

## El Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático aceptó el informe pero no se aprobó.

La "Aceptación" de los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en una Sesión o Mesa Redonda del Grupo de Trabajo (GT) supone que aunque el material no se haya examinado y aprobado con detenimiento ofrece una visión extensa, objetiva y homogénea del tema.

---

## Resumen Técnico

---

### Autores principales Coordinadores:

Martin Parry (Reino Unido), Osvaldo Canziani (Argentina), Jean Palutikof (Reino Unido)

### Autores principales:

Neil Adger (Reino Unido), Pramod Aggarwal (India), Shardul Agrawala (OECD/Francia), Joseph Alcamo (Alemania), Abdelkader Allali (Marruecos), Oleg Anisimov (Rusia), Nigel Arnell (Reino Unido), Michel Boko (Benin), Timothy Carter (Finlandia), Gino Casassa (Chile), Ulisses Confalonieri (Brasil), Rex Victor Cruz (Filipinas), Edmundo de Alba Alcaraz (México), William Easterling (Estados Unidos), Christopher Field (Estados Unidos), Andreas Fischlin (Suiza), Blair Fitzharris (Nueva Zelanda), Carlos Gay García (México), Hideo Harasawa (Japón), Kevin Hennessy (Australia), Saleemul Huq (Reino Unido), Roger Jones (Australia), Lucka Kajfež Bogataj (Eslovenia), David Karoly (Estados Unidos), Richard Klein (Holanda), Zbigniew Kundzewicz (Polonia), Murari Lal (India), Rodel Lasco (Filipinas), Geoff Love (Australia), Xianfu Lu (China), Graciela Magrín (Argentina), Luis José Mata (Venezuela), Bettina Menne (OMS EURO/Alemania), Guy Midgley (Sudáfrica), Nobuo Mimura (Japón), Monirul Qader Mirza (Bangladesh/Canadá), José Moreno (España), Linda Mortsch (Canadá), Isabelle Niang-Diop (Senegal), Robert Nicholls (Reino Unido), Béla Nováky (Hungría), Leonard Nurse (Barbados), Anthony Nyong (Nigeria), Michael Oppenheimer (Estados Unidos), Anand Patwardhan (India), Patricia Romero Lankao (México), Cynthia Rosenzweig (Estados Unidos), Stephen Schneider (Estados Unidos), Serguei Semenov (Rusia), Joel Smith (Estados Unidos), John Stone (Canadá), Jean-Pascal van Ypersele (Bélgica), David Vaughan (Reino Unido), Coleen Vogel (Sudáfrica), Thomas Wilbanks (Estados Unidos), Poh Poh Wong (Singapur), Shaohong Wu (China), Gary Yohe (Estados Unidos)

### Colaboradores:

Debbie Hemming (Reino Unido), Pete Falloon (Reino Unido)

### Editores:

Wolfgang Cramer (Alemania), Daniel Murdiyarto (Indonesia)

### En este Resumen Técnico se mencionan como:

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof y Coautores 2007: Resumen Técnico. Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

## Índice

<i>Resumen de los hallazgos principales</i>	25	<i>Recuadro RT.5. Principales efectos proyectados para sistemas y sectores</i>	49
<b>RT.1 Ámbito, enfoque y método de la evaluación del Grupo de Trabajo II</b>	<b>26</b>	RT.4.3. Magnitudes del impacto para diferentes cantidades de cambio climático	68
<i>Recuadro RT.1. Fuentes de información en el Resumen Técnico</i>	27	RT.4.4. El impacto de los fenómenos extremos alterados	79
<i>Recuadro RT.2. Tratamiento de incertidumbres en la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II</i>	27	RT.4.5. Sistemas, sectores y regiones especialmente afectados	79
<b>RT.2 Conocimiento actual sobre los impactos observados en sistemas naturales y bajo gestión</b>	<b>28</b>	RT.4.6. Fenómenos con grandes impactos	80
<i>Recuadro RT.3. Definiciones de términos clave</i>	28	RT.4.7. Determinación de los costes de los impactos del cambio climático	80
<i>Recuadro RT.4. Vinculación de las causas del cambio climático a los efectos observados en los sistemas físicos y biológicos</i>	30	<b>RT.5 Conocimiento actual sobre la capacidad de respuesta al cambio climático</b>	<b>81</b>
<b>RT.3 Métodos y escenarios</b>	<b>31</b>	RT.5.1 Adaptación	81
RT.3.1 Desarrollo de los métodos disponibles para la investigación sobre los impactos del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad	31	RT.5.2 Interrelación entre adaptación y mitigación	87
RT.3.2 Descripción del futuro en la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II	31	<i>Recuadro RT.7. Capacidad adaptativa a múltiples elementos de estrés en la India.</i>	90
<b>RT.4 Conocimiento actual sobre impactos futuros</b>	<b>37</b>	RT. 5.3 Vulnerabilidades clave	92
RT.4.1 Impactos, adaptación y vulnerabilidad sectoriales	37	RT.5.4 Perspectivas del cambio climático y sostenibilidad	95
RT 4.2 Impactos, adaptación y vulnerabilidad regionales	47	<b>RT.6 Avances en el conocimiento y en las futuras necesidades de investigación</b>	<b>97</b>
		RT 6.1 Avances en el conocimiento	97
		RT 6.2 Necesidades futuras de investigación	98

## Resumen de los hallazgos principales

- Las pruebas de observación de todos los continentes y la mayoría de los océanos muestran que los cambios climáticos afectan a muchos sistemas naturales, principalmente los aumentos de temperatura.
- Una evaluación mundial de datos a partir de 1970 puso en evidencia que probablemente el calentamiento antropogénico haya influido de manera visible sobre muchos sistemas físicos y biológicos.
- Surgen otros efectos de los cambios climáticos regionales en entornos naturales y humanos, aunque algunos no se perciben con facilidad debido a la adaptación y a los controladores no climáticos.
- Disponibilidad actual de información más específica sobre una amplia gama de sistemas y sectores respecto a la naturaleza de impactos futuros, incluidos los impactos en campos no analizados en evaluaciones anteriores.
- Disponibilidad actual de información más específica sobre regiones del planeta respecto a la naturaleza de impactos futuros, incluidos los impactos en campos no analizados en evaluaciones anteriores.
- En la actualidad se pueden estimar con mayor exactitud las dimensiones de los impactos para un intervalo de posibles aumentos de la temperatura media mundial.
- Es probable que cambien los impactos debido a la modificación de la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos meteorológicos, climáticos y del nivel del mar.
- Algunos fenómenos climáticos de gran escala tienen potencial para ocasionar impactos muy grandes, sobre todo después del siglo XXI.
- Los impactos del cambio climático variarán regionalmente pero, añadidos y descontados del presente, es muy probable que impongan costos anuales netos que se incrementarán con el paso del tiempo a medida que aumenten las temperaturas globales.
- En la actualidad existe algún tipo de adaptación al cambio climático futuro observado y previsto pero sobre una base limitada.
- La adaptación es necesaria para analizar los impactos derivados del calentamiento que ya es inevitable debido a las emisiones del pasado.
- Se dispone de una amplia serie de opciones de adaptación, pero se necesita una adaptación más extensa que la actual para reducir la vulnerabilidad al cambio climático futuro. Existen barreras, límites y costos pero no se comprenden del todo.
- La vulnerabilidad al cambio climático se puede exacerbar mediante la presencia de otros factores de tensión.
- La vulnerabilidad futura depende no sólo del clima sino de la vía de desarrollo.
- El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático y el cambio climático puede impedir que las naciones logren vías de desarrollo sostenible.
- La mitigación puede evitar, reducir o retrasar muchos impactos.
- Un programa de medidas de adaptación y mitigación puede reducir los riesgos asociados al cambio climático.

## RT.1 Ámbito, enfoque y método de la evaluación del Grupo de Trabajo II

En el Decimonoveno Período de Sesiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en abril de 2002 se decidió elaborar el Cuarto Informe de Evaluación (CIE).

El Informe del Grupo de Trabajo II consta de 20 capítulos. Los capítulos principales (3-16) analizan los impactos futuros del cambio climático en sectores y regiones, el potencial de adaptación y las implicaciones de la sostenibilidad. El capítulo 1 aborda a los cambios observados y el capítulo 2 evalúa nuevas metodologías y la descripción de condiciones futuras. Los capítulos del 17 al 20 evalúan las respuestas a los impactos mediante la adaptación (17), las interrelaciones entre adaptación y mitigación (18), las vulnerabilidades y riesgos claves (19) y, por último, las perspectivas del cambio climático y sostenibilidad (20).

La Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II, al igual que todos los informes del IPCC, se elaboró mediante un proceso abierto y de revisión de expertos. El informe se elaboró sobre la base de evaluaciones anteriores y de Informes Especiales del IPCC e incluye los resultados de los últimos cinco años de investigación sobre los impactos del cambio climático, adaptación y vulnerabilidad. Cada capítulo presenta una evaluación equitativa de la literatura que surgió a partir del Tercer Informe de Evaluación<sup>1</sup> (TIE), incluida la literatura en otros idiomas diferentes al inglés y, literatura “gris”<sup>2</sup>, donde fuera pertinente.

Esta evaluación tiene el objetivo de describir el grado de conocimiento actual sobre los impactos del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad. Específicamente, analiza las cinco cuestiones siguientes:

- ¿Cuál es el grado de conocimiento actual sobre los impactos del cambio climático que se pueden observar en la actualidad? (analizado en la Sección RT.2 del Resumen Técnico)
- ¿Qué escenarios y métodos de investigación nuevos han perfeccionado el conocimiento a partir de la Tercera Evaluación? (analizado en la Sección RT.3)

<sup>1</sup> McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, Eds., 2001: Cambio Climático 2001: Impactos, adaptación, y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1032 pp.

<sup>2</sup> Literatura “gris” se denomina a la literatura que no está disponible a través de los canales tradicionales de publicación, tales como documentos de investigación, informes gubernamentales, etc, y que tiene difícil acceso.

- ¿Cuál es el grado de conocimiento actual sobre los efectos futuros del cambio climático en diferentes sectores y regiones? (analizado en la Sección RT.4)
- ¿Cuál es el grado de conocimiento actual sobre la adaptación, la interacción entre adaptación y mitigación, las vulnerabilidades clave y la función del desarrollo sostenible en el contexto del cambio climático? (analizado en la Sección RT.5)
- ¿Cuáles son las brechas del conocimiento actual y cuál es la mejor manera de erradicarlas? (analizado en la Sección RT.6)

Cada uno de los veinte capítulos de la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II cuenta con un mínimo de dos Autores Coordinadores, seis Autores Principales y dos Editores. El Buró del IPCC designó al equipo de escritores y editores según recomendación del Copresidente y Vicepresidente del Grupo de Trabajo II.

El equipo se seleccionó a partir de un grupo de expertos designados, mediante consulta con la comunidad internacional de científicos activos del ramo y teniendo en cuenta la experiencia y especialización. La Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II entraña en total a 48 Autores Coordinadores, 125 Autores Principales y 45 Editores de 70 países. Además, 183 Autores Contribuyentes y 910 Revisores Expertos.

El objetivo de este Resumen Técnico es abordar los aspectos científicos más importantes de toda la Evaluación del Grupo de Trabajo II. Abreviar la información de 80 páginas a 50 requiere mucho poder de síntesis; por consiguiente, cada cita del Resumen aparece con su fuente de Evaluación, de manera que el lector pueda seguir los detalles. La Fuente de información aparece entre corchetes en el texto (Véase Recuadro RT.1) La información sobre incertidumbres aparece entre paréntesis (Véase Recuadro RT.2 para las definiciones de incertidumbre) El Recuadro RT.3 define los términos claves.

### Recuadro RT.1. Fuentes de información en el Resumen Técnico

Por ejemplo, fuente [3.3.2] se refiere al capítulo 3, sección 3, subdivisión 2. En las fuentes de información, G significa Gráfico, T significa Tabla, R significa Recuadro y RE significa Resumen Ejecutivo.

Las referencias de la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo I se muestran de la siguiente manera, por ejemplo, [GT1 CIE RRP] se refiere a la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo I del Resumen para Responsables de Políticas, [GT1 CIE 10.3.2] se refiere al capítulo 10, sección 10.3.2, y [GT1 CIE Capítulo 10] cuando se refiere a todo el capítulo 10. Cuando la fuente se refiere a la Cuarta Evaluación de ambos grupos GT1 y GTII, se separan por punto y coma, por ejemplo [GT1 CIE 10.2.1; 2.1.4]. Las referencias del Grupo de Trabajo III se tratan de la misma manera.

### Recuadro RT.2. Tratamiento de incertidumbres en la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II

El conjunto de términos para tratar las incertidumbres del conocimiento actual es común a todas las partes de la Cuarta Evaluación del IPCC, basado en la Guía para Autores Principales del Informe de la Cuarta Evaluación del IPCC sobre el Tratamiento de Incertidumbres<sup>1</sup>, elaborado por el IPCC en julio de 2005.

#### Descripción de confianza

Basados en una lectura de comprensión de la literatura y en su juicio especializado, los autores asignaron el siguiente nivel de confianza a los hallazgos más importantes del Resumen Técnico sobre la base del conocimiento actual:

<i>Terminología</i>	<i>Nivel de confianza de exactitud</i>
<i>Confianza muy alta</i>	<i>Al menos 9 de 10 posibilidades de ser correcto</i>
<i>Confianza alta</i>	<i>Aproximadamente 8 de 10 posibilidades</i>
<i>Confianza mediana</i>	<i>Aproximadamente 5 de 10 posibilidades</i>
<i>Confianza baja</i>	<i>Aproximadamente 2 de 10 posibilidades</i>
<i>Confianza muy baja</i>	<i>Menos de 1 de 10 posibilidades</i>

#### Descripción de la probabilidad

La “probabilidad” es la evaluación probabilística de algunos resultados muy bien definidos que han ocurrido o que ocurrirán en el futuro y puede basarse en análisis cuantitativos o en juicios de expertos. En el Resumen Técnico cuando los autores evalúan la probabilidad de ciertos resultados, los significados asociados son:

<i>Terminología</i>	<i>Probabilidad de que se produzca/resultado</i>
<i>Prácticamente cierto</i>	<i>&gt; 99% de probabilidad de que se produzca</i>
<i>Muy probable</i>	<i>de 90 a 99% de probabilidad</i>
<i>Probable</i>	<i>de 66 a 90% de probabilidad</i>
<i>Tan probable como no probable</i>	<i>de 33 a 66% de probabilidad</i>
<i>Improbable</i>	<i>de 10 a 33% de probabilidad</i>
<i>Muy improbable</i>	<i>de 1 a 10% de probabilidad</i>
<i>Excepcionalmente improbable</i>	<i>&lt; 1% de probabilidad</i>

<sup>1</sup> Véase <http://www.ipcc.ch/activity/uncertaintyguidancenote.pdf>

### Recuadro RT.3. Definiciones de términos clave

Cambio climático, en el uso del IPCC, se refiere a todo el cambio del clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana. Este uso difiere del adoptado en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, donde se define el cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Adaptación es el ajuste en los sistemas naturales y humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o previstos o a sus efectos, que mitigan daños o se aprovechan de oportunidades beneficiosas.

Vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la dimensión y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

## RT.2 Conocimiento actual sobre los impactos observados en sistemas naturales y bajo gestión

Las pruebas de observación de todos los continentes y la mayoría de los océanos muestran que los cambios climáticos regionales, y en concreto los aumentos de la temperatura (confianza muy alta), afectan a muchos sistemas naturales. Una evaluación mundial de datos a partir de 1970 muestra que es probable que el calentamiento antropogénico haya tenido una influencia perceptible sobre muchos sistemas físicos y biológicos.

La Tercera Evaluación el Grupo de Trabajo II del IPCC demostró que los cambios climáticos recientes, específicamente los aumentos de la temperatura, ya han afectado a sistemas físicos y biológicos [1.1.1]<sup>3</sup>. La Cuarta Evaluación analizó estudios a partir de la Tercera Evaluación y mostró cambios en los sistemas físicos, biológicos y humanos, principalmente desde 1970 hasta 2005, relacionados con los controladores climáticos y encontró pruebas cuantitativas más sólidas [1.3, 1.4]. El centro de atención recae en los aumentos de la temperatura superficial a escala regional y mundial [1.2].

El análisis de pruebas de cambios observados relacionados con el cambio climático se hace difícil porque otros factores influyen sobre las respuestas observadas de sistemas y sectores. Los controladores no climáticos pueden influir sobre sistemas y sectores directamente y/o indirectamente mediante sus efectos en las variables climáticas como la radiación solar reflejada y la evaporación [1.2.1]. Algunos

de los controladores no climáticos más importantes son los procesos socioeconómicos, incluidos el cambio en el uso de los terrenos (por ejemplo, de zonas agrícolas a urbanas), modificación de la cubierta terrestre (por ejemplo, degradación de ecosistemas), cambio tecnológico, contaminación y especies invasivas [1.2.1].

Durante los últimos cinco años se acumularon muchas pruebas que indican que los efectos descritos anteriormente se vinculan con el componente antropogénico del calentamiento<sup>4</sup>. Los tres conjuntos de pruebas siguientes apoyan esta conclusión (Véase Recuadro RT.4).

1. Existen varios estudios que vinculan las respuestas relacionadas en algunos sistemas físicos y biológicos al componente antropogénico del calentamiento mediante la comparación de las tendencias observadas con las modelizadas, donde se separan explícitamente los forzamientos naturales y los forzamientos antropogénicos. [1.4]
2. Los cambios observados en muchos sistemas físicos y biológicos son congruentes con un mundo más cálido. La mayoría (más del 89% de más de 29.000 conjuntos de datos cuyas localidades se muestran en el Gráfico RT.1) de los cambios en estos sistemas se encuentran en la dirección esperada como respuesta al calentamiento. [1.4]
3. Una síntesis general de los estudios de esta Evaluación demuestra fehacientemente la improbabilidad<sup>5</sup> de que el acuerdo espacial entre regiones con calentamiento regional significativo alrededor del mundo y los lugares con cambios significativos observados en muchos sistemas congruentes con el calentamiento se deba

únicamente a la variabilidad natural de las temperaturas o de los sistemas. [1.4]

**Para los sistemas físicos, (i) el cambio climático está afectando a los sistemas humanos y naturales en regiones de nieve, hielo y terreno congelado, y (ii) existen pruebas actuales de efectos en la hidrología, recursos hídricos, zonas costeras y océanos.**

La prueba más importante en las regiones de nieve, hielo y terreno congelado se encuentra en la inestabilidad del terreno en las regiones de permafrost y avalancha de rocas; en la disminución en los días de viaje de vehículos por los caminos helados en el Ártico; en el aumento y agrandamiento de los lagos glaciales y la desestabilización de los restos de glaciares que represan estos lagos y aumentan el riesgo de inundaciones; en los cambios en los ecosistemas del Ártico y la Península Antártica, incluidos los biomas de hielo marino y los depredadores que ocupan un nivel superior en la cadena alimentaria; y en las limitaciones en los deportes de montaña en las zonas de elevaciones alpinas bajas (confianza alta)<sup>6</sup> [1.3.1]. Estos cambios corroboran la cantidad de pruebas que evidencian una intensificación del derretimiento del hielo marino ártico, el hielo de agua dulce, las plataformas de hielo, el manto de hielo de Groenlandia, los glaciares alpinos y de la Península Antártica y los casquetes de hielo, la capa de nieve y el permafrost como respuesta al calentamiento mundial (confianza muy alta) [GT1 CIE Capítulo 4].

Las pruebas recientes en los recursos hidrológicos e hídricos muestran que el nivel máximo de la descarga de primavera sucede primero en ríos afectados por el derretimiento de la nieve y existen pruebas de intensificación de la fusión glacial en la zona tropical de los Andes y en los Alpes. Los lagos y ríos a nivel mundial se calientan y tienen efectos en la estructura térmica y la calidad del agua (confianza alta) [1.3.2].

El aumento del nivel del mar y el desarrollo humano contribuyen en conjunto a la pérdida de humedales y manglares costeros y al aumento de daños debido a inundaciones costeras en muchas zonas (confianza mediana) [1.3.3.2]

**Existen más pruebas, de una amplia gama de especies y comunidades en ecosistemas terrestres que las presentadas en la Tercera Evaluación, de que el calentamiento reciente ya está afectado con severidad a los sistemas biológicos naturales. Existen nuevas pruebas importantes que relacionan los cambios en los sistemas marinos y de agua dulce con el calentamiento. Las pruebas indican que**

**el calentamiento observado recientemente está influyendo con fuerza actualmente en los sistemas biológicos terrestres y marinos.**

La inmensa mayoría de los estudios sobre los efectos del clima regional sobre especies terrestres muestran respuestas congruentes con las tendencias de calentamiento, incluido los cambios hacia zonas polares y con elevaciones del ámbito de la flora y fauna. Las respuestas de las especies terrestres al calentamiento en el Hemisferio Norte está muy bien documentada por cambios en el tiempo de duración de las estaciones de crecimiento vegetativo (es decir, cambios fenológicos), en concreto la aparición temprana de episodios de primavera<sup>7</sup>, migración y prolongación de la estación de crecimiento vegetativo. Según la observación de satélites a partir de principios de 1980, existen tendencias en muchas regiones hacia un temprano “reverdecimiento” de la vegetación en primavera<sup>8</sup> y al aumento de la producción primaria neta vinculada a estaciones de crecimiento más prolongadas. Los cambios en la abundancia de ciertas especies, incluida las pruebas limitadas de algunas desapariciones locales, y los cambios en la composición de la comunidad durante los últimos decenios se han atribuido al cambio climático (confianza muy alta) [1.3.5].

La mayoría de los cambios observados en la fenología y distribución de las especies marinas y de agua dulce se han asociado al aumento de la temperatura del agua, así como a otros cambios provocados por el clima en la cubierta de hielo, la salinidad, los niveles de oxígeno y la circulación. Existen cambios hacia las zonas polares, y cambios en la abundancia de algas, plancton y peces en océanos de latitudes altas. Por ejemplo, el plancton se ha desplazado hacia las zonas polares en 10° de latitud (aproximadamente 1.000 km.) durante un período de cuatro decenios en el Atlántico Norte. Además, se han documentado aumentos en la abundancia de algas y zooplancton en lagos de latitudes y altitudes altas, migraciones tempranas de peces y cambios en el ámbito de ríos [1.3.5]. A pesar de existir cada vez más pruebas de los impactos del cambio climático en los arrecifes de coral, resulta difícil establecer diferencias entre los impactos de los factores de tensión relacionados con el clima y otros factores de tensión (por ejemplo, contaminación y pesquería excesiva). La incorporación de carbono antropogénico a partir de 1750 ha elevado la acidez del océano, con una disminución media del pH en 0.1 unidades [GT1 CIE RRP]. Sin embargo, aún no están documentados los efectos de la acidificación del océano observada sobre la biosfera marina [1.3]. El calentamiento de ríos y lagos

<sup>3</sup> Véase Recuadro RT.1

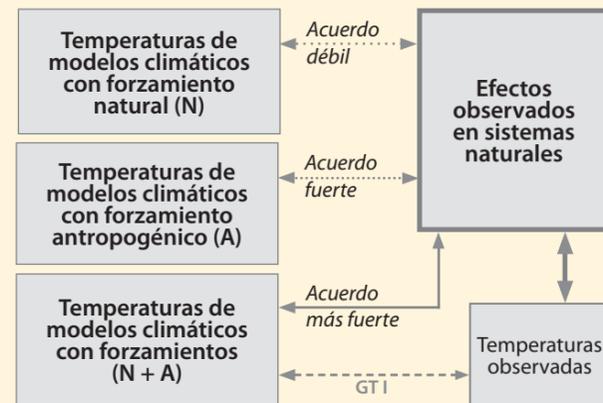
<sup>4</sup> El calentamiento durante los últimos 50 años a escala continental se atribuye a efectos antropogénicos [GT1 CIE RRP].

<sup>5</sup> Véase Recuadro RT-2

<sup>6</sup> Véase Recuadro RT-2

<sup>7</sup> Medida del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NVDI), indicador relativo del verdor de la vegetación obtenido mediante imágenes de satélite.

#### Recuadro RT.4. Vinculación de las causas del cambio climático a los efectos observados en los sistemas físicos y biológicos



El Gráfico de la izquierda demuestra los vínculos entre las temperaturas observadas, los efectos observados sobre sistemas naturales y las temperaturas de las simulaciones de modelos climáticos con forzamientos naturales, antropogénicos y la combinación de forzamientos naturales y antropogénicos. Debajo se describen dos formas en las que se utilizan estos vínculos en los estudios de detección y atribución de efectos observados.

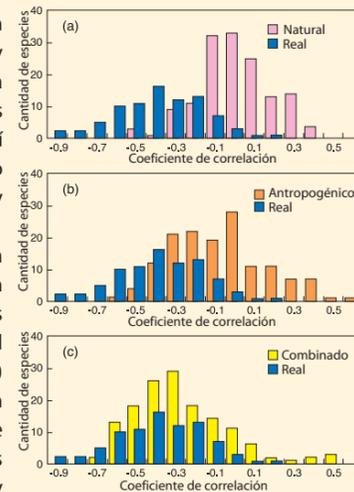
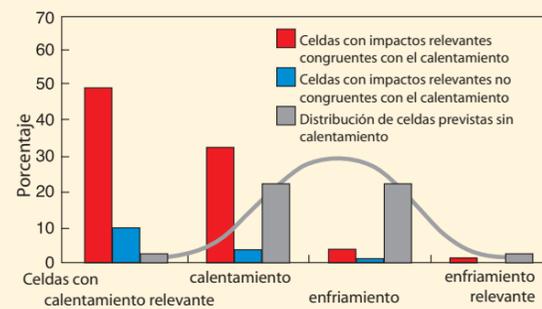
**1. Utilización de modelos climáticos** - El estudio de la conexión causal mediante la separación de los factores de forzamiento natural y antropogénico (Conjunto de Pruebas No. 1 de la página anterior) compara los cambios temporales observados en animales y plantas con cambios en temperaturas observadas durante los mismos períodos de tiempo, así como temperaturas modelizadas utilizando (i) solamente forzamiento climático natural; (ii) solamente forzamiento climático antropogénico; y (iii) la combinación de ambos forzamientos.

El panel de la derecha muestra los resultados de un estudio que utiliza esta metodología<sup>9</sup>. Los lugares con temperaturas modelizadas se representan en cuadrículas individuales que corresponden a lugares de estudios de animales y plantas y períodos de tiempo dados. El acuerdo (en el recubrimiento y forma) entre las delineaciones observadas (barras azules) y las modelizadas es más débil con forzamientos naturales, más fuerte con forzamientos antropogénicos y mucho más fuerte con la combinación de estos forzamientos. Por tanto, es probable que los cambios observados en animales y plantas respondan a forzamientos climáticos naturales y antropogénicos y provoquen un vínculo directo de causa y efecto [F1.7, 1.4.2.2]

**2. Utilización de análisis espaciales** - El estudio de la conexión causal mediante el análisis espacial (Conjunto de Pruebas 3 de la página anterior) sigue estas tres etapas: (i) identifica celdas de 5° X 5° altitud/longitud alrededor del planeta que exhiben un calentamiento significativo, calentamiento, enfriamiento y enfriamiento significativo; (ii) identifica celdas de 5° X 5° de cambios significativos observados en sistemas naturales que se corresponden

con el calentamiento y que no se corresponden con el calentamiento; y (iii) determina estadísticamente el nivel de acuerdo espacial entre los dos conjuntos de celdas. En esta evaluación, se concluye que el acuerdo espacial es significativo al nivel de 1% y es muy improbable que ocurra solamente debido a la variabilidad natural del clima o de sistemas naturales.

Si se analiza unido con las pruebas del calentamiento antropogénico significativo durante los últimos 50 años promediadas en cada continente excepto la Antártida [GT1 CIE10 RRP], este estudio muestra una influencia humana perceptible sobre los cambios en la mayoría de los sistemas naturales [1.4.2.3]



está afectando a la abundancia y productividad, a la composición de la comunidad, a la fenología, distribución y migración de las especies de agua dulce (confianza alta) [1.3.4].

**Están surgiendo efectos de los aumentos de temperatura regionales sobre algunos sistemas humanos y bajo gestión, aunque éstos son más difíciles de percibir que aquellos en sistemas naturales, debido a la adaptación y a controladores no climáticos.**

Se han detectado efectos en los sistemas agrícolas y de silvicultura [1.3.6]. Los cambios en diferentes aspectos del sistema de salud humano se han relacionado con el calentamiento reciente [1.3.7]. La adaptación al calentamiento reciente se comienza a documentar sistemáticamente (confianza mediana) [1.3.9].

Aún cuando existen en la actualidad pruebas significativas sobre cambios observados en los sistemas físicos y biológicos de cada continente, incluida la Antártida, así como en la mayoría de los océanos, la mayor parte de los estudios se realiza en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte. La documentación de cambios observados en las regiones tropicales y el Hemisferio Sur está dispersa [1.5].

### RT.3 Métodos y escenarios

#### RT.3.1 Desarrollo de los métodos disponibles para la investigación sobre los impactos del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad

A partir de la Tercera Evaluación (TIE), la necesidad de perfeccionar los análisis de decisión provocó un aumento en la cantidad de enfoques y métodos en uso para evaluar los impactos del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad (CCIAV). Mientras que el objetivo de la investigación científica es reducir la incertidumbre, el objetivo de la toma de decisiones es tratar la incertidumbre mediante el mejor uso del conocimiento disponible

[2.2.7, 2.3.4]. Generalmente, este proceso entraña una estrecha colaboración entre los investigadores y las partes interesadas [2.3.2].

Por consiguiente, a pesar de que el enfoque estándar de escenario climático se utiliza en muchas de las evaluaciones descritas en este Informe, el uso de otros enfoques está aumentando [2.2.1]. Esto incluye la evaluación de adaptaciones actuales y futuras a la variabilidad y a los cambios climáticos [2.2.3], la capacidad de adaptación, la vulnerabilidad social [2.2.4], factores de tensión múltiples y la adaptación en el contexto de desarrollo sostenible [2.2.5, 2.2.6].

La gestión de riesgos se puede aplicar en todos estos contextos. La gestión de riesgos se diseñó para la toma de decisiones ante la incertidumbre. Se han desarrollado muchos marcos detallados para las evaluaciones del CCAV y su uso se disemina con rapidez. Las ventajas de la gestión de riesgos incluyen el uso de métodos formales de gestión de incertidumbres, la participación de las partes interesadas, el uso de métodos para evaluar opciones de políticas sin tener que dictar políticas, la integración de diferentes enfoques de disciplinas y la dirección de las preocupaciones principales del cambio climático hacia un contexto más amplio en la toma de decisiones [2.2.6].

Las partes interesadas brindan información importante a las evaluaciones del CCAV sobre una gama de riesgos y su gestión. Específicamente, la forma en la que un grupo o sistema puede afrontar los riesgos climáticos actuales proporciona una base sólida de evaluación de riesgos futuros. Las partes interesadas o bien participan, o bien realizan una cantidad creciente de evaluaciones. Esto ofrece credibilidad y "propiedad" a los resultados, lo que constituye un requisito previo para la gestión de riesgos [2.3.2].

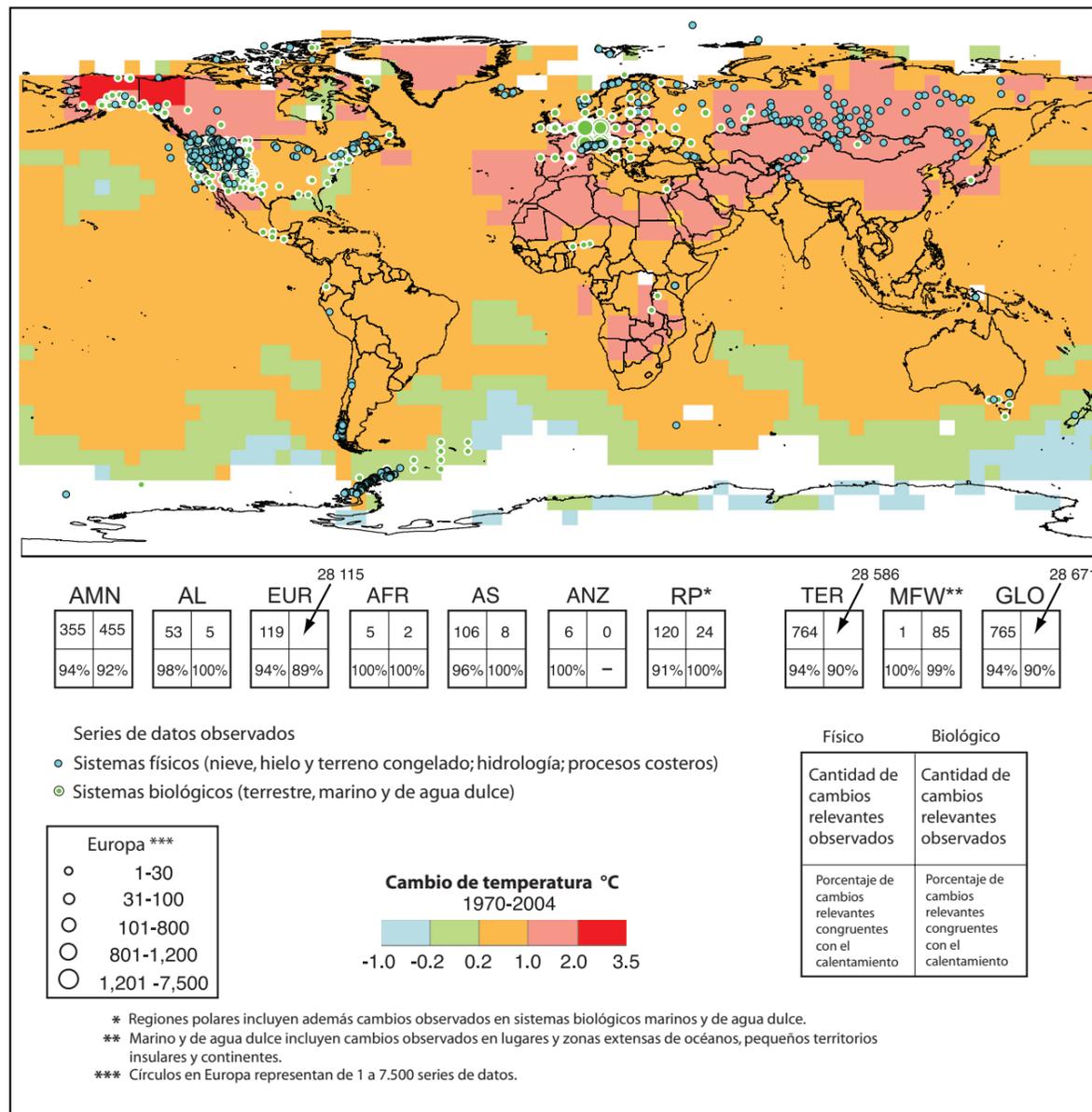
#### RT.3.2 Descripción del futuro en la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II

Generalmente, las evaluaciones del CCAV necesitan

##### (Notas al Recuadro RT 4)

<sup>1</sup> Se delinearon las frecuencias de los coeficientes de correlación (asociaciones) entre el tiempo de duración de cambios en las características (por ejemplo, desovación temprana) de 145 especies y temperaturas de primavera modelizadas (HadCM3) para las cuadrículas en las cuales se examinó cada especie. (Continúa en la página siguiente después del Gráfico RT.1). En cada lugar, todos ubicados en el Hemisferio Norte, los cambios en las características se comparan con las temperaturas modelizadas de (a) forzamientos naturales (barras rosadas), (b) forzamientos antropogénicos (es decir, humanos) (barras anaranjadas) y (c) combinación de forzamientos naturales y antropogénicos (barras amarillas). Además, en cada panel se muestran las frecuencias de los coeficientes de correlación (barras azul oscuro) entre las temperaturas actuales registradas durante cada estudio y los cambios en las características de 83 especies, las únicas de las 145 con tendencias de temperatura local registradas. Como promedio, se examinaron las especies durante 28 años comenzando en 1960 hasta 1998. Nótese que el acuerdo: a) entre las delineaciones de forzamientos naturales y reales es más débil ( $K=60.16$ ,  $p>0.05$ ) que b) entre los forzamientos antropogénicos y reales ( $K=35.15$ ,  $p>0.05$ ) que a su vez es más débil que c) el acuerdo entre la combinación de forzamientos y reales ( $K=3.65$ ,  $p<0.01$ ). En conjunto, estas delineaciones muestran que una parte medible de las temperaturas regionales más cálidas a las cuales las especies están reaccionando se pueden atribuir a la actividad humana, por tanto muestran una atribución conjunta (Véase Capítulo 1)

<sup>2</sup> IPCC, 2007: Cambio Climático 2007: Bases de Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.



**Gráfico RT.1.** Se muestran lugares con cambios significativos observados en sistemas físicos (nieve, hielo y terreno congelado; hidrología y procesos costeros) y biológicos (sistemas biológicos terrestres, marinos y de agua dulce), conjuntamente con los cambios en la temperatura del aire en superficie durante el período de 1970-2004. Se seleccionó un subconjunto de aproximadamente 29.000 series de datos de aproximadamente 80.000 series de datos de 577 estudios. Estos cumplen con los siguientes criterios: (i) terminan en 1990 o posteriormente; (ii) se extienden por un período de al menos 20 años; y (iii) muestran un cambio considerable en cualquier dirección, tal como se evalúa en los estudios individuales. Estas series de datos provienen de aproximadamente 75 estudios (de los cuales aproximadamente 70 son posteriores a la Tercera Evaluación) y contienen unas 29.000 series de datos, de las cuales aproximadamente 28.000 son de estudios europeos. Las zonas blancas no contienen observaciones de datos climáticos suficientes para estimar una tendencia en la temperatura. Los recuadros de 2 x 2 muestran el número total de series de datos con cambios significativos (línea superior) y el porcentaje de aquellas congruentes con el calentamiento (línea inferior) para (i) regiones continentales: América del Norte (AMN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelanda (NZ), y Regiones Polares (RP); y (ii) a escala mundial: Terrestre (TER), Marino y de Agua Dulce (MAD) y Mundial (MUN). Los números de los estudios de los recuadros de las siete regiones (AMN, ..., RP) no se suman al total mundial (MUN) porque los números de las regiones, excepto la Polar, no incluyen los números relacionadas con los sistemas Marino y de Agua Dulce (MAD). Los lugares con cambios marinos en grandes zonas no se muestran en el mapa. [F1.8, F1.9; Grupo de Trabajo I CIE F3.9b]

información sobre cómo se prevé cambien en el futuro las condiciones del clima, el desarrollo económico y social, y otros factores del medioambiente. Comúnmente, esta situación entraña la creación de escenarios, líneas argumentales u otras descripciones del futuro, a menudo reducidas a escala regional o local [2.4.1, 2.4.6].

Los escenarios son descripciones plausibles, sin atribución de probabilidades, de posibles estados futuros del mundo. Las líneas argumentales son narraciones cualitativas, internamente congruentes, de cómo evolucionará el futuro, que generalmente apuntan las proyecciones cuantitativas de cambio futuro que, unidas a la línea argumental, conforman un escenario [R2.1]. El Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE), publicado en el año 2000, describe escenarios de emisiones futuras de gases de efecto invernadero acompañados por líneas argumentales de desarrollo económico, social y tecnológico que se pueden utilizar en los estudios del CCAV (Gráfico RT.2.). Aunque pueden existir problemas metodológicos al aplicar estos escenarios (por ejemplo, al reducir las escalas de las proyecciones de la población y el producto interior bruto (PIB) de los cuatro IE-EE de las regiones más grandes del mundo a escalas nacionales o entre naciones), éstos, no obstante, suministran un cálculo mundial congruente del desarrollo socioeconómico, de las emisiones de gases de efecto invernadero y del clima. Estos escenarios son los más abarcadores a disposición de los investigadores del ICCAV. Una cantidad significativa de estudios de impactos evaluados en este volumen que emplean descripciones futuras utilizaron los escenarios IE-EE. Para otros estudios, principalmente análisis empíricos de adaptación y vulnerabilidad, no se aprobaron los escenarios por ser de poca importancia [2.4.6].

En el futuro, se desea una mejor integración de los escenarios climáticos con aquellos ampliamente adoptados por cuerpos internacionales, y una intensificación del intercambio de información entre las comunidades políticas y de investigación a fin de mejorar el uso y la aceptación de los escenarios. Se necesita escenarios perfeccionados para indicadores escasamente especificados como la tecnología y la capacidad de adaptación futuras y se debe especificar mejor las interacciones entre controladores climáticos claves. [2.5].

### Descripción del clima futuro

#### Estudios de sensibilidad

Un número considerable de estudios de CCAV basados en modelos y evaluados en este Informe utilizan análisis de sensibilidad para investigar el comportamiento de un sistema mediante ajustes arbitrarios, a menudo espaciados

regularmente, en variables controladoras importantes. El uso de una gama de alteraciones permite la creación de superficies de respuesta a impactos, cuyo uso está aumentando en combinación con representaciones probabilísticas del clima futuro a fin de evaluar los riesgos de los impactos [2.4.3, 2.3.1, 2.4.8].

#### Analogías

Fenómenos meteorológicos extremos históricos, tales como inundaciones, olas de calor y sequías se analizan con más frecuencia con respecto a sus impactos y respuestas de adaptación. Tales estudios pueden ser útiles para planificar las respuestas de adaptación, fundamentalmente si aumenta la frecuencia y/o severidad de estos fenómenos en el futuro. Se han adoptado analogías espaciales (regiones con un clima actual similar al previsto en una región de estudio en el futuro) como un mecanismo heurístico para analizar los impactos económicos, las necesidades de adaptación y los riesgos de la biodiversidad [2.4.4].

#### Datos de modelos climáticos

La mayoría de los estudios cuantitativos de CCAV evaluados en el CIE utiliza modelos climáticos para elaborar los escenarios subyacentes de cambio climático. Algunos escenarios se basan en escenarios de emisiones previos al IE-EE, tales como IS92a, o hasta en experimentos de modelos climáticos en equilibrio. Sin embargo, la mayor proporción se deriva de escenarios de emisiones IE-EE, principalmente el escenario A2 (que asume altas emisiones), por el que se realizaron la mayoría de los primeros experimentos de modelos climáticos basados en IE-EE. Pocos estudios de escenarios analizan fenómenos singulares con consecuencias generalizadas, tales como el cese abrupto de la Circulación de Retorno Longitudinal (CRL) [2.4.6.1, 2.4.7].

Los estudios de CCAV evaluados en la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo II (GTII CIE) se basan generalmente en las simulaciones de modelos climáticos evaluados por el Grupo de Trabajo I (GTI) en el TIE. A partir del TIE, se han realizado nuevas simulaciones con Modelos acoplados de Circulación General Atmósfera-Océano (AOGCM) que asumían emisiones de IE-EE. Estas simulaciones se evaluaron en el GTI CIE, pero la mayoría no estaba disponible en los estudios de CCAV evaluados para el GTII CIE. El Gráfico RT.3 compara el intervalo de proyecciones de temperatura y precipitaciones regionales basado en simulaciones recientes forzadas de AOGCM del A2 (evaluadas por el GTI CIE: barras rojas) con simulaciones previas forzadas del A2 evaluadas en el GTI TIE y utilizadas en la construcción de escenarios en muchos estudios de CCAV evaluados para el GTII

Énfasis económico →	
<p><b>Línea argumental A1</b>                  Mundo: orientado hacia el mercado                  Economía: crecimiento per cápita acelerado                  Población: nivel máximo en 2050, después declive                  Gobierno: interacciones regionales fuertes; convergencia de ingresos                  Tecnología: tres grupos de escenarios:                  • A1FI: fósil intensivo                  • A1T: fuentes de energía no fósiles                  • A1B: equilibrado en todas las fuentes</p>	<p><b>Línea argumental A2</b>                  Mundo: diferenciado                  Economía: orientada hacia las regiones; crecimiento per cápita lento                  Población: aumento continuo                  Gobierno: autoconfianza en la conservación de la identidad local                  Tecnología: desarrollo más lento y fragmentado</p>
<p><b>Línea argumental B1</b>                  Mundo: convergente                  Economía: basada en los servicios y la información, crecimiento menor que el A1                  Población: igual al A1                  Gobierno: soluciones mundiales al desarrollo económico sostenible, desarrollo social y del ambiente                  Tecnología: limpia y eficaz en cuestión de recursos</p>	<p><b>Línea argumental B2</b>                  Mundo: soluciones locales                  Economía: crecimiento intermedio                  Población: crecimiento continuo a una tasa más baja que el A2                  Gobierno: soluciones locales y regionales a la protección del entorno y la equidad social                  Tecnología: más rápida que A2; más lenta, más diversa que A1/B1</p>
← Énfasis medioambiental	

Gráfico RT.2 Resumen de las características de las líneas argumentales de los cuatro IE-EE [F2.5].

CIE (barras azules). El Gráfico demuestra la conclusión del GT1 CIE de que la pauta básica de calentamiento proyectado ha cambiado muy poco comparada con las evaluaciones anteriores (ténganse en cuenta las posiciones de las barras rojas y azules), pero la confianza en las proyecciones regionales es ahora más alta para la mayoría de las regiones en la temperatura y en algunas regiones en la precipitación (por ejemplo, donde las barras rojas son menores que las azules) [R2.3].

**Escenarios no climáticos**

Mientras que los estudios de CCIAV incluidos en el TIE aplicaron típicamente uno o más escenarios climáticos, muy pocos aplicaron escenarios contemporáneos de cambios socioeconómicos, en el uso de la tierra u otros cambios del medioambiente. Aquellos que lo hicieron utilizaron una gama de fuentes para desarrollarlos. En contraste, los estudios del CIE que incluyen supuestos de escenarios IE-EE pueden tener en la actualidad varias estimaciones, teniendo en cuenta diferentes líneas argumentales. Algunos estudios demuestran que la función de los controladores no climáticos como cambios tecnológicos y políticas regionales del uso de la tierra es más importante para determinar los resultados que el cambio climático [2.4.6].

Algunos estudios necesitan los escenarios de concentración de CO<sub>2</sub> ya que las concentraciones elevadas pueden afectar la acidez de los océanos y el crecimiento y el uso de agua de muchas plantas terrestres. La concentración

de CO<sub>2</sub> observada en 2005 fue de aproximadamente 380 ppm y se proyectó en el TIE, mediante el uso del modelo Bern-CC, un aumento de los siguientes niveles para 2100 en los escenarios IE-EE testimoniales –B1: 540 ppm (intervalo 486-681 ppm); A1T: 575 (506-7359; B2: 611 (544-769); A1B: 703 (617-918); A2: 836 (735-1080); A1FI: 958 (824-1248)) ppm. Valores similares a estos niveles de referencia se adoptan comúnmente en estudios de impactos basados en IE-EE [2.4.6.2]. Además, un enfoque de factores de tensión múltiples puede revelar dependencias regionales importantes entre controladores y sus impactos (por ejemplo, los efectos combinados de fenómenos meteorológicos y contaminación del aire extremos en la salud humana) Esta ampliación del alcance y aplicación de escenarios ha centrado la atención en la amplia gama de impactos potenciales futuros y las incertidumbres asociadas a ellos [2.2.5, 2.5].

**Escenarios de mitigación/estabilización**

Las líneas argumentales de los escenarios IE-EE asumen que no se implementarán políticas climáticas específicas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (entre otros, la mitigación). Las proyecciones del calentamiento medio mundial para los seis escenarios IE-EE, donde se utilizan dos enfoques diferentes descritos por el GT1 CIE (Capítulo 10), se muestran en los paneles centrales e inferiores del Gráfico RT.4.

Aún sin asumir políticas climáticas explícitas, las diferencias entre las proyecciones de calentamiento para escenarios de emisiones alternativos a finales del siglo pueden exceder los 2°C [R2.8].

Los estudios de CCIAV que asumen las mitigaciones futuras están comenzando a evaluar los beneficios (mediante impactos mejorados o evitados) de las decisiones de políticas climáticas. Los escenarios de estabilización constituyen un tipo de escenario de mitigación que describe el futuro, donde se llevan a cabo las reducciones de emisiones de manera que las concentraciones de gases de efecto invernadero, el forzamiento radiativo o los cambios de la temperatura media mundial no excedan un límite preescrito. Se han realizado pocos estudios sobre los impactos del cambio climático que asumen la estabilización. Una de las razones es que hasta el momento se han completado relativamente pocas sesiones de estabilizaciones de MCGAO, aunque la situación cambia con rapidez [2.4.6]

Se prevé que la mitigación de los gases de efecto invernadero reduzca el calentamiento medio mundial con respecto a las emisiones de referencia, que a su vez podrían evitar algunos impactos adversos del cambio

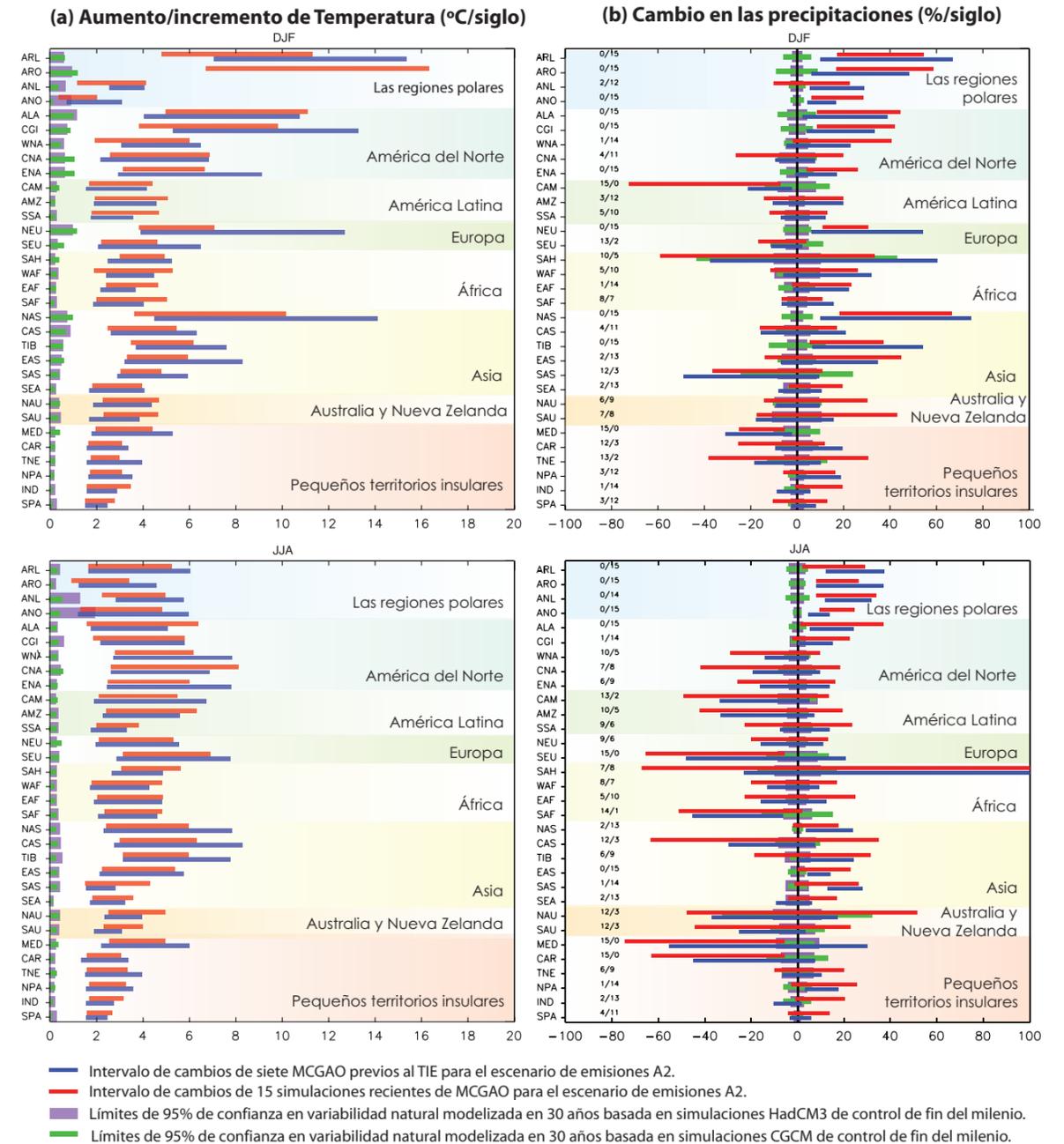
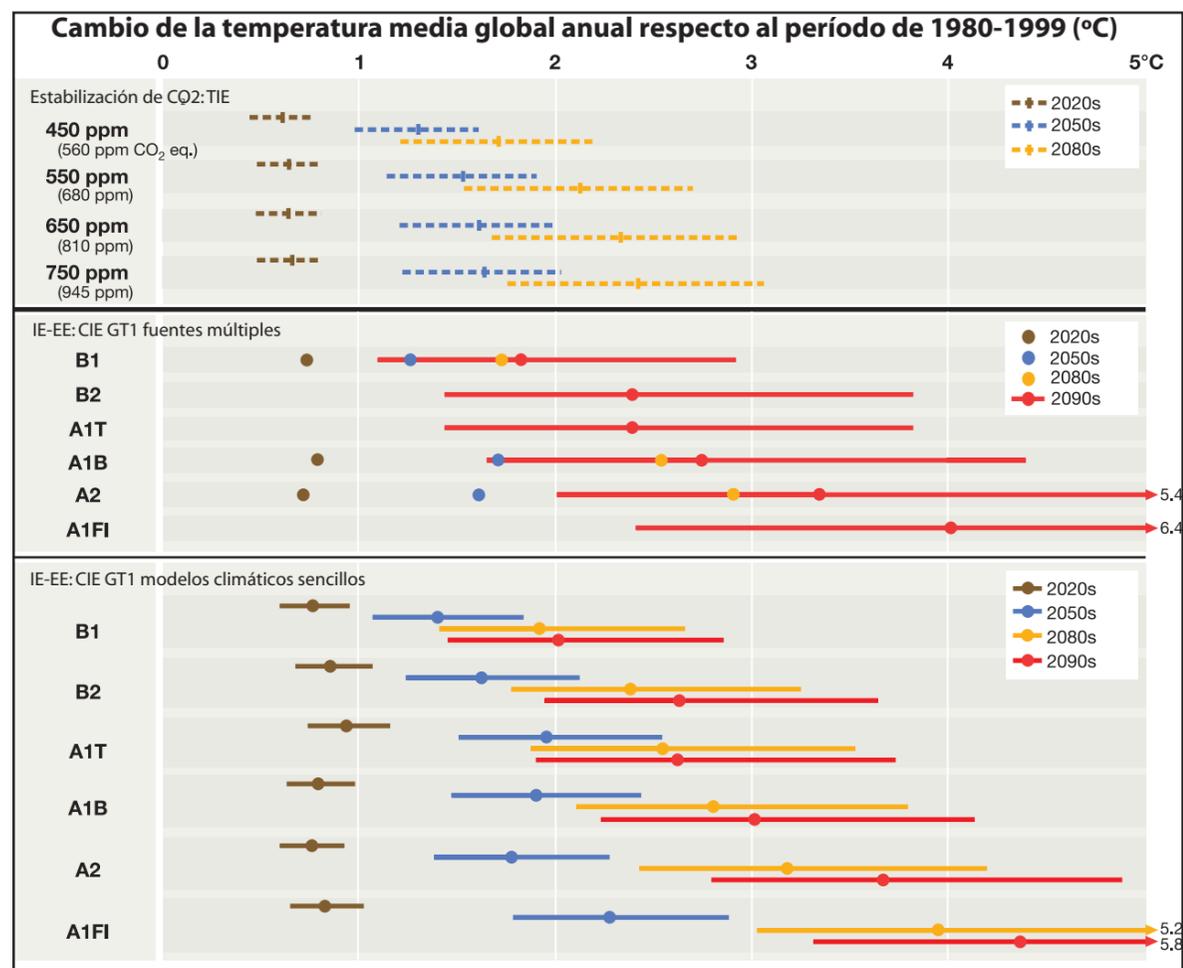


Gráfico RT.3. Intervalo de cambios en la temperatura y precipitaciones de invierno y verano hasta finales del siglo XXI en las proyecciones recientes de AOGCM (quince modelos – barras rojas) y previas al TIE (siete modelos – barras azules) bajo escenarios de emisiones IE-EE A2 en treinta y dos regiones del mundo, expresado como tasa de cambio por siglo. Las barras malvas y verdes muestran la variabilidad natural modelizada de 30 años. Los números de las delineaciones de precipitaciones muestran el número de sesiones recientes de A2 que produjeron cambios negativos/positivos de precipitaciones. DEF: Diciembre, Enero, Febrero; JJA: Junio, Julio, Agosto. [F2.6, que incluye el mapa de regiones]



**Gráfico RT.4.** Cambios en la temperatura mundial en períodos de tiempos seleccionados, respecto a 1850-1899, pronosticados para escenarios IE-EE y de estabilización. Para expresar el cambio de temperatura con respecto a 1850-1899, sume 0.5 °C. El Capítulo 2 ofrece más detalles [Recuadro 2.8]. Las estimaciones corresponden a los decenios de 2020, 2050 y 2080, (períodos de tiempo utilizados por el Centro de Distribución de Datos del IPCC y por consiguiente en muchos estudios de impactos) y al decenio de 2090. Los pronósticos basados en IE-EE se muestran con dos enfoques diferentes. Panel central: pronósticos del GT1 CIE RPP basados en diversas fuentes. Las estimaciones óptimas se basan en AOGCM (puntos en colores). Los niveles de incertidumbre, disponibles solamente para la década de 2090, se basan en modelos, restricciones de observación y juicio de los expertos. Panel inferior: estimaciones óptimas y niveles de incertidumbre basados en un modelo climático sencillo (MCS), además del GT1 CIE (Capítulo 10). Panel superior: estimaciones óptimas y niveles de incertidumbre para cuatro escenarios de estabilización de CO<sub>2</sub> basados en un MCS. Los resultados corresponden al TIE porque las proyecciones comparables correspondientes al siglo XXI no están disponibles en el CIE. Sin embargo, se incluyen estimaciones de calentamiento de equilibrio en el GT1 CIE para la estabilización<sup>1</sup> del CO<sub>2</sub> equivalente. Nótese que la temperatura de equilibrio no se alcanzará hasta decenios o siglos después de que se estabilicen los gases de efecto invernadero. Niveles de incertidumbre: panel central, intervalo de probabilidad (> 66% de probabilidad); panel inferior, intervalo entre 19 estimaciones que se calculan al asumir retroefectos bajos del ciclo del carbono (desviación media estándar - 1) y aquellas de retroefectos altos del ciclo del carbono (desviación media estándar + 1); panel superior, intervalo de los ensayos de siete modelos para situaciones del ciclo medio del carbono.

<sup>1</sup> Las estimaciones óptimas y el intervalo probable de calentamiento de equilibrio para siete niveles de estabilización de CO<sub>2</sub> equivalente del GT1 CIE son: 350 ppm, 1.0°C [0.6-1.4]; 450 ppm, 2.1°C [1.4-3.1]; 550 ppm, 2.9°C [1.9-4.4]; 650 ppm, 3.6°C [2.4-5.5]; 750 ppm, 4.3°C [2.8-6.4]; 1.000 ppm, 5.5°C [3.7-8.3] y 1.200 ppm, 6.3°C [4.2-9.4]

climático. Con el fin de indicar el efecto previsto de mitigación de la temperatura durante el siglo XXI, y en ausencia de estimaciones comparables más recientes en el GT1 CIE, se reproducen los resultados del Tercer Informe de Evaluación que utiliza un modelo climático sencillo en el panel superior del gráfico RT-4. Este gráfico muestra la respuesta de temperatura de cuatro escenarios de estabilización de CO<sub>2</sub> durante tres fechas, a principios (2025), mediados (2055) y finales (2085) del siglo XXI<sup>8</sup> [R2.8].

#### Peculiaridades a gran escala

Se han realizado muy pocos estudios sobre los impactos de las peculiaridades a gran escala, que constituyen cambios extremos, a veces irreversibles, en el sistema terrestre como el cese abrupto de la Circulación de Retorno Longitudinal del Atlántico Norte o el acelerado aumento del nivel del mar mundial debido a la fusión del manto de hielo de Groenlandia y/o la Antártida [2.4.7]. Debido a que los mecanismos subyacentes de estos fenómenos, o su probabilidad, no se comprenden totalmente, sólo se han realizado estudios exploratorios. Por ejemplo, para analizar el peor de los casos del aumento abrupto del nivel del mar, se realizaron evaluaciones de impactos en la zona costera para 5 m de aumento y para 2.2 m de aumento para 2100 [2.4.7]. Esta es la primera vez que se incluyen estos escenarios en alguna evaluación del GTII, y se espera que en el futuro estén disponibles muchos más estudios de esta índole para realizar evaluaciones.

#### Descripciones probabilísticas

Aumenta la disponibilidad de descripciones probabilísticas de las condiciones climáticas y no climáticas futuras. Un número de estudios centrados en el sistema climático generó estimaciones probabilísticas de cambio climático, condicionantes en escenarios de emisiones seleccionados o probabilísticos, siendo estos últimos objeto de un debate considerable [2.4.8]. Los resultados probabilísticos futuros se aplicaron en algunos estudios de CCI-IV para estimar el riesgo de exceder los umbrales de impactos previamente establecidos y el tiempo de duración asociado a tal exceso [2.3.1].

### RT.4 Conocimiento actual sobre impactos futuros

Esta sección resume los impactos principales proyectados en cada sistema y sector (Sección RT.4.1) y región (Sección

<sup>8</sup> Perfiles de estabilización WRE utilizados en el TIE, el Informe de Síntesis del TIE ofrece una descripción.

RT.4.2.) durante este siglo<sup>9</sup>, analizados en términos de relevancia para las personas y el medioambiente. Esta sección asume que el cambio climático no se ha mitigado y que la política climática no ha mejorado la capacidad de adaptación. Todos los cambios de temperatura mundial se expresan respecto a 1990 a no ser que se indique lo contrario<sup>10</sup>. Los impactos se deben a cambios en el clima y el nivel del mar asociados a cambios de temperatura mundial y con frecuencia reflejan cambios proyectados en la precipitación y otras variables climáticas además de la temperatura.

#### RT.4.1 Impactos, adaptación y vulnerabilidad sectoriales

El recuadro RT-5 muestra un resumen de los impactos previstos en cada sector.

#### Recursos de agua dulce y su gestión

**Los impactos del cambio climático en los sistemas de agua dulce y su gestión se deben principalmente a los aumentos proyectados y observados en la temperatura, evaporación, nivel del mar y variabilidad de la precipitación (confianza muy alta).**

Más de un sexto de la población mundial vive en cuencas fluviales alimentadas por glaciares o por la nieve derretida y se verá afectado por la disminución del volumen de agua almacenada en los glaciares y bancos de nieve, el aumento de la relación de los flujos invernales anuales y probablemente, la reducción de los flujos bajos causada por la disminución de la extensión de los glaciares o del almacenamiento de agua de nieve derretida estacionalmente [3.4.1, 3.4.3]. El aumento del nivel del mar supondrá un aumento de las zonas de salinización de aguas subterráneas, y de los estuarios lo que provocará una disminución de disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas en las zonas costeras [3.2, 3.4.2]. Se prevé que la mayor intensidad y variabilidad de la precipitación aumente el riesgo de inundaciones y sequías en muchas zonas [3.3.1]. Hasta un 20% de la población mundial vive en cuencas fluviales donde probablemente aumente el riesgo de inundaciones para la década de 2080 debido al calentamiento mundial [3.4.3].

**Se prevé un aumento considerable del número de personas que viven en cuencas fluviales severamente afectadas de 1.400-1.600 millones en 1995 a 4.300-6.900 millones en 2050 para el escenarios IE-EE A2 (confianza media).**

Se prevé que la población en riesgo de aumento del estrés hídrico para toda la gama de escenarios IE-EE sea de 9 A no ser que se indique lo contrario.  
<sup>10</sup> Para expresar el cambio de temperatura con respecto a niveles preindustriales (aproximadamente en 1750), hay que añadir 0.6°C.

400-1.700 millones en el decenio de 2020; 1.000-2.000 millones en el decenio de 2050 y 1.1-3.2 mil millones en el decenio de 2080 [3.5.1].

**El aumento de la temperatura del agua y la intensidad de la precipitación, junto con períodos más largos de flujos bajos probablemente agraven algunas formas de contaminación de las aguas, lo que influirá en ecosistemas, salud humana, fiabilidad de los sistemas hídricos y costes operativos (confianza alta).**

Estas sustancias contaminantes incluyen sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, pesticidas, sal y contaminación térmica [3.2, 3.4.4, 3.4.5].

**El cambio climático afecta al funcionamiento de las infraestructuras hídricas existentes, así como a las prácticas de gestión hídrica (confianza muy alta).**

Los efectos adversos del clima en los sistemas de agua dulce agravan los impactos de otros factores de estrés, como el crecimiento demográfico, los cambios en las actividades económicas, el cambio en el uso de los terrenos y la urbanización [3.3.2, 3.5]. A nivel mundial, la demanda de agua aumentará en los próximos decenios, principalmente debido al aumento de la población y al aumento de la riqueza. A nivel regional, es probable que el cambio climático provoque grandes cambios en la demanda de agua para riego [3.5.1]. Es muy probable que las prácticas actuales de gestión hídrica no reduzcan los impactos negativos del cambio climático respecto a la disponibilidad de agua, el riesgo de inundaciones, la salud humana, la energía y los ecosistemas acuáticos [3.4, 3.5]. Es probable que la incorporación mejorada de la variabilidad climática actual a la gestión hídrica facilite la adaptación a cambios climáticos futuros [3.6].

**Varios países y regiones (por ejemplo, el Caribe, Canadá, Australia, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos de América, Alemania) crean procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgos para el sector hídrico. Estos países y regiones reconocen la incertidumbre de los cambios hidrológicos proyectados (confianza muy alta).**

A partir de la Tercera Evaluación del IPCC, se han evaluado las incertidumbres y ha mejorado su interpretación. Además, se están desarrollando nuevos métodos (por ejemplo, enfoques basados en los conjuntos) para la descripción de incertidumbres [3.4, 3.5]. Sin embargo, los pronósticos cuantitativos de los cambios en la

precipitación, el flujo de ríos y los niveles de agua a escala de cuenca fluvial siguen siendo inciertos [3.3.1, 3.4].

**Los efectos negativos del cambio climático en los sistemas de agua dulce superan a los positivos (confianza alta).**

Todas las regiones del IPCC muestran un impacto negativo neto general debido al cambio climático en cuanto a recursos hídricos y ecosistemas de agua dulce. Es probable que en las zonas donde se prevé una disminución de la escorrentía, merme el valor de los servicios suministrados por los recursos hídricos. Es probable que los impactos beneficiosos del aumento de la escorrentía anual se vean afectados en algunas zonas, por los efectos negativos del aumento de la variabilidad en la precipitación y por los cambios de la escorrentía estacional en el abastecimiento de agua, calidad del agua y riesgos de inundaciones (véase Gráfico RT.5) [3.4, 3.5].

### Ecosistemas

Los registros del pasado geológico muestran que los ecosistemas tienen cierta capacidad de adaptación natural al cambio climático [GT1 CIE Capítulo 6; 4.2], pero esta resistencia<sup>11</sup> nunca se ha visto desafiada por grandes poblaciones y sus múltiples exigencias [4.1, 4.2].

**Es probable que la resistencia de muchos ecosistemas (capacidad de adaptación natural) sea superada de aquí a 2100 por una combinación sin precedentes de cambio climático, alteraciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios, insectos, acidificación de los océanos), y otros controladores del cambio climático mundial (por ejemplo, cambios en el uso de los terrenos, contaminación, sobreexplotación de recursos) (confianza alta).**

Es muy probable que los ecosistemas se enfrenten a niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico más altos que en los últimos 650.000 años y a temperaturas medias mundiales al menos tan altas como las de los últimos 740.000 años [GT1 CIE Capítulo 6; 4.2, 4.4.10, 4.4.11]. Para 2100, es muy probable que el pH del océano sea menor que el de los últimos 20 millones de años [4.4.9]. Es muy probable que el uso extractivo y la fragmentación de hábitats silvestres perjudiquen a la adaptación de las especies [4.1.2, 4.1.3, 4.2, 4.4.5, 4.4.10]. Es muy probable que el exceso de resistencia de los ecosistemas se caracterice por respuestas tipo umbral, algunas irreversibles en escalas de tiempo importantes para la sociedad humana, como la pérdida de la biodiversidad mediante la extinción, la

<sup>11</sup>Se define como la capacidad de un sistema social o ecológico de absorber una alteración sin modificar su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni la capacidad de autoorganización, ni la capacidad de adaptación natural al estrés y al cambio.

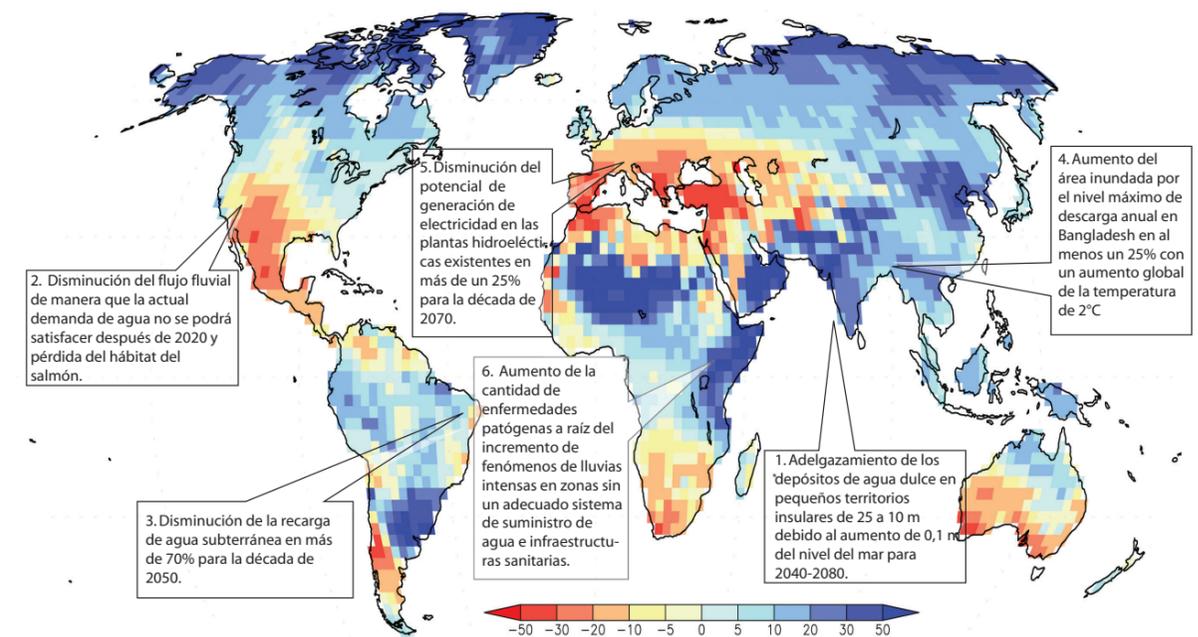
ruptura de las interacciones ecológicas de las especies, cambios importantes en la estructura de los ecosistemas y los regímenes de alteraciones (sobre todo incendios e insectos) (véase Gráfico RT.6). Es muy probable que las propiedades principales de los ecosistemas (por ejemplo, la biodiversidad) o su modo de regularse (por ejemplo, a través del secuestro de carbono) se vean mermadas [4.2, 4.4.1, 4.4.2 a 4.4.9, 4.4.10, 4.4.11, F4.4, T4.1].

**Es probable que la biosfera terrestre se convierta en una fuente neta de carbono para 2100, de esta manera amplificaría el cambio climático debido a las emisiones continuas de gases de efecto invernadero a tasas iguales o superiores a las actuales y a otros cambios mundiales no mitigados, como los cambios en el uso de la tierra (confianza alta)**

La mayoría de las principales reservas de carbono terrestre son vulnerables al cambio climático y/o a los impactos del uso de la tierra [F4.1, 4.4.1, F4.2 4.4.5, 4.4.6, 4.4.10, F4.3]. La biosfera terrestre sirve en la actualidad como un sumidero de carbono variable, pero generalmente en aumento (debido a la fertilización por

CO<sub>2</sub>, al cambio climático moderado y a otros efectos), si bien probablemente esta situación alcanzará el máximo antes de mediados de siglo y después tenderá a una fuente neta de carbono, aumentando por lo tanto el cambio climático [F4.2, 4.4.1, 4.4.10, F4.3, 4.4.11], mientras que la capacidad amortiguadora del océano se comenzará a saturar [GT1 CIE, por ejemplo, 7.3.5]. Es probable que esto ocurra antes de 2100, si se mantienen las emisiones continuas de gases de efecto invernadero a tasas iguales o superiores a las actuales, así como los controladores del cambio mundiales no mitigados, incluidos los cambios en el uso de los terrenos, destacando la deforestación tropical. Es probable que se aceleren las emisiones de metano de la tundra [4.4.6].

**Es probable que aproximadamente del 20 al 30% (con variaciones entre biotas regionales de 1 a 80%) de las especies evaluadas hasta el momento (en una muestra imparcial) se encuentren en alto riesgo de extinción con tendencia a aumentar, al superar las temperaturas medias mundiales en 2 - 3°C los niveles preindustriales (confianza media).**



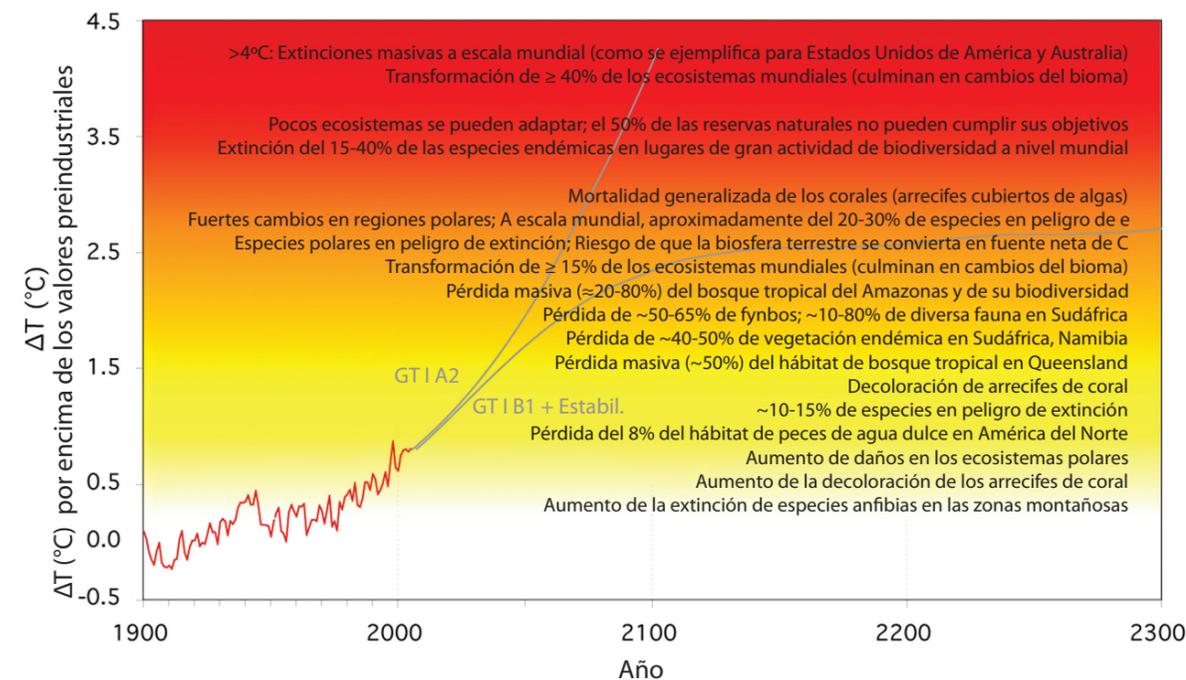
**Gráfico RT.5.** Mapa representativo de los efectos del cambio climático futuro en el agua dulce que amenazan el desarrollo sostenible de las regiones afectadas. Los antecedentes muestran el cambio en la media de la escorrentía anual, reflejada en %, entre el presente (1981-2000) y 2081-2100 para el escenario de emisiones IE-EE A1B; el color azul indica aumento de la escorrentía, y el rojo disminución de la escorrentía. [F3.2]

Las pérdidas mundiales de biodiversidad son muy importantes ya que son irreversibles [4.4.10, 4.4.11, F4.4, T4.1]. La riqueza de las especies endémicas es mayor donde los cambios paleoclimáticos regionales han sido menos intensos, lo que indica que probablemente las especies endémicas tengan mayor riesgo de extinción que en el pasado geológico [4.4.5, 4.4.11, F4.4, T4.1]. Es probable que la acidificación de los océanos dañe la composición a base de aragonito de los caparzones de una gama amplia de plancton y organismos marinos bentónicos de poca profundidad [4.4.9, B4.4]. Las prácticas de conservación están generalmente mal preparadas frente al cambio climático y es probable que la aplicación de respuestas de adaptación eficaces sea costosa [4.4.11, T4.1, 4.6.1]. A pesar de que los vínculos entre la integridad de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas permanecen cuantitativamente inciertos, existe una confianza alta de que su relación es

cualitativamente positiva [4.1, 4.4.11, 4.6, 4.8].

**Muy probablemente haya cambios fundamentales en la estructura y funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres a raíz de un calentamiento mundial de 2 a 3°C por encima de los niveles preindustriales y del aumento asociado de CO<sub>2</sub> atmosférico (confianza alta).**

Debido a estos o a superiores aumentos de temperatura, probablemente haya cambios importantes en el bioma, incluida la aparición de biomas nuevos y los cambios en la interacción ecológica de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para los bienes y los servicios [4.4]. Se prevé que la acidificación progresiva de los océanos debido al aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, que no se tuvo en cuenta en el pasado, tenga un impacto negativo en los organismos marinos que presentan caparazón (por ejemplo, los corales) y las especies que



**Gráfico RT.6.** Compendio de riesgos proyectados debidos a graves efectos del cambio climático en ecosistemas para diferentes niveles de aumento de la temperatura media mundial anual,  $\Delta T$ , respecto al clima preindustrial, utilizada como indicador indirecto de cambio climático. La curva roja muestra las anomalías de temperatura observadas en el período 1900-2005 [GT1 CIE F3.6]. Las dos curvas grises brindan ejemplos de la posible evolución futura del cambio de la temperatura media mundial  $\Delta T$  con el tiempo [GT1 CIE F10.4] ejemplificado por respuestas simuladas de la mediana de multimodelos del GT1 para (i) el escenario A2 de forzamiento radiativo (GT1 A2) y (ii) para un escenario B1 prolongado (GT1 B1+estabil.), donde el forzamiento radiativo después de 2100 se mantuvo constante con el valor de 2100 [GT1 CIE F10.4, 10.7]. El matiz blanco indica impactos o riesgos neutros, poco negativos o positivos; el amarillo indica impactos negativos para algunos sistemas o riesgos bajos; y el rojo indica impactos negativos o riesgos que están más generalizados y/o son mayores. Los impactos representados tienen en cuenta solamente los impactos del cambio climático y omiten los efectos del cambio en el uso de los terrenos o la fragmentación del hábitat, el exceso de cosechas o la contaminación (por ejemplo, la deposición de nitrógeno). Sin embargo, pocos tienen en cuenta los cambios en el régimen de incendios, algunos tienen en cuenta los posibles efectos del aumento de la productividad debido al aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico y otros tienen en cuenta los efectos de la migración. [F4.4, T4.1]

dependen de ellos [C4.4, 6.4].

#### **Alimentos, fibra y productos forestales**

**En regiones de latitud media a alta, el calentamiento moderado beneficia a los cultivos de cereales y mejora los rendimientos de los pastizales; sin embargo, en regiones tropicales estacionalmente secas, disminuye el rendimiento (confianza media).**

Los resultados de los modelos de varias zonas, revelan que, en regiones templadas, los aumentos moderados o medios en la temperatura media local (de 1 a 3°C), junto con el aumento asociado de CO<sub>2</sub> y los cambios en la precipitación, pueden tener pequeños efectos beneficiosos en el rendimiento de los cultivos. Es probable que en latitudes más bajas, sobre todo en los trópicos estacionalmente secos, incluso los aumentos moderados de temperatura (de 1 a 2°C) tengan efectos negativos en el rendimiento de los principales cereales, lo cual podría aumentar el riesgo de hambruna. El aumento del calentamiento incrementa los efectos negativos en todas las regiones (confianza de mediana a baja) (véase Gráfico RT.7) [5.4].

**El cambio climático aumenta ligeramente el número de personas en riesgo de pasar hambre, a raíz de las grandes reducciones generales debidas al desarrollo socioeconómico (confianza media).**

En comparación con los 820 millones de personas desnutridas que existen en la actualidad, los escenarios IE-EE de desarrollo socioeconómico, sin cambio climático, proyectan de 100 a 240 millones de personas desnutridas para los escenarios IE-EE A1, B1 y B2 (770 millones en el escenario A2) para 2080 (confianza media). Los escenarios con cambio climático proyectan de 100 a 380 millones de personas desnutridas para los escenarios IE-EE A1, B1 y B2 (740-1.300 millones en el escenario A2) para 2080 (confianza de media a baja). Los intervalos indican la magnitud de los impactos derivados de la exclusión e inclusión de los efectos del CO<sub>2</sub> en los escenarios. El cambio climático y el desarrollo socioeconómico se combinan para modificar la distribución regional de la hambruna, con grandes efectos negativos en África Subsahariana (confianza de baja a media) [5.4, RT.6].

**Los cambios proyectados en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, junto con los impactos del clima medio proyectado, tienen consecuencias importantes en la producción de alimentos y en la silvicultura, así como en la inseguridad alimentaria (confianza alta).**

Los últimos estudios indican que el aumento de la frecuencia del estrés térmico, las sequías e inundaciones, afecta de manera negativa al rendimiento de cultivos y a la ganadería, aparte de los impactos del cambio climático medio. Esto crea la posibilidad de sorpresas, con impactos que son más grandes y ocurren más temprano que las predicciones, realizadas teniendo sólo en cuenta los cambios en las variables medias [5.4.1, 5.4.2]. Este es el caso específico de los sectores de subsistencia de las latitudes bajas. La variabilidad y el cambio climático también modifican el riesgo de incendios, de brote de plagas y agentes patógenos que afectan de manera negativa a los alimentos, la fibra y la silvicultura (confianza alta) [5.4.1 a 5.4.5, 5. RE].

**Las simulaciones indican que un calentamiento de bajo a moderado podría aumentar algunas ventajas de adaptación (confianza media), aunque esta adaptación puede provocar un estrés hídrico y medioambiental, a medida que aumenta el calentamiento (confianza baja).**

Existen múltiples opciones de adaptación que implican diferentes costes, que van desde el cambio de prácticas hasta el de la ubicación de los alimentos, la fibra y las actividades forestales [5.5.1]. La eficacia de la adaptación varía de sólo reducir ligeramente los impactos negativos, hasta transformar un impacto negativo en positivo. Como promedio, en los sistemas de cultivo de cereales, las adaptaciones tales como el cambio de las variedades y las fechas de cultivo permiten que se anulen las reducciones en la producción del 10 al 15%, correspondientes al aumento de 1 a 2°C de la temperatura local. Las ventajas de la adaptación tienden a aumentar con el nivel de cambio climático [F5.2]. Se necesitan cambios en las políticas e instituciones para facilitar la adaptación. Si se sigue intentando cultivar tierras poco rentables o se siguen adoptando prácticas insostenibles de cultivo, puede aumentar la degradación de la tierra y el uso de recursos, poniendo en peligro la biodiversidad de especies salvajes y domésticas [5.4.7].

Las medidas de adaptación se deben integrar con estrategias y programas de desarrollo, programas de países y estrategias de erradicación de la pobreza [5. 7].

**Los pequeños agricultores, pastores, agricultores de subsistencia y pescadores artesanales son propensos a padecer efectos complejos y localizados del cambio climático (confianza alta).**

Es probable que estos grupos, cuya capacidad de adaptación es limitada, experimenten efectos negativos en el rendimiento de cultivos tropicales unidos a una

vulnerabilidad alta a los fenómenos extremos. Es probable que haya, a largo plazo, impactos negativos adicionales de otros procesos relacionados con el clima como la disminución de la cantidad de nieve, sobre todo en la llanura Indo-gangética; el aumento del nivel del mar; y la propagación de la frecuencia de enfermedades que afecten a la disponibilidad de mano de obra agrícola (confianza alta) [5.4.7].

**A nivel mundial, se estima que la silvicultura sólo presente cambios modestos debido al cambio climático en términos de corto y mediano plazos (confianza mediana).**

El cambio del rendimiento de la producción forestal a nivel mundial varía de un aumento modesto a una disminución leve, aunque es probable que los cambios locales y regionales sean más grandes [5.4.5.2]. Es probable que el aumento de la producción cambie de regiones de latitud baja a corto plazo hacia regiones de latitud alta a largo plazo [5.4.5].

**Se pronostican extinciones locales de especies de peces específicas en los extremos del rango (confianza alta).**

Es probable que siga cambiando la distribución y la productividad de especies de peces específicas a nivel regional; y localmente, en los extremos del rango, habrá extinciones principalmente de especies de agua dulce y diádomos (por ejemplo, el salmón, el esturión). En algunos casos, es probable que aumenten los rangos y la productividad [5.4.6]. Las últimas pruebas indican una preocupación por la disminución de la Circulación de Retorno Longitudinal, lo que provocaría consecuencias potencialmente serias para la pesquería [5.4.6].

**Se pronostica un aumento del comercio de alimentos y silvicultura como respuesta al cambio climático, con un aumento de la dependencia de importaciones de alimentos en la mayoría de los países en desarrollo (confianza de media a baja).**

Aunque es probable que el cambio climático aumente el poder adquisitivo a la hora de adquirir alimentos en el período hasta 2050 al disminuir los precios reales, afectará adversamente al período de 2050 a 2080 con precios reales más altos [5.6.1, 5.6.2]. Es probable que aumenten las exportaciones de alimentos desde zonas templadas hacia los países tropicales [5.6.2], mientras que probablemente ocurra lo contrario con respecto a la silvicultura a corto plazo [5.4.5].

Las investigaciones experimentales sobre la respuesta de

los cultivos a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> confirman los análisis del TIE (confianza de media a alta). Los nuevos resultados muestran respuestas más bajas para los bosques (confianza media). Las últimas repeticiones de los análisis de los estudios sobre el enriquecimiento del dióxido de carbono en atmósfera libre (FACE, en sus siglas en inglés) indican que, con 500 ppm de CO<sub>2</sub>, el rendimiento aumenta bajo condiciones sin estrés de un 10 a 20% por encima de las concentraciones actuales para cultivos C3, y de un 0 a 10% para cultivos C4 (confianza media). Las simulaciones de modelos de cultivos con concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> se corresponden con estos intervalos (confianza alta) [5.4.1]. Los últimos resultados sobre el FACE indican que no existe una respuesta significativa en la población forestal madura, y confirman un aumento del crecimiento de las poblaciones forestales jóvenes [5.4.1]. La exposición al ozono reduce la respuesta de CO<sub>2</sub> en cultivos y bosques [R5.2].

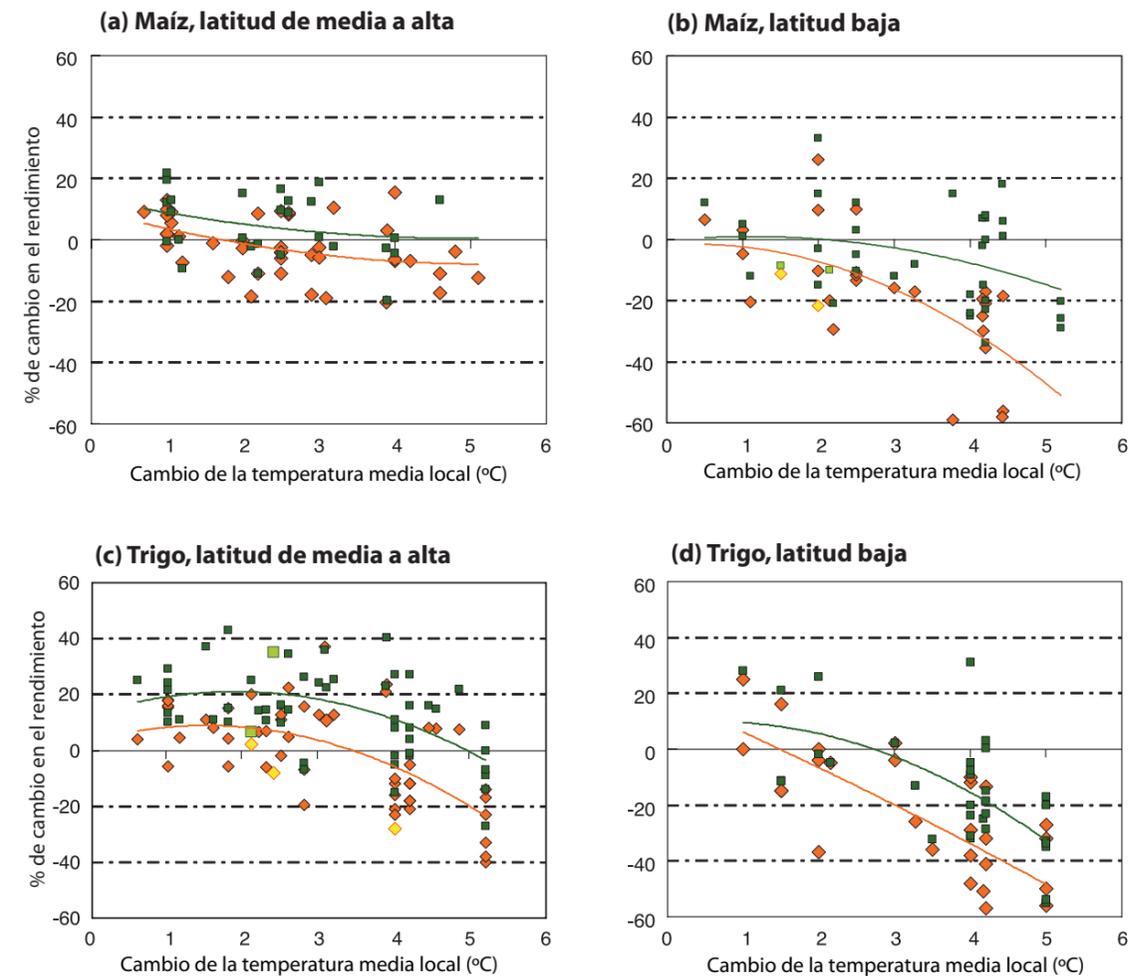
#### **Sistemas costeros y zonas bajas**

Desde el TIE, se conocen mucho mejor las implicaciones del cambio climático en los sistemas costeros y en las zonas bajas (de aquí en adelante, “costas”), y se ha llegado a seis conclusiones importantes, de peso en cuanto a lo referente a políticas.

**Las costas experimentan las consecuencias adversas de los peligros relacionados con el clima y el nivel del mar (confianza muy alta).**

Las costas son muy vulnerables a los fenómenos extremos tales como las tormentas, lo que supone unos costes considerables para las comunidades costeras [6.2.1, 6.2.2, 6.5.2]. Anualmente, aproximadamente 120 millones de personas se exponen a los peligros de los ciclones tropicales. Estos fenómenos provocaron la muerte de 250.000 personas entre 1980 y 2000 [6.5.2]. A lo largo del siglo XX, el aumento mundial del nivel del mar contribuyó al aumento de las inundaciones costeras, a la erosión y a pérdidas de ecosistemas, pero resulta difícil determinar la función exacta del aumento del nivel del mar debido a variaciones considerables a nivel regional y local a causa de otros factores [6.2.5, 6.4.1]. Los efectos del aumento de la temperatura a finales del siglo XX incluyen la pérdida del hielo marino; el deshielo del permafrost; el retroceso asociado de las costas en latitudes altas; y más frecuente, la decoloración y mortalidad de los corales en latitudes bajas [6.2.5].

**Es muy probable que, en los próximos decenios, las costas estén expuestas a los riesgos crecientes, debido a muchos factores combinados de cambio climático (confianza muy alta).**



**Gráfico RT.7.** Sensibilidad del rendimiento de cereales, maíz y trigo, al cambio climático. Las respuestas incluyen casos sin adaptación (puntos anaranjados) y con adaptación (puntos verdes). Los estudios en los que se basa este gráfico abarcan una gama de cambios en la precipitación y concentraciones de CO<sub>2</sub> y varían en la forma de representar los cambios futuros de la variabilidad climática. Por ejemplo, los puntos de color claro en (b) y (c) representan respuestas de cultivos de secano en escenarios climáticos con disminución de la precipitación [F5.4].

Los cambios climáticos anticipados incluyen: aumento acelerado del nivel del mar de 0,2 a 0,6 m o más para 2100; aumento de las temperaturas superficiales marinas de 1 a 3°C en el futuro; aumento de la intensidad de los ciclones tropicales y extra tropicales; mayores oleajes con olas extremas y tormentas; modificación de la precipitación/escorrentía; y acidificación de los océanos [GT1 CIE Capítulo 10; 6.3.2]. Estos fenómenos variarán considerablemente a escala local y regional, pero es prácticamente cierto que los efectos serán arrolladores [6.4.6.5.3]. Los ecosistemas de humedales costeros, como las marismas de agua salada y los manglares, están

muy probablemente en riesgo, en aquellos lugares donde padecen una falta de sedimentos o están constreñidos con respecto a la tierra que les rodea [6.4.1]. La degradación de los ecosistemas costeros, principalmente de los humedales y los arrecifes coralinos, tiene implicaciones serias para el bienestar de las sociedades que dependen de ellos en lo que respecta a bienes y servicios [6.4.2, 6.5.3]. El aumento de las inundaciones y la degradación de la pesquería de agua dulce y otros recursos, pueden ocasionar impactos en cientos de millones de personas, y es prácticamente cierto que en las costas aumenten los costes socioeconómicos derivados del cambio climático [6.4.2, 6.5.3].

**El aumento de las presiones provocadas por el ser humano exacerba el impacto del cambio climático en las costas (confianza muy alta).**

El uso de las costas aumentó considerablemente durante el siglo XX y es prácticamente cierto que esta tendencia continúe en el siglo XXI. En los escenarios IE-EE, la población costera puede crecer de 1.200 millones de personas (en 1990) hasta entre 1.800 millones y 5.200 millones de personas para 2080, dependiendo de las tendencias futuras de migración hacia las costas [6.3.1]. Miles de millones de personas e importantes recursos en riesgo en las costas padecen otros estreses a mayores derivados de los cambios en el uso de los terrenos y de los cambios hidrológicos de las capturas, incluidos los embalses que reducen el suministro de sedimentos a las costas [6.3]. Destacan tres ámbitos clave debido a su vulnerabilidad societal: (i) los deltas (véase Gráfico RT.8), en especial los siete megadeltas asiáticos, cuya población total es de aproximadamente más de 200 millones de habitantes; (ii) las zonas urbanas situadas en la parte baja de las costas, sobre todo aquellas propensas al hundimiento; y (iii) los territorios insulares pequeños, en especial los atolones coralinos [6. 4.3].

**Es prácticamente cierto que la adaptación en las costas de los países en desarrollo constituye un desafío mayor que en las costas de los países desarrollados (confianza alta).**

Los países en desarrollo ya están experimentando los peores efectos de los peligros actuales de las costas [6.5.2]. Es prácticamente cierto que esto siga siendo así por el cambio climático, incluso si se produjera una adaptación óptima, siendo Asia y África las regiones más expuestas [6.4.2, R6.6, F6.4, 6.5.3]. Los países en desarrollo tienen una capacidad de adaptación más limitada debido a su nivel de desarrollo, y al hecho de que la mayoría de las zonas vulnerables están en lugares expuestos o sensibles tales como pequeños territorios insulares o deltas [6.4.3]. La adaptación de los países en vías de desarrollo, será aún más difícil en los ámbitos clave debido a su vulnerabilidad societal ya mencionados [6.4.3].

**En las costas vulnerables es menos costosa la adaptación que la pasividad (confianza alta).**

Es prácticamente cierto que los costes de adaptación al cambio climático son mucho menores que los costes derivados de los daños que se producen sin ella en la mayoría de las costas desarrolladas, incluso teniendo sólo en cuenta las pérdidas de vidas humanas y de propiedades [6.6.2, 6.6.3]. Como generalmente los impactos

ocasionados después de un fenómeno meteorológico en las empresas, la población, las viviendas, las instituciones sociales públicas y privadas, los recursos naturales y del medioambiente, no se reconocen al contabilizar los costes de los desastres, es prácticamente cierto que las ventajas de la adaptación son mayores [6.5.2, 6.6.2]. Si no se actúa en este sentido, es tan probable como improbable que los escenarios con un mayor nivel del mar unido a otro cambio climático (por ejemplo, el aumento de la intensidad de las tormentas) provoquen que para 2100 no se pueda vivir en los territorios insulares bajos y otras áreas bajas (por ejemplo, deltas y megadeltas) [6.6.3]. Una adaptación eficaz al cambio climático se puede integrar con una gestión más abarcadora de las costas, lo que reduciría costes y traería consigo otras ventajas [6.6.1.3].

**El aumento inevitable del nivel del mar, aún a largo plazo, entra en conflicto frecuentemente con las pautas y tendencias actuales de desarrollo del ser humano (confianza alta).**

El aumento del nivel del mar tiene inercia y continuará después de 2100 por muchos siglos [GT1 CIE Capítulo 10]. La ruptura de los mantos de hielo de la Antártida occidental y/o Groenlandia provocaría el aumento de esta subida a largo plazo. En Groenlandia, el umbral de temperatura para la ruptura se estima en aproximadamente de 1,1 a 3,8°C por encima de la media de la temperatura mundial actual. Es probable que esto ocurra antes de 2100 en el escenario A1B [GT1 CIE Capítulo 10]. Esta situación pone en duda, por una parte, la viabilidad a largo plazo de muchos asentamientos costeros y la infraestructura (por ejemplo, las plantas de energía nuclear) en todo el mundo; y, por otra parte, la tendencia actual al aumento en el uso de las zonas costeras, además de la migración hacia las costas, lo que supone un desafío para la planificación espacial de las costas a largo plazo. Es probable que la estabilización del clima reduzca los riesgos de la ruptura del manto de hielo; y reduzca, pero no detenga, el aumento del nivel del mar a raíz de la dilatación térmica [R6.6]. Sin embargo, después de la Tercera Evaluación del IPCC se ha convertido en prácticamente cierto que la respuesta más adecuada al aumento del nivel del mar en las zonas costeras es una combinación de la adaptación para manejar el aumento inevitable, y la mitigación para limitar el aumento a largo plazo a un nivel gestionable [6.6.5, 6.7].

**Industria, asentamientos humanos y sociedad**

Prácticamente todas las personas del mundo viven en asentamientos humanos y muchos dependen de la industria, los servicios y las infraestructuras para trabajar, poseer

un cierto bienestar, y desplazarse. Para estas personas, el cambio climático constituye un nuevo desafío a la hora de asegurar un desarrollo sostenible en las sociedades de todo el mundo. Los efectos asociados a este desafío se determinarán principalmente mediante las tendencias de los sistemas humanos en los próximos decenios a medida que las condiciones climáticas se intensifiquen o disminuyan el estrés asociado a sistemas no climáticos [7.1.1, 7.4, 7.6, 7.7].

Las incertidumbres inherentes al pronóstico del curso del cambio tecnológico e institucional, y las tendencias en el desarrollo socio económico durante un período de varios decenios, limitan la capacidad de pronosticar un porvenir para las industrias, los asentamientos humanos y las sociedades, que implique cambios climáticos importantes a partir de pronósticos que implican un cambio climático relativamente pequeño. Por ende, en muchos casos, las investigaciones realizadas hasta la actualidad se centran en la vulnerabilidad a los impactos en vez de en las proyecciones de los impactos del cambio, al explicar mejor lo que podría pasar y no lo que se prevé que ocurra [7.4].

Las vulnerabilidades claves de la industria, los asentamientos humanos y la sociedad se relacionan a menudo con (i) fenómenos climáticos que superan los umbrales de adaptación, relacionados con la tasa y magnitud del cambio climático, en especial fenómenos meteorológicos extremos y/o cambio climático abrupto; y (ii) acceso limitado a los recursos (financieros, humanos, institucionales) para hacer frente a los problemas, al depender estos recursos del contexto de desarrollo (véase Tabla RT.1) [7.4.1, 7.4.3, 7.6, 7.7].

Los hallazgos acerca del contexto para evaluar las vulnerabilidades son los siguientes.

**Las vulnerabilidades al cambio climático de la industria, los asentamientos humanos y la sociedad se deben fundamentalmente a fenómenos meteorológicos extremos en vez de a cambios climáticos graduales, a pesar de que los cambios graduales se pueden asociar a umbrales por encima de los cuales los impactos se convierten en importantes (confianza alta).**

La importancia del cambio climático gradual, por ejemplo, de los aumentos de la temperatura media, radica principalmente en la variabilidad y volatilidad, incluidos los cambios en la intensidad y en la frecuencia de fenómenos extremos [7.2, 7.4].

**Sin tener en cuenta los principales fenómenos extremos, el cambio climático rara vez suele ser el factor fundamental al considerar los factores de estrés del desarrollo sostenible (confianza muy alta).**

La importancia del cambio climático (positiva o negativa) radica en su interacción con otras fuentes de cambio y factores de estrés, y sus efectos se deben considerar teniendo en cuenta tal contexto de causas múltiples [7.1.3, 7.2, 7.4].

**La vulnerabilidad al cambio climático depende considerablemente de contextos geográficos y sectoriales relativamente específicos (confianza muy alta).**

La vulnerabilidad no se estima fidedignamente mediante modelos y estimaciones a gran escala (añadidos) [7.2, 7.4].

**Los efectos del cambio climático se propagan desde zonas y sectores afectados directamente hacia otras zonas y sectores mediante vínculos extensos y complejos (confianza muy alta).**

En muchos casos, el total de los efectos no se calcula con exactitud si solamente se consideran los efectos directos [7.4].

**Salud**

**En la actualidad el cambio climático contribuye al lastre mundial de enfermedades y muertes prematuras (confianza muy alta).**

Los seres humanos se exponen al cambio climático mediante el cambio de las pautas meteorológicas (por ejemplo, fenómenos extremos más intensos y frecuentes) e indirectamente mediante cambios en el agua, aire, calidad y cantidad de alimentos, ecosistemas, agricultura y economía. En esta etapa primaria los efectos son pequeños, pero se proyecta un aumento progresivo en todos los países y regiones [8.4.1].

**Las tendencias proyectadas en las exposiciones relacionadas con el cambio climático de importancia para la salud humana tendrán consecuencias de peso (confianza alta).**

Es probable que las exposiciones relacionadas con el cambio climático proyectado afecten la salud de millones de personas, especialmente la de personas con poca capacidad de adaptación, mediante:



**Gráfico RT.8.** Vulnerabilidad relativa de los deltas costeros tal como indican las estimaciones de la población potencialmente desplazada por las tendencias actuales del nivel del mar hacia 2050 (extrema = >1 millón; alta = de 1 millón a 50.000; media = de 50.000 a 5.000) [R6.3]. El cambio climático exacerbaría estos impactos.

- Un aumento de la desnutrición y sus consiguientes trastornos, con implicaciones para el desarrollo y crecimiento de los niños;
- Un aumento de muertes, enfermedades y lesiones a raíz de las olas de calor, las inundaciones, las tormentas, los incendios y las sequías;
- Un aumento de enfermedades diarreicas;
- Efectos mezclados en el ámbito (aumentos y disminuciones) y potencial de transmisión del paludismo en África;
- Un aumento de la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias ocasionadas por mayores concentraciones de ozono a nivel del suelo debidas al cambio climático;
- La modificación de la distribución espacial de algunos vectores transmisores de enfermedades infecciosas.

Esto se ilustra en el gráfico RT.9 [8.2.1, 8.4.1].

**Es necesario mejorar la capacidad de adaptación en todas partes (confianza alta).**

Los efectos de los últimos huracanes y las olas de calor muestran que incluso los países con altos ingresos no están bien preparados para solucionar los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos [8.2.1, 8.2.2].

**Los efectos adversos en la salud humana serán**

**mayores en países con bajos ingresos (confianza alta).**

Los estudios llevados a cabo en zonas templadas (principalmente en países industrializados) muestran que se espera que el cambio climático traiga consigo algunas ventajas, como la reducción de muertes por exposición al frío. En general, se prevé que los efectos negativos en la salud provocados por el aumento de la temperatura a nivel mundial, principalmente en los países en desarrollo, superen a las ventajas. El equilibrio entre efectos positivos y negativos en la salud variará de un lugar a otro y se modificarán en el tiempo a medida que continúe el aumento de las temperaturas. Aquellos en riesgo mayor son, en todos los países, la población pobre que vive en zonas urbanas, los ancianos y los niños, las sociedades tradicionales, los agricultores de subsistencia y las poblaciones costeras [8.1.1, 8.4.2, 8.6.1, 8.7].

**Es necesario revisar, reorientar y, en algunas regiones, divulgar los recientes programas y medidas nacionales e internacionales cuyo objetivo es reducir la carga que representan los determinantes climáticos en la salud y sus consecuencias, para hacer frente a los estreses adicionales del cambio climático (confianza media).**

Esto incluye considerar los riesgos relacionados con el cambio climático en sistemas de supervisión y seguimiento de enfermedades, planificación de sistemas de salud y preparación. La mayoría de los problemas de salud se deben a cambios en el medioambiente. Las

medidas aplicadas en los sectores de la agricultura, agua, alimentación y construcción se pueden rediseñar para beneficiar a la salud [8.6, 8.7].

	Impacto negativo	Impacto positivo
<b>Confianza muy alta</b>		
Paludismo: contracción y expansión, cambios en la estación de transmisión	←	→
<b>Confianza alta</b>		
Aumento de la desnutrición	←	
Aumento de fallecimientos, enfermedades y lesiones a raíz de fenómenos meteorológicos extremos	←	
Aumento de la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido a cambios en la calidad del aire	←	
Cambio en la tasa de vectores transmisores de enfermedades infecciosas	←	→
Disminución de las muertes provocadas por el frío		→
<b>Confianza media</b>		
Aumento de las enfermedades diarreicas	←	

**Gráfico RT.9.** Dirección y magnitud del cambio de los efectos en la salud seleccionados provocados por el cambio climático

**El desarrollo económico es un componente importante de la adaptación, pero por sí sólo no evitará que la población mundial sufra enfermedades y lesiones a raíz del cambio climático (confianza muy alta).**

De importancia crítica es la manera en que se desarrollará el crecimiento económico, la distribución de los beneficios del crecimiento y los factores que conforman directamente la salud de las poblaciones, como la educación, asistencia sanitaria e infraestructura de salud pública [8.3.2].

#### RT 4.2 Impactos, adaptación y vulnerabilidad regionales

El recuadro RT.6 muestra un resumen de los impactos proyectados en cada región.

##### África

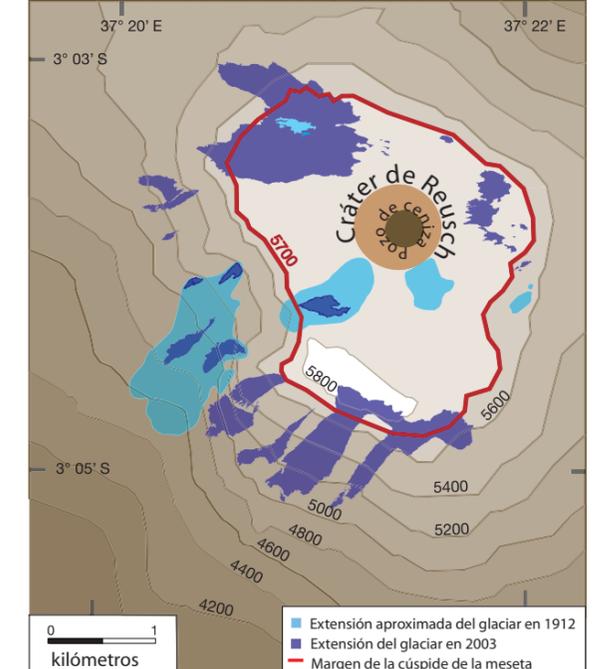
**Es probable que la producción agrícola de muchos países y regiones africanas esté en peligro debido al cambio climático y a la variabilidad climática. Esto afectaría adversamente a la seguridad alimentaria y agravaría la desnutrición (confianza muy alta).**

El rendimiento agrícola y la dependencia de los recursos naturales constituyen gran parte del sustento local en muchos, pero no en todos, los países africanos. La agricultura es el contribuyente principal a la economía

actual en la mayoría de los países de África en un 10% - 70% del PIB, siendo la media el 21%, con vistas a que los ingresos de fuera de las granjas incrementen el total de la contribución agrícola en algunos países [9.2.2, 9.4.4]. Se prevé que las pérdidas en la agricultura sean graves en muchas zonas (por ejemplo, el Sahel, África oriental y meridional) y vayan acompañadas de cambios en la duración de los periodos de crecimiento que inciden sobre los sistemas mezclados de secano, áridos, y semiáridos, bajo ciertas proyecciones climáticas. En algunos países, el rendimiento de la agricultura de secano se puede reducir hasta un 50% para 2020. A nivel local, es probable que muchas personas sufran pérdidas adicionales en sus medios de subsistencia cuando ocurra el cambio climático y la variabilidad de conjunto con otros factores de estrés (por ejemplo, los conflictos) [9.2.2, 9.6.1].

Es probable que el cambio climático y la variabilidad provoquen la pérdida de especies, extinciones y disminuciones de los “espacios climáticos” y las variedades de muchas plantas y animales (confianza alta)

Ya se han detectado cambios en una variedad de ecosistemas, específicamente en los ecosistemas de África meridional, a una tasa mayor que la prevista como resultado de diferentes factores, incluida la influencia del



**Gráfico RT.10.** Cambios en el casquete de hielo y la capa de nieve del Monte Kilimanjaro a lo largo del tiempo. Disminución del área de superficie de los glaciares del Kilimanjaro desde 1912 hasta 2003 [F9.2]

Fenómenos motivados por el clima	Pruebas de impacto/vulnerabilidad actual	Otros procesos/factores de estrés	Impacto/vulnerabilidad futuros proyectados	Zonas, grupos afectados
<b>a) Cambios en los extremos</b>				
<b>Ciclones tropicales, oleaje de tormentas</b>	Pérdidas de vidas humanas y daños como consecuencias de inundaciones y vientos; pérdidas económicas; transporte, turismo; infraestructuras (por ejemplo, energía, transporte); seguros [7.4.2, 7.4.3, R7.2, 7.5]	Uso de los terrenos/densidad de la población en zonas propensas a inundaciones; defensa contra las inundaciones; capacidades institucionales	Aumento de la vulnerabilidad en zonas costeras propensas a tormentas; posibles efectos en asentamientos humanos, salud, turismo, sistemas económicos y de transporte, edificios e infraestructura.	Zonas costeras, asentamientos humanos y actividades; regiones y poblaciones con capacidades y recursos escasos; infraestructuras fijas; sector de los seguros
<b>Precipitaciones extremas e inundaciones ribereñas</b>	Erosión/deslizamiento de tierras; inundaciones de terrenos; asentamientos humanos; sistemas de transporte; infraestructuras [7.4.2, capítulos regionales]	Similares a las tormentas costeras más infraestructuras de drenaje	Similares a las tormentas costeras más infraestructuras de drenaje	Similares a las tormentas costeras
<b>Olas de frío o de calor</b>	Efectos sobre la salud humana; estabilidad social; necesidades de energía, agua u otros servicios (por ejemplo, almacenamiento de agua o alimentos); infraestructuras (por ejemplo, transporte de energía) [7.2, R7.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3]	Control de diseño de edificios y de temperatura interna; contextos sociales; capacidades institucionales	Aumento de las vulnerabilidades en algunas regiones y poblaciones; efectos sobre la salud; cambios en las necesidades de energía	Zonas de latitudes medias; ancianos, poblaciones de individuos muy jóvenes y/o pobres.
<b>Sequía</b>	Disponibilidad de agua; medios de subsistencia, generación de energía, migración, transporte por agua [7.4.2.2, 7.4.2.3, 7.4.2.5]	Sistemas hídricos; usos competentes del agua; demanda de energía; restricciones en la demanda de agua	Desafíos en los recursos hídricos de las zonas afectadas; cambios en la ubicación de las poblaciones y actividades económicas; inversiones adicionales en el abastecimiento de agua.	Regiones áridas y semiáridas; zonas y poblaciones pobres; zonas con escasez de agua provocada por los seres humanos
<b>b) Cambios en las medianas</b>				
<b>Temperatura</b>	Demanda y costes de energía; calidad del aire urbano; deshielo del permafrost; turismo y recreación; consumo minorista; medios de subsistencia; pérdida del agua derretida [7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.4, 7.4.2.5]	Cambios demográficos y económicos; cambios en el uso de los terrenos; innovaciones tecnológicas; contaminación del aire; capacidades institucionales.	Cambios en la demanda de energía; empeoramiento de la calidad del aire; impactos en los asentamientos humanos o medios de subsistencia que dependen del agua derretida; riesgos para los asentamientos humanos/infraestructuras a raíz del deshielo del permafrost en algunas regiones.	Vulnerabilidades muy diversas pero mayores en lugares y poblaciones con capacidades y recursos de adaptación limitados.
<b>Precipitaciones</b>	Medios de subsistencia agrícolas; intrusión salina; infraestructuras hídricas; turismo; suministros de energía [7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3]	Competencias de otras regiones/sectores; ubicación de recursos hídricos	Dependiendo de la región, aumento de las vulnerabilidades en algunas zonas por los efectos de la precipitación (por ejemplo, inundaciones, aunque pueden ser positivos), y disminución en otras zonas (véase lo mencionado para la sequía)	Regiones y poblaciones pobres
<b>Aumento del nivel del mar</b>	Usos de los terrenos costeros; riesgos de inundaciones; anegaciones; infraestructuras hídricas [7.4.2.3, 7.4.2.4]	Tendencias del desarrollo costero, asentamientos costeros y usos de los terrenos	Aumento de las vulnerabilidades a largo plazo en zonas costeras bajas	Igual a lo arriba mencionado

Tabla RT.1. Ejemplos seleccionados de impactos actuales y proyectados del cambio climático en la industria, los asentamientos humanos y las sociedades y su interacción con otros procesos [para el texto completo véase 7.4.3, T7.4]. El sombreado anaranjado indica "muy importante en algunas zonas y/o sectores"; el amarillo indica "importante"; el marrón claro indica que la importancia no está muy definida.

## Recuadro RT.5. Principales efectos proyectados para sistemas y sectores<sup>1</sup>

### Recursos de agua dulce y su gestión

- Es muy probable que disminuyan los volúmenes de agua almacenados en los glaciares y las capas de nieve. Esto reducirá los flujos de las corrientes de verano y otoño en regiones donde vive actualmente más de un sexto de la población mundial. \*\* N [3.4.1]
- Es muy probable que aumente la disponibilidad de agua y la escorrentía en latitudes altas y en algunas zonas húmedas tropicales, incluidas zonas muy pobladas del oriente y sudeste asiático, y que disminuya en la mayor parte de las latitudes medias y en zonas secas tropicales, que constituyen en la actualidad zonas con estrés hídrico. \*\* D [F3.4].
- Es probable que aumenten las zonas afectadas por sequías y los fenómenos de precipitaciones extremos, cuya frecuencia e intensidad es probable que aumente, incrementando el riesgo de inundaciones. El aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones y sequías tendrá implicaciones en el desarrollo sostenible. \*\*N GT1 CIE RRP; 3.4].
- Es probable que las cuencas fluviales, donde vive hasta el 20% de la población mundial, se vean afectadas debido al aumento de los peligros de inundaciones para 2080 en el transcurso del calentamiento mundial. \*N [3.4.3].
- Muchas zonas semiáridas (por ejemplo, la Cuenca del Mediterráneo, el oeste de los Estados Unidos, el sur de África y el noreste de Brasil) padecerán una disminución de los recursos hídricos a raíz del cambio climático. \*\*\*C [3.4, 3.7].
- Se pronostica que el número de personas que viven en cuencas fluviales sumamente afectadas aumente de 1.400 a 1.600 millones en 1995 a 4.300-6.900 millones en 2050, en el escenario A2. \*\*N [3.5.1].
- El aumento del nivel del mar ampliará las zonas de salinización de las aguas subterráneas y los estuarios. Esto traerá como resultado una disminución de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas en las zonas costeras. \*\*\*C [3.2, 3.4.2].
- Disminuirá la cantidad de aguas subterráneas en algunas regiones que ya tienen estrés hídrico \*\*N [3.4.2], donde el aumento demográfico acelerado y la demanda de agua a menudo acrecientan la vulnerabilidad. \*\*\*C [3.5.1].
- El aumento de las temperaturas del agua, la intensidad de la precipitación y los períodos de flujos bajos más largos aumentan muchas formas de contaminación del agua, con efectos en los ecosistemas, la salud humana, la fiabilidad de los sistemas hídricos, y los costes operativos. \*\*N [3.2, 3.4.4, 3.4.5].
- Se han evaluado las incertidumbres, ha mejorado su interpretación, y se han creado nuevos métodos (por ejemplo, enfoques basados en conjuntos) para su descripción \*\*\*N [3.4, 3.5]. Sin embargo, siguen siendo inciertas las proyecciones cuantitativas de cambios en la precipitación, el flujo de los ríos y los niveles de agua a escala de cuencas fluviales. \*\*\*D [3.3.1, 3.4].
- El cambio climático afecta al funcionamiento de las infraestructuras hídricas existentes así como a las prácticas de gestión hídrica \*\*\*C [3.6]. En algunos países y regiones que reconocen la incertidumbre de los cambios hidrológicos proyectados, se crean procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgos para el sector hídrico \*\*\*N [3.6].
- Las desventajas del cambio climático en los sistemas de agua dulce superan a las ventajas. \*\*D [3.4, 3.5].

<sup>1</sup> En el texto de los Recuadros RT.5 y RT.6, se utilizan las siguientes letras y símbolos:

En relación con el TIE		Confianza de la afirmación
C	Confirmación	*** Confianza muy alta
D	Desarrollo	** Confianza alta
R	Revisión	* Confianza media
N	Nuevo	• Confianza baja

- Las zonas donde se proyecta una disminución de la escorrentía experimentarán una reducción de los servicios suministrados por los recursos hídricos \*\*\*C [3.4, 3.5]. Los efectos negativos de los cambios en el aumento de la variabilidad y en la escorrentía estacional con respecto al abastecimiento de agua, la calidad del agua y los riesgos de inundaciones atenuarán las ventajas del aumento de la escorrentía anual en otras zonas. \*\*N [3.4, 3.5].

### Ecosistemas

- Los siguientes ecosistemas se identifican como los más vulnerables y es prácticamente cierto que experimenten los impactos ecológicos más severos, incluida la extinción de especies y cambios fundamentales en el bioma. En tierra son: ecosistemas de tundra, bosque boreal, montaña, y tipo Mediterráneo. En la costa: manglares y marismas de agua salada. En océanos: arrecifes de corales y biomas de hielo marino. \*\*\*D [4.4, véanse además, Capítulos 1, 5, 6, 14, 15; GT1 CIE Capítulos 10,11]
- Gozarán de impactos ecológicos positivos primarios, tales como el aumento de la productividad primaria neta (PPN), ecosistemas identificados como menos vulnerables: sabanas y desiertos pobres en especies. Sin embargo, estos efectos positivos dependen de una fertilización por CO<sub>2</sub> mantenida, y de cambios sólo moderados en regímenes de alteraciones (por ejemplo, incendios) y en fenómenos extremos (por ejemplo, sequías). • D [4.4.1, 4.4.2, C4.2, 4.4.3, 4.4.10, 4.4.11]
- El aumento de la temperatura media mundial hasta 2oC<sup>2</sup> tendrá como consecuencia algunos aumentos proyectados en la productividad primaria neta en latitudes altas (que dependen de una migración amplia y eficaz de árboles maderables), mientras que se observará una disminución de la PPN (océano y tierra) en latitudes bajas. \*\*D [4.4.1, 4.4.9, 4.4.10]
- Es tan probable como improbable que el secuestro de carbono proyectado por la expansión de la taiga hacia los polos • D [4.4.5, F4.3] se compense mediante cambios en el albedo, los incendios y la disminución de los bosques en el límite ecuatorial de la taiga\*\*N/D [4.4.5, F4.3], así como mediante las pérdidas de metano de la tundra. \*N [4.4.6]
- Es muy probable que el secuestro de los bosques tropicales, a pesar de las ganancias en la producción observadas recientemente, dependa de las tendencias del cambio en el uso de los terrenos \*\*\*D [4.2, 4.3, 4.4.10], pero es muy probable que esté dominado por los impactos del cambio climático, sobre todo en las regiones secas \*\*D [4.4.5, 4.4.10, F4.3]
- Es muy probable que los bosques del Amazonas, la taiga China, y la mayoría de la tundra de Canadá y Siberia muestren cambios clave con una temperatura media mundial que supere los 3°C \*\*\*D [T4.2, 4.4.1, F4.2, 4.4.10, F4.4]. Si hay un calentamiento <2°C [4.4.10, F4.4, T4.3], por un lado se pronostica una expansión de los bosques en América del Norte y de Eurasia, y por otro es probable que los bosques tropicales experimenten impactos severos que incluyan pérdidas de la biodiversidad. \*D [4.4.10, 4.4.11, T4.1]
- Si la temperatura media mundial aumenta aproximadamente de 1,5 a 3°C, es probable que se extiendan las zonas de baja productividad en océanos subtropicales en aproximadamente un 40% (Hemisferio Norte) y un 10% (Hemisferio Sur), pero es muy probable que la producción de biomas de hielo marino polar se reduzca aproximadamente en un 40% (Hemisferio Norte) y aproximadamente en un 20% (Hemisferio Sur). \*\*N [4.4.9]
- A medida que se reducen los biomas de hielo marino, es muy probable que las especies polares que dependen de ellos, incluidos depredadores como los pingüinos, las focas y los osos polares, experimenten la degradación y pérdida del hábitat. \*\*\*D [4.4.6]

<sup>2</sup> La sensibilidad/umbral de temperatura en la sección de Ecosistemas (solamente) se muestra respecto al clima preindustrial y representa un indicador indirecto de cambio climático, incluidos los cambios en la precipitación. En otras secciones los cambios son respecto a 1990, tal como se indica en el primer párrafo de la Sección RT.4.

- Es muy probable que en los próximos 50 años desaparezcan los corales debido a la decoloración \*\*\*C [C4.5, 4.4.9], especialmente en la Gran Barrera de Arrecifes, donde se pronostica que el cambio climático y los impactos antropogénicos directos como la contaminación y la pesquería, causen cada vez más decoloración año tras año (aproximadamente de 2030 a 2050), seguida de una mortalidad masiva. \*\*D [C4.4, 4.4.9]
- Es prácticamente cierto que la liberación acelerada del carbono proveniente de reservas vulnerables de carbono, principalmente turberas, arcilla congelada de la tundra ("yedoma"), permafrost y bosques boreales y tropicales. \*\*\*D/N [F4.1, 4.4.1, 4.4.6, 4.4.8, 4.4.10, 4.4.11]
- Es probable que se intensifiquen y expandan los incendios descontrolados en todo el mundo, a medida que aumentan las temperaturas y los períodos secos son más frecuentes y persistentes. \*\*D/N [4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5]
- Es probable que una mayor variabilidad en la precipitación ponga en peligro a las especies que habitan tierra adentro y en humedales costeros debido a cambios en el tiempo, duración y profundidad de los niveles de agua. \*\*D [4.4.8]
- Es muy probable que disminuya aún más el pH de la superficie oceánica, incluso en 0,5 unidades de pH para 2100, con aumentos de CO<sub>2</sub> atmosférico proyectados en el escenario A1FI. Esta situación probablemente perjudique a la formación de caparzones o esqueletos en los organismos marinos que necesitan carbonato de calcio (por ejemplo, los corales, los cangrejos, los calamares, los caracoles marinos, las almejas y las ostras). \*\*N [4.4.9, C4.5]

### Alimentos, fibra y productos forestales

- En regiones de latitudes de medias a altas, un calentamiento moderado beneficia a los cultivos de cereales y a la producción de pastizales, pero incluso un calentamiento ligero disminuye la producción en regiones estacionalmente secas y tropicales \*. El aumento del calentamiento tiene efectos sumamente negativos en todas las regiones [F5.2] Las adaptaciones a corto plazo podrían evitar una reducción del 10 al 15% de la producción. \*/• D [F5.2, 5.4]
- El cambio climático aumentará ligeramente la cantidad de personas en riesgo de pasar hambre, con respecto a las grandes reducciones generales debidas al desarrollo socioeconómico. \*\*D [5.6.5, T5.6]
- Los cambios proyectados en la frecuencia y severidad de fenómenos meteorológicos extremos, unidos al aumento de los riesgos de incendios, plagas y brotes de enfermedades, tendrán consecuencias considerables en la producción alimentaria y forestal, y en la inseguridad alimentaria, además de los impactos del clima medio proyectados. \*\*D [5.4.1 a 5.4.5]
- Los pequeños agricultores, los agricultores de subsistencia, los pastores y los pescadores artesanales padecerán los efectos complejos y localizados del cambio climático. \*\*N [5.4.7]
- Es probable que aumente el potencial de producción alimentaria mundial con el aumento de la media de temperatura mundial hasta aproximadamente 3°C, pero es muy probable que disminuya con valores superiores a esta cifra. \* D [5.6]
- A nivel mundial, se estiman pocos cambios en la silvicultura a raíz del cambio climático a corto y medio plazo. El aumento de la producción se desplazará de regiones de latitud baja a corto plazo, a regiones de latitud alta a largo plazo. \*D [5.4.5]
- Se prevén extinciones locales de especies de peces específicas en los extremos del rango. \*\*N [5.4.6]
- Se pronostica un aumento del comercio de alimentos y de productos de silvicultura como respuesta al cambio climático, junto con un aumento de la dependencia de importaciones de alimentos en la mayoría de los países en desarrollo. \*/• N [5.6.1, 5.6.2, 5.4.5]
- Las investigaciones experimentales sobre la respuesta de los cultivos a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> confirman las conclusiones del TIE \* C. Los últimos resultados del enriquecimiento del aire libre con dióxido de carbono (FACE) indican una respuesta más baja en los bosques. \*D [5.4.1]

### Sistemas costeros y zonas bajas

- Es muy probable que las costas queden más expuestas al aumento de los riesgos debidos al cambio climático y al aumento del nivel del mar. Este efecto se agravará debido al aumento de la influencia del ser humano en las zonas costeras. \*\*\*D [6.3, 6.4]
- Es probable que disminuyan los corales al aumentar su decoloración y mortalidad debido al incremento de las temperaturas superficiales marinas. El aumento del nivel del mar afectará de manera negativa a marismas de agua salada y manglares. \*\*\*D [6.4]
- Todos los ecosistemas costeros son vulnerables al cambio climático y al aumento del nivel del mar, principalmente los corales, las marismas de agua salada y los manglares \*\*\*D [6.4.1]
- Los corales son vulnerables al estrés térmico y es muy probable que el aumento pronosticado de la temperatura superficial marina (TSM) de aproximadamente 1 - 3°C en el siglo XXI tenga como resultado fenómenos más frecuentes de decoloración y mortalidad generalizada, a no ser que los corales experimenten una adaptación térmica o climatización.
- Los humedales costeros, incluidos las marismas de agua salada y los manglares, son sensibles al aumento del nivel del mar, con pronósticos de pérdidas mundiales del 33% si el nivel del mar aumenta 36 cm de 2000 a 2080. Es probable que la mayoría de las pérdidas se produzcan en las costas del Atlántico y en el Golfo de México en América, en las costas del Mediterráneo y el Báltico, y en regiones de pequeños territorios insulares. \*\*\*D [6.4.1]
- La acidificación de los océanos es un asunto que se empieza a tratar ahora con potencial de efectos clave en zonas costeras, pero aún no se comprende bien. Es un tema urgente para investigaciones futuras, en especial para programas de observación y mediciones. \*\*D [6.2.3, 6.2.5, 6.4.1]
- Es muy probable que las inundaciones costeras de las zonas bajas se conviertan en el futuro en un riesgo mayor que el actual a raíz del aumento del nivel del mar y de la intensidad de las tormentas costeras, a no ser que exista una adaptación significativa [C6.2, 6.4.2]. Los efectos dependen del aumento del nivel del mar, del futuro socioeconómico y del grado de adaptación. Sin adaptación, más de 100 millones de personas podrían experimentar inundaciones costeras anuales para el decenio de 2080 a raíz solamente del aumento del nivel del mar, con probabilidades de que el escenario A2 sufra los mayores impactos. \*\*\*N [F6.2]
- El análisis de rentabilidad de las respuestas indica que es muy probable que una adaptación generalizada reduzca los impactos potenciales. Además, indica que es muy probable que los costes de los impactos y la protección descenderán desproporcionadamente en los países en desarrollo. \*\*C [F6.4, 6.5.3]
- La vulnerabilidad clave del ser humano al cambio climático y al aumento del nivel del mar existe donde el estrés sobre los sistemas naturales costeros bajos coincide con una baja capacidad de adaptación del ser humano y/o una exposición alta e incluye: \*\*D [6.4.2, 6.4.3]
  - o deltas, específicamente megadeltas asiáticos (por ejemplo, el Ganges-Brahmaputra en Bangladesh y el Bengal occidental);
  - o zonas costeras bajas urbanas, especialmente zonas propensas al hundimiento natural o provocado por el ser humano y a los deslizamientos de tierra provocados por tormentas tropicales (por ejemplo, Nueva Orleans, Shangai);
  - o pequeños territorios insulares, especialmente atolones bajos (por ejemplo, las Islas Maldivas).
- A nivel regional, es muy probable que el mayor aumento en la vulnerabilidad ocurra en el sur, sudeste y este de Asia, en lugares costeros urbanizados en África y en regiones de pequeños territorios insulares. Los más afectados serán los megadeltas de Asia, aunque en los pequeños territorios insulares aumentará más el riesgo de un modo relativo. \*\*D [6.4.2]

- El aumento del nivel del mar presenta una inercia importante si se compara con otros factores de cambio climático, y es prácticamente cierto que continuará después de 2100 durante muchos siglos más. La estabilización del clima puede reducir, pero no detener, el aumento del nivel del mar. Por ende, hay una previsión de adaptación en zonas costeras que hace plantearse la planificación espacial a largo plazo y la necesidad de protección en contraste con el retroceso planificado. \*\*\*D [C6.6]

### Industria, asentamientos humanos y sociedad

- Los beneficios y costes derivados del cambio climático para la industria, los asentamientos humanos y la sociedad variarán dependiendo de la ubicación y la escala. En las regiones templadas y en la polares, algunos efectos serán positivos, mientras que en otras regiones otros serán negativos. En total, sin embargo, es más probable que los efectos netos sean sumamente negativos bajo situaciones de calentamiento más acelerado o mayor. \*\*N [7.4, 7.6, 15.3, 15.5]
- La vulnerabilidad de la industria, las infraestructuras, los asentamientos humanos y la sociedad frente al cambio climático es generalmente mayor en ciertos lugares con mayores riesgos, sobre todo en las zonas costeras y ribereñas, en las propensas a fenómenos meteorológicos extremos, y en zonas cuyas economías están estrechamente vinculadas a recursos susceptibles al clima, tales como las industrias agrícolas y de productos forestales, las que dependen del agua y el turismo. Estas vulnerabilidades tienden a ser localizables pero a menudo son grandes y en crecimiento. Por ejemplo, el aumento de la urbanización en la mayoría de los países con ingresos bajos y medios, a menudo en zonas de alto riesgo relativo, pone en riesgo a una mayor proporción de sus economías y poblaciones. \*\*D [7.1, 7.4, 7.5]
- Donde aumente la intensidad y/o frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos con el cambio climático, aumentará el coste económico de tales fenómenos. Se prevé que estos aumentos sean considerables en las zonas más directamente afectadas. La experiencia indica que los costes derivados de los peores fenómenos varían en porcentaje de los ingresos y del PIB regional anual en grandes regiones con economías muy grandes, llegando hasta más del 25% en las zonas más pequeñas afectadas por estos fenómenos. \*\*N [7.5]
- Algunas comunidades y asentamientos pobres ya se encuentran bajo el estrés de la variabilidad climática y de los fenómenos climáticos extremos, y pueden ser especialmente vulnerables al cambio climático porque se concentran en zonas de relativamente altos riesgos, tienen acceso limitado a los servicios y a otros recursos para solucionar los daños, y en algunas regiones, son más dependientes de los recursos susceptibles al clima tales como el abastecimiento local de agua y alimentos. \*\*N [7.2, 7.4.5, 7.4.6]
- El aumento de los costes económicos relacionado con los fenómenos meteorológicos extremos incrementa la necesidad de una gestión económica y financiera eficaz de los riesgos. En aquellas regiones y lugares donde aumenta el riesgo y el seguro privado es la opción principal en la gestión de riesgos, hacer eco de los precios puede incentivar la adaptación. Sin embargo, bajo estas circunstancias puede pasarse por alto la protección, resultando en un aumento de las funciones de otros sectores, incluidos los gobiernos. Se necesitarán otros mecanismos para la gestión de riesgos en aquellas regiones donde el seguro privado no está ampliamente disponible. En todas las situaciones, los grupos más pobres de la población necesitarán atención especial en la gestión de riesgos y en la adaptación. \*\*D [7.4.2]
- En muchas zonas, es probable que el cambio climático provoque preocupaciones sobre la equidad social y que aumente las presiones sobre las infraestructuras gubernamentales y las capacidades institucionales.
- Las infraestructuras físicas sólidas y fiables son muy importantes en la gestión de los riesgos relacionados con el clima. Tales infraestructuras como los sistemas urbanos de abastecimiento de aguas son vulnerables al aumento del nivel del mar y a la disminución regional de la precipitación sobre todo en las zonas costeras. Las grandes concentraciones de población sin infraestructuras son más vulnerables a los efectos del cambio climático. \*\*N [7.4.3 al 7.4.5]

### Salud

- Los riesgos relativos proyectados atribuibles al cambio climático en 2030 muestran un aumento de la desnutrición en algunos países asiáticos \*\*N [8.4.1]. Se pronostica que a finales del siglo las tendencias de calentamiento previstas disminuyan la disponibilidad de cultivos en regiones estacionalmente secas y tropicales [5.4]. Esto traerá como consecuencia un aumento del hambre, la desnutrición y sus consiguientes trastornos, incluidos los del crecimiento y el desarrollo de los niños, fundamentalmente en aquellas regiones donde ya existe una mayor vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, sobre todo en África. \*\*N [8.4.2]
- Se proyecta que para 2030 las inundaciones costeras provoquen un gran aumento proporcional de la mortalidad; sin embargo, esto se aplicó a una carga pequeña de enfermedades de manera que el impacto total es pequeño. En general, se prevé que la población en riesgo de inundaciones se duplique o triplique para 2080. \*\*N [8.4.1]
- Las estimaciones del aumento de la población en riesgo de muerte por calor difiere entre países y depende del lugar, edad de la población y medidas de adaptación aplicadas. En general, se estiman aumentos significativos en este siglo. \*\*D [T8.3]
- Se prevén proyecciones mezcladas para el paludismo: a nivel mundial, se calculó una población adicional en riesgo de entre 220 millones (A1FI) y 400 millones (A2). En África, las estimaciones difieren desde una reducción de la transmisión en el sudeste de África en 2020 y disminuciones alrededor del Sahel y el sur y centro de África en 2080, con aumentos localizados en las altiplanicies, hasta un aumento del 16-28% de personas-meses de exposición en 2100 en todos los escenarios. Se ha estimado algún aumento de los riesgos para el Reino Unido, Australia, India y Portugal. \*\*\*D [T8.2]
- En Canadá, las estimaciones indican una expansión de aproximadamente 1.000 km hacia el norte del vector que transmite la enfermedad de Lyme para el decenio de 2080 (A2) y además, se estima que la cantidad de garrapatas se duplique y hasta cuadruplique. En Europa, se prevé que la encefalitis transmitida por la garrapata se desplace más hacia el noroeste desde su ubicación actual pero se ubicaría en Europa central y occidental para el decenio de 2050. \*N [T8.2]
- Para 2030 se prevé un aumento de aproximadamente 2-5% de las enfermedades diarreicas en regiones con bajos ingresos \*\*N [8.4.1] Las estimaciones indican un aumento anual del 5-18% para 2050 en comunidades aborígenes de Australia \*\*N [T8.2]. Las estimaciones indican un aumento de los casos de envenenamiento por alimentos en el Reino Unido correspondiente al aumento de temperatura de 1-3°C. \*N [T8.2]
- En el noreste de los EEUU en el escenario climático A2, las estimaciones indican un aumento de 4,5% de las muertes ocasionadas por mayores concentraciones de ozono. Se prevé que el aumento del 68% de la media de días/verano que excedan la norma reglamentaria de 8 horas resulte en un aumento de 0,1-0,3% de la mortalidad no accidental y en un aumento medio de 0,3% de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares. Para 2050 y 2080 en el Reino Unido, se estimaron grandes disminuciones de días con concentraciones altas de partículas y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y poca disminución de otros contaminantes, pero el ozono habrá aumentado \*\*N [T8.4]. Los beneficios a corto plazo para la salud derivados de la reducción de las concentraciones de contaminantes del aire (como los del ozono y las partículas), como consecuencia de la reducción de los gases de efecto invernadero pueden ser importantes. \*\*D [8.7.1, GTIII CIE].
- Para 2085 se prevé que aumente el riesgo de contraer dengue a raíz del cambio climático y afectará a 3.500 millones de personas.\*N [8.4.1.2]
- Se pronostica que la disminución de las muertes provocadas por el frío a raíz del cambio climático sea mayor que el aumento de las muertes provocadas por el calor en el Reino Unido. \*\*D [T8.3]

clima (por ejemplo, los ecosistemas de montaña) [9.4.5, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.8].

**Se prevén impactos de interacción múltiples y retroefectos en ambientes singe gestión desencadenados por cambios en el clima, pero exacerbados por factores no climáticos (confianza alta).**

Los impactos en el Kilimanjaro, por ejemplo, muestran que los glaciares y las capas de nieve disminuyen debido a un número de factores de interacción (por ejemplo, la radiación solar, los cambios en la vegetación, y las interacciones de los seres humanos), con una disminución del área de superficie de los glaciares de aproximadamente el 80% entre 1912 y 2003 (véase el Gráfico RT.10.). La pérdida de los “bosques de nubes”, por ejemplo, mediante incendios, desde 1976, ha resultado en una reducción anual del 25% de las fuentes de agua derivadas de la niebla (equivalentes al abastecimiento anual de agua potable de 1 millón de personas que viven en los alrededores del Monte Kilimanjaro) [9.4.5]

**La falta de acceso a agua segura, derivada de múltiples factores es una vulnerabilidad clave en muchas partes de África. Es probable que esta situación se agrave a raíz del cambio climático (confianza muy alta).**

Para 2020, algunas evaluaciones proyectan que entre 75 y 250 millones de personas estarán expuestas al aumento del estrés hídrico a raíz del cambio climático. Si a eso se le une el aumento de la demanda, afectará adversamente a los medios de subsistencia y empeorará los problemas relacionados con el agua. Por ejemplo, algunas evaluaciones muestran el aumento severo del estrés hídrico y posibles aumentos del riesgo de sequías en partes de África septentrional y meridional, así como aumentos en la escorrentía en África oriental. Sin embargo, el acceso al agua no sólo está amenazado por el cambio climático [9.4.1] sino por una gestión compleja de las cuencas fluviales (varios países comparten algunos de los ríos más importantes de África) y la degradación de los recursos hídricos mediante la sustracción de agua y la contaminación de las fuentes de agua [9.4.1].

**La atribución de la contribución del cambio climático a los cambios en el riesgo de paludismo sigue siendo problemática (confianza alta).**

La salud humana, ya en peligro por una gama de factores, también puede recibir impactos negativos del cambio climático y la variabilidad climática (por ejemplo, en África meridional y en las altiplanicies de África oriental). Continúa el debate sobre la atribución del cambio climático

y el paludismo, siendo este un ámbito en el que se necesita más investigación [9.4.3, 8.2.8, 8.4.1].

**África es uno de los continentes más vulnerables a la variabilidad y al cambio climático debido a los factores de tensión múltiples y su baja capacidad de adaptación. A esta situación contribuyen la pobreza extrema de muchos pueblos africanos, desastres naturales frecuentes tales como las sequías e inundaciones, y la agricultura, que depende en gran medida de la precipitación. Sin embargo, se muestran casos de notable resistencia ante factores de estrés múltiples (confianza alta).**

África cuenta con muchos ejemplos de soluciones y estrategias de adaptación utilizadas para gestionar varios factores de estrés, incluidos los fenómenos climáticos extremos (por ejemplo, las sequías y las inundaciones). Sin embargo, de aumentar tales factores de tensión, estas estrategias probablemente sean insuficientes para la adaptación a la variabilidad y al cambio climático, dados los problemas de pobreza endémica, el poco orden institucional, el poco acceso a los datos y la información y los crecientes problemas de salud [9.2.1, 9.2.2, 9.2.5].

### Asia

**La observación demuestra que el cambio climático ha afectado a muchos sectores de Asia en los últimos decenios (confianza media).**

Se han obtenido pruebas de los efectos del cambio climático, la variabilidad y los fenómenos extremos en Asia, según las predicciones de la Tercera Evaluación. Se observó una disminución del rendimiento de los cultivos en la mayoría de los países asiáticos, probablemente atribuido en parte al aumento de las temperaturas. Otra consecuencia del calentamiento es la reducción de los glaciares y el deshielo del permafrost en Asia boreal, sin precedentes en los últimos años. Ha aumentado la frecuencia en la incidencia de enfermedades inducidas por el clima y el estrés térmico en el centro, este, sur y sudeste de Asia debido al aumento de las temperaturas y a la variabilidad de la precipitación. Los cambios observados en ecosistemas marinos y terrestres son más evidentes [10.2.3].

**Se prevé que el cambio climático afecte a la agricultura mediante el declive de la producción, y la reducción de zonas de tierra cultivable, y de abastecimiento de alimentos para peces (confianza media).**

El calentamiento de la superficie y los cambios en la precipitación proyectados en la mayoría de los países

asiáticos provocarán una disminución considerable de la productividad de los cultivos agrícolas como consecuencia del estrés térmico y de sequías e inundaciones más graves [10.4.1]. La disminución de la productividad agrícola será más evidente en zonas que ya sufren el aumento de la escasez de tierras cultivables, y aumentará el riesgo de hambruna en Asia, específicamente en países en desarrollo [10.4.1]. El cambio climático pone en riesgo a los agricultores de subsistencia. Los cultivos marginales como el sorgo y el mijo pueden tener alto riesgo debido a la caída de la productividad y a la pérdida de la diversidad genética de los cultivos [10.4.1]. Como respuesta al cambio climático, se prevé que haya cambios en el hábitat de acuicultura y en el abastecimiento de alimentos para los peces, y por último, en la abundancia de poblaciones de peces [10.4.1].



**Gráfico RT.11.** Cambios futuros proyectados en la frontera del permafrost de Asia septentrional en el escenario IE-EE A2 para 2100. [F10.5]

**El cambio climático tiene potencial para empeorar el estrés de recursos hídricos en la mayoría de las regiones asiáticas (confianza alta).**

La escasez de agua constituye la amenaza potencial más grave del cambio climático en Asia. La disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y sudeste de Asia, fundamentalmente en grandes cuencas fluviales, se prevé que disminuya a raíz del cambio climático lo cual, unido al crecimiento demográfico y al aumento de la demanda debido a niveles de vida más altos, podría afectar a más de mil millones de personas en el decenio de 2050 [10.4.2]. Los cambios en la escorrentía estacional a raíz del rápido deshielo de los glaciares y, en algunas zonas, al aumento de la precipitación invernal pueden tener efectos

importantes en la generación de energía hidroeléctrica y en la producción de cultivos y ganadería [10.4.2].

**Se prevé que los aumentos en la temperatura ocasionen un retroceso más rápido de los glaciares del Himalaya y la continuación del deshielo del permafrost a lo largo de Asia septentrional (confianza media).**

De mantenerse las tasas de calentamiento actuales, los glaciares del Himalaya pueden deteriorarse a un ritmo muy acelerado (Gráfico RT.11). Un derretimiento acelerado de los glaciares ocasionaría el aumento de los flujos de algunos sistemas fluviales en los próximos dos o tres decenios. Esto traería como resultado el aumento de las inundaciones y las avalanchas de rocas de laderas desestabilizadas, y afectaría a los recursos hídricos. A esto le seguiría la disminución del caudal de los ríos a medida que los glaciares retrocedan [10.6.2]. La degradación del permafrost puede traer como resultado el hundimiento de los suelos, la modificación de las características del drenaje y la estabilidad de la infraestructura, y el aumento de las emisiones de metano [10.4.4].

**Se prevé que los ecosistemas marinos y costeros de Asia se vean afectados a raíz del aumento del nivel del mar y de las temperaturas (confianza alta).**

El aumento del nivel del mar proyectado puede traer como consecuencia que muchos millones adicionales de personas padezcan inundaciones cada año [10.4.3.1]. La intrusión de agua de mar puede aumentar el hábitat de la pesquería en aguas salobres pero puede dañar considerablemente la industria de la acuicultura [10.4.1]. En general, se prevé que el aumento del nivel del mar agrave la ya decadente productividad de peces en Asia [10.4.1]. El cambio climático influiría gravemente en la pesca marina de la región ártica. Algunas especies, como el bacalao y el arenque, se beneficiarían al menos de un modesto aumento de las temperaturas, y otras, como el camarón del norte, padecerían una disminución de la productividad [10.4.1].

**Se prevé que el cambio climático acentúe las amenazas a la biodiversidad a raíz del cambio en el uso de los terrenos y la presión demográfica en la mayoría del continente asiático (confianza alta).**

Es probable que el aumento del riesgo de extinción de la mayoría de las especies de la flora y fauna asiáticas sea el resultado de los efectos sinérgicos del cambio climático y la fragmentación de los hábitat [10.4.4]. Además, podrían aumentar las amenazas a la estabilidad ecológica de humedales, manglares y arrecifes de coral situados en las proximidades de Asia [10.4.3, 10.6.1]. Se

prevé un aumento futuro de la frecuencia y la propagación de los incendios forestales en Asia septentrional a raíz del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos que probablemente limiten la expansión de los bosques [10.4.4].

**Es probable que el cambio climático continúe afectando adversamente a la salud en Asia (confianza alta).**

Se prevé un aumento de la morbilidad endémica y la mortalidad debidas a enfermedades diarreicas asociadas principalmente a inundaciones y sequías en el este, sur y sudeste de Asia, debido a los cambios proyectados en el ciclo hidrológico asociados al calentamiento mundial [10.4.5]. El aumento de la temperatura de las aguas costeras podría aumentar la abundancia y/o toxicidad del cólera en el sur de Asia [10.4.5]. Según informes, se expande el hábitat natural de las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua [10.4.5].

**En el futuro se combinarán en Asia múltiples factores de estrés debido al cambio climático (confianza alta).**

La explotación de recursos naturales asociada a la rápida urbanización, la industrialización y el desarrollo económico en la mayoría de los países asiáticos en desarrollo ha provocado el aumento de la contaminación del aire y el agua, la degradación de la tierra y otros problemas del medioambiente que ejercen una gran presión sobre la infraestructura urbana, el bienestar de los seres humanos, la integridad cultural y los marcos socioeconómicos. Es probable que el cambio climático intensifique estas presiones al medioambiente e incida sobre el desarrollo sostenible en la mayoría de los países asiáticos en desarrollo, fundamentalmente en el sur y el este [10.5.6].

#### **Australia y Nueva Zelanda**

**La región ya experimenta los impactos del cambio climático reciente y comenzó la adaptación en algunos sectores y regiones (confianza alta).**

A partir de 1950, se ha producido un calentamiento en esta región de 0,3 a 0,7°C, con un aumento de olas de calor, una disminución de heladas, un aumento de las lluvias en el noroeste de Australia y el sudeste de Nueva Zelanda, una disminución de las lluvias en Australia meridional y oriental y el noroeste de Nueva Zelanda, un aumento de la intensidad en las sequías de Australia y un aumento del nivel del mar de 70 mm [11.2.1]. En la actualidad los impactos son evidentes en el abastecimiento de agua y en la agricultura, el cambio de los ecosistemas naturales, la

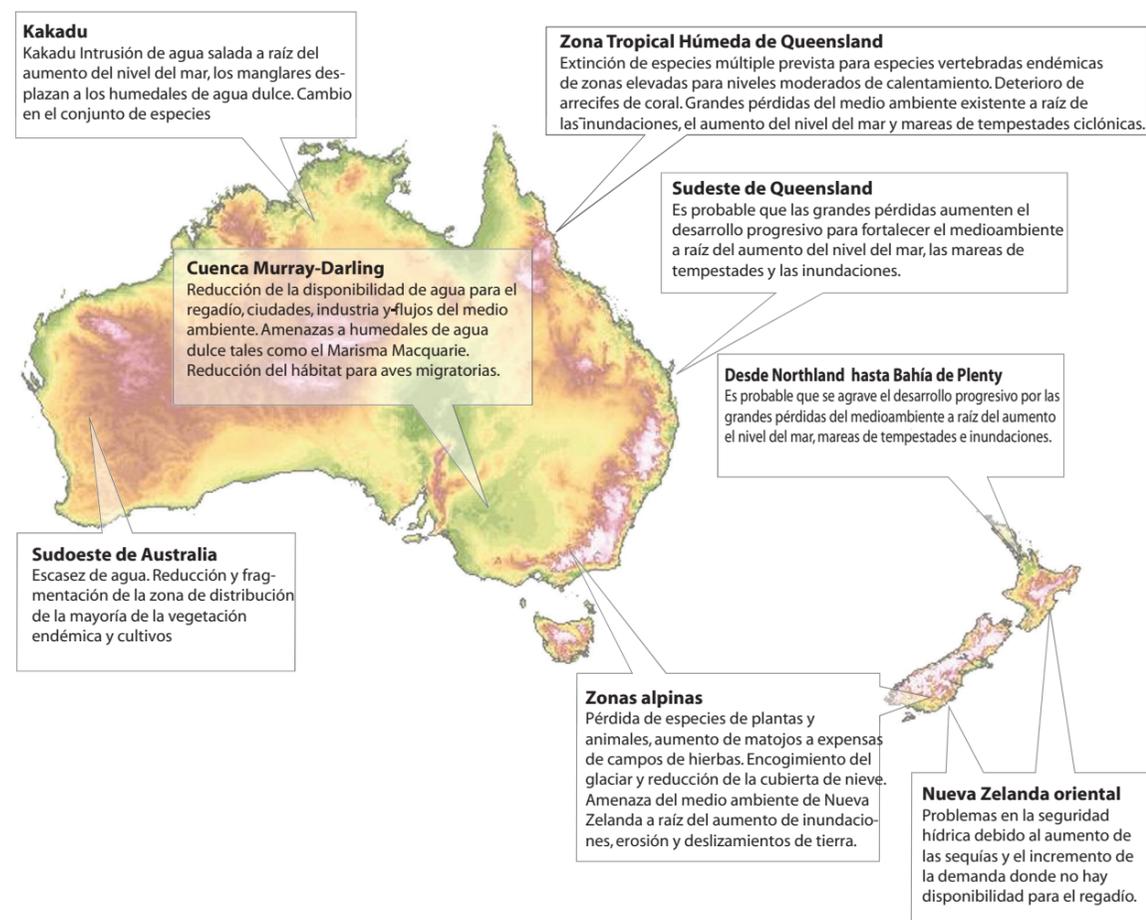
reducción de la capa de nieve estacional y el encogimiento de los glaciares [11.2.2, 11.2.3]. Existen adaptaciones en sectores como el del agua, la agricultura, la horticultura y las costas [11.2.5].

**Resulta prácticamente cierto que el clima del siglo XXI será más cálido, con cambios en los fenómenos meteorológicos extremos (confianza de media a alta).**

Resulta prácticamente cierto que aumente la frecuencia e intensidad de las olas de calor y de los incendios (confianza alta) [11.3]. Es muy probable que aumente la frecuencia e intensidad de las inundaciones, los deslizamientos de tierra, las sequías y los oleajes de tormenta y es probable que disminuya la frecuencia de la nieve y las heladas (confianza alta) [11.3.1]. Es probable que zonas extensas del continente Australiano y del este de Nueva Zelanda presenten poca humedad en los suelos, aunque es probable que el oeste de Nueva Zelanda reciba más cantidad de lluvias (confianza mediana) [11.3].

**Si no hay adaptación, es probable que los impactos del cambio climático sean considerables (confianza alta).**

- Como resultado de la reducción de la precipitación y del aumento de la evaporación, es probable que se intensifiquen los problemas de seguridad del agua para 2030 en el sur y el este de Australia, y en Nueva Zelanda, en Northland y en algunas regiones del este [11.4.1].
- Se pronostica una pérdida significativa de biodiversidad para 2020 en algunos lugares ecológicamente ricos, incluida la Gran Barrera de Arrecifes y la zona tropical húmeda de Queensland. Otros lugares en riesgo son los Humedales de Kakadu, el sudoeste de Australia, los territorios insulares subantárticos y las zonas alpinas de ambos países [11.4.2].
- Se pronostica que el desarrollo continuado de las costas y el crecimiento demográfico en zonas como Cairns y el sudeste de Queensland (Australia), y desde Northland hasta la Bahía de Plenty (Nueva Zelanda), agrave los riesgos de aumento del nivel del mar, y de la gravedad y frecuencia de las tormentas e inundaciones costeras para 2050 [11.4.5, 11.4.7].
- Es probable que aumenten en gran medida los riesgos en infraestructuras fundamentales. Para 2030, es muy probable que se superen los criterios de diseño para fenómenos meteorológicos con más frecuencia. Estos riesgos incluyen fallos en la protección contra



**Gráfico RT.12.** Principales lugares de gran actividad de Australia y Nueva Zelanda, según los siguientes criterios: impactos grandes, poca capacidad de adaptación, población considerable, importancia económica, infraestructuras bastante expuestas, y otros factores de estrés clave (por ejemplo, crecimiento demográfico continuado acelerado, desarrollo progresivo, degradación progresiva de la tierra, pérdida progresiva del hábitat y amenazas a raíz del aumento del nivel del mar). [11.7]

inundaciones y sistemas defectuosos de drenaje/alcantarillado urbano, aumento de los daños por incendios y tormentas, y el aumento de las olas de calor que originarán más muertes y apagones [11.4.1, 11.4.5, 11.4.7, 11.4.10, 11.4.11].

- En gran parte del sur y del este de Australia meridional y oriental y en partes del este de Nueva Zelanda se pronostica una disminución de la producción de agricultura y silvicultura en 2030, debido al aumento de las sequías y a los incendios. Sin embargo, en Nueva Zelanda, se pronostican ventajas iniciales en la agricultura y la silvicultura en zonas occidentales y meridionales y cerca de los ríos principales debido a la prolongación de la estación de crecimiento vegetativo,

la disminución de las heladas y el aumento de la precipitación [11.4.3, 11.4.4].

Es probable que aumente la vulnerabilidad en muchos sectores, dependiendo de la capacidad de adaptación.

- La mayoría de los sistemas humanos tienen una capacidad de adaptación considerable. La región tiene economías bien desarrolladas, amplias capacidades científicas y técnicas, estrategias de mitigación de desastres y medidas de bioseguridad. Sin embargo, es probable que existan costes considerables y restricciones institucionales al aplicar las opciones de adaptación (confianza alta) [11.5]. Algunas comunidades indígenas tienen baja capacidad de adaptación (confianza media) [11.4.8]. La seguridad del agua y las comunidades

costeras son más vulnerables (confianza alta) [11.7].

- Los sistemas naturales tienen una capacidad de adaptación limitada. Es muy probable que las tasas de cambio climático proyectadas excedan a las tasas de adaptación evolutiva en muchas especies (confianza alta) [11.5]. Es muy probable que la pérdida y la fragmentación del hábitat limiten la migración de las especies como respuesta al cambio de zonas climáticas (confianza alta) [11.2.5, 11.5].
- Es probable que la vulnerabilidad aumente debido al aumento de los fenómenos extremos. Es muy probable que aumente el daño económico a raíz de las condiciones meteorológicas extremas y que constituya desafíos clave para la adaptación (confianza alta) [11.5].
- Es probable que la vulnerabilidad aumente para 2050 en algunos lugares de gran actividad identificados (véase el Gráfico RT.12). En Australia, esto incluye: la Gran Barrera de Arrecifes, Queensland oriental, el sudoeste, la Cuenca de Murray-Darling, los Alpes, y Kakadu. En Nueva Zelanda incluye: la Bahía de Plenty, Northland, las regiones orientales y los Alpes meridionales (confianza mediana

### Europa

Por primera vez, se documentan efectos de gran alcance del cambio en el clima actual de Europa (confianza muy alta).

La tendencia al calentamiento y los cambios espaciales variables en la precipitación han afectado a la composición y al funcionamiento de la criosfera (retroceso de glaciares y extensión del permafrost), así como a los ecosistemas naturales y bajo gestión (prolongación de la estación de crecimiento vegetativo, cambios en los ámbitos de las especies y cambios en la salud debido a una ola de calor de magnitudes sin precedentes) [12.2.1]. La ola de calor europea de 2003 (véase el Gráfico RT.13) tuvo efectos clave en los sistemas biofísicos y en la sociedad (se registró aproximadamente un exceso de 35.000 fallecimientos) [12.6.1]. Los cambios observados son congruentes con las proyecciones de los efectos del cambio climático futuro [12.4].

**Aumentarán los peligros climáticos, aunque los cambios variarán dependiendo de la zona geográfica (confianza muy alta).**

Para el decenio de 2020, es probable que aumenten las inundaciones invernales en las regiones marítimas y las inundaciones repentinas en toda Europa [12.4.1]. Es probable que las inundaciones costeras relativas al aumento de las tormentas (especialmente en el noroeste

del Atlántico), y el aumento del nivel del mar pongan en riesgo a 1,5 millones de personas más cada año para el decenio de 2080. Se proyecta un aumento de la erosión de las costas [12.4.2]. Las condiciones climáticas más cálidas y secas provocarán sequías más frecuentes y prolongadas (para 2070, las sequías actuales de cada 100 años tendrán lugar cada 50 años o menos en el sur y el sureste de Europa), así como una estación de incendios más larga y un aumento del riesgo de incendios, especialmente en la región del Mediterráneo [12.3.1, 12.4.4]. Se prevé un mayor aumento de incendios catastróficos en las turberas de drenaje de Europa central y oriental [12.4.5]. Aumentará la frecuencia del desprendimiento de rocas debido a la desestabilización de las laderas de las montañas por el aumento de las temperaturas y el derretimiento del permafrost [12.4.3].

Algunos impactos pueden ser positivos como la reducción de la mortalidad relacionada con el frío debido al aumento de las temperaturas invernales. Sin embargo, en equilibrio, sin medidas de adaptación, se prevé un aumento de los riesgos para la salud debido a olas de calor más frecuentes, fundamentalmente en Europa meridional, central y oriental, a inundaciones y a una mayor exposición a enfermedades transmitidas por vectores y alimentos [12.4.11].

**Es probable que el cambio climático aumente las diferencias regionales en cuanto a recursos y valores naturales de Europa (confianza muy alta).**

Los escenarios de cambio climático indican un calentamiento considerable (A2: de 2,5 a 5,5°C; B2 de 1 a 4°C), mayor en invierno en la zona norte y en verano en la zona central y sur de Europa [12.3.1]. Se pronostica un aumento de la precipitación media anual en el norte y una disminución en el sur. Sin embargo, los cambios estacionales serán más pronunciados: disminución proyectada de la precipitación de verano de 30 a 45% en la Cuenca del Mediterráneo, y además, en Europa oriental y central y, en menor medida, en Europa septentrional, tan al norte como en el centro de la región Escandinava [12.3.1]. Es probable que aumente el reclutamiento y la producción de las pesquerías marinas en el Atlántico Norte [12.4.7]. Es probable que cambie la adaptabilidad de cultivos a todo lo largo de Europa y es probable que aumente la productividad de cultivos (si todos los demás factores se mantienen estables) en Europa septentrional y disminuya en el Mediterráneo y sudeste de Europa [12.4.7]. Se proyecta que los bosques se extiendan en el norte y se reduzcan en el sur [12.4.4]. Es probable que aumente la productividad forestal y el total de la biomasa en el norte y disminuya en Europa central y oriental. Es probable que se acelere la mortalidad de los árboles en

el sur [12.4.4]. Se anticipa la agudización de diferencias en la disponibilidad hídrica entre regiones: aumento de la media anual de la escorrentía en el norte/noroeste y disminución en el sur/sudeste de Europa (se prevé una disminución de hasta el 50% del flujo bajo de verano en Europa central y del 80% en algunos ríos de Europa meridional) [12.4.1, 12.4.5].

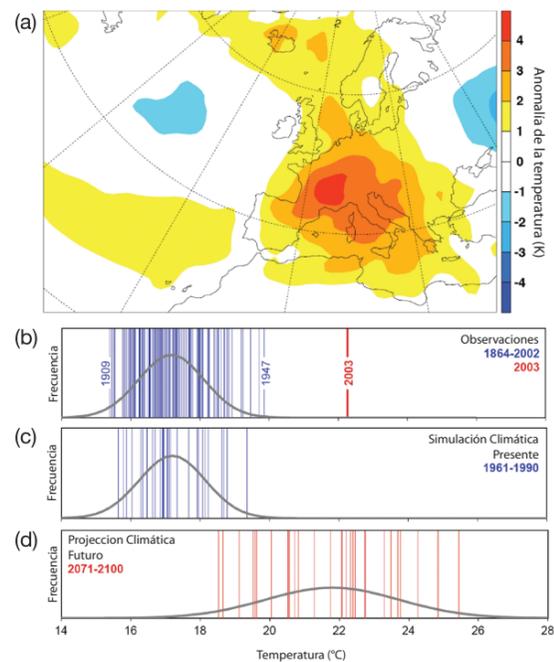
**Es probable que aumente el estrés hídrico, así como la cantidad de personas que viven en cuencas fluviales bajo alto estrés hídrico (confianza alta).**

Es probable que aumente el estrés hídrico en Europa central y meridional. Es probable que aumente el porcentaje de la zona bajo alto estrés hídrico de un 19% a un 35% para el decenio de 2070 y aumento de 16 a 44 millones la cantidad de personas en riesgo [12.4.1]. Las regiones de mayor riesgo son Europa meridional y algunas partes de Europa central y oriental [12.4.1]. Se prevé una disminución media del potencial hidrológico de Europa del 6% y de un 20 a 50% alrededor del Mediterráneo para el decenio de 2070 [12.4.8.1].

**Se prevé que el cambio climático afectará considerablemente a los sistemas naturales y la biodiversidad en Europa (confianza muy alta). Es probable que la mayoría de organismos y ecosistemas se adaptarán con dificultad al cambio climático (confianza alta).**

Es probable que el aumento del nivel del mar cause una migración de las playas hacia el interior y una pérdida de hasta el 20% de los humedales costeros [12.4.2]. Esto reduce la disponibilidad de hábitat para algunas especies que se reproducen o alimentan en las zonas costeras bajas [12.4.6]. Desaparecerán los glaciares pequeños y se reducirán considerablemente los glaciares más grandes (reducciones de volumen proyectadas de entre un 30% y un 70% para 2050) durante el siglo XXI [12.4.3]. Se proyecta la desaparición de muchas zonas del permafrost en el Ártico [12.4.5]. En el Mediterráneo, se proyecta la desaparición de muchos ecosistemas acuáticos efímeros y los ecosistemas permanentes se reducirán y convertirán en efímeros [12.4.5]. Se proyecta que la expansión hacia el norte de los bosques reduzca las zonas de tundra en algunos escenarios [12.4.4]. Las comunidades montañosas se enfrentan a incluso un 60% de pérdidas de especies en escenarios de emisiones altas para 2080 [12.4.3]. Es probable que un gran porcentaje de la flora europea (un estudio indicó que hasta un 50%) se vuelva vulnerable, en peligro o en riesgo de extinción a finales de este siglo [12.4.6]. Es probable que las opciones de adaptación

para algunos organismos y ecosistemas sean limitadas. Por ejemplo, es muy probable que la dispersión limitada reduzca el rango de la mayoría de los reptiles y anfibios [12.4.6]. Es probable que las costas bajas y hundidas geológicamente no se puedan adaptar al aumento del nivel del mar [12.5.2]. No existen opciones obvias de adaptación climática tanto para la vegetación de la tundra, como para la de las regiones alpinas [12.5.3].



**Gráfico RT-13.** Descripción de la ola de calor del verano de 2003: (a) anomalía de temperaturas en JJA con respecto al período 1961-1990; (b-d) temperaturas de junio, julio, y agosto en Suiza; (b) observadas durante 1864-2003; (c) simuladas mediante el uso de un modelo climático regional para el período 1961-1990; (d) simuladas para los años 2071-2100 en el escenario IE-EE A2. Las barras verticales en los paneles (b-d) representan la temperatura superficial media de verano para cada año del período considerado; la curva de Gauss se muestra en negro. [F12.4]

La capacidad de adaptación de los ecosistemas se puede incrementar al reducirse los factores de estrés del ser humano [12.5.3, 12.5.5]. Se necesitarán nuevos sitios de conservación porque es probable que el cambio climático altere las condiciones de adaptabilidad de muchas especies en los sitios actuales (con el cambio climático, para alcanzar los objetivos de conservación, se tendría que incrementar en un 41% el área de la reserva actual en la Unión Europea) [12.5.6].

**Se prevé que algunos impactos futuros del cambio climático afecten negativamente a la mayoría de**

**las regiones europeas y estos impactos impondrán desafíos a muchos sectores económicos (confianza muy alta).**

En la Europa meridional, se proyecta que el cambio climático empeore las condiciones (temperaturas altas y sequías) en una región ya vulnerable a la variabilidad climática. En la Europa septentrional, se proyecta que el cambio climático provoque inicialmente efectos mezclados, incluidos algunos beneficiosos, pero es probable que, a medida que continúe el cambio climático, sus efectos negativos superen a los positivos [12.4].

La agricultura tendrá que afrontar la creciente demanda de agua para riego en la Europa meridional debido al cambio climático (por ejemplo, aumento de la demanda de agua del 2 al 4% para el cultivo del maíz y del 6 al 10% para el de la patata en 2050) y las restricciones adicionales derivadas de la lixiviación de nitrato en los cultivos [12.5.7]. Se prevé que disminuya la demanda de calefacción en el invierno y aumente la demanda de sistemas de refrigeración en el verano debido al cambio climático: alrededor del Mediterráneo, en un año, se necesitará calefacción de dos a tres semanas menos pero, se necesitarán sistemas de enfriamiento de dos a cinco semanas más para 2050 [12.4.8]. Es probable que cambie el nivel máximo de demanda de electricidad en algunos lugares de invierno a verano [12.4.8].

Es probable que disminuya el turismo de verano en el Mediterráneo y aumente el de primavera y otoño. Se anticipa que el sector del turismo de invierno en las montañas tendrá que hacer frente a la disminución de la capa de nieve (se prevé que la duración de la capa de nieve disminuya en varias semanas por cada °C de aumento de temperatura en la región de los Alpes) [12.4.9, 12.4.11].

**Es probable que la adaptación al cambio climático se beneficie de la experiencia obtenida en la respuesta a los fenómenos meteorológicos extremos, específicamente de planes proactivos de adaptación al cambio climático y de gestión de sus riesgos (confianza muy alta).**

Desde el TIE, los gobiernos incrementaron las acciones para afrontar los fenómenos meteorológicos extremos. El modo de pensar actual sobre la adaptación a los fenómenos meteorológicos extremos se ha apartado de la ayuda reactiva después del desastre, hacia una gestión proactiva de los riesgos. Un ejemplo excelente es la aplicación en varios países de sistemas de detección temprana de las olas de calor (Portugal, España, Francia, Reino Unido, Italia, Hungría) [12.6.1]. Otras acciones están enfocadas

en el cambio climático a largo plazo. Por ejemplo, se han creado planes nacionales de acción para la adaptación al cambio climático [12.5] y se han incorporado planes más específicos a las políticas nacionales de Europa relacionadas con la agricultura, la energía, la silvicultura, el transporte y otros sectores [12.2.3, 12.5.2]. Además, la investigación ha proporcionado nuevas visiones a las políticas de adaptación (por ejemplo, los estudios indican que los cultivos que pierden su viabilidad económica debido al cambio climático se pueden sustituir provechosamente por cultivos bioenergéticos) [12.5.7].

Aunque se prevé que varíen en gran medida la eficacia y la viabilidad de las medidas de adaptación, sólo unos pocos gobiernos e instituciones han examinado de manera sistemática y crítica un programa de medidas. Por ejemplo, algunos reservorios utilizados en la actualidad como medida de adaptación a la fluctuación en la precipitación pueden convertirse en no fiables en regiones donde se proyecta una disminución de la precipitación a largo plazo [12.4.1]. La gama de opciones de gestión para afrontar los cambios climáticos varía en gran medida según los tipos de bosques porque algunos tipos tienen más opciones que otros [12.5.5].

### **América Latina**

**La variabilidad climática y los fenómenos meteorológicos extremos han afectado gravemente a la región de América Latina en últimos años (confianza alta).**

Se han producido fenómenos meteorológicos extremos muy inusuales en la región, como intensas lluvias en Venezuela (1999, 2005), inundaciones en la Pampa Argentina (2000, 2002), sequía en el Amazonas (2005), tormentas de granizo en Bolivia (2002) y en la zona del Gran Buenos Aires (2006), el inaudito huracán Katrina en el Atlántico Sur (2004) y la temporada ciclónica récord de 2005 en el Caribe [13.2.2]. Históricamente, la variabilidad climática y los fenómenos extremos han tenido efectos negativos en la población, al aumentar la mortalidad y morbilidad en las zonas afectadas. El desarrollo actual de las técnicas meteorológicas de pronósticos puede mejorar la información necesaria para el bienestar y seguridad de los seres humanos. Sin embargo, la falta de equipos de observación modernos y de información muy necesaria sobre el aire superior, la baja densidad de las estaciones meteorológicas, la poca fiabilidad de los partes meteorológicos y la falta de supervisión de las variables climáticas obstaculizan la calidad de los pronósticos. Esta situación produce un efecto adverso en

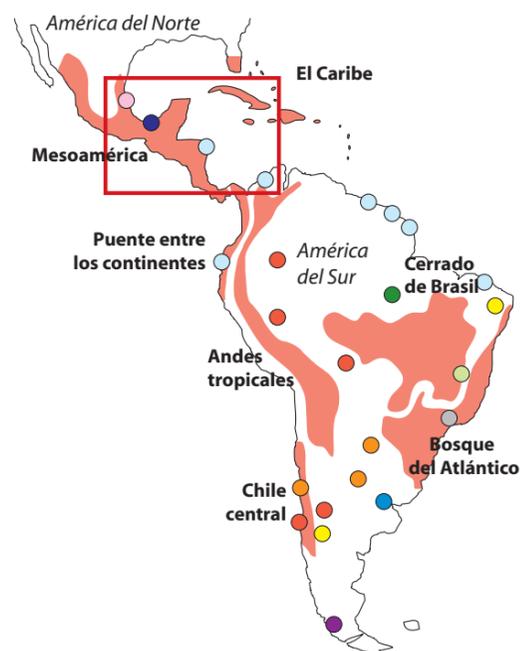
el público, provocando que este no aprecie los servicios meteorológicos aplicados y no se fíe de los registros climáticos. Además, estas deficiencias afectan a los servicios de observaciones hidrometeorológicas y tienen un efecto negativo en la calidad de los avisos tempranos y en partes de alerta (confianza media). [13.2.5].

**En los últimos decenios se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos de temperatura (confianza alta).**

Los aumentos de la precipitación en el sudeste de Brasil, Paraguay, Uruguay, la Pampa Argentina y algunas partes de Bolivia han provocado efectos en el uso de los terrenos y el rendimiento de los cultivos y han aumentado la intensidad y frecuencia de las inundaciones. Por otra parte, se observó una tendencia a la disminución de la precipitación en Chile meridional, el sudoeste de Argentina, Perú meridional y América Central occidental. Se han observado aumentos en la temperatura de aproximadamente 1°C en Mesoamérica y Sudamérica y de 0,5°C en Brasil. Como consecuencia del aumento de las temperaturas, la tendencia a la reducción de los glaciares de la que se informa en el TIE se acelera (confianza muy alta). Esta situación es crítica en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador, donde la disponibilidad de agua ya está en riesgo, tanto para el consumo, como para la generación de energía hidroeléctrica [13.2.4]. Se prevé que estos problemas de suministro aumenten en el futuro, volviéndose crónicos si no se planifican y aprueban las medidas de adaptación apropiadas. En los próximos decenios es muy probable que desaparezcan los glaciares andinos intertropicales lo cual afectaría a la disponibilidad de agua y la generación de energía hidroeléctrica (confianza alta) [13.2.4].

**Los cambios en el uso de los terrenos han intensificado el uso de recursos naturales y han empeorado muchos de los procesos de degradación de la tierra (confianza alta).**

Los procesos de degradación afectan de manera moderada o grave a casi tres cuartos de la superficie seca de la tierra. Los efectos combinados de la actividad del ser humano y el cambio climático han provocado una disminución de la capa terrestre natural, la cual continúa disminuyendo a tasas muy altas (confianza alta). En concreto, las tasas de deforestación de los bosques tropicales han aumentado durante los últimos cinco años. Existen pruebas de que los aerosoles de la quema de biomasa pueden cambiar la temperatura y precipitación regionales en la parte meridional del Amazonas (confianza mediana). La quema de biomasa también afecta la calidad regional del aire lo cual implica daños a la salud humana. La acción sinérgica



- Arrecifes de coral y manglares seriamente amenazados por una TSM más cálida.
- Es muy probable que desaparezcan los manglares de las líneas costeras bajas en el peor escenario de aumento del nivel del mar.
- Amazonas: pérdida del 43% de 69 especies de árboles a finales del siglo XXI; conversión en sabanas de la parte oriental.
- Cerrados: Pérdidas del 24% de 138 especies de árboles para un aumento de temperatura de 20°C.
- Reducción de las tierras adecuadas para el cultivo de café.
- Aumento de la aridez y escasez de recursos hídricos
- Aumento pronunciado de la extinción de: mamíferos, aves, mariposas, ranas y reptiles para 2050
- Disminución severa de la disponibilidad de agua y generación hidroeléctrica a raíz de la reducción de los glaciares
- Agotamiento del ozono y cáncer de piel
- Degradación y desertificación severas de la tierra
- Costas del Río de la Plata amenazadas por el aumento de las mareas de tempestades y del nivel del mar.
- Aumento de la vulnerabilidad a fenómenos meteorológicos extremos.  
Las áreas en rojo corresponden a sitios donde la biodiversidad está severamente amenazada en la actualidad y es muy probable que esta tendencia continúe en el futuro.

**Gráfico RT.14.** Lugares clave de gran actividad en América Latina donde se prevé que los efectos del cambio climático sean especialmente graves [13.4]

de los cambios en el uso de los terrenos y de los cambios climáticos aumentará considerablemente el riesgo de incendios en la vegetación (confianza alta) [13.2.3, 13.2.4].

El calentamiento medio proyectado para América Latina a finales del siglo XXI, de acuerdo con modelos climáticos

diferentes, fluctúa de 1 a 4°C para el escenario de emisión IE-EE B2 y de 2 a 6°C para el escenario A2 (confianza mediana).

La mayoría de las proyecciones de GCM indican anomalías en la precipitación mayores que las actuales (positivas y negativas) para las partes tropicales de América Latina y menores para la parte extra tropical de América del Sur. Los cambios en la temperatura y en la precipitación tendrán efectos graves en los lugares de gran actividad ya vulnerables que muestra el Gráfico RT.14. Además, es probable que aumente en el futuro la frecuencia de aparición de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, así como la frecuencia e intensidad de los huracanes en la Cuenca del Caribe [13.3.1, 13.3.1].

**El cambio climático futuro pone en peligro de extinción a especies importantes en muchas zonas tropicales de América Latina (confianza alta).**

Se prevé que los bosques tropicales se conviertan en sabanas gradualmente a mediados de siglo en la zona este del Amazonas y en los bosques tropicales de México central y meridional, y que la vegetación semiárida pase a ser árida en partes del nordeste de Brasil y en la mayoría de la zona central y septentrional de México debido a los aumentos de temperatura y a las disminuciones asociadas del agua de los suelos (confianza alta) [13.4.1]. Para el decenio de 2050, es muy probable que el 50% de las tierras agrícolas se enfrenten a la desertificación y a la salinización en algunas zonas (confianza alta) [13.4.2]. Existe un riesgo de pérdida importante de la biodiversidad debido a la extinción de especies en muchas zonas tropicales de América Latina. En América Latina se encuentran siete de las veinticinco regiones más críticas del mundo con concentraciones altas de especies endémicas y estas zonas están padeciendo la pérdida del hábitat. Se han aplicado o planificado reservas biológicas y corredores ecológicos a fin de mantener la biodiversidad en ecosistemas naturales. Esto puede servir como medida de adaptación para ayudar a proteger los ecosistemas ante el cambio climático [13.2.5].

**Es probable que para el decenio de 2020 el aumento neto de la cantidad de personas con estrés hídrico debido al cambio climático sea de entre 7 y 77 millones (confianza media).**

Para la segunda mitad del siglo XXI, la reducción potencial de la disponibilidad de agua y la demanda creciente de la población regional podría aumentar esta cifra entre 60 y 150 millones [13.4.3].

**Es probable que haya reducciones generalizadas en el rendimiento del arroz para el decenio de 2020, así como aumentos en el rendimiento de las semillas de soja en las zonas templadas si se tienen en cuenta los efectos del CO<sub>2</sub> (confianza media).**

Para otros cultivos (trigo, maíz), la respuesta proyectada al cambio climático es más errática y depende del escenario seleccionado. Si se asumen bajos efectos de fertilización por CO<sub>2</sub>, es probable que la cantidad adicional de personas en riesgo de hambruna en el escenario A2 ascienda a 5, 26 y 85 millones en 2020, 2050 y 2080, respectivamente (confianza media). Es probable que disminuyan la productividad de la ganadería y los productos lácteos debido al aumento de las temperaturas [13.4.2].

**Es muy probable que los aumentos previstos en el nivel del mar, la variabilidad meteorológica y climática, y los fenómenos extremos afecten a las zonas costeras (confianza alta).**

Durante los últimos 10 o 20 años la tasa de aumento del nivel del mar aumentó de 1 a 2-3 mm/año en el sudeste de América del Sur [13.2.4]. En el futuro, se proyecta que la subida del nivel del mar aumente los riesgos de inundaciones en zonas bajas. Se podrían observar efectos adversos en (i) zonas bajas (por ejemplo, en El Salvador, Guayana, la costa de la provincia de Buenos Aires), (ii) edificios y turismo (por ejemplo, en México, Uruguay), (iii) morfología costera (por ejemplo, en Perú), (iv) manglares (por ejemplo, en Brasil, Ecuador, Colombia, Venezuela), (v) disponibilidad de agua potable en la costa del Pacífico de Costa Rica, Ecuador y el estuario del Río de La Plata [13.4.4].

**Los planes futuros de desarrollo sostenible deben incluir estrategias de adaptación para mejorar la integración del cambio climático en las políticas de desarrollo (confianza alta).**

Se han propuesto varias medidas de adaptación para los sectores costeros, agrícolas, hídricos y de salud. Sin embargo, la eficacia de estos esfuerzos es superada por la falta de creación de capacidad y marcos políticos, institucionales y tecnológicos apropiados, por los bajos ingresos y por los asentamientos humanos en zonas vulnerables, entre otros. El nivel actual de desarrollo de redes de observación y supervisión necesita obligatoriamente mejoras, creación de capacidad y el fortalecimiento de las comunicaciones a fin de permitir un funcionamiento eficaz de los sistemas de observación del medioambiente y una propagación fiable de los avisos tempranos. De lo contrario, es probable que los objetivos

del desarrollo sostenible de los países de América Latina se pongan en peligro. De esta manera, la capacidad de estos países para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio, entre otros, se ve afectada de un modo adverso [13.5].

### América del Norte

**América del Norte tiene una considerable capacidad de adaptación que se ha desplegado con eficacia en muchas ocasiones, pero esta capacidad no siempre ha protegido a su población de los impactos adversos de la variabilidad climática y de los fenómenos meteorológicos extremos (confianza muy alta).**

Los daños y pérdidas de vidas humanas debido al huracán Katrina en agosto de 2005 ilustran las limitaciones de la capacidad de adaptación existente respecto a fenómenos extremos. La tradición e instituciones de América del Norte fomentan un marco de respuesta descentralizada donde las tendencias de adaptación tienden a ser reactivas, distribuidas irregularmente y centradas en afrontar en vez de prevenir los problemas. Un requisito previo del desarrollo sostenible es integrar los problemas del cambio climático en la toma de decisiones [14.2.3, 14.2.6, 14.4, 14.5, 14.7].

**Es muy importante enfatizar la necesidad de una adaptación eficaz, porque el daño económico que ocasionan los fenómenos meteorológicos extremos es probable que continúe aumentando. Las consecuencias directas e indirectas del cambio climático desempeñan un papel cada vez mayor (confianza muy alta).**

En los últimos decenios, se cuadruplicó el daño económico de los huracanes en América del Norte (Gráfico RT.15) principalmente a raíz del aumento del valor de las infraestructuras en riesgo [14.2.6]. Los costes para América del Norte suponen miles de millones de dólares en propiedades dañadas y en la disminución de la productividad económica, así como en vidas humanas truncadas y pérdidas [14.2.6, 14.2.7, 14.2.8]. Las privaciones provocadas por los fenómenos meteorológicos extremos afectan desproporcionadamente a aquellos con desventajas sociales y económicas, fundamentalmente los pobres y los pueblos indígenas de América del Norte [14.2.6].

**Es probable que el cambio climático agrave otros factores de tensión sobre las infraestructuras, la salud y la seguridad en los centros urbanos (confianza muy alta).**

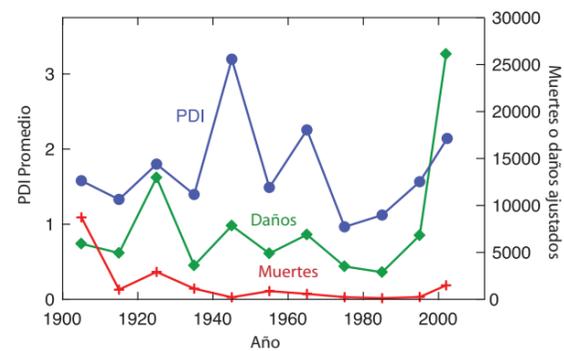


Gráfico RT.15. Promedio por decenios (promedio de seis años para 2000-2005) de la energía total disipada por los huracanes (PDI); de los fallecimientos, y de los daños económicos ajustados a la inflación (en miles de dólares estadounidenses USD) provocados por los huracanes que tocaron tierra en Estados Unidos a partir de 1900. [F14.1]

Es muy probable que los efectos del cambio climático se hayan producido por las islas de calor urbanas, la contaminación del aire y agua, el envejecimiento de las infraestructuras, la mala adaptación de construcciones y formas urbanas, los desafíos en la calidad y abastecimiento de agua, el crecimiento de la emigración y el crecimiento demográfico, así como por el envejecimiento de la población. [14.3.2, 14.4.1, 14.4.6].

**Es muy probable que las comunidades y hábitat costeros reciban la influencia de los factores de tensión de los impactos del cambio climático en interacción con el desarrollo y la contaminación (confianza muy alta).**

El nivel del mar aumenta en muchas zonas de la costa y es probable que aumente en el futuro la tasa de cambio. Esto provocaría la agudización de los impactos de inundaciones progresivas, inundaciones por mareas de tempestades y la erosión de la ribera costera [14.2.3, 14.4.3]. Es probable que aumente la severidad de los impactos de tempestades, fundamentalmente en las costas del Golfo y el Atlántico [14.4.3]. Los marismas de agua salada, otros hábitat costeros y las especies dependientes están amenazadas en la actualidad y aún más en decenios futuros por el aumento del nivel del mar, las estructuras fijas que impiden la migración tierra adentro y los cambios en la vegetación [14.2]. El crecimiento demográfico unido al creciente valor de la infraestructura en las zonas costeras aumentan la vulnerabilidad a la variabilidad climática y al cambio climático futuro y se proyecta que las pérdidas sean mayores si la intensidad de las tempestades tropicales aumenta. La adaptación actual a los riesgos de las costas es

desigual y la preparación para el aumento de la exposición es baja [14.2.3, 14.4.3, 14.5].

**Las temperaturas más cálidas y los fenómenos meteorológicos extremos ya causan efectos adversos en la salud mediante la mortalidad ocasionada por el calor, la contaminación, los daños y muertes provocadas por las tormentas y las enfermedades infecciosas; y es probable, en ausencia de contramedidas eficaces, que aumenten a raíz del cambio climático (confianza muy alta).**

Dependiendo de los avances en el sector de la salud, las infraestructuras, la tecnología y el acceso, el cambio climático puede aumentar el riesgo de muerte por olas de calor, enfermedades transmitidas por el agua y el empeoramiento de su calidad [14.4.1], enfermedades respiratorias debidas a la exposición al polen y al ozono, y enfermedades transmitidas por vectores (confianza baja) [14.2.5, 14.4.5].

**Es muy probable que el cambio climático restrinja los ya muy utilizados recursos hídricos de América del Norte en interacción con otros factores de estrés (confianza alta).**

La disminución de la cantidad de nieve y el incremento de la evaporación a raíz del aumento de las temperaturas es muy probable que afecten al tiempo de duración y disponibilidad del agua e intensifiquen la competencia entre los usos [R14.2, 14.4.1]. Es muy probable que el calentamiento cree más estrés sobre la disponibilidad de agua subterránea, como también lo harán los efectos del aumento de la demanda debida al desarrollo económico y el crecimiento demográfico (confianza media) [14.4.1].

En la zona de los Grandes Lagos y en algunos sistemas fluviales importantes es probable que los niveles de agua más bajos agraven los problemas de la calidad del agua, la navegación, la generación hidroeléctrica, las desviaciones de agua y la cooperación bilateral [14.4.1, C14.2].

**Aumentan las alteraciones como los incendios y las plagas de insectos que probablemente se intensifiquen en un futuro más cálido con suelos más secos y estaciones de crecimiento más prolongadas, e interactúen con el cambio en el uso de los terrenos y el desarrollo. Esto afectaría al futuro de los ecosistemas terrestres silvestres (confianza alta).**

Las últimas tendencias climáticas han aumentado la producción primaria neta de los ecosistemas y es probable que esta tendencia continúe en los próximos decenios [14.2.2]. Sin embargo, aumenta la cantidad de incendios

y de plagas de insectos y esta tendencia es probable que se intensifique en un futuro más cálido [14.4.2, C14.1]. A lo largo del siglo XXI, es probable que la tendencia de los ecosistemas y especies a desplazarse hacia el norte y hacia elevaciones más altas reestructure el mapa de los ecosistemas de América del Norte. El aumento continuado de las alteraciones probablemente limite el almacenamiento de carbono, facilite las invasiones y aumente el potencial de cambios en los servicios de los ecosistemas [14.4.2, 14.4.4].

### Las regiones polares

**Los efectos del cambio climático en el medioambiente muestran profundas diferencias regionales tanto dentro como entre las regiones polares (confianza muy alta).**

Los efectos del cambio climático en el Ártico durante el próximo siglo es probable que superen a los cambios pronosticados para muchas regiones. No obstante, la complejidad de las respuestas en sistemas biológicos y humanos y el hecho de que están sujetas a factores de estrés múltiples significa que es muy difícil predecir los impactos del cambio climático en estos sistemas. Los cambios en la Península Antártica, los territorios insulares subantárticos y el Océano Meridional han sido también rápidos y se prevén efectos más graves en el futuro. Las pruebas del cambio progresivo en el resto del continente Antártico son menos concluyentes, por tanto, es difícil predecir los posibles efectos. En ambas regiones polares, resulta especialmente difícil evaluar los impactos económicos debido a la falta de información disponible [15.2.1, 15.3.2, 15.3.3].

**Aumentan las pruebas de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas en ambas regiones polares (confianza alta).**

Se observa un cambio en la composición y el ámbito de plantas y animales en la Península Antártica y en los territorios insulares subantárticos. Existe un aumento documentado del total del verdor en diferentes partes del Ártico, un aumento en la productividad biológica, un cambio en el ámbito de especies (por ejemplo, cambios de tundra a arboledas), algunos cambios en la ubicación del límite arbóreo septentrional y cambios en el ámbito y abundancia de algunas especies de animales. Las investigaciones demuestran que continuarán los cambios en la biodiversidad y la reubicación de la vegetación de la zona en el Ártico y la Antártida. La migración hacia los polos de las especies existentes y la competencia de especies invasivas ya tiene lugar y seguirá modificando la composición y la abundancia de las especies en sistemas

terrestres y acuáticos. La vulnerabilidad asociada se relaciona con la pérdida de biodiversidad y con la propagación de enfermedades transmitidas por animales [15.4.2, 15.4.2, 15.2.2].

**La continuidad de los cambios hidrológicos y criosféricos tendrá efectos regionales considerables sobre los sistemas de agua dulce, los ribereños y los marinos cercanos al litoral ártico (confianza alta).**

El flujo conjunto de los ríos de Eurasia que desembocan en el Océano Ártico muestra un aumento desde la década de 1930, que se corresponde en gran medida al aumento de la precipitación. Sin embargo, los cambios en los procesos criosféricos (el derretimiento de la nieve, el deshielo del permafrost) también modifican la ruta y la estacionalidad del flujo. [15.3.1, 15.4.1].

**La disminución del hielo marino ártico en los últimos decenios ha provocado mejoras en el acceso marino, cambios en la producción ecológica/biológica de las costas, efectos adversos en muchos mamíferos marinos que dependen del hielo y un aumento de la acción de las olas en las costas (confianza alta).**

La disminución continuada del hielo marino provocará oportunidades y problemas regionales. La disminución del hielo de agua dulce afectará la ecología de ríos y lagos y la producción biológica, y hará necesarios cambios en el transporte acuático. Para la mayoría de las partes interesadas, pueden aumentar los beneficios económicos, pero algunas actividades y medios de subsistencia se pueden ver afectados de manera adversa [15.RE, 15.4.7, 15.4.3, 5.4.1, 15.4.1].

**En los alrededores de la Península Antártica la disminución documentada de la abundancia de kril unida al aumento de la abundancia de salpa se ha atribuido a la reducción regional de la extensión y duración del hielo marino (confianza media).**

De existir una mayor disminución del hielo marino, es probable que disminuya el kril, lo que tendría un impacto en los depredadores que ocupan un nivel superior en la cadena alimentaria [15.2.2, 15.6.3].

**El calentamiento de zonas septentrionales de los océanos polares ha provocado un impacto negativo en la composición de la comunidad, en la biomasa y en la distribución del fitoplancton y el zooplancton (confianza media).**

El efecto de los cambios presentes y futuros sobre los depredadores mayores, los peces y la pesquería dependerá

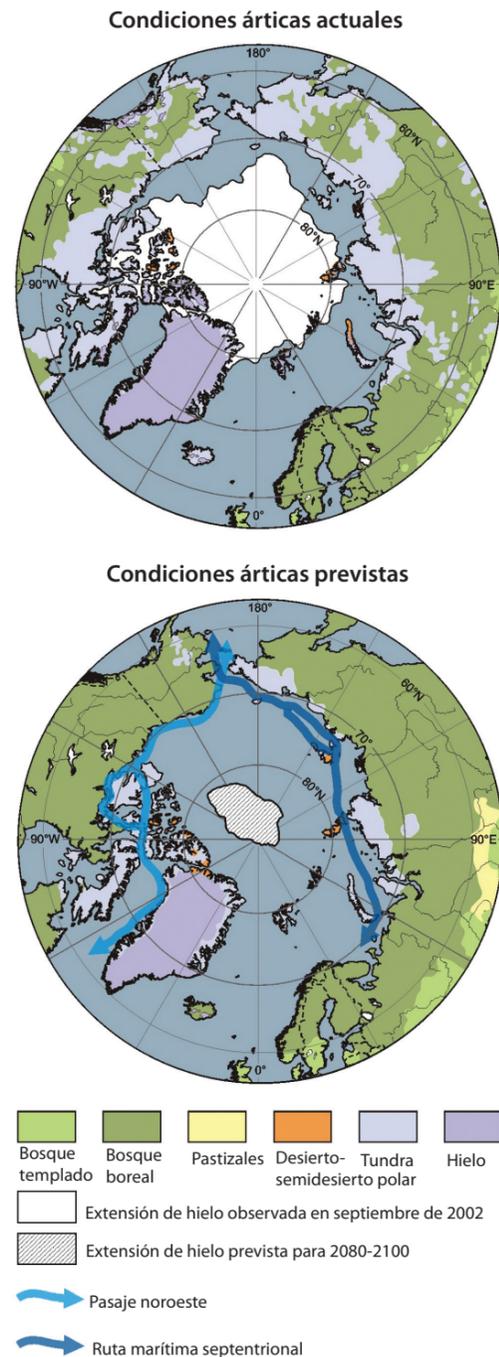


Gráfico RT.16. Vegetación de las regiones árticas y vecinas. Superior: vegetación en la actualidad, según encuestas de floricultura. Inferior: modelizada para 2090-2100 en el escenario de emisiones IS92a

de cada región y tendrá efectos beneficiosos y nocivos [15.2.2].

**La mayoría de las comunidades humanas del Ártico ya se han ido adaptando al cambio climático (confianza alta).**

Los pueblos indígenas han mostrado capacidad de resistencia a los cambios en sus entornos locales durante cientos de años. Algunas comunidades indígenas se adaptan mediante cambios en regímenes de gestión de la fauna y prácticas de caza. Sin embargo, los factores de estrés, además del cambio climático, unidos a una migración hacia comunidades distantes y pequeñas, al aumento de la implicación en economías de empleo y a los trabajos sedentarios pondrán en riesgo la capacidad de adaptación y aumentarán la vulnerabilidad. Algunos modos de vida tradicionales están en peligro y se precisan inversiones sustanciales para la adaptación o la reubicación de estructuras físicas y de comunidades [15.4.6, 15.5, 15.7].

**Un clima menos severo en las regiones septentrionales provocará beneficios económicos positivos para algunas comunidades (confianza muy alta).**

Los beneficios dependerán de las condiciones locales particulares pero supondrán, en algunos lugares, la reducción de los costes de calefacción, el aumento de las opciones de la agricultura y la silvicultura, el aumento de las rutas marinas septentrionales navegables y el acceso marino a los recursos [15.4.2].

**Los efectos del cambio climático futuro en las regiones polares provocarán retroefectos que tendrán consecuencias considerables a nivel mundial durante el próximo siglo (confianza alta).**

El deshielo terrestre continuo aumentará el nivel del mar mundial. La debilitación de la circulación termohalina a raíz del aumento neto del flujo fluvial hacia el Océano Ártico y el aumento resultante de los flujos de agua dulce hacia el Atlántico Norte supondrán un efecto clave. Es probable que aumente en un 20% el flujo fluvial total hacia el Océano Ártico bajo condiciones dobles de CO<sub>2</sub>. El calentamiento descubrirá más terreno en el Ártico y en la Península Antártica que será ocupado por la vegetación (Gráfico RT.16). Los últimos modelos predicen una disminución en el albedo debida al deshielo y al cambio de la vegetación; y la transformación de la tundra en un sumidero pequeño de carbono, aunque el aumento de las emisiones de metano provenientes del deshielo del permafrost puede contribuir al calentamiento climático [15.4.1, 15.4.2].

### Pequeños territorios insulares

**Los pequeños territorios insulares poseen características que los hacen especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático, al aumento del nivel del mar y a los fenómenos meteorológicos extremos (confianza muy alta).**

Esto incluye su tamaño limitado y su tendencia a los peligros naturales y a los impactos externos. Tienen una baja capacidad de adaptación y los costes de esta son altos respecto al PIB [16.5].

**Se espera que el aumento del nivel del mar agrave las inundaciones, los oleajes de tormentas, la erosión y otros peligros costeros, poniendo en peligro la infraestructura vital que sostiene el bienestar socioeconómico de las comunidades insulares (confianza muy alta).**

Algunos estudios indican que el aumento del nivel del mar puede ocasionar la pérdida de tierra e inundaciones costeras, mientras otros apuntan que algunos territorios insulares son morfológicamente resistentes y se prevé se mantengan [16.4.2]. En los territorios insulares del Pacífico y el Caribe más del 50% de la población vive a una distancia de la costa de 1,5 km. Casi sin excepción, los puertos y aeropuertos, las principales arterias viales, las redes de comunicación, las instalaciones y otras infraestructuras clave en los pequeños territorios insulares de los Océanos Índico y Pacífico suelen estar situadas en las zonas costeras (Tabla RT.2.). Es probable que los cambios en los ciclones tropicales incrementen el riesgo de aumento del nivel del mar [16.4.5, 16.4.7].

**Hay pruebas contundentes de que en escenarios con mayores cambios climáticos, es probable que los recursos hídricos en los pequeños territorios insulares estén gravemente en peligro (confianza muy alta).**

La mayoría de los pequeños territorios insulares dispone de poco agua. Muchos de los que están en el Mar Caribe y el Océano Pacífico padecerán probablemente un aumento del estrés hídrico a raíz del cambio climático [16.4.1]. Las predicciones de todos los escenarios IE-EE para esta región muestran la disminución de la precipitación en verano, por tanto, es improbable que se satisfaga la demanda en periodos de poca precipitación. El aumento de la precipitación en invierno probablemente no compensará la demanda debido a la falta de almacenaje y al aumento de la escorrentía durante las tormentas [16.4.1].

**Es muy probable que el cambio climático tenga efectos graves en los arrecifes de coral, las pesquerías**

### y otros recursos marinos (confianza alta).

Las pesquerías proporcionan un aporte importante al PIB de muchos pequeños territorios insulares. Los cambios en el suceso e intensidad de fenómenos como la Oscilación del Sur El Niño (ENSO) probablemente tengan efectos graves en las pesquerías comerciales y artesanales. El aumento de las temperaturas superficiales marinas y la subida del nivel del mar, unas aguas más turbias, la carga de nutrientes y la contaminación química, los daños producidos por los ciclones tropicales y la disminución en las tasas de crecimiento a raíz de los efectos de una mayor concentración de CO<sub>2</sub> en la composición química de los océanos, ocasionarán muy probablemente la decoloración y mortalidad de los corales [16.4.3].

### En algunos territorios insulares, fundamentalmente en aquellos en latitudes altas, el calentamiento ya produjo la sustitución de algunas especies locales (confianza alta).

Resulta prácticamente cierto que las especies invasivas no indígenas colonizan los territorios insulares de latitudes medias y altas. Estas especies estaban limitadas al principio por condiciones desfavorables de temperatura (véase Tabla RT.2). Resulta prácticamente cierto que el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos a corto plazo afecta a las repuestas de adaptación de los bosques en los territorios insulares tropicales, donde a menudo la regeneración es lenta. La acción de los ciclones o de las tormentas violentas puede diezmar fácilmente los bosques en muchos territorios insulares debido a su tamaño pequeño. Es probable que aumenten los bosques en algunos territorios insulares de latitudes altas [16.4.4, 15.4.2].

### Es muy probable que el cambio climático afecte adversamente a la agricultura comercial y de subsistencia en los pequeños territorios insulares (confianza alta).

Es muy probable que el aumento del nivel del mar, las inundaciones, la intrusión de agua del mar en depósitos de agua dulce, la salinización de los suelos y la falta de agua provoquen un impacto adverso en la agricultura costera. Lejos de las costas, es probable que los cambios en los fenómenos extremos (por ejemplo, las inundaciones y las sequías) tengan un efecto negativo en la producción agrícola. Unas medidas de adaptación adecuadas pueden reducir estos efectos. En algunos territorios insulares de

latitud alta, pueden surgir nuevas oportunidades para aumentar la producción agrícola [16.4.3, 15.4.2].

### Los últimos estudios confirman los hallazgos previos de que probablemente los efectos del cambio climático en el turismo sean directos e indirectos y mayormente negativos (confianza alta).

El turismo es la fuente principal del PIB y del empleo en la mayoría de los pequeños territorios insulares. Es probable que la subida del nivel del mar y el aumento de la temperatura de las aguas marinas contribuya a acelerar la erosión de las playas y a degradar y decolorar los arrecifes de coral (Tabla RT.2). Además, la pérdida del patrimonio cultural a raíz de inundaciones y crecidas reducirá el valor del ocio de los usuarios de las costas. Aunque un clima más cálido puede reducir la cantidad de personas que visitan los pequeños territorios insulares en latitudes bajas, puede tener el efecto contrario en territorios insulares de latitudes medias y altas. Sin embargo, es probable que la escasez de agua y el aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores disuadan a los turistas [16.4.6].

### Existe una creciente preocupación de que el cambio climático mundial probablemente tenga impactos de naturaleza adversa en la salud (confianza media).

La mayoría de los pequeños territorios insulares está ubicada en zonas subtropicales y el clima es propenso a la transmisión de enfermedades como el paludismo, el dengue, la filiarisis, la esquistosomiasis y las enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua. Los brotes de enfermedades provocadas por el clima pueden ser costosos en términos de pérdidas de vidas humanas e impactos económicos. Es probable que el aumento de las temperaturas y la disminución de la disponibilidad de agua a raíz del cambio climático incrementen el peso de las enfermedades infecciosas y diarreicas en algunos de los pequeños territorios insulares [16.4.5].

#### RT.4.3. Magnitudes del impacto para diferentes cantidades de cambio climático

### Las magnitudes de los impactos pueden estimarse ahora más sistemáticamente para una gama de posibles aumentos de la temperatura media mundial.

Desde la realización del Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, muchos estudios adicionales, particularmente en regiones donde se había investigado

Latitud	Región y sistema en riesgo	Efectos y vulnerabilidad
Alta	Islandia y territorios insulares árticos aislados, isla de Svalbard y las islas Feroe: ecosistemas marinos y especies de plantas	desequilibrio entre la pérdida de especies y su sustitución provoca una pérdida inicial de diversidad. El desplazamiento hacia el norte de los arbustos enanos y la de la vegetación donde predominan los árboles hacia zonas ricas en especies endémicas extrañas trae como consecuencia la pérdida de las especies endémicas. Una gran reducción, o la desaparición total, del capelán islandés provoca impactos negativos considerables en la mayoría de los peces comerciales, ballenas y gaviotas.
	Territorios insulares de latitudes altas (Islas Feroe): especies de plantas	Escenario I (la temperatura aumenta 20C): las especies más afectadas por el calentamiento se restringen a la parte más alta de las montañas. Para otras especies, el efecto sería fundamentalmente la migración hacia el norte. Escenario II (la temperatura disminuye 20C): las especies afectadas por el enfriamiento son aquellas de latitudes bajas.
Media	Islas subantárticas Marion: ecosistema	Los cambios afectarán directamente la biota indígena. Una amenaza aún mayor es que un clima más cálido aumentaría la facilidad con la que las especies forasteras invaden los territorios insulares. Los impactos del cambio climático son insignificantes en muchos ecosistemas marinos simulados.
	Cinco territorios insulares en el Mar Mediterráneo: ecosistemas	La invasión en ecosistemas insulares se convierte en un problema creciente. A largo plazo, las plantas exóticas dominarán los ecosistemas independientemente de las tasas de alteración.
	Mediterráneo: aves migratorias (papamoscas cerrojillo: <i>Ficedula hypoleuca</i> )	Reducción de las tasas de supervivencia de polluelos y pichones de papamoscas cerrojillo en dos de las poblaciones de crías europeas más meridionales.
Baja	Pacífico y Mediterráneo: maleza ( <i>Chromolaena odorata</i> )	Territorios insulares del Pacífico en riesgo de invasión de maleza. Se prevé que el clima templado y semiárido del Mediterráneo impida la invasión.
	Pequeños territorios insulares del Pacífico: erosión costera, recursos hídricos y asentamientos humanos	La erosión costera acelerada, la intrusión de agua salada en el agua dulce y el aumento de las inundaciones del mar causan grandes efectos en los asentamientos humanos. La disminución de la precipitación unida al aumento acelerado del nivel del mar representan una amenaza para los recursos hídricos. Es probable que la reducción del 10% en el promedio de precipitación para 2050 corresponda a la reducción del 20% de la cantidad de depósitos de agua dulce en el atolón de Tarawa, Kiribati.
	Samoa, otros quince territorios insulares del Pacífico: manglares	50% de pérdida en la zona de manglares en Samoa; 12% de reducción de la zona de manglares en otros quince territorios insulares del Pacífico.
	Caribe (Bonaire, Antillas Holandesas): erosión de las playas y del hábitat donde anidan las tortugas marinas	Como promedio, hasta el 38% (+24% de desviación estándar) del total de las playas actuales se puede perder con un aumento del nivel del mar de 0,5 m, donde las playas bajas más estrechas son las más vulnerables, y se reduciría en un tercio el hábitat donde anidan las tortugas marinas.
	Caribe (Bonaire, Barbados): turismo	La industria turística playera en Barbados y la industria ecoturística de buceo marino en Bonaire se verán afectadas negativamente debido al cambio climático por la erosión de las playas en Barbados y la decoloración de los corales en Bonaire.

**Tabla RT.2.** Índice de efectos y de vulnerabilidad futuros en pequeños territorios insulares [R16.1]. Estas proyecciones se han extraído y resumido de estudios que utilizan una gama de escenarios que incluyen las proyecciones del aumento del nivel del mar de los IE-EE y el Tercer Informe de Evaluación.

### Tabla RT.6. Principales impactos previstos por regiones

#### África

- Es probable que los impactos del cambio climático sean mayores en África donde coinciden con otro tipo de estrés (por ejemplo, acceso desigual a los recursos [9.4.1]; aumento de la inseguridad alimentaria [9.6]; sistemas deficientes de gestión sanitaria [9.2.2, 9.4.3]). Estos elementos de estrés, exacerbados por la variabilidad y el cambio del clima, hacen aún mayores las vulnerabilidades de muchas personas en África. \*\* D [9.4]
- Para la década de 2080, se prevé un incremento del 5 al 8% (de 60 a 90 millones de hectáreas) en las tierras áridas y semiáridas en África, teniendo en cuenta las variaciones en los escenarios del cambio climático. \*\* N [9.4.4]
- Es probable que haya una disminución en los rendimientos agrícolas como resultado de la sequía y la degradación de la tierra, sobre todo en las regiones marginales. Se han observado cambios en la duración del período de crecimiento de los cultivos teniendo en cuenta diferentes escenarios. En el escenario A1FI del IE-EE, que hace hincapié en un crecimiento económico integrado a nivel mundial, entre las regiones de mayores cambios se encuentran los sistemas costeros de África meridional y oriental. En los escenarios A1 y B1, se muestra que los sistemas combinados semiáridos y de secano están fuertemente afectados por los cambios en el clima en Sahel. Los sistemas combinados perennes en las montañas y los de secano en la región de los Grandes Lagos en África oriental y en otras regiones del este de África se encuentran también muy afectados. Sin embargo, en el escenario B1 del IE-EE, que asume el desarrollo en un marco de protección ambiental, los impactos son menores por lo general, pero las regiones marginales (por ejemplo, los sistemas semiáridos) se tornan más marginales, mientras que los impactos en los sistemas costeros son moderados. \*\* D [9.4.4]
- Es probable que el estrés hídrico actual en muchas regiones de África se incremente como resultado de la variabilidad y cambio climáticos. Para la década de 2050, se prevé un aumento de las escorrentías en África oriental (posiblemente por inundaciones), así como una disminución de las escorrentías y una probable elevación en los riesgos de sequía en otras regiones (por ejemplo, en África meridional). El estrés hídrico actual no está relacionado solamente con las variaciones climáticas; los problemas de la gestión hídrica y de las cuencas hidrográficas deben tomarse en consideración también para cualquier evaluación futura de la situación hídrica en África. \*\* D [9.4.1]
- Es probable que cualquier cambio en la producción primaria de los lagos extensos tenga un impacto significativo en los suministros locales de alimentos. Por ejemplo, el Lago Tanganica garantiza en la actualidad entre el 25 y el 40% del consumo de proteína animal para las poblaciones de los países colindantes y es probable que el cambio climático reduzca su producción fundamental y sus posibles rendimientos de pescado en aproximadamente el 30% [9.4.5, 3.4.7, 5.4.5]. Es probable que la interacción entre las diferentes decisiones derivadas de la gestión humana, incluida la pesca masiva, agrave aún más la extracción de peces en los lagos. \*\* D [9.2.2]
- Es probable que los ecosistemas en África experimenten grandes cambios y modificaciones en cuanto a los tipos de especies y la posible extinción de éstas (por ejemplo, los biomas del fynbos y del Succulent Karoo en África meridional). \* D [9.4.5]
- Se pronostica que los manglares y los arrecifes de corales se degraden aún más, provocando consecuencias adicionales para la pesca y el turismo. \*\* D [9.4.5]
- Para finales del siglo XXI, la elevación prevista del nivel del mar afectará a las regiones costeras bajas donde habitan grandes grupos de poblaciones. El coste de adaptación para los países será superior a entre un 5 y un 10% de su PIB. \*\* D [B9.2, 9.4.6, 9.5.2]

#### Asia

- Una elevación de 1 m en el nivel del mar conduciría a la pérdida de casi la mitad de la zona de manglares en el delta del Río Mekong (2.500 km<sup>2</sup>), a la vez que aproximadamente 100.000 hectáreas de tierra cultivada y áreas destinadas a la acuicultura se convertirían en marismas. \* N [10.4.3]
- Las regiones costeras, sobre todo las regiones de los megadeltas densamente pobladas en el sur, el este y el sudeste asiático, serán las de mayor riesgo debido al aumento de las inundaciones del mar y, en algunos megadeltas, a las inundaciones de los ríos. Con una elevación de 1 m del nivel del mar, se prevé una inundación de 5.000 km<sup>2</sup> en el delta del Río Rojo y entre 15.000 y 20.000 km<sup>2</sup> en el delta del Río Mekong, lo cual afectaría a 4 millones y entre 3.5 y 5 millones de personas, respectivamente. \* N [10.4.3]
- Con un incremento de 3°C y sin experimentar cambios en las precipitaciones, se pronostica la desaparición de los glaciares de la Planicie Tibetana que abarcan menos de 4 km de largo. \*\* D [10.4.4]
- Si se mantienen las actuales tasas de calentamiento, los glaciares del Himalaya podrían deteriorarse a ritmos muy acelerados, con una disminución de 500.000 km<sup>2</sup> a 100.000 km<sup>2</sup> para la década de 2030. \*\* D [10.6.2]
- Se espera que alrededor del 30% de los arrecifes de corales de Asia se pierdan en los próximos 30 años, en comparación con el 18% de los que desaparecerán a nivel mundial, según el escenario de emisiones IS92a, pero ello se debe a múltiples elementos de estrés y no sólo al cambio climático. \*\* D [10.4.3]
- Se estima que teniendo en cuenta toda la gama de escenarios del IE-EE, de 120 millones a 1.200 millones de personas y de 185 millones a 981 millones de personas sufrirán las consecuencias del aumento del estrés hídrico en las décadas de 2020 y 2050, respectivamente. \*\* D [10.4.2]
- Se espera que la disponibilidad per cápita de agua dulce en la India descienda desde los aproximadamente 1.900 m<sup>3</sup> en la actualidad a 1.000 m<sup>3</sup> en 2025, como respuesta a los efectos combinados del crecimiento de la población y el cambio climático [10.4.2.3]. Precipitaciones más intensas e inundaciones repentinas más frecuentes durante los monzones podrían conducir a una mayor cantidad de escorrentías y a una reducción en cuanto a la proporción de agua que alcanzan las aguas subterráneas. \*\* N [10.4.2]
- Se pronostica que, a mediados del siglo XXI, los rendimientos de los cultivos podrían aumentar hasta el 20% en el este y el sudeste asiático, a la vez que podría disminuir hasta un 30% en Asia central y meridional. Combinando el crecimiento de la población y la urbanización, y considerando la influencia de estos, se pronostica que el riesgo de hambrunas se mantenga muy elevado en varios países en vías de desarrollo. \* N [10.4.1]
- Se espera que la demanda de sistemas de riego para la agricultura en las regiones áridas y semiáridas de Asia oriental aumente en un 10% y que haya un incremento de la temperatura de 1°C. \*\* N [10.4.1]
- Se prevé un aumento de la frecuencia y el alcance de los incendios forestales en Asia septentrional en el futuro, debido al cambio climático y a los fenómenos meteorológicos extremos que probablemente limiten la expansión de las áreas forestales. \* N [10.4.4]

### Australia y Nueva Zelanda

- Los sectores más vulnerables son los ecosistemas naturales, la seguridad en el abastecimiento de agua y las comunidades costeras. \*\* C [11.7]
- Es muy probable que para el año 2020 se alteren muchos ecosistemas, incluso con escenarios de emisiones medias [11.4.1]. Entre los más vulnerables se encuentran la Gran Barrera de Arrecifes al suroeste de Australia, los humedales de Kakadu, los bosques tropicales y las regiones alpinas [11.4.2]. Es prácticamente cierto que ello exacerbará los elementos de estrés existentes, tales como los efectos de las especies invasoras y la pérdida de hábitats, aumentará la probabilidad de la extinción de especies y provocará una reducción en los servicios de ecosistemas utilizados para el turismo, la pesca, la silvicultura y al abastecimiento de agua. \* N [11.4.2]
- Es muy probable que los problemas constantes de seguridad del abastecimiento del agua aumenten para el año 2030 en las regiones del este y el sur de Australia y, en Nueva Zelanda, en la zona norte y algunas regiones del este; por ejemplo, una disminución de 0 a 45% de las escorrentías en Victoria para el año 2030 y una reducción de 10 a 25% de las corrientes fluviales en la Cuenca Murray-Darling, en Australia para el año 2050. \*\* D [11.4.1]
- Es muy probable que el desarrollo continuo en las zonas costeras agrave el riesgo que representan la elevación del nivel del mar y las tormentas para la vida y las propiedades humanas. Para el año 2050, es muy probable que se pierdan tierras de un elevado valor, un mayor deterioro de los sistemas viales, playas degradadas y que desaparezcan sitios de importancia cultural. \*\*\* C [11.4.5, 11.4.7, 11.4.8]
- Es probable que con el cambio climático aumente el peligro de incendios; por ejemplo, en el sudeste de Australia, es probable que aumente la frecuencia de los días de peligro de incendios extremos o intensos, de 4 a 25% en el año 2020, y de 15 a 70% para el año 2050. \*\* D [11.3.1]
- Es probable que los riesgos para las grandes obras de infraestructura sean mayores. Es muy probable que los criterios de diseño para los fenómenos extremos se superen con más frecuencia para el año 2030. Entre los riesgos se pueden incluir los diques en llanuras inundables y los sistemas de drenaje urbano, y las inundaciones de las ciudades costeras cercanas a los ríos. \*\* D [11.4.5, 11.4.7]
- Es probable que las elevadas temperaturas y los cambios demográficos aumenten la demanda en los picos de energía y los correspondientes riesgos de interrupciones eléctricas. \*\* D [11.4.10]
- Se prevé que las producciones que utilizan recursos agrícolas y forestales disminuyan para el año 2030 en gran parte de las regiones sur y este de Australia, y en algunas regiones al este de Nueva Zelanda, debido al aumento de la sequía y los incendios. Sin embargo, en Nueva Zelanda, se pronostican beneficios iniciales en las regiones oeste y sur, así como en las cercanas a grandes ríos, como resultado de una temporada de crecimiento de los cultivos más prolongada, heladas menores y precipitaciones mayores. \*\* N [11.4]
- En las regiones sur y oeste de Nueva Zelanda, es probable que aumenten los ritmos de crecimiento de los cultivos importantes desde el punto de vista económico (principalmente de *Pinus radiata*), debido a la fertilización por CO<sub>2</sub>, los inviernos más cálidos y las condiciones de más humedad. \*\* D [11.4.4]
- Es probable que se registre un aumento en la cantidad de defunciones debido a las altas temperaturas entre las personas con más de 65 años, con un promedio de 3.200 a 5.200 defunciones adicionales para el año 2050 (permitiendo un crecimiento de la población y mayor envejecimiento, pero sin adaptación). \*\* D [11.4.11]

### Europa

- Se espera un aumento en la probabilidad de precipitaciones extremas durante el invierno con más de dos desviaciones estándares por encima de lo normal, multiplicándose hasta por cinco veces en partes del Reino Unido y Europa septentrional para la década de 2080, con una duplicación del nivel de CO<sub>2</sub>. \*\* D [12.3.1]
- Para la década de 2070, se proyecta un aumento de la escorrentía anual en el norte de Europa y una disminución de hasta el 36% en Europa meridional, con estiajes durante el verano reducidos hasta el 80% según los escenarios IS92a. \*\* D [12.4.1, T12.2]
- Se espera que el porcentaje de zonas de cuencas fluviales en la categoría de estrés hídrico severo (retroceso/disponibilidad mayor que 0,4) experimente un crecimiento desde el 19% en la actualidad hasta 34 a 36% en la década de 2070. \*\* D [12.4.1]
- Es probable que para la década de 2080, aumente el número de personas que vivan en cuencas sometidas al estrés hídrico en los diecisiete países de Europa occidental, de 16 a 44 millones, teniendo en cuenta el clima HadCM3, según los escenarios de emisiones A2 y B1, respectivamente. \*\* D [12.4.1]
- Según los escenarios A1FI, para la década de 2080, se espera que una cantidad adicional de 1,6 millones de personas se vean afectadas cada año por las inundaciones costeras. \*\* D [12.4.2]
- Para la década de 2070, se espera una disminución del 6% en el potencial de energía hidroeléctrica para toda Europa, con fuertes variaciones regionales con un decrecimiento de entre el 20 y el 50% en las regiones del Mediterráneo y un crecimiento de entre el 15 y el 30% en Europa septentrional y occidental. \*\* D [12.4.8]
- Un elevado porcentaje de la flora europea podría tornarse vulnerable, amenazada, críticamente amenazada o extinguirse a finales del siglo XXI, según una serie de escenarios del IE-EE. \*\*\* N [12.4.6]
- Para el año 2050, se prevé que los cultivos muestren una expansión hacia el norte en área [12.4.7.1]. Se espera que los mayores aumentos en los rendimientos de los cultivos por motivos climáticos tengan lugar al norte de Europa (por ejemplo, el trigo: de +2 a +9% en 2020, de +8 a +25% en 2050, de +10 a +30% en 2080), mientras que las mayores reducciones se esperan en el sur (por ejemplo, el trigo: de +3 a +4% en 2020, de -8 a +22% en 2050, de -15 a +32% en 2080).\*\*\* C [12.4.7]
- Es probable que se registre un aumento de las regiones boscosas en el norte y una disminución en el sur. Se prevé una redistribución de las especies forestales y un aumento de los límites de la vegetación arbórea en las montañas. Es prácticamente cierto que aumenten en gran medida los riesgos de incendios forestales en Europa meridional. \*\* D [12.4.4]
- Es prácticamente cierto que se registre un aumento en la mayoría de las especies de anfibios (de 45 a 69%) y de reptiles (de 61 a 89%) si se dispersan de manera ilimitada. Sin embargo, si estas especies no son capaces de dispersarse, entonces el volumen de la mayoría de las especies (>97%) disminuirá, sobre todo en la Península Ibérica y en Francia. \*\* N [12.4.6]
- Los pequeños glaciares alpinos desaparecerán en diferentes regiones, mientras los glaciares mayores sufrirán una reducción de su volumen del 30% al 70% para el año 2050, según varios escenarios de emisiones, con reducciones concomitantes en cuanto a las descargas durante la primavera y el verano. \*\*\* C [12.4.3]
- Un menor bienestar en la región mediterránea durante el verano y un mayor bienestar en el norte y el oeste pudieran conducir a una reducción en cuanto al volumen de turistas que visitan el Mediterráneo en el verano y un aumento en la primavera y el otoño. \*\* D [12.4.9]
- Es probable que la rápida interrupción de la Circulación de Renuevo Meridional (CRM) ocasione, aunque con una baja probabilidad, impactos severos generalizados en Europa, sobre todo en

las zonas costeras occidentales. Ello incluye reducciones en la producción de los cultivos con sus respectivas elevaciones de los precios, el aumento de las defunciones provocadas por las bajas temperaturas, interrupciones del transporte durante el invierno, la migración de las personas hacia el sur de Europa y un cambio en el centro de gravedad económico. \* N [12.6.2]

### América Latina

- Durante los próximos 15 años, es muy probable que los glaciares intertropicales desaparezcan, reduciéndose la disponibilidad de agua y la generación de energía hidroeléctrica en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador. \*\*\* C [13.2.4]
- Es probable que cualquier reducción futura de las precipitaciones en las regiones áridas y semiáridas de Argentina, Chile y Brasil conduzca a una escasez severa de agua. \*\* C [13.4.3]
- Es probable que para la década de 2020, entre 7 y 77 millones de personas sufran la falta de abastecimiento de agua apropiado, mientras que en la segunda mitad del siglo la posible reducción de la disponibilidad de agua y la creciente demanda de una población cada vez mayor en la región, pudieran elevar estas cifras hasta los 60 millones y 150 millones. \*\* D [13.ES, 13.4.3]
- En el futuro, es muy probable que el cambio climático de naturaleza antropogénica (incluidos los cambios en los extremos climáticos) y la elevación del nivel del mar tengan impactos en \*\* N [13.4.4]:
  - zonas bajas (Por ejemplo, en El Salvador, Guyana, la costa de la provincia de Buenos Aires en Argentina);
  - construcciones y turismo (Por ejemplo, en México y Uruguay);
  - morfología costera (Por ejemplo, en Perú);
  - manglares (Por ejemplo, en Brasil, Ecuador, Colombia, Venezuela);
  - disponibilidad de agua potable en la costa del Pacífico de Costa Rica y Ecuador.
- Se prevé que el aumento de la temperatura de la superficie del mar debido al cambio climático tenga efectos adversos en \*\* N [13.4.4]:
  - los arrecifes de corales en la región mesoamericana (Por ejemplo, México, Belice, Panamá);
  - la ubicación de las poblaciones de peces en el sudeste del Pacífico (Por ejemplo, Perú y Chile).
- El aumento de 2°C y la reducción del agua del suelo podrían conducir a una sustitución de los bosques tropicales por sabanas en la Amazonia oriental y en los bosques tropicales del centro y sur de México, simultáneamente con el reemplazo de la vegetación semiárida por árida en regiones del noreste de Brasil y la mayor parte del centro y sur de México. \*\* D [13.4.1]
- En el futuro, es probable que aumente la frecuencia e intensidad de los huracanes en la Cuenca del Caribe. \* D [13.3.1]
- Como consecuencia del cambio climático, se espera que los rendimientos de arroz disminuyan después del año 2020, y es probable que el aumento de las temperaturas y las precipitaciones en la región sureste de América del Sur aumenten los rendimientos del frijol de soya, si se toman en consideración los efectos del CO<sub>2</sub>. \* C [13.4.2]
- El aumento del número de personas con riesgo de sufrir hambrunas según el escenario de emisiones A2 del IE-EE es probable que sea de 5, 26 y 85 millones en los años 2020, 2050 y 2080, respectivamente, asumiendo que los efectos del CO<sub>2</sub> sean pocos o ninguno. \* D [13.4.2]
- Es muy probable que la productividad del ganado vacuno disminuya, como respuesta al aumento de 4°C en la temperatura. \*\* N [13.ES, 13.4.2]
- La región de América Latina, preocupada por los efectos potenciales de la variabilidad y el cambio climático, está intentando poner en práctica algunas medidas de adaptación, tales como:

- el uso de las predicciones meteorológicas en sectores como la pesca (en Perú) y la agricultura (en Perú y en el noreste de Brasil);
- los sistemas de alerta temprana para inundaciones en la Cuenca del Río de la Plata, teniendo en cuenta la información del Centro Operativo de Alerta Hidrológico.

- La región ha creado también nuevas instituciones para mitigar y evitar los impactos de los peligros naturales, tales como el Centro de Información Regional sobre Desastres para América Latina y el Caribe, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el fenómeno de El Niño, en Ecuador y la Comisión Permanente del Pacífico Sur. \*\*\* D [13.2.5]

### América del Norte

- El crecimiento de la población, los crecientes valores de las propiedades y las inversiones constantes aumentan la vulnerabilidad en las zonas costeras. Es muy probable que cualquier aumento en la capacidad destructiva de las tormentas costeras conduzca a una elevación drástica de las mareas de tempestad y de las condiciones meteorológicas severas, con pérdidas que se agravarían por la elevación del nivel del mar. La actual capacidad de adaptación es desigual y la preparación para una exposición mayor es deficiente. \*\*\* D [14.2.3, 14.4.3]
- La subida del nivel del mar y el correspondiente aumento de las ondas de marea y las inundaciones poseen el potencial para afectar seriamente a los sistemas de transporte e infraestructura en las costas del Golfo, el Atlántico y de la región norte. Un estudio sobre las instalaciones en riesgo en Nueva York identificó carreteras y líneas ferroviarias, puentes, túneles, instalaciones de la marina y aeroportuarias y estaciones de tránsito. \*\*\* D [14.4.3, 14.4.6, 14.5.1, B14.3]
- Es probable que las intensas olas de calor, caracterizadas por masas de aire estancadas y cálidas y por noches consecutivas con temperaturas mínimas elevadas, aumenten en cuanto a cantidad, magnitud y duración en las ciudades donde ya ocurren estos fenómenos, con posibilidades de provocar efectos adversos en la salud. Las poblaciones de ancianos son las que se encuentran en mayor riesgo. \*\* D [14.4.5]
- A mediados de siglo, se prevé que los niveles promedios diarios de ozono aumenten en 3,7 ppm en todo el este de Estados Unidos, con lo cual las ciudades más contaminadas en la actualidad experimentarían los mayores aumentos. Se espera que las muertes relacionadas con el nivel de ozono aumenten un 4,5% desde la década de 1990 a la de 2050. \* D [14.4.5]
- Es muy probable que el calentamiento previsto para mediados del siglo XXI en las montañas de la región occidental provoque un descenso en la acumulación de nieve, deshielos más tempranos, más fenómenos de precipitaciones durante el invierno, mayores picos de corrientes e inundaciones durante el invierno y menores corrientes en verano. \*\*\* D [14.4.1]
- Es probable que la reducción en el abastecimiento de agua junto con el aumento de su demanda agraven la competencia por obtener mayores emplazamientos de recursos hídricos. \*\*\* D [14.2.1, B14.2]
- Es probable que el cambio climático en las primeras décadas del siglo XXI aumente la producción forestal, pero con una alta sensibilidad ante la sequía, las tormentas, los insectos y otros trastornos. \*\* D [14.4.2, 14.4.4]
- Se prevé que el cambio climático moderado en las primeras décadas del siglo aumente los rendimientos agregados de la agricultura de secano entre un 5 y un 20%. Se pronostican retos importantes para los cultivos que se encuentran cerca del extremo cálido de su rango aconsejable o los que dependen de un gran uso de los recursos hídricos. \*\* D [14.4]
- En la segunda mitad del siglo XXI, es probable que los mayores impactos en los bosques ocurran por los trastornos cambiantes de plagas, enfermedades e incendios. Se pronostica que las temperaturas más elevadas durante el verano amplíen las posibilidades anuales de mayores riesgos de incendios

del 10 al 30%, y que para el año 2100 aumenten las áreas afectadas por incendios en Canadá de 74 al 118%. \*\*\* D [14.4.4, B14.1]

- Se pronostica que los ritmos actuales de pérdidas de los humedales costeros aumenten con una subida relativamente acelerada del nivel del mar, en parte debido a estructuras que evitan la migración hacia la tierra. Se espera que la biodiversidad en las marismas disminuya en los pantanos de la región noreste. \*\* D [14.4.3]
- Es probable que la vulnerabilidad al cambio climático se concentre en grupos y regiones específicos, incluidas las poblaciones autóctonas y otras que dependen de bases de recursos limitadas, así como los pobres y ancianos que viven en las ciudades. \*\* D [14.2.6, 14.4.6]
- Las inversiones continuas para lograr la adaptación teniendo en cuenta la experiencia histórica, en lugar de las proyecciones futuras, podrían aumentar la vulnerabilidad de muchos sectores al cambio climático [14.5]. El desarrollo de las infraestructuras, con sus largos plazos de entrega e inversiones, se beneficiaría del uso de información sobre cambio climático. \*\*\* D [14.5.3, F14.3]

### Regiones polares

- A finales del siglo, se pronostica que el alcance promedio anual del hielo marino Ártico muestre una reducción del 22 al 33%, dependiendo del escenario de las emisiones; en la Antártida, las proyecciones oscilan desde un ligero aumento a una pérdida casi completa del hielo marino estival. \*\* D [15.3.3]
- En los próximos 100 años, habrá una reducción importante en el grueso y el alcance del hielo de los glaciares árticos y de los casquetes de hielo, así como del manto de hielo de Groenlandia \*\*\* , como respuesta directa al calentamiento de la atmósfera; en la Antártida, continuarán las pérdidas de los glaciares en la Península Antártica \*\*\* , y continuará la disminución observada del espesor del manto de hielo en parte de la Antártida Occidental, que quizá esté provocada por el cambio oceánico \*\*. Estas contribuciones formarán una fracción importante de la subida del nivel del mar durante el presente siglo. \*\*\* D [15.3.4, 15.6.3; Capítulos 4, 5, TIE GTI]
- Se prevé que el alcance del permafrost en el Hemisferio Norte disminuya de 20 a 35% para el año 2050. Es probable que la profundidad del deshielo estacional aumente de 15 a 25% en la mayoría de las regiones para el año 2050, y llegue al 50% o más en las regiones más septentrionales, teniendo en cuenta toda la gama de los escenarios del IE-EE. \*\* D [15.3.4]
- En el Ártico, el deshielo inicial del permafrost alterará los sistemas de drenaje, permitiendo el establecimiento de comunidades acuáticas en áreas que estaban dominadas en el pasado por especies terrestres \*\*\* . El creciente deshielo conectará cada vez más el drenaje de la superficie con las aguas subterráneas, ocasionando mayores afectaciones en los ecosistemas. La erosión costera aumentará. \*\* D [15.4.1]
- A finales de siglo, entre el 10 y el 50% de la tundra Ártica será sustituida por bosques y entre el 15 y el 25% del desierto polar será reemplazado por la tundra. \* D [15.4.2]
- En ambas regiones polares, el cambio climático producirá una disminución en el hábitat (incluido el hielo marino) de las aves y mamíferos migratorios [15.2.2, 15.4.1], con implicaciones mayores para los depredadores como las focas y los osos polares \*\* [15.2, 15.4.3]. Pueden esperarse cambios en la distribución y abundancia de muchas especies. \*\* D [15.6.3, 15.4.4, 15.4.2]
- Las barreras climáticas que hasta ahora han protegido a las especies polares de la competencia serán menores y se espera la intrusión de especies exóticas en partes del Ártico y la Antártida. \*\* D [15.6.3, 15.4.4, 15.4.2]
- Se espera una reducción de los mantos de hielo de los ríos y lagos en ambas regiones polares. Ello afectará a las estructuras térmicas de los lagos, la calidad y cantidad de los hábitats de especies que viven bajo el hielo y, en el Ártico, afectará la periodicidad y severidad de la acumulación del hielo y

las inundaciones conexas. \*\*\* N [15.4.1]

- Los cambios hidrológicos previstos influirán en la productividad y distribución de las especies acuáticas, sobre todo en los peces. El calentamiento de los sistemas de agua dulce es probable que conduzca a la reducción de la cantidad de peces, sobre todo los que prefieren aguas más frías. \*\* D [15.4.1]
- Para las comunidades humanas que habitan en el Ártico, es prácticamente cierto que habrá impactos negativos y positivos, en particular, por los componentes cambiantes de la criosfera, la infraestructura y las formas de vida tradicionales autóctonas. \*\* D [15.4]
- En Siberia y América del Norte, puede registrarse un aumento de la agricultura y la silvicultura en la medida en que el límite norte para estas actividades se mueva varios cientos de kilómetros para el año 2050 [15.4.2]. Ello beneficiará a algunas comunidades y será una desventaja para otras que tienen estilos de vida tradicionales. \*\* D [15.4.6]
- Los incendios forestales de gran escala y la aparición de insectos estimulados por el clima cálido que causan la muerte de los árboles, son característicos del bosque boreal y algunas áreas de tundra forestal y es probable que estos aumenten. \*\* N [15.4.2]
- El calentamiento Ártico reducirá el exceso de la mortalidad durante el invierno, fundamentalmente mediante la disminución de las muertes por motivos cardiovasculares y respiratorios y de lesiones. \*\*\* N [15.4.6].
- El calentamiento Ártico estará asociado con una mayor vulnerabilidad a las plagas y las enfermedades de la flora y la fauna, tales como la encefalitis transmitida por las garrapatas, que puede transmitirse a los humanos. \*\* N [15.4.6]
- El aumento de la frecuencia y la severidad de las inundaciones, la erosión, la sequía y la destrucción del permafrost en el Ártico amenazan a las comunidades, las infraestructuras de salud pública e industrial y el abastecimiento de agua. \*\*\* N [15.4.6]
- Los cambios en la frecuencia, el tipo y periodicidad de las precipitaciones aumentará la captación de contaminantes y la carga de contaminantes hacia los sistemas de agua dulce del Ártico. Estas crecientes cargas compensarán en gran medida las reducciones que se espera que se acumulen debido a las emisiones mundiales de contaminantes. \*\* N [15.4.1]
- Las comunidades humanas en el Ártico deben adaptarse ya al cambio climático. Ante los impactos en la seguridad alimentaria y en las personas y las actividades de subsistencia se está respondiendo con cambios en los recursos y en los sistemas de gestión de la flora y la fauna y cambios en el comportamiento de las personas (por ejemplo, caza y viajes). La resistencia de las poblaciones autóctonas, en combinación con los cambios demográficos, socioeconómicos y de estilo de vida, están siendo amenazados seriamente. \*\*\* N [15.4.1, 15.4.2, 15.4.6, 15.6]

### Pequeños territorios insulares

- Se pronostica que la subida del nivel del mar y el aumento de la temperatura del agua del mar aceleren la erosión de las playas y provoquen la degradación de las defensas costeras naturales como los manglares y los arrecifes de corales. Es probable que estos cambios afecten, a su vez, de manera negativa, al atractivo que tienen los pequeños territorios insulares como principales destinos turísticos. Según encuestas, es probable que, en algunas islas, hasta el 80% de los turistas pudieran no estar dispuestos a regresar por el mismo precio turístico en caso de decoloración de los corales y reducción de las zonas de playa, como consecuencia de las elevadas temperaturas de la superficie del mar y la subida del nivel del mar. \*\* D [16.4.6]
- Es probable que las instalaciones portuarias en Suva, Fiji, y Apia, Samoa experimenten desbordamientos, daños en los muelles e inundaciones de las tierras interiores después de una subida de 0,5 m del nivel de mar, junto con olas asociadas con el paso de 1 ciclón en 50 años. \*\*\* D

[16.4.7]

- Los aeropuertos internacionales de los pequeños territorios insulares se encuentran ubicados fundamentalmente en la costa o a unos kilómetros de ésta y la red vial principal (que con frecuencia es la única) se extiende a lo largo de la costa. En los escenarios de elevación del nivel del mar, es muy probable que muchas de ellos corran serios riesgos de sufrir inundaciones, desbordamientos y daños físicos asociados con las inundaciones y erosión costeras. \*\*\* D [16.4.7]
- La erosión costera en las islas del Ártico tiene una sensibilidad climática adicional por el impacto que tiene el calentamiento en el permafrost y el hielo terrestre masivo, que pueden conducir a una erosión acelerada y una pérdida de volumen, y el potencial de una mayor energía de las olas. \*\*\* D [16.4.2]
- Es muy probable que la disminución del promedio de precipitaciones reduzca el tamaño del lentejón de agua dulce. Una reducción del 10% de media de las precipitaciones para el año 2050 es probable que corresponda con una reducción del 20% en el tamaño del lentejón de agua dulce en Tarawa Atoll, Kiribati. En general, una reducción del tamaño físico como resultado de la pérdida de tierra por la elevación del nivel del mar podría reducir el grosor del lentejón de agua dulce en los atolones hasta un 29%. \*\*\* N [16.4.1]
- Sin adaptación, es probable que los costes económicos de la agricultura debido al cambio climático representen entre un 2-3% y un 17-18% del PIB del 2002 para el año 2050, en las islas de topografía alta (por ejemplo, Fiji) y las de terrenos bajos (por ejemplo, Kiribati), respectivamente, según el escenario A2 del IE-EE (un aumento de 1,3°C para el año 2050) y según el B2 (un aumento de 0,9°C para el año 2050) \*\* N [16.4.3]
- Con el cambio climático, es probable que ocurran mayores cantidades de intrusiones y una intensa colonización por parte de las especies exóticas en islas ubicadas en latitudes medias y altas. Esos cambios ya se pueden apreciar en algunas islas. Por ejemplo, en los ecosistemas subantárticos pobres en especies, los microbios exóticos, los hongos, las plantas y los animales han estado ocasionando pérdidas considerables a la biodiversidad local y cambios en la función de los ecosistemas. \*\* N [16.4.4]
- Los brotes de enfermedades sensibles al clima como el paludismo, el dengue, la filariasis y la esquistosomiasis pueden ser costosos en términos de vidas humanas y por sus impactos económicos. Es probable que las crecientes temperaturas y la decreciente disponibilidad de agua debido al cambio climático aumenten la carga de enfermedades diarreicas y otras de carácter infeccioso en algunos pequeños territorios insulares. \*\* D [16.4.5]
- Se espera que el cambio climático tenga impactos significativos a la hora de seleccionar los destinos turísticos \*\* D [16.4.6]. Varios pequeños territorios insulares (por ejemplo, Barbados, Maldivas, Seychelles y Tuvalu) han comenzado a invertir en la aplicación de estrategias de adaptación, incluida la desalinización, con vistas a compensar la escasez de agua actual y la pronosticada. \*\*\* D [16.4.1]
- Los estudios realizados hasta ahora sobre la adaptación de las islas indican que es probable que las opciones de adaptación sean limitadas y los costes elevados en comparación con el PIB de estos países. Trabajos recientes han demostrado que, en el caso de Singapur, la protección costera pudiera ser la estrategia de menos coste para combatir la subida del nivel del mar, según tres escenarios, con costes que oscilarían entre los 0,3 y 5,7 millones de dólares estadounidenses para el año 2050 y entre 0,9 y 16,8 millones de dólares para el año 2100. \*\* D [16.5.2]
- Aunque las opciones de adaptación para los pequeños territorios insulares pueden ser limitadas y los costes de adaptación elevados, investigaciones preliminares indican que hay algunos beneficios colaterales que pueden generarse a partir del uso de estrategias de adaptación prudentes. Por ejemplo, la utilización de sistemas que usan desechos para producir energía y otros sistemas de energía renovable pueden promover un desarrollo sostenible, a la vez que fortalecen la resistencia al cambio climático. De hecho, muchas islas ya han comenzado a emprender iniciativas dirigidas a garantizar que las energías renovables constituyan una parte importante de la mezcla de energías. \*\* D [16.4.7, 16.6]

poco con anterioridad, han permitido tener información más sistemática sobre cómo la periodicidad y magnitud de los impactos pueden verse afectados por los cambios climáticos y en el nivel del mar, asociados a diferentes cantidades y ritmos de cambio de la temperatura media mundial.

Las Tablas RT.3 y RT.4 muestran ejemplos de esta nueva información. Las entradas que han sido seleccionadas son las que se consideran pertinentes para las personas y el medio ambiente y para las cuales hay al menos un nivel de confianza medio en la evaluación. Todas las entradas del impacto se han extraído de los capítulos de la Evaluación, donde se brinda una información más detallada. Dependiendo de las circunstancias, algunos de estos impactos pudieran asociarse con ‘vulnerabilidades claves’, teniendo en cuenta la cantidad de criterios que existen en la documentación (magnitud, periodicidad, persistencia / reversibilidad, el potencial de adaptación, aspectos de la distribución, probabilidades e ‘importancia’ de los impactos). La evaluación de las vulnerabilidades claves potenciales tiene como objetivo ofrecer información sobre los ritmos y niveles del cambio climático, con miras a ayudar a las personas encargadas de tomar decisiones a proponer las respuestas convenientes a los riesgos del cambio climático [19.RE, 19.1].

#### RT.4.4 El impacto de los fenómenos extremos alterados

**Es muy probable que los impactos aumenten debido a las mayores frecuencias e intensidades de los fenómenos climatológicos extremos.**

Desde la realización del Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, ha aumentado la confianza en que algunos fenómenos y extremos climatológicos serán más frecuentes, más generalizados o intensos durante el siglo XXI, y se conoce más sobre los posibles efectos de dichos cambios. Estos se resumen en la Tabla RT.5.

Desde la realización del Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, ha aumentado la confianza en que algunos fenómenos y extremos climatológicos serán más frecuentes, más generalizados o intensos durante el siglo XXI, y se conoce más sobre los posibles efectos de dichos cambios. Estos se resumen en la Tabla RT.5.

#### RT.4.5 Sistemas, sectores y regiones especialmente afectados

Algunos sistemas, sectores y regiones tienen probabilidades de verse especialmente afectados por el cambio climático.

Ejemplos de sistemas y sectores.

- Algunos ecosistemas, sobre todo
  - terrestres: tundra, bosques boreales, montañas, ecosistemas del tipo del Mediterráneo;
  - a lo largo de las costas: manglares y marismas;
  - en los océanos: arrecifes de coral y biomas del hielo del mar. [4.RE, 4.4, 6.4]
- Costas bajas, debido a la amenaza de la elevación del nivel del mar [6.RE].
- Recursos hídricos en regiones de latitudes medias y latitudes bajas secas, debido a la disminución de las precipitaciones y a los ritmos más elevados de evapotranspiración [3.4].
- Agricultura en las regiones de latitudes bajas, debido a la reducida disponibilidad de agua [5.4, 5.3].
- Salud humana, sobre todo en áreas con una baja capacidad adaptativa [8.3].

En relación con las regiones, éstas se comportan de la siguiente forma.

- El Ártico, debido a los altos ritmos de calentamiento previstos en los sistemas naturales [15.3].
- África, sobre todo la región del África subsahariana, debido a la baja capacidad adaptativa actual, así como al cambio climático [9.ES, 9.5].
- Pequeños territorios insulares, debido a la alta exposición de la población y la infraestructura a los riesgos de la subida del nivel del mar y las crecientes mareas de tempestad. [16.1, 16.2]
- Megadeltas asiáticos, tales como el Ganges-Brahmaputra y el Zhujiang, debido a las grandes poblaciones y elevada exposición a las subidas del nivel del mar, las mareas de tempestad y la inundación de los ríos [T10.9, 10.6].

Dentro de otras regiones, incluso aquellas donde prevalecen ingresos elevados, algunas personas pueden estar particularmente en riesgo (tales como los pobres, los niños pequeños y los ancianos) así como algunas áreas y actividades [7.1, 7.2, 7.4].

#### RT.4.6 Fenómenos con grandes impactos

**Algunos fenómenos climáticos de gran escala tienen el potencial para ocasionar impactos muy grandes, sobre todo después del siglo XXI.**

Las grandes subidas del nivel del mar que pudieran ser el resultado del deshielo generalizado de los mantos de hielo de Groenlandia y Antártida occidental implican cambios muy importantes en las líneas costeras y ecosistemas, e inundación de las zonas bajas, con mayores efectos para los deltas de los ríos. La reubicación de las poblaciones, las actividades económicas y la infraestructura serían costosas y difíciles. Existe una confianza mediana en que al menos un deshielo parcial de los mantos de hielo de Groenlandia, y posiblemente los mantos de hielo de Antártida occidental, ocurriría durante un período de tiempo que oscila de siglos a milenios, para un aumento de la temperatura media mundial de 1-4°C (en relación con el período de 1990-2000), contribuyendo a una subida del nivel del mar de 4 a 6 m o más. El derretimiento completo de los mantos de hielo en Groenlandia y en la Antártida occidental contribuiría al aumento del nivel del mar de hasta 7 m y un aproximado de 5 m, respectivamente en estas zonas. [6.4, 10.7, CIE GTI; 19.3 CIE GTII].

Teniendo en cuenta los resultados del modelo climático, es muy poco probable que la Circulación de Renuevo Meridional (CRM) en el Atlántico Norte sufra una transición drástica grande durante el siglo XXI. La disminución de la CRM durante el presente siglo es muy probable, pero se prevé que, a pesar de ello, las temperaturas en el Atlántico y Europa aumenten debido al calentamiento mundial. Es probable que los impactos de los cambios persistentes y a gran escala de la CRM incluyan cambios en la productividad del ecosistema marino, la pesca, la asimilación de CO<sub>2</sub> en el océano, las concentraciones de oxígeno en el océano y la vegetación terrestre. [10.3, 10.7, CIE GTI; 12.6, 19.3 CIE GTII]

#### RT.4.7 Determinación de los costes de los impactos del cambio climático

**Los impactos del cambio climático no mitigado variarán en las diferentes regiones. Ya sean agregados o eliminados en relación con los existentes en la actualidad, es muy probable que los impactos tengan costes, aún cuando las estimaciones específicas sean inciertas y por tanto deban interpretarse con sumo cuidado. Es muy probable que estos costes aumenten con el paso del tiempo.**

La presente Evaluación (véase Tablas RT.3 y RT.4) establece con claridad que los impactos de los cambios

climáticos drásticos se mezclarán entre las regiones. Para un aumento de la temperatura media mundial menor que 1-3°C por encima de los niveles de 1990, se prevé que algunos impactos produzcan beneficios para algunos lugares y sectores, y que generen costes en otros lugares y sectores. Sin embargo, se pronostica que en algunas regiones polares y de latitudes bajas se registrarán costes netos, incluso en los casos de pequeños aumentos de las temperaturas. Es muy probable que todas las regiones experimenten disminución de sus beneficios netos o aumentos en los costes netos, en los casos de temperaturas mayores de 2-3°C aproximadamente [9.RE, 9.5, 10.6, T10.9, 15.3, 15.RE]. Estas observaciones corroboran las evidencias presentadas en el Tercer Informe de Evaluación que indican que, si bien se espera que los países en desarrollo experimenten mayores pérdidas porcentuales, las pérdidas medias mundiales pudieran ser de 1-5% del PIB en caso de un calentamiento de 4°C [F20.3].

En la actualidad se cuenta con muchas estimaciones del coste económico neto agregado a causa de los perjuicios del cambio climático en todo el mundo, (esto es, el coste social del carbono, expresado en términos de beneficios y costes netos futuros que se descuentan de los actuales). Las estimaciones sobre el coste social del carbono revisadas por otros expertos en el año 2005 muestran un valor medio de 43 dólares estadounidenses por tonelada de carbono (es decir, 12 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>) pero la variación en torno a esta media es grande. Por ejemplo, en una encuesta reciente donde se analizaron 100 estimaciones, los valores oscilan entre -10 dólares estadounidenses por tonelada de carbono (-3 dólares estadounidenses por tonelada de CO<sub>2</sub>) y 350 dólares estadounidenses por tonelada de carbono (95 dólares estadounidenses por tonelada de CO<sub>2</sub>) [20.6].

Las grandes variaciones del coste social del carbono se deben en gran medida a las diferencias en los escenarios, en relación con la sensibilidad climática, los retrasos en la respuesta, el tratamiento que se da al riesgo y la equidad, los impactos económicos y no económicos, la inclusión de las pérdidas potencialmente catastróficas y las tasas de descuento. Es muy probable que las cifras del monto agregado a nivel mundial subestimen el coste de los daños porque éstas no pueden incluir muchos impactos no cuantificables. Tomado como un todo, el rango de las pruebas publicadas indica que es probable que los costes netos de los daños a causa del cambio climático sean considerables y aumenten con el tiempo [T20.3, 20.6, F20.4].

Resulta prácticamente cierto que las estimaciones del monto agregado de los costes enmascaran las diferencias

significativas en cuanto a los impactos en los sectores, regiones, países y poblaciones. En algunos lugares y entre varios grupos de personas con una elevada exposición, alta sensibilidad y/o baja capacidad adaptativa, los costes netos serán considerablemente mayores a los del monto agregado [20.6, 20.RE, 7.4].

### RT.5 Conocimiento actual sobre la capacidad de respuesta al cambio climático

#### RT.5.1 Adaptación

**En la actualidad, se está apreciando cierto nivel de adaptación al cambio climático futuro observado y previsto, pero de manera muy limitada.**

Las sociedades poseen una larga historia de adaptación a los impactos meteorológicos y del clima mediante diferentes prácticas que incluyen la diversificación de los cultivos, el riego, la gestión de los recursos hídricos, la gestión de riesgo ante desastres y los sistemas de seguros. Sin embargo, el cambio climático representa nuevos riesgos que con frecuencia van más allá de la experiencia que pueda existir, tales como los impactos relativos a la sequía, las olas de calor, el retroceso acelerado de los glaciares y la intensidad de los huracanes [17.2.1].

Desde la realización del TIE, hay cada vez más pruebas de que las medidas de adaptación que consideran también el cambio climático se están aplicando, de manera limitada, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. Estas medidas son aplicadas por un grupo de actores públicos y privados que trazan políticas, invierten en infraestructura y tecnologías y promueven cambios de comportamiento.

A continuación se presentan algunas adaptaciones a los cambios observados en el clima:

- drenaje parcial del lago glacial Tsho Rolpa (Nepal);
- cambios en las estrategias de sustento como respuesta al deshielo del permafrost por parte de los Inuit, en Nunavut (Canadá);
- mayor uso de la fabricación de nieve artificial por la industria alpina de esquí (Europa, Australia y América del Norte);
- defensas costeras en Maldivas y los Países Bajos;
- gestión de recursos hídricos en Australia;

- respuestas de los gobiernos a las olas de calor, por ejemplo, en algunos países de Europa. [7.6, 8.2, 8.6, 17.RE, 16.5, 1.5]

Sin embargo, todas las adaptaciones documentadas han sido impuestas por los riesgos climáticos y generan costes reales y una reducción del bienestar en primera instancia [17.2.3]. Estos ejemplos confirman también las observaciones de las señales atribuibles al clima en los impactos del cambio.

Un conjunto limitado pero creciente de medidas de adaptación considera también de manera explícita los escenarios de cambio climático futuro. Entre algunos de los ejemplos se incluye el análisis de la subida del nivel del mar en el diseño de infraestructuras, tales como el puente Confederation, en Canadá y una autopista a lo largo del litoral en Micronesia, así como las políticas de gestión del litoral y las medidas de riesgo en caso de inundación, por ejemplo en Maine (EEUU) y la Barrera del Támesis (Reino Unido) [17.2.2].

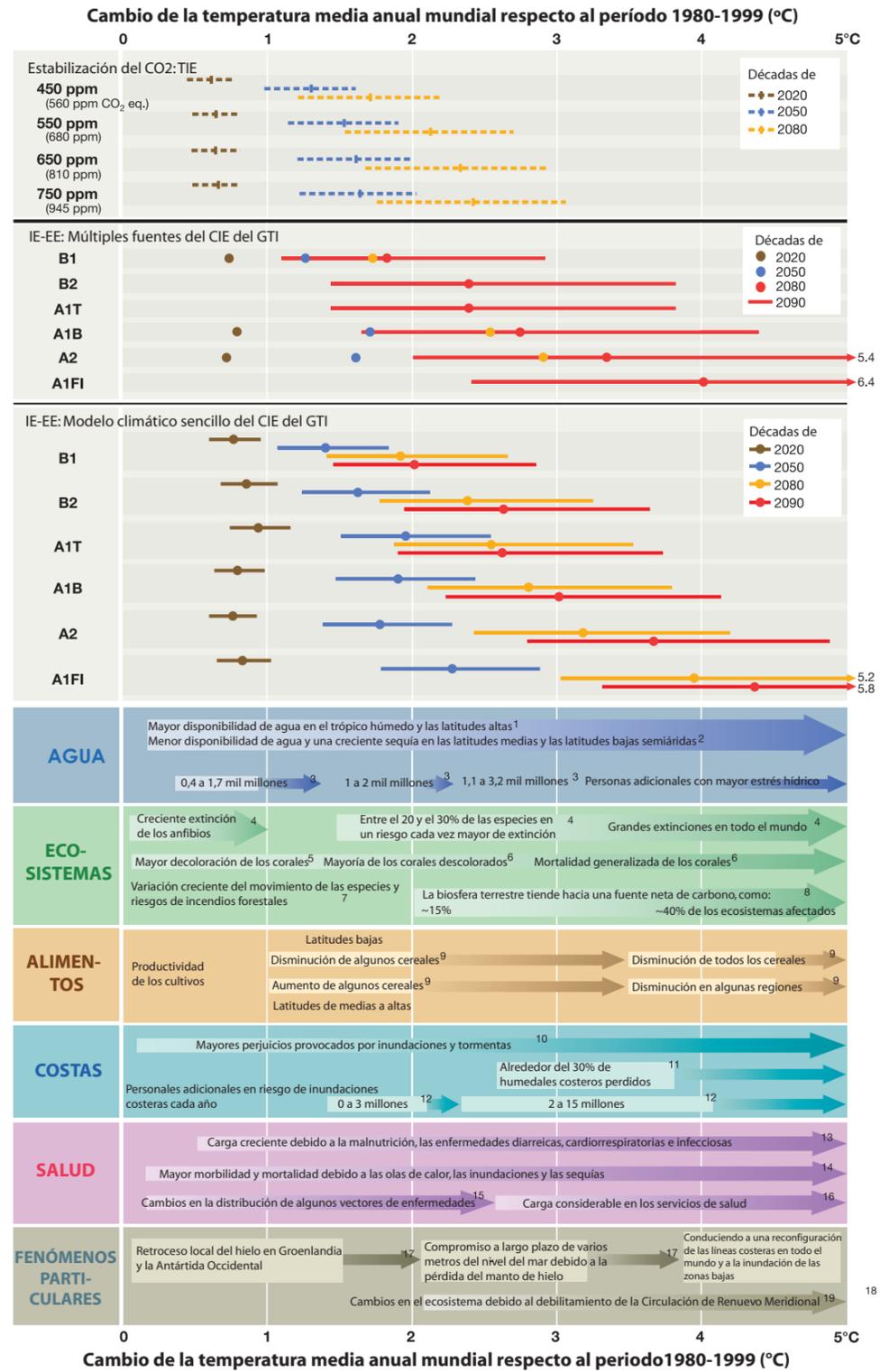
**Raras veces se aplican medidas de adaptación sólo como respuesta al cambio climático.**

Muchas acciones que facilitan la adaptación al cambio climático se aplican para encarar fenómenos extremos actuales, tales como las olas de calor y los ciclones. Con frecuencia las iniciativas de adaptación planificadas no se aplican como medidas por sí solas, sino como medidas insertadas dentro de iniciativas sectoriales más amplias, tales como la planificación de los recursos hídricos, defensas costeras y estrategias de reducción de riesgos [17.2.2, 17.3.3]. Algunos ejemplos de ello pueden ser el análisis del cambio climático en el Plan Hidráulico Nacional de Bangladesh y el diseño de infraestructuras de protección contra inundaciones y resistentes a los ciclones en Tonga [17.2.2].

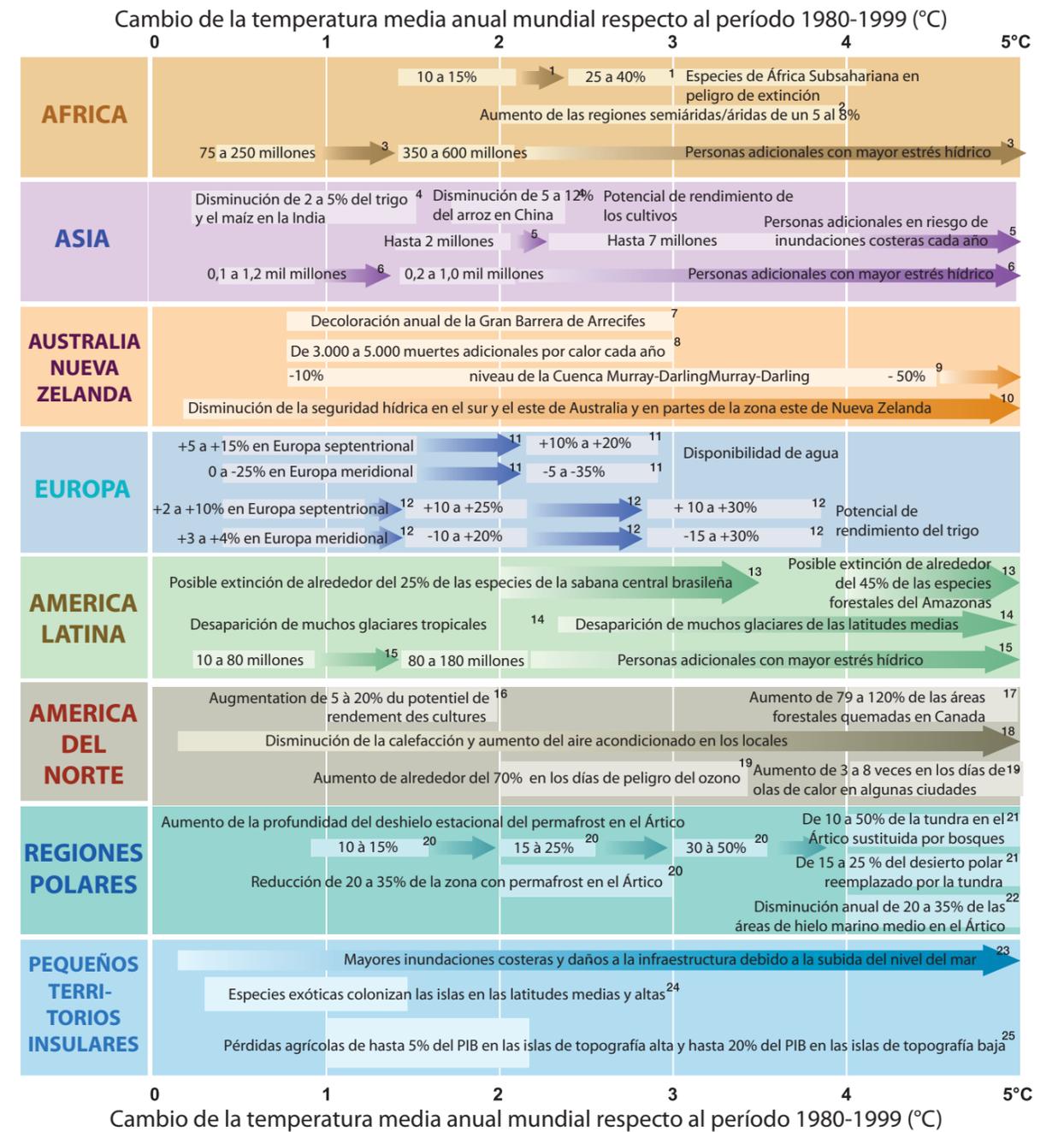
**La adaptación será necesaria para enfrentar los impactos resultantes del calentamiento que ya se torna inevitable debido a las emisiones pasadas.**

Se estima que las emisiones pasadas produzcan algún tipo de calentamiento inevitable (cerca de 0,6°C adicionales para fines de siglo en relación con el período de 1980 a 1999) incluso si las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera se mantienen a los niveles del año 2000 (véase CIE, GTI). Existen algunos impactos para los cuales la adaptación es la única respuesta disponible y conveniente. Una indicación de estos impactos puede encontrarse en las Tablas RT.3 y RT.4.

**Muchas medidas de adaptación pueden aplicarse a**



**Tabla RT.3.** Ejemplos de impactos mundiales previstos para los cambios climáticos (y el nivel del mar y el CO<sub>2</sub> de la atmósfera según proceda), asociados a los diferentes niveles de aumento en la temperatura media de la superficie mundial para el siglo XXI [T20.8]. Ésta es una selección de algunas estimaciones disponibles en la actualidad. Todas las entradas proceden de estudios publicados en los capítulos de la Evaluación. Los bordes (Continúa debajo Tabla RT.4.)



**Tabla RT.4.** Ejemplos de impactos regionales [T20.9]. Véase pie de foto en Tabla RT.3.

**Tabla RT.3. (cont.)**

de los recuadros y la colocación de los textos indican la variación del cambio de temperatura con el que se relacionan los impactos. Las flechas entre los recuadros indican los niveles crecientes de impactos entre estimaciones. Otras flechas indican las tendencias de los impactos. Todas las entradas para el estrés hídrico y las inundaciones representan los impactos adicionales del cambio climático, relativos a las condiciones previstas dentro de las variaciones de los escenarios A1FI, A2, B1 y B2 del IE-EE. La adaptación al cambio climático no se incluye en estas estimaciones. En el caso de las extinciones, 'mayor' significa de ~40 a ~70% de las especies evaluadas.

La tabla muestra también los cambios de temperatura mundial para períodos de tiempo seleccionados, en relación con el período 1980-1999, previstos para los escenarios del IE-EE y de estabilización. Para expresar los cambios de temperatura en relación con el período 1850-1899, se añaden (Continúa debajo Tabla RT.5.)

Fenómeno <sup>a</sup> y dirección de la tendencia	Probabilidad de las tendencias futuras, teniendo en cuenta las proyecciones para el siglo XXI, utilizando los escenarios del IE-EE	Ejemplos de grandes impactos previstos por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
<b>En la mayoría de las regiones terrestres, días y noches más cálidos y menor cantidad de días y noches frías; días y noches de calor más cálidos y frecuentes</b>	Prácticamente cierto <sup>b</sup>	Mayores rendimientos en los ambientes más fríos; menores rendimientos en los ambientes más cálidos; mayor aparición de insectos.	Efectos de los recursos hídricos que dependen del derretimiento de las nieves; efectos en algunos suministros de agua [3.4.1, 3.5.1]	Disminución de la mortalidad humana debido a una menor exposición al frío [8.4.1, T8.3]	Reducción de la demanda de energía necesaria para la calefacción; mayor demanda de energía para sistemas de enfriamiento, disminución de la calidad del aire en las ciudades; menores trastornos en el transporte ocasionados por la nieve o el hielo; efectos en el turismo de invierno [7.4.2, 14.4.8, 15.7.1]
<b>Períodos cálidos /olas de calor. La frecuencia aumenta en la mayoría de las regiones terrestres</b>	Muy probable	Menores rendimientos en las regiones más cálidas debido al estrés térmico; aumento del peligro de incendios forestales [5.8.1, 5.4.5, 4.4.3, 4.4.4]	Mayor demanda de agua; problemas con la calidad del agua, por ejemplo: florecimiento de algas [3.4.2, 3.5.1, 3.4.4]	Mayores riesgos de mortalidad relacionada con el calor, sobre todo los ancianos, personas con enfermedades crónicas, personas muy jóvenes y aisladas socialmente [8.4.2, T8.3, 8.4.1]	Reducción en la calidad de vida de las personas que viven en regiones cálidas y no cuentan con una vivienda adecuada; impactos en los ancianos, las personas muy jóvenes y pobres [7.4.2, 8.2.1]
<b>Fenómenos de precipitación intensa: aumenta la frecuencia en la mayoría de las regiones terrestres</b>	Muy probable	Daños a los cultivos; erosión de los suelos, incapacidad para el cultivo de la tierra debido al anegamiento de los suelos [5.4.2]	Efectos negativos en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas; contaminación de las fuentes de agua; puede aliviarse el estrés hídrico [3.4.4]	Aumento de los riesgos de fallecimientos, lesiones, de las enfermedades infecciosas, respiratorias y cutáneas [8.2.2, 11.4.11]	Trastornos en los asentamientos, el comercio, el transporte y las sociedades debido a las inundaciones; presiones en las infraestructuras urbanas y rurales; pérdidas de propiedades [T7.4, 7.4.2]
<b>Aumento de las áreas afectadas por la sequía</b>	Probable	Degradación de la tierra, menores daños y fallos en rendimientos/cultivos; aumento del fallecimiento del ganado; mayores peligros de incendios forestales [5.8.1, 5.4, 4.4.4]	Estrés hídrico más generalizado [3.5.1]	Aumento del riesgo de la escasez de alimentos y agua; mayores riesgos de malnutrición; mayor peligro de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos [5.4.7, 8.2.3, 8.2.5]	Escasez de agua en los asentamientos, la industria y las sociedades; disminución en el potencial de generación de energía hidroeléctrica; posible migración de las poblaciones [T7.4, 7.4, 7.1.3]

**Tableau RT. 5** - Exemples d'effets potentiels du changement climatique dus à des événements météorologiques et climatiques extrêmes. Basés sur des projections portant sur la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Les changements ou l'évolution de la capacité d'adaptation ne sont pas pris en compte. Des exemples détaillés point par point se trouvent dans l'Évaluation (voir la source en haut des colonnes). Les deux premières colonnes du Tableau (colorées en jaune) sont directement tirées du quatrième Rapport d'évaluation du Groupe de travail I (Tableau RID-2). La probabilité des estimations de la colonne 2 concerne les phénomènes énumérés dans la colonne 1. La direction de la tendance et la probabilité des phénomènes se rapportent aux projections du changement climatique du RSSE.

Fenómeno <sup>a</sup> y dirección de la tendencia	Probabilidad de las tendencias futuras, teniendo en cuenta las proyecciones para el siglo XXI, utilizando los escenarios del IE-EE	Ejemplos de grandes impactos previstos por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
<b>Aumento de la actividad ciclónica tropical intensa</b>	Probable	Daños a los cultivos; derribo (desarraigo) de árboles debido al viento; daño a los arrecifes de corales [5.4.5, 16.4.3]	Interrupciones eléctricas ocasionan trastornos al abastecimiento público de agua [7.4.2]	Aumento de los riesgos de fallecimientos y las lesiones, de las enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos; trastornos de estrés postraumático [8.2.2, 8.4.2, 16.4.5]	Trastornos ocasionados por las inundaciones y los fuertes vientos; retiro de la cobertura de riesgos en las regiones vulnerables por parte de los aseguradores privados, posible migración de las poblaciones, pérdidas de propiedades [7.4.1, 7.4.2, 7.1.3]
<b>Mayor incidencia del aumento extremo del nivel del mar (excluye los tsunamis)<sup>c</sup></b>	Probable <sup>d</sup>	Salinización del agua utilizada con fines de riego, los estuarios y los sistemas de agua dulce [3.4.2, 3.4.4, 10.4.2]	Disminución en la disponibilidad de agua dulce debido a la intrusión de agua salada [3.4.2, 3.4.4]	Aumento de los riesgos de fallecimientos y las heridas debido a los ahogamientos en las inundaciones; efectos en la salud relacionados con la migración [6.4.2, 8.2.2, 8.4.2]	Costes de la protección costera frente a los costes de la reubicación del uso de la tierra; posible movimiento de las poblaciones y la infraestructura; véase también los ciclones tropicales mencionados supra [7.4.2]

a Véase Tabla 3.7 de la Cuarta Evaluación del GTI para las definiciones.

b Calentamiento de los días y noches más extremos de cada año.

c El aumento extremo del nivel del mar depende del nivel medio del mar y de los sistemas climáticos regionales. Queda definido como el mayor 1% de los valores por hora observados del nivel del mar en una estación durante un período de referencia determinado.

d En todos los escenarios, el promedio del nivel del mar en el mundo para 2100 es superior al del período de referencia [Cuarta Evaluación 10.6 del GTI]. No se ha evaluado el efecto de los cambios en los sistemas climáticos regionales sobre los extremos del nivel del mar.

**Tabla RT.3. (cont.)**

0,5°C. En el Capítulo 2, [Recuadro 2.8] se ofrecen más detalles. Las estimaciones son para las décadas de 2020, 2050 y 2080, (períodos utilizados por el Centro de Distribución de Datos del IPCC y, por tanto, en muchos estudios de impacto) y la década de 2090. Las proyecciones basadas en el IE-EE se muestran utilizando dos enfoques diferentes. Panel medio: proyecciones del RRP del CIE del GTI que tienen en cuenta múltiples fuentes. Las mejores estimaciones se basan en los MCGAO (puntos de colores). Las variaciones en la incertidumbre, disponibles sólo para la década de 2090, se basan en modelos, limitaciones de observación y juicios de los expertos. Panel bajo: mejores estimaciones y variaciones de la incertidumbre se basan en un modelo climático sencillo, procedente también del CIE del GTI (Capítulo 10). Panel alto: mejores estimaciones y variaciones de la incertidumbre para los cuatro escenarios de estabilización del CO<sub>2</sub> utilizando un modelo climático sencillo. Los resultados proceden del TIE porque las proyecciones comparables para el siglo XXI no están disponibles en el CIE. Sin embargo, las estimaciones del calentamiento de equilibrio se presentan en el CIE del GTI para la estabilización de CO<sub>2</sub> equivalente. Obsérvese que las temperaturas de equilibrio no se alcanzarán hasta después de décadas o siglos de estabilización de los gases de efecto invernadero.

Tabla RT.3. Fuentes: 1, 3.4.1; 2, 3.4.1, 3.4.3; 3, 3.5.1; 4, 4.4.11; 5, 4.4.9, 4.4.11, 6.2.5, 6.4.1; 6, 4.4.9, 4.4.11, 6.4.1; 7, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.4 al 4.4.6, 4.4.10; 8, 4.4.1, 4.4.11; 9, 5.4.2; 10, 6.3.2, 6.4.1, 6.4.2; 11, 6.4.1; 12, 6.4.2; 13, 8.4, 8.7; 14, 8.2, 8.4, 8.7; 15, 8.2, 8.4, 8.7; 16, 8.6.1; 17, 19.3.1; 18, 19.3.1, 19.3.5; 19, 19.3.5

Tabla RT.4. Fuentes: 1, 9.4.5; 2, 9.4.4; 3, 9.4.1; 4, 10.4.1; 5, 6.4.2; 6, 10.4.2; 7, 11.6; 8, 11.4.12; 9, 11.4.1, 11.4.12; 10, 11.4.1, 11.4.12; 11, 12.4.1; 12, 12.4.7; 13, 13.4.1; 14, 13.2.4; 15, 13.4.3; 16, 14.4.4; 17, 5.4.5, 14.4.4; 18, 14.4.8; 19, 14.4.5; 20, 15.3.4, 21, 15.4.2; 22, 15.3.3; 23, 16.4.7; 24, 16.4.4; 25, 16.4.3

**bajos costes, pero en la actualidad no se cuenta con valoraciones exhaustivas de los costes de adaptación ni de los beneficios.**

Existe una cantidad creciente de estimaciones de costes de adaptación y beneficio-coste de adaptación a nivel regional y de proyecto para las subidas del nivel del mar, la agricultura, la demanda de energía los equipos de calefacción y aire acondicionado, la gestión de los recursos hídricos y la infraestructura. Estos estudios identifican una serie de medidas que pueden ponerse en práctica a bajo coste o con una alta relación coste-beneficio. Sin embargo, algunas adaptaciones comunes pueden tener efectos sociales y ambientales. Las adaptaciones a las olas de calor, por ejemplo, han traído consigo una elevada demanda de sistemas de aire acondicionado de alto consumo energético [17.2.3].

Se cuenta también con estimaciones ilimitadas para los costes de adaptación mundial relativos a las subidas del nivel del mar y los gastos por concepto de energía para el calentamiento y enfriamiento de locales. Las estimaciones de los beneficios de adaptación mundial para el sector agrícola están también disponibles, aunque esta documentación no considera de manera explícita los costes de adaptación. En la actualidad no se cuenta con las estimaciones integrales multisectoriales de los costes y beneficios mundiales de la adaptación [17.2.3].

**La capacidad adaptativa es desigual entre sociedades y dentro de éstas.**

Hay personas y grupos dentro de todas las sociedades que no tienen la capacidad suficiente para adaptarse al cambio climático. Por ejemplo, en África austral, las mujeres en las comunidades agrícolas de subsistencia tienen sobre ellas una carga desproporcionada en cuanto a los costes de recuperación y la forma de hacer frente a la sequía [17.3.2].

La capacidad adaptativa es dinámica y recibe la influencia de los recursos económicos y naturales, las redes sociales, los derechos, las instituciones y la gestión de los asuntos públicos, los recursos humanos y la tecnología [17.3.3]. Por ejemplo, investigaciones realizadas en el Caribe sobre la preparación ante huracanes muestra que la promulgación de legislaciones apropiadas es una condición previa necesaria para poner en práctica planes de adaptación ante futuros cambios climáticos [17.3].

Los múltiples elementos de estrés relacionados con el VIH/SIDA, la degradación de la tierra, las tendencias de la globalización económica, las barreras al comercio

y los conflictos violentos afectan la exposición a los riesgos climáticos y la capacidad adaptativa. Por ejemplo, las comunidades agrícolas en la India están expuestas a los impactos de la competencia en la importación y a los bajos precios, además de a los riesgos climáticos; y los ecosistemas marinos sobreexplotados por la pesca globalizada han demostrado tener una menor capacidad adaptativa a la variabilidad y cambio climáticos. (Véase Tabla RT.7) [17.3.3].

La elevada capacidad adaptativa no se traduce necesariamente en acciones que reducen la vulnerabilidad. Por ejemplo, a pesar de la alta capacidad para adaptarse al estrés térmico mediante adaptaciones relativamente no costosas, los residentes en áreas urbanas de algunas partes del mundo, incluidos los que habitan en ciudades europeas, continúan experimentando altos niveles de mortalidad. Un ejemplo de ello son las muertes ocasionadas por la ola de calor que azotó Europa en el año 2003. Otro ejemplo es el huracán Katrina, que afectó a la costa del Golfo de México y Nueva Orleans, en 2005 y provocó la muerte de más de 1.000 personas, además de los costes económicos y sociales sumamente elevados [17.4.2].

**Se cuenta con una amplia gama de opciones de adaptación, pero se necesita una adaptación más extensiva de la que existe en la actualidad para poder reducir la vulnerabilidad a los futuros cambios climáticos. Existen barreras, límites y costes, pero estos no se entienden plenamente.**

La gama de respuestas potenciales de adaptación disponibles para las sociedades humanas es muy amplia (véase Tabla RT.6). Éstas van desde respuestas puramente tecnológicas (por ejemplo, las defensas marinas), conductuales (por ejemplo, cambio de las opciones recreativas y alimentarias), administrativas (por ejemplo, cambio de las prácticas agrícolas) y de diseño de políticas (por ejemplo, reglamentaciones sobre planificación). Si bien la mayoría de las tecnologías y las estrategias se conocen y desarrollan en algunos países, la documentación revisada no indica cuán eficaces son las diferentes opciones para la reducción de los riesgos, en particular, a mayores niveles de calentamiento, y para sus impactos conexos y los grupos vulnerables.

Aunque muchos impactos tempranos del cambio climático pueden enfrentarse de manera eficaz mediante la adaptación, las opciones para una adaptación exitosa son menores y los costes asociados aumentan con los crecientes cambios climáticos. En la actualidad, no tenemos una idea clara sobre los límites de la adaptación, o su coste, en parte porque las medidas de adaptación eficaces

dependen sobremanera de factores de riesgo climáticos y geográficos específicos, así como de las limitaciones institucionales, políticas y financieras [7.6, 17.2, 17.4]. Existen barreras considerables para aplicar la adaptación. Ello incluye tanto la incapacidad de los sistemas naturales para adaptarse al ritmo y magnitud del cambio climático, como las tremendas limitaciones ambientales, económicas, informativas, sociales, psicológicas y conductuales. Existen también considerables brechas de conocimiento para la adaptación, así como impedimentos para el flujo de conocimientos e información necesarios para la toma de decisiones en materia de adaptación [17.4.1, 17.4.2]. Para los países en vías de desarrollo, la disponibilidad de recursos y el fomento de capacidades de adaptación tienen una importancia particular [véase las Secciones 5 y 6, de los Capítulos 3 al 16; véase también incisos 17.2, 17.4]. A continuación se muestran algunos ejemplos y razones:

- a. La gran cantidad y expansión de los lagos glaciares potencialmente peligrosos debido a la elevación de las temperaturas en el Himalaya. Ello va mucho más allá de la capacidad de los países de la región para encarar tales riesgos.
- b. Si el cambio climático ocurre más rápido de lo anticipado, muchos países en vías de desarrollo no pueden sencillamente enfrentar la incidencia de fenómenos climatológicos extremos más frecuentes e intensos, pues ello desviaría los recursos presupuestados para otros fines.
- c. El cambio climático ocurrirá dentro del ciclo de vida de muchos proyectos de infraestructura (diques costeros, puentes, puertos marinos, etc.). El fortalecimiento de estas infraestructuras teniendo en cuenta nuevos criterios de diseño puede tardar décadas para su aplicación. En muchos casos, no sería posible la reconversión.
- d. Debido a limitaciones físicas, las medidas de adaptación no pueden ponerse en práctica en muchas zonas de estuarios y deltas.

Los nuevos procesos de planificación intentan superar estas barreras a niveles local, regional y nacional, tanto en países en vías de desarrollo como desarrollados. Por ejemplo, los Países Menos Adelantados están desarrollando Planes Nacionales de Acción para la Adaptación y algunos países desarrollados han establecido marcos nacionales de políticas de adaptación [17.4.1].

**RT.5.2 Interrelación entre adaptación y mitigación**

**Tanto la adaptación como la mitigación pueden ayudar a reducir los riesgos del cambio climático para la naturaleza y la sociedad.**

Sin embargo, sus efectos varían dependiendo del tiempo y el lugar. La mitigación tendrá beneficios mundiales, pero -debido a los tiempos de retraso en los sistemas climáticos y biofísicos- estos serán perceptibles apenas a mediados del siglo XXI aproximadamente [RRP del CIE del GTI]. Los beneficios de la adaptación tienen fundamentalmente un alcance de local a regional, y pueden ser inmediatos, sobre todo si estos abordan también las vulnerabilidades a las condiciones climáticas actuales [18.1.1, 18.5.2]. Debido a estas diferencias entre adaptación y mitigación, las políticas en materia de clima no deben ceñirse a una selección entre adaptarse al cambio climático y mitigarlo. Para enfrentar las vulnerabilidades claves al cambio climático, es necesario lograr la adaptación porque incluso los esfuerzos de mitigación más estrictos no podrán evitar el avance del cambio climático en las próximas décadas. La mitigación es necesaria porque el depender sólo de la adaptación podría conducir finalmente a una magnitud tal del cambio climático para la cual una adaptación eficaz sería únicamente posible a un coste social, ambiental y económico muy elevado.

**Muchos impactos pueden evitarse, reducirse o retrasarse con la mitigación.**

En la actualidad, se ha completado una pequeña cantidad de evaluaciones de impacto para escenarios en los que las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero en la atmósfera serían estables. Si bien estos estudios no toman en cuenta totalmente las incertidumbres del clima previstas bajo condiciones de estabilización -por ejemplo, la sensibilidad de los modelos climáticos a los forzamientos-, ellos señalan indicaciones de daños evitados o vulnerabilidades y riesgos reducidos por las diferentes cantidades de reducción de las emisiones [2.4, T20.6].

Asimismo, en la actualidad se cuenta con una mayor cantidad de información acerca del momento en que -dentro de una gama de aumentos de temperaturas- pueden ocurrir determinadas cantidades de impactos. Ello permite interferir en las proporciones del aumento de la temperatura asociadas con determinados impactos. La Tabla RT.3 ilustra el cambio de la temperatura media mundial para tres períodos (las décadas de 2020, 2050 y 2080), para varias vías alternativas de estabilización y para tendencias de emisiones asumidas según los diferentes escenarios del IE-EE. Las referencias hechas a las Tablas RT.3 y RT.4 ofrecen una idea de los impactos que podrían evitarse para determinadas variaciones en los cambios de temperatura.

**Una cartera de medidas de adaptación y mitigación**

	Alimentos, fibras y silvicultura	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
<b>Desecación/ Sequía</b>	Cultivos: desarrollo de nuevas variedades resistentes a la sequía; cultivos intercalados; retención de los residuos de cultivos; manejo de las malas hierbas; agricultura con el uso del riego y los hidropónicos; almacenamiento de agua Ganadería: alimentación suplementaria; cambios en el índice de repoblación; pastoreo alterado y rotación de los pastos. Social: servicios de extensión mejorados; alivio de la deuda; diversificación del ingreso	Reducción de las pérdidas de agua. Gestión de la demanda de agua mediante sistemas de medición y determinación de precios, Conservación de la humedad del suelo, por ejemplo, mediante el recubrimiento del terreno con capa orgánica. Desalinización del agua del mar. Conservación del agua subterránea mediante la recarga artificial. Educación para un uso sostenible de agua	Almacenamiento de los granos y preparación de estaciones de alimentación en caso de emergencia Suministro de agua potable segura y adecuado saneamiento Fortalecimiento de las instituciones públicas y de los sistemas de salud Acceso a los mercados internacionales de alimentos	Mejores capacidades de adaptación, sobre todo en la búsqueda de medios de subsistencia Incorporación del tema del cambio climático en los programas de desarrollo Mejores sistemas de abastecimiento de agua y coordinación entre las jurisdicciones
<b>Mayores precipitaciones/ Inundaciones</b>	Cultivos: sistemas de pólder y drenaje mejorados; desarrollo de promoción de cultivos alternativos; ajuste de las plantaciones y de los cronogramas de cosecha; sistemas agrícolas flotantes Social: Servicios de extensión mejorados	Mejor implementación de medidas de protección, incluidos el pronóstico y alerta contra inundaciones, regulaciones mediante legislaciones sobre planificación y el ordenamiento territorial; promoción de los servicios de seguro; y reubicación de los activos vulnerables	Medidas estructurales y no estructurales. Sistemas de alerta temprana. Planificación de la preparación en caso de desastres. Socorro de emergencia eficaz posterior a los fenómenos	Mejores infraestructuras de protección contra las inundaciones. Edificaciones "a prueba de inundaciones". Cambio del uso de la tierra en áreas de alto riesgo. Realineamiento ordenado "Búsqueda de espacios para agua" Mapeo de las áreas de riesgo de inundación; alerta contra inundaciones. Habilitación de las instituciones comunitarias
<b>Calentamiento/ Olas de calor</b>	Cultivos: Desarrollo de nuevas variedades resistentes al calor; cambio de la periodicidad de las actividades de los cultivos; control y vigilancia de las plagas que afectan a los cultivos; Ganadería: Garantizar protección y sombra; cambio a razas tolerantes al calor Silvicultura: Control de los incendios mediante el cambio en el diseño de los rodales, planificación de los paisajes, rescate de la madera muerta, eliminación de los sotobosques. Control de los insectos mediante la quema prescrita, control con medios no químicos de las plagas. Social: Diversificación del ingreso	Gestión de la demanda de agua mediante sistemas de medición y determinación de precios Educación para un uso sostenible de agua	Sistemas de vigilancia internacional para detectar el brote de enfermedades. Fortalecimiento de las instituciones públicas y de los sistemas de salud. Sistemas de alerta térmica nacionales y regionales. Medidas para reducir el efecto de isla de calor en las áreas urbanas mediante la creación de espacios verdes. Ajuste de las formas de vestir y los niveles de actividad; aumento del consumo de líquidos	Programas de asistencia para grupos especialmente vulnerables Mejora de las capacidades adaptativas Cambios tecnológicos
<b>Velocidad del viento/ Formación de tormentas</b>	Cultivos: desarrollo de cultivos resistentes al viento (por ejemplo, la vainilla)	Diseño e implementación de las defensas costeras para proteger los suministros de agua de la contaminación	Sistemas de alerta temprana; planificación de la preparación en caso de desastres; socorro de emergencia eficaz posterior a los fenómenos	Preparación en caso de emergencias, incluidos los sistemas de alerta temprana. Infraestructuras con más capacidad adaptativa. Opciones financieras de gestión de riesgo tanto para regiones desarrolladas como en desarrollo

puede disminuir los riesgos asociados al cambio climático.

Incluso los esfuerzos de mitigación más denodados no pueden evitar más impactos del cambio climático en las próximas décadas, lo que hace que la adaptación sea esencial, sobre todo al abordar los impactos en el corto plazo. A largo plazo, probablemente el cambio climático no mitigado superaría la capacidad adaptativa de los sistemas naturales, ordenados y humanos [20.7].

Esto hace pensar en el valor de una cartera o combinación de estrategias en la que se incluyan la mitigación, la adaptación, el desarrollo tecnológico (para que potencie tanto la adaptación como la mitigación) y la investigación (sobre la ciencia del clima, los impactos, la adaptación y la mitigación). En esas carteras se podrían combinar políticas con enfoques basados en los incentivos y acciones a todos los niveles por parte del ciudadano a título individual a través de los gobiernos nacionales y las organizaciones internacionales [18.1, 18.5].

Estas acciones incluyen opciones tecnológicas, institucionales y conductuales, la introducción de instrumentos económicos y políticos para estimular el uso de estas opciones, y la investigación y desarrollo para reducir la incertidumbre y ampliar la eficacia y eficiencia de las opciones [18.4.1, 18.4.2]. Muchos actores diferentes participan en la implementación de estas acciones, operando a diferentes escalas espaciales e institucionales. La mitigación incluye de manera primordial los sectores de la energía, el transporte, la industria, el residencial, la silvicultura y la agricultura, mientras los actores inmersos en la adaptación representan una amplia variedad de intereses sectoriales, incluidos la agricultura, el turismo y el ocio, la salud humana, el abastecimiento de agua, la gestión costera, la planificación urbanística y la conservación de la naturaleza [18.5, 18.6].

Una forma de elevar la capacidad adaptativa es introducir el análisis de los impactos del cambio climático en la planificación del desarrollo [18.7] mediante, por ejemplo:

- la inclusión de medidas de adaptación en la planificación del uso de la tierra y el diseño de infraestructuras [17.2];

**Tabla RT.6.** Ejemplos de opciones actuales y potenciales para adaptarse al cambio climático para los sectores vulnerables. Ya se ha hecho referencia a todas las entradas en los capítulos del Cuarto Informe de Evaluación. Obsérvese que, en relación con los ecosistemas, se requieren respuestas de adaptación genéricas en lugar de específicas. Las estrategias de planificación genéricas podrían aumentar la capacidad adaptativa de manera natural. Algunos ejemplos de tales estrategias pueden ser: los corredores reforzados de vida silvestre, incluidos amplios gradientes de elevación en las zonas protegidas [5.5, 3.5, 6.5, 7.5, T6.5]

- la inclusión de medidas para reducir la vulnerabilidad en las estrategias destinadas a reducir el riesgo existente de desastres [17.2, 20.8]

**Las decisiones sobre adaptación y mitigación se toman dentro de una gama de diferentes niveles.**

Entre estos niveles se puede incluir las familias y agricultores independientes, empresas privadas y organismos de planificación nacional. Para una mitigación eficaz se necesita la participación de todos los grandes emisores de gases de efecto invernadero a nivel mundial, mientras que, en la mayoría de los casos, la adaptación tiene lugar a niveles regional y nacional. Los beneficios de la mitigación tienen un alcance mundial, mientras sus costes y beneficios auxiliares se generan a nivel local. Tanto los costes como los beneficios de la adaptación tienen lugar a nivel local, por lo general [18.1.1, 18.4.2]. Por consiguiente, la mitigación está motivada primordialmente por acuerdos internacionales y la aplicación de políticas públicas nacionales, mientras que la adaptación está motivada, sobre todo, por acciones privadas de las entidades afectadas y por acuerdos de carácter público alcanzados por las comunidades impactadas [18.1.1, 18.6.1].

**La interrelación entre la adaptación y la mitigación puede existir en todos los niveles de toma de decisiones.**

Las acciones de adaptación pueden tener efectos de mitigación (generalmente no deseados) positivos o negativos, a la vez que las acciones de mitigación pueden tener efectos de adaptación (generalmente no deseados también) positivos o negativos [18.4.2, 18.5.2]. Un ejemplo de una acción de adaptación con un efecto de mitigación negativo puede ser el uso del aire acondicionado (si la energía que se requiere se obtiene a partir de combustibles fósiles). Un ejemplo de acción de mitigación con un efecto de adaptación positivo pudiera ser la forestación de las laderas de las montañas, que no sólo retiene el carbono sino que también controla la erosión del suelo. Otros ejemplos de estas sinergias entre la adaptación y mitigación pueden ser la electrificación rural basada en fuentes de energía renovable, la siembra de árboles en ciudades para reducir el efecto de isla de calor y el desarrollo de sistemas agroforestales [18.5.2].

El análisis de la interrelación entre la adaptación y la mitigación puede revelar vías para promover la aplicación efectiva de acciones de adaptación y mitigación.

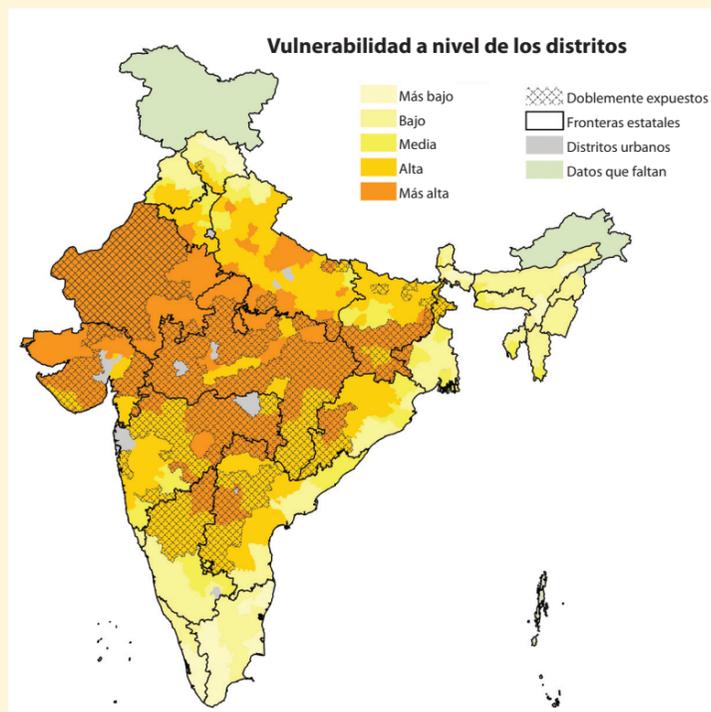
La creación de sinergias entre la adaptación y la mitigación puede aumentar la relación coste-eficacia de las acciones y hacerlas más atractivas a posibles financiadores y a otros agentes con capacidad de decisión (véase Tabla RT.7). Sin embargo, las sinergias no ofrecen ninguna garantía de que los recursos se utilicen de la manera más eficiente cuando se intenten reducir los riesgos del cambio climático. Asimismo, las acciones

esenciales sin efectos sinérgicos podrían pasarse por alto si la creación de sinergias se convierte en un criterio dominante para la toma de decisiones [18.6.1]. Existen oportunidades para las sinergias en algunos sectores (por ejemplo, la agricultura, la silvicultura, la construcción de edificaciones e infraestructuras urbanas), pero éstas se encuentran bastante limitadas en muchos otros sectores relevantes para el clima [18.5.2]. La falta de información conceptual y empírica que considere de manera explícita la adaptación y la mitigación dificulta la evaluación de las necesidades y el potencial de las sinergias a la hora de trazar políticas en materia de clima [18.7].

### Recuadro RT.7. Capacidad adaptativa a múltiples elementos de estrés en la India.

La capacidad adaptativa al cambio climático no está distribuida de manera equitativa entre los países ni dentro de ellos. En la India, por ejemplo, tanto el cambio climático como la liberalización del comercio están cambiando el contexto de la producción agrícola. Algunos agricultores pueden adaptarse a estas condiciones cambiantes, entre las que se incluyen fenómenos diferenciados como la sequía y los rápidos cambios de los precios de los productos básicos, pero otros no logran hacerlo. La identificación de las regiones donde es probable que ambos procesos tengan resultados negativos constituye un primer paso para identificar las opciones y limitaciones para adaptarse

a las condiciones cambiantes [17.3.2].



La Figura RT.17 muestra la vulnerabilidad regional al cambio climático como una combinación de capacidades adaptativas y sensibilidad climática expuestas al cambio climático. Las partes sombreadas superpuestas indican las regiones que están doblemente expuestas, debido a la alta vulnerabilidad al cambio climático y a la liberalización del comercio. Los resultados de este mapa muestran mayores niveles de resistencia en los distritos ubicados a todo lo largo de la llanura indo gangética (excepto en el estado de Bihar), las regiones sur y este, y menor resistencia en el interior del país, sobre todo en los estados de Bihar, Rajasthan, Madhya Pradesh, Maharashtra, Andhra Pradesh y Karnataka [17.3.2].

Figura RT.17. Se considera que los distritos de la India, calificados como los de mayor impacto, en términos de a) vulnerabilidad al cambio climático, b) competencia contra las importaciones, asociadas a la globalización económica, están doblemente expuestos (representados con las zonas sombreadas). [F17.2]

Escala	Adaptación Mitigación	Mitigación Adaptación	Decisiones paralelas que afectan a la adaptación y a la mitigación	Equilibrio y sinergias entre la adaptación y la mitigación
<b>Mundial/política</b>	Toma de conciencia de que los límites a la adaptación motivan la mitigación; por ejemplo, lobby en materia de política que realizan las ONGA	El comercio teniendo en cuenta los MDL obtiene fondos para la adaptación mediante recargos	Asignación de fondos de la EEM o del Fondo Especial para el Cambio Climático	Evaluación de los costes y beneficios de la adaptación y la mitigación al establecer metas para la estabilización
<b>Regional/ estrategia natural /planificación sectorial</b>	La planificación de las cuencas (por ejemplo, energía hidroeléctrica) y la cubierta vegetal afectan las emisiones de gases de efecto invernadero	El impuesto sobre el uso de combustibles fósiles aumenta el coste de adaptación debido a los precios más elevados de la energía	La capacidad nacional, por ejemplo, la auto evaluación, apoya la adaptación y la mitigación en la integración de políticas	Sensibilidad de los proyectos de prueba a las políticas sobre mitigación, al coste social del carbono y a los impactos climáticos
<b>Local/acciones biofísicas comunitarias e individuales</b>	El uso mayor del aire acondicionado (viviendas, oficinas, transporte) aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero	La retención del carbono afecta a la subsistencia	Las autoridades de planificación locales aplican criterios relacionados con la adaptación y la mitigación en cuanto a la planificación del uso de la tierra	Evaluación empresarial integrada de la exposición a las políticas sobre mitigación y los impactos climáticos

Tabla RT.7. Relaciones entre adaptación y mitigación [F18.3]. ONGA = Organización No Gubernamental Ambiental; MDL = Mecanismo de Desarrollo Limpio; EEM = Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

Para tomar decisiones sobre el equilibrio entre los beneficios locales inmediatos de la adaptación y los beneficios mundiales a un plazo más largo de la mitigación se necesitaría información sobre los costes y beneficios en el tiempo de las acciones.

Por ejemplo, una cuestión pertinente sería determinar si con las inversiones en adaptación se ganaría tiempo para la mitigación o no. Los modelos integrados de evaluación mundial brindan estimaciones aproximadas sumamente alteradas sobre los costes y beneficios. Las complejidades de la interrelación entre adaptación y mitigación se hacen más patentes a niveles más detallados de análisis y aplicación [18.4.2]. Estas complejidades -incluido el hecho de que la adaptación y la mitigación operan a escalas espaciales, temporales e institucionales diferentes e incluyen diferentes actores con diferentes intereses y creencias, sistemas de valores y derechos de propiedad- constituyen un reto para la aplicación práctica de un equilibrio que va más allá de la escala local. En particular, el concepto de una “mezcla óptima” entre adaptación y mitigación resulta problemático, toda vez que es usual que éste asuma que hay un balance de cero para la adaptación y la mitigación, y que sería posible captar los intereses individuales de todos los que estarán afectados por el cambio climático, ahora y en el futuro, dentro de una medida agregada mundial de bienestar [18.4.2, 18.6.1].

Las capacidades adaptativas y de mitigación de las personas están motivadas por grupos de factores similares.

Estos factores representan una capacidad de respuesta generalizada que puede movilizarse durante la prestación de la adaptación o la mitigación. A su vez, la capacidad de respuesta depende de las vías de desarrollo de la sociedad. El fortalecimiento de la capacidad de respuesta de la sociedad mediante el logro de vías de desarrollo sostenible es, por consiguiente, una vía de promover tanto la adaptación como la mitigación [18.3]. Ello facilitaría la aplicación práctica de ambas opciones, así como su generalización en la planificación y desarrollo sectoriales. Si las políticas sobre clima y el desarrollo sostenible no se buscan de manera integrada, entonces será importante no sólo evaluar las opciones de políticas específicas que pudieran lograr ambos objetivos, sino también explorar los elementos determinantes de la capacidad de respuesta que dan lugar a esas opciones, habida cuenta de que ellas se relacionan con las vías que sirven de base al desarrollo socioeconómico y tecnológico [18.3, 18.6.3].

#### RT. 5.3 Vulnerabilidades clave

Las vulnerabilidades claves se encuentran en muchos sistemas sociales, económicos, biológicos y

### geofísicos.

La vulnerabilidad al cambio climático es el grado en que los sistemas geofísicos, biológicos y socioeconómicos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático. Por tanto, el término “vulnerabilidad” puede referirse al sistema vulnerable como tal (por ejemplo, las islas bajas o las ciudades costeras), al impacto en ese sistema (por ejemplo, la inundación de las ciudades costeras y de las tierras destinadas a la agricultura o las migraciones forzadas), o al mecanismo que provoca estos impactos (por ejemplo, la desintegración del manto de hielo de la Antártida occidental). Teniendo en cuenta una serie de criterios encontrados en la documentación (por ejemplo, la magnitud, periodicidad, persistencia / reversibilidad, potencial de adaptación, aspectos de la distribución, probabilidad e ‘importancia’ de los impactos [19.2]), algunas de estas vulnerabilidades podrían identificarse como ‘claves’. Los impactos claves y las vulnerabilidades claves resultantes se pueden encontrar en muchos sistemas sociales, económicos, biológicos y geofísicos [19.1.1].

La identificación de las posibles vulnerabilidades claves tiene como objetivo servir de guía para los que tienen la capacidad de tomar decisiones a la hora de identificar los niveles y ritmos de cambio climático que pueden estar asociados a la ‘interferencia antropogénica peligrosa’ (DAI, por sus siglas en inglés) en el sistema climático, que aparece dentro de la terminología CMCC (Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) Artículo 2 [B19.1]. En última instancia, la decisión de la DAI no puede tener en cuenta solamente los argumentos científicos, pero sí incluye otros elementos de juicio que se forman por el estado del conocimiento científico [19.1.1]. La Tabla RT.8 muestra una lista ilustrativa y seleccionada de vulnerabilidades claves.

Las vulnerabilidades claves pueden estar vinculadas a los umbrales sistémicos donde los procesos no lineales hacen que el sistema cambie de un estado importante a otro (como un cambio repentino hipotético en el monzón asiático o la desintegración del manto de hielo en la Antártida occidental o retroacciones positivas de los ecosistemas que cambian de un sumidero a una fuente de CO<sub>2</sub>). Otras vulnerabilidades claves pueden asociarse a los “umbrales normativos” definidos por las partes interesadas o por aquellas implicadas en la toma de decisiones (es decir, una magnitud de la subida del nivel del mar ya no se considera aceptable por los habitantes de las zonas costeras bajas) [19.1.2].

### Los niveles crecientes de cambio climático conducirán a impactos asociados al número creciente de vulnerabilidades claves, y algunas vulnerabilidades claves han estado asociadas al cambio climático observado.

El cambio climático observado en el año 2006 ha estado asociado a los impactos que pueden vincularse con las vulnerabilidades claves. Entre éstas se encuentran los aumentos de la mortalidad humana durante los fenómenos climatológicos extremos, y los crecientes problemas asociados con el derretimiento del permafrost, el retroceso de los glaciales y la subida del nivel del mar [19.3.2, 19.3.3, 19.3.4, 19.3.5, 19.3.6].

Los cambios de la temperatura media mundial de hasta 2°C por encima de los niveles del período 1990-2000 agravarían las vulnerabilidades claves actuales, tales como las que se han enumerado con anterioridad (confianza alta), y provocarían otras, tales como la reducción de la seguridad alimentaria en muchos países de latitudes bajas (confianza media). Al mismo tiempo, algunos sistemas pudieran beneficiarse como en el caso de la productividad agrícola mundial en regiones de latitudes medias y altas (confianza media) [19.3.1, 19.3.2, 19.3.3].

Los cambios de la temperatura media mundial de 2 a 4°C por encima de los niveles del período 1990-2000 conducirían a un número mayor de impactos claves en todas las escalas (confianza alta), tales como la pérdida generalizada de la biodiversidad, la decreciente productividad agrícola mundial y el resultado del deshielo generalizado de los mantos de hielo de Groenlandia (confianza alta) y la Antártida occidental (confianza media) [19.3.1, 19.3.4, 19.3.5].

Los cambios de la temperatura media mundial más de 4°C por encima de los niveles del período 1990-2000 conducirían a un mayor aumento de la vulnerabilidad (confianza muy alta), sobrepasando la capacidad adaptativa de muchos sistemas (confianza muy alta) [19.3.1]. Las regiones que ya tienen un alto riesgo de variabilidad y cambio climáticos observados poseen más probabilidades de verse afectadas de manera adversa en el futuro cercano, debido a los cambios previstos para el clima y al aumento de la magnitud y/o frecuencia de los fenómenos extremos que ya están siendo dañinos [19.3.6, 19.4.1].

**Los “motivos de preocupación” identificados en el Tercer Informe de Evaluación continúan siendo un marco viable para considerar las vulnerabilidades claves. Investigaciones recientes han actualizado algunos de los resultados del TIE.**

#### Sistemas únicos amenazados

Hasta la fecha, existen pruebas nuevas y más sólidas de los impactos adversos del cambio climático observado en varios

Sistemas claves o grupos de riesgo	Criterios principales de ‘vulnerabilidad clave’	Cambio de temperatura media mundial por encima del nivel de 1990					
		0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
<b>Sistemas sociales a nivel mundial</b>							
Suministro de alimentos	Distribución, magnitud	La productividad de algunos cereales disminuye en las latitudes bajas ** La productividad de algunos cereales aumenta en las latitudes medias - altas **		La productividad de algunos cereales disminuye en las regiones de latitudes medias - altas **  La productividad de algunos cereales disminuye en las regiones de latitudes medias - altas **			
Impactos agregados en los mercados y distribución	Magnitud, distribución	Beneficios netos en muchas latitudes altas; costes netos en muchas latitudes bajas * b			Disminuyen los beneficios a medida que aumentan los costes. Coste neto mundial * b		
<b>Sistema regional</b>							
Pequeños territorios insulares	Irreversibilidad, magnitud, distribución, baja capacidad adaptativa	Mayor número de inundaciones costeras y daños a las infraestructuras debido a la subida del nivel del mar **					
Comunidades indígenas, pobres o aisladas	Irreversibilidad, distribución, periodicidad, baja capacidad adaptativa	Algunas comunidades ya están afectadas ** c		El cambio climático y la subida del nivel del mar se suma a otros elementos de estrés **. Las comunidades que habitan en zonas costeras bajas y regiones áridas se encuentran especialmente amenazadas ** d			
<b>Sistemas biológicos a nivel mundial</b>							
Ecosistemas terrestres y biodiversidad	Irreversibilidad, magnitud, baja capacidad adaptativa, persistencia, ritmo de cambio, confianza	Muchos ecosistemas ya están afectados ***	c. 20-30% de las especies en peligro creciente de extinción *		Grandes extinciones en todo el mundo **		
Ecosistemas marinos y biodiversidad	Irreversibilidad, magnitud, baja capacidad adaptativa, persistencia, ritmo de cambio, confianza	Mayor decoloración de los corales **	Mayoría de los corales decolorados **	Mortalidad generalizada de los corales **	La biosfera terrestre tiende hacia una fuente neta de carbono **		

Sistemas claves o grupos de riesgo	Criterios principales de 'vulnerabilidad clave'	Cambio de temperatura media mundial por encima del nivel de 1990				
		0 °C	1 °C	2 °C	3 °C	4 °C
<b>Sistemas geofísicos</b>						
Manto de hielo de Groenlandia	Magnitud, irreversibilidad, baja capacidad adaptativa, confianza	Deshielos localizados (ya se observan debido al calentamiento local), su alcance pudiera aumentar con la temperatura *** e	Riesgo de un deshielo generalizado ** o casi total *, subida del nivel del mar de 2 a 7 m en un período que oscila de siglos a milenios * e	Deshielo casi total ** e		
Circulación de Renuevo Meridional	Magnitud, persistencia, distribución, periodicidad, capacidad adaptativa, confianza	Variaciones incluido el debilitamiento regional (ya se ha observado pero no se ha identificado ninguna tendencia) f	Debilitamiento considerable **. Riesgo de un cambio a gran escala y persistente, incluido el posible enfriamiento en las regiones septentrionales de latitudes altas cercanas a Groenlandia y al noroeste de Europa •, sumamente dependiente del ritmo del cambio climático			
<b>Riesgos debidos a fenómenos extremos</b>						
Intensidad de los ciclones tropicales	Magnitud, periodicidad, distribución	Aumento de las tormentas Cat. 4-5 */**, con impactos agravados por subida del nivel del mar	Incremento mayor de la intensidad de las tormentas tropicales */**			
Sequía	Magnitud, periodicidad	Aumento de la sequía extrema del 1% de la superficie terrestre a un 30% (escenario A2) * i Regiones de latitudes medias afectadas por la migración hacia los polos de los Modos Anulares seriamente afectados ** j				

**Tabla RT.8.** Tabla de vulnerabilidades claves seleccionadas. Las vulnerabilidades oscilan desde las que están asociadas a sistemas de las sociedades, las cuales tienen el mayor potencial de adaptación, hasta las que están asociadas a sistemas geofísicos, que es probable que tengan la menor capacidad adaptativa. El potencial de adaptación a las vulnerabilidades claves que ocurre como resultado de fenómenos extremos se asocia a los sistemas afectados, la mayoría de los cuales son de naturaleza socioeconómica. En los lugares donde está disponible, se presenta información sobre cómo los impactos pueden cambiar a mayores crecimientos de la temperatura media mundial (TMM). Todos los aumentos de la TMM son en comparación con los de los años cercanos a 1990. La mayoría de los impactos son consecuencia de cambios en el clima, condiciones climatológicas y/o nivel del mar, y no sólo de la temperatura. En muchos casos los impactos del cambio climático son marginales o sinérgicos, además de los ya existentes y posiblemente de los crecientes elementos de estrés. Los criterios para las vulnerabilidades claves aparecen en la Sección RT 5.3. Para obtener todos los detalles remitase al texto correspondiente en el Capítulo 19. Leyenda de los símbolos de confianza: \*\*\*confianza muy alta, \*\*confianza alta, \*confianza media, •confianza baja.

Las fuentes para la columna izquierda están tomadas de T19.1. Las fuentes para la columna derecha están tomadas de T19.1, y pueden encontrarse también en las Tablas RT.3 y RT.4, salvo: a: 5.4.2, 5.6; b: 20.6, 20.7; c: 1.3, 11.4.8, 14.2.3, 15.4.5; d: 3.4, 6.4, 11.4; e: 19.3.5, T19.1; f: 19.3.5, 12.6; g: 1.3.2, 1.3.3, T19.1; h: GTI 10.3.6.1; i: CIE GTI 10.3.6.1; j: CIE GTI 10.3.5.6.

sistemas únicos y amenazados. Se cree más probable que un aumento de 1 a 2°C de la temperatura media mundial por encima de los niveles de 1990 constituye un riesgo considerable para muchos sistemas únicos y amenazados, incluidos muchos sitios críticos de la biodiversidad [19.3.7].

#### Fenómenos extremos

Hay nuevas pruebas de que es probable que el cambio climático observado ya haya elevado el riesgo de que ocurran ciertos fenómenos extremos tales como las olas de calor, y es incluso más probable que el calentamiento haya contribuido a la intensificación de algunos ciclones

tropicales, con niveles crecientes de impactos adversos en la medida en que aumentan las temperaturas [19.3.7].

#### Distribución de los impactos

Aún existe una confianza alta en que la distribución de los impactos climáticos será desigual y que, por lo general, las regiones de bajas latitudes y menos desarrolladas estarán expuestas a mayores riesgos. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la vulnerabilidad al cambio climático es también muy alta dentro de países por separado. Como consecuencia de ello, algunos grupos poblacionales en los países desarrollados son también sumamente vulnerables [19.3.7].

#### Impactos agregados

Existen pruebas de que los beneficios netos iniciales del mercado ocasionados por el cambio climático llegarán a su punto máximo en una magnitud más baja y antes de lo que estimaba el Tercer Informe de Evaluación, y que es probable que, para las magnitudes mayores de incrementos de la temperatura media mundial, los daños sean mayores de lo que estimaba el Tercer Informe de Evaluación. El cambio climático podría afectar de manera adversa a cientos de millones de personas debido a los mayores riesgos de inundación costera, reducción del abastecimiento de agua, mayores riesgos de malnutrición y mayores riesgos de exposición a enfermedades relacionadas con el clima [19.3.7].

#### Particularidades a gran escala

Desde el Tercer Informe de Evaluación, la documentación ha dado orientaciones más específicas sobre los posibles umbrales para el deshielo parcial o casi completo de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida occidental. Existe una confianza media en que al menos el deshielo parcial de los mantos de hielo de Groenlandia y, posiblemente los de la Antártida occidental, ocurrirá en un período que oscila de siglos a milenios para un aumento de la temperatura media mundial de 1-4°C (en comparación con el período 1990-2000), contribuyendo a una subida del nivel del mar de 4-6 m o más [CIE GTI 6.4, 10.7.4.3, 10.7.4.4; 19.3.5.2].

#### RT.5.4 Perspectivas del cambio climático y sostenibilidad

##### La vulnerabilidad futura depende no sólo del cambio climático sino también de las vías de desarrollo.

Un avance importante desde el Tercer Informe de Evaluación ha sido la terminación de los estudios de impacto para diferentes vías de desarrollo, tomando en consideración no sólo el cambio climático previsto, sino también los cambios económicos y sociales previstos. La mayor parte de este estudio se ha basado en caracterizaciones de las poblaciones y de los niveles de ingresos, extraídos de los escenarios del IE-EE [2.4].

Estos estudios muestran que los impactos previstos del cambio climático pueden variar en gran medida debido a la vía de desarrollo asumida. Por ejemplo, puede haber grandes diferencias regionales en cuanto a la población, el ingreso y el desarrollo tecnológico, según escenarios alternativos, que frecuentemente son un determinante fuerte del nivel de vulnerabilidad al cambio climático [2.4].

A manera de ilustración, la Figura RT.18 muestra las estimaciones de un estudio reciente sobre la cantidad de personas que se prevé estén expuestas a riesgos de inundación costera cada año, según los diferentes escenarios de desarrollo socioeconómico. Ello indica que la cantidad prevista de personas afectadas es considerablemente mayor -según el escenario de desarrollo del tipo A2 (caracterizado por un ingreso per cápita relativamente bajo y un gran crecimiento de la población)- que en los demás escenarios futuros del IE-EE [T20.6]. Esta diferencia puede explicarse en gran medida, no por las diferencias en los cambios climáticos, sino por las diferencias en cuanto a la vulnerabilidad [T6.6].

##### La vulnerabilidad al cambio climático puede agravarse por la presencia de otros elementos de estrés.

Los elementos de estrés no climáticos pueden aumentar la vulnerabilidad al cambio climático al reducir la resistencia, y sólo pueden disminuir la capacidad adaptativa debido al despliegue de recursos para la satisfacción de las necesidades más apremiantes. Por ejemplo, entre los actuales elementos de estrés que afectan a algunos de los arrecifes de coral se encuentran la contaminación marina y las escorrentías de productos químicos utilizados en la agricultura, así como el aumento de la temperatura del agua y la acidificación del océano. Las regiones vulnerables encaran múltiples elementos de estrés que afectan su exposición y sensibilidad, así como su capacidad adaptativa. Estos elementos de estrés se derivan, por ejemplo, de los actuales riesgos climáticos, la pobreza y el acceso desigual a los recursos, la inseguridad alimentaria, las tendencias de la globalización económica, los conflictos y la incidencia de enfermedades como el VIH/SIDA [7.4, 8.3, 17.3, 20.3].

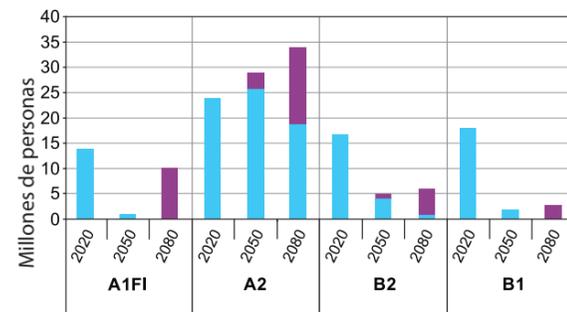
El propio cambio climático puede reducir su combinación de múltiples elementos de estrés en algunas localidades porque las manifestaciones físicas de los impactos del cambio climático son muy diversas [9.4.8]. Por ejemplo, precipitaciones más variables implican una mayor frecuencia de sequías y episodios más frecuentes de precipitaciones intensas, a la vez que la subida del nivel del mar puede ocasionar inundaciones costeras en áreas que ya experimentaron vendavales más frecuentemente. En tales casos, la vulnerabilidad total al cambio climático es mayor que la suma de las vulnerabilidades a impactos específicos considerados por separado y de manera aislada (confianza muy alta) [20.7.2].

**Es muy probable que el cambio climático impida la capacidad de los países para alcanzar vías de desarrollo sostenible, como se mide, por ejemplo,**

### en los avances a largo plazo hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Para dar seguimiento al TIE, este Informe ha adoptado la definición de la Comisión Brundtland que establece que el desarrollo sostenible es el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. Durante la próxima mitad de siglo, es muy probable que el cambio climático haga más difícil el desarrollo sostenible, en particular, al medir su avance comparándolo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio que deben alcanzarse a mediados del presente siglo. El cambio climático socavaría las capacidades de los países para alcanzar los Objetivos de Desarrollo, calculados teniendo en cuenta la reducción de la pobreza, y el logro de una mejor equidad para el año 2050, en particular, en África y en partes de Asia (confianza muy alta) [20.7.1].

Aunque hay casos en que los fenómenos climáticos extremos han interferido gravemente en el desarrollo económico, resulta muy improbable que el cambio



**Figura RT.18.** Los resultados de un estudio reciente muestran los millones de personas que se estima que estarán expuestas cada año a riesgos de inundación costera en el mundo en la década de 2080. Barras color azul: cantidad de personas en riesgo sin subida del nivel del mar, barras color violeta: cantidad de personas en riesgo en caso de una subida del nivel del mar [T6.6]

climático atribuido a fuentes antropogénicas, per se, sea un impedimento extra considerable para que muchos países alcancen sus metas de Desarrollo del Milenio para el año 2015. Aún les queda por vencer muchos otros obstáculos con impactos más inmediatos [20.7.1].

El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático, promoviendo la adaptación, aumentando la capacidad adaptativa y elevando la resistencia (confianza muy alta) [20.3.3]. Por otra parte, es muy probable que el cambio climático pueda hacer más lento el ritmo de avance hacia un desarrollo sostenible, ya sea directamente mediante una mayor exposición a los impactos adversos, o indirectamente mediante la erosión

de la capacidad adaptativa. Este argumento se demuestra con claridad en las secciones de los capítulos sectoriales y regionales del presente Informe que analizan las implicaciones para el desarrollo sostenible [véase Sección 7 de los Capítulos 3 al 8, 20.3, 20.7]. En la actualidad, pocos planes de promoción de la sostenibilidad han incluido de manera explícita la adaptación a los impactos del cambio climático o la promoción de la capacidad adaptativa [20.3].

### El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Los esfuerzos para encarar los impactos del cambio climático y los intentos de promover un desarrollo sostenible comparten objetivos y determinantes comunes entre los que se encuentran: el acceso a los recursos (incluida la información y la tecnología), la equidad en la distribución de los recursos, las reservas de capital humano y social, el acceso a los mecanismos de participación en el riesgo y la capacidad de los mecanismos de apoyo a la toma de decisiones para enfrentar la incertidumbre. No obstante, algunas actividades de desarrollo agravan las vulnerabilidades relativas al clima (confianza muy alta).

Resulta muy probable que puedan explotarse sinergias significativas con miras a utilizar el cambio climático para alcanzar el desarrollo de la comunidad, al igual que aspectos vitales de desarrollo para la comunidad del cambio climático [20.3.3, 20.8.2 y 20.8.3]. Es muy probable también que una comunicación eficaz en cuanto a la evaluación, valoración y las acciones se convierta en una herramienta importante tanto en la evaluación y el gobierno participativos como en la identificación de áreas productivas para iniciativas de aprendizaje compartido [20.3.3, 20.8.2, 20.8.3]. A pesar de estas sinergias, hasta ahora pocos análisis sobre promoción de la sostenibilidad han incluido, de manera explícita, la adaptación a los impactos climáticos, la reducción de los riesgos peligrosos y/o la promoción de la capacidad adaptativa [20.4, 20.5, 20.8.3]. Los análisis acerca de la promoción del desarrollo y el mejoramiento de la calidad del medio ambiente raras veces han incluido, de manera explícita, la adaptación a los impactos climáticos y/o la promoción de la capacidad adaptativa [20.8.3]. La mayoría de los académicos y profesionales inmersos en temas de desarrollo que reconocen que el cambio climático es un tema significativo a niveles local, nacional, regional y/o mundial concentran su atención casi exclusivamente en la mitigación [20.4, 20.8.3].

Las sinergias entre las medidas de adaptación y mitigación se harán efectivas a mediados del presente siglo, pero

incluso la combinación entre una mitigación agresiva y una inversión considerable en la capacidad adaptativa pudiera verse neutralizada, a finales del presente siglo, al igual que un escenario probable de desarrollo.

Las Tablas RT.3 y RT.4 siguen la pista de los principales impactos mundiales para los grandes sectores, en relación con los aumentos de temperatura que se han medido desde el período de 1980 a 1999. No puede garantizarse, con una confianza muy alta, que un umbral de temperatura asociado a cualquier juicio subjetivo de lo que pudiera constituir un cambio climático “peligroso” se pueda evitar, a no ser que se garantice con la más denodada de las intervenciones de mitigación.

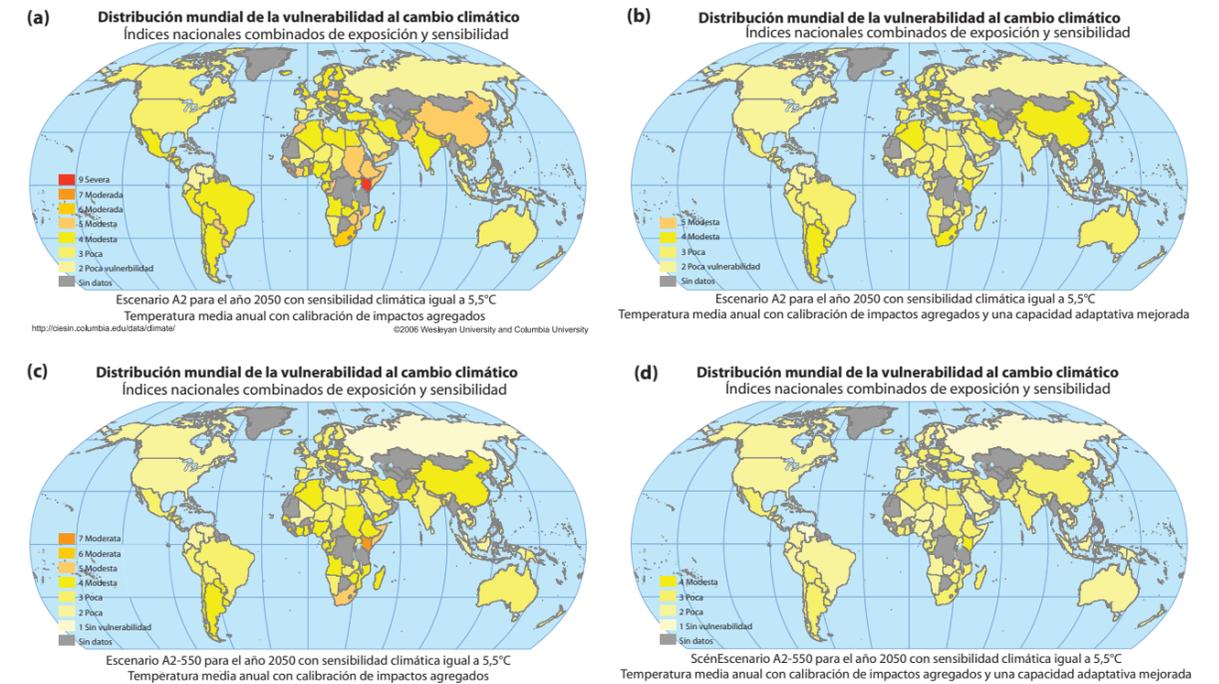
Como se ilustra en la Figura RT.19, es muy probable que los esfuerzos de mitigación mundial diseñados para contener las concentraciones efectivas de gases de efecto invernadero a, por ejemplo, 550 ppm beneficien a los países en desarrollo de manera significativa, a mediados del presente siglo, independientemente de si la sensibilidad al clima resulta ser alta o baja, y -sobre todo- cuando se combinen con una adaptación mejorada.

Los países desarrollados podrían también beneficiarse considerablemente de una cartera de intervenciones de adaptación-mitigación, sobre todo, para las altas sensibilidades climáticas y en sectores y regiones que ya muestran señales de su vulnerabilidad. Para el año 2100, es probable que el cambio climático genere vulnerabilidades significativas en todo el mundo, aun cuando se apliquen medidas de mitigación agresivas de conjunto con una capacidad adaptativa mejorada [20.7.3].

### En las futuras necesidades de investigación

Desde la realización del Tercer Informe de Evaluación del IPCC, los principales avances en el conocimiento han sido los siguientes:

- Amplia cobertura mejorada de los impactos del cambio climático en las regiones en desarrollo,



**Figura RT.19.** Distribución geográfica de la vulnerabilidad en el año 2050 con mitigación y sin ella, junto con un escenario de emisiones A2 del IE-EE, con una sensibilidad climática de 5.5°C. El Panel (a) describe la vulnerabilidad con una representación estática de la capacidad adaptativa actual. El Panel (b) muestra la vulnerabilidad con una capacidad adaptativa mejorada mundial. El Panel (c) describe las implicaciones geográficas de la mitigación diseñada para contener las concentraciones efectivas de gases de efecto invernadero en la atmósfera a 550 ppm. El Panel (d) ofrece una descripción de los efectos complementarios combinados de la mitigación al mismo límite de concentración de 550 ppm y la capacidad adaptativa mejorada. [F20.6]

mediante estudios, tales como el del proyecto AIACC (Evaluación de los Impactos y Adaptaciones al Cambio Climático en Múltiples Regiones y Sectores), aunque aún se necesita continuar investigando, sobre todo, en América Latina y África [9.RE, 10.RE, 13.RE].

- Más estudios de adaptación al cambio climático, con mejor información sobre prácticas actuales, capacidad adaptativa, opciones, barreras y límites a la adaptación [17.RE].
- Mucho más seguimiento de los efectos observados y reconocimiento de que el cambio climático está teniendo un impacto ostensible en muchos sistemas naturales [1.RE, F1.1].
- Alguna homogeneización de los escenarios de futuros cambios climáticos que corroboran los estudios de impacto, facilitados por la contribución centralizada de los datos aportados, por mediación de organizaciones tales como el Centro de Distribución de Datos del IPCC, permitiendo así establecer comparaciones entre sectores y regiones [2.2.2].
- Mejor información de los daños según los diferentes niveles de calentamiento de la atmósfera, así como el vínculo entre el calentamiento de la atmósfera y la probabilidad de estabilizar el CO<sub>2</sub> en los diferentes niveles. Como resultado de ello, conocemos más acerca del vínculo entre los daños y los escenarios de estabilización del CO<sub>2</sub>. [20.7.2, T20.8, T20.9].

Sin embargo, se han registrado pocos avances en:

- impactos con diferentes escenarios sobre cómo el mundo evolucionará en el futuro: las sociedades, los gobiernos, la tecnología y el desarrollo económico;
- el coste del cambio climático, tanto por concepto de los impactos como de la respuesta (adaptación y mitigación);
- proximidad a los umbrales y los puntos de descarga;
- impactos derivados de las interacciones entre el cambio climático y otros cambios ambientales inducidos por el ser humano.

#### RT 6.2 Necesidades futuras de investigación

##### **Impactos teniendo en cuenta diferentes escenarios sobre las vías futuras de desarrollo**

La mayoría de los estudios del Cuarto Informe de Evaluación sobre el cambio climático futuro se basan

en una pequeña cantidad de estudios que utilizan los escenarios del IE-EE, sobre todo los de las familias A2 y B2 [2.3.1]. Ello ha permitido realizar una caracterización limitada pero incompleta de la posible gama de situaciones futuras y sus impactos [véase Apartado 4 sobre los futuros impactos claves en todos los capítulos centrales].

Los escenarios deben:

- describir la evolución futura del mundo en virtud de escenarios diferentes y de gran amplitud sobre cómo se desarrollarán en el futuro las sociedades, los gobiernos, la tecnología y las economías;
- ser convenientes, a escalas regional y local, para los análisis de impactos;
- permitir incorporar los problemas de adaptación en las estimaciones sobre el impacto del cambio climático;
- analizar cambios climáticos drásticos tales como la interrupción de la Circulación de Renuevo Meridional del Atlántico Norte, y las grandes subidas del nivel de mar debido al derretimiento del manto de hielo; [6.8];
- ir más allá del año 2100 (sobre todo para la subida del nivel del mar) [6.8, 11.8.1].

Cada vez más, los autores de modelos climáticos realizan la totalidad de los modelos que permitan una caracterización del rango de incertidumbre para cada vía de desarrollo. Por tanto, el analista de impactos se enfrenta a cantidades de datos muy grandes para entender incluso una pequeña parte de la posible gama de situaciones futuras. Existe una necesidad urgente de buscar herramientas y técnicas para ordenar estas grandes cantidades de datos [2.3, 2.4].

##### **Daños que pueden evitarse con los diferentes niveles de reducción de las emisiones**

Se han realizado muy pocos estudios para explorar los daños que pueden evitarse, o los impactos que pueden posponerse con la reducción o la estabilización de las emisiones, a pesar de la importancia vital que este asunto reviste para las personas encargadas de trazar políticas. Los pocos estudios que se han realizado se analizan en el Capítulo 20 del presente Informe [20.6.2] y muestran con claridad la gran reducción de daños que puede lograrse con la mitigación de las emisiones [T20.4]. Las investigaciones existentes han hecho hincapié en la escala mundial y se necesitan con urgencia estudios desglosados a nivel regional e incluso local.

##### **Necesidades de investigaciones relacionadas con la**

##### **climatología.**

Dos de los requerimientos más importantes identificados tienen relación con las investigaciones realizadas por la ciencia que estudia el cambio climático, pero ya se ha detectado con claridad que estos son un obstáculo para las investigaciones sobre impactos, adaptación y vulnerabilidad.

- El primero se refiere a que la información con que contamos sobre los probables impactos futuros del cambio climático enfrenta la dificultad de la falta de conocimiento sobre la naturaleza de los cambios futuros, en particular, a escala regional y, sobre todo, respeto de los cambios en las precipitaciones y sus consecuencias hidrológicas para los recursos hídricos, así como los cambios en los fenómenos extremos, debido -en parte- a las deficiencias de los modelos climáticos existentes en las escalas espaciales requeridas [T2.5, 3.3.1, 3.4.1, 4.3].
- El segundo se relaciona con el cambio climático drástico. Las personas encargadas de trazar políticas necesitan entender los impactos de fenómenos tales como la interrupción de la Circulación de Renuevo Meridional del Atlántico Norte. Sin embargo, si no se cuenta con mejor información sobre las probables manifestaciones de tales fenómenos a escala regional, no es posible realizar las evaluaciones de impacto [6.8, 7.6, 8.8, 10.8.3].

##### **Observaciones, control y atribución**

Los estudios de campo a largo plazo realizados en áreas extensas deben evaluar los impactos del cambio climático observados en los sistemas ordenados y no ordenados y en las actividades humanas. Ello permitirá contar con mejor información sobre dónde y cuándo los impactos se tornan detectables, dónde se encuentran los lugares críticos, y por qué algunas áreas son más vulnerables que otras. Las observaciones de alta calidad son esenciales para una comprensión total de las causas, así como para la atribución inequívoca de las tendencias actuales del cambio climático [1.4.3, 4.8].

Es necesario realizar un control oportuno del ritmo de acercamiento a los umbrales significativos (tales como los umbrales del cambio climático drástico) [6.8, 10.8.4].

##### **Múltiples elementos de estrés, umbrales y personas vulnerables, y lugares.**

Se ha hecho evidente en el Cuarto Informe de Evaluación que los impactos del cambio climático son más dañinos cuando ocurren en el contexto de elementos de estrés

múltiples, derivados de los efectos, por ejemplo, de la globalización, la pobreza, la mala gestión pública, y los asentamientos en zonas costeras bajas. Se ha alcanzado un avance considerable hacia la comprensión de los lugares donde se pueden esperar impactos desproporcionados, debido a aspectos negativos del cambio climático. Es importante entender qué características aumentan la vulnerabilidad, qué características fortalecen la capacidad adaptativa de algunas personas y lugares, y qué características predisponen los sistemas físicos, biológicos y humanos a los cambios irreversibles como resultado de la exposición al clima y otros elementos de estrés [7.1, B7.4, 9.1, 9.RE]. ¿Cómo pueden manejarse los sistemas para reducir al mínimo el riesgo de cambios irreversibles? ¿Cuán cerca estamos de los puntos de descarga/umbrales para los ecosistemas naturales tales como el bosque pluvial en el Amazonas? ¿Qué retroefecto positivo surgiría si se alcanza dicho punto de descarga?

##### **Cambio climático, adaptación y desarrollo sostenible**

El CIE reconoció las sinergias que existen entre la capacidad adaptativa y el desarrollo sostenible, y que las sociedades que buscan una vía de desarrollo sostenible tienen probabilidades de tener una mayor resistencia a los impactos del cambio climático. Asimismo, es necesario realizar investigaciones con miras a determinar los factores que contribuyen a esta sinergia, y cómo las políticas que estimulan la capacidad adaptativa pueden fortalecer el desarrollo sostenible y viceversa [20.9].

Es probable además que para comprender la adaptación se requieran enfoques de aprendizaje práctico, en los que la base del conocimiento se estimula mediante la acumulación de la experiencia práctica.

##### **Coste del cambio climático, tanto por concepto de los impactos como de la respuesta (adaptación y mitigación)**

- Sólo pudo encontrarse para su evaluación una pequeña cantidad de documentación sobre los costes del cambio climático [5.6, 6.5.3, 7.5]. Aún persiste el debate en torno al tema de cómo se pueden medir los impactos, y qué unidad métrica debe utilizarse para garantizar la comparabilidad [2.2.3, 19.3.2.3, 20.9].
- La documentación en materia de costes y beneficios de la adaptación está limitada y fragmentada [17.2.3]. Ésta se centra en la elevación del nivel del mar y la agricultura, con evaluaciones más limitadas en cuanto a la demanda de energía, los recursos hídricos y el transporte. Estados Unidos y los países de la OCDE han hecho hincapié en el tema y han realizado sólo unos

pocos estudios para los países en vías de desarrollo [17.2.3].

Una mejor comprensión de los costes relativos de los impactos del cambio climático y la adaptación a éste, permite que las personas encargadas de trazar políticas puedan analizar las estrategias óptimas para la aplicación de políticas en materia de adaptación, sobre todo, en cuanto a la cantidad y periodicidad [17.2.3.1].

