

# **CAMBIO CLIMÁTICO:**

## **CIENCIA, IMPACTOS, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN**

**IPCC: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS  
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

<b>CAPÍTULO 1 EL IPCC</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 2 EL CAMBIO CLIMÁTICO SE CONFIRMA</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 3 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CLIMA EN EL SIGLO XXI</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 4 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: IMPACTOS, ADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD.</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 5 MITIGACIÓN</b>	<b>31</b>
<b>ENLACES WEB</b>	<b>36</b>

# CAPÍTULO 1

## EL IPCC

### ¿Qué es el IPCC?

IPCC corresponde a las siglas *Intergovernmental Panel on Climate Change*, es decir, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Es una agencia especializada de Naciones Unidas, creada en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y tiene su sede en Ginebra.

### ¿Por qué y para qué el IPCC?

La creación del IPCC supuso el reconocimiento internacional de la importancia del problema del cambio climático y de la necesidad de disponer de un conocimiento profundo que permitiese diseñar respuestas adecuadas.

El objetivo principal del IPCC es realizar evaluaciones periódicas del “estado del arte” y apoyar, con un enfoque científico y técnico, a los Órganos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Así, su función fundamental es evaluar la información científica, técnica y socio-económica relevante para la comprensión de las causas y efectos del cambio climático, así como de las alternativas para la lucha frente a ellos.

### ¿Qué aporta el IPCC?

Dado que el IPCC no desarrolla investigación en sentido estricto, ni realiza el seguimiento de los indicadores climáticos básicos, su aportación consiste en la recopilación y evaluación de la información publicada y la preparación de la más significativa para su difusión. Como resultado de esta actividad, emite Informes de Evaluación - aproximadamente cada cinco años - e Informes especiales o Técnicos a petición de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Además, ha desarrollado y actualiza permanentemente la metodología para la elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, basándose en los requerimientos específicos de la Convención.

### ¿Cuál es su estructura?

El IPCC se compone de diferentes órganos decisorios y asesores, con funciones diversas:

- El **Plenario** acepta y aprueba la estructura de los informes del IPCC y decide sobre el plan de trabajo y presupuesto de los Órganos y Programas. Sus sesiones son de periodicidad anual.
- El **Bureau** está formado por 30 miembros que representan a las regiones de la Organización Meteorológica Mundial. Su constitución trata de mantener un equilibrio geográfico entre Regiones.

- Los **Grupos de Trabajo** están dedicados a tres aspectos diferentes del cambio climático, de modo que entre todos cubren las áreas consideradas de interés por los gobiernos:

**Grupo de Trabajo I:** se encarga de la valoración de los aspectos científicos del sistema climático y sus procesos, del cambio climático natural y el inducido por la actividad humana.

**Grupo de Trabajo II:** orienta su actividad hacia el análisis de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y socio-económicos ante el cambio climático, de sus consecuencias, positivas o negativas, y de las posibles estrategias para adaptarse a los cambios previstos.

**Grupo de Trabajo III:** es el responsable de evaluar los aspectos científicos, tecnológicos, medioambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático, incluyendo opciones de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de sus efectos sobre las economías.

El **Grupo Especial** para el Programa sobre los Inventarios Nacionales de los Gases de Efecto Invernadero desarrolla y actualiza la metodología para elaborar los inventarios.

## Los informes del IPCC

Desde su creación, el IPCC ha preparado una serie de documentos técnicos, informes especiales e informes de evaluación, que han puesto a disposición de la comunidad internacional, de los responsables políticos y científicos, y del público en general, el conocimiento científico-técnico disponible sobre el cambio climático.

El **Primer Informe de Evaluación**, realizado en **1990**, tuvo un papel decisivo para el arranque del proceso internacional de negociación que condujo a la creación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Dicha Convención fue adoptada en 1992 y proporciona el marco global para orientar los temas políticos del cambio climático.

Por su parte, el **Segundo Informe de Evaluación: Cambio Climático 1995** proporcionó información clave para las negociaciones que condujeron a la adopción del Protocolo de Kioto, en 1997.

El **Tercer Informe de Evaluación**, aprobado en **2001**, ofrece una valoración actualizada de los diferentes aspectos científicos, técnicos y socio-económicos, políticamente relevantes, sobre el cambio climático, haciendo hincapié en los cambios detectados y las implicaciones de las diferentes alternativas socio-económicas para reducir los impactos negativos del cambio climático y las medidas adoptadas en la lucha contra sus causas.



## El Tercer Informe de Evaluación: Cambio Climático 2001

El Tercer Informe de Evaluación (TAR, en sus siglas inglesas) es la valoración más importante sobre el cambio climático llevada a cabo desde 1995. Representa un consenso muy importante y proporciona las bases para los procesos de toma de decisiones en el ámbito internacional.

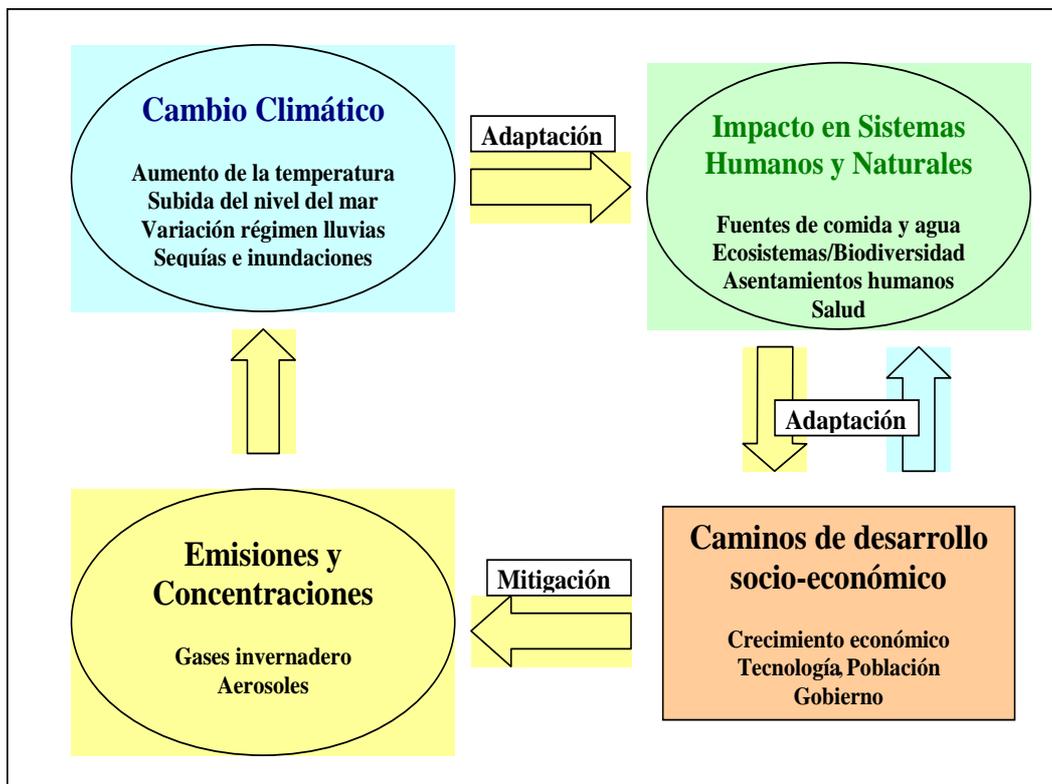
El TAR está compuesto por los informes elaborados por los tres Grupos de Trabajo; cada uno de los cuales ha redactado un documento para responsables de políticas y un resumen técnico. Estos son los temas abordados:

- **Grupo de Trabajo I: *Cambio Climático 2001: Las Bases Científicas*.** En él se constata que el cambio climático ya se ha iniciado y, además, su ritmo de crecimiento es mayor que el que preveía el Segundo Informe de Evaluación del IPCC de 1995.
- **Grupo de Trabajo II: *Cambio Climático 2001: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*.** Contiene un análisis detallado de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, los sistemas humanos y la salud. Considera, además, las diferencias regionales, en función de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación.
- **Grupo de Trabajo III: *Cambio Climático 2001: Mitigación*.** Evalúa las diferentes opciones para reducir las emisiones de gases efecto invernadero considerando la tecnología disponible, la contribución de la agricultura y la silvicultura en la captación de carbono, las medidas para limitar emisiones al menor coste posible, así como las barreras políticas, culturales e institucionales a superar.

Además el TAR contiene un Informe de Síntesis, dirigido a los responsables de fijar las políticas sobre cambio climático, en el que se da respuesta a una serie de cuestiones claves identificadas por los gobiernos. Todo este trabajo ha supuesto un riguroso e intenso proceso de revisión de la información disponible y ha involucrado a cientos de expertos, redactores y representantes gubernamentales.

## Cuadro 1: Planteamiento integrado del cambio climático

Para tener un planteamiento integrado del cambio climático es necesario considerar la dinámica del ciclo completo de causas y efectos complejos para todos los sectores. El TAR proporciona nueva información y evidencias de interés para la definición de políticas en relación con todos los elementos que aparecen en este cuadro.



**Cuadro 1.** Representación esquemática y simplificada de un marco de evaluación integrado para la consideración de los cambios climáticos antropogénicos. Las flechas amarillas muestran el ciclo de causa a efecto entre los cuatro cuadrantes mostrados en la figura, y la flecha azul indica la respuesta de la sociedad ante los impactos del cambio climático

## CAPÍTULO 2

### EL CAMBIO CLIMÁTICO SE CONFIRMA

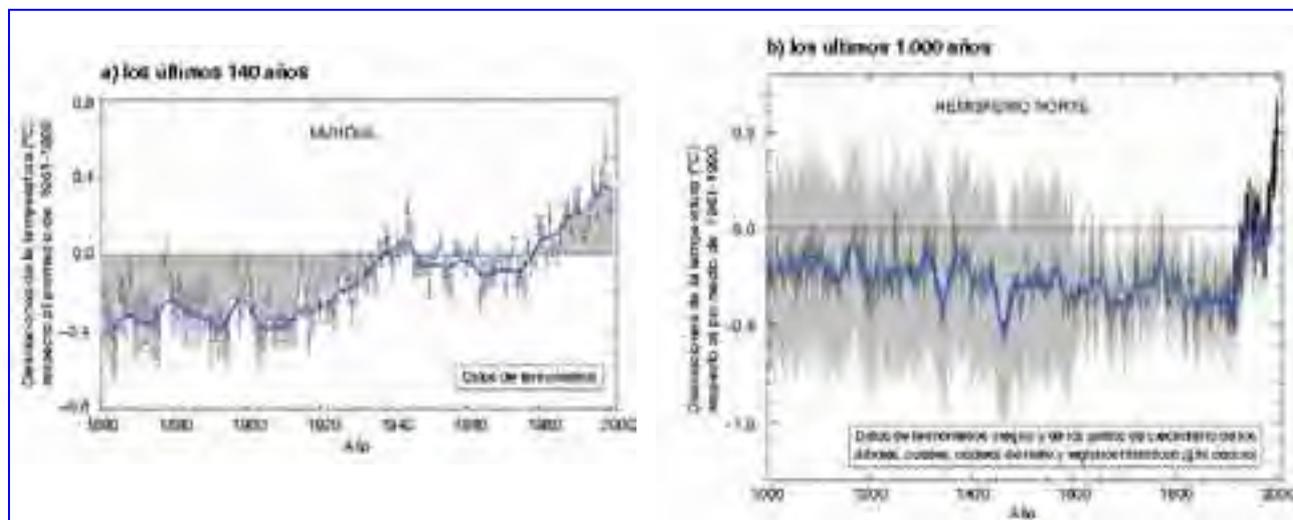
*Nuevos datos, más precisos, confirman que a lo largo del último siglo las temperaturas globales en la superficie de nuestro planeta han aumentado. También se ha constatado el aumento de la frecuencia de ciertos fenómenos climáticos extremos, el retroceso en la extensión de la nieve o los glaciares y la subida del nivel del mar, confirmándose así cambios en el sistema climático global. Los nuevos modelos utilizados para el estudio del clima señalan una estrecha relación entre las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y los cambios observados.*

#### Las variables climáticas han cambiado

##### Calentamiento de la atmósfera

La temperatura global media en la superficie terrestre se ha incrementado a lo largo del siglo XX en  $0,6 \pm 0,2$  °C (Fig. 1). Globalmente, es muy probable<sup>1</sup> que la década de 1990 haya sido la más cálida del siglo XX, siendo 1998 el año más cálido desde que se poseen registros instrumentales (1861).

Nuevos análisis efectuados para el hemisferio norte indican que los incrementos de temperatura acaecidos en el siglo XX han sido, probablemente, los mayores ocurridos en un siglo en los últimos 1000 años.



**Figura 1:** Variaciones de la temperatura superficial de la Tierra en los últimos 140 años y en el último milenio. (a) las barras muestran la temperatura de la superficie de la Tierra año a año y la línea azul por décadas (variaciones de menos de 10 años han sido filtradas). Los segmentos indican el margen de confianza al 95% de cada dato. (b) Igual que (a) para los últimos 1000 años en el hemisferio norte. Similarmente, la línea azul representa la variación cada 50 años.

<sup>1</sup> En el Tercer informe realizado por el IPCC la expresión “muy probable” se emplea para indicar que la probabilidad de que una estimación sea cierta oscila entre el 90% y el 99%; la expresión “probable” se utiliza cuando la probabilidad está entre el 66% y el 90%

## **Disminuye la extensión de la nieve y asciende el nivel del mar**

Los datos suministrados por los satélites indican que, con gran probabilidad, la extensión de la nieve se ha reducido en torno a un 10% desde finales de la década de 1960, mientras que otros datos indican que los glaciares de montaña situados fuera de las regiones polares se han ido retirando a lo largo del siglo XX.

Por otra parte, las mediciones con mareógrafos de los niveles del mar indican que éste sufrió un ascenso global de entre 0,1 y 0,2 metros a lo largo del último siglo y el contenido calorífico de los océanos se ha incrementado desde el final de la década de 1950, periodo desde el que existen mediciones sub-superficiales adecuadas.

## **Otros cambios observados**

Es muy probable (según el lenguaje del IPCC) que la precipitación haya aumentado entre un 0,5 y un 1% por década en el siglo XX en la mayor parte de los continentes en latitudes medias y altas del hemisferio norte (HN). Asimismo, es probable que la precipitación haya aumentado entre 0,2 y 0,3 % por década sobre los continentes de latitudes tropicales.

En latitudes medias y altas del HN es probable que se haya incrementado la frecuencia de precipitaciones de tipo torrencial entre un 2 y un 4 % durante el siglo XX. También se estima probable el aumento de nubosidad en un 2% en el mismo periodo y zona geográfica.

Desde 1950 ha habido (muy probablemente) una reducción en la frecuencia de temperaturas mínimas extremas, con un aumento menor en la frecuencia de las temperaturas máximas extremas.

El fenómeno de El Niño se ha repetido de forma más frecuente, persistente e intensa desde 1970, comparado con los 100 años anteriores.

En algunas zonas, como partes de Asia y África, se ha observado un incremento de la frecuencia e intensidad de las sequías.

## **Las concentraciones de gases de efecto invernadero han seguido aumentando como resultado de las actividades humanas**

Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se han incrementado un 31% desde 1750. De hecho, las concentraciones actuales de CO<sub>2</sub> no han sido superadas en los últimos 420.000 años y, probablemente, tampoco en los últimos 20 millones de años.

Alrededor de las tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénicas que se han producido en los últimos 20 años se deben a la quema de combustibles fósiles. El resto se debe fundamentalmente a los cambios en el uso del suelo y, especialmente, a la deforestación.

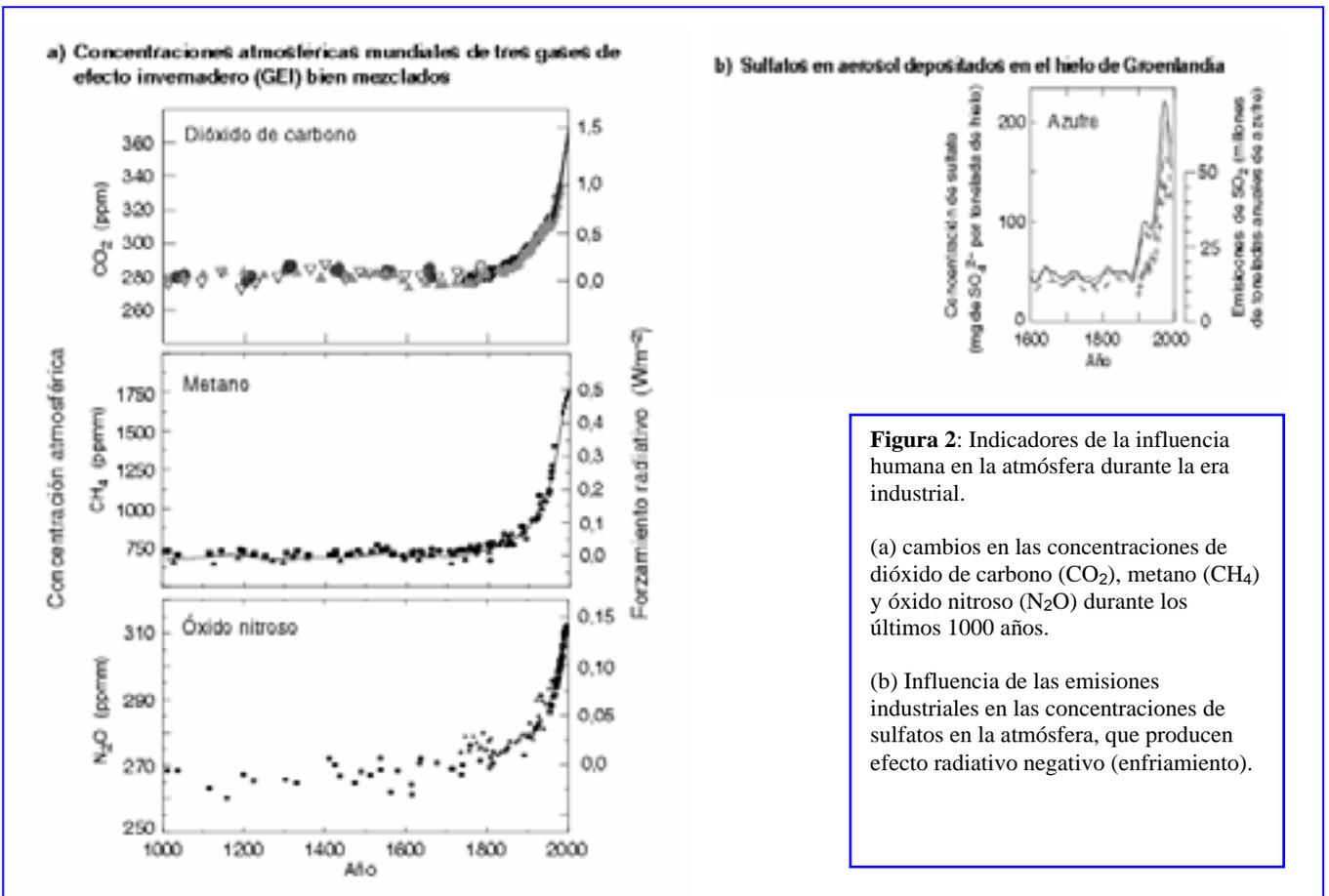
Actualmente, los océanos y los suelos están absorbiendo en conjunto aproximadamente la mitad de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>. A pesar de esto, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera siguen aumentando en torno a un 0,4% anual.

Por su parte, la concentración atmosférica de **metano** se ha incrementado un 151% desde 1750 y sigue subiendo. Al igual que en el caso del CO<sub>2</sub>, las concentraciones actuales de metano no han sido superadas en los últimos 420.000 años. Algo más de la mitad de las emisiones de metano que se producen hoy en nuestro planeta se deben a la acción humana.

Las concentraciones de **óxido nítrico** se han incrementado un 17% desde 1750 y continúan en ascenso. La concentración actual es la más elevada del último milenio. En torno a una tercera parte de las emisiones de este gas son debidas a la acción humana.

Por el contrario, desde 1995 las concentraciones de algunos **gases carbonados** (que son a la vez destructores de la capa de ozono) están incrementándose más lentamente, o incluso decreciendo, como resultado de la aplicación de los acuerdos de Montreal. No obstante, los gases que se emplean para sustituirlos (carbonos hidrofluorados, perfluorados y hexafluoruro de azufre) están incrementándose y son potentes gases de efecto invernadero.

Por último, se estima que las concentraciones de **ozono troposférico** (cercano a la superficie terrestre) se han incrementado en un 36% desde 1750, debido esencialmente a las emisiones antropogénicas de diversos gases nitrogenados, que reaccionan y forman ozono.



**Figura 2:** Indicadores de la influencia humana en la atmósfera durante la era industrial.

(a) cambios en las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) durante los últimos 1000 años.

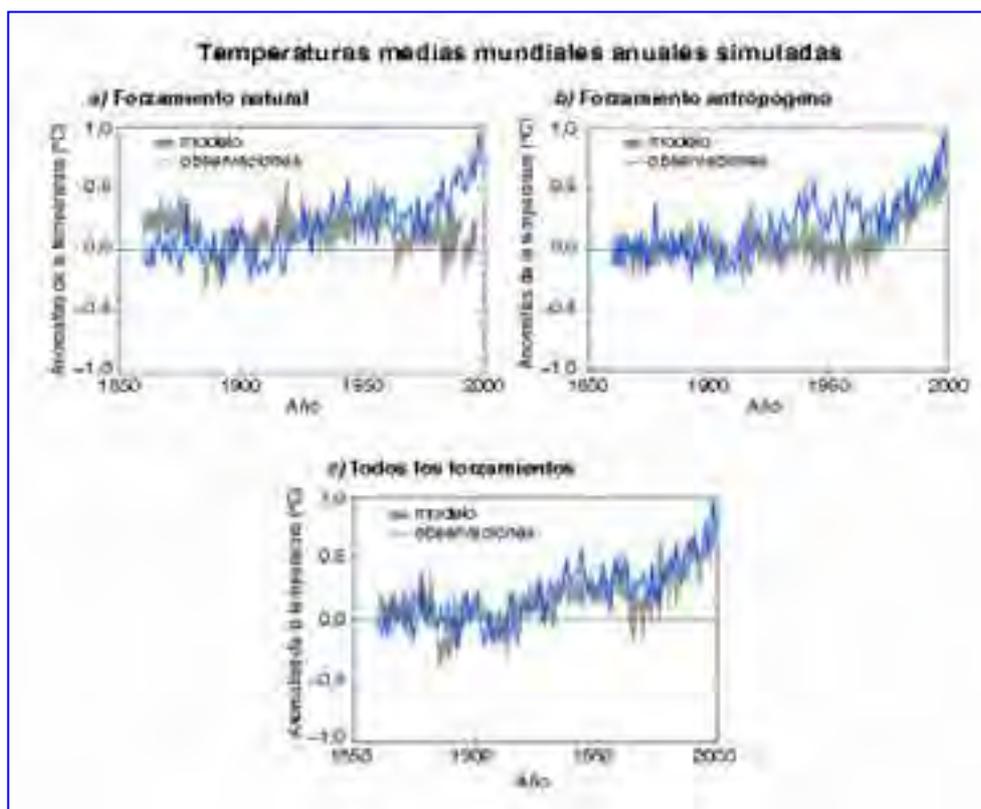
(b) Influencia de las emisiones industriales en las concentraciones de sulfatos en la atmósfera, que producen efecto radiativo negativo (enfriamiento).

## Evidencias de la relación entre el calentamiento del clima y la acción humana

Los estudios realizados indican que, en el último siglo, los factores naturales han influido escasamente en el balance neto de energía en el sistema planeta-atmósfera. Así, los cambios en la intensidad de la radiación solar han sido escasos en este periodo y tampoco han sido importantes las contribuciones de las erupciones volcánicas, que pueden reducir el calentamiento al inyectar aerosoles hacia la estratosfera.

*El informe del IPCC presenta “evidencias nuevas y más poderosas de que el calentamiento observado en los últimos 50 años es debido a las actividades humanas”*

Por otra parte, la mayoría de los estudios en los que se utilizan modelos para simular el clima, reproducen para los últimos 50 años un calentamiento debido al incremento de concentración de gases de efecto invernadero muy cercano a las observaciones reales. En estas simulaciones los resultados más consistentes con la realidad se obtienen cuando se combinan los diferentes factores naturales (variación solar y actividad volcánica) y antropogénicos (emisiones de gases efecto invernadero y aerosoles sulfatados) (Fig. 3).



**Figura 3:** La simulación de las variaciones de temperatura de la Tierra y su comparación con los cambios medidos arroja luz al estudio de las causas de los cambios. (a) Reproduce los cambios modelizados usando únicamente forzamiento natural: radiación solar y actividad volcánica. (b) Muestra los cambios resultantes de las actividades humanas: gases de efecto invernadero y aerosoles. (c) Incluye ambas componentes: naturales y de origen antrópico.

## CAPÍTULO 3

# EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CLIMA EN EL SIGLO XXI

*Las nuevas predicciones del IPCC para el siglo XXI señalan que las temperaturas globales seguirán subiendo, el nivel del mar experimentará ascensos significativos y la frecuencia de los fenómenos climáticos extremos aumentará*

### Escenarios

Utilizando los últimos escenarios sobre emisiones elaborados por el IPCC, basados en hipótesis sobre evolución de la población, de producto interior bruto, las tecnologías, etc. (ver Cuadro 2 sobre escenarios), se han empleado modelos climáticos para conocer cuáles serán las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles en el futuro y, por ende, cómo será el clima del siglo XXI. He aquí algunas predicciones importantes:

- Con toda probabilidad, las emisiones debidas a la quema de combustibles fósiles seguirán siendo la influencia esencial que marcará las tendencias en las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico a lo largo del siglo XXI.
- A medida que la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico aumente, los océanos y las tierras emergidas absorberán una fracción cada vez menor de las emisiones antropogénicas de este gas.
- Para el año 2100, los modelos que simulan el ciclo del carbono en la Tierra apuntan que la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera estará entre 540 y 970 ppm (partes por millón) (entre un 90 y un 250% por encima de la concentración del año 1750, que era de 280 ppm). Las incertidumbres sobre las retroalimentaciones con la biosfera terrestre producen un margen de error entre -10% a +30% para cada uno de los escenarios contemplados por el IPCC en su Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones IE-EE (SRES), de forma que el rango total en el que podría situarse la concentración de CO<sub>2</sub> está entre 490 y 1260 ppm.
- Si todo el carbono liberado por los cambios históricos de uso del suelo fuera de nuevo fijado por la biosfera terrestre a lo largo del siglo (por ejemplo a través de la reforestación), las concentraciones de CO<sub>2</sub> podrían reducirse entre 40 y 70 ppm.
- Para estabilizar el balance entre energía entrante y saliente en el sistema tierra/atmósfera, es necesario reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero por debajo del nivel actual. En la actualidad, las emisiones globales superan la capacidad de absorción del sistema terrestre, por lo que no se alcanzaría un equilibrio y la temperatura seguiría subiendo indefinidamente. Los modelos empleados sobre el ciclo del carbono indican que, para lograr la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a 450, 650 ó 1000 ppm, sería necesario que las emisiones se redujeran por debajo de los niveles de 1990, en el plazo de unas pocas décadas, de un siglo o de dos siglos respectivamente, para continuar decreciendo de forma continuada desde entonces.

## Cuadro 2: Escenarios de emisiones del IPCC Grupo III

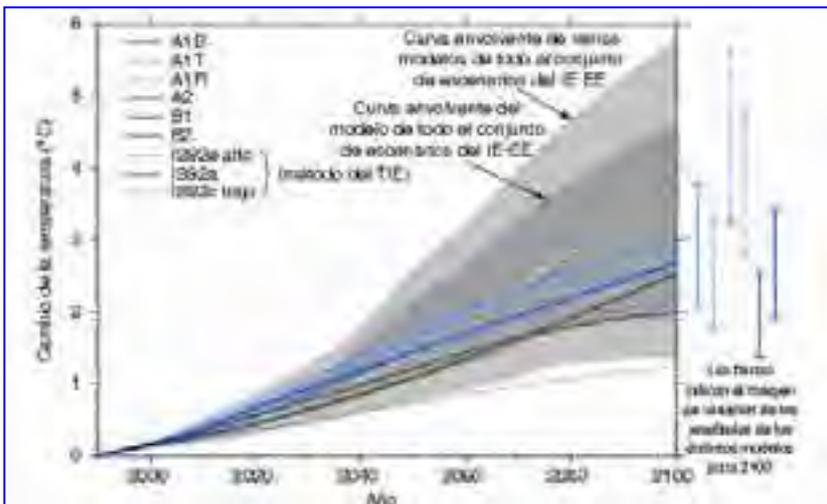
En el año 2100 el mundo habrá experimentado cambios que resulta difícil imaginar. Tan difícil como lo habría sido concebir, a finales del siglo XIX, los cambios acaecidos en los 100 años siguientes. En los *escenarios* de emisiones del IPCC, cada línea evolutiva está basada en una dirección de los acontecimientos futuros claramente diferenciada, de tal manera que las cuatro líneas evolutivas difieren con un grado de irreversibilidad creciente. En su conjunto, describen futuros divergentes que cubren una parte considerable de las incertidumbres inherentes a las principales fuerzas determinantes. Abarcan una gran diversidad de características “futuras” decisivas, como el cambio demográfico, el desarrollo económico o el cambio tecnológico. Por esa razón, su plausibilidad o su viabilidad no deberían considerarse solamente sobre la base de una extrapolación de las tendencias económicas, tecnológicas y sociales actuales.

- La línea evolutiva y familia de escenarios **A1** describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo XXI y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía de origen no fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B).
- La familia de líneas evolutivas y escenarios **A2** describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.
- La familia de líneas evolutivas y escenarios **B1** describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo XXI y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias, con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a un desarrollo sostenible económico, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero con ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.
- La familia de líneas evolutivas y escenarios **B2** describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a una economía, sociedad y medio ambiente sostenibles. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles locales y regionales.

## El clima del siglo XXI

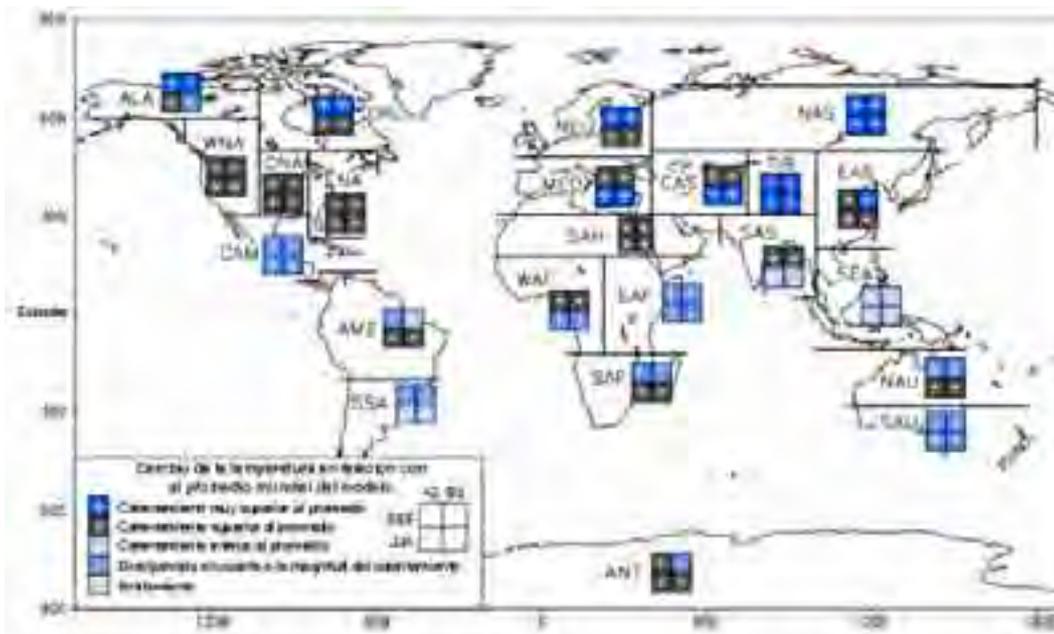
El IPCC ha realizado nuevas predicciones sobre cómo será el clima a lo largo del siglo XXI, utilizando los datos sobre las emisiones pasadas y las previsiones de las que se realizarán en el futuro. Para todos los escenarios sobre emisiones considerados, los resultados señalan que la temperatura global del planeta seguirá incrementándose y el nivel del mar seguirá subiendo.

Según estas predicciones, la temperatura global se incrementará entre 1,4 y 5,8 °C en el periodo 1990 - 2100. Estos datos revisan al alza los cálculos realizados en el Segundo Informe del IPCC, de 1995, en los que se definía una horquilla de subidas de temperatura que iba de 1 a 3,5 °C, y supone un calentamiento mucho mayor del observado a lo largo del siglo XX.



**Figura 4:** Proyecciones de temperatura media global mediante seis modelos de escenarios SRES. Se incluyen los resultados del IS92a del Segundo Informe del IPCC. El contorno gris oscuro muestra el conjunto de los 35 escenarios SRES. El gris claro es el intervalo de los siete modelos.

De acuerdo con los modelos globales más recientes, es muy probable que casi todas las áreas terrestres emergidas se calienten más rápidamente que la media global, especialmente en las regiones más septentrionales durante la estación fría.

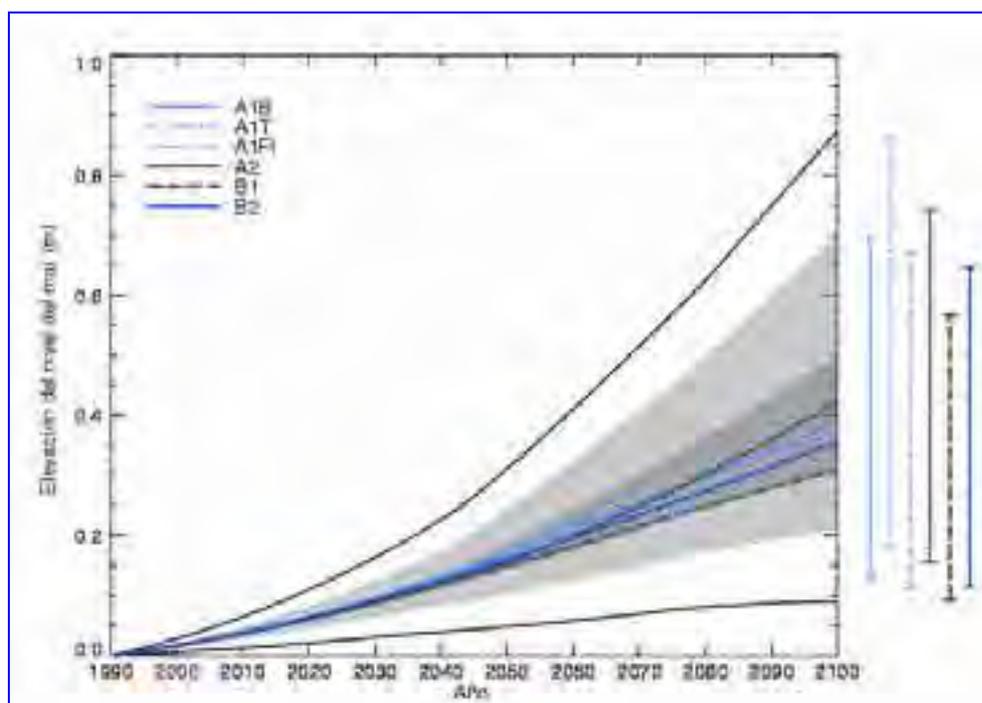


**Figura 5:** Análisis de la consistencia entre modelos en el calentamiento regional (calentamiento relativo al calentamiento promedio global de cada modelo). Las regiones se clasifican según muestren un calentamiento 40% sobre la media global (“Muy superior al promedio”), calentamiento superior al promedio, inferior al promedio, o inconsistencia entre modelos. También se contempla la opción enfriamiento (opción que nunca ocurre).

Por su parte, las concentraciones medias de vapor de agua y las precipitaciones se incrementarán en términos globales, en paralelo al aumento de las temperaturas.

El área cubierta por la nieve y la extensión de los hielos marinos seguirán disminuyendo en el hemisferio norte. Los glaciares y los casquetes polares continuarán su amplio retroceso a lo largo del siglo XXI. No obstante, es probable que el hielo antártico incremente su masa durante la primera mitad del siglo XXI, debido al aumento de las precipitaciones.

El nivel del mar subirá entre 0,09 y 0,88 m entre 1990 y 2100, dependiendo de los escenarios de emisiones considerados. Este incremento se debe fundamentalmente a la expansión térmica y a la pérdida de masa de glaciares y casquetes de hielo. Las predicciones contenidas en el informe del IPCC elaborado en 1995 eran de 0,13 a 0,94 m. Como puede apreciarse, en este tercer informe los incrementos previstos son menores, a pesar de que se estima que las temperaturas subirán más. Esto se debe a que se han empleado modelos de simulación mejorados que indican una menor contribución procedente de glaciares y masas de hielo.



**Figura 6:** Aumento medio global del nivel del mar de 1990 a 2100 según los escenarios del informe SRES. La expansión térmica de los océanos y los cambios del hielo continental se han calculado usando un modelo simple calibrado separadamente para cada modelo de circulación general océano-atmósfera. Se han añadido las contribuciones de los cambios en el *permafrost*, los efectos de deposición de sedimentos y los ajustes de largo plazo de las capas de hielo a los cambios climáticos pasados. Cada línea es un promedio de los escenarios. La región sombreada en oscuro muestra el rango de variación de las medias de los 35 escenarios del SRES. La región sombreada en claro muestra la variación de todos los modelos oceano-atmósfera para los 35 escenarios. Las líneas exteriores incluyen la incertidumbre en los cambios del hielo continental, cambios del *permafrost* y de la deposición de sedimentos.

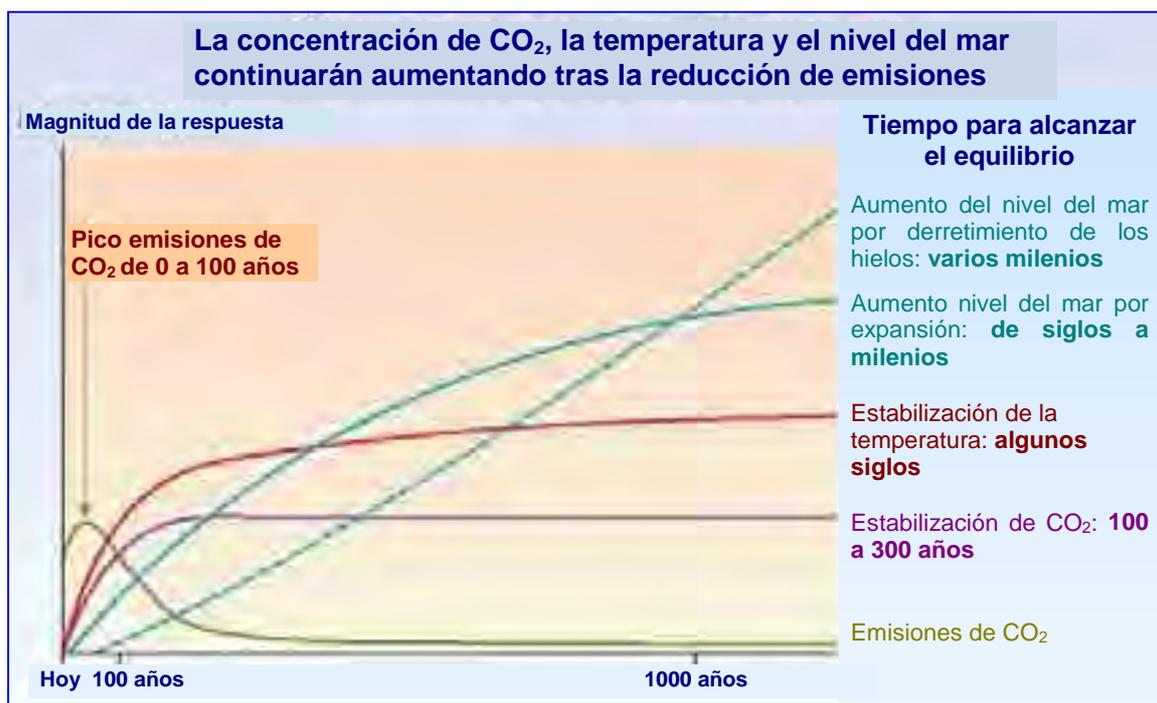
**Cuadro 3: Estimaciones de confianza en los cambios observados (segunda mitad s. XX) y previstos (s. XXI) para los fenómenos climatológicos extremos**

Nivel de confianza sobre los cambios observados en la segunda mitad del siglo XX	Cambios en los fenómenos	Nivel de confianza para los cambios que tendrán lugar en el siglo XXI
Probable	Temperaturas máximas más elevadas y más días de calor en casi todas las zonas emergidas	Muy probable
Muy probable	Temperaturas mínimas más elevadas, menos días de frío y heladas en casi todas las zonas emergidas	Muy probable
Muy probable	Rango de temperaturas diurnas reducido en la mayoría de las áreas emergidas	Muy probable
Probable para muchas áreas	Incremento del índice de calor (combinación de la temperatura y la humedad) en las zonas emergidas	Muy probable en la mayoría de las zonas
Probable en muchas zonas terrestres de latitud media y alta del hemisferio norte	Más fenómenos de precipitaciones intensas	Muy probable en muchas zonas
Probable en unas pocas áreas	Incremento de la sequedad estival y de los riesgos asociados de sequía	Probable en la mayoría de los interiores de los continentes en latitudes medias (faltan proyecciones consistentes en otras zonas)
No observado en los pocos análisis disponibles	Incremento en los picos de intensidad de viento de los ciclones tropicales	Probable en algunas zonas
Datos insuficientes para la evaluación	Incremento de la media y pico de intensidad de precipitación de ciclones tropicales	Probable en algunas zonas

## El cambio climático persistirá durante siglos

Las emisiones de gases de efecto invernadero con ciclo de vida largo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC y  $\text{SF}_6$ ) tienen un efecto duradero en la composición atmosférica, el balance entre la energía que absorbe y emite el sistema tierra/atmósfera, y el clima. Por ejemplo, varios siglos después de producirse las emisiones de  $\text{CO}_2$ , alrededor de una cuarta parte del exceso de  $\text{CO}_2$  emitido seguirá presente en la atmósfera. Una vez se hayan estabilizado las concentraciones de gases de efecto invernadero, las temperaturas medias globales en superficie seguirán incrementándose, aunque sólo unas décimas de grado por siglo, en vez de varios grados por siglo previstos sin estabilización. Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización de las concentraciones, menor será el incremento de temperaturas final.

La subida del nivel del mar debida a la expansión térmica seguirá también ocurriendo durante cientos de años tras la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto se debe al largo tiempo que tardan los procesos oceánicos profundos en ajustarse al cambio climático.



**Figura 7:** La expansión térmica de los océanos continúa produciéndose hasta mucho tiempo después de reducirse las emisiones de  $\text{CO}_2$ , y el deshielo de las capas heladas sigue contribuyendo al aumento del nivel del mar durante muchos siglos. La figura es una ilustración genérica de estabilización entre los niveles 450 y 1000 ppm, sin unidades en el eje que representa la respuesta del sistema climático.

## **Investigación para mejorar el conocimiento y reducir las incertidumbres del cambio climático**

Para garantizar el nivel de calidad de los informes del IPCC y de esta manera continuar la detección y comprensión del cambio climático, es necesario apoyar los programas de investigación. En concreto hace falta mantener y mejorar las redes de observación sistemática del clima y llevar a cabo estudios de modelización y de procesos físicos del sistema climático.

Las prioridades fundamentales en estos campos son las siguientes:

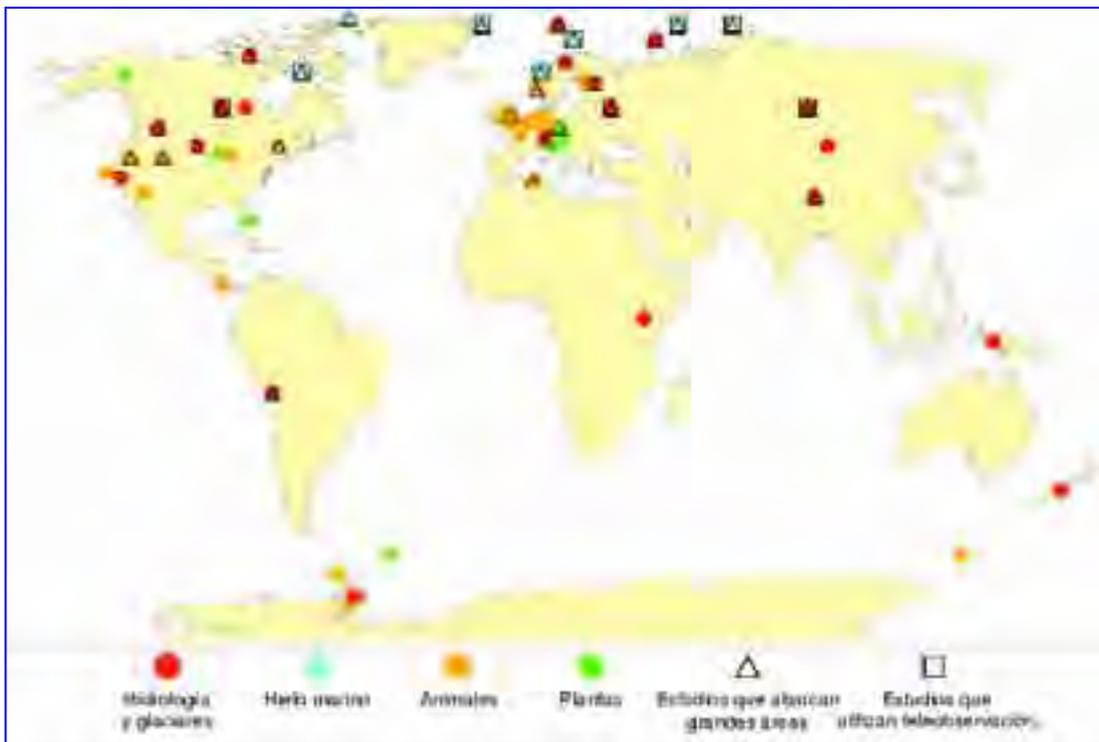
- Observación sistemática y reconstrucción de climas pasados:
  - ✓ Detener el deterioro de las redes de medición en muchas partes del mundo
  - ✓ Extender las observaciones para lograr una red precisa, consistente e integrada globalmente
  - ✓ Promover la reconstrucción de climas pasados
  - ✓ Mejorar las observaciones de la distribución de gases de efecto invernadero y aerosoles.
- Estudios de modelización y procesos físicos:
  - ✓ Mejorar el entendimiento de los mecanismos y factores que conducen a cambios del forzamiento radiativo
  - ✓ Procesos y retroalimentaciones aún no explicadas por los científicos
  - ✓ Métodos de cuantificación de las incertidumbres de los escenarios de proyección del clima y mejora de la integración de modelos en las diferentes escalas: global, regional.
  - ✓ Acoplamiento de los procesos físicos y bioquímicos del sistema y a su vez con las actividades humanas.



## CAPÍTULO 4

### Efectos del cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad.

*La evidencia proporcionada por las observaciones de los sistemas físicos y biológicos, muestra que los cambios regionales en el clima, en concreto los aumentos de las temperaturas, ya han afectado a esos sistemas en muchas partes del mundo. Se están acumulando numerosas evidencias sobre los efectos del cambio climático también en las sociedades humanas.*



**Figura 8.** Emplazamientos donde se llevan a cabo estudios sistemáticos de largo plazo que cumplen con los criterios más exigentes para la documentación de los impactos del cambio climático en los sistemas físicos y biológicos. Los datos sobre la hidrología, el retroceso de glaciares y hielo oceánico representan tendencias de décadas a siglos. Los datos de ecosistemas terrestres y marinos representan tendencias de al menos dos décadas. Los estudios mediante observación remota (teledetección) cubren zonas muy extensas.

## **El aumento de temperaturas ha afectado ya a sistemas físicos y biológicos en muchas zonas del mundo**

Los impactos son ya reconocibles en todo tipo de ambientes: acuáticos, terrestres y marinos. Entre ellos están: la reducción de los glaciares y del *permafrost*, la congelación tardía y deshielo temprano de ríos y lagos, el desplazamiento de ciertos hábitats a mayores alturas, el declive de poblaciones animales y vegetales o la alteración de los ciclos biológicos.

## **Incidencia del aumento de inundaciones y sequías sobre los sistemas humanos**

Aunque es difícil cuantificar el impacto relativo de los factores climáticos y socio-económicos, los datos señalan que ciertos sistemas sociales y económicos han sido ya afectados por una mayor frecuencia de fenómenos extremos.

## **Riesgos de los sistemas naturales**

Glaciares, arrecifes coralinos, atolones, manglares, bosques boreales y tropicales, ecosistemas polares y alpinos, zonas húmedas y praderas son ejemplos de sistemas naturales en riesgo por su especial vulnerabilidad y limitada capacidad de adaptación. El cambio climático incrementará el riesgo de extinción y la pérdida de biodiversidad.

## **Sensibilidad y vulnerabilidad de los sistemas humanos**

Los principales sistemas humanos sensibles incluyen: los recursos hídricos, la producción agrícola y forestal, las zonas costeras y pesquerías, los asentamientos humanos, los sectores y recursos de energía e industriales, los seguros y otros servicios financieros y la salud humana. La vulnerabilidad de los sistemas varía según la localización geográfica y las condiciones ambientales, sociales y económicas.

Los impactos previstos incluyen: una reducción general de la productividad agrícola en zonas tropicales y subtropicales, así como en la mayoría de las regiones de latitudes medias; la reducción de la disponibilidad de agua per cápita sobre todo en zonas subtropicales; un aumento de algunas enfermedades infecciosas y de la mortalidad por estrés de calor; el incremento de la demanda energética para climatización en verano.

Por el contrario, pueden producirse efectos positivos en ciertas zonas de latitudes medias y altas, que podrían experimentar incrementos de productividad agrícola y forestal y de la disponibilidad de agua, reducción de la mortalidad invernal y disminución de demanda energética para calefacción.

## **Consecuencias de los fenómenos climáticos extremos**

Las estimaciones prevén un incremento de la frecuencia y/o severidad de los fenómenos catastróficos (sequías, inundaciones, olas de calor, avalanchas y huracanes), cuyos efectos afectarán fundamentalmente a las regiones y los sectores más pobres. Por el contrario, disminuirán aquellos relacionados con los episodios de frío intenso.

## **Ámbitos de incertidumbre y de riesgo no cuantificado**

Los cambios climáticos previstos inducen nuevos procesos, de escala global y carácter irreversible, cuyo impacto no ha sido todavía evaluado. La alteración de las corrientes marinas o la reducción de los hielos son ejemplos de fenómenos con efectos aún no bien evaluados, a través de la retroalimentación (positiva o negativa) del calentamiento.

## **La adaptación como estrategia complementaria a la mitigación**

Aparte de los esfuerzos que se desarrollen para reducir las causas del cambio climático, los sistemas naturales y humanos tienen un cierto grado de adaptación autónoma a las alteraciones, que debe reforzarse con una adaptación planificada. Ello supone evitar decisiones basadas en consideraciones a corto plazo o información insuficiente, que ignoren la variabilidad climática o sobrestimen los mecanismos de seguridad.

## **Mayor vulnerabilidad de los grupos y países con menos recursos**

La adaptabilidad depende de factores como la riqueza, la tecnología, la información, las infraestructuras y las posibilidades de gestión. Los países menos desarrollados tienen menor capacidad adaptativa y son más vulnerables a los impactos del cambio climático. Se prevé un incremento de la brecha entre países ricos y pobres ya que en los más pobres, a los efectos derivados de la pérdida de vidas humanas, se sumarán los impactos sobre las inversiones productivas y la economía.

## **Posibilidad de reforzar la adaptación, el desarrollo sostenible y la equidad**

La necesidad de incluir los riesgos climáticos en el diseño y puesta en marcha de políticas de desarrollo puede abrir oportunidades para promover la equidad, disminuir la presión sobre los recursos naturales y fomentar una gestión sostenible.

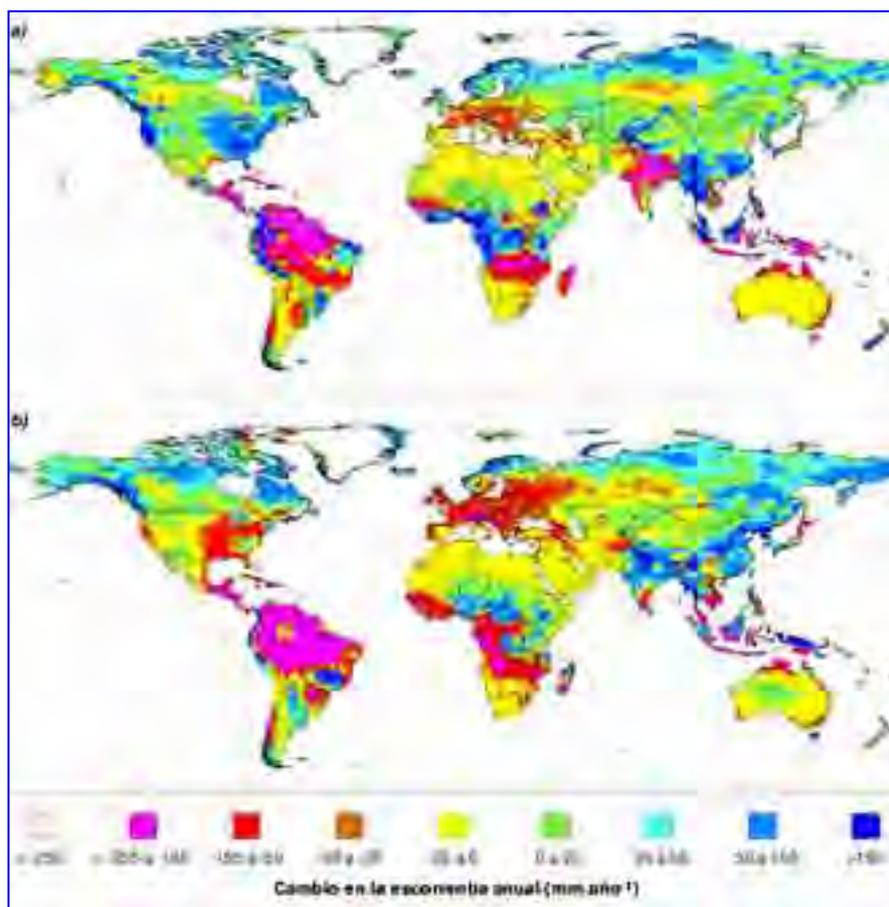
## **Sistemas naturales y humanos: Impactos y vulnerabilidad**

*Debido al fenómeno del cambio climático se prevén impactos significativos en aspectos tan dispares como las actividades agrícolas, la salud humana o ciertos sectores financieros, como el de los seguros. Los sistemas naturales también sufrirán alteraciones de importancia.*

## **Hidrología y recursos hídricos**

Los impactos sobre las aguas superficiales y subterráneas dependerán de las regiones consideradas, dentro de un contexto de alteración general de las precipitaciones. La precipitación media aumentará en latitudes altas y el sudeste asiático, y disminuirá en Asia central, área mediterránea, sur de África y Australia. Se producirán incrementos de la demanda de agua, sobre todo para irrigación, a la vez que en la frecuencia y magnitud de las inundaciones.

Serán especialmente vulnerables aquellos sistemas donde ya existe escasez de agua o donde se gestiona de manera ineficiente.



**Figura 9:** Cambios proyectados en las escorrentías para el año 2050, relativo al periodo 1961-1990. El patrón es básicamente el de los cambios en las precipitaciones. Para el cálculo se usa un modelo hidrológico alimentado por las proyecciones de dos versiones del modelo acoplado océano-atmósfera del Hadley Centre con un aumento anual del 1% de las concentraciones de CO<sub>2</sub> efectivo en la atmósfera. a) HadCM2 media del conjunto de simulaciones, b) HadCM3.

## Agricultura y seguridad alimentaria

La respuesta de la producción agrícola al cambio climático también será muy diversa. Los posibles beneficios de la mayor concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis y productividad parecen contrarrestarse por los efectos del calor y la sequía. Los estudios prevén impactos económicos sobre las poblaciones más vulnerables y mayor inseguridad alimentaria, especialmente en África.

## Ecosistemas terrestres y de aguas continentales

Los modelos prevén la alteración de muchos ecosistemas, con modificaciones importantes en la composición y dominancia de la vegetación. La distribución, tamaño, densidad y comportamiento de las poblaciones animales han sido y serán afectados, de forma directa por los cambios climáticos o indirectamente a través de cambios en la vegetación. Esta presión pueden provocar extinciones o enrarecimiento de especies.

## **Zonas costeras y ecosistemas marinos**

Los impactos sobre los océanos incluyen calentamiento superficial del agua, subida del nivel medio del mar, disminución de los hielos y cambios en la salinidad y en la circulación oceánica. La dinámica y abundancia de las poblaciones de peces y las especies y sociedades dependientes de ellas resultarán fuertemente afectadas. Muchas zonas costeras sufrirán erosión acelerada, inundaciones, intrusión marina en las fuentes de agua dulce y otras afecciones. Los efectos previstos sobre arrecifes coralinos, atolones, manglares, marismas e islas también son muy preocupantes.

## **Salud humana**

Se espera una extensión de enfermedades infecciosas. Las olas de calor y la contaminación del aire aumentarán los problemas de salud y la mortandad en las zonas urbanas. La incidencia de inundaciones incrementará las diarreas, enfermedades respiratorias, el hambre y la malnutrición.

## **Asentamientos humanos, energía e industria**

El riesgo más extendido afecta a asentamientos ribereños (por desbordamientos y corrimientos de tierra asociados a las precipitaciones intensas) y costeros (por elevación del nivel del mar). Las barriadas densamente pobladas o sin servicios adecuados son especialmente vulnerables. En zonas desarrolladas de latitudes altas, el deshielo del *permafrost* puede afectar a construcciones e infraestructuras.

Por otro lado, los asentamientos con baja diversificación productiva o dependientes de actividades sensibles al cambio climático son más vulnerables al impacto económico.

## **Seguros y otros servicios financieros**

Las pérdidas producidas por catástrofes y fenómenos meteorológicos extremos se han cuadruplicado en los últimos 40 años, mientras que la porción de las mismas debida a pagos de aseguradoras se multiplicó por 9. Parte de esta tendencia se debe a factores socio-económicos - urbanización en zonas vulnerables, aumento de población, etc.- y el resto a factores climáticos. El cambio climático supondrá mayores dificultades y costes para asegurar la cobertura de riesgos.

## **Distribución de la vulnerabilidad por zonas geográficas**

*La vulnerabilidad de las poblaciones humanas y los sistemas naturales es muy distinta según regiones y poblaciones, ya que la variación en cuanto a exposición a los impactos, características, recursos, instituciones y presiones a las que están sometidas, provocan diferencias de sensibilidad y capacidad de adaptación.*

Aunque es probable que todas las regiones experimenten efectos adversos, la vulnerabilidad se distribuye, a grandes rasgos, de este modo:

- Es máxima en los pequeños estados-islas y las áreas costeras bajas.
- Muy alta en las regiones menos desarrolladas dependientes de sectores climáticamente sensibles, como en África, Centroamérica, Sudamérica y Asia,

donde las oportunidades de adaptación a las inundaciones, sequías, inseguridad alimentaria, efectos sobre la salud y pérdida de biodiversidad son bajas.

- En Europa la vulnerabilidad es significativamente más alta en el sur y en la zona ártica que en el resto.
- Incluso en regiones con una alta capacidad de adaptación, como Norteamérica, Australia y Nueva Zelanda, hay comunidades vulnerables, como las indígenas, y la adaptabilidad de los ecosistemas es limitada.



**Figura 10:** Impactos o riesgos del cambio climático según la razón de preocupación. Cada fila corresponde a una razón de preocupación y la intensidad del sombreado en azul corresponde a la gravedad de los impactos o riesgos.

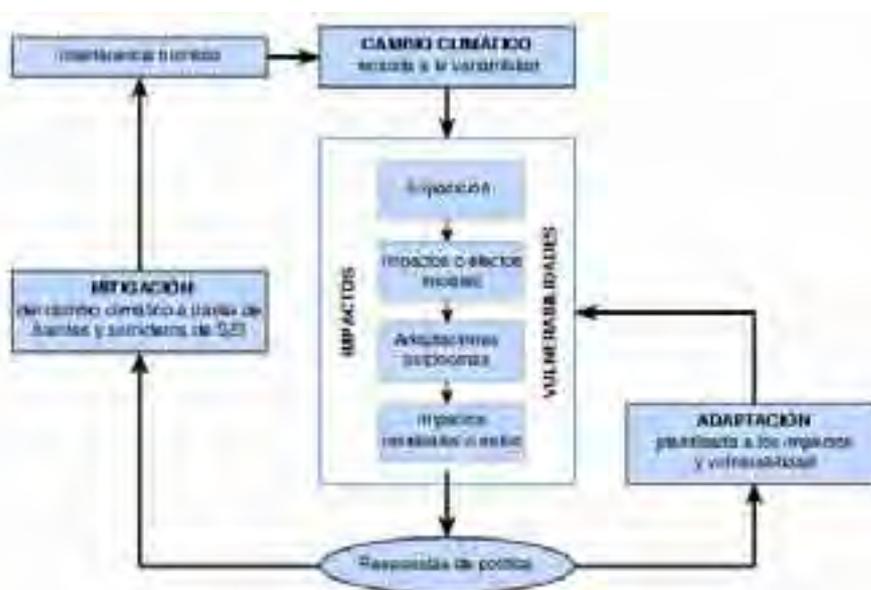
En cuanto a la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad en las regiones europeas, los principales puntos de preocupación son los siguientes:

- La escorrentía de los meses de verano, la disponibilidad de agua y la humedad del suelo disminuirán, probablemente, en el sur de Europa y aumentarán las diferencias entre el norte y el sur proclive a padecer sequías; probablemente habrá aumentos en invierno tanto en el norte como el sur de Europa.
- La mitad de los glaciares alpinos y grandes áreas de tundra desaparecerán, probablemente, para el final del siglo XXI.
- El riesgo de inundación por desbordamiento de ríos aumentará en la mayoría de las regiones (probabilidad media a alta); en las zonas costeras el riesgo de inundaciones, erosión y pérdida de zonas húmedas aumentará sustancialmente con repercusiones para los asentamientos humanos, la industria, el turismo, la agricultura y los hábitats costeros.
- Se producirá algún efecto positivo en la agricultura de las regiones del norte (confianza media); la productividad decrecerá en el sur y el este de Europa.
- Se producirá un desplazamiento hacia zonas más al norte y más altas de las zonas bióticas. La pérdida de importantes hábitats (humedales, tundra, hábitats aislados) amenazarán algunas especies (confianza alta).

- Las altas temperaturas y las olas de calor podrían cambiar los destinos tradicionales del turismo de verano y las condiciones menos fiables de la nieve podrían repercutir negativamente en el turismo de invierno (confianza media).

## Evaluación de impactos, vulnerabilidad y capacidad de adaptación

Desde el inicio de los trabajos del IPCC se han hecho considerables avances en la detección de cambios en los sistemas bióticos y físicos, así como en la mejora de la comprensión de los impactos, vulnerabilidad y capacidad de adaptación a los cambios climáticos. Estos avances indican la necesidad de reforzar las competencias en cuanto a recolección de datos, seguimiento y evaluación de la vulnerabilidad y la adaptabilidad, con el fin de diseñar estrategias de respuesta y adaptación. El reforzamiento de la coordinación internacional y la cooperación con los países en desarrollo es otro aspecto fundamental.



### Las principales conclusiones

- ❑ La pérdida de capacidad productiva agrícola en grandes zonas de Asia y África
- ❑ La disminución de las reservas hídricas en numerosas regiones
- ❑ El recrudecimiento de las sequías, en particular en el sur de Europa
- ❑ El aumento, en frecuencia e intensidad, de los fenómenos meteorológicos extremos, con importantes pérdidas en vidas humanas y económicas
- ❑ El incremento de fenómenos de erosión y salinización en áreas costeras
- ❑ El aumento y propagación de enfermedades infecciosas
- ❑ Los países en desarrollo tendrán mayores dificultades para implantar las medidas de adaptación al cambio climático



# CAPÍTULO 5

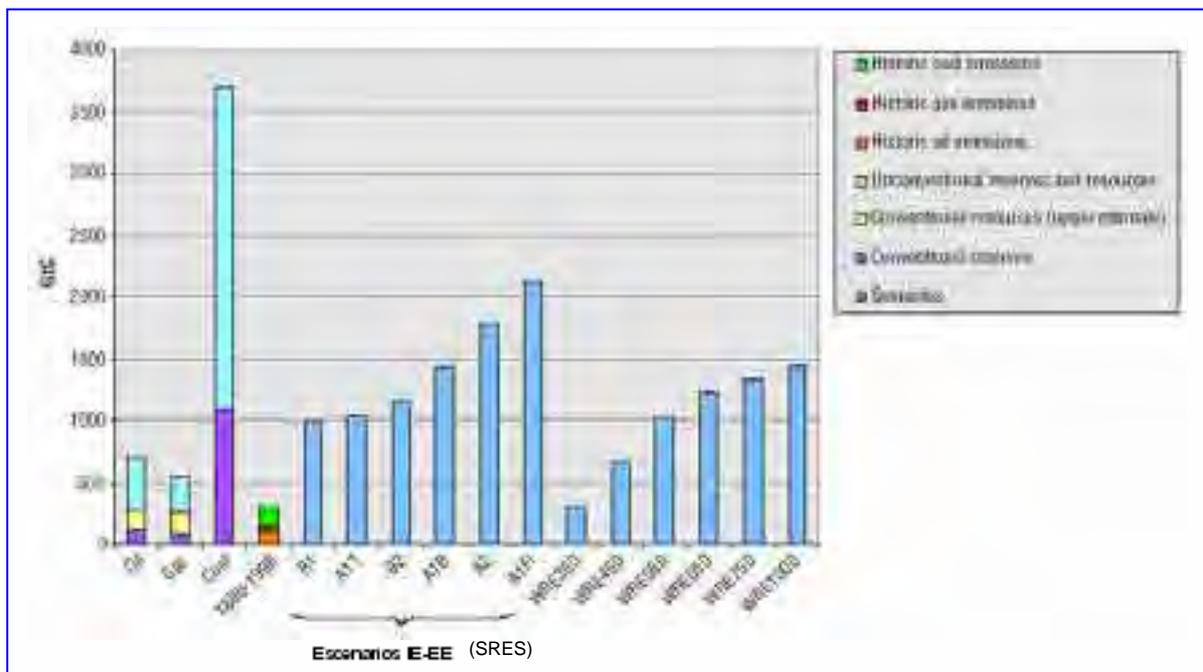
## Mitigación

### El reto de la mitigación

*El cambio climático es un problema con complejas interacciones entre procesos climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos. Desarrollar una respuesta ante el cambio climático supone tomar decisiones bajo la incertidumbre y el riesgo.*

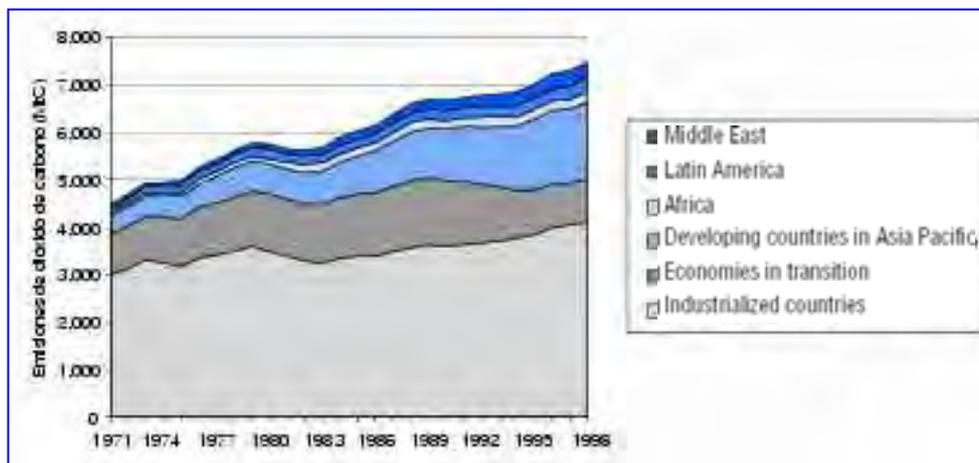
Modelos de desarrollo distintos dan como resultado emisiones de gases de efecto invernadero muy diferentes. Los escenarios de mitigación evaluados por el IPCC sugieren que el tipo, magnitud, calendario y costes de la mitigación dependen de las circunstancias socio-económicas nacionales, de las opciones tecnológicas y del nivel deseado de estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La reducción de emisiones depende de decisiones y cambios políticos en muchas áreas diferentes.

Las políticas de mitigación del cambio climático pueden ayudar a promover el desarrollo sostenible, siempre que sean consistentes con unos objetivos sociales más amplios. Algunas acciones pueden dar lugar a beneficios extensivos a campos como: la salud humana; el empleo; la protección de los bosques, los suelos y las aguas; la innovación tecnológica, entre otros.



**Figura 11:** Contenido de carbono en giga-toneladas en las reservas y recursos de petróleo, gas y carbón comparados emisiones históricas de combustibles fósiles en el periodo 1860-1998 y con las emisiones acumuladas de varios escenarios SRES y los escenarios de estabilización del TAR hasta el año 2100.

Las diferencias en la distribución de los recursos (tecnológicos, naturales y financieros) entre naciones y regiones, así como las diferencias en los costes, son cuestiones clave en el análisis de las opciones de mitigación, así como en el debate sobre la diferente contribución de los países. Los escenarios de estabilización de gases de efecto invernadero evaluados en el tercer informe del IPCC asumen que los países desarrollados y aquellos con economías en transición serán los primeros en limitar y reducir las emisiones.



**Figura 12:** Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> por regiones, 1971-1998.

## Opciones para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover los sumideros de CO<sub>2</sub>

*Desde la realización del segundo informe del IPCC, en 1995, se han producido progresos tecnológicos significativos y a una velocidad mayor de la que se anticipaba. Las posibilidades tecnológicas para reducir las emisiones son en la actualidad significativamente más amplias.*

Entre las novedades que mejoran la capacidad de respuesta humana ante el problema podemos citar la mejora de la eficiencia y la gestión energética, el cambio a los combustibles de biomasa y con bajo contenido en carbono, las energías renovables, las tecnologías de emisión cero, la reducción de subproductos industriales y el almacenamiento subterráneo de dióxido de carbono.

Además, la mitad de las reducciones (potenciales) de emisiones pueden ser alcanzadas, hacia el 2020, con unos beneficios directos - por ahorro energético - que superan los costes directos.

Los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de mitigación significativo. El "almacenamiento" del carbono por la vegetación de estas zonas puede dar tiempo, además, para que se desarrollen y pongan en marcha otras opciones. Este tipo de mitigación, que podemos llamar biológica, puede seguir tres estrategias: (a) la conservación de las reservas de carbono ya existentes, (b) la fijación de carbono por aumento de las mismas, y (c) la promoción de productos biológicos producidos de manera sostenible; por ejemplo, la madera, en vez de materiales de

construcción que requieren fuertes gastos energéticos en su elaboración, o la biomasa en lugar de algunos combustibles fósiles.

La mayoría de las previsiones indican que las opciones tecnológicas conocidas podrían conseguir un amplio margen de niveles de estabilización del CO<sub>2</sub> atmosférico, pero la puesta en marcha de las mismas requiere cambios socio-económicos e institucionales. La mejora y la transferencia de tecnologías juegan un papel crítico en este escenario.

Los cambios en las normas colectivas y en los comportamientos individuales pueden tener efectos significativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los modelos actuales incentivan la producción y el consumo intensivo de recursos, por ejemplo en los sectores de la construcción y el transporte, que a su vez aumentan la emisión de gases de efecto invernadero. Pero es posible, a través del aprendizaje social y los cambios en la estructura institucional, combinados con la innovación tecnológica, hacer contribuciones relevantes a la mitigación del cambio climático mediante una transformación hacia sistemas y hábitos sostenibles. Esta innovación frecuentemente encontrará resistencia, que puede afrontarse promoviendo una mayor participación social en los procesos de toma de decisiones.

## **Costes y beneficios de las acciones de mitigación**

*La estimación de los costes y beneficios de las acciones de mitigación es una labor compleja, ya que difiere según cómo se mida el bienestar o el enfoque y la metodología que se emplee en los estudios. En todo caso parece claro que algunas iniciativas pueden ser desarrolladas sin costes sociales significativos.*

Algunas oportunidades que pueden aprovecharse para lograr reducciones son las siguientes:

- La eliminación de las barreras institucionales o de mercado que dificultan la adopción de medidas de reducción de emisiones puede disminuir los costes actuales.
- Las medidas de mitigación del cambio climático tendrán además efectos secundarios beneficiosos en otros ámbitos sociales, como la mejora ambiental, la seguridad energética, las políticas de empleo o la salud humana. En muchos casos, la magnitud de dichos beneficios será comparable a los costes de las medidas de mitigación.
- Los instrumentos financieros, como el sistema de tasas e impuestos, pueden contribuir a aminorar los costes de la reducción de emisiones, a través del retorno económico que consiguen los Gobiernos por este medio.

## Costes estimados

Los estudios de coste-eficacia indican que los costes requeridos para estabilizar en el plazo de un siglo las concentraciones de CO<sub>2</sub> se incrementan a medida que los objetivos de estabilización son más ambiciosos. Mientras que suben de forma moderada entre 750 ppm y 550 ppm, crecen en mayor medida entre 550 ppm y 450 ppm, al menos que el escenario de emisiones del que se parta sea muy bajo.

Desbordamientos Políticas y medidas	Beneficios de los adelantos tecnológicos	Impactos sobre las industrias y precios de la industria de energía	Impactos sobre las industrias de gran consumo de energía	Transferencia de recursos a otros sectores
Políticas públicas de I y D  Política de "acceso al mercado" para nuevas tecnologías  Normas, subsidios acuerdos voluntarios	Aumento en la base de conocimientos científicos  Aumento de conocimientos y aprendizaje por experiencia  Nuevas normas de industrias y productos más limpios	Reducción de actividad en industrias c/combustible fósil. Precios internacionales más bajos, impactos negativos para los exportadores, positivos para los importadores, posibilidad de un "efecto de rebote"	Derrames de carbono, impactos posit. para la actividad, negativo para el ambiente en países receptores  Menos distorsiones en la competencia industrial	
Impuestos sobre el carbono  Eliminación subsidios a energía  Imp. s/carbono armonizados	Cambio técnico inducido por los precios y difusión de tecnología			
Comercio nacional de emisiones  Implementación conjunta, Mecanismo para un desarrollo limpio  Comercio internacional de emisiones			Distorsión en competencia si hay planes diferenciados (adquiridos vs. subastados)	Transferencia de tecnología  Beneficio neto con precio de permiso superior (no igual) al costo medio de reducción

**Cuadro 4.** Los *desbordamientos* de las estrategias nacionales de mitigación son los efectos que esas estrategias tienen en otros países. Estos efectos pueden ser positivos o negativos e incluyen efectos sobre el mercado, transferencia y difusión de tecnología ecológica y otros aspectos.

## Posibilidades y medios para la mitigación del cambio climático

*La puesta en práctica de las medidas para la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero requiere la superación de muchas barreras técnicas, políticas, culturales, económicas e institucionales, que son diferentes según los países y regiones. En muchos de ellos, la pobreza limita la capacidad de adoptar nuevas tecnologías o introducir cambios de comportamiento. En los países industrializados, en cambio, las oportunidades de futuro residen fundamentalmente en la eliminación de obstáculos sociales y culturales.*

Las respuestas nacionales al cambio climático pueden ser más efectivas si se despliega un abanico de instrumentos políticos para limitar o reducir las emisiones. Este abanico puede incluir, según las diferentes circunstancias: impuestos a las emisiones, acuerdos voluntarios, inversiones públicas, apoyo a la investigación,

exigencia de determinados estándares de eficiencia energética, el etiquetado ambiental, las campañas de información, entre muchos otros.

La efectividad de las políticas de mitigación del cambio climático puede reforzarse si se integran en políticas de desarrollo o en estrategias más amplias que planteen objetivos sociales más ambiciosos.

La acción coordinada entre países y sectores puede ayudar a reducir los costes y a afrontar asuntos como los conflictos con las normas del comercio internacional, con la competitividad o con los sumideros de carbono. Grupos de países que acuerden limitar su contribución conjunta al cambio climático pueden diseñar políticas e instrumentos internacionales, entre los que se encuentran: la transferencia de tecnología, la reducción coordinada de los subsidios a los combustibles fósiles, los acuerdos voluntarios con industrias o el comercio de emisiones.

La toma de decisiones sobre el cambio climático es un proceso secuencial que se desarrolla bajo una incertidumbre de fondo. Se requiere, pues, una estrategia de gestión de los riesgos prudente, lo cual implica una consideración cuidadosa de las consecuencias sociales y ambientales, de su probabilidad y de las actitudes sociales frente al riesgo.

La efectividad ambiental de los acuerdos internacionales está íntimamente ligada a la relación coste-eficacia de las políticas de clima y la equidad de los acuerdos. Cualquier régimen efectivo de acuerdos internacionales deberá promover tanto la eficiencia como su equidad.

## **Incertidumbres y nuevas investigaciones**

A pesar de los importantes avances logrados desde la publicación del anterior informe del IPCC en la comprensión de los aspectos científicos, técnicos, ambientales y socio-económicos de la mitigación del cambio climático, se requieren nuevas investigaciones que contribuyan a reducir las incertidumbres existentes. Las prioridades en este campo son:

- La exploración de los potenciales tecnológicos e innovación social en escalas regional, nacional y sectorial.
- El estudio de los temas económicos, sociales e institucionales relacionados con la mitigación del cambio climático.
- La puesta a punto de metodologías para el análisis del potencial de las distintas opciones de mitigación y sus costes.
- La evaluación de las opciones de mitigación climática en el contexto del desarrollo, la sostenibilidad y la equidad.