimientos actuales son insuficientes para realizar una evaluación cuantitativa. {2.4}

Las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas suponen un alto riesgo de cambio abrupto e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas marinos, terrestres y dulceacuícolas, incluidos los humedales (*nivel de confianza medio*). Es *prácticamente seguro* que se producirá una reducción de la extensión del permafrost con el aumento continuo de las temperaturas globales. {2.4}

RRP 3. Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para reducir y manejar los riesgos del cambio climático. Si en los próximos decenios se reducen sustancialmente las emisiones, se pueden lograr disminuciones en los riesgos climáticos a lo largo del siglo XXI y posteriormente, ampliar las perspectivas de una adaptación efectiva, reducir los costos y los retos de mitigación a largo plazo y contribuir a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima. {3.2, 3.3, 3.4}

RRP 3.1 Bases para la toma de decisiones en materia de cambio climático

La toma de decisiones efectivas para limitar el cambio climático y sus efectos puede basarse en una amplia gama de métodos analíticos para evaluar los riesgos y beneficios esperados, según se considere la importancia que tienen la gobernanza, las dimensiones éticas, la equidad, los juicios de valor, las evaluaciones económicas y las diversas percepciones y respuestas ante el riesgo y la incertidumbre. {3.1}

El desarrollo sostenible y la equidad sirven de base para analizar las políticas climáticas. Es necesario limitar los efectos del cambio climático para lograr el desarrollo sostenible y la equidad, incluida la erradicación de la pobreza. Las contribuciones pasadas y futuras de los países a la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera son diferentes, y los países también afrontan desafíos y circunstancias dispares, y disponen de medios diferentes para abordar la mitigación y la adaptación. A la par de la mitigación y la adaptación surgen cuestiones de equidad y justicia. Gran parte de la población más vulnerable al cambio climático apenas ha contribuido ni contribuye a las emisiones de GEI. Retrasar la mitigación traslada las cargas del presente al futuro, y la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible. Las estrategias integrales en respuesta al cambio climático compatibles con el desarrollo sostenible tienen en cuenta los cobeneficios, los efectos colaterales adversos y los riesgos que pueden derivarse de las opciones de adaptación y de mitigación. {3.1, 3.5, recuadro 3.4}

En el diseño de la política climática influye el modo en que las personas y las organizaciones perciben los riesgos y las incertidumbres y los tienen en cuenta. Existen métodos de valoración basados en análisis económicos, sociales y éticos para coadyuvar a la toma de decisiones. Esos métodos pueden tener en cuenta una amplia gama de posibles impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias, pero no pueden determinar un único equilibrio idóneo entre la mitigación, la adaptación y los impactos climáticos residuales. {3.1}

El cambio climático tiene las características de un problema de acción colectiva a escala mundial, puesto que la mayoría de los GEI se acumulan con el tiempo y se combinan globalmente, y las emisiones realizadas por cualquier agente (p. ej., personas, comunidades, empresas o países) afectan a los demás agentes. No se alcanzará una mitigación eficaz si los distintos agentes anteponen sus propios intereses de forma independiente. Por consiguiente, se requieren respuestas cooperativas,

en particular de cooperación internacional, para mitigar de forma eficaz las emisiones de GEI y abordar otros problemas del cambio climático. La eficacia de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, incluso hecha de la cooperación internacional. Los datos sugieren que los resultados que se consideran equitativos pueden desencadenar una cooperación más eficaz. {3.1}

RRP 3.2 Riesgos del cambio climático reducidos mediante la adaptación y la mitigación

Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (*nivel de confianza alto*). La mitigación implica cierto nivel de cobeneficios y riesgos debido a los efectos colaterales adversos, pero dichos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático, lo que hace que aumenten los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo. {3.2, 3.4}

La mitigación y la adaptación son enfoques complementarios para reducir los riesgos de los impactos del cambio climático a lo largo de distintas escalas temporales (*nivel de confianza alto*). La mitigación, a corto plazo y a lo largo del siglo, puede reducir sustancialmente los impactos del cambio climático en las últimas décadas del siglo XXI y posteriormente. Los beneficios de la adaptación ya se pueden concretar al abordarse los riesgos actuales y pueden obtenerse en el futuro si se abordan los riesgos en gestación. {3.2, 4.5}

Hay cinco motivos de preocupación que incrementan los riesgos del cambio climático y describen las implicaciones del calentamiento y de los límites de la adaptación para las personas, las economías y los ecosistemas entre sectores y regiones. Los cinco motivos de preocupación se asocian con: 1) Sistemas únicos y amenazados, 2) Episodios meteorológicos extremos, 3) Distribución de los impactos, 4) Impactos totales a nivel global, y 5) Episodios singulares a gran escala. En este informe, los motivos de preocupación proporcionan información pertinente para el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). {recuadro 2.4}

Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.10). En la mayoría de los escenarios sin esfuerzos de mitigación adicionales (en los que se llega a 2100 con concentraciones atmosféricas superiores a 1 000 ppm CO₂-eq), es *más probable que improbable* que en 2100 el calentamiento supere en 4 °C los niveles preindustriales (cuadro RRP.1). Los riesgos asociados a un ascenso de 4 °C o más de las temperaturas conllevan importantes extinciones de especies, inseguridad alimentaria mundial y regional, limitaciones para actividades humanas normales y capacidad potencial limitada para la adaptación en algunos casos (*nivel de confianza alto*). Varios riesgos asociados al cambio climático, como los riesgos para sistemas únicos y amenazados y los riesgos asociados a los fenómenos meteorológicos extremos, presentan un carácter moderado a alto a temperaturas entre 1 °C y 2 °C por encima de los niveles preindustriales. {2.3, figura 2.5, 3.2, 3.4, recuadro 2.4, cuadro RRP.1}

Si se recortan drásticamente las emisiones de GEI durante los próximos decenios se pueden reducir notablemente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente. Las emisiones acumuladas de CO₂ determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. La contención de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO₂, para lo cual sería necesario que a partir de un cierto momento las emisiones netas globales de CO₂ fueran nulas y se restringieran las emisiones anuales durante los próximos decenios (figura RRP.10) (*nivel de confianza alto*). Pero algunos riesgos del cambio climático son inevitables, incluso con mitigación y adaptación. {2.2.5, 3.2, 3.4}

La mitigación lleva aparejado cierto nivel de cobeneficios y riesgos, pero esos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático. La inercia en los sistemas económico y climático y la posibilidad de que se produzcan impactos irreversibles derivados del cambio climático aumentan los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo (*nivel de confianza alto*). Las demoras en la mitigación adicional o los obstáculos a determinadas alternativas tecnológicas hacen que aumenten los costos de mitigación a largo plazo para mantener los riesgos del cambio climático a un nivel determinado (cuadro RRP.2). {3.2, 3.4}

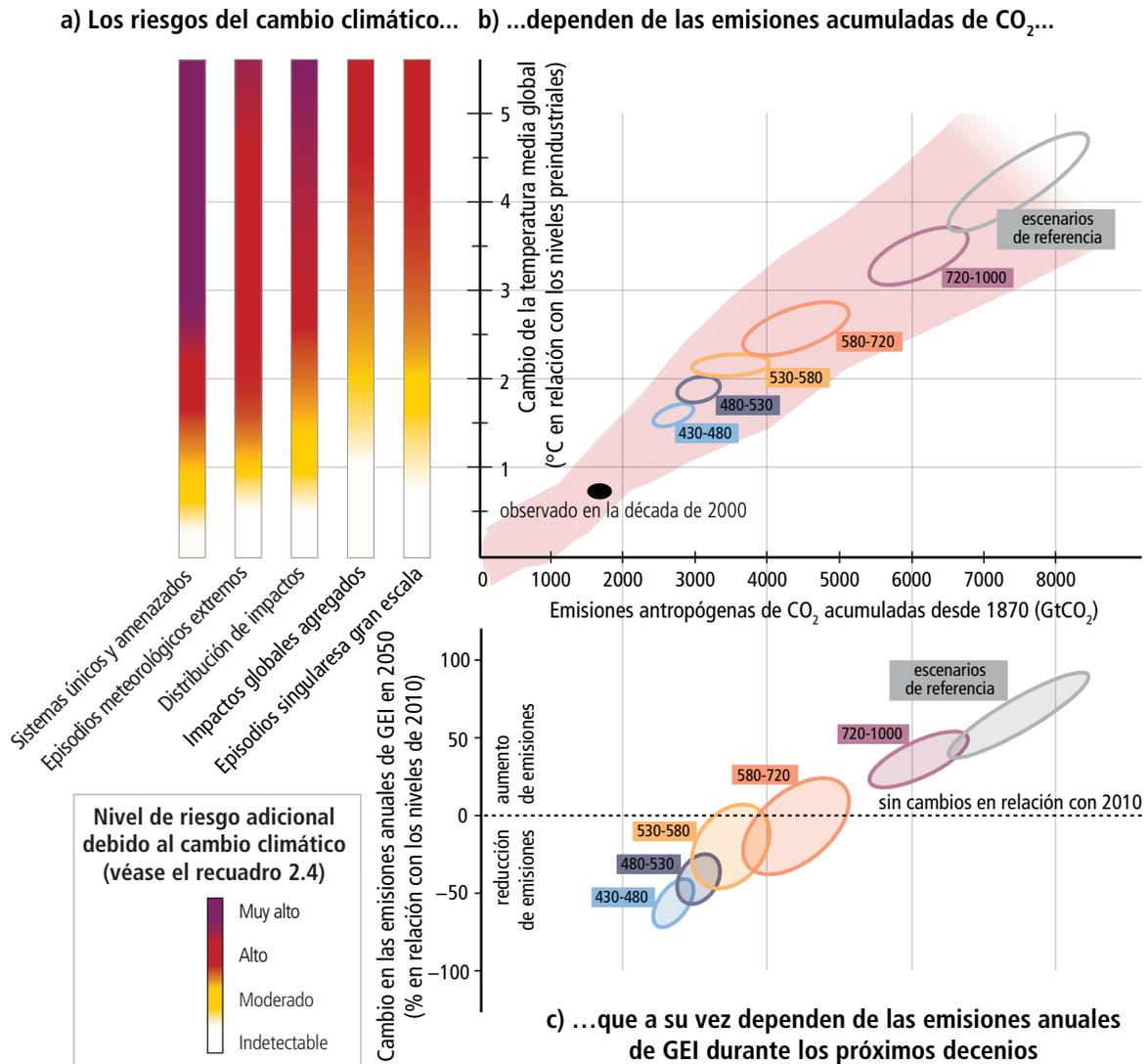


Figura RRP.10 | Relación entre los riesgos del cambio climático, el cambio de temperatura, las emisiones acumuladas de dióxido de carbono (CO₂) y los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2050. La contención de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación (a) implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO₂ (b), lo que restringiría las emisiones anuales de GEI durante los próximos decenios (c). En el gráfico a se reproducen los cinco motivos de preocupación (recuadro 2.4). En el gráfico b se vinculan los cambios de temperatura a las emisiones acumuladas de CO₂ (en GtCO₂), desde 1870. Se basan en simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelo acoplados (CMIP5) (penacho rosa) y en un modelo climático sencillo (promedio de la respuesta climática en 2100) para los escenarios de referencia y cinco categorías de escenarios de mitigación (seis elipses). En la figura RRP.5 se proporciona más información. En el gráfico c figura la relación entre las emisiones acumuladas de CO₂ (en GtCO₂) de las categorías de escenarios y el cambio resultante en las emisiones anuales de GEI para 2050, expresado en forma de variación porcentual (en porcentaje de GtCO₂-equivalente por año) con respecto al año 2010. Las elipses corresponden a las mismas categorías de escenarios que figuran en el gráfico b y se elaboran mediante un método similar (véase más información en la figura RRP.5). (figura 3.1)

RRP 3.3 Características de las trayectorias de adaptación

La adaptación puede hacer que los riesgos de impactos del cambio climático disminuyan, pero su eficacia es limitada, especialmente para las mayores magnitudes y ritmos del cambio climático. Desde una perspectiva a largo plazo, y en el contexto del desarrollo sostenible, la probabilidad de que la adopción de más medidas inmediatas de adaptación redunde también en mejores opciones y preparación en el futuro es mayor. {3.3}

La adaptación puede contribuir al bienestar de las poblaciones, la seguridad de los activos y el mantenimiento de los bienes, las funciones y los servicios ecosistémicos actuales y futuros. La adaptación es específica por lo que se refiere al lugar y el contexto (*nivel de confianza alto*). Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la

vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (*nivel de confianza alto*). La integración de la adaptación en la planificación, inclusión hecha del diseño de políticas, y la toma de decisiones pueden promover sinergias con el desarrollo y la reducción de los riesgos de desastre. Es fundamental fortalecer la capacidad de adaptación para la selección y la realización eficaces de las opciones de adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). {3.3}

La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (*nivel de confianza alto*). Los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos locales y subnacionales, por ejemplo, protegiendo los grupos vulnerables, apoyando la diversificación económica y proporcionando marcos de información, de políticas y jurídicos, y apoyo financiero (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan los gobiernos locales y el sector privado como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y en la gestión de la financiación y la información en el relación con el riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {3.3}

La planificación y realización de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo (*nivel de confianza alto*). El reconocimiento de diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de toma de decisiones. Los sistemas y prácticas relacionados con los conocimientos indígenas, locales y tradicionales, en particular la visión holística que tienen los pueblos indígenas de la comunidad y el medio ambiente, son un recurso fundamental para la adaptación al cambio climático, pero no se han utilizado coherentemente en los esfuerzos de adaptación existentes. Integrar dichas formas de conocimiento en las prácticas aumenta la eficacia de la adaptación. {3.3}

Numerosas limitaciones pueden interactuar entre sí y obstaculizar la planificación y la realización de la adaptación (*nivel de confianza alto*). Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; integración o coordinación limitada de la gobernanza; incertidumbres acerca de los impactos proyectados; diferentes percepciones de los riesgos; valores en competencia; ausencia de líderes y defensores clave de la adaptación; y herramientas limitadas de control de la eficacia de la adaptación. Otras limitaciones son la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiencia de financiación para su mantenimiento. {3.3}

Cuanto mayor sea el ritmo y la magnitud del cambio climático, más aumentan las probabilidades de que se superen los límites de la adaptación (*nivel de confianza alto*). Aparecen límites a la adaptación por la interacción entre el cambio climático y las carencias biofísicas o socioeconómicas. Además, una deficiente planificación o realización, que haga excesivo hincapié en los resultados a corto plazo o no anticipe adecuadamente las consecuencias, puede tener como consecuencia una adaptación incorrecta, lo que aumentaría la vulnerabilidad o exposición del grupo objetivo en el futuro o la vulnerabilidad de otros grupos de población, lugares o sectores (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Subestimar la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irreales sobre el logro de los resultados de adaptación perseguidos. {3.3}

Existen importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas entre la mitigación y la adaptación y entre las distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones tanto dentro de las regiones como entre ellas (*nivel de confianza muy alto*). Los crecientes esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores del agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad, pero aún siguen siendo escasas las herramientas disponibles para comprender y manejar tales interacciones. Cabe destacar entre los ejemplos de medidas que generan cobeneficios los siguientes: i) fuentes energéticas más eficientes y más limpias, que redunden en menores emisiones de contaminantes atmosféricos que alteran el clima y dañan la salud; ii) menor consumo de energía y agua en las zonas urbanas gracias a ciudades cada vez más ecológicas y mediante el reciclaje del agua; iii) agricultura y silvicultura sostenibles; y iv) protección de los ecosistemas para que proporcionen servicios de almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos. {3.3}

Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden mejorar la adaptación y promover el desarrollo sostenible (*nivel de confianza alto*). A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz si refleja las visiones y enfoques propios de un país para lograr el desarrollo sostenible conforme a sus circunstancias y prioridades nacionales. Restringir las respuestas de adaptación a cambios graduales en los sistemas y estructuras existentes sin tomar en consideración el cambio transformacional puede provocar un aumento de los costos y las pérdidas y el desperdicio de oportunidades. La planificación y realización de la adaptación transformacional puede reflejar paradigmas reforzados, modificados o armonizados y, por consiguiente, puede exigir nuevas y mayores demandas a las estructuras de gobernanza al objeto de conciliar distintos objetivos y visiones para el futuro y de abordar posibles consecuencias en materia de equidad y ética. Las trayectorias de adaptación se promueven mediante el aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación. {3.3}

RRP 3.4 Características de las trayectorias de mitigación

Hay muchas trayectorias de mitigación que es *probable* que limiten el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Esas trayectorias requerirían reducciones notables de las emisiones durante los próximos decenios y emisiones próximas a cero de CO₂ y otros gases de efecto invernadero de larga vida para finales de siglo. La realización de dichas reducciones plantea retos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales de consideración, que aumentan con los retrasos en la mitigación adicional y si no están disponibles las tecnologías esenciales. Limitar el calentamiento a niveles más bajos o más altos conlleva retos similares pero en distintas escalas temporales. {3.4}

Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas. Los aumentos en la temperatura media global en superficie en 2100 en los escenarios de referencia —sin mitigación adicional— abarcan desde 3,7 °C hasta 4,8 °C por encima del promedio de 1850-1900 para la respuesta climática media. El rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando está comprendida la incertidumbre climática (intervalo comprendido entre los percentiles 5 y 95) (*nivel de confianza alto*). {3.4}

Es *probable* que los escenarios que dan lugar a concentraciones de CO₂-equivalente en 2100 de aproximadamente 450 ppm o inferiores mantengan el calentamiento por debajo de los 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales¹⁵. Estos escenarios se caracterizan por una reducción de las emisiones antropógenas globales de GEI entre el 40% y el 70% para 2050 en comparación con 2010¹⁶, y niveles de emisiones próximos a cero o inferiores en 2100. En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de 500 ppm CO₂-eq, aproximadamente, en 2100 es *más probable que improbable* que el cambio de temperatura sea inferior a 2 °C, salvo que temporalmente se sobrepasen niveles de concentración de 530 ppm CO₂-eq, aproximadamente, antes de 2100, en cuyo caso, es *tan probable como improbable* que se alcance ese objetivo. En los escenarios en los que se alcanzan niveles de concentración de 500 ppm CO₂-eq, los niveles de emisiones globales en 2050 son entre un 25% y un 55% inferiores que en 2010. Los escenarios en los que se alcanzan emisiones superiores en 2050 se caracterizan por una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mitad de siglo (y viceversa). Las trayectorias en que es *probable* que se limite el calentamiento a 3 °C en relación con los niveles preindustriales reducen las emisiones con menor prontitud que los que limitan el calentamiento a 2 °C. Solo un número limitado de estudios proporcionan escenarios en que es *más probable que improbable* limitar el calentamiento a 1,5 °C en 2100; dichos escenarios se caracterizan por concentraciones inferiores a 430 ppm CO₂-eq para 2100 y una reducción de emisiones en 2050 entre el 70% y el 95% con respecto a 2010. Para consultar un análisis completo de las características de los escenarios de emisiones, sus concentraciones de CO₂-equivalente y su probabilidad de limitar el calentamiento por debajo de un rango de niveles de temperatura, véanse la figura RRP.11 y el cuadro RRP.1. {3.4}

Los escenarios de mitigación que alcanzan en torno a los 450 ppm CO₂-eq en 2100 (coherente con una posibilidad *probable* de mantener el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales) normalmente conllevan sobrepasos temporales¹⁷ de las concentraciones atmosféricas, al igual que ocurre con muchos escenarios en los que se alcanzan entre 500 y 550 ppm CO₂-eq, aproximadamente, en 2100 (cuadro RRP.1). En función del nivel de sobrepaso, los escenarios de sobrepaso suelen depender de la disponibilidad y la implantación generalizada de bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y de forestación en la segunda mitad del siglo. La disponibilidad y la escala de estas y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono son inciertas y estas tecnologías están, en diversa medida, asociadas con desafíos y riesgos¹⁸. La remoción de dióxido de carbono también es dominante en muchos escenarios en los que no se sobrepasan los niveles de concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa (*nivel de confianza alto*). {3.4, recuadro 3.3}

¹⁵ A efectos comparativos, se estima que la concentración de CO₂-eq en 2011 es de 430 ppm (intervalo de incertidumbre de 340 a 520 ppm).

¹⁶ Dicho rango difiere del facilitado para una categoría de concentraciones similares en el IE4 (reducción de entre el 50% y el 85% en relación con 2000 solo para el CO₂). Entre las razones que justifican esta diferencia cabe señalar que en el presente informe se ha analizado un número de escenarios considerablemente mayor que en el IE4 y que se tienen en cuenta todos los GEI. Asimismo, gran parte de los nuevos escenarios incluyen tecnologías de remoción de dióxido de carbono (véase más adelante). Otros factores son el uso de niveles de concentración para 2100 en lugar de niveles de estabilización y la modificación del año de referencia, que pasa a ser 2010 en lugar de 2000.

¹⁷ En escenarios en los que se sobrepasan las concentraciones, estas llegan a su punto máximo a lo largo del siglo y posteriormente descienden.

¹⁸ Los métodos de remoción de dióxido de carbono presentan limitaciones biogeoquímicas y tecnológicas para el aprovechamiento de todo su potencial a escala mundial. No se dispone de suficientes conocimientos para cuantificar la cantidad de emisiones de CO₂ que se podrían compensar parcialmente con los métodos de remoción en una escala secular. Los métodos de remoción pueden tener efectos adversos y consecuencias a largo plazo a escala mundial.

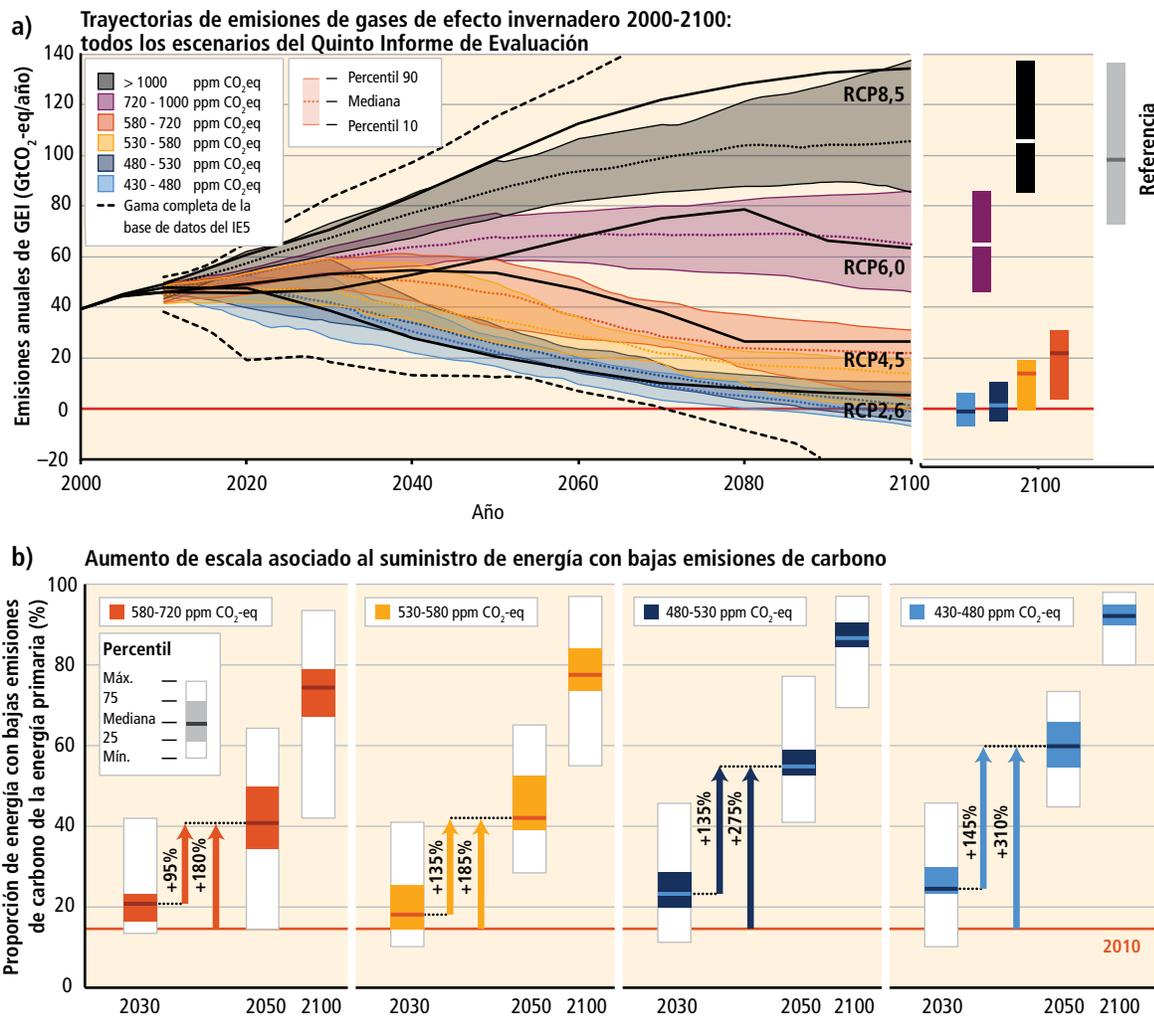


Figura RRP.11 | Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO₂-equivalente por año, GtCO₂-eq/año) en los escenarios de referencia y de mitigación para distintos niveles de concentración a largo plazo (a) y asociadas a requisitos de ampliación de escala del suministro energético que emite bajos niveles de carbono (% de energía primaria) para 2030, 2050 y 2100, en comparación con los niveles de 2010, en escenarios de mitigación (b). {figura 3.2}

Reducir las emisiones de los agentes distintos del CO₂ puede ser un elemento importante de las estrategias de mitigación. Todas las emisiones de GEI actuales y los demás agentes de forzamiento influyen en el ritmo y la magnitud que tendrá el cambio climático durante los próximos decenios, si bien el calentamiento a largo plazo se debe principalmente a las emisiones de CO₂. Las emisiones de agentes de forzamiento distintos del CO₂ a menudo se conocen como “emisiones de CO₂-equivalente”, pero la elección de la métrica para calcular esas emisiones, y las consecuencias para el énfasis y el momento del declive de los distintos agentes de forzamiento climático, depende de la aplicación y el contexto de las políticas y conlleva juicios de valor. {3.4, recuadro 3.2}

El retraso de la mitigación adicional hasta 2030 aumentará notablemente los retos asociados a limitar el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Ello exigirá tasas considerablemente más altas de reducción de las emisiones entre 2030 y 2050; un avance mucho más rápido del suministro energético con bajas emisiones de carbono durante ese período; una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono a largo plazo; y mayores repercusiones económicas graduales y a largo plazo. Los niveles de emisiones mundiales estimados para 2020 sobre la base de los Compromisos de Cancún no son coherentes con las trayectorias de mitigación a largo plazo y costo-efectivas en las que, como mínimo, es *tan probable como improbable* que se limite el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales, pero no excluyen la opción de cumplir ese objetivo (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.12, cuadro RRP.2). {3.4}

Cuadro RRP.1 | Principales características de los escenarios recopilados y analizados por el GTIII IE5. Se muestra el intervalo entre los percentiles 10 y 90 de los escenarios para todos los parámetros ^a. [Cuadro 3.1]

Concentraciones de CO ₂ -eq en 2100 (ppm CO ₂ -eq) ^f Categoría (rango de concentraciones)	Subcategorías	Posición relativa de las RCP ^d	Cambio en las emisiones de CO ₂ -eq en comparación con 2010 (en %) ^c		Probabilidad de que no se supere un nivel de temperatura específico a lo largo del siglo XXI (en relación con 1850-1900) ^{d, e}			
			2050	2100	1,5 °C	2 °C	3 °C	4 °C
<430	Los niveles por debajo de las 430 ppm CO ₂ -eq solo se han analizado en un escaso número de estudios de modelos ^g							
450 (430 a 480)	Rango total ^{a, g}	RCP2,6	-72 a -41	-118 a -78	Más improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480 a 530)	Sin sobrepaso de 530 ppm CO ₂ -eq		-57 a -42	-107 a -73	Improbable	Más probable que improbable		
	Sobrepaso de 530 ppm CO ₂ -eq		-55 a -25	-114 a -90		Tan probable como improbable		
550 (530 a 580)	Sin sobrepaso de 580 ppm CO ₂ -eq		-47 a -19	-81 a -59		Más improbable que probable ⁱ		
	Sobrepaso de 580 ppm CO ₂ -eq		-16 a 7	-183 a -86				
(580 a 650)	Rango total	RCP4,5	-38 a 24	-134 a -50	Improbable	Más probable que improbable		
(650 a 720)	Rango total		-11 a 17	-54 a -21		Más improbable que probable		
(720 a 1000) ^b	Rango total	RCP6,0	18 a 54	-7 a 72	Improbable ^h	Improbable	Más improbable que probable	
>1000 ^b	Rango total	RCP8,5	52 a 95	74 a 178		Improbable	Más improbable que probable	

Notas:

^a El "rango total" para los escenarios de concentraciones de 430 a 480 ppm CO₂-eq corresponde al intervalo comprendido entre los percentiles 10 y 90 de la subcategoría de esos escenarios que figura en el cuadro 6.3 del informe del Grupo de trabajo III.

^b Los escenarios de referencia se enmarcan en las categorías de más de 1 000 ppm CO₂-eq y de entre 720 y 1 000 ppm CO₂-eq. Esta segunda categoría incluye asimismo escenarios de mitigación. Los escenarios de referencia de dicha categoría alcanzan un cambio de temperatura en 2100 de 2,5-5,8 °C por encima del nivel del período 1850-1900. Junto con los escenarios de referencia en la categoría de >1 000 ppm CO₂-eq, esto da lugar a un rango de temperaturas en 2100 de 2,5-7,8 °C (rango basado en el promedio de la respuesta climática: 3,7-4,8 °C) para los escenarios de referencia de todas las categorías de concentraciones.

^c Las emisiones mundiales de 2010 superan en un 31% a las de 1990 (cifra congruente con las estimaciones de las emisiones históricas de GEI presentadas en el presente informe). Las emisiones de CO₂-equivalente incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y gases fluorados).

^d Aquí la evaluación comprende un elevado número de escenarios publicados en la literatura científica y por tanto no se limita a las trayectorias de concentración representativas (RCP). Para evaluar la concentración de CO₂-equivalente y las consecuencias climáticas de estos escenarios, se utilizó el Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC) en modo probabilístico. Para consultar una comparación entre los resultados del modelo MAGICC y los resultados de los modelos utilizados por el Grupo de trabajo I, véase GTI 12.4.1.2, 12.4.8 y GTIII 6.3.2.6.

^e La evaluación en este cuadro se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto completo de escenarios contemplados por el GTIII IE5 utilizando el modelo MAGICC y la evaluación del Grupo de trabajo I de la incertidumbre de las proyecciones de la temperatura no abarcadas por los modelos climáticos. Por consiguiente, las afirmaciones son coherentes con las del Grupo de trabajo I, que están basadas en las ejecuciones CMIP5 de las RCP y las incertidumbres evaluadas. De ahí que las afirmaciones sobre la probabilidad reflejen diferentes líneas de evidencia en ambos Grupos de trabajo. El método del Grupo de trabajo I también se aplicó a los escenarios con niveles de concentración intermedios en los que no se disponía de ninguna ejecución CMIP5. Las afirmaciones sobre la probabilidad solo tienen carácter indicativo [GTIII 6.3] y siguen en líneas generales los términos utilizados por el GTI RRP para las proyecciones de temperatura, a saber: probable (66-100%), más probable que improbable (>50-100%), tan probable como improbable (33-66%), e improbable (0-33%). Además se utiliza el término más improbable que probable (0-<50%).

^f La concentración de CO₂-equivalente (véase el glosario) se calcula sobre la base del forzamiento total de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático, MAGICC. Se estima que la concentración de CO₂-equivalente en 2011 era de 430 ppm (rango de incertidumbre de 340 a 520 ppm). Esta cifra se basa en la evaluación del forzamiento radiativo antropógeno total para 2011 respecto de 1750 del Grupo de trabajo I, es decir, 2,3 W/m², rango de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m².

^g La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasa el límite de la categoría de concentración de 480 ppm CO₂-eq.

^h Para los escenarios de esta categoría, no hay ninguna ejecución CMIP5 ni ninguna realización MAGICC por debajo del respectivo nivel de temperatura. Aun así, con la asignación *improbable* se reflejan las incertidumbres que pudieran no ser contempladas por los modelos climáticos utilizados.

ⁱ Los escenarios de la categoría 580-650 ppm CO₂-eq comprenden tanto escenarios que sobrepasan el nivel de concentración como escenarios que no lo sobrepasan en el extremo superior de la categoría (como RCP4,5). La probabilidad obtenida de la evaluación del segundo tipo de escenarios es, en general, de *más improbable que probable* con respecto a que el nivel de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C, mientras que, conforme a la evaluación mayoritaria del primer tipo de escenarios, es *improbable* que se mantenga por debajo de ese nivel.

^j En estos escenarios, las emisiones mundiales de CO₂-equivalente en 2050 serán inferiores a las de 2010 entre un 70% y un 95%, y, en 2100, entre un 110% y un 120%.

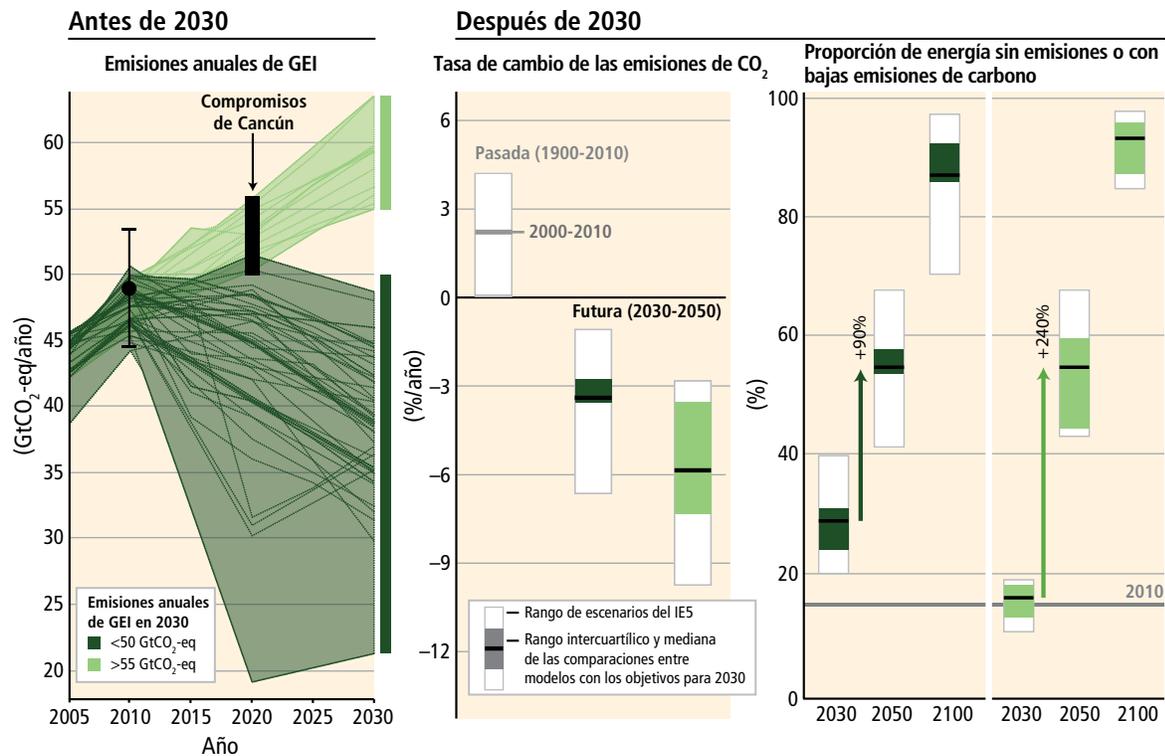


Figura RRP.12 | Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción de las emisiones de CO₂ y el aumento de la energía de bajas emisiones de carbono en los escenarios de mitigación en los que es, por lo menos, *tan probable como improbable* mantener el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (concentraciones de 430 a 530 ppm CO₂-eq en 2100). Los escenarios se agrupan conforme a diferentes niveles de emisiones para 2030 (coloreados en distintos tonos de verde). El gráfico de la izquierda muestra las trayectorias de las emisiones de GEI (GtCO₂-equivalente/año) que conducen a esos niveles en 2030. El punto negro con bigotes verticales muestra los niveles históricos de emisiones de GEI y las incertidumbres asociadas en 2010 como aparece en la figura RRP.2. La barra de color negro muestra el intervalo de incertidumbres estimado correspondiente a las emisiones de GEI derivadas de los Compromisos de Cancún. El gráfico central muestra el promedio de las tasas de reducción de las emisiones anuales de CO₂ para el período 2030-2050. Compara la mediana y el rango intercuartílico de los distintos escenarios de las recientes comparaciones entre modelos con objetivos explícitos provisionales para 2030 con el rango de escenarios de la base de datos de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III para el Quinto Informe de Evaluación. También se muestran las tasas anuales de la variación de las emisiones históricas (mantenida durante un período de 20 años) así como el promedio del cambio de las emisiones anuales de CO₂ entre 2000 y 2010. Las flechas en el gráfico de la derecha muestran la magnitud del aumento del suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050 en función de distintos niveles de emisiones de GEI en 2030. El suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono comprende las energías renovables, la energía nuclear, la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y bioenergía con CAC (BECCS). [Nota: Únicamente se muestran los escenarios que aplican el conjunto completo de tecnologías de mitigación sin restricciones de los modelos subyacentes (supuesto de uso por defecto de las tecnologías). Se excluyen los escenarios que contemplan amplias emisiones globales negativas netas (>20 GtCO₂-eq/año), los escenarios basados en supuestos de precios del carbono exógeno, y los escenarios con emisiones en 2010 muy alejadas del rango histórico.] {figura 3.3}

Las estimaciones de los costos económicos acumulados de la mitigación varían ampliamente y son muy sensibles a las metodologías y los supuestos, pero aumentan con la rigurosidad de la mitigación. Los escenarios en que en todos los países del mundo se comienza la mitigación inmediatamente, se aplica un único precio mundial a las emisiones de carbono y están disponibles todas las tecnologías clave se han utilizado como una referencia de costo-efectividad para el cálculo de los costos macroeconómicos de la mitigación (figura RRP.13). Bajo estos supuestos, los escenarios de mitigación en los que es *probable* que se limite el calentamiento por debajo de 2°C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales implican pérdidas en el consumo global —no se contemplan los beneficios de un cambio climático reducido ni tampoco los cobeneficios ni los efectos colaterales adversos de la mitigación— de entre el 1% y el 4% (mediana: 1,7%) en 2030, de entre el 2% y el 6% (mediana: 3,4%) en 2050, y de entre el 3% y el 11% (mediana: 4,8%) en 2100 en relación con el consumo en los escenarios de referencia en los que este crece en todas partes entre el 300% y más del 900% a lo largo del siglo (figura RRP.13). Estas cifras corresponden a una reducción anual del crecimiento del consumo entre 0,04 y 0,14 puntos porcentuales (mediana: 0,06) a lo largo del siglo en relación con el crecimiento anual del consumo de referencia, que se encuentra entre el 1,6% y el 3% anual (*nivel de confianza alto*). {3.4}

En ausencia de tecnologías de mitigación (como la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono y su combinación BECCS, la tecnología nuclear, y las tecnologías eólica y solar) o en condiciones de disponibilidad limitada, los

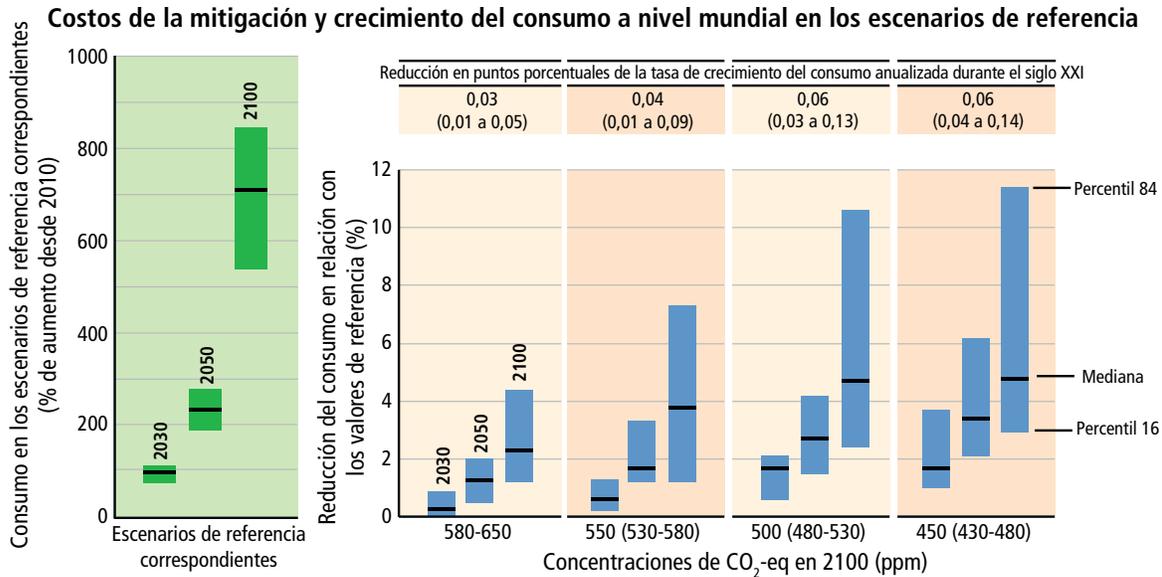


Figura RRP.13 | Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos a distintos niveles de concentraciones atmosféricas en 2100. Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías. Las pérdidas de consumo se muestran en relación con una evolución de referencia sin política climática (cuadro de la izquierda). El cuadro de la parte superior muestra el porcentaje de reducciones del crecimiento del consumo anualizadas en relación con el crecimiento del consumo de referencia, que es de entre el 1,6% y el 3% anual (p. ej., si la reducción es del 0,06% por año debido a la mitigación y el crecimiento de referencia es del 2,0% por año, la tasa de crecimiento con mitigación sería del 1,94% por año). Las estimaciones de costos presentadas en este cuadro no consideran los beneficios de un cambio climático reducido ni los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación. Las estimaciones en el extremo superior de estos rangos de costos corresponden a modelos que son relativamente inflexibles en el logro de las profundas reducciones de las emisiones que se requieren a largo plazo para cumplir estos objetivos, o contemplan supuestos sobre imperfecciones del mercado que provocarían aumentos en los costos. {figura 3.4}

costos de la mitigación pueden aumentar considerablemente dependiendo de la tecnología considerada. El retraso en la mitigación adicional hace que aumenten los costos de la mitigación a medio y largo plazo. Muchos modelos no pueden limitar el calentamiento *probable* a menos de 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales si la mitigación adicional se retrasa considerablemente. Asimismo, muchos modelos no pueden limitar el calentamiento *probable* a menos de 2 °C si la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono, y su combinación (BECCS), están limitadas (*nivel de confianza alto*) (cuadro RRP.2). {3.4}

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente 450 o 500 ppm CO₂eq en 2100 presentan costos reducidos para lograr objetivos de calidad del aire y seguridad energética, con importantes cobeneficios para la salud humana, los impactos ecosistémicos y la suficiencia de recursos y resiliencia del sistema energético. {4.4.2.2}

La política de mitigación podría hacer que se devaluaran los activos de combustibles fósiles y se redujeran los ingresos de sus exportadores, pero existen diferencias en función de las regiones y los combustibles de que se trate (*nivel de confianza alto*). La mayoría de los escenarios de mitigación están asociados con ingresos reducidos procedentes del comercio del carbón y el petróleo para los grandes exportadores (*nivel de confianza alto*). La disponibilidad de captura y almacenamiento de dióxido de carbono reduciría los efectos adversos de la mitigación sobre el valor de los recursos de combustibles fósiles (*nivel de confianza medio*). {4.4.2.2}

La gestión de la radiación solar aplica métodos a gran escala cuyo objetivo es reducir la cantidad de energía solar absorbida en el sistema climático. Todavía no se ha comprobado su eficacia y no se prevé en ninguno de los escenarios de mitigación. Si se implantase, entrañaría numerosas incertidumbres, efectos colaterales, riesgos y deficiencias; su aplicación tiene implicaciones especiales de gobernanza y éticas. No lograría reducir la acidificación del océano y, en caso de que se dejara de aplicar, existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las temperaturas superficiales aumentarían muy rápidamente, lo que tendría un impacto y podría provocar rápidas tasas de cambio. {recuadro 3.3}

Cuadro RRP.2 | Aumento de los costos de mitigación globales debido a la disponibilidad limitada de tecnologías específicas o a retrasos en la mitigación adicional^a en relación con los escenarios costo-efectivos^b. Se indica el incremento de los costos para la estimación de la mediana y el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 de los escenarios (en paréntesis)^c. Además, el tamaño de la muestra de cada conjunto de escenarios se indica en los símbolos en color. Los colores de los símbolos indican la parte proporcional de los modelos tomada de los ejercicios de comparación sistemática de los modelos que pueden alcanzar satisfactoriamente el nivel de concentración objetivo. *[cuadro 3.2]*

Incrementos de los costos de mitigación en escenarios con disponibilidad limitada de tecnologías ^d					Incrementos en los costos de mitigación a raíz del retraso de la mitigación adicional hasta 2030	
[% de aumento en los costos de mitigación descontados ^e totales (2015-2100) en relación con los supuestos de uso por defecto de la tecnología]					[% de aumento en los costos de mitigación en relación con la mitigación inmediata]	
2100 concentraciones (en ppm CO ₂ -eq)	sin CCA	eliminación gradual de la energía nuclear	energía solar/energía eólica limitada	bioenergía limitada	costos a medio plazo (2030-2050)	costos a largo plazo (2050-2100)
450 (430 to 480)	138% (del 29% al 297%) 	7% (del 4% al 18%) 	6% (del 2% al 29%) 	64 (del 44% al 78%) 	44% (del 2% al 78%) 	37% (del 16% al 82%) 
500 (480 a 530)	no disponible (nd)	nd	nd	nd		
550 (530 a 580)	39% (del 18% al 78%) 	13% (del 2% al 23%) 	8% (del 5% al 15%) 	18% (del 4% al 66%) 	15% (del 3% al 32%)	16% (del 5% al 24%)
580 a 650	nd	nd	nd	nd		
Leyenda de los símbolos: parte proporcional de los modelos que genera escenarios satisfactoriamente (las cifras indican el número de modelos satisfactorios)						
 : todos los modelos satisfactorios			 : entre un 50% y un 80% de modelos satisfactorios			
 : entre un 80% y un 100% de modelos satisfactorios			 : menos del 50% de modelos satisfactorios			

Notas:

^a Los escenarios con un retraso en la mitigación se asocian a una emisión de gases de efecto invernadero superior a 55 GtCO₂-eq en 2030, y el incremento en los costos de mitigación se mide en relación con los escenarios de mitigación costo-efectivos para el mismo nivel de concentraciones a largo plazo.

^b Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías.

^c El intervalo está determinado por los escenarios centrales que abarcan el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 del conjunto de escenarios. Solo se incluyen aquellos escenarios cuyo horizonte temporal abarca hasta 2100. Algunos modelos que están comprendidos en los rangos de costos correspondientes a niveles de concentración superiores a 530 ppm CO₂-eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm CO₂-eq en 2100 con supuestos relativos a la disponibilidad limitada de las tecnologías o la demora de la mitigación adicional.

^d Sin CAC: en estos escenarios no se incluye la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Eliminación gradual de la energía nuclear: sin adición de centrales nucleares aparte de las que ya estén en construcción, y explotación de las ya existentes hasta el final de su ciclo de vida. Energía solar/eólica limitada: máximo del 20% de generación mundial de electricidad a partir de las fuentes solar y eólica en cualquier año de estos escenarios. Bioenergía limitada: máximo de 100 EJ/año de suministro mundial de bioenergía moderna (la bioenergía moderna utilizada para calefacción, electricidad, combinaciones e industria fue de alrededor de 18 EJ/año en 2008). EJ = Exajulio= 10¹⁸ julios.

^e Incremento porcentual del valor actual neto de las pérdidas de consumo en el porcentaje del consumo de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio general) y los costos de disminución en porcentaje del producto interno bruto (PIB) de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio parcial) correspondiente al período 2015-2100, descontado al 5% anual.

RRP 4. Adaptación y mitigación

Muchas opciones de adaptación y mitigación pueden contribuir a afrontar el cambio climático, pero ninguna de ellas basta por sí sola. Para que la implementación de las opciones sea efectiva, se necesitan políticas y cooperación en todas las escalas; y para fortalecerla, se requieren respuestas integradas que vinculen la adaptación y la mitigación con otros objetivos sociales. {4}

RRP 4.1 Factores propicios y limitaciones comunes de las respuestas de adaptación y mitigación

Las respuestas de adaptación y mitigación requieren factores propicios comunes, tales como la eficacia de las instituciones y de la gobernanza, la innovación y las inversiones en tecnologías e infraestructura ambientalmente racionales, así como medios de subsistencia, y opciones de comportamientos y estilos de vida sostenibles. {4.1}

La inercia en muchos aspectos del sistema socioeconómico limita las posibilidades de adaptación y mitigación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La innovación y las inversiones en infraestructura y tecnologías ambientalmente racionales pueden hacer que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que aumente la resiliencia al cambio climático (*nivel de confianza muy alto*). {4.1}

La vulnerabilidad al cambio climático, las emisiones de GEI y la capacidad de adaptación y mitigación acusan en gran medida la influencia de los medios de subsistencia, los estilos de vida, el comportamiento y la cultura (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Asimismo, la aceptabilidad social y la eficacia de las políticas climáticas están influidas por el grado en que incentivan los cambios apropiados a nivel regional en los estilos de vida o los comportamientos o el grado en que dependen de ellos. {4.1}

En muchas regiones y sectores, el aumento de la capacidad de mitigación y adaptación es uno de los elementos clave para gestionar los riesgos del cambio climático (*nivel de confianza alto*). La mejora de las instituciones y de la coordinación y la cooperación en materia de gobernanza pueden ayudar a superar las limitaciones regionales asociadas a la mitigación, la adaptación y la reducción de riesgos de desastre (*nivel de confianza muy alto*). {4.1}

RRP 4.2 Opciones de respuesta de la adaptación

Existen opciones de adaptación en todos los sectores, pero su contexto de aplicación y potencial para disminuir los riesgos relacionados con el clima es diferente entre los distintos sectores y regiones. Algunas respuestas de adaptación conllevan importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas. Cuanto mayor sea la magnitud del cambio climático mayores serán los desafíos para muchas de las opciones de adaptación. {4.2}

La experiencia de adaptación se va acumulando en diversas regiones en los sectores público y privado y dentro de las comunidades. Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales (en particular, locales y autóctonas), institucionales y basadas en el ecosistema, y la amplitud de las limitaciones de adaptación. La adaptación se va incorporando en algunos procesos de planificación, siendo más limitada la aplicación de respuestas (*nivel de confianza alto*). {1.6, 4.2, 4.4.2.1}

Se prevé que la necesidad de adaptación, junto con las dificultades conexas, aumentará con el cambio climático (*nivel de confianza muy alto*). Existen posibilidades de adaptación en todos los sectores y regiones, con un potencial y enfoques diversos en función de su contexto en relación con la disminución de la vulnerabilidad, la gestión de riesgos de desastre o la planificación proactiva de la adaptación (cuadro RRP.3). En las estrategias y las medidas eficaces se contemplan los cobeneficios y las oportunidades posibles en el marco de objetivos estratégicos y planes de desarrollo más amplios. {4.2}

Cuadro RRP.3 | Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático mediante la adaptación. Estos enfoques deberían considerarse de forma solapada y no como enfoques discretos, y a menudo son enfoques que se persiguen simultáneamente. Los ejemplos se presentan sin ningún orden específico y pueden ser pertinentes para más de una categoría. [Cuadro 4.2]

Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos
Reducción de la vulnerabilidad y la exposición mediante desarrollo, planificación y prácticas, incluidas muchas medidas de bajo riesgo Adaptación incluidos ajustes graduales y transformativos Transformación	Desarrollo humano	Mejor acceso a la educación, nutrición, servicios sanitarios, energía, vivienda segura y estructuras de asentamiento, y estructuras de apoyo social; Menor desigualdad de género y marginación en otras formas.
	Alivio de la pobreza	Mejor acceso a los recursos locales y control de estos; Tenencia de la tierra; Reducción de riesgos de desastre; Redes de seguridad social y protección social; Regímenes de seguros.
	Seguridad de los medios de subsistencia	Diversificación de los ingresos, activos y medios de subsistencia; Mejor infraestructura; Acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones; Mayor capacidad de toma de decisiones; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.
	Gestión de riesgos de desastre	Sistemas de alerta temprana; Cartografía de peligros y vulnerabilidades; Diversificación de los recursos hídricos; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Códigos y prácticas de edificación; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial.
	Gestión de ecosistemas	Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos; Forestación costera; Gestión de cuencas fluviales y embalses; Reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas y de la fragmentación de los hábitats; Mantenimiento de la diversidad genética; Manipulación de los regímenes de perturbación; Gestión comunitaria de los recursos naturales.
	Planificación espacial o de uso del suelo	Suministro de vivienda, infraestructuras y servicios adecuados; Gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo; Planificación urbanística y programas de mejoras; Legislación sobre división territorial; Servidumbres; Áreas protegidas.
	Estructural/física	Opciones de ambientes ingenierizados y construidos: Malecones y estructuras de protección costera; Diques para el control de crecidas; Almacenamiento de agua; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Elaboración de códigos y prácticas; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial; Casas flotantes; Ajustes en centrales y redes eléctricas.
		Opciones tecnológicas: Nuevas variedades de cultivos y animales; Conocimientos, tecnologías y métodos indígenas, tradicionales y locales; Riego eficiente; Tecnologías de ahorro de agua; Desalinización; Agricultura de conservación; Instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; Elaboración de esquemas y vigilancia de los peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana; Aislamiento de edificios; Refrigeración mecánica y pasiva; Desarrollo, transferencia y difusión de tecnología.
		Opciones ecosistémicas: Restauración ecológica; Conservación del suelo; Forestación y reforestación; Conservación y replantación de manglares; Infraestructura verde (por ejemplo, árboles de sombra, azoteas con jardines o huertos); Control de la sobreexplotación pesquera; Ordenación conjunta de la pesca; Migración y dispersión asistida de especies; Corredores ecológicos; Bancos de semillas, bancos de genes y otras medidas de conservación ex situ; Gestión comunitaria de los recursos naturales.
		Servicios: Redes de seguridad social y protección social; Bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos; Servicios municipales con inclusión de agua y saneamiento; Programas de vacunación; Servicios esenciales de salud pública; Servicios médicos de emergencia mejorados.
	Institucional	Opciones económicas: Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarifación del agua como medida en favor del suministro universal y el uso correcto; Microfinanciación; Fondos para imprevistos en casos de desastre; Transferencias de efectivo; Asociaciones público-privadas.
		Leyes y reglamentos: Legislación sobre división territorial; Normas y prácticas de edificación; Servidumbres; Regulaciones y acuerdos en materia de agua; Legislación en apoyo de la reducción de riesgos de desastre; Legislación en favor de la contratación de seguros; Derechos de propiedad definidos y seguridad respecto de la tenencia de la tierra; Áreas protegidas; Cuotas pesqueras; Consorcios de patentes y transferencia de tecnología.
		Políticas y programas nacionales y gubernamentales: Planes de adaptación nacionales y regionales e incorporación general de la adaptación; Planes de adaptación subnacionales y locales; Diversificación económica; Programas de mejora urbana; Programas municipales de ordenación de los recursos hídricos; Planificación y preparación para casos de desastre; Ordenación integrada de los recursos hídricos; Ordenación integrada de las zonas costeras; Gestión basada en el ecosistema; Adaptación de la comunidad.
	Social	Opciones educativas: Sensibilización e integración en la educación; Equidad de género en la educación, Servicios de extensión; Intercambio de conocimientos indígenas, tradicionales y locales; Investigación en acción participativa y aprendizaje social; Plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje.
		Opciones de información: Elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana y respuesta; Vigilancia y teledetección sistemáticas; Servicios climáticos; Uso de observaciones climáticas indígenas; Composición de un escenario participativo; Evaluaciones integradas.
Opciones de comportamiento: Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatascos de drenajes pluviales; Diversificación de medios de subsistencia; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.		
Esferas de cambio	Práctica: Innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.	
	Política: Decisiones y medidas de carácter político, social, cultural y ecológico en sintonía con la disminución de la vulnerabilidad y el riesgo y el apoyo de la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.	
	Personal: Presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyan en las respuestas al cambio climático.	

RRP 4.3 Opciones de respuesta de la mitigación

Para todos los sectores principales existen opciones de mitigación. La mitigación puede ser más costo-efectiva si se utiliza un enfoque integrado que combine medidas dirigidas a reducir en los sectores de uso final el empleo de la energía y la intensidad de los gases de efecto invernadero, descarbonizar el suministro de energía, reducir las emisiones netas e impulsar los sumideros de carbono en los sectores basados en tierra. {4.3}

Para reducir las emisiones, resulta más costo-efectivo aplicar estrategias de mitigación sistémicas e intersectoriales bien diseñadas que centrarse en tecnologías y sectores concretos, ya que las medidas en un sector determinan las necesidades de mitigación en otros (*nivel de confianza medio*). Las medidas de mitigación tienen elementos comunes con otros objetivos sociales, lo que genera posibilidades de cobeneficios o efectos colaterales adversos. Esos elementos comunes, si se gestionan adecuadamente, pueden fortalecer la base para aplicar medidas climáticas. {4.3}

En la figura RRP.14 se muestran, para diferentes sectores y gases, los rangos de las emisiones para los escenarios de referencia y los escenarios de mitigación que limitan las concentraciones de CO₂-equivalente a niveles bajos (en torno a 450 ppm CO₂-eq, escenarios en los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales). Las medidas clave para lograr esos objetivos de mitigación incluyen la descarbonización (esto es, la reducción de la intensidad de carbono) de la generación de electricidad (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) así como la mejora de la eficiencia y los cambios de comportamiento para reducir la demanda energética en comparación con los escenarios de referencia sin que se comprometa el desarrollo (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de 450 ppm CO₂-eq para el año 2100, las proyecciones indican una disminución de las emisiones globales de CO₂ proceden-

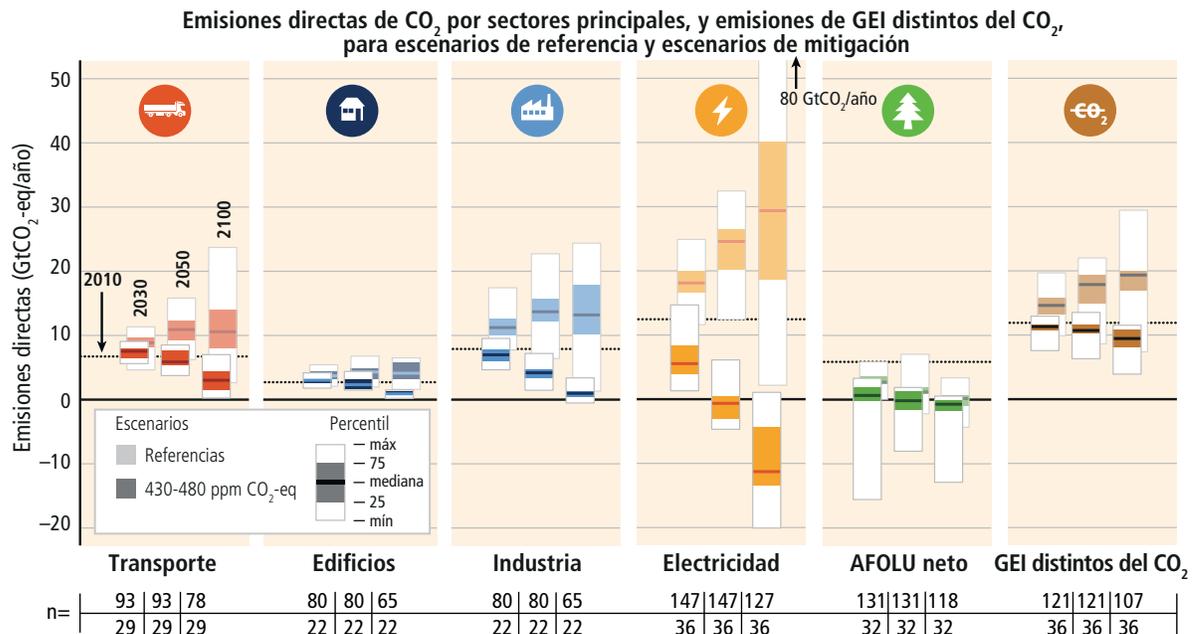


Figura RRP.14 | Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y gases de efecto invernadero (GEI) distintos del CO₂ (enumerados en el Protocolo de Kyoto) por sector en los escenarios de referencia (barras de color apagado) y en los escenarios de mitigación (barras de color intenso) en los que se llega a concentraciones de aproximadamente 450 (430 a 480) ppm CO₂-eq en 2100 (en los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales). La mitigación en los sectores de uso final provoca también una reducción de las emisiones indirectas en el sector de la generación energética. Por lo tanto, las emisiones directas de los sectores de uso final no incluyen el potencial de reducción de las emisiones del suministro, por ejemplo, debido a la disminución de la demanda de electricidad. Los valores que aparecen en la parte inferior de los gráficos se refieren al número de escenarios incluidos en el rango (fila superior: escenarios de referencia; fila inferior: escenarios de mitigación), que son diferentes en los distintos sectores y escalas temporales debido a la variación de la resolución sectorial y el horizonte temporal de los modelos. Los rangos de las emisiones de los escenarios de mitigación incluyen la cartera completa de opciones de mitigación; muchos modelos no pueden llegar a concentraciones de 450 ppm CO₂-eq en 2100 en ausencia de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC). Las emisiones negativas del sector eléctrico se deben a la utilización de bioenergía con CAC (BECCS). Las emisiones netas del sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las actividades de forestación, reforestación y deforestación. {4.3, figura 4.1}

tes del sector del suministro energético durante el próximo decenio y una reducción del 90% o superior por debajo de los niveles de 2010 entre 2040 y 2070. En la mayoría de los escenarios de estabilización con baja concentración (de aproximadamente 450 a 550 ppm CO₂-eq, para los que sea al menos *tan probable como improbable* que el cambio de temperatura se limite a 2° C en relación con los niveles preindustriales), la proporción del suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (que comprende las energías renovables, la energía nuclear y la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), incluida la bioenergía con CAC (BECCS)) aumenta la proporción actual de aproximadamente el 30% a más del 80% en 2050, al tiempo que la generación de energía procedente de combustibles fósiles sin CAC se va eliminando de forma gradual hasta prácticamente desaparecer en 2100. {4.3}

Las reducciones de la demanda de energía a corto plazo son un elemento importante en las estrategias de mitigación costo-efectivas, confieren mayor flexibilidad para reducir la intensidad de carbono en el sector del suministro energético, protegen contra los riesgos de la oferta, evitan el efecto de bloqueo en infraestructuras que emiten mucho carbono, y están asociadas a importantes cobeneficios. Las opciones de mitigación más costo-efectivas en la silvicultura son la forestación, la ordenación forestal sostenible y la reducción de la deforestación, siendo grandes las diferencias en su importancia relativa entre regiones; y en la agricultura, son la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y la restauración de suelos orgánicos (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {4.3, figuras 4.1, 4.2, cuadro 4.3}

El comportamiento, el estilo de vida y la cultura tienen una considerable influencia en el uso de la energía y las emisiones asociadas, con gran potencial de mitigación en algunos sectores, en particular cuando complementan a un cambio tecnológico y estructural (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las emisiones pueden reducirse sustancialmente mediante cambios en los patrones de consumo, la adopción de medidas de ahorro energético, cambios en la dieta y la reducción de los residuos alimentarios. {4.1, 4.3}

RRP 4.4 Enfoques de políticas para la adaptación y la mitigación, la tecnología y la financiación

La eficacia de las respuestas de adaptación y mitigación dependerá de las políticas y medidas que se apliquen en diversas escalas: internacionales, regionales, nacionales y subnacionales. Las políticas que apoyen en todas las escalas el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología, así como el financiamiento a las respuestas al cambio climático, pueden complementar y potenciar la eficacia de las políticas que promueven de forma directa la adaptación y la mitigación. {4.4}

La cooperación internacional es decisiva para lograr una mitigación eficaz, si bien la mitigación también puede tener cobeneficios a escala local. La adaptación se centra principalmente en los resultados a escala local a nacional, pero su eficacia puede mejorarse mediante la coordinación en todas las escalas de gobernanza, incluida la cooperación internacional: {3.1, 4.4.1}

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es el principal foro multilateral centrado en afrontar el cambio climático, con participación casi universal. Otras instituciones organizadas a diferentes niveles de gobernanza han dado lugar a la diversificación de la cooperación internacional en relación con el cambio climático. {4.4.1}
- El Protocolo de Kyoto ofrece enseñanzas para alcanzar el objetivo definitivo de la CMNUCC, en particular respecto de la participación, la ejecución, los mecanismos de flexibilidad y la efectividad ambiental (*evidencia media, nivel de acuerdo bajo*). {4.4.1}
- Los vínculos entre las políticas climáticas regionales, nacionales y subnacionales ofrecen beneficios potenciales de mitigación del cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Entre las posibles ventajas de este planteamiento cabe destacar la disminución de los costos de mitigación, la reducción de las fugas de emisiones y el aumento de la liquidez de los mercados. {4.4.1}
- La cooperación internacional en apoyo de la planificación y la ejecución de la adaptación ha acaparado históricamente menos atención que la mitigación pero va en aumento y ha contribuido a crear estrategias, planes y medidas de adaptación a nivel nacional, subnacional y local (*nivel de confianza alto*). {4.4.1}

Desde el Cuarto Informe de Evaluación se ha experimentado un considerable aumento de planes y estrategias de adaptación y mitigación nacionales y subnacionales, y se ha puesto mayor atención en políticas diseñadas para integrar diversos objetivos, incrementar los cobeneficios y disminuir los efectos colaterales adversos (*nivel de confianza alto*): {4.4.2.1, 4.4.2.2}

- Los gobiernos nacionales desempeñan un papel clave en la planificación y aplicación de la adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) por medio de coordinar las medidas y proporcionar marcos y apoyo. Si bien los gobiernos locales y el sector privado tienen diferentes funciones que varían según las regiones, cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y para gestionar la información y la financiación conexas al riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {4.4.2.1}
- Las dimensiones institucionales de la gobernanza de la adaptación, incluidas la incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones, desempeñan un papel clave en la promoción de la transición desde la planificación hasta la aplicación de la adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Entre los ejemplos de enfoques institucionales en la adaptación en los que intervienen varios agentes, cabe mencionar las opciones económicas (p. ej., seguros y asociaciones público-privadas), las leyes y reglamentos (p. ej. legislación sobre división territorial) y las políticas y programas nacionales y gubernamentales (p. ej. diversificación económica). {4.2, 4.4.2.1, cuadro RRP.3}
- En principio, los mecanismos que establecen el precio del carbono, incluidos los sistemas de límite y comercio y los impuestos sobre el carbono, pueden lograr la mitigación de un modo costo-efectivo, pero su ejecución ha tenido efectos diversos, debido en parte a las circunstancias nacionales, así como al diseño de las políticas. Los efectos de los sistemas de límite y comercio a corto plazo han sido insuficientes debido a que los límites eran imprecisos o poco restrictivos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). En algunos países, las políticas tributarias dirigidas específicamente a reducir las emisiones de GEI –junto con las políticas tecnológicas y de otro tipo– han contribuido a debilitar el vínculo existente entre las emisiones de GEI y el producto interno bruto (PIB) (*nivel de confianza alto*). Además, en un grupo numeroso de países, los impuestos sobre los combustibles (aunque no se hubieran concebido necesariamente con el propósito de la mitigación) han tenido efectos similares a los de los impuestos sectoriales sobre las emisiones de carbono. {4.4.2.2}
- Los enfoques reglamentarios y las medidas de información se utilizan ampliamente y, a menudo, resultan eficaces desde el punto de vista ambiental (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Entre los ejemplos de enfoques reglamentarios cabe destacar las normas de eficiencia energética, y entre los ejemplos de programas de información figuran los programas de etiquetado, que pueden ayudar a los consumidores a tomar decisiones mejor informadas. {4.4.2.2}
- Se han utilizado más ampliamente políticas de mitigación sectoriales específicas que políticas destinadas al conjunto de la economía (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las políticas sectoriales específicas pueden adaptarse mejor para responder a obstáculos o fallos de mercado específicos de los sectores, y agruparse en paquetes de políticas complementarias. Aunque teóricamente las políticas destinadas al conjunto de la economía puedan ser más costo-eficaces, puede que resulte más difícil su ejecución debido a los obstáculos administrativos y políticos. Las interacciones entre las políticas de mitigación pueden ser sinérgicas o no tener ningún efecto añadido en la disminución de las emisiones. {4.4.2.2}
- En todos los sectores pueden aplicarse instrumentos económicos en forma de subsidios, incluidas diversas formulaciones de políticas como rebajas o exenciones fiscales, primas, préstamos y líneas de crédito. En los últimos años, el aumento en número y diversidad de las políticas de energía renovable, incluidos los subsidios, ha inducido un incremento acelerado de las tecnologías de la energía renovable por efecto de múltiples factores. Al mismo tiempo, la disminución de los subsidios para las actividades asociadas a los GEI en diversos sectores puede redundar en menores emisiones, en función del contexto social y económico (*nivel de confianza alto*). {4.4.2.2}

Los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación pueden afectar el logro de otros objetivos, como los relacionados con la salud humana, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la calidad ambiental local, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo sostenible equitativo. El potencial de obtención de cobeneficios relativos a medidas de uso final de la energía es superior al potencial de efectos colaterales adversos, mientras que la evidencia sugiere que este puede no ser el caso para todas las medidas de suministro de energía y de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). Algunas políticas de mitigación aumentan los precios de algunos servicios energéticos y podrían limitar la capacidad de las sociedades de ampliar el acceso a servicios energéticos modernos de poblaciones subatendidas (*nivel de confianza bajo*). Estos posibles efectos colaterales adversos se pueden evitar mediante la adopción de políticas complementarias como

reducciones fiscales u otro tipo de mecanismos de transferencia (*nivel de confianza medio*). Tanto si estos efectos colaterales se materializan, y en qué magnitud, como si no, serán específicos de cada caso y lugar, puesto que dependerán de circunstancias locales y de su escala, alcance y ritmo de materialización. Muchos cobeneficios y efectos colaterales adversos no se han cuantificado adecuadamente. {4.3, 4.4.2.2, recuadro 3.4}

La políticas que apoyan el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología complementan otras políticas de mitigación en todas las escalas internacionales a subnacionales; muchos esfuerzos de adaptación también dependen de forma crítica de la difusión y la transferencia de tecnologías y prácticas de gestión (*nivel de confianza alto*). Existen políticas que abordan los fallos del mercado en investigación y desarrollo, pero el uso efectivo de las tecnologías también puede depender de la capacidad de adoptar tecnologías adecuadas a las circunstancias locales. {4.4.3}

Para lograr reducciones sustanciales en las emisiones sería necesario realizar grandes cambios en los patrones de inversión (*nivel de confianza alto*). En relación con los escenarios de mitigación que estabilizan las concentraciones (sin sobrepaso) en el rango de 430 a 530 ppm CO₂-eq en 2100¹⁹, las proyecciones indican que en los distintos escenarios las inversiones anuales en suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono y en eficiencia energética en sectores clave (transporte, industria y edificios) aumentarán en varios cientos de miles de millones de dólares anuales hasta 2030. En el marco de entornos propicios adecuados, el sector privado, conjuntamente con el sector público, puede desempeñar un papel importante en la financiación de la mitigación y la adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {4.4.4}

La disponibilidad de recursos financieros para la adaptación se ha producido más lentamente que para la mitigación en los países desarrollados y en desarrollo. Una evidencia limitada indica que existe una brecha entre las necesidades globales de adaptación y los fondos disponibles para la adaptación (*nivel de confianza medio*). Existe la necesidad de contar con una mejor evaluación de los costos, financiación e inversión globales de la adaptación. Las sinergias potenciales en el ámbito de las finanzas internacionales para la gestión de riesgos de desastre y la adaptación todavía no se han concretado por completo (*nivel de confianza alto*). {4.4.4}

RRP 4.5 Contrapartidas, sinergias e interacciones con el desarrollo sostenible

El cambio climático es una amenaza para el desarrollo sostenible. A pesar de ello, existen muchas posibilidades para vincular la mitigación, la adaptación y la consecución de otros objetivos sociales mediante el empleo de respuestas integradas (*nivel de confianza alto*). Para que la implementación sea satisfactoria es preciso contar con herramientas adecuadas, estructuras de gobernanza apropiadas y una capacidad mejorada de respuesta (*nivel de confianza medio*). {3.5, 4.5}

El cambio climático agrava otras amenazas a los sistemas sociales y naturales, colocando nuevas cargas, en particular sobre los pobres (*nivel de confianza alto*). Armonizar la política climática con el desarrollo sostenible requiere considerar tanto la adaptación como la mitigación (*nivel de confianza alto*). De demorarse las medidas de mitigación podrían verse limitadas las posibilidades de trayectorias resilientes al clima en el futuro. Las oportunidades para aprovechar las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación pueden reducirse con el tiempo, especialmente si se sobrepasan los límites de la adaptación. Los crecientes esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores de la salud humana, el agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {3.1, 3.5, 4.5}

¹⁹ Este rango comprende los escenarios en que se alcanzan niveles de 430 a 480 ppm CO₂-eq en 2100 (con los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales) y los escenarios en que se alcanzan de 480 a 530 ppm CO₂-eq en 2100 (sin sobrepaso: niveles con los que es *más probable que improbable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales).

Actualmente se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos en favor de las trayectorias de desarrollo sostenible resilientes al clima y que, al mismo tiempo, contribuyan a mejorar los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la gestión ambiental eficaz. Hay casos en que la diversificación económica puede ser un elemento importante de esas estrategias. La eficacia de las respuestas integradas se puede mejorar mediante herramientas convenientes, unas estructuras de gobernanza idóneas y una adecuada capacidad institucional y humana (*nivel de confianza medio*). Las respuestas integradas son especialmente pertinentes para la planificación e implementación energéticas, las interacciones entre los sectores del agua, los alimentos, la energía y el secuestro de carbono biológico y la planificación urbana, lo que ofrece importantes oportunidades para aumentar la resiliencia, reducir las emisiones y lograr un desarrollo más sostenible (*nivel de confianza medio*). {3.5, 4.4, 4.5}