

# **GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Cuarto Informe de Evaluación

Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis  
Resumen para Responsables de Políticas

TRADUCCIÓN NO OFICIAL
-----------------------

Las referencias en llaves { } en este Resumen para Responsables de Políticas se refiere a secciones, tablas y figuras del Informe Largo del Informe de Síntesis.

## 1. Cambios observados en el clima y sus efectos

**El calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal y como se hace evidente en la actualidad por las observaciones de los aumentos en las temperaturas medias globales del aire y el océano, el derretimiento disperso de nieve y hielo, y el aumento global del nivel medio del mar (Figura RRP.1). {1.1}**

Once de los últimos doce años (1995-2006) están en el ranking de los doce años más calurosos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal en 100 años (1906-2005) de 0,74 [0,55 a 0,92] °C<sup>1</sup>, es mayor que la tendencia correspondiente de 0,6 [0,4 a 0,8] °C (1901-2000), recogida en el TIE (Figura RRP.1). El incremento de temperatura se produce en todo el globo, y es mayor a latitudes más altas. Las regiones de tierra se han calentado más rápido que los océanos.

El aumento del nivel del mar concuerda con el calentamiento (figura RRP.1). El nivel medio global del mar ha aumentado desde 1961 a una tasa media de 1.8 [1.3 a 2.3] mm/año y desde 1993 a 3.1 [2.4 a 3.8] mm/año, con contribuciones de la expansión térmica, el derretimiento de glaciares y casquetes de hielo, y las placas de hielo polar. No está claro si la tasa más rápida de 1993 a 2003 refleja una variación decadal o un incremento en la tendencia a largo plazo. {1.1}

Las disminuciones observadas en la extensión del hielo y la nieve también concuerdan con el calentamiento (Figura RRP.1). Los datos de satélite desde 1978 muestran que la extensión de hielo del mar Ártico en verano ha disminuido en un 7.4 [5.0 a 9.8] % por década. Los glaciares de montaña y la cubierta de nieve, como media, han disminuido en ambos hemisferios. {1.1}

De 1900 a 2005, la precipitación ha aumentado considerablemente en partes del este de América del Norte y del Sur, Norte de Europa y Asia del norte y central, pero ha disminuido en el Sahel, el Mediterráneo, el sur de África y partes de Asia del sur. Globalmente, el área afectada por sequía *probablemente*<sup>2</sup> ha aumentado desde 1970. {1.1}

Es *muy probable* que en los 50 últimos años, los días fríos, las noches frías y las heladas hayan empezado a ser menos frecuentes en más áreas terrestres, y los días cálidos y las noches cálidas hayan empezado a ser más frecuentes. Es *probable* que: las olas de calor hayan empezado a ser más frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, la frecuencia de eventos de precipitaciones fuertes haya aumentado en la mayoría de las áreas, y desde 1975 la incidencia del nivel del mar extremadamente alto<sup>3</sup> haya aumentado en todo el globo. {1.1}

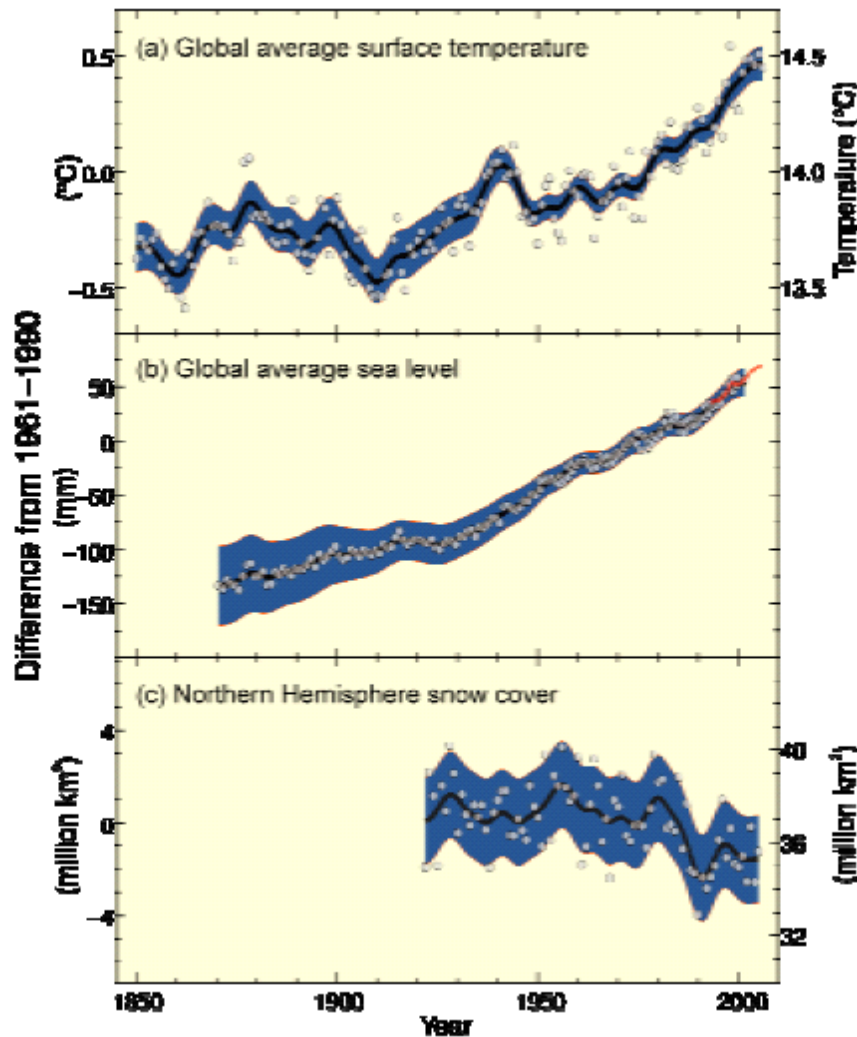
Hay evidencia observacional del aumento de actividad de los ciclones tropicales intensos en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, con evidencias limitadas de incrementos en otros lugares. No hay una tendencia clara en los números anuales de ciclones tropicales. Es difícil establecer tendencias a largo plazo en la actividad de los ciclones, particularmente antes de 1970. {1.1, 1.4}

<sup>1</sup> Los números en corchetes indican un intervalo de incertidumbre del 90% sobre la mejor estimación, es decir, hay una estimación del 5% de probabilidad de que el valor pueda estar por encima del rango dado en corchetes y un 5% de probabilidad de que el valor pueda estar bajo dicho rango. Los intervalos de incertidumbre no son necesariamente simétricos.

<sup>2</sup> Las palabras en cursiva representan expresiones calibradas de incertidumbre y confianza. Los términos relevantes están explicados en la Caja "Tratamiento de la incertidumbre" en la Introducción de este Informe de Síntesis.

<sup>3</sup> Excluyendo los tsunamis, que no se deben al cambio climático. El nivel del mar extremadamente alto depende del nivel medio del mar y del sistema climático regional. Se define aquí como el 1% más alto de los valores horarios del nivel del mar observados en una estación para un periodo dado de referencia.

## Cambios en la temperatura, el nivel del mar y la capa de nieve en el Hemisferio Norte.



**Figura RRP.1.** Cambios observados en (a) la temperatura media de superficie; (b) el nivel medio del mar en medidores de mareas (azul) y datos de satélite (rojo) y (c) capa de nieve del hemisferio norte para marzo-abril. Todas las diferencias se expresan con respecto a las medidas del periodo 1961-1990. Las curvas suavizadas representan los valores medios decadales mientras que los círculos muestran valores anuales. Las áreas sombreadas son los intervalos de incertidumbre estimados desde un análisis exhaustivo de incertidumbres conocidas (a y b) y de series temporales (c). {Figura 1.1}

Las temperaturas medias del Hemisferio Norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron *muy probablemente* más altas que durante cualquier otro periodo de 50 años en los últimos 500 años y *probablemente* las más altas en al menos los últimos 1.300 años. {1.1}

**Las evidencias observacionales<sup>4</sup> de todos los continentes y la mayoría de los océanos muestran que muchos sistemas naturales están siendo afectados por cambios climáticos regionales, particularmente el aumento de la temperatura. {1.2}**

Los cambios en la nieve, el hielo y el suelo helado han aumentado, con un *nivel de confianza alto*, el número y tamaño de los lagos glaciales, incrementado la inestabilidad del suelo en las montañas y otras regiones de permafrost y han conducido a cambios en ecosistemas árticos y antárticos. {1.2}

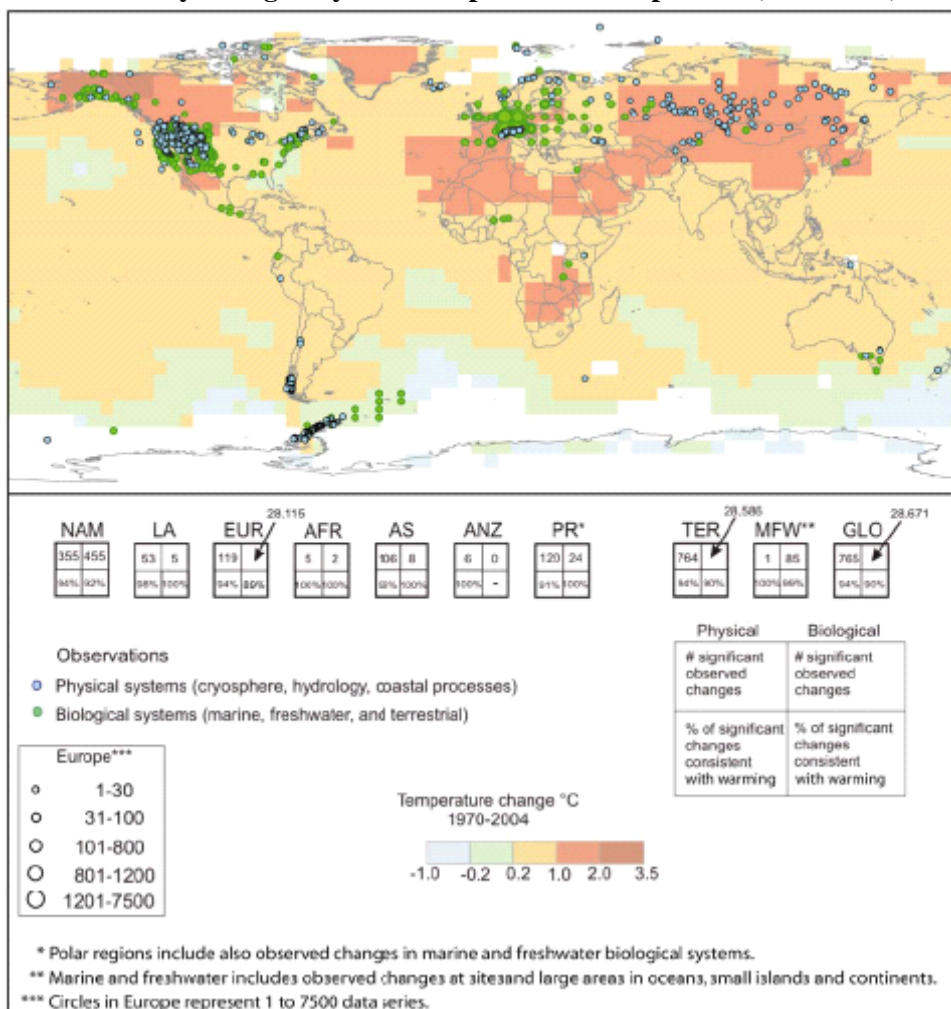
<sup>4</sup> basado en gran parte en series de datos que cubren el periodo desde 1970

Hay un *nivel de confianza alto* en que algunos sistemas hidrológicos han sido afectados también por escorrentías y picos de descargas más tempranos en primavera en muchos ríos alimentados por glaciares y nieve, y efectos sobre la estructura termal y la calidad del agua de ríos y lagos que sufren calentamiento.

En ecosistemas terrestres se producirán, con un *nivel de confianza muy alto*, y vinculados al calentamiento, un adelantamiento de los eventos primaverales y cambios en los rangos de plantas y animales hacia los polos y hacia zonas de mayor altitud. En algunos sistemas de agua dulce y marinos, los cambios en los rangos de abundancia de algas, plancton y peces en océanos de latitudes altas, están asociados con el aumento de las temperaturas del agua con un *nivel de confianza alto*, así como los cambios relacionados en la cubierta de hielo, salinidad, niveles de oxígeno y circulación.

De las más de 29.000 series de datos observacionales, procedentes de 75 estudios, que muestran un cambio significativo en muchos sistemas físicos y biológicos, más del 89% es coherente con la dirección del cambio esperado como respuesta al calentamiento (figura RRP.2). Sin embargo, hay una notable falta de balance geográfico en datos y literatura sobre cambios observados, con una carencia marcada en los países en desarrollo. {1.3}

### Cambios en sistemas físicos y biológicos y en la temperatura de superficie (1970-2001)



**Figura RRP.2.** Ubicaciones de los cambios significativos observados en las series de datos de sistemas físicos (nieve, hielo y suelo helado; hidrología y procesos costeros) y sistemas biológicos (sistemas biológicos terrestres, marinos y de aguas dulces) mostrados conjuntamente con los cambios de la temperatura del aire en superficie para el periodo 1970-2004. Se ha seleccionado un subgrupo de unas 29.000 series de datos de unas 80.000 series de datos de 577 estudios. Estas cumplen los siguientes criterios: (1) terminan en 1990 o después; (2) cubren un periodo de al menos 20 años; (3) muestran un cambio significativo en cualquier dirección, como se refleja en los estudios individuales. Estas series de datos se han tomado de alrededor de 75 estudios (de los cuales, aproximadamente 70 son posteriores al TIE) y contienen alrededor de 29.000 series de datos, de las cuales unas 28.000 son de estudios europeos. Las áreas

blancas no contienen suficientes datos climáticos observacionales para estimar una tendencia en la temperatura. Los recuadros de 2x2 muestran el número total de series de datos con cambios significativos (fila superior) y el porcentaje de éstas consistentes con el calentamiento (fila inferior) para (i) regiones continentales: América del Norte (NAM), América Latina (LA), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelanda (ANZ) y regiones polares (PR) y (ii) escala global: cambios terrestres (TER), marinos y en agua dulce (MFW) o globales (GLO). El número de estudios de los siete recuadros regionales (NAM, EUR, AFR, AS, ANZ, PR) no suman los totales globales (GLO) porque los números de las regiones, excepto las polares, no incluyen los números relativos a sistemas marinos y de agua dulce (MFR). Las ubicaciones de cambios marinos en áreas grandes no se muestran en el mapa. {Figura 1.2}

**Hay un *nivel de confianza medio* en que están surgiendo otros efectos de cambio climático regional sobre entornos naturales y humanos, aunque muchos son difíciles de percibir debido a la adaptación y a factores de cambio no climáticos.**

Estos incluyen los efectos de los incrementos de la temperatura sobre: { 1.2 }

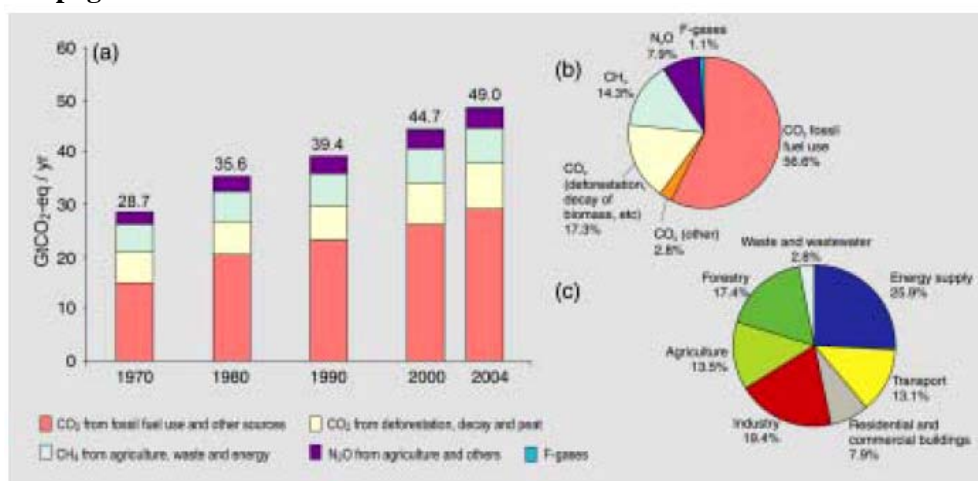
- la gestión agrícola y forestal a latitudes más altas en el Hemisferio Norte, tales como plantación más temprana de cultivos en primavera, y alteraciones en los regímenes de perturbación de los bosques debido a fuegos y plagas;
- algunos aspectos de la salud humana, tales como la mortalidad relacionada con el calor en Europa, cambios en vectores de enfermedades infecciosas en algunas áreas, y polen alergénico en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte;
- algunas actividades humanas en el Ártico (por ejemplo, caza y desplazamientos sobre hielo y nieve) y en áreas alpinas de menor elevación (tales como deportes de montaña).

## 2. Las causas del cambio

**Los cambios en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles, la cobertura de la tierra y la radiación solar alteran el balance energético del sistema climático. Las emisiones globales anuales de GEI debidas a actividades humanas han crecido desde la era preindustrial, con un incremento del 70% entre 1970 y 2004 (Figura RRP.3)<sup>5</sup> {2.1}**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el GEI antropogénico más importante. Sus emisiones anuales crecieron alrededor del 80% entre 1970 y 2004. La tendencia a largo plazo de la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía suministrada se invirtió después de 2000.

### Emisiones antropogénicas de GEI



**Figura RRP.3.** (a) emisiones globales anuales de los GEI antropogénicos entre 1970 y 2004<sup>5</sup> (b) porcentaje de los diferentes GEI antropogénicos en emisiones totales en 2004 en términos de CO<sub>2</sub>-eq (c) porcentaje de diferentes sectores en el total de emisiones antropogénicas de GEI en 2004 en términos de CO<sub>2</sub>-eq (Selvicultura incluye deforestación). {Figura 2.1}

<sup>5</sup> Incluye solamente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub> cuyas emisiones están cubiertas por la CMNUCC. Estos GEIs son ponderados con los Potenciales de Calentamiento Global a 100 años, usando valores consistentes con la información en el ámbito de la CMNUCC.

**Las concentraciones globales de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la atmósfera han aumentado considerablemente como resultado de las actividades humanas desde 1750, y actualmente exceden, con mucho, los valores preindustriales determinados por testigos de hielo que abarcan varios miles de años {2.2}**

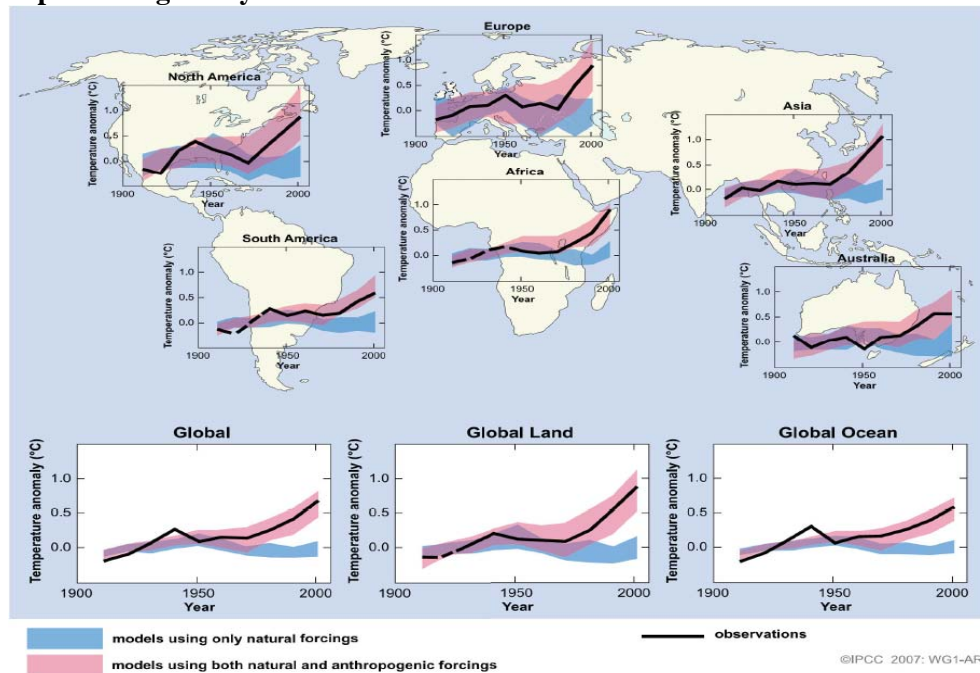
Las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> (379ppm) y CH<sub>4</sub> (1774ppb) en 2005 superan con mucho el rango natural de los últimos 650.000 años. Los incrementos globales en las concentraciones de CO<sub>2</sub> se deben, principalmente, al uso de combustibles fósiles con el cambio de uso del suelo proporcionando otra contribución significativa, pero menor. Es *muy probable* que el aumento observado en las concentraciones de CH<sub>4</sub> sea predominantemente debido a la agricultura y al uso de combustibles fósiles. El incremento en la concentración de N<sub>2</sub>O es principalmente debido a la agricultura.

Hay un nivel de confianza muy alto en que el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido de calentamiento<sup>6</sup>. {2.2}

**La mayoría de los aumentos observados en las temperaturas medias del globo desde la mitad del siglo XX son *muy probablemente* debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas<sup>7</sup>. Es *muy probable* que haya habido un calentamiento antropogénico significativo en los últimos 50 años promediado sobre cada continente excepto en la Antártica (Figura RRP.4)**

Durante los últimos 50 años, la suma de los forzamientos solar y volcánico *probablemente* habría producido enfriamiento. Los patrones observados de calentamiento y sus cambios son simulados solamente por modelos que incluyen forzamientos antropogénicos, las dificultades permanecen en la simulación y atribución de cambios de temperatura observados a escalas menores que la continental. {2.4}

### Cambio de temperatura global y continental



**Figura RRP.4:** comparación de los cambios observados a escala global y continental en la temperatura de superficie con resultados simulados por modelos climáticos usando forzamientos solamente naturales, y naturales y antropogénicos. Se muestran las medias de las décadas de observaciones para el periodo 1906-2005 (línea negra) trazada contra el centro de la década y con respecto a la correspondiente media de 1901-1950. Las líneas con guiones señalan que la cobertura espacial es menor del 50%. Las bandas

<sup>6</sup> Los aumentos de los GEI tienden a calentar la superficie, mientras el efecto neto de los aumentos de aerosoles tiende a enfriarla. El efecto neto debido a actividades humanas desde la era preindustrial es de calentamiento (+1.6 [0.6 a 2.4]Wm<sup>-2</sup>). En comparación, se estima que los cambios en la irradiancia solar han causado un pequeño efecto de calentamiento (+0.12 [0.06 a 0.30]Wm<sup>-2</sup>).

<sup>7</sup> La consideración de la incertidumbre restante está basada en metodologías actuales.

sombreadas en azul muestran un rango del 5-95% para 19 simulaciones de 5 modelos climáticos usando solamente los forzamientos naturales debidos a la actividad solar y los volcanes. Las bandas sombreadas en rojo muestran el rango de 5-95% para 58 simulaciones de 14 modelos climáticos usando forzamientos naturales y antropogénicos {Figura 2.5}

### **Los avances desde el TIE muestran que las influencias humanas perceptibles se extienden más allá de la media de temperatura a otros aspectos del clima. {2.4}**

Las influencias humanas han: {2.4}

- Contribuido *muy probablemente* al aumento del nivel del mar en la última mitad del siglo XX
- Contribuido *probablemente* a los cambios en patrones de viento, afectando a las trayectorias de tormentas extra-tropicales y a los patrones de temperaturas
- Incrementado *probablemente* las temperaturas de las noches calientes extremas, noches frías y días fríos
- Y es *más probable que improbable* que se haya incrementado el riesgo de olas de calor, el área afectada por sequía desde la década de los 70 y la frecuencia de los eventos de precipitaciones fuertes.

### **El calentamiento antropogénico de las tres últimas décadas probablemente ha tenido una influencia perceptible en los cambios observados en muchos sistemas físicos y biológicos a escala global. {2.4}**

La concordancia espacial entre regiones de calentamiento significativo a lo ancho del globo y las ubicaciones de cambios significativos observados en muchos sistemas, consistentes con el calentamiento, es *muy improbable* que se deba únicamente a la variabilidad natural. Varios estudios de modelaje han vinculado algunas respuestas específicas en sistemas físicos y biológicos al calentamiento antropogénico. {2.4}

Una atribución más completa de las respuestas observadas en los sistemas naturales al calentamiento antropogénico está actualmente impedida por las cortas escalas de tiempo de muchos estudios de impacto, por la mayor variabilidad climática natural a escalas regionales, por las contribuciones de factores no-climáticos y por la cobertura espacial limitada de los estudios. {2.4}

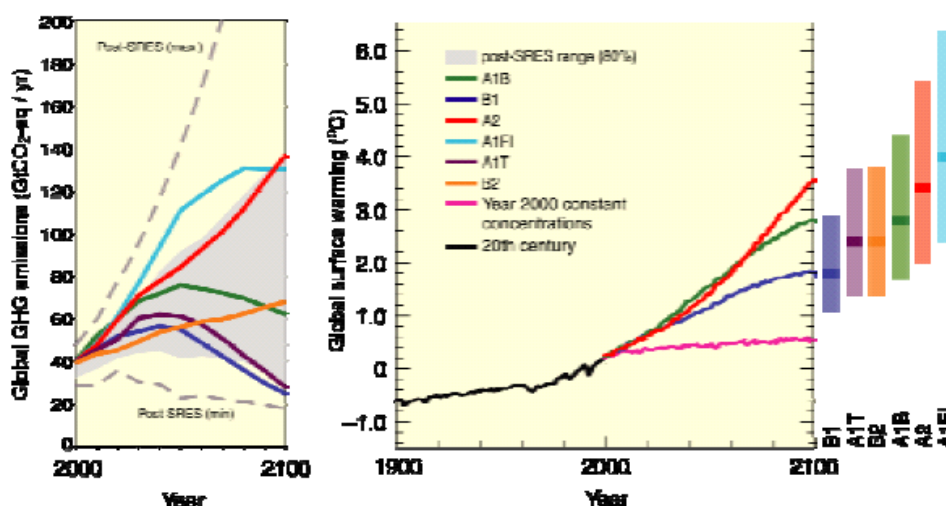
## **3. El cambio climático proyectado y sus impactos**

**Hay un *alto nivel de acuerdo y mucha evidencia* de que con las políticas actuales de mitigación del cambio climático y las prácticas de desarrollo sostenible relacionadas, las emisiones globales de GEI continuarán creciendo durante las próximas décadas. {3.1}**

El Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (SRES, 2000) proyecta un incremento de las emisiones de GEI en 25-90% (CO<sub>2</sub>-eq) entre 2000 y 2030, (figura RRP.5), con los combustibles fósiles manteniendo su posición dominante en el mix energético global hasta 2030 y más adelante. Escenarios más recientes, sin mitigación de emisiones adicional, son comparables en rango<sup>89</sup>. {3.1}

### **Escenarios para las emisiones de GEI de 2000 a 2100 (en ausencia de políticas climáticas adicionales) y proyecciones de temperaturas de superficie**

<sup>8</sup> Para la explicación de los escenarios de emisiones SRES, ver Caja "Escenarios SRES" de este Informe de Síntesis. Estos escenarios no incluyen políticas climáticas adicionales a las actuales, estudios más recientes pueden diferir con respecto a la inclusión de la CMNUCC y el Protocolo de Kioto.  
<sup>9</sup> Las sendas de emisiones de los escenarios de mitigación se discuten en la Sección 5.



**Figura RRP. 5.** panel de la izquierda: Emisiones globales de GEI (en CO<sub>2</sub>-eq) en ausencia de políticas climáticas adicionales: seis proyectos de escenarios indicativos SRES (líneas coloreadas) y rango 80<sup>o</sup> percentil de los escenarios recientes publicados desde el SRES (post-SRES) (área sombreada en gris). Las líneas discontinuas muestran el rango completo de los escenarios post-SRES. Las emisiones cubren CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y gases fluorados. Panel derecho: las líneas sólidas son medias globales del calentamiento de la superficie multi-modelo para escenarios A2, A1B y B1, mostradas como continuaciones de las simulaciones del siglo XX. Estas proyecciones también tienen en cuenta las emisiones de los gases de vida corta y los aerosoles. La línea rosa no es un escenario, pero es, para las simulaciones de AOGCM, donde las concentraciones atmosféricas se muestran constantes en los valores del año 2000. Las barras de la derecha de la figura muestran la mejor estimación (línea sólida en cada barra) y el rango de *probabilidad* valorado para los seis proyectos de escenarios indicativos SRES en 2090-2099. Todas las temperaturas son respecto al periodo 1980-1999. {Figura 3.1}

**Si las emisiones de GEI continuasen a las tasas actuales o superiores, causarían más calentamiento e inducirían muchos cambios en el sistema climático global durante el siglo XXI, los cuales serían *mu*y *probablemente* mayores que los observados durante el siglo XX (Tabla RRP.1, Figura RRP.5). {3.2.1}**

**Tabla RRP.1.** Calentamiento de superficie proyectado y aumento del nivel del mar medios al final del siglo XXI. {tabla 3.1}

Caso	Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 con respecto a 1980-1999) <sup>a,d</sup>		Aumento del nivel del mar (m en 2090-2099 con respecto a 1980-1999)
	Mejor estimación	Rango de probabilidad	Rango basado en modelos excluyendo cambios dinámicos futuros rápidos en el flujo de hielo
Concentraciones constantes año 2000 <sup>b</sup>	0.6	0.3-0.9	No disponible
Escenario B1	1.8	1.1-2.9	0.18-0.38
Escenario A1	2.4	1.4-3.8	0.20-0.45
Escenario B2	2.4	1.4-3.8	0.20-0.43
Escenario A1B	2.8	1.7-4.4	0.21-0.48
Escenario A2	3.4	2.0-5.4	0.23-0.51
Escenario A1F1	4.0	2.4-6.4	0.26-0.59

- a) las temperaturas son las mejores estimaciones valoradas y el rango probable de incertidumbre es una jerarquía de modelos de complejidad variable así como restricciones observacionales.
- b) la composición constante del año 2000 se deriva de los Modelos de Circulación General Atmósfera Océano (AOGCMs) únicamente.
- c) Todos los escenarios son los seis escenarios indicativos SRES. Las concentraciones aproximadas de dióxido de carbono equivalente correspondiente con el forzamiento radiativo computado debido a los GEI antropogénicos y a los aerosoles en 2100 (ver p.823 del TIE) para los proyectos de escenarios indicativos SRES B1, A1T, B2, A1B, A2 y A1F1 son alrededor de 600, 700, 800, 850, 1250 y 1550 ppm respectivamente.
- d) Los cambios de temperatura se expresan como la diferencia con el periodo 1980-1999. Para expresar el cambio relativo al periodo 1850-1899 añadir 0,5°C.

El rango de proyecciones (Tabla RRP.1) es ampliamente consistente con el TIE, pero las incertidumbres y los mayores rangos para la temperatura son mayores, principalmente porque el mayor rango disponible de modelos sugiere retroacciones del ciclo clima-carbono más fuertes. El calentamiento reduce la captación de dióxido de carbono atmosférico por la tierra y los océanos, aumentando la fracción de emisiones



antropogénicas que permanecen en la atmósfera. La fortaleza de esta retroacción varía marcadamente según los modelos. {2.3, 3.2.1}

Debido a que el entendimiento de algunos efectos importantes que conducen al aumento del nivel del mar es muy limitado, este informe no valora la probabilidad, ni proporciona la mejor estimación o un límite superior para el aumento del nivel del mar. La tabla RRP.1 muestra las proyecciones basadas en modelos del aumento medio del nivel del mar (para 2090-2099)<sup>10</sup>. Las proyecciones no incluyen incertidumbres en los ciclos de retroacción del ciclo clima-carbono ni los efectos completos de los cambios en el flujo de la cubierta de hielo, por lo tanto, los valores superiores de los rangos no pueden ser considerados como límites superiores para el aumento del nivel del mar. Incluyen la contribución del aumento del flujo de hielo procedente de Groenlandia y la Antártida en las tasas observadas en 1993-2003 pero esta contribución podría incrementarse o reducirse en el futuro<sup>11</sup>. {3.2.1.}

### **Ahora hay mayor confianza que en el TAR en los patrones proyectados de calentamiento y otras características a escala regional, incluyendo los cambios en los patrones de viento, precipitación, y otros aspectos de los extremos y el hielo marino.**

Los cambios a escala regional incluyen: (3.2.2)

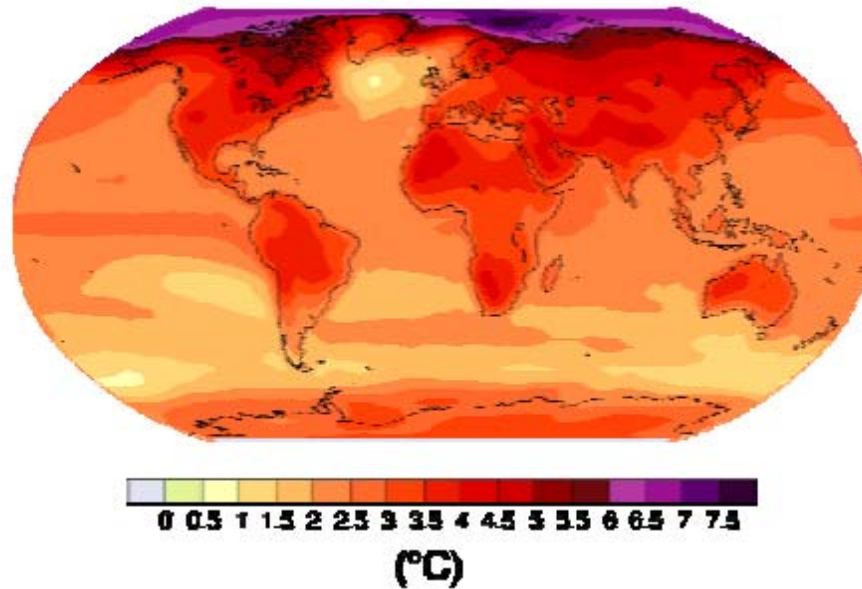
- Mayor calentamiento sobre las áreas de tierra y mayor en latitudes norte más altas, y menor en océanos del sur y partes del norte del océano Atlántico, continuando las tendencias recientes observadas. (Figura RRP.6)
- Reducción del área cubierta de nieve, incremento de la profundidad del derretimiento en la mayoría de las regiones con permafrost, y reducción en la extensión del hielo marino; en algunas proyecciones que utilizan los escenarios SRES, el hielo marino del ártico de final de verano desaparece casi completamente en la última parte del siglo XXI.
- Un incremento *muy probable* en la frecuencia de los extremos cálidos, olas de calor y precipitaciones fuertes
- Un incremento *probable* en la intensidad de los ciclones tropicales; hay menos confianza en la reducción de los números de ciclones tropicales
- Desplazamiento hacia el polo de las trayectorias de tormentas extra tropicales con los consiguientes cambios en los patrones de viento, precipitación, y temperatura
- Un incremento *muy probable* en la precipitación en latitudes altas y *probable* decrecimiento en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales, continuando con los patrones observados en tendencias recientes

Con un *nivel de confianza alto*, para mitad de siglo, está proyectado que la escorrentía anual de los ríos y la disponibilidad de agua aumentarán en latitudes altas (y en algunas áreas tropicales húmedas) y disminuirá en algunas regiones secas en las latitudes medias y los trópicos. Hay también un nivel de confianza alto en que muchas áreas semiáridas (p.e. la cuenca del Mediterráneo, el oeste de los Estados Unidos, sur de África y noreste de Brasil) sufrirán una disminución en los recursos hídricos a causa del cambio climático. {3.2; figura 3.4}

### **Patrón geográfico de calentamiento de superficie**

<sup>10</sup> Las proyecciones del TIE se hicieron para el 2100, mientras que las proyecciones para este informe son para el 2090-2099. El TIE podría tener rangos similares a aquellos de la Tabla RRP.1 si se hubieran tratado las incertidumbres de la misma forma.

<sup>11</sup> Para la discusión relativa a más largo plazo ver el material más abajo.



**Figura RRP.6:** cambios de temperatura en superficie proyectados para el final del siglo XXI (2090-2099). El mapa muestra la proyección media de multi-AOGCM para el escenario A1B SRES. Todas las temperaturas son respecto al período 1980-1999. {figura 3.2}

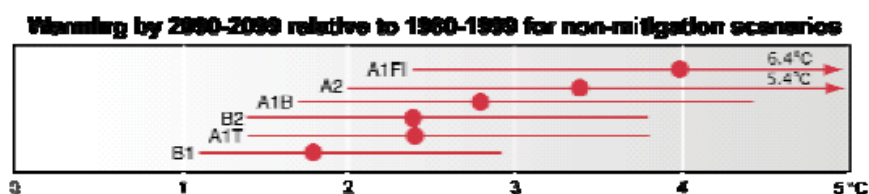
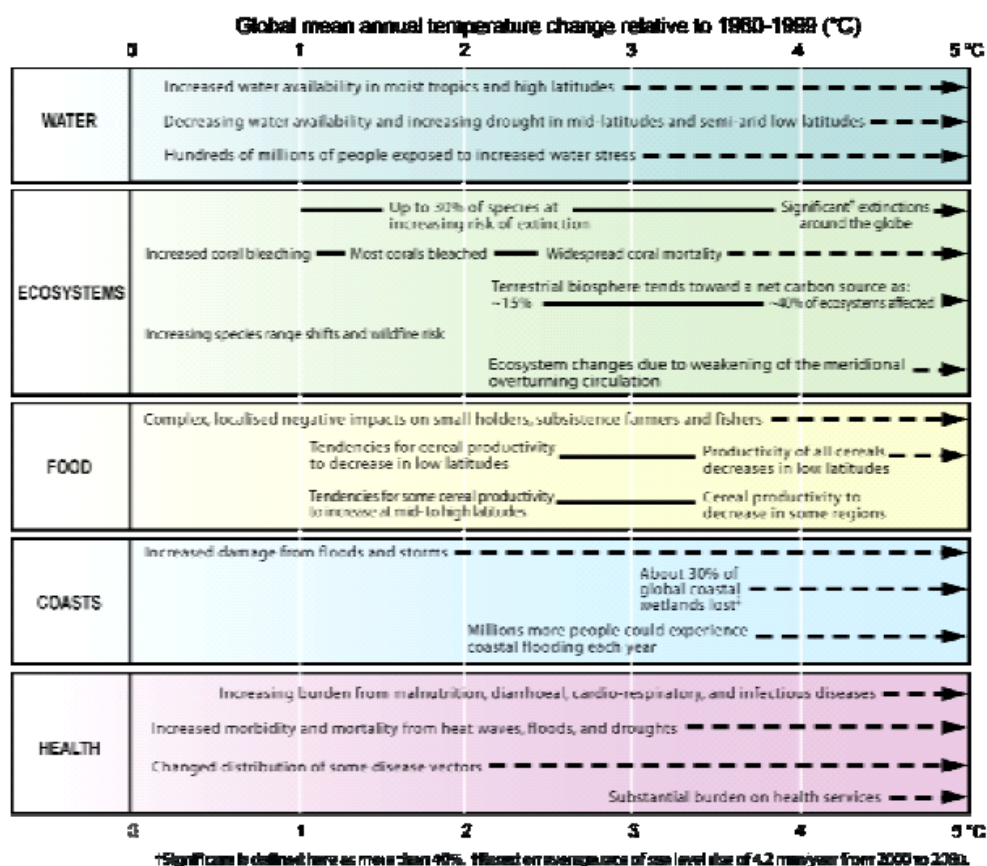
**Los estudios desde el TAR han permitido un entendimiento más sistemático de los tiempos y magnitudes de los impactos relacionados con diferentes cantidades y tasas de cambio climático. {3.3.1, 3.3.2}**

La figura RRP.7 presenta ejemplos de esta nueva información para sistemas y sectores. El panel superior muestra impactos que aumentan con el aumento de la temperatura. Su magnitud estimada y el tiempo también se ven afectados por la senda de desarrollo (panel inferior) {3.3.1, 3.3.2}

#### **Ejemplos de impactos como una función del cambio de temperatura media global**

(los impactos variarán por la cantidad de adaptación, la tasa del cambio de temperatura y la senda socioeconómica)

Cambio de temperatura media anual con respecto a 1980-1999



**Figure RRP.7.** Ejemplos de impactos asociados con el calentamiento medio proyectado. **Panel superior:** ejemplos ilustrativos de los impactos globales proyectados para el cambio climático (y nivel del mar y CO<sub>2</sub> atmosférico donde sea relevante) asociado con diferentes cantidades de aumento en la temperatura media de la superficie en el siglo XXI. Las líneas negras vinculan impactos, las flechas discontinuas indican impactos que continuarán con el aumento de la temperatura. Las entradas se sitúan de manera que la mano izquierda del texto indica el nivel aproximado de calentamiento que se asocia con el comienzo de un impacto dado. Las entradas cuantitativas para escasez de agua e inundaciones representan los impactos adicionales del cambio climático relativo a las condiciones proyectadas en todo el rango de escenarios SRES A1FI, A2, B1 y B2. La adaptación al cambio climático no está incluida en estas estimaciones. Los niveles de confianza para todas las declaraciones son altos. **Panel inferior:** los puntos y las barras indican la mejor estimación y los rangos de calentamiento valorado para los seis escenarios indicativos SRES para 2090-2099 con respecto a 1980-1999. {Figure 3.5}

En la tabla RRP.2 se pueden encontrar ejemplos de algunos impactos proyectados para diferentes regiones

**Tabla RRP.2. Ejemplos de impactos regionales proyectados\*.**

África	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en 2020, entre 75 y 250 millones de personas se proyecta que estarán expuestas a un aumento del estrés hídrico debido al cambio climático</li> <li>- en 2020, en algunos países, la producción de la agricultura de secano podría reducirse hasta el 50%. La producción agrícola, incluyendo el acceso a los alimentos, en muchos países africanos se proyecta que se verá severamente comprometida. Esto podría afectar adversamente a la seguridad alimentaria y exacerbar la malnutrición</li> <li>- hacia el final del siglo XXI, el aumento del nivel del mar proyectado afectará a las áreas costeras de baja altitud con grandes poblaciones. El coste de la adaptación puede contar hasta al menos 5-10% del PIB</li> <li>- <i>En 2080, un incremento del 5-6% de las áreas áridas y semiáridas en África está previsto en un rango de escenarios climáticos (TS)</i></li> </ul>
Asia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a mitad de siglo, la disponibilidad de agua dulce en Asia central, del sur, del este y en el sureste asiático, particularmente en las cuencas de los grandes ríos, está proyectado que disminuya</li> <li>- las áreas costeras, especialmente las regiones altamente pobladas en las regiones de megadeltas del sur, este y sureste asiático, estarán en el mayor riesgo debido al incremento de las inundaciones por subida del mar y, en algunos megadeltas, inundaciones por desbordamiento de los ríos</li> <li>- el cambio climático está proyectado que componga las presiones sobre los recursos naturales y el medio ambiente, asociado con la rápida urbanización, industrialización y el desarrollo económico</li> <li>- la morbilidad y mortalidad endémicas debido a enfermedades diarreicas principalmente asociada con sequías e inundaciones se espera que aumenten en el este, sur y sureste asiático debido a los cambios proyectados en el ciclo hidrológico.</li> </ul>
Australia y Nueva Zelanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en 2020, se proyecta que haya una pérdida significativa de biodiversidad en algunos lugares de riqueza ecológica, incluyendo la Gran Barrera de Coral y los Trópicos Húmedos de Queenlands</li> <li>- en 2030, se proyecta que se intensifiquen los problemas de seguridad de agua en el sur y este de Australia y, en Nueva Zelanda, en el norte y en algunas regiones del este</li> <li>- en 2030, se proyecta que la producción agrícola y forestal declinará en la mayor parte de Australia del norte y del sur de Australia, y sobre partes del este de Nueva Zelanda, debido al aumento de las sequías y los fuegos. Sin embargo, en Nueva Zelanda, se proyectan beneficios iniciales en algunas regiones</li> <li>- en 2050, el desarrollo de las costas y los crecimientos de población que están teniendo lugar en algunas áreas de Australia y Nueva Zelanda, se proyecta que exacerben los riesgos de aumento del nivel del mar y se aumente la severidad y frecuencia de las tormentas e inundaciones costeras</li> </ul>
Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se espera que el cambio climático magnifique las diferencias regionales en los recursos y activos naturales. Los impactos negativos incluirán aumento del riesgo de inundaciones repentinas en el interior, e inundaciones costeras más frecuentes y aumento de la erosión (debido a tormentosidad y aumento del nivel del mar)</li> <li>- las áreas montañosas se enfrentarán a retrocesos glaciales sustanciales, reducción de la capa de nieve y del turismo de invierno, y una pérdida de especies extensiva (en algunas áreas de hasta el 60% según los escenarios de altas emisiones, en 2080)</li> <li>- En el sur de Europa, se proyecta que el cambio climático empeore las condiciones (altas temperaturas y sequías) en una región ya vulnerable a la variabilidad climática, y se reduzca la disponibilidad de agua, el potencial hidráulico, el turismo de verano y, en general, la productividad de los cultivos</li> <li>- Se proyecta que el cambio climático aumente los riesgos para la salud debido a las olas de calor y la frecuencia de los incendios</li> </ul>
Latinoamérica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- para mitad de siglo, se proyectan aumentos en la temperatura y, asociada, una disminución en el agua del suelo, lo que conducirá a una sustitución gradual del bosque tropical por la Sabana en el este de la Amazonia. La vegetación semiárida tenderá a ser reemplazada por vegetación de tierras áridas. Hay riesgo de una significativa pérdida de biodiversidad por extinción de especies en muchas áreas tropicales de Latinoamérica</li> <li>- se proyecta que la productividad en algunos cultivos importantes disminuirá y la productividad del ganado también, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. En zonas templadas se ha proyectado que los cultivos de soja aumentarán. Sobre todo, se proyecta que el número de personas en riesgo de hambruna aumentará</li> <li>- se proyecta que los cambios en los patrones de precipitación y la desaparición de glaciares afectará significativamente a la disponibilidad de agua para consumo humano, agricultura y generación de energía</li> </ul>

América del Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se proyecta que el calentamiento en las montañas del este causará una disminución del manto de nieve, más inundaciones en invierno y reducción de los flujos de verano, exacerbando la competencia por los recursos de agua sobreasignados</li> <li>- en las primeras décadas del siglo, se proyecta que un moderado cambio climático produzca que aumente la producción agregada de agricultura dependiente de las lluvias en 5-20%, pero con una importante variabilidad entre regiones. Los retos mayores están proyectados para los cultivos que están cerca del extremo de calor de su rango de subsistencia o son altamente dependientes de la utilización de recursos hídricos</li> <li>- durante el transcurso del siglo, se espera que las ciudades con antecedentes de olas de calor experimenten un aumento en el número, intensidad y duración de las olas de calor durante el transcurso del siglo, con potencial para impactos adversos en la salud</li> <li>- las comunidades costeras y hábitats estarán cada vez más estresados por el cambio climático interactuando con el desarrollo y la contaminación.</li> </ul>
Regiones polares	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se proyecta que los principales efectos biofísicos sean las reducciones en el grosor y extensión de los glaciares, las placas de hielo y el hielo del mar, y cambios en los ecosistemas naturales con efectos perjudiciales en muchos organismos, incluyendo aves migratorias, mamíferos y depredadores superiores.</li> <li>- Para las comunidades humanas del Ártico, los impactos proyectados, particularmente aquellos resultantes de los cambios en las condiciones del hielo y la nieve, estarán mezclados.</li> <li>- Los impactos perjudiciales incluirán aquellos sobre infraestructuras y modos de vida indígenas tradicionales.</li> <li>- En ambas regiones polares, se proyecta que hábitats y ecosistemas específicos sean vulnerables, al disminuir las barreras climáticas a las invasiones de especies.</li> </ul>
Pequeñas islas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El aumento del nivel del mar se espera que agrave las inundaciones, las mareas de tempestad, erosión y otros riesgos costeros, amenazando de esta manera la infraestructura vital, los asentamientos y las infraestructuras que sostienen el sustento de las comunidades de las islas.</li> <li>- El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo, por la erosión de las playas y la decoloración del coral, se espera que afecte a los recursos locales.</li> <li>- Para la mitad de siglo, se espera que el cambio climático reduzca los recursos hídricos en muchas pequeñas islas, p.e., en el Caribe y el Pacífico, hasta el punto de que empezarán a ser insuficientes para cubrir la demanda durante los periodos de escasez de lluvias.</li> <li>- Con las mayores temperaturas, se espera que ocurra un aumento en la invasión por parte de especies no nativas, particularmente en las islas de latitudes medias y altas.</li> </ul>

\*A menos que se diga explícitamente, todas las entradas son del texto del RRP del GTII, y todas tienen nivel de confianza muy alto o alto, reflejando los diferentes sectores (agricultura, ecosistemas, agua, costas, salud, industria y asentamientos). El RRP del GTII se refiere a la fuente de las premisas, plazos y temperaturas. La magnitud y plazo de los impactos que finalmente serán notados variará con la cantidad y tasa del cambio climático, los escenarios de emisiones, las sendas de desarrollo y la adaptación.

Es *probable* que algunos sistemas, sectores y regiones se vean especialmente afectados por el cambio climático<sup>12</sup>.

#### Sistemas y sectores: {3.3.4}

- ecosistemas particulares:
  - o terrestres: tundra, bosque boreal, y regiones montañosas debido a la sensibilidad al calentamiento, ecosistemas de tipo mediterráneo debido a la reducción de lluvias y bosques tropicales donde la precipitación disminuye
  - o costeros: manglares y marismas saladas, debido a múltiples factores
  - o marinos: arrecifes de coral debido a múltiples factores, biomas de hielo marino debido a la sensibilidad al calentamiento
- recursos hídricos en algunas regiones secas a medias latitudes<sup>13</sup> y en los trópicos secos debido a los cambios en la lluvia y evapotranspiración y en áreas dependientes del derretimiento del hielo y la nieve
- agricultura en latitudes bajas debido a la reducción de agua disponible
- sistemas costeros de baja altitud, debido a la amenaza del aumento del nivel del mar y el riesgo aumentado de eventos climáticos extremos
- salud humana en poblaciones con baja capacidad adaptativa.

<sup>12</sup> Identificados sobre la base de juicio de experto de la literatura valorada y considerando la magnitud, el tiempo y la tasas proyectada de cambio climático, sensibilidad y capacidad adaptativa.

<sup>13</sup> Incluyendo regiones áridas y semiáridas

**Regiones:** {3.3.4}

- el Ártico, por los impactos de altas tasas de calentamiento proyectado sobre los sistemas naturales y las comunidades humanas
- África, por la baja capacidad adaptativa y los impactos del cambio climático proyectados
- Las pequeñas islas, donde hay una alta exposición de la población y las infraestructuras a los impactos del cambio climático proyectado
- Megadeltas de Asia y África, debido a sus grandes poblaciones y la gran exposición al aumento del nivel del mar, mareas de tempestad e inundaciones por desbordamiento de ríos.

En otras áreas, incluso aquellas con ingresos altos, algunas personas (tales como los pobres, los niños pequeños y los ancianos) pueden estar particularmente sometidos a riesgo, y también algunas áreas y algunas actividades.

**Acidificación de los océanos:**

La captura de carbono antropogénico desde 1750 ha producido que el océano empiece a ser más ácido con una media de decrecimiento en el pH de 0.1 unidades. El aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico contribuye a una mayor acidificación. Las proyecciones basadas en escenarios SRES arrojan una reducción en el pH medio de la superficie del océano de entre 0.14 y 0.35 unidades sobre el nivel del siglo XXI. Mientras los efectos de la acidificación oceánica observada en la biosfera marina están aún indocumentados, se espera que la acidificación progresiva de los océanos tenga impactos negativos en los organismos que necesitan formar concha (por ejemplo, los corales) y sus especies dependientes. {3.3.1}

**Se espera que la alteración de las frecuencias e intensidades del clima extremo, junto con el aumento del nivel del mar, tengan efectos adversos sobre los sistemas naturales y humanos en su mayor parte. {3.3.3}**

En la tabla RRP.3 se muestran ejemplos de una selección de extremos y sectores.

**Tabla RRP.3.** Ejemplos de posibles impactos del cambio climático debidos a cambios en los eventos extremos del tiempo y el clima, basados en las proyecciones desde mediados hasta finales del siglo XXI. Estos ejemplos no tienen en cuenta ningún cambio o desarrollo en la capacidad adaptativa. Las estimaciones de probabilidad de la columna 2 son en relación con el fenómeno de la columna 1.

Fenómeno y dirección de la tendencia <sup>a</sup>	Probabilidad de las tendencias futuras basadas en proyecciones para el siglo XXI usando escenarios IE-EE	Ejemplos de los mayores impactos proyectados por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas [4.4, 5.4]	Recursos hídricos [3.4]	Salud humana [8.2]	Industria, asentamientos y sociedad [7.4]
En la mayoría de las superficies, días y noches más cálidos y menos fríos; más calidos y más frecuentes días y noches de calor	Prácticamente cierto <sup>b</sup>	Incremento productividad en ambientes fríos; reducción de producción en ambientes cálidos; aumento en brotes de insectos	Efectos en los recursos hídricos dependientes de la fusión de la nieve; efectos sobre el suministro de agua	Reducción de la mortalidad humana por disminución de la exposición al frío	Reducción demanda energética para calefacción; incremento demanda para refrigeración, disminución calidad aire en ciudades; reducción de la interrupción del transporte debido a la nieve o el hielo, efectos sobre el turismo de invierno.

Fenómeno y dirección de la tendencia <sup>a</sup>	Probabilidad de las tendencias futuras basadas en proyecciones para el siglo XXI usando escenarios IE-EE	Ejemplos de los mayores impactos proyectados por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas [4.4, 5.4]	Recursos hídricos [3.4]	Salud humana [8.2]	Industria, asentamientos y sociedad [7.4]
Periodos cálidos/Olas de calor. Incremento de la frecuencia en la mayoría de las áreas terrestres	Muy probable	Producciones reducidas en las regiones cálidas debido al estrés por calor; incremento del peligro de incendios	Incremento en la demanda de agua, problemas de calidad del agua (florecimiento de algas)	Incremento en el riesgo de mortalidad relacionada con el calor, especialmente para los ancianos, los enfermos crónicos, los muy jóvenes y los socialmente aislados	Reducción en la calidad de vida para residentes en áreas cálidas sin viviendas adecuadas; impactos en ancianos, muy jóvenes, y pobres
Episodios de lluvias torrenciales. Incremento en la frecuencia en la mayoría de las áreas	Muy probable	Daños en cultivos; erosión del suelo, incapacidad de cultivar debido a la carga de agua de los suelos	Efectos adversos en la calidad de aguas superficiales y subterráneas; contaminación del suministro de agua; la carencia de agua debe ser aliviada	Riesgo aumentado de muertes, daños, enfermedades infecciosas, respiratorias y de la piel	Trastornos de los asentamientos, comercio, transporte y sociedad debido a inundaciones; presiones en infraestructuras rurales y urbanas, pérdida de propiedades
Áreas afectadas por incrementos en la sequía	Probable	Degradación de la tierra, menor productividad/daños y fracasos en cultivos; incremento de muertes en el ganado; mayor riesgo de incendios	Aumento en la extensión del estrés hídrico	Incremento en riesgo de escasez de alimento y agua; aumento del riesgo de malnutrición; incremento riesgo de enfermedades transmitidas por agua y alimentos	Escasez de agua para asentamientos, industria y sociedades; reducción potencial generación hidroeléctrica; potencial para migración de la población, pérdida de propiedades
Incremento de la actividad de ciclones tropicales intensos	Probable	Daños en cultivos; caída (desarraigo) de árboles; daños en arrecifes de coral	Apagones eléctricos, interrupción del suministro público de agua	Incremento del riesgo de muertes, daños, enfermedades transmitidas por agua y alimentos; desórdenes por estrés postraumático.	Interrupciones por inundación y fuertes vientos; retirada de los seguros en áreas vulnerables por parte del sector asegurador privado, potencial migración de la población
Incremento de la incidencia del aumento extremo del nivel del mar: (excluye tsunamis) <sup>c</sup>	Probable <sup>d</sup>	Salinización del agua de riego, estuarios y sistemas de agua dulce	Reducción de la disponibilidad de agua dulce por intrusiones de agua salada	Incremento de muertes y daños por ahogamientos en riadas, efectos en la salud relacionados con la migración	Costes de protección de la costa frente a costes de reubicación de usos del suelo; potencial para el movimiento de poblaciones e infraestructuras; ver también arriba ciclones tropicales.

<sup>a</sup> Ver tabla 3.7 de la Cuarta Evaluación del Grupo de Trabajo I para más detalles referentes a las definiciones

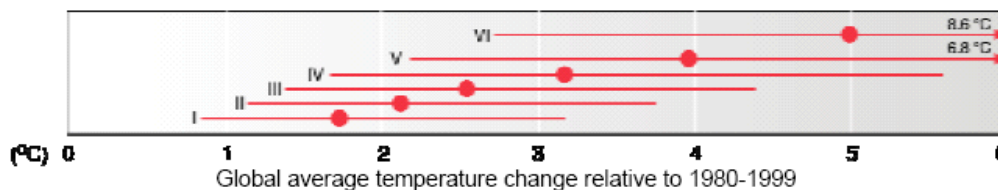
<sup>b</sup> Calentamiento de los días y noches más extremos cada año

<sup>c</sup> El nivel extremo más alto del mar depende de la media del nivel del mar y de los sistemas del tiempo atmosférico regionales. Se define como el más alto 1% de los valores horarios de los niveles del mar observados en una estación para un periodo de tiempo dado

<sup>d</sup> En todos los escenarios, el nivel del mar medio proyectado a 2100 es mayor que en el periodo de referencia. El efecto de los cambios en los sistemas del tiempo atmosférico regionales en extremos del nivel del mar no ha sido analizado.

**El calentamiento antropogénico y el aumento del nivel del mar continuaría por siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y las retroacciones, incluso si las concentraciones de GEI se estabilizaran. {3.2.3}**

**El calentamiento estimado a largo plazo (multi-siglo) correspondiente a las seis categoría de estabilización del GT III del AR4 se muestra en la figura RRP.8**



**Figura RRP.8:** calentamiento estimado a largo plazo (multi-siglo) correspondiente a las seis categoría de estabilización del GT III del AR4 (Tabla RRP.6). La escala de temperatura se ha modificado en 0.5°C con respecto a la tabla RRP.3 para contabilizar aproximadamente el calentamiento entre la era preindustrial y 1980-1999. Para la mayoría de los niveles de estabilización la temperatura media estará alcanzando el nivel de equilibrio en unos pocos siglos. Para los escenarios de emisiones de GEI que conducen a una estabilización en el 2100 a niveles comparables con los escenarios B1 y A1B (600 y 850 CO<sub>2</sub>-eq ppm: categorías IV y V), los modelos valorados proyectan que entre el 65 y 70% del incremento de temperatura global estimada en equilibrio, asumiendo una sensibilidad climática de 3°C, podrá obtenerse en ese periodo de estabilización (GTI, 10.7.2). Para escenarios de estabilización mucho menores (I y II) la temperatura de equilibrio podría alcanzarse antes {figura RRP.11}

Se ha proyectado que la contracción de la placa de hielo de Groenlandia continuará contribuyendo al aumento del nivel del mar después de 2100. Los modelos actuales sugieren una eliminación prácticamente completa de la placa de hielo de Groenlandia y una contribución resultante al aumento del nivel del mar de alrededor de 7 metros si el calentamiento medio global se mantuviese por milenios en un exceso de 1.9 a 4.6°C con respecto a los valores preindustriales. Las temperaturas futuras correspondientes en Groenlandia son comparables a aquellas deducidas para el periodo interglacial anterior, 125.000 años atrás, cuando la información paleoclimática sugiere reducciones de la extensión de tierra polar helada y aumentos de 4 a 6m en el nivel del mar.

Los estudios de modelo globales actuales proyectan que la placa de hielo antártico permanecerá demasiado fría como para sufrir un derretimiento generalizado de su superficie y ganará volumen debido al incremento de la caída de nieve. Sin embargo, podría ocurrir una pérdida neta de volumen de la placa de hielo si la descarga dinámica de hielo domina el balance de masa de dicha placa. {3.2.3}

**El calentamiento antropogénico puede conducir a algunos impactos que sean abruptos o irreversibles, dependiendo de la tasa y la magnitud del cambio climático. {3.4}**

La pérdida parcial de placas de hielo en tierra polar podría implicar un incremento del nivel del mar de metros, cambios mayores en las líneas de costa e inundación de zonas bajas, con mayores efectos en los deltas de los ríos e islas bajas. Se proyecta que estos cambios ocurran sobre una escala de tiempo de milenios, pero un aumento del nivel del mar más rápido, en escala de tiempo de siglos, no puede ser excluido.

Es probable que el cambio climático conlleve algunos impactos irreversibles. Hay un *nivel de confianza medio* en que para el 20-30%, aproximadamente, de las especies analizadas, aumentaría el riesgo de extinción si los aumentos en el calentamiento medio global sobrepasan 1.5-2.5°C (con respecto a 1980-1999). Según el incremento de la temperatura media global exceda alrededor de los 3.5 °C, las proyecciones de los modelos sugieren extinciones significativas (40-70% de las especies analizadas) a lo largo del globo. {3.4}

Basado en modelos de simulaciones actuales, *muy probablemente* la Circulación Meridional de Retorno (MOC) del Océano Atlántico disminuirá de velocidad durante el siglo XXI, sin embargo, se proyecta que las temperaturas en el Atlántico y Europa aumentarán. Es *muy improbable* que la MOC sufra una gran transición abrupta durante el siglo XXI. Los cambios de la MOC a largo plazo no pueden ser valorados con confianza. Es probable que los impactos a gran escala y los cambios persistentes en la MOC incluyan cambios en la productividad de los ecosistemas marinos, la pesca, la captación de CO<sub>2</sub> por los océanos, las concentraciones de oxígeno oceánico y la vegetación terrestre. Los cambios en la captura de CO<sub>2</sub> terrestre y oceánico pueden retroalimentar el sistema climático. {3.4}



## 4. Opciones de adaptación y mitigación<sup>14</sup>

**Hay disponible una amplia selección de opciones de adaptación, pero se requiere una adaptación más extensiva que la que está ocurriendo actualmente para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Hay barreras, límites y costes que no son comprendidos totalmente. {4.2}**

Las sociedades tienen un largo antecedente en la gestión de los impactos del clima y los eventos relacionados con el clima. Sin embargo, se requerirán medidas adicionales de adaptación para reducir los impactos adversos del cambio climático y variabilidad proyectados, independientemente de la escala de mitigación asumida en las próximas dos o tres décadas. Además, la vulnerabilidad al cambio climático puede ser exacerbada por otros factores. Éstos surgen, por ejemplo, de riesgo climático actual, pobreza y acceso desigual a los recursos, inseguridad alimentaria, tendencias en la globalización económica, conflictos e incidencia de enfermedades tales como el VIH/SIDA. {3.4}

Alguna adaptación planeada para el cambio climático ya está ocurriendo de una manera limitada. La adaptación puede reducir la vulnerabilidad especialmente cuando es incluida dentro de iniciativas sectoriales más amplias (Tabla RRP.2). Hay un *nivel de confianza alto* en que hay opciones de adaptación viables que pueden ser ejecutadas en algunos sectores a bajo coste, y/o con altos ratios beneficio/coste. Sin embargo, las estimaciones exhaustivas de los costes y beneficios globales de la adaptación son limitados. {4.2, Tabla 4.1}

**La capacidad adaptativa está íntimamente conectada con el desarrollo social y económico, pero está desigualmente distribuida a lo largo y dentro de las sociedades {4.2}**

Un rango de barreras limita la implementación y la efectividad de las medidas de adaptación. La capacidad de adaptarse es dinámica y está influenciada por la base productiva de la sociedad, incluyendo: activos de capital natural y artificial, redes y derechos sociales, instituciones y capitales humanos, gobernanza, ingresos nacionales, salud y tecnología. Incluso las sociedades con una alta capacidad adaptativa permanecen vulnerables al cambio climático, la variabilidad y los extremos. {4.2}

---

<sup>14</sup> Mientras esta sección trata la adaptación y la mitigación de manera separada, se entiende completamente que estas respuestas pueden ser complementarias. Este tema se discute en la sección 5.

Tabla RRP.4. Ejemplos seleccionados de adaptación por sector. (Tabla 4.1)

Sector	Estrategia/opción de adaptación	Marco político	Consideraciones clave y oportunidades de ejecución
Agua	Expansión de la recogida de agua de lluvia; técnicas de conservación y almacenamiento de agua; reutilización de agua; desalación; eficiencia en uso de agua y riego	Políticas nacionales de agua y gestión integrada de los recursos de agua; gestión de los riesgos relacionados con el agua	Recursos financieros, humanos y barreras físicas; gestión integrada de recursos hídricos; sinergias con otros sectores
Agricultura	Ajuste de las fechas de plantación y variedad de cultivos; reubicación de cultivos; gestión de la tierra mejorada, por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo por plantación de árboles	Políticas de I+D; reformas institucionales; tenencia de la tierra y reforma de la tierra; entrenamiento; fomento de capacidades; seguros de cultivos; incentivos financieros	Restricciones tecnológicas y financieras; acceso a nuevas variedades; mercados; estaciones de crecimiento más largas; ingresos de “nuevos” productos
Infraestructuras/Asentamientos (incluyendo costas)	Reubicación; diques y barreras para mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierra y creación de marismas/humedales como tampón contra el aumento del nivel del mar y la inundación; protección de las barreras naturales existentes	Criterios y regulaciones que integran las consideraciones del cambio climático en su diseño; políticas de usos de suelo;	Barreras financieras y tecnológicas; disponibilidad de espacio para reubicaciones; gestiones y políticas integradas; sinergias con las metas del desarrollo sostenible
Salud humana	Planes de acción calor-salud; acceso a “centros de enfriamiento” públicos; servicios médicos de emergencia; vigilancia y control mejorados de enfermedades sensibles al clima; mejora de la sanidad y agua segura.	Políticas de salud pública que reconozcan el riesgo climático; reforzamiento de los servicios de salud; cooperación regional e internacional	Límites a la tolerancia humana (grupos vulnerables); limitaciones del conocimiento; capacidad financiera; mejora de los servicios de salud; mejora de la calidad de vida
Turismo	Diversificación de las atracciones e ingresos; desplazamiento de laderas de esquí a altitudes mayores y glaciares; generación de nieve artificial	Planeamiento integrado (por ejemplo, capacidad de volumen; vínculos con otros sectores); incentivos financieros, por ejemplo subsidios y créditos tributarios	Llamadas/marketing para nuevas atracciones; retos financieros y logísticos; impactos adversos potenciales en otros sectores (por ejemplo, hacer nieve artificial puede aumentar el uso de energía) ingresos de “nuevas” atracciones; implicación de un grupo de interesados más amplio
Transporte	Realineación/reubicación; diseño de criterios y planeamiento para carreteras, trenes, y otras estructuras para tratar con el calentamiento y el alcantarillado	Integración de las consideraciones de cambio climático en las políticas nacionales de transporte; inversión en I+D para situaciones especiales, por ejemplo, zonas con permafrost	Barreras financieras y tecnológicas; disponibilidad de rutas menos vulnerables; tecnologías mejoradas e integración con sectores clave (por ejemplo, energía)
Energía	Fortalecimiento de la transmisión por cable y la infraestructura de distribución; cableado bajo tierra para empresas de servicio público; eficiencia energética; uso de fuentes renovables; dependencia reducida de fuentes sencillas de energía.	Políticas, regulaciones e incentivos fiscales y financieros nacionales de energía para fomentar el uso de fuentes alternativas; incorporación del cambio climático en los criterios de diseño	Acceso a alternativas viables; barreras tecnológicas y financieras; aceptación de nuevas tecnologías; simulación de nuevas tecnologías; uso de recursos locales

Nota: Otros ejemplos de muchos sectores incluirían sistemas de alerta temprana.

Los estudios abajo hacia arriba (bottom-up) y arriba hacia abajo (top-down) indican que hay un *alto nivel de acuerdo y mucha evidencia* de un potencial considerable económico para la mitigación de las emisiones globales de GEI en las próximas décadas que podría compensar su crecimiento proyectado o reducir las emisiones por debajo de los niveles actuales (Figuras RRP.9 y RRP.10)<sup>15</sup>. Mientras los estudios arriba hacia abajo (top-down) y abajo hacia arriba (bottom-up) están en línea en el nivel global (figura RRP.9) hay diferencias considerables a nivel sectorial. {4.3}

Ninguna tecnología sola puede proporcionar todo el potencial de mitigación en ningún sector. El potencial de mitigación económico, que es generalmente mayor que el potencial de mitigación de mercado sólo puede ser alcanzado cuando estén en marcha las políticas adecuadas y se eliminen las barreras. (Tabla RRP.4)

Los estudios abajo hacia arriba (bottom-up) sugieren que las oportunidades de mitigación con costes netos negativos tienen el potencial de reducir emisiones en aproximadamente 6 GtCO<sub>2</sub>-eq/año en 2030, que requiere el enfrentarse a las barreras de ejecución. {4.3}

### Comparación entre el potencial de mitigación económico global y los aumentos en las emisiones proyectadas en 2030.

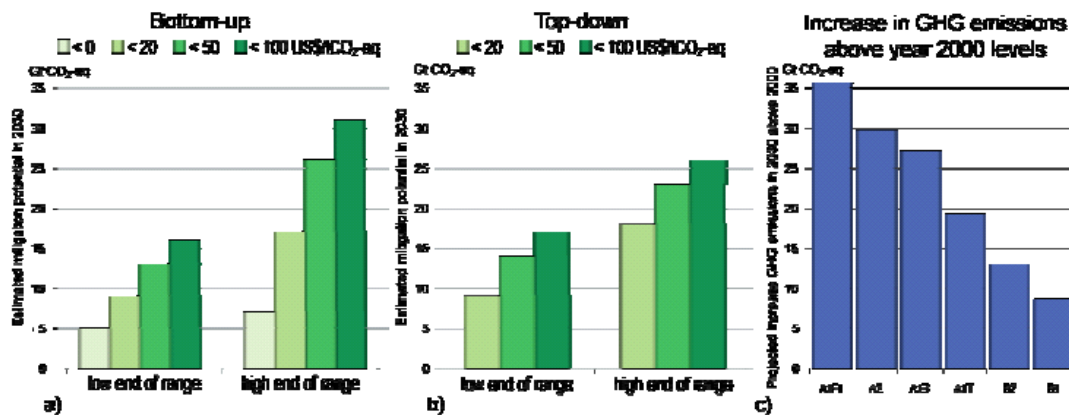


Figura RRP.9: potencial de mitigación económica global en 2030 estimado por estudios abajo hacia arriba (bottom-up) (panel a) y arriba hacia abajo (top-down) (panel b), comparado con el aumento de las emisiones proyectado según escenarios SRES con respecto a las emisiones de GEI de 2000, de 40.8 Gt CO<sub>2</sub>-eq (panel c). Nota: las emisiones de GEI en 2000 excluyen las emisiones de la biomasa sobre la tierra que permanece tras la corta y deforestación, ni de fuegos de turberas ni drenaje de suelos turbosos, para asegurar la consistencia con los resultados de emisiones de SRES.

<sup>15</sup> El concepto de “potencial de mitigación” se ha desarrollado para valorar la escala de reducciones de GEI que podría lograrse, con respecto a las líneas de referencia de las emisiones, para un nivel del precio del carbono dado (expresado en coste por unidad de emisión de dióxido de carbono equivalente evitada o reducida). El potencial de mitigación se diferencia en “potencial de mitigación de mercado” y “potencial de mitigación económico”.

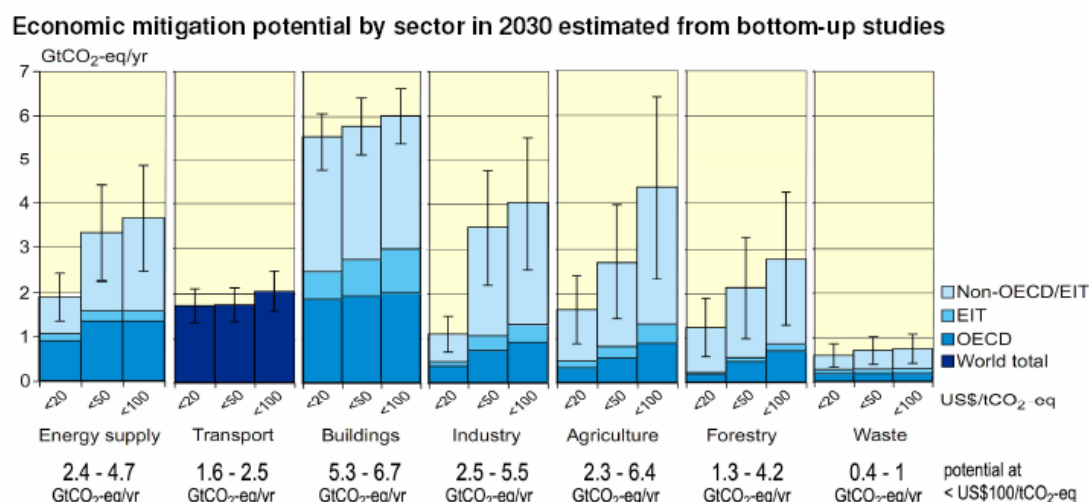
El potencial de mitigación de mercado es el potencial de mitigación basado en los costes privados y las tasas de descuento privadas (que reflejan la perspectiva de los consumidores y compañías privados), que podría esperarse que ocurriera bajo las condiciones de mercado previstas, incluyendo políticas y medidas actualmente en marcha, y teniendo en cuenta que las barreras limitan la respuesta real.

[2.4]

El potencial de mitigación económico es el potencial de mitigación, que tiene en cuenta beneficios y costes sociales y tasas de descuento social (que reflejan la perspectiva de la sociedad; las tasas de descuento social son menores que las utilizadas por los inversores privados), asumiendo que la eficiencia del mercado es mejorada por las políticas y medidas y que las barreras desaparecen.

El potencial de mitigación se estima utilizando diferentes tipos de enfoques. Los estudios “bottom-up” se basan en el análisis de opciones de mitigación, enfatizando tecnologías y regulaciones específicas. Son estudios típicamente sectoriales, suponiendo que la macro-economía no varía. Los estudios “top-down” valoran el potencial de las opciones de mitigación para toda la economía en su conjunto. Utilizan marcos consistentes globalmente e información agregada sobre opciones de mitigación y capturan retroacciones macroeconómicas y de mercado.

## Potencial de mitigación económico por sector en 2030 estimada por estudios abajo hacia arriba (bottom-up)



**Figura RRP.10.** Potencial de mitigación económica estimado por sector en 2030 de estudios abajo hacia arriba (bottom-up) comparada con las líneas de referencia respectivas asumidas en las valoraciones de sector. Los potenciales no incluyen opciones no-técnicas tales como los cambios en los estilos de vida.

Notas:

- Los rangos para potenciales globales económicos y valorados en cada sector se muestran en líneas verticales. Los rangos se basan en las asignaciones de emisiones en el uso final, lo que significa que las emisiones del uso de electricidad se cuentan en el sector de uso y no en el sector de suministro de energía.
- los potenciales estimados han sido limitados por la disponibilidad de estudios particularmente a precios de carbono altos
- los sectores utilizan diferentes líneas de base. Para la industria se utiliza la línea de base SRES B2, para suministro de energía y transporte se usó la línea de referencia de WEO 2004; el sector residencial está basado en una línea de base entre SRES B2 y A1B; para residuos se usaron factores determinantes para construir una base de referencia específica para residuos; agricultura y bosques usaron líneas de referencia que utilizan en su mayoría factores determinantes de B2.
- para transporte sólo se muestran totales globales porque se ha incluido la aviación internacional
- las categorías excluidas son: emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> en edificios y transporte, parte de las opciones de eficiencia de material, producción de calor y cogeneración en el suministro de energía, vehículos pesados; navegación y transporte de pasajeros de alta ocupación, opciones más costosas para edificios, tratamiento de aguas residuales, reducción de emisiones de minas de carbón y gaseoductos, gases fluorados del suministro de energía y el transporte. La subestimación del potencial económico total de estas emisiones es del orden de 10-15%.

Las decisiones de inversiones en infraestructuras energéticas en el futuro, que se espera que superen 20 trillones de \$US<sup>16</sup> entre 2005 y 2030, tendrán impactos a largo plazo sobre las emisiones de GEI, debido a los largos periodos de vida de las plantas energéticas y otra infraestructura de capital social. La difusión generalizada de las tecnologías bajas en carbono puede llevar muchas décadas, incluso si las inversiones tempranas en estas tecnologías se hacen atractivas. Las estimaciones iniciales muestran que el retorno de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con energía a niveles de 2005 en 2030 requeriría un cambio mayor en los patrones de inversión, aunque la inversión adicional neta requiere rangos desde despreciable a 5-10%. {4.3}

**Una amplia variedad de políticas e instrumentos está disponible para que los gobiernos creen los incentivos para la acción de mitigación. Su aplicabilidad depende de las circunstancias nacionales y contextos sectoriales (tabla RRP.5) {4.3}**

Incluyen la integración de políticas climáticas en políticas de desarrollo, regulaciones y criterios, tasas y cargos, permisos comercializables, incentivos financieros, acuerdos voluntarios, instrumentos de información e investigación, desarrollo y demostración (ID+D) más amplias. {4.3}

Una señal efectiva del precio de carbono podría lograr un potencial significativo de mitigación en todos los sectores. Los estudios de modelaje muestran que el aumento de los precios globales de carbono a precios entre

<sup>16</sup> 20 trillones = 20.000 billones = 20\*10<sup>12</sup>

20 y 80\$US/tCO<sub>2</sub>-eq en 2030 es coherente con la estabilización a unas 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100. Para este nivel de estabilización, un cambio tecnológico inducido puede disminuir estos rangos a 5-65 \$US/tCO<sub>2</sub>-eq en 2030<sup>17</sup>. {4.3}

Hay un *alto nivel de acuerdo y mucha evidencia* de que las acciones de mitigación pueden resultar en beneficios a corto plazo (por ejemplo, mejora de la salud debida a la disminución de la contaminación del aire) que puede compensar una fracción considerable de los costes de mitigación. {4.3}

Hay un *alto nivel de acuerdo y evidencia media* de que las acciones de los países Anexo I pueden afectar a la economía global y las emisiones globales, aunque la escala de las fugas de carbono permanece incierta.<sup>18</sup>{4.3}

Los países productores de combustibles fósiles (en países Anexo I y no anexo I) pueden esperar, como se indicó en el TIE, una menor demanda y menores precios y un menor crecimiento del PIB debido a las políticas de mitigación. La dimensión del *spill over* depende fuertemente de las hipótesis relacionadas con las decisiones políticas y las condiciones del mercado de crudo.

Hay un *alto nivel de acuerdo y una evidencia media* de que los cambios en el estilo de vida, los patrones de comportamiento y las prácticas de gestión pueden contribuir a la mitigación del cambio climático en todos los sectores. {4.3.}

---

<sup>17</sup> las carteras de estudios de mitigación y los costes macro-económicos valorados en este informe se basan en modelos top-down. La mayoría de los modelos usan un enfoque global de menos coste para carteras de mitigación y con un comercio de emisiones universal, asumiendo mercados transparentes, sin costes de transacción, y por lo tanto una ejecución perfecta de las medidas de mitigación durante todo el siglo XXI. Los costes se dan para un punto específico en el tiempo. Los costes globales modelados se incrementarán si algunas regiones, sectores (por ejemplo, el uso del suelo), opciones o gases se excluyen. Los costes globales modelados disminuirán con líneas de base más bajas, uso de los ingresos de tasas de carbono y subastas de permisos, y si se incluye el aprendizaje tecnológico inducido. Estos modelos no consideran los beneficios del clima y generalmente tampoco los co-beneficios de las medidas de mitigación, o cuestiones de equidad. Se ha alcanzado un progreso significativo en la aplicación de enfoques basados en cambios tecnológicos inducidos para estudios de estabilización; sin embargo, permanecen cuestiones conceptuales. En los modelos que adoptan estos enfoques, los costes proyectados para un nivel de estabilización dado se reducen; las reducciones son mayores a menores niveles de estabilización.

<sup>18</sup> más detalles pueden encontrarse en el topic 4 del Informe de Síntesis.

**Tabla RRP.5: Ejemplos seleccionados de tecnologías, políticas y medidas sectoriales de mitigación claves, limitaciones y oportunidades.**

Sector	Tecnologías y prácticas clave de mitigación actualmente disponibles comercialmente. Tecnologías y prácticas clave de mitigación que está previsto que sean comercializadas antes de 2030 en cursiva.	Políticas, medidas e instrumentos que se muestran medioambientalmente efectivos	Limitaciones u oportunidades clave
Suministro de energía	Suministro y eficiencia de distribución mejorados; sustitución de combustible de carbón a gas; energía nuclear; calor y energía renovables (hidráulica, solar, eólico, geotérmico y bioenergía); generación combinada de energía y calor; aplicación temprana de CCS (p.e, el almacenamiento de CO2 retirado del gas natural); <i>captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CCS) para las instalaciones de generación de electricidad por gas, biomasa y quema de carbón; energía nuclear avanzada; energía renovable avanzada incluyendo energía de mareas y olas; solar concentrada y solar fotovoltaica.</i>	Reducción de subsidios a combustibles fósiles; cargos o tasas de carbono a los combustibles fósiles	Resistencia por intereses creados puede hacer que sean difíciles de ejecutar.
		Tarifas de introducción para tecnologías de energía renovable; obligaciones de energía renovable; subsidios a los productores	<i>Puede ser apropiado crear mercados para tecnologías de menor emisión</i>
Transporte	Vehículos más eficientes; vehículos híbridos; vehículos diesel más limpios; cambios modales de transporte de carretera a trenes y sistemas de transporte público; transporte no motorizado (bicicleta, andar); uso del suelo y planeamiento de transporte; <i>segunda generación de biocombustibles; mayor eficiencia en aviones; vehículos eléctricos e híbridos avanzados con baterías más potentes y fiables.</i>	Economía de combustible obligatoria; mezcla de biocombustibles y estándares de CO <sub>2</sub> para el transporte de carretera	La cobertura parcial de la flota de vehículos puede limitar la efectividad
		Tasas para la compra, registro, uso y combustibles de motor de vehículos; precios de carretera y parkings	La efectividad puede disminuir con ingresos más altos
		Influir en las necesidades de movilidad a través de las regulaciones del territorio y el planeamiento de infraestructuras; inversión en transporte público atractivo y formas no-motorizadas de transporte	<i>Particularmente apropiado para países que están construyendo sus sistemas de transporte</i>
Residencial	Iluminación eficiente y aprovechamiento eficiente de la luz del día; electrodomésticos y aparatos de calefacción y refrigeración más eficientes; mejora de cocinas, y mejora de aislamiento; diseño solar activo y pasivo para calefacción y refrigeración; fluidos alternativos de refrigeración; recuperación y reciclaje de gases fluorados; <i>diseño integrado de edificios comerciales, incluyendo tecnologías tales como contadores inteligentes que proporcionan retroalimentación y control; energía solar fotovoltaica integrada en edificios</i>	Aplicación de estándares y etiquetado	Revisión periódica de los criterios necesarios
		Certificación y códigos de edificación	<i>Atractivo para nuevos edificios. La aplicación puede ser difícil</i>
		Programas de gestión del lado de la demanda	Necesidad de regulación de las que se puedan beneficiar las empresas de servicio público
		Programas de liderazgo del sector público, incluyendo gestión	<i>La adquisición del gobierno puede expandir la demanda de productos eficientes energéticamente</i>
		Incentivos para las compañías de servicio energético (ESCOs)	<i>Factor de éxito: acceso a financiación de terceras partes</i>
Industria	Equipamientos de uso final de la electricidad más eficientes; recuperación de energía y calor; reciclaje y sustitución de materiales; control de las emisiones de gases distintos del CO <sub>2</sub> ; una amplia selección de tecnologías específicas de proceso; <i>eficiencia energética avanzada; CCS para la manufactura del cemento, amoníaco y acero; electrodos inertes para la manufactura de aluminio</i>	Proporción de información de benchmark; criterios de ejecución, subsidios, créditos tributarios	<i>Puede ser apropiado estimular la respuesta tecnológica, estabilidad para la política nacional importante con vistas a la competencia internacional</i>
		Permisos comercializables	Mecanismos de asignación previsible y señales de precio estables para las inversiones
		Acuerdos voluntarios	Factores de éxito incluyen: objetivos claros, escenarios de línea de base, implicación de una tercera parte en el diseño y revisión y provisiones formales de seguimiento, cooperación cercana entre industria y gobierno
Agricultura	Mejora de la gestión de tierras agrícolas y pastizales para aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo; restauración de suelos turbosos cultivados y tierras degradadas; mejora de las técnicas de cultivo de arroz y gestión de ganado y estiércol para reducir las emisiones de CH <sub>4</sub> ; técnicas de aplicación de fertilizantes nitrogenados mejorada para reducir las emisiones de N <sub>2</sub> O; cultivos energéticos dedicados a reemplazar el uso de combustibles fósiles; mejora de eficiencia energética; <i>mejoras en la productividad de los cultivos</i>	Incentivos financieros y regulaciones para mejorar la gestión de la tierra; mantenimiento del contenido de carbono en el suelo; uso eficiente de fertilizantes y riego	<i>Puede fomentarse la sinergia con el desarrollo sostenible y la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático, reduciendo barreras para la ejecución</i>
Bosques	Forestación; reforestación; gestión forestal; reducción de la deforestación; gestión de productos madereros; uso de productos forestales para bioenergía para reemplazar combustibles fósiles; <i>mejora de especies arbóreas para mejorar la productividad de biomasa y secuestro de carbono. Mejora de las tecnologías de "remote sensing" para analizar la vegetación/potencial de secuestro de carbono y elaborar mapas de los cambios de uso del suelo</i>	Incentivos financieros (nacionales e internacionales) para aumentar el área de bosques, para reducir deforestación, y mantener y gestionar bosques; regulación y aplicación del uso del suelo	Las limitaciones incluyen la falta de capital de inversión y las cuestiones de tenencia de la tierra. <i>Puede contribuir a la aliviación de la pobreza</i>
Residuos	Recuperación de CH <sub>4</sub> de vertederos; incineración de residuos con recuperación de energía; compostaje de residuos orgánicos; tratamiento de aguas residuales controlado; minimización y reciclaje de residuos; <i>biocoberturas y biofiltros para optimizar la oxidación del CO<sub>2</sub></i>	Incentivos financieros para la gestión de residuos y aguas residuales mejorada	<i>Puede estimular la difusión de tecnología</i>
		Incentivos u obligaciones para energía renovable	Disponibilidad local de combustible a bajo coste
		Regulaciones de gestión de residuos	Aplicación más efectiva a nivel nacional con estrategias de aplicación

**Existen muchas opciones para reducir las emisiones globales de GEI a través de la cooperación internacional. Hay un alto acuerdo y mucha evidencia en que el establecimiento de una respuesta global al cambio climático, la estimulación de una selección de políticas nacionales y la creación de un mercado internacional de carbono y nuevos mecanismos institucionales que pueden proporcionar la base para esfuerzos futuros de mitigación son logros notables de la CMNUCC y su Protocolo de Kioto. También se han hecho progresos en el tratamiento de la adaptación dentro de la CMNUCC y se han sugerido iniciativas internacionales adicionales {4.5}**

Los mayores esfuerzos cooperativos y la expansión de mecanismos de mercado ayudarán a reducir los costes globales de lograr un nivel dado de mitigación, o mejorará la efectividad medioambiental. Los esfuerzos pueden incluir diversos elementos tales como objetivos de emisiones; acciones sectoriales, locales, sub-nacionales y regionales; programas de ID+D; adopción de políticas comunes; ejecución de acciones orientadas al desarrollo; o instrumentos financieros de expansión. {4.5}

**En varios sectores, las opciones de respuesta climática pueden ser ejecutadas para alcanzar sinergias y evitar conflictos con otras dimensiones del desarrollo sostenible. Las decisiones sobre políticas macroeconómicas y otras políticas no climáticas pueden afectar significativamente a las emisiones, la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad. {4.4, 5.8}**

Hacer el desarrollo más sostenible puede mejorar las capacidades mitigativas y adaptativas, reducir las emisiones y reducir la vulnerabilidad, pero puede haber barreras a la ejecución. Por otro lado, es *muy probable* que el cambio climático ralentice la senda de progreso hacia el desarrollo sostenible. En la próxima mitad de siglo el cambio climático puede impedir el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. {5.8}

## 5. La perspectiva a largo plazo

**Determinar qué constituye “interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático” en relación con el artículo 2 de la CMNUCC, implica juicios de valor. La ciencia puede apoyar decisiones sobre esta cuestión, incluyendo a través de la provisión criterios para juzgar qué vulnerabilidades pueden ser catalogadas como “clave”. {caja “vulnerabilidades clave y el artículo 2 de la CMNUCC”, topic 5}**

Las vulnerabilidades<sup>19</sup> clave pueden estar asociadas con muchos sistemas climáticos sensibles, incluyendo suministro de alimento, infraestructura, salud, recursos hídricos, sistemas costeros, ecosistemas, ciclos globales biogeoquímicos, placas de hielo y modos de circulación atmosférica y oceánica. {caja “vulnerabilidades clave y el artículo 2 de la CMNUCC”, topic 5}

**Las cinco “razones para la preocupación” identificadas en el TIE siguen siendo un marco viable para la consideración de las vulnerabilidades. Estas “razones” se cree que son más fuertes que en el TAR. Muchos riesgos son identificados con mayor confianza. Muchos riesgos se identifican con una confianza más alta. Se proyecta que algunos riesgos serán mayores o sucederán a menores incrementos de la temperatura. El entendimiento sobre la relación entre impactos (la base para las “razones de preocupación” en el TIE) y la vulnerabilidad (que incluye la capacidad para adaptarse a los impactos) ha mejorado {5.2}**

Esto es debido a una identificación más precisa de las circunstancias que hacen a los sistemas, sectores y regiones especialmente vulnerables y la evidencia creciente de los riesgos de impactos muy grandes en una escala de tiempo de varios siglos. {5.2}

- **Riesgo para sistemas únicos y amenazados:** hay evidencias nuevas y más fuertes de impactos del cambio climático observados en sistemas únicos y vulnerables (tales como comunidades y ecosistemas

<sup>19</sup> Las vulnerabilidades clave se pueden identificar basándose en un número de criterios de la literatura, incluyendo magnitud, tiempo, persistencia /reversibilidad, potencial de adaptación, aspectos de distribución, probabilidad e “importancia” de los impactos

polares y de alta montaña), con niveles crecientes de impactos adversos según las temperaturas crecen más. Se ha proyectado un riesgo creciente de especies en extinción y daños en arrecifes de coral, con confianza más alta que en el TIE, según avanza el calentamiento. Hay un *nivel de confianza medio* en que, aproximadamente el 20-30% de las especies de plantas y animales analizadas, es *probable* que estén en un riesgo mayor de extinción si los aumentos en la temperatura media global sobrepasan en 1.5-2.5°C los niveles de 1980-1999. La confianza ha aumentado en que un aumento en la temperatura media global de 1-2°C sobre los niveles de 1980-1990 (alrededor de 1.5-2.5°C sobre los niveles preindustriales) planteará riesgos significativos a muchos sistemas únicos y amenazados, incluyendo algunas áreas críticas (*hotspots*) de biodiversidad. Los corales son vulnerables a los factores térmicos y tienen una capacidad adaptativa baja. Los incrementos en la temperatura de la superficie del mar en 1 a 3°C se proyecta que resulten en un blanqueo de corales más frecuente y mortalidad diseminada, a menos que haya adaptación térmica o aclimatación por los corales. Se proyecta el aumento de la vulnerabilidad de comunidades indígenas en el Ártico y las comunidades de las pequeñas islas al calentamiento.

- **Riesgo de eventos climáticos extremos:** las respuestas a algunos eventos extremos recientes revelan mayores niveles de vulnerabilidad que en el TIE. Hay ahora mayor confianza en los aumentos proyectados en sequías, olas de calor e inundaciones así como en sus impactos adversos.
- **Distribución de impactos y vulnerabilidades:** hay diferencias acusadas entre regiones y aquellas en las posiciones económicas más débiles son a menudo más vulnerables al cambio climático. Hay una evidencia creciente de una mayor vulnerabilidad de grupos tales como los pobres y los ancianos, no sólo en los países en desarrollo, también en los países desarrollados. Además, hay una evidencia creciente en que las bajas latitudes y áreas menos desarrolladas, generalmente afrontan riesgos más grandes, por ejemplo, en áreas secas y megadeltas.
- **Impactos agregados.** Comparado con el TIE los beneficios netos iniciales del cambio climático basados en el mercado se proyecta que tenga un pico a una magnitud menor de calentamiento, mientras que los daños serán más grandes para mayores magnitudes de calentamiento. Los costes netos de los impactos del aumento del calentamiento se proyecta que crezcan con el tiempo.
- **Riesgo de singularidades a gran escala.** Hay un nivel de confianza alto en que un calentamiento global durante varios siglos llevaría a una contribución al aumento del nivel del mar únicamente por parte de la expansión termal, que sería, según lo proyectado, mucho mayor que la observada en el siglo XX, con pérdidas de áreas de costa y los impactos asociados. Hay un mejor entendimiento que en el TIE de que el riesgo de contribuciones adicionales al aumento del nivel del mar por parte de las placas de hielo de Groenlandia y posiblemente de la Antártida, puede ser mayor que el proyectado por los modelos de placas de hielo y podría ocurrir en escalas de tiempo de un siglo. Esto es porque los procesos dinámicos del hielo vistos en recientes observaciones, pero no completamente incluidos en los modelos de placas de hielo valorados en el AR4, podrían incrementar la tasa de pérdida de hielo.

**Hay un nivel de confianza alto en que ni la adaptación ni la mitigación solas pueden evitar todos los impactos del cambio climático, sin embargo, pueden complementarse mutuamente y juntas pueden reducir el riesgo del cambio climático significativamente. {5.3}**

La adaptación es necesaria a corto y largo plazo para tratar impactos resultantes del calentamiento que podrían ocurrir incluso para los escenarios de estabilización más baja analizados. En algunos casos puede haber barreras, límites y costes de adaptación significativos. El cambio climático no mitigado podría, a largo plazo, superar *probablemente* la capacidad de los sistemas naturales gestionados y humanos para adaptarse. El plazo en el que estos límites se alcancen variará dependiendo de los sectores y las regiones. Las acciones tempranas de mitigación evitarían cierres en las infraestructuras intensivas en carbono y reducirían el cambio climático y las necesidades de adaptación asociadas. {5.2, 5.3}

**Muchos impactos pueden ser reducidos, retrasados o evitados por la mitigación. Los esfuerzos e inversiones de mitigación durante las próximas dos o tres décadas tendrán un gran impacto en las oportunidades de alcanzar niveles de estabilización más bajos. La reducción de emisiones retrasadas limita considerablemente las oportunidades de lograr niveles más bajos de estabilización y aumenta el riesgo de impactos del cambio climático más severos {5.3, 5.4, 5.7}**



Para estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, las emisiones necesitarían alcanzar un pico y disminuir después. Cuanto menor sea el nivel de estabilización, más rápido se necesitará que ocurra este pico y esta disminución<sup>20</sup>. {5.4}

La tabla RRP.6 y la figura RRP.11 resumen los niveles de emisión requeridos para los diferentes grupos de concentraciones de estabilización y el equilibrio global de calentamiento resultante y aumento del nivel del mar a largo plazo debido solamente a la expansión térmica<sup>21</sup>. El tiempo y nivel de mitigación para alcanzar un nivel de estabilización de temperatura dado son previo y más exigente, respectivamente, si la sensibilidad climática es alta que en el caso de que sea baja. {5.4, 5.7}

El aumento del nivel del mar por el calentamiento es inevitable. La expansión térmica continuaría por muchos siglos después de que la concentración de GEI se haya estabilizado, para cualquiera de los niveles de estabilización analizados, causando un eventual aumento del nivel del mar mucho mayor que el proyectado para el siglo XXI. Si el calentamiento se mantuviese en niveles que superen los niveles preindustriales en 1.9-4.6°C durante varios siglos, las contribuciones eventuales procedentes de la pérdida de placa de hielo de Groenlandia podrían ser de varios metros, y mayores que las procedentes de la expansión térmica. Las escalas largas de tiempo de la expansión térmica y la respuesta de la placa de hielo al calentamiento implican que la estabilización de las concentraciones de GEI a los niveles actuales o superiores no estabilizaría el nivel del mar por muchos siglos, {5.3, 5.4}

Tabla RRP.6. Características de los escenarios de estabilización post-TIE. Temperatura media global en equilibrio a largo plazo y componente del aumento del nivel del mar sólo por expansión térmica resultantes<sup>a</sup>

Categoría	Concentraciones de CO <sub>2</sub> en estabilización (2005 = 375ppm) <sup>b</sup>	Concentraciones de CO <sub>2</sub> equivalente en estabilización incluyendo GEI y aerosoles (2005 = 375ppm) <sup>b</sup>	Año de pico para las emisiones de CO <sub>2</sub>	Cambio en las emisiones globales de CO <sub>2</sub> en 2050 (% de las emisiones de 2000) <sup>c</sup>	Aumento de la temperatura media global sobre el nivel preindustrial en equilibrio, usando la "mejor estimación" de sensibilidad del clima <sup>d,e</sup>	Aumento del nivel del mar medio global sobre el nivel preindustrial en equilibrio por expansión térmica solamente <sup>e</sup>	Número de escenarios analizados
	ppm	Ppm	año	porcentaje	°C	Metros	
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 a -50	2.0 – 2.4	0.4 – 1.4	6
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 a -30	2.4 – 2.8	0.5 – 1.7	18
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 a +5	2.8 – 3.2	0.6 – 1.9	21
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 a +60	3.2 – 4.0	0.6 – 2.4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 a +85	4.0 – 4.9	0.8 – 2.9	9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 a +140	4.9 – 6.1	1.0 – 3.7	5

a) las reducciones de emisiones para alcanzar un determinado nivel de estabilización informado en los estudios de mitigación valorados aquí pueden estar subestimadas debido a que faltan retroacciones del ciclo del carbono (ver también Tema 2)

b) las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosféricas han fueron 379ppm en 2005. La mejor estimación de la concentración total de CO<sub>2</sub> en 2005 para todos los GEI de larga duración es de alrededor de 455ppm mientras que el correspondiente valor incluyendo el efecto neto de todos los agentes de forzamiento antropogénicos es 375 ppm CO<sub>2</sub>-eq. <nota: India podría no estar de acuerdo con la inclusión de esta nota>

c) los rangos corresponden al 15° y 85° percentil del escenario de distribución post-TIE. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se muestran de manera que los escenarios multi-gas puedan ser comparados con los escenarios que solamente incluyen CO<sub>2</sub> (Figura RRP.3)

d) la mejor estimación de la sensibilidad del clima es 3°C

e) Nótese que la temperatura media global en equilibrio es diferente de la temperatura media global esperada en el momento de la estabilización de las concentraciones de GEI debido a la inercia del sistema climático. Para la mayoría de los escenarios valorados, la estabilización de las concentraciones de GEI ocurre entre 2100 y 2150 (ver también nota al pie 21)

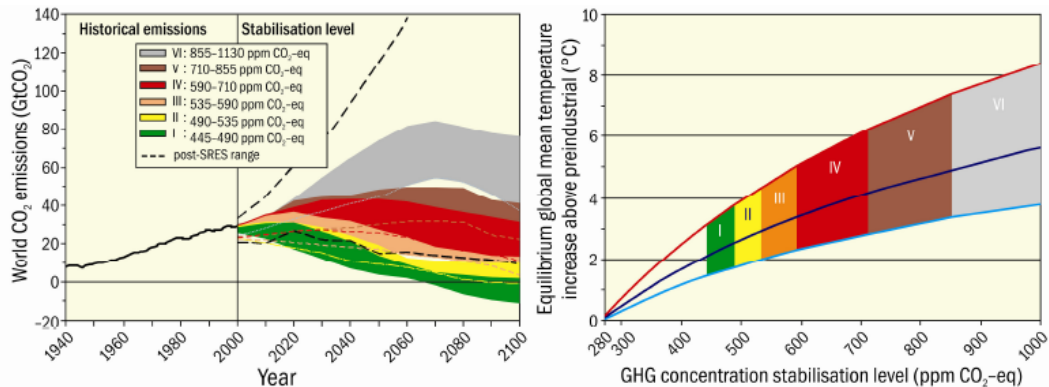
f) el aumento del nivel del mar en equilibrio es para la contribución de la expansión térmica del océano únicamente, y no alcanza el equilibrio para al menos varios siglos. Estos valores han sido estimados usando modelos climáticos relativamente simples (uno de baja resolución de AOGCM y varios EMIC basados en la mejor estimación de 3°C de sensibilidad climática) y no incluyen contribuciones del derretimiento de las placas de hielo, glaciares y casquetes de hielo. Se proyecta que la expansión térmica a largo plazo resultará en

<sup>20</sup> Para la categoría de escenarios de mitigación más baja, las emisiones necesitarían alcanzar su pico en 2015 y para la más alta en 2090 (ver tabla RRP.3). Los escenarios que usan sendas de emisiones alternativas muestran diferencias considerables en la tasa de cambio climático global.

<sup>21</sup> Las estimaciones para la evolución de la temperatura en el curso de este siglo no están disponible en el AR4 para los escenarios de estabilización. Para la mayoría de los escenarios de estabilización la temperatura alcanzaría el nivel de equilibrio en unos pocos siglos. Para los escenarios de estabilización más bajos (categorías I y II, Figura RRP.8), la temperatura de equilibrio puede ser alcanzada antes.

0.2 a 0.6 m por grado Celsius de calentamiento medio global sobre niveles preindustriales (AOGCM se refiere a modelos de circulación general Océano-Atmósfera y EMIC a modelos del sistema de la tierra de complejidad intermedia)

### Emisiones de CO<sub>2</sub> y aumentos de la temperatura de equilibrio para un rango de niveles de estabilización



**Figura RRP.11.** Emisiones globales de CO<sub>2</sub> de 1940 a 2000 y rangos de emisiones por grupos de escenarios de estabilización de 2000 a 2100 (panel de la izquierda); y la correspondiente relación entre objetivos de estabilización y el aumento probable de la temperatura media global en equilibrio sobre la preindustrial (panel de la derecha). Alcanzar el equilibrio puede llevar varios siglos, especialmente para escenarios con mayores niveles de estabilización. Las sombras coloreadas muestran los escenarios de estabilización agrupados de acuerdo con los diferentes objetivos (categorías de estabilización I a VI). La gráfica de la derecha muestra rangos de cambios de temperatura media global sobre la preindustrial, usando: (i) “la mejor estimación” de la sensibilidad climática de 3°C (línea negra en el medio del área sombreada), (ii) límite superior del rango probable de sensibilidad climática de 4.5°C (línea roja en la parte superior del área sombreada) (iii) límite inferior del rango probable de sensibilidad climática de 2°C (línea azul en la parte inferior de la zona sombreada). Las líneas negras discontinuas en el panel izquierdo muestran el rango de emisiones de escenarios de base de referencia publicados desde el SRES (2000). Los rangos de emisión de los escenarios de estabilización incluyen escenarios sólo de CO<sub>2</sub> y multi-gas y corresponden al 10°-90° percentil de la distribución total de escenario. Nota: las emisiones de CO<sub>2</sub> en la mayoría de los modelos no incluye emisiones de la descomposición de la biomasa sobre la tierra que permanece tras la corta y deforestación, ni de fuegos de turberas ni drenaje de suelos turbosos. {figura 5.1}

Hay un *alto nivel de acuerdo y mucha evidencia* de que todos los niveles de estabilización valorados pueden lograr la diseminación de una cartera de tecnologías que estén actualmente disponibles o que se espere que sean comercializadas en las próximas décadas, asumiendo incentivos apropiados y efectivos en marcha para su desarrollo, adquisición, diseminación y difusión y para tratar las barreras relacionadas.

Todos los escenarios de estabilización valorados indican que el 60-80% de las reducciones podría proceder del suministro de energía y su uso, y de procesos industriales, con la eficiencia energética jugando un papel clave en muchos escenarios. La inclusión de las opciones de mitigación de selvicultura y usos del suelo, tanto en CO<sub>2</sub> como en gases distintos del CO<sub>2</sub> proporciona mayor flexibilidad y coste-efectividad. Los niveles de estabilización bajos requieren instrumentos tempranos y difusión y comercialización sustancialmente más rápida de tecnologías avanzadas de bajas emisiones. {5.5}

Sin unos flujos de inversión considerables y una transferencia de tecnología efectiva, alcanzar reducciones de emisiones a una escala significativa podría ser difícil. La movilización de financiación de coste incremental de tecnologías bajas en carbono es importante. {5.6}

**Los costes macroeconómicos de la mitigación generalmente aumentan con la severidad del objetivo de estabilización (tabla RRP.7). Para países y sectores específicos, los costes varían considerablemente de la media global<sup>22</sup>. {5.6}**

En 2050, los costes medios macroeconómicos para la mitigación dirigida a la estabilización entre 710 y 445 ppm CO<sub>2</sub>-eq estarán entre el 1% de ganancia y el 5% de disminución del PIB global (tabla RRP.7). Esto significa ralentizar el crecimiento anual medio del PIB en menos del 0.12 puntos porcentuales. {5.6}

<sup>22</sup> Ver nota al pie G para más detalles de la estimación de costes e hipótesis de modelos.

**TABLA RRP.7.**costes macroeconómicos estimados en 2030 y 2050. Los costes son con respecto a una línea de base para las trayectorias menos costosas hacia diferentes niveles de estabilización a largo plazo. {Tabla 5.2}

Niveles de estabilización (ppm CO <sub>2</sub> -eq)	Reducción media del PIB <sup>a</sup> (%)		Rango de reducción del PIB <sup>b</sup> (%)		Reducción de las tasas de crecimiento medio anual del PIB (puntos porcentuales) <sup>c,e</sup>	
445 – 535 <sup>d</sup>	No disponible		<3	<5.5	<0.12	<0.12
535 – 590	0.6	1.3	0.2 a 2.5	De ligeramente negativo a 4	<0.1	<0.1
590 – 710	0.2	0.5	-0.6 a 1.2	-1 a 2	<0.06	<0.06

Nota: Esto corresponde a la literatura completa a través de todos los escenarios de bases de referencia y mitigación que proporcionan los números del PIB

a) Este es el PIB global basado en tasas de cambio de mercado

b) Se proporcionan la mediana y el rango percentil 10º y 90º de los datos analizados donde sea aplicable. Los valores negativos indican ganancia de PIB. La primera fila (445-535 ppm CO<sub>2</sub>) proporciona el la estimación del límite superior de la literatura solamente.

c) El cálculo de la reducción de la tasa anual de crecimiento se basa en la reducción media durante el periodo de análisis que resultaría en el indicado decrecimiento del PIB en 2030 y 2050 respectivamente.

d) El número de estudios es relativamente pequeño y, generalmente, usan líneas de referencia bajas. Las líneas de referencia altas generalmente llevan a costes mayores.

e) Los valores corresponden a la estimación más alta de la reducción del PIB mostrada en la columna 3.

La respuesta al cambio climático implica un proceso de gestión del riesgo iterativo que incluye adaptación y mitigación y tiene en cuenta los daños, cobeneficios, sostenibilidad, equidad y actitudes para el riesgo del cambio climático {5.1}

Es *muy probable* que los impactos del cambio climático impongan unos costes netos anuales que se incrementarán con el tiempo según aumenten las temperaturas. Las estimaciones, revisadas por expertos por pares, de los costes sociales de carbono <sup>23</sup> promediaban 12\$US por tonelada de CO<sub>2</sub>, pero el rango de 100 estimaciones es grande (-3\$ a 95\$/tCO<sub>2</sub>). Esto se debe en gran parte a las diferencias en las hipótesis relacionadas con la sensibilidad del clima, la demora de las respuestas, el tratamiento del riesgo y la equidad, impactos económicos y no económicos, la inclusión de pérdidas catastróficas potenciales y las tasas de descuento. Las estimaciones agregadas de los costes enmascaran diferencias significativas en impactos en sectores, regiones y poblaciones, y *muy probablemente* subestima los costes de los daños porque no pueden incluir muchos impactos no-cuantificables. {5.7}

Los resultados analíticos tempranos y limitados de los análisis integrados de los costes y beneficios de la mitigación indican que en términos generales son comparables en magnitud, pero no como para permitir una determinación inequívoca de una senda de emisiones o nivel de estabilización en los que los beneficios excedan a los costes. {5.1}

La sensibilidad climática es una incertidumbre clave para los escenarios de mitigación para niveles específicos de temperatura.

Las elecciones sobre la escala y el momento de la mitigación de los GEI implica el balance de los costes económicos de reducciones de emisiones más rápidas ahora frente al correspondiente riesgo climático a medio y largo plazo por retraso.

<sup>23</sup> costes económicos netos de los daños del cambio climático agregados a lo largo del globo y descontados al año especificado.