

The background of the cover is a composite image. The top half shows a satellite view of Earth from space, with swirling white clouds and deep blue oceans. The bottom half shows a large, bright, orange-red sun with a visible solar corona, set against a black background of space.

# El Clima en peligro

Una guía fácil del Cuarto Informe del IPCC

Esta es una publicación conjunta de GRID-Arendal y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

**PNUMA/Grid-Arendal**

Postboks 183, N-4802 Arendal, Noruega  
[www.grida.no](http://www.grida.no)

**Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)**

United Nations Avenue, P.O. Box 20552, Nairobi, Kenia  
[www.unep.org](http://www.unep.org)

**Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España (MARM)**

Plaza San Juan de la Cruz s/n – 28071 Madrid  
[www.marm.es](http://www.marm.es)

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente para fines educativos o sin ánimo de lucro sin necesidad de un permiso especial, siempre que se cite la fuente. PNUMA, MARM y GRID-Arendal agradecen el envío de una copia de cualquier material que utilice como fuente esta publicación. La venta de esta publicación o su uso comercial no están permitidos.

**Advertencia:** Las denominaciones empleadas y las presentaciones contenidas en esta publicación no presuponen o implican la expresión de opiniones por parte del PNUMA, GRID-Arendal o el MARM en relación con el estatus legal de países, territorios, ciudades o regiones o sus autoridades, o en relación a su delimitación, fronteras o límites. Las menciones a empresas comerciales o productos no implican su refrendo o promoción. Lamentamos cualquier error u omisión que pueda haberse dado inadvertidamente. En todo caso, los puntos de vista expresados en esta publicación no reflejan necesariamente las decisiones o políticas del PNUMA, de GRID-Arendal o del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.



# El clima en peligro

## Una guía fácil del Cuarto Informe del IPCC

Esta guía trata de permanecer fiel al sentido del trabajo del IPCC y al Documento de Síntesis de su Cuarto Informe de Evaluación “*Cambio Climático 2007*”, a la vez que simplifica el lenguaje y la estructura. La responsabilidad total sobre la rigurosidad del contenido de esta guía corresponde a sus editores. En todo caso, los lectores deben considerar, tal y como recuerda el IPCC, que “si bien el Documento de Síntesis es un material con entidad propia, necesita ser visto en el contexto de los otros volúmenes del informe “*Cambio Climático 2007*” y se recomienda consultar las aportaciones de los tres Grupos de Trabajo, publicados en los volúmenes “Cambio Climático 2007 – Las Bases Científicas”; “Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad” y “Mitigación del Cambio Climático”, así como el propio “Documento de Síntesis”.

- 6 Resultados concluyentes y principales incertidumbres**
- 8 Cambios actuales, causas e impactos observados**
- 14 Las causas del cambio**
- 24 El cambio climático proyectado y sus impactos**
- 41 Adaptación y mitigación**
- 54 Desarrollo sostenible, protección ambiental y cambio climático**
- 55 Impactos, riesgos y vulnerabilidad: perspectivas a largo plazo**

### Texto

Alex Kirby

### Equipo editorial GRID-Arendal / Zoë Environment Network

Christina Stuhlberger  
Claudia Heberlein

### Experto Senior y promotor de la publicación

Svein Tveitdal, Klima 2020

### Cartografía

Viktor Novikov, GRID-Arendal/Zoë Environment Network  
Matthias Beilstein

### Diseño

GRID-Arendal

### Edición en español

### Traducción y edición: CENEAM–OAPN

María Sintés  
Francisco Heras

### Maquetación

Pedro Llorente – INATUR Sierra Norte

### Revisión científica: Oficina Española de Cambio Climático

José Ramón Picatoste  
Alfonso Gutiérrez  
Helena Fabra  
María José Fernández

# Presentación

En el año 2007 vio la luz el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (conocido por sus siglas inglesas, IPCC). Este Cuarto Informe constituye un valioso trabajo y la más completa revisión e interpretación de la información científica existente sobre el cambio climático hasta el momento, para ponerla a disposición de gobiernos y sociedades de todo el mundo.

El papel de los científicos en la lucha contra el cambio climático difícilmente puede exagerarse. Fue la comunidad científica la primera que identificó el problema y dio la voz de alerta sobre sus potenciales consecuencias. Y, en los últimos años, miles de científicos han desarrollado un formidable esfuerzo colectivo para desentrañar el fenómeno, identificar y proyectar sus impactos y analizar las posibles respuestas que permitan limitar sus efectos sobre los sistemas naturales y las sociedades humanas.

Pero los hallazgos resultantes de este ingente esfuerzo científico deben ser trasladados a la sociedad, para que ésta, en su conjunto, pueda reconocer la amenaza y contribuir a evitarla. El propósito de esta pequeña guía es precisamente éste: contribuir a tender puentes entre ciencia y sociedad, facilitando información relevante que ayude a valorar adecuadamente el desafío del cambio climático y la importancia de generar respuestas eficaces para combatirlo.

Agradecemos profundamente a Grid-Arendal la iniciativa de producir este material, así como las facilidades dadas para preparar la versión en castellano del mismo.

Teresa Ribera  
Secretaria de Estado de Cambio Climático del  
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Madrid, octubre de 2009

## Cómo utilizar esta guía

Esta guía trata de presentar los principales contenidos del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC a modo de una narración. Para ello nos hemos tomado la libertad de resumir o destacar elementos específicos del informe, ilustrando los textos con gráficos complementarios. Cuando los datos utilizados no son los propios del IPCC, las fuentes aparecen siempre citadas. La guía abarca los seis temas clave incluidos en el “Resumen para responsables de políticas”, aunque el orden en el que se presentan difiere del utilizado en la publicación del IPCC.

Aunque la guía está pensada para personas sin especiales conocimientos sobre la materia, se emplean de forma inevitable algunos términos científicos. Al final de la guía, el lector encontrará un pequeño glosario en el que se definen algunos de ellos.

En sus informes de evaluación, el IPCC utiliza determinados términos con un significado muy preciso. A modo de ejemplo, diremos que cuando el IPCC habla de que algo es “muy probable” se refiere a una probabilidad de más del 90%, mientras que algo “probable” alude a porcentajes de probabilidad de más del 66%. Con el objeto de simplificar el lenguaje, en general dicha terminología no ha sido empleada en la guía, salvo escasas excepciones. El IPCC también emplea a menudo las palabras “acuerdo” o “evidencia”, que se refieren siempre a acuerdos o evidencias dentro de la literatura científica.

# Introducción

En 2007, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático publicó su Cuarto Informe de Evaluación (continuación de sus informes anteriores de 1990, 1995 y 2001). El informe –AR4 en abreviatura- consta de cuatro volúmenes, publicados bajo el título de *Cambio Climático 2007*. Se dedicó un volumen a cada uno de los tres Grupos de Trabajo del IPCC:

**Grupo de Trabajo I** (GT I) valora los aspectos físico-científicos del sistema climático y del cambio climático;

**Grupo de Trabajo II** (GT II) valora la vulnerabilidad de los sistemas socio-económicos y naturales al cambio climático, los impactos negativos y positivos, y las opciones para adaptarse a ellos;

**Grupo de Trabajo III** (GT III) valora las opciones para la mitigación del cambio climático a través de la limitación o la prevención de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como de la puesta en marcha de iniciativas para extraerlos de la atmósfera.

El cuarto volumen que completa el AR4 es el *Documento de Síntesis*. Resume las conclusiones de los otros tres y se orienta específicamente a los temas que conciernen a los responsables políticos, apoyándose también en otros informes del IPCC. Su ámbito temático se estructura en torno a seis cuestiones principales:

1. Cambios observados en el clima y los efectos de cambios pasados
2. Causas naturales y humanas del cambio climático y su relación con los cambios observados
3. Cambio climático proyectado para el futuro y sus impactos

4. Opciones para adaptarse al cambio climático y para mitigarlo; qué respuestas son posibles para 2030

5. La perspectiva a largo plazo; rapidez e intensidad de la reducción de gases de efecto invernadero necesaria para limitar el aumento global de las temperaturas a un cierto nivel; por qué está creciendo la preocupación sobre el clima

6. Resultados concluyentes e incertidumbres clave

El IPCC es una entidad científica intergubernamental creada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988. Se constituyó para proporcionar una fuente objetiva de información a los responsables políticos y otros interesados en el cambio climático. El IPCC no dirige ninguna investigación. Su papel es valorar, de un modo exhaustivo, objetivo y transparente, la más reciente literatura científica, técnica y socio-económica que sea relevante para la comprensión del riesgo del cambio climático inducido por la acción humana, de sus impactos observados y proyectados, así como de las opciones para la adaptación y la mitigación de sus efectos. Los informes del IPCC deben ser políticamente neutrales, aunque necesitan abordar de forma objetiva aspectos científicos, técnicos y socio-económicos que son políticamente relevantes. Deben tratar de reflejar un gran abanico de puntos de vista, de conocimientos y de datos procedentes de una extensa cobertura geográfica. El IPCC continúa siendo la principal fuente de información para las negociaciones de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

# Resultados concluyentes y principales incertidumbres

## Resultados concluyentes

### Cambios observados en el clima, sus efectos y sus causas

- ➔ El calentamiento es inequívoco, como demuestran observaciones tales como:
  - aumento de las temperaturas medias del aire y del mar y elevación del nivel medio del mar
  - fusión generalizada de la nieve y el hielo
- ➔ Los cambios observados en muchos sistemas biológicos y físicos son consistentes con el calentamiento:
  - muchos sistemas naturales en todos los continentes y océanos están afectados
- ➔ Entre 1970 y 2004, las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado un 70%, en términos de su potencial de calentamiento global.
- ➔ Las concentraciones de metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son ahora mucho más altas respecto a lo que fueron sus medias habituales durante muchos miles de años antes de la industrialización (1750).
- ➔ Es "muy probable" que la mayor parte del calentamiento producido durante los últimos 50 años esté causada por los incrementos de los gases de efecto invernadero antropogénicos.

### Causas y proyecciones de los futuros cambios climáticos y sus impactos

- ➔ Las emisiones globales de GEI –gases de efecto invernadero- continuarán creciendo durante décadas a menos que se pongan en marcha nuevas políticas para reducir el cambio climático y para promover un desarrollo sostenible.
- ➔ Se prevé un calentamiento de aproximadamente 0,2°C por década durante las próximas dos décadas (para diversos escenarios del IPCC).
- ➔ Los cambios en el presente siglo serán mayores que en el siglo XX "muy probablemente".
- ➔ El calentamiento será mayor en la tierra que en el mar, y en las latitudes altas del hemisferio norte.
- ➔ Cuanto más se calienta el planeta, menos CO<sub>2</sub> puede absorber de forma natural.
- ➔ El calentamiento y la elevación de los niveles del mar continuarán durante siglos, incluso aunque las emisiones de GEI se reduzcan y las concentraciones se estabilicen, debido a las retroalimentaciones y el retardo temporal entre causa y efecto.
- ➔ Si las concentraciones de GEI en la atmósfera se doblan, respecto a los niveles pre-industriales, es "muy probable" que el aumento de las temperaturas medias globales sea superior a 1,5°C en comparación con dicho período.

### Respuestas al cambio climático

- ➔ Se está produciendo ya una cierta adaptación planificada al cambio climático, pero es necesario hacer mucho más para reducir la vulnerabilidad.
- ➔ A largo plazo, un cambio climático no mitigado excederá "probablemente" la capacidad de adaptación de las personas y de los sistemas naturales.
- ➔ Muchas tecnologías para mitigar el cambio climático están ya disponibles o probablemente lo estarán hacia 2030. Pero se necesitan incentivos e investigación para mejorar su efectividad y reducir su coste.
- ➔ El potencial económico de la mitigación, a costes desde menos de cero a 100 \$USA por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, es suficiente para compensar el crecimiento previsto de emisiones globales o reducirlas por debajo de sus niveles actuales para 2030.
- ➔ Una mitigación temprana permite ganar tiempo para estabilizar las emisiones y reducir, retrasar o evitar sus impactos. El desarrollo sostenible y una adecuada política en sectores aparentemente no ligados al clima ayudan a estabilizar las emisiones. La reducción tardía de las emisiones aumenta el riesgo de impactos más severos del cambio climático.

## Principales incertidumbres

- ➔ Cobertura limitada de datos climáticos en algunas regiones.
- ➔ Analizar y monitorizar tendencias en los eventos extremos, como sequías, ciclones tropicales, temperaturas extremas y precipitaciones intensas (lluvia, aguanieve y nieve), es difícil porque para ello se requieren registros muy largos y detallados.
- ➔ Es difícil determinar los efectos del cambio climático sobre las personas y sobre algunos sistemas naturales, en primer lugar porque pueden adaptarse a los cambios y además porque otras causas interconectadas también pueden estar ejerciendo influencia.
- ➔ A escalas inferiores a la continental, es difícil identificar con seguridad los factores que están influyendo en las temperaturas observadas ya que la contaminación y los cambios en el uso de la tierra, por ejemplo, pueden tener incidencia.
- ➔ Todavía existe incertidumbre acerca de la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> debida a los cambios en el uso de la tierra y acerca de la proporción de emisiones de metano procedentes de fuentes individuales.

### Cambios observados en el clima, sus efectos y sus causas

- ➔ Hay incertidumbre acerca de cuánto calentamiento resultará a largo plazo de un determinado nivel de concentraciones de GEI.
- ➔ Hay incertidumbre acerca del grado –y ritmo– de reducción de emisiones que será necesario para asegurar un nivel específico de concentraciones de GEI.
- ➔ Las estimaciones varían ampliamente por la existencia de incertidumbres en relación con los impactos de los aerosoles y la importancia de ciertas retroalimentaciones, en particular las relacionadas con la generación de nubes, la absorción de calor por los océanos y el ciclo del carbono.
- ➔ Los posibles cambios futuros en las placas de hielo de Groenlandia y el Ártico constituyen una importante fuente de incertidumbre a la hora de estimar la futura elevación de los niveles del mar.
- ➔ Las proyecciones de los impactos del cambio climático más allá del 2050 son muy diversas en función de diferentes escenarios y modelos.

### Causas y proyecciones de los futuros cambios climáticos y sus impactos

- ➔ Existe una comprensión limitada sobre cómo los planificadores del desarrollo deben introducir el factor clima en sus decisiones.
- ➔ Los pasos para una adaptación efectiva son muy específicos dependiendo de las diferentes circunstancias políticas, financieras y geográficas, por lo que es difícil valorar sus limitaciones y sus costes.
- ➔ La estimación de los costes y potenciales de mitigación depende de las asunciones que se hagan previamente sobre crecimiento socio-económico futuro, cambios tecnológicos y patrones de consumo.
- ➔ No se sabe lo suficiente sobre cómo afectarán a las emisiones las políticas no relacionadas con el clima.

### Respuestas al cambio climático

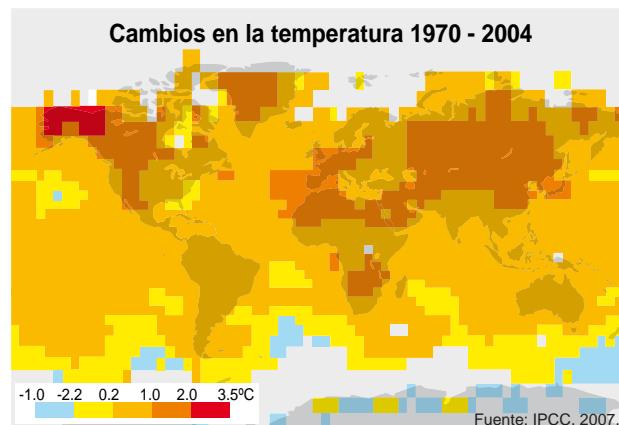
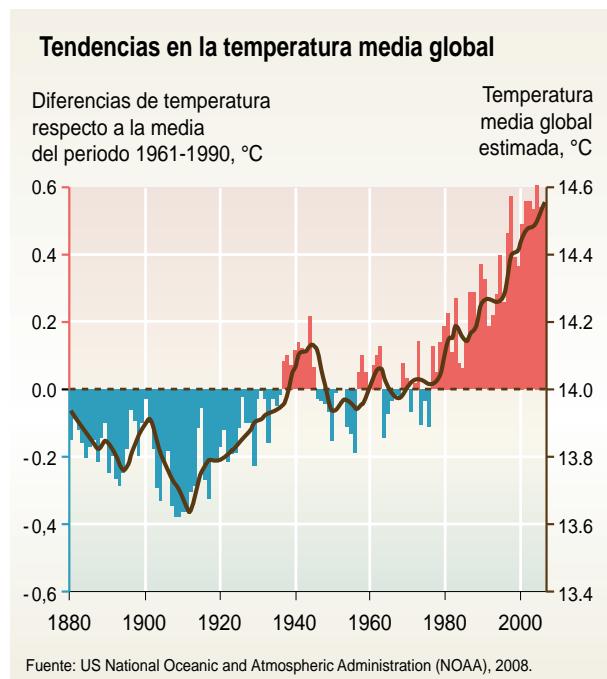
# Cambios actuales, causas e impactos observados

## Cambios observados en el clima y sus efectos

El calentamiento del sistema climático está más allá de discusión, como muestran las observaciones de incrementos de las temperaturas medias globales del aire y los océanos, el fusión generalizada de la nieve y el hielo, y el ascenso global del nivel medio del mar. A continuación, se describen e ilustran algunos de los cambios más llamativos que ya están teniendo lugar.

### Aumento de la temperatura

Once de los doce años del periodo 1995-2006 –previo a la publicación del Cuarto Informe del IPCC– están entre los 12 más cálidos desde que comenzaron los registros de temperatura en 1850. El calentamiento global durante el pasado siglo (1901-2000) se estimó en 0,6°C en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2001; en los últimos 100 años, hasta la elaboración del Cuarto Informe (1906-2005) la cifra ha aumentado a 0,74°C. El incremento de la temperatura es generalizado en el mundo pero es más marcado en las regiones árticas. El calentamiento ha sido detectado en la superficie de la Tierra y en la atmósfera, así como en los primeros cientos de metros de profundidad de los océanos. Las zonas terrestres se han calentado más rápidamente que los mares.



Las temperaturas medias del Hemisferio Norte, después de 1950, han sido más altas que en ningún otro periodo de 50 años durante los últimos 500 años. Estas temperaturas crecientes influyen inevitablemente sobre un amplio conjunto de fenómenos naturales que, hasta ahora, no han sido tomados en consideración.

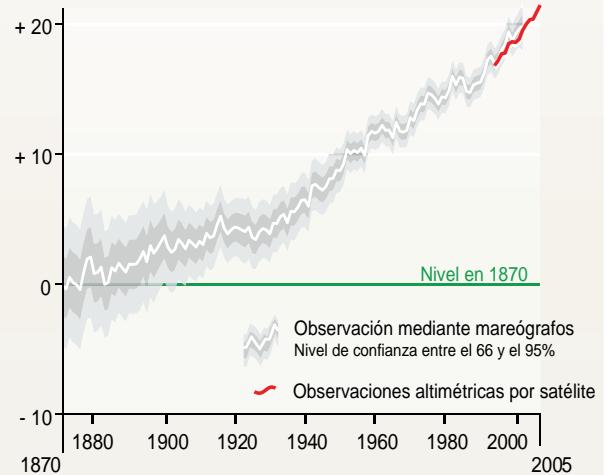
Las evidencias de un mundo más cálido incluyen: periodos más cortos de congelación del hielo de lagos y ríos, disminución de la extensión del permafrost, y temperaturas del suelo en aumento. Pero los principales cambios observados científicamente, y percibidos cada vez más por la gente en todo el mundo, se resumen en los párrafos siguientes.

## Aumento del nivel del mar

Los niveles del mar en todo el planeta se han elevado de un modo consistente con el calentamiento, a una media de 1,8 milímetros por año desde 1961 y a 3,1 milímetros por año desde 1993. Los científicos no están seguros de si el incremento mayor observado en esta última década se debe a una variación puntual o si se trata de una tendencia

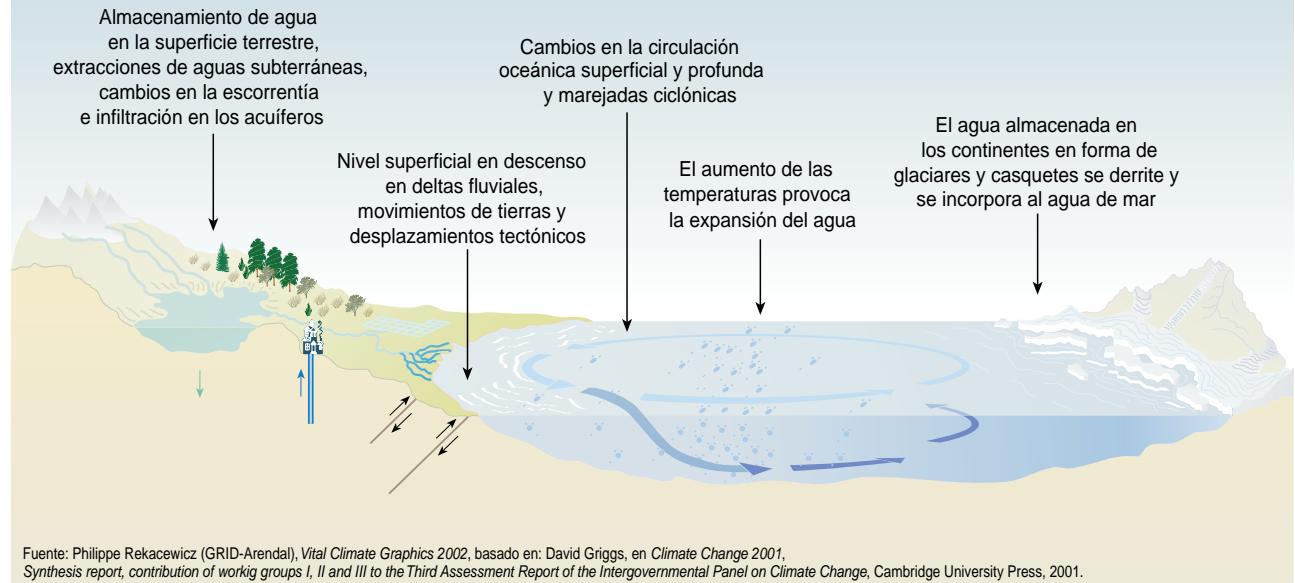
## Nivel medio global del mar

Cambio del nivel medio en centímetros



Fuente: Hugo Alhenius, GRID Arendal, 2008, actualizado a partir de Church y White, 2006

## ¿Por qué cambia el nivel del mar?



Fuente: Philippe Rekacewicz (GRID-Arendal), *Vital Climate Graphics 2002*, basado en: David Griggs, en *Climate Change 2001, Synthesis report, contribution of working groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2001.

a largo plazo. La elevación durante el siglo XX alcanzó los 17 centímetros. La expansión del agua, a medida que se calienta, y el deshielo de los glaciares, los casquetes y las capas de hielo polar están contribuyendo a este aumento de forma conjunta.

## Fusión de la nieve y el hielo

La reducción de la extensión de nieve y hielo también es consistente con el calentamiento. Los datos de satélite registrados desde 1978 muestran que la extensión media anual del hielo en el Ártico ha caído un 2,7% cada década, con disminuciones mayores en verano. Los glaciares de montaña y la cobertura media de nieve se han reducido en ambos hemisferios.

## Eventos meteorológicos extremos

Desde 1900 a 2005, las precipitaciones (lluvia, aguanieve y nieve) aumentaron significativamente en zonas de América del Norte y Sur, norte de Europa y norte y centro de Asia, pero disminuyeron en el Sahel, el Mediterráneo, sur de África y zonas del sur de Asia. El IPCC concluye que es “probable” que el área global afectada por la sequía haya aumentado desde los años 70.

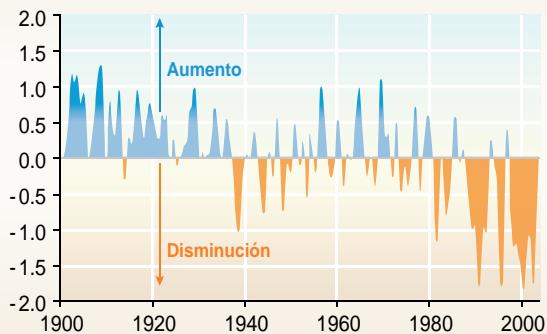
En los pasados 50 años, los días y noches fríos y las heladas se han hecho menos frecuentes en la mayoría de áreas terrestres, mientras que han aumentado los días y noches cálidos. El IPCC considera “probable” que las olas de calor se hayan hecho más comunes en la mayor parte de zonas terrestres, que los eventos de fuertes



## Disminución del permafrost

Desviación en la extensión de suelo helado en el hemisferio norte

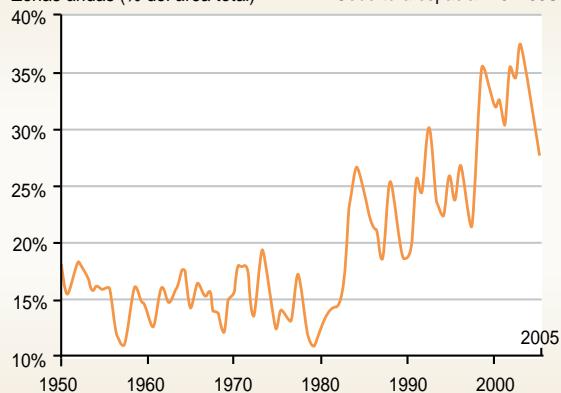
Millones de kilómetros cuadrados



Fuente: IPCC, 2007.

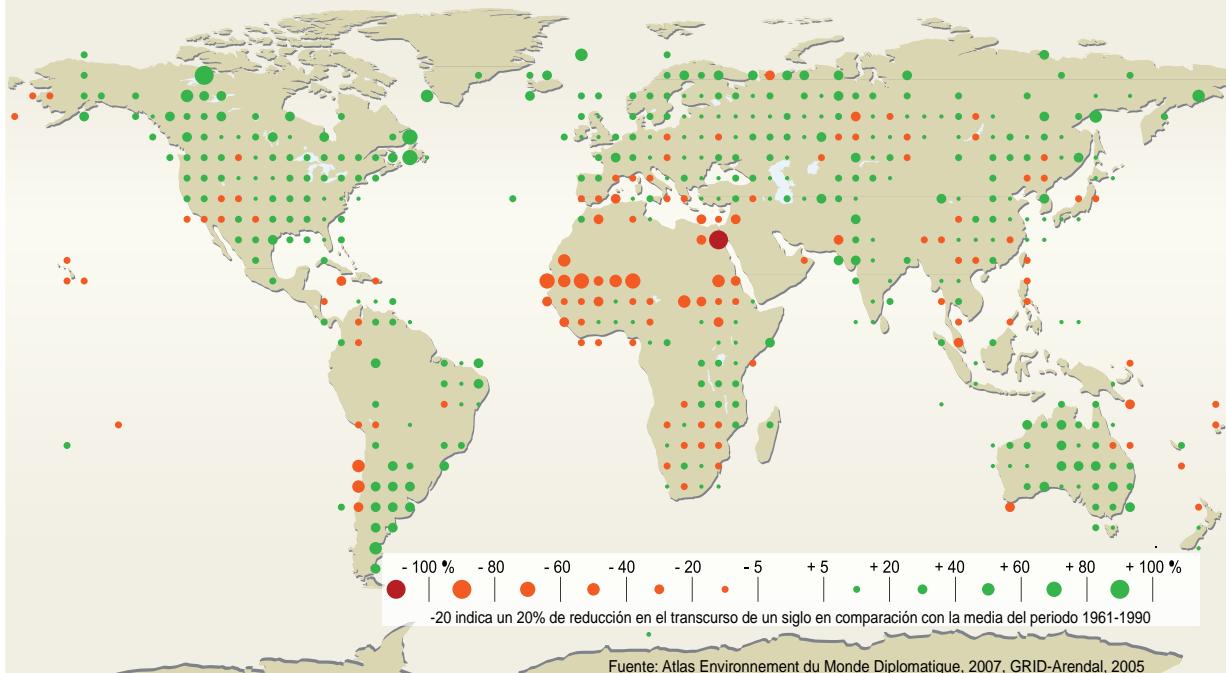
## Incremento global de las zonas áridas

Zonas áridas (% del área total) Cobertura espacial: 75N-60S



Fuente: IPCC, 2007.

## Cambios en la precipitación anual entre 1901 y 2004



Fuente: Atlas Environnement du Monde Diplomatique, 2007, GRID-Arendal, 2005

precipitaciones (tormentas, por ejemplo) hayan aumentado en la mayoría de las áreas y que, desde 1975, las subidas extremas del nivel del mar hayan aumentado en todo el mundo – al margen del aumento de los niveles medios-.

El gráfico inferior muestra que mientras los desastres naturales registrados han aumentado globalmente, parte de este incremento puede ser atribuible a la mejora de las comunicaciones; muchos de los desastres que ocurrían antiguamente pasaban inadvertidos para la mayoría de la población. Pero la distinción entre desastres dependientes

del clima, como ciclones tropicales, y otros no influidos por el clima, como los terremotos, indica una clara diferencia de tendencia: mientras que la frecuencia de terremotos presenta una pequeña variabilidad, las inundaciones y ciclones han ocurrido más frecuentemente en los últimos 30 años. Con todo, si bien los ciclones tropicales intensos han aumentado desde aproximadamente 1970, la alta variabilidad registrada durante estas décadas y la falta de una observación sistemática de alta calidad - previa

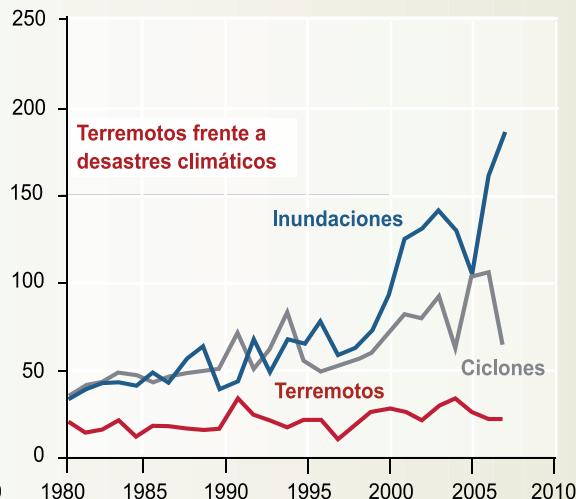
Número de desastres al año



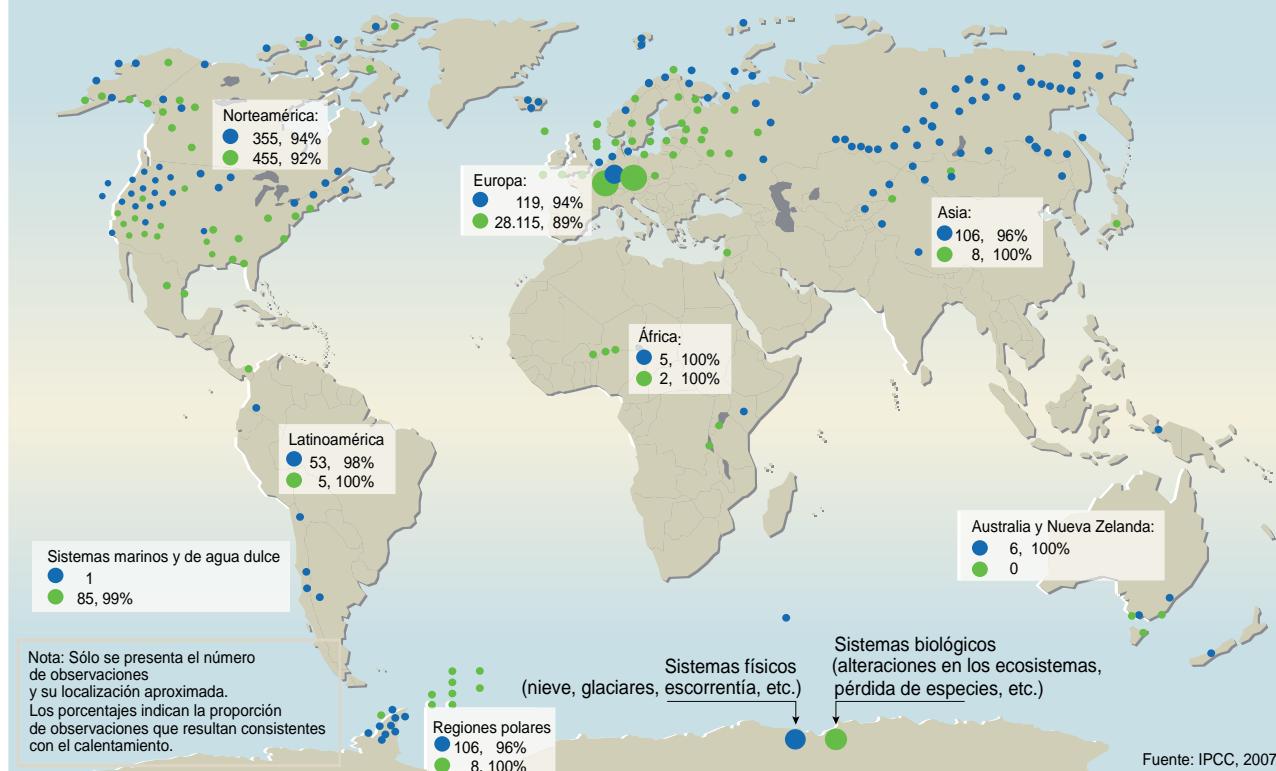
Fuente: CRED Annual Disaster Statistical Review 2006, 2007.

### Tendencias en el número de desastres registrado

En buena medida el incremento en el número de desastres comunicados se debe probablemente a las significativas mejoras en materia de acceso a la información y también al crecimiento poblacional. Pero, al margen de esto, el número de inundaciones y ciclones registrado está sin duda aumentando, y esto se demuestra al compararlo con el de terremotos. ¿Está afectando el calentamiento global a la frecuencia con que ocurren los desastres naturales?



## Cambios relativos a sistemas físicos y biológicos comunicados entre 1970 y 2004



a las observaciones de satélite - hacen difícil detectar tendencias de largo plazo.

### Sistemas naturales afectados

Las observaciones en todo el mundo muestran que muchos sistemas naturales están siendo afectados por cambios climáticos regionales, especialmente por los aumentos de temperatura.

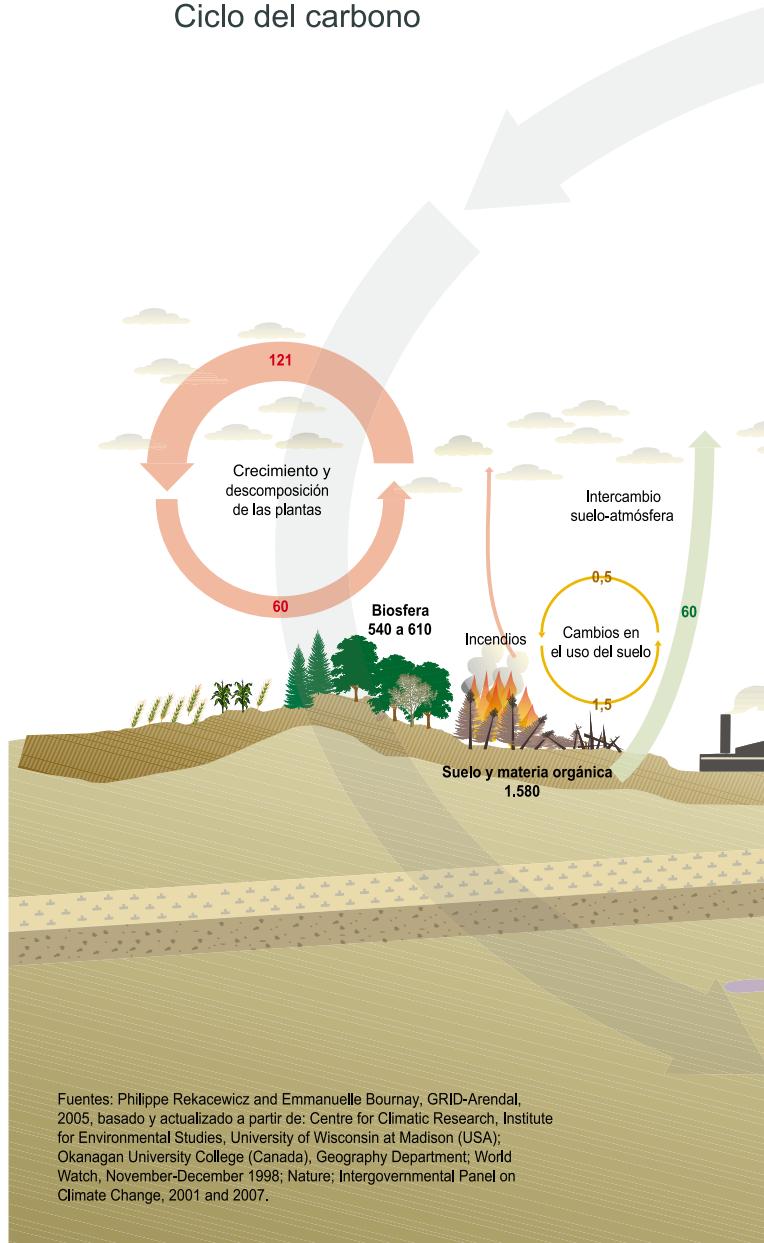
Además, se están detectando otras consecuencias de los cambios climáticos regionales, sobre las personas y los ecosistemas, distintas de las ya descritas. Son efectos

que se manifiestan en ámbitos muy diferentes, desde el adelanto en la plantación de cultivos primaverales a los cambios en la distribución de los pólenes alérgicos en el Hemisferio Norte, los cambios en la extensión de las áreas afectadas por enfermedades infecciosas o en las actividades que dependen, por ejemplo, de la nieve o el hielo, tales como los deportes de montaña. Se trata de efectos frecuentemente difíciles de identificar, debido a los procesos de adaptación al cambio climático ya en marcha y a que pueden estar actuando también otros factores que no guardan relación con el clima.

# Las causas del cambio

Hoy por hoy, apenas quedan dudas de que la mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias globales desde mediados del siglo XX se debe al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de las actividades humanas. Es “probable” que se haya producido un significativo calentamiento de origen antrópico durante los últimos 50 años, que afecta a todos los continentes excepto la Antártida. Durante este periodo, el efecto combinado de las variaciones naturales de la radiación solar y de las erupciones volcánicas debería haber provocado temperaturas más bajas, no más altas. De hecho, en la atmósfera se ha producido un efecto refrescante debido a los aerosoles. Algunos de ellos son de origen natural -por ejemplo las erupciones volcánicas- y otros son producto de la actividad humana -principalmente emisiones de sulfato, carbón orgánico, hollín atmosférico, nitrato y polvo-. Estos aerosoles reflejan parte de los rayos del Sol, devolviéndolos al espacio, o bien absorben la radiación, evitando en ambos casos que alcancen la superficie de la Tierra.

## Ciclo del carbono

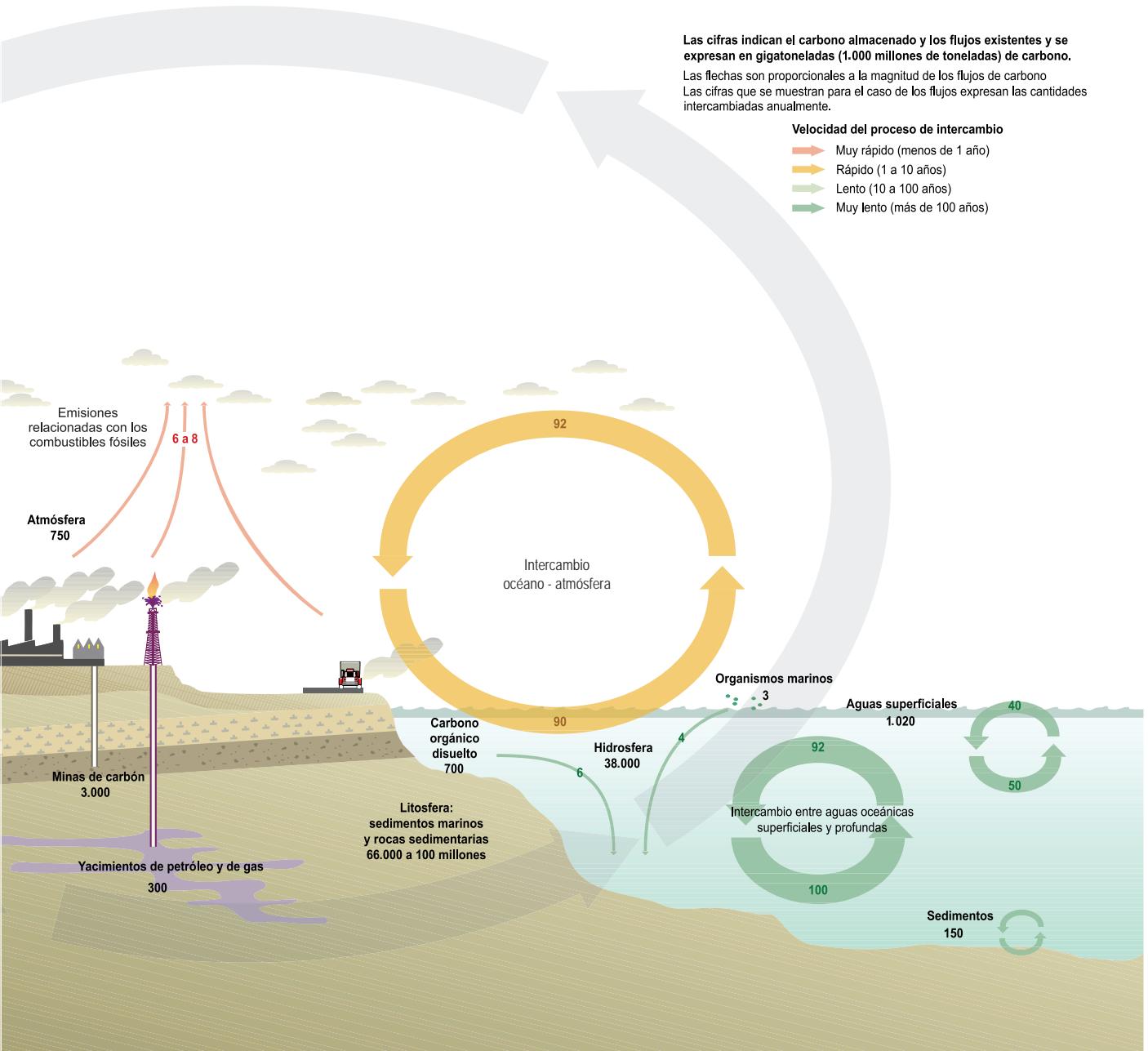


Las cifras indican el carbono almacenado y los flujos existentes y se expresan en gigatoneladas (1.000 millones de toneladas) de carbono.

Las flechas son proporcionales a la magnitud de los flujos de carbono  
Las cifras que se muestran para el caso de los flujos expresan las cantidades intercambiadas anualmente.

**Velocidad del proceso de intercambio**

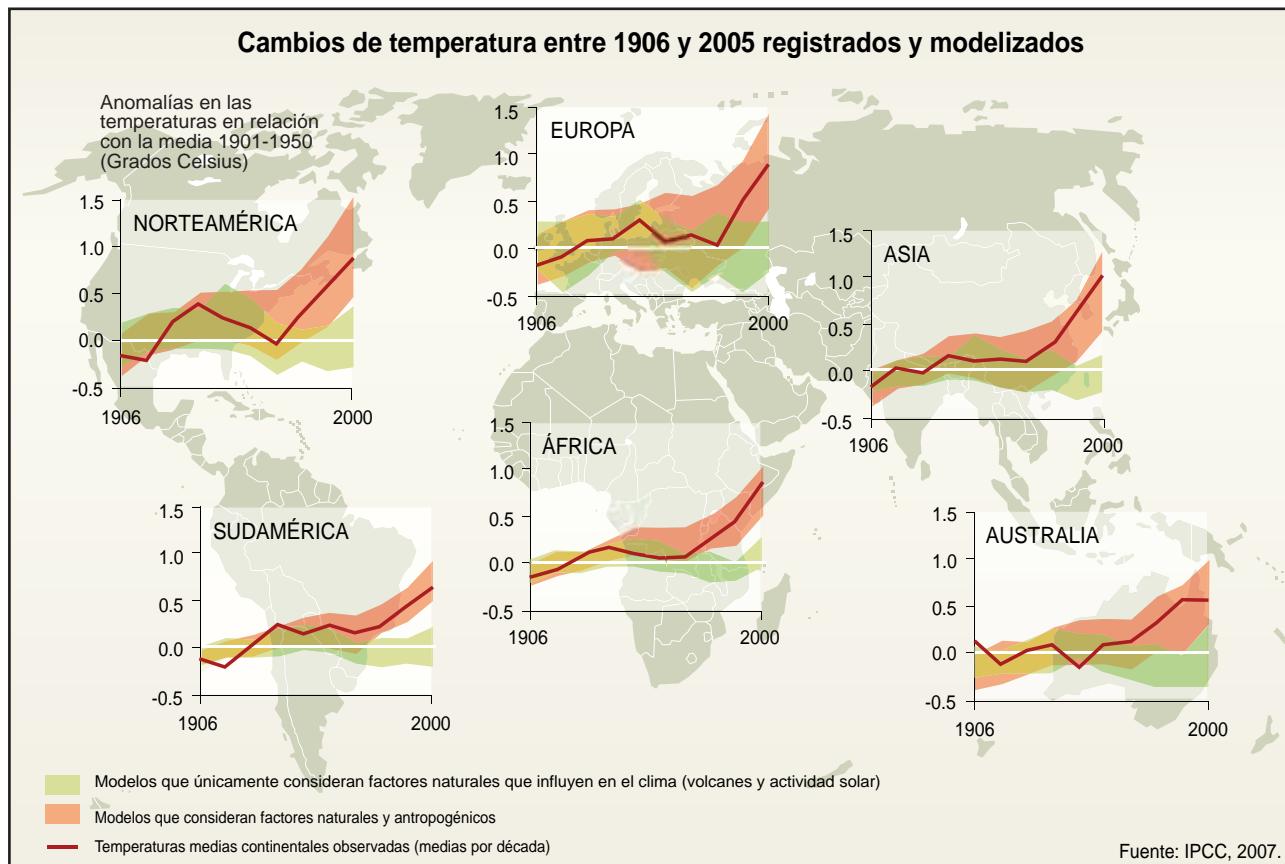
-  Muy rápido (menos de 1 año)
-  Rápido (1 a 10 años)
-  Lento (10 a 100 años)
-  Muy lento (más de 100 años)



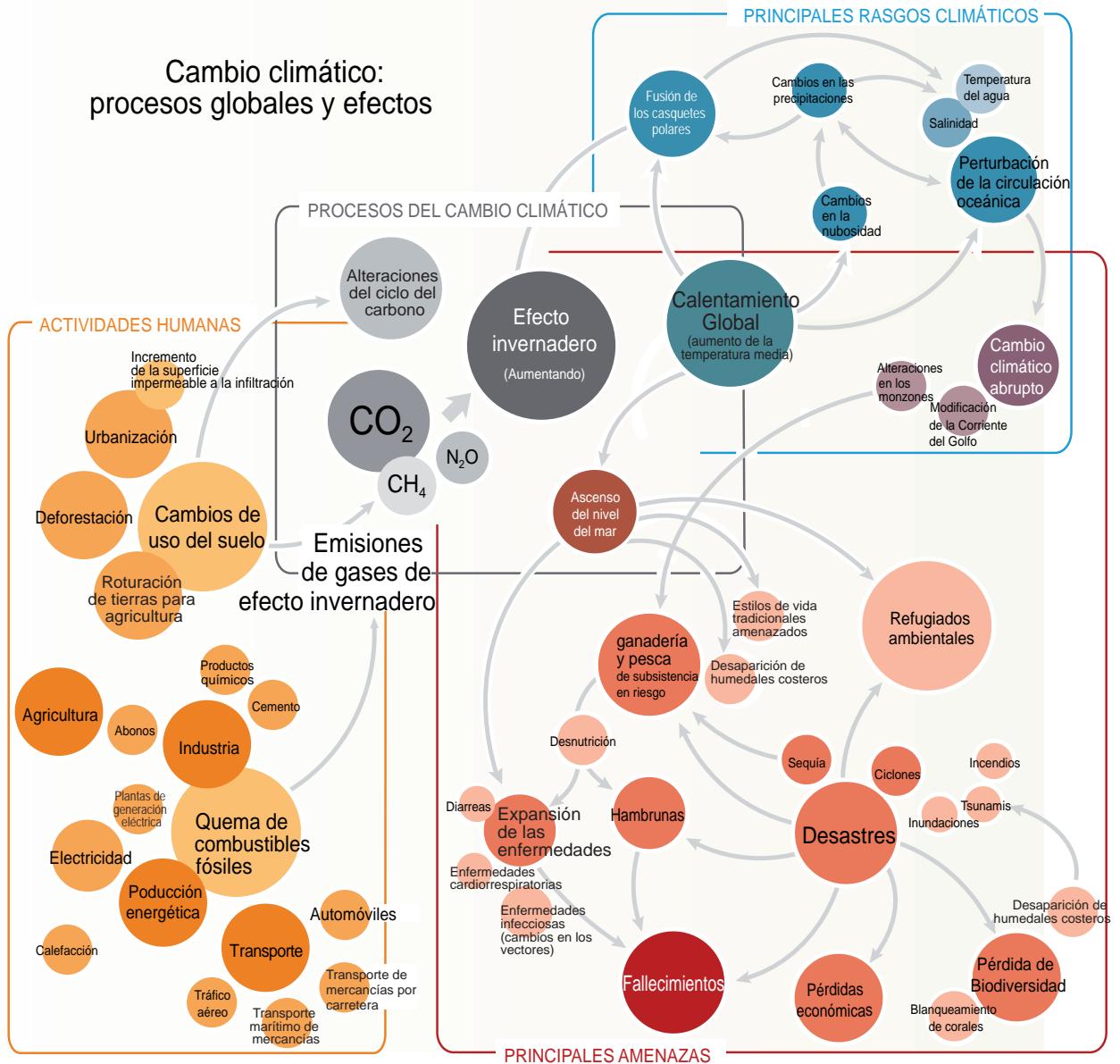
## Actividad humana

A partir de la evaluación de los efectos sobre el clima de los factores naturales y de la actividad humana, los científicos han concluido que ésta es responsable de una parte significativa del incremento de la temperatura. Así, los modelos informáticos que incluyen la influencia humana sobre el clima reflejan acertadamente el actual patrón de calentamiento que estamos experimentando, mientras que los modelos que sólo tienen en cuenta los factores naturales predicen temperaturas muy por debajo de las realmente registradas.

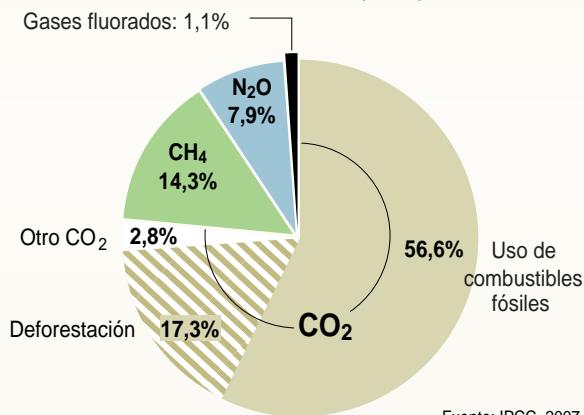
No sólo las temperaturas medias sino también otros aspectos del clima están cambiando a causa de la influencia humana. Las actividades humanas han contribuido a la elevación del nivel del mar durante la segunda mitad del siglo XX; probablemente también al cambio de los patrones de viento y al aumento de temperaturas en noches extremadamente cálidas y en días y noches fríos. Además, nuestras acciones pueden haber contribuido a incrementar el riesgo de olas de calor, el área afectada por la sequía desde los años 70 y la frecuencia de episodios de fuerte precipitación. Durante las tres últimas décadas, el calentamiento de origen antrópico ha tenido una influencia global apreciable sobre los cambios observados en muchos sistemas físicos y biológicos.



# Cambio climático: procesos globales y efectos



### Emisiones globales de gases de efecto invernadero (2004)



Fuente: IPCC, 2007.

### Emisiones globales de gases de efecto invernadero por sectores (2004)



Fuente: IPCC, 2007.

## Los gases de efecto invernadero

El Protocolo de Kioto<sup>1</sup>, el acuerdo internacional sobre cambio climático, enumera seis gases -o grupos de gases- de efecto invernadero, cuyas emisiones se comprometen a reducir los signatarios del mismo. También hay otros GEI aparte de los cubiertos por el Protocolo, pero estos seis gases/grupos de gases constituyen la parte principal del total de las emisiones procedentes de las actividades antrópicas y son los más relevantes en términos de responsabilidad humana directa:

- dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- metano (CH<sub>4</sub>)
- óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- hidrofluorocarbonados (HFCs)
- perfluorocarbonados (PFCs)

Los tres últimos (SF<sub>6</sub>, HFCs y PFCs) a veces son denominados genéricamente como gases fluorados o “gases F”.

Las emisiones globales de gases de efecto invernadero procedentes de la actividad humana han crecido desde la época preindustrial, con un incremento de un 70% entre 1970 y 2004. Desde 1750 – el año que habitualmente se considera como el inicio de las actividades industriales-, las concentraciones atmosféricas globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) han aumentado significativamente a causa de las actividades humanas, siendo ahora mucho más altas que los niveles preindustriales. Así lo revelan las muestras de hielo extraídas en los casquetes polares y que nos proporcionan datos que abarcan muchos miles de años.

<sup>1</sup> - El Protocolo de Kioto establece las reglas y los procedimientos necesarios para alcanzar el objetivo último de la Convención, esto es: “lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”. Dicho nivel debería alcanzarse en un marco temporal suficiente para permitir a los ecosistemas una adaptación natural al cambio climático, para asegurar que la producción de alimentos no sea amenazada y para permitir que el desarrollo económico se produzca de modo sostenible.

## Principales gases de efecto invernadero

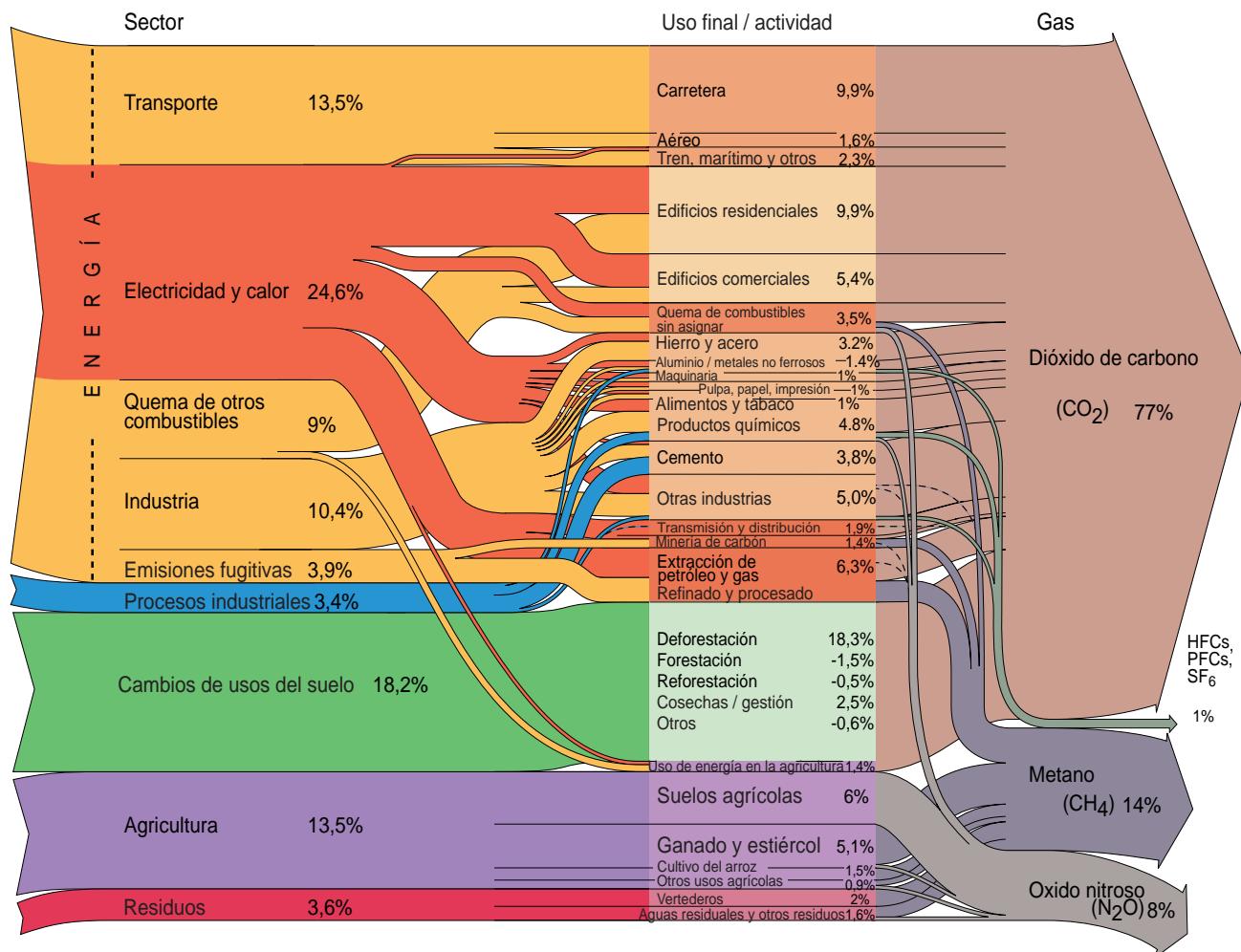
Nombre del gas	Concentración preindustrial ( ppmv *)	Concentración en 1998 ( ppmv )	Persistencia en la atmósfera (años)	Principal actividad humana que lo genera	Potencial de calentamiento PCG **
Vapor de agua	0 - 56.000 ***	0 - 56.000 ***	Unos pocos días	-	-
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	280	365	Variable	Combustibles fósiles, producción de cemento, cambios de uso del suelo	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,7	1,75	12	Combustibles fósiles, arrozales, vertederos, ganado	21
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	0,27	0,31	114	Fertilizantes, procesos de combustión industriales	310
HFC 23 (CHF <sub>3</sub> )	0	0,000014	250	Electrónica, refrigerantes	12.000
HFC 134 a (CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F)	0	0,0000075	13,8	Refrigerantes	1.300
HFC 152 a (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	0	0,0000005	1,4	Procesos industriales	120
Tetrafluorometano (CF <sub>4</sub> )	0,0004	0,00008	>50.000	Producción de aluminio	5.700
Hexafluoretano (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	0	0,000003	10.000	Producción de aluminio	11.900
Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	0	0,0000042	3.200	Fluidos dieléctricos	22.000

\* ppmv = partes por millón en volumen

\*\* Calculado para un horizonte temporal de 100 años

\*\*\* Para el vapor de agua no hay un valor definitivo, dado que es sumamente variable en función de la temperatura y los movimientos de los gases atmosféricos. Mientras que los otros GEI de esta tabla tienen aproximadamente la misma relación de mezcla (concentración) en la troposfera y en la parte baja de la estratosfera, el valor para el vapor de agua es muy variable.

## Emisiones mundiales de gases de efecto invernadero por sectores

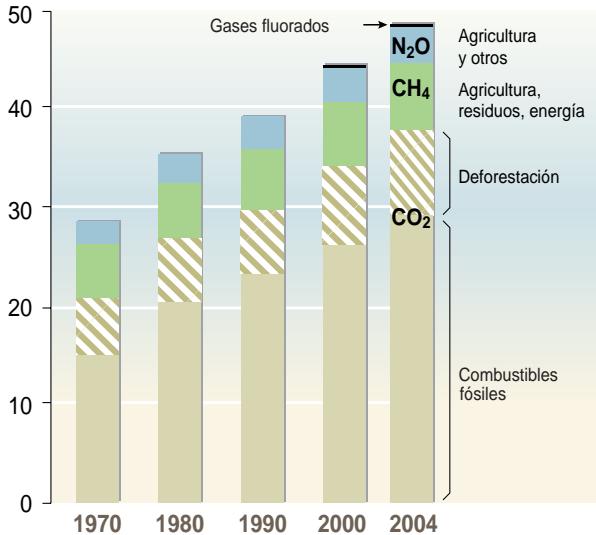


Todos los datos corresponden al año 2000. Todos los cálculos están realizados en unidades de CO<sub>2</sub>-equivalente, utilizando los potenciales de calentamiento global para un horizonte temporal de 100 años estimados por el IPCC (1996), basados en una estimación total que asciende a 41.755 Tm CO<sub>2</sub>-equivalente. Los cambios en los usos del suelo incluyen tanto emisiones como absorciones. Las líneas discontinuas representan flujos inferiores al 0,1% de las emisiones totales de GEI.

Fuente: World Resources Institute, Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, Diciembre 2005; Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996 (datos para el año 2000).

## Emisiones globales de gases de efecto invernadero desde 1970

Gigatoneladas de CO<sub>2</sub>- eq



Fuente: IPCC, 2007.

Los niveles de los dos primeros gases están en la actualidad muy por encima de sus registros naturales durante los últimos 650.000 años. La concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> antes del comienzo de la Revolución Industrial era de aproximadamente 280 partes por millón (ppm). En 2005 había alcanzado 379 ppm. Y el incremento se está acelerando: la tasa anual de crecimiento fue mayor, entre 1995 y 2005, que en cualquier otro periodo de tiempo desde que comenzaron las medidas atmosféricas sistemáticas, en los años 50 del pasado siglo.

### Potencial de Calentamiento Global (PCG) y la equivalencia de CO<sub>2</sub>

Cada uno de los gases de efecto invernadero afecta a la atmósfera en distinto grado y permanece allí durante un periodo de tiempo diferente. La medida en la que un GEI determinado contribuye al calentamiento global se

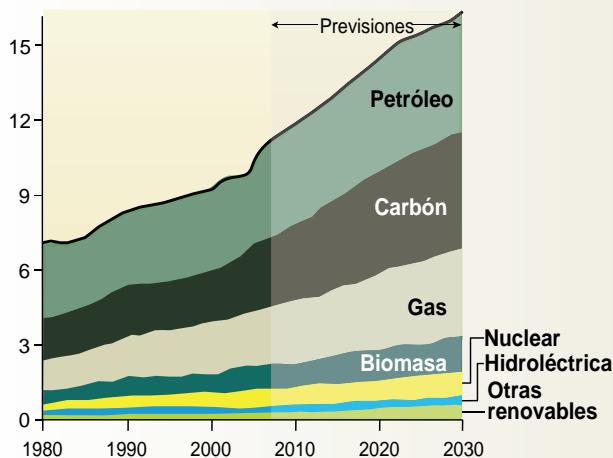
define como su *Potencial de Calentamiento Global* (PCG). Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el PCG expresa el potencial de calentamiento de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO<sub>2</sub> durante el mismo periodo de tiempo. De esta forma, el PCG del CO<sub>2</sub> es siempre 1. Algunos gases provocan mucho más calentamiento que el CO<sub>2</sub> pero desaparecen de la atmósfera más rápidamente que éste, de modo que pueden representar un problema considerable durante unos pocos años pero pasan a ser un problema menor más adelante. Por el contrario, otros pueden tener una persistencia mayor, planteando así problemas durante un largo periodo de tiempo.

Por su parte, hablar de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente implica considerar el dióxido de carbono como referencia, expresando el calentamiento provocado por un gas de efecto invernadero cualquiera, durante un periodo específico, en términos de cantidad de CO<sub>2</sub> necesaria para producir el mismo efecto.

Por ejemplo, el PCG del metano durante 100 años es 25 y el del óxido nitroso es 298. Esto significa que las emisiones de una tonelada métrica de metano o de óxido nitroso son equivalentes a las emisiones de 25 y 298 toneladas métricas de dióxido de carbono respectivamente. Uno de los gases fluorados, el HFC<sub>23</sub>, es 12.000 veces más potente que el CO<sub>2</sub> considerando un periodo de 20 años, convirtiéndose incluso en más potente (y por tanto “peligroso” para el clima) si contemplamos un periodo de 100 años, tiempo en el cual su PCG llega a 14.800.

## Demanda de energía actual y prevista

Miles de millones de toneladas de petróleo – equivalente



**Nota:** todas las estadísticas se refieren a la energía en su forma original (como, por ejemplo, el carbón), previamente a su transformación en formas de energía más útiles (como, por ejemplo, la energía eléctrica).

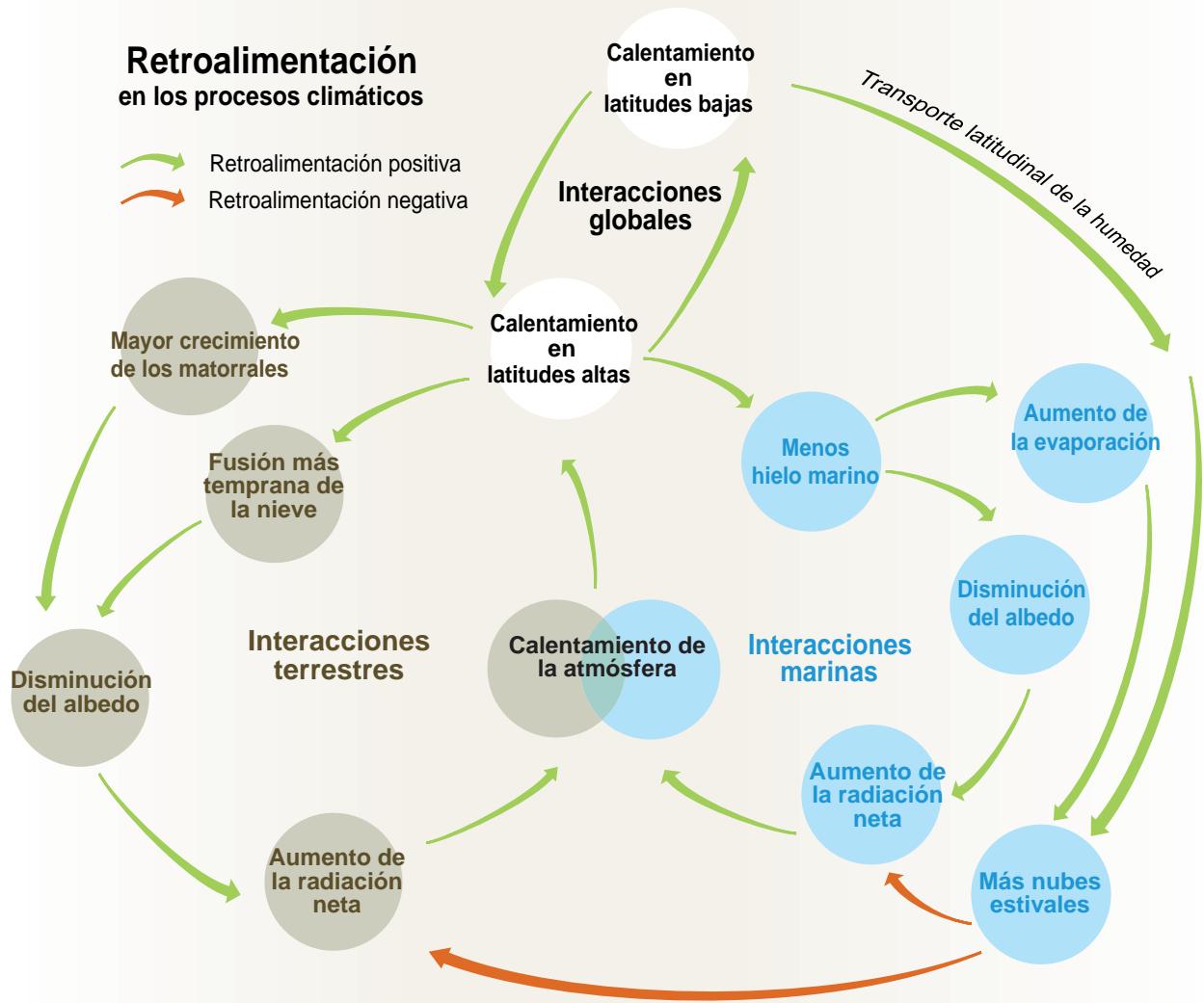
Fuente: International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008.

## Retroalimentaciones

Un factor que complica la ciencia del clima –y que, por tanto, conduce a grados de incertidumbre mayores– es la existencia de retroalimentaciones. Éstas son interacciones entre diferentes partes del sistema climático que pueden provocar que un proceso o evento desencadene cambios que, a su vez, influyen en el desencadenante inicial. Un ejemplo es la reducción de la extensión del hielo y la nieve, tanto en la tierra como en el mar. El hielo, al ser blanco, refleja hacia el espacio hasta el 90% de las radiaciones solares que llegan a su superficie, evitando la intensificación del calentamiento atmosférico. Pero cuando se funde, quedan expuestas al sol la tierra, la vegetación, las rocas o el agua, que son todas ellas de color más oscuro y, por tanto, absorben más radiación. De esta forma, el deshielo inicial puede provocar una retroalimentación que ayuda a acelerar su ritmo. Otra posible retroalimentación se produce en relación con la descongelación del permafrost en las latitudes nórdicas. A medida que se descongela, puede liberar grandes cantidades de dióxido de carbono y metano que, hasta ese momento, estaban retenidas bajo la capa de suelo helado. Si esto ocurriera, el calentamiento ya en marcha se aceleraría. Otra retroalimentación esperable: las temperaturas más altas, tanto de la tierra como del océano, inducen una reducción de su capacidad para capturar el dióxido de carbono atmosférico, incrementando la cantidad de  $\text{CO}_2$  que permanece en la atmósfera. Todos éstos son ejemplos de retroalimentaciones positivas porque intensifican el proceso original. Las retroalimentaciones negativas, por el contrario, son efectos encadenados que conducen a procesos compensatorios y a la mitigación del propio efecto original.

## Retroalimentación en los procesos climáticos

-  Retroalimentación positiva
-  Retroalimentación negativa



Las retroalimentaciones positivas intensifican el proceso original.  
Las retroalimentaciones negativas llevan a un proceso de compensación.

Fuente: Hugo Ahlenius/ GRID-Arendal, *Global Outlook for Ice and Snow*, 2008.

# El cambio climático proyectado y sus impactos

Las secciones previas han tratado de los cambios y los efectos que están teniendo lugar en la actualidad. El resto de la guía se concentra en lo que todavía está por llegar.

Si las políticas para mitigar el cambio climático y las medidas relacionadas orientadas a un desarrollo sostenible se mantienen como hasta ahora, sin cambios apreciables, las emisiones globales de GEI continuarán creciendo durante las próximas décadas. El crecimiento no será modesto; por el contrario, el IPCC estima que, de 2000 a 2030, las emisiones globales de GEI aumentarán entre un 25 y un 90% (hay un amplio margen de incertidumbre debido a las suposiciones, muy diferentes, realizadas para cada escenario socio-económico considerado por el IPCC). Se espera que los combustibles fósiles -gasolina, carbón y gas- continuarán dominando el “mix energético” hasta más allá de 2030, independientemente del escenario.

Las emisiones continuadas de GEI, a unas tasas iguales o superiores que las actuales, causarán más calentamiento e inducirán muchos cambios en el sistema climático global durante este siglo, cambios que serán mayores que los observados durante el siglo XX.

## Influencia de las emisiones de hoy en los años venideros

Incluso en el caso de que las concentraciones de GEI y aerosoles se mantuvieran constantes respecto a los niveles actuales (2000), durante muchos siglos continuaría produciéndose un cierto calentamiento y elevación del nivel del mar de origen antrópico. El clima reacciona a las influencias externas durante periodos muy largos; muchos GEI, de hecho, permanecen en la atmósfera durante miles de años.

La existencia de nuevos estudios y observaciones ha proporcionado al IPCC mayor certeza sobre la exactitud de los patrones de calentamiento proyectados y de otros efectos climáticos regionales con respecto a la que reflejaba el Tercer Informe de Evaluación. Estos efectos incluyen cambios en los regímenes de vientos y precipitaciones, en los eventos meteorológicos extremos y en el hielo marino.

Los cambios previstos en la escala regional incluyen:

- más calentamiento en las áreas terrestres y en las latitudes más septentrionales, y menos en los océanos meridionales y zonas del Atlántico Norte;
- reducción del área cubierta por la nieve, aumentos en la profundidad hasta la cual el permafrost se deshelerá, y disminución de la extensión del hielo marino;
- aumento de la frecuencia de temperaturas extremadamente altas, olas de calor y precipitaciones fuertes;
- probable incremento de la intensidad de ciclones tropicales;
- desplazamiento de las tormentas desde los trópicos hacia los polos;
- aumento de las precipitaciones en latitudes altas, y probable disminución en la mayoría de regiones subtropicales.

Los escenarios del IPCC (a menudo conocidos como escenarios SRES, por el documento “Special Report on Emissions Scenarios” publicado por el IPCC en 2000) exploran evoluciones alternativas. Tienen en cuenta distintos factores demográficos, económicos y tecnológicos y sus emisiones de GEI resultantes. Las proyecciones de emisiones basadas en diferentes presupuestos son ampliamente utilizadas para pronosticar los cambios climáticos, la vulnerabilidad y los impactos esperables en el futuro. La decisión sobre cuál de los diversos escenarios descritos parece más probable se deja abierta, puesto que el IPCC no asume el riesgo de asignar probabilidades a cada uno de ellos.

## Escenarios

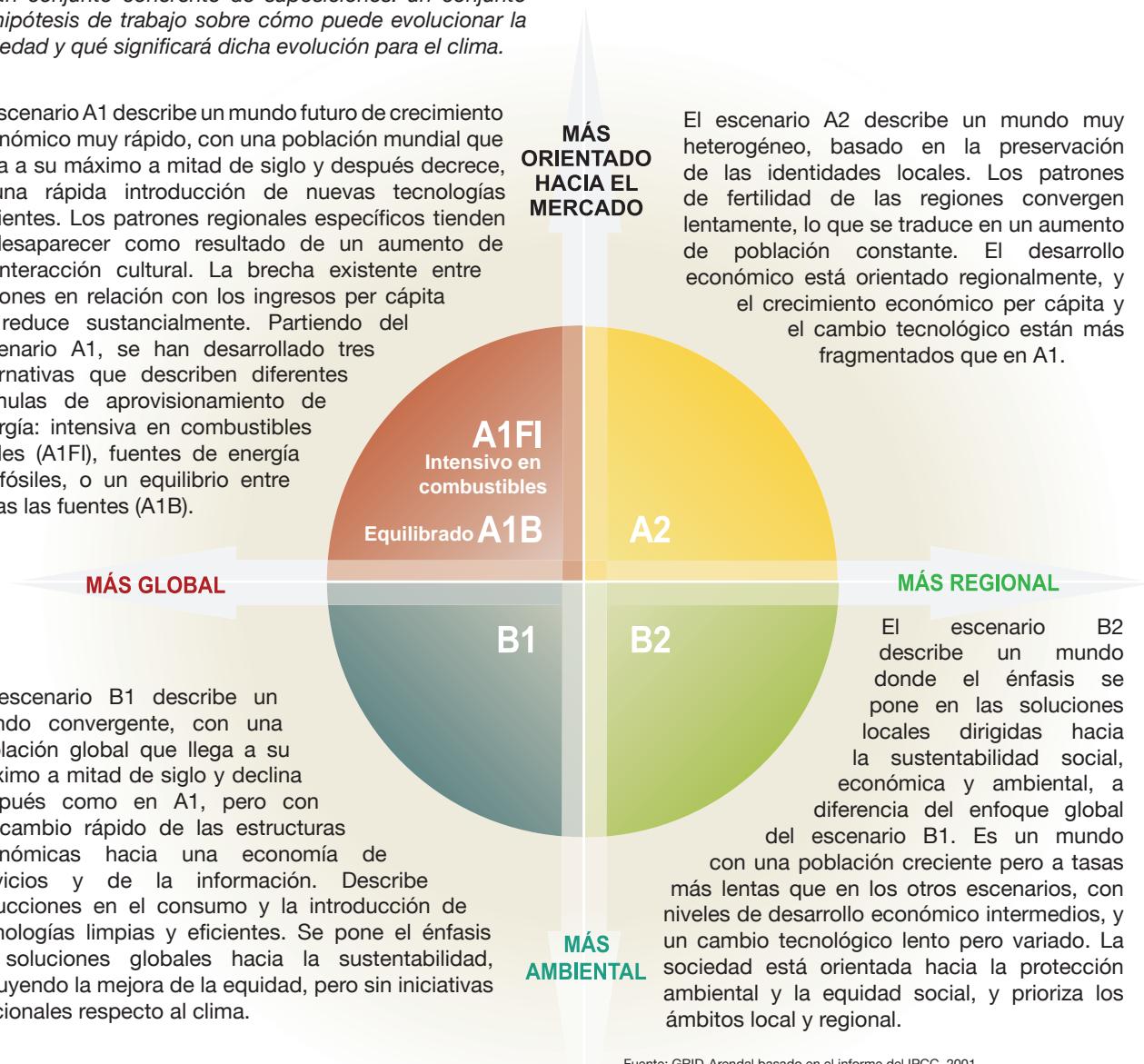
Un escenario es una descripción plausible y a menudo simplificada de cómo puede desarrollarse el futuro, basada en un conjunto coherente de suposiciones: un conjunto de hipótesis de trabajo sobre cómo puede evolucionar la sociedad y qué significará dicha evolución para el clima.

El escenario A1 describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido, con una población mundial que llega a su máximo a mitad de siglo y después decrece, y una rápida introducción de nuevas tecnologías eficientes. Los patrones regionales específicos tienden a desaparecer como resultado de un aumento de la interacción cultural. La brecha existente entre regiones en relación con los ingresos per cápita se reduce sustancialmente. Partiendo del escenario A1, se han desarrollado tres alternativas que describen diferentes fórmulas de aprovisionamiento de energía: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), fuentes de energía no fósiles, o un equilibrio entre todas las fuentes (A1B).

El escenario B1 describe un mundo convergente, con una población global que llega a su máximo a mitad de siglo y declina después como en A1, pero con un cambio rápido de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de la información. Describe reducciones en el consumo y la introducción de tecnologías limpias y eficientes. Se pone el énfasis en soluciones globales hacia la sustentabilidad, incluyendo la mejora de la equidad, pero sin iniciativas adicionales respecto al clima.

El escenario A2 describe un mundo muy heterogéneo, basado en la preservación de las identidades locales. Los patrones de fertilidad de las regiones convergen lentamente, lo que se traduce en un aumento de población constante. El desarrollo económico está orientado regionalmente, y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados que en A1.

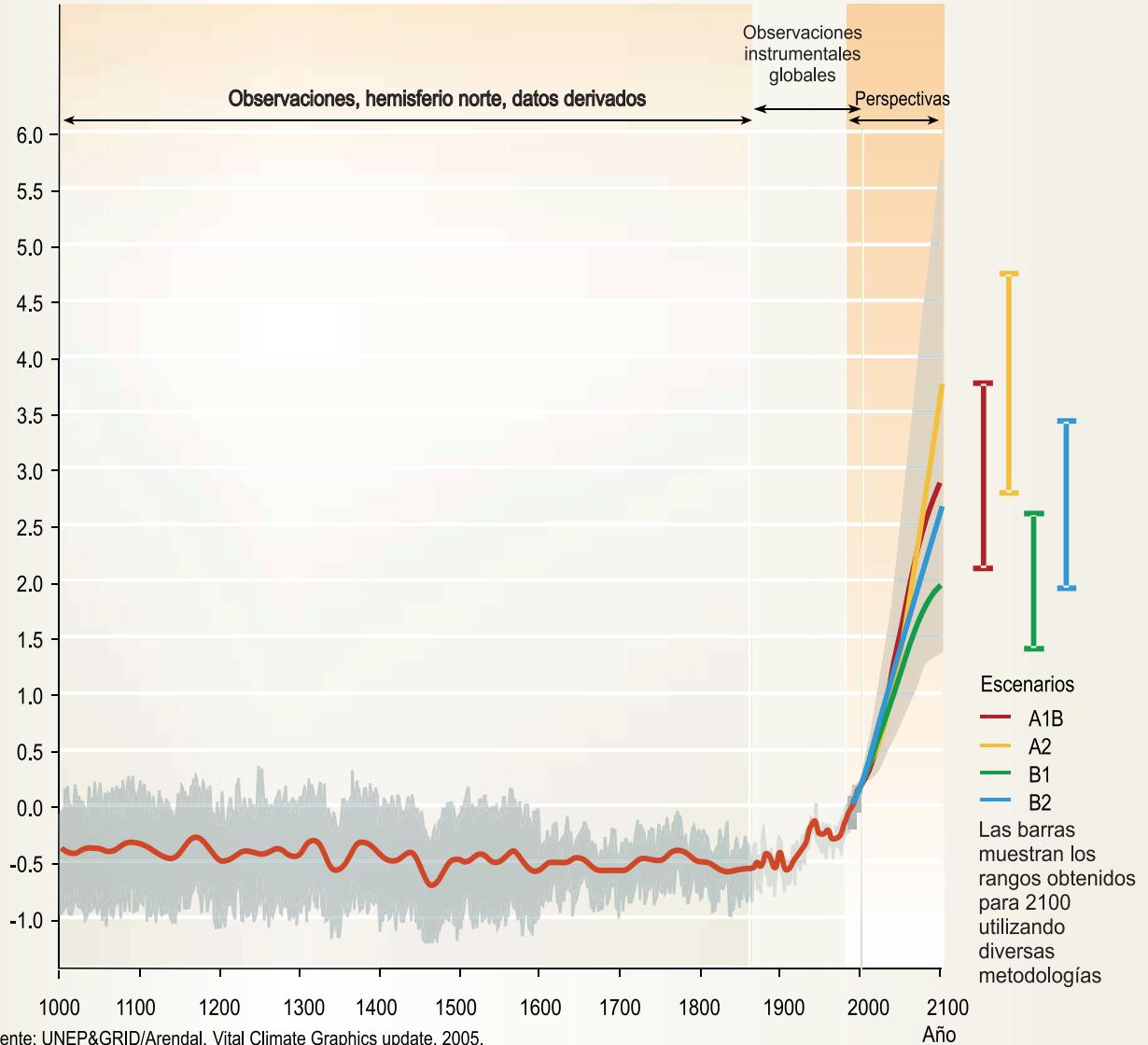
El escenario B2 describe un mundo donde el énfasis se pone en las soluciones locales dirigidas hacia la sustentabilidad social, económica y ambiental, a diferencia del enfoque global del escenario B1. Es un mundo con una población creciente pero a tasas más lentas que en los otros escenarios, con niveles de desarrollo económico intermedios, y un cambio tecnológico lento pero variado. La sociedad está orientada hacia la protección ambiental y la equidad social, y prioriza los ámbitos local y regional.



Fuente: GRID-Arendal basado en el informe del IPCC. 2001

# Variaciones en la temperatura de la superficie terrestre entre los años 1000 y 2100

Desviación en grados Celsius respecto a los valores correspondientes a 1990



Fuente: UNEP&GRID/Arendal, Vital Climate Graphics update, 2005.

## Aumento del nivel del mar

Debido a que nuestra comprensión sobre algunas causas importantes de la elevación del nivel del mar es demasiado limitada, el IPCC es cuidadoso en sus predicciones: así, no proporciona una estimación precisa ni un límite superior de la subida esperable. El rango de subida previsto para 2090-2099 va de 18 a 59 cm, respecto a 1980-1999, pero este cálculo no incluye la posible aceleración del flujo de hielo desde las capas de hielo polar y, por tanto, no expresa límites máximos. Otros factores que contribuyen a la incertidumbre incluyen las retroalimentaciones entre el clima y el ciclo del carbono y la expansión del agua del océano debida a su calentamiento (“expansión térmica”).

Se prevé que la reducción de la capa de hielo de Groenlandia contribuya al aumento de los niveles del mar hasta después de 2100. Los modelos sugieren la fusión casi completa de esta capa de hielo.

Se espera que la capa de hielo Antártico permanecerá demasiado fría como para que se produzca un deshielo generalizado de su superficie: por el contrario, se prevé que aumente a causa de un incremento de las nevadas. Sin embargo, aún es posible una reducción neta de hielo de la Antártida, dependiendo del ritmo de pérdida de hielo desde la tierra hacia el mar y de la extensión afectada.

## Ecosistemas<sup>2</sup>

Desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, ha aumentado la confianza en la predicción de que un aumento de 1-2°C de la temperatura media global, por encima de los niveles de 1990 (de 1,5-2,5°C por encima de los niveles preindustriales), representa riesgos significativos para muchos sistemas únicos y amenazados, incluyendo muchos “puntos calientes” de biodiversidad.

Estos cambios en los ecosistemas vendrán acompañados por desplazamientos de las distribuciones geográficas de especies animales y vegetales, con consecuencias especialmente dañinas para el mundo natural y para los

---

2 - Un ecosistema es una unidad natural que incluye todas las plantas, animales y microorganismos en un área determinada, junto con todos los factores físicos no vivos del ambiente.

bienes y servicios que tales ecosistemas proporcionan, como el agua y los alimentos. Es “probable” que muchos ecosistemas agoten sus capacidades para hacer frente a los cambios inducidos por el cambio climático y las perturbaciones asociadas.

Aproximadamente el 20-30% de las especies está sometido a un riesgo de extinción creciente si el calentamiento medio global excede los 1,5-2,5°C. En caso de que el aumento de temperatura media global exceda los 3,5°C, las proyecciones del modelo sugieren extinciones del 40-70 % de las especies conocidas en el mundo. Éste es uno de los impactos irreversibles del cambio climático.<sup>3</sup>

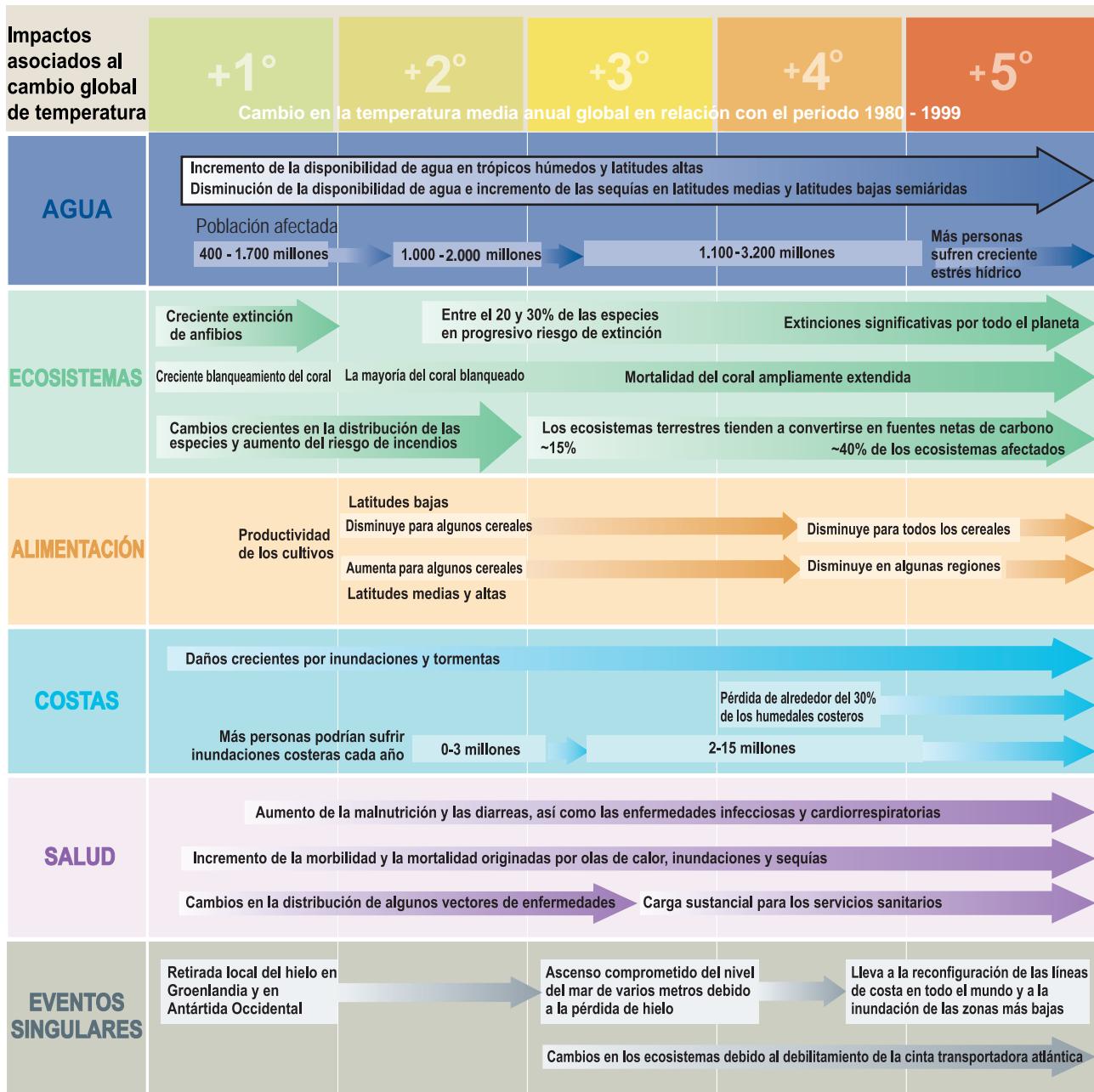
## Seguridad alimentaria y salud humana

El aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos provocará más situaciones de emergencia y retrocesos en el camino hacia el desarrollo. Por ejemplo, los eventos extremos asociados a la subida del nivel del mar afectarán a zonas agrícolas muy pobladas. En este escenario, la seguridad alimentaria constituye una preocupación evidente. Por otro lado, en las latitudes más altas puede haber un ligero incremento inicial de la productividad de los cultivos, para aumentos de temperatura por debajo de 3°C, seguido de una disminución en algunas áreas. Para latitudes más bajas, la productividad puede decrecer con aumentos de temperatura incluso menores.

La salud de millones de personas puede estar en riesgo por incrementos en la incidencia de la malnutrición, la meteorología extrema, las enfermedades diarreicas, los problemas de corazón y respiratorios provocados por niveles de ozono troposférico inducidos por las condiciones climáticas, así como por la extensión de algunas enfermedades infecciosas. Por el contrario, pueden producirse algunos beneficios, por ejemplo para las personas que sufren los efectos de climas muy fríos. En otros ámbitos, los efectos serán variados. En

---

3 - Muchas especies han evolucionado para vivir en un ambiente particular y, a menudo, estrechamente condicionado. A medida que las temperaturas aumenten y otros efectos de un clima cambiante se intensifiquen, es probable que sus ambientes se modifiquen demasiado rápidamente para que ellas se adapten o bien emigren a algún otro lugar más adecuado.



Los impactos dependerán de la importancia de la adaptación, el aumento de temperatura y el modelo socioeconómico

ciertos lugares, el área geográfica de distribución de la malaria podría restringirse mientras que en otras zonas se expandirá, y la época de transmisión puede cambiar. En conjunto, se prevé que los efectos negativos de las temperaturas en aumento sobre la salud superarán a los beneficios, especialmente en los países en desarrollo.

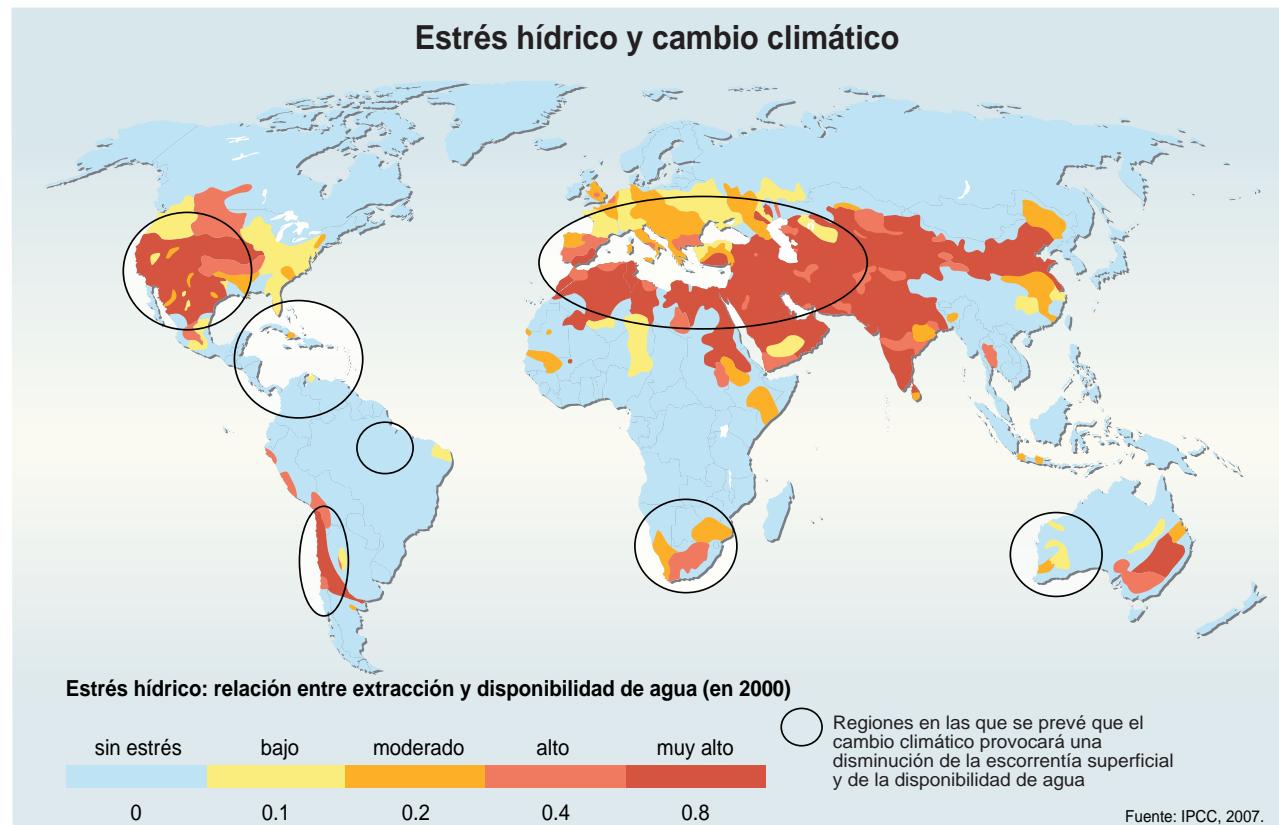
## Recursos hídricos

Se prevé que el cambio climático tendrá un impacto crucial sobre todos los sectores y regiones. Por ejemplo, podría empeorar el actual estrés hídrico<sup>4</sup> causado por el

4 - Puede definirse el estrés hídrico como la situación que se produce cuando un país utiliza más del 20 por ciento de sus recursos de agua renovables.

crecimiento poblacional y los cambios económicos y de uso de la tierra.

En ciertas regiones, los glaciares y los mantos de nieve son fuentes cruciales de agua dulce. Éstos han sufrido recientemente pérdidas generalizadas y severas por deshielo, y se prevé que el fenómeno se acelerará durante este siglo, reduciendo la disponibilidad de agua y el potencial para la generación hidroeléctrica (una alternativa viable a la generación de electricidad basada en los combustibles fósiles, que reduce emisiones de CO<sub>2</sub>). También se cree que el cambio climático modificará los flujos estacionales, en regiones alimentadas por el agua de deshielo de las cordilleras, como el Hindu Kush, los Himalayas y los Andes intertropicales. Más de un sexto



de la población mundial vive en estas regiones. Dos mil millones de personas dependen del agua proporcionada por siete de los mayores ríos de Asia, todos ellos originados en el Himalaya.

Los cambios en la precipitación y en la temperatura también afectan a la escorrentía y a la disponibilidad de agua. La escorrentía<sup>5</sup> aumentará entre un 10 y un 40%, hacia mitad de siglo, en las latitudes más altas y en algunas zonas tropicales húmedas, y disminuirá entre un 10 y un 30% en ciertas regiones secas de latitudes medias y tropicales. Algunas áreas semiáridas, por ejemplo en la región mediterránea, en el oeste de Estados Unidos, sur de África y noreste de Brasil, tendrán menos agua. Se prevé la extensión de las zonas afectadas por la sequía, lo que constituye una amenaza para la producción de alimentos, el suministro de agua y energía y para la salud, por el aumento de la malnutrición y las enfermedades respiratorias. Se prevén grandes incrementos de las demandas regionales de agua para el riego.

Los impactos negativos del cambio climático sobre los sistemas acuáticos sobrepasarán los beneficios potenciales. La investigación disponible sugiere un incremento futuro de los eventos de lluvias torrenciales en muchas regiones, incluidas algunas donde se prevé una reducción de la precipitación media. Esto significará un aumento del riesgo de inundación. Probablemente, para el año 2080 más del 20% de la población mundial estará viviendo en zonas donde el potencial de inundación de los ríos aumentará. Las inundaciones y sequías más frecuentes y severas dificultarán el desarrollo sostenible, las temperaturas en aumento afectarán a la calidad del agua dulce y, en las áreas costeras, la subida de los niveles del mar provocará más salinización del agua subterránea.

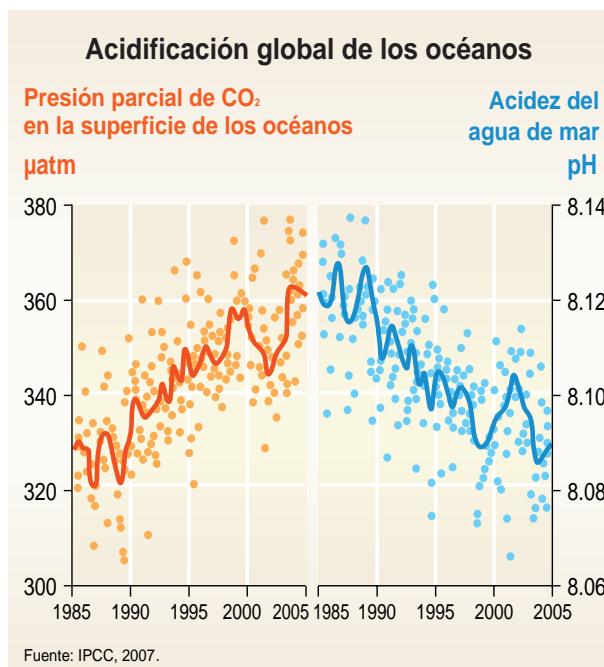
## Acidificación del océano

La cantidad creciente de dióxido de carbono procedente de las actividades humanas, que ha entrado en los océanos a través de la atmósfera desde aproximadamente

5 - El término escorrentía hace referencia al agua que cae sobre la Tierra y no se filtra en el suelo ni se evapora de forma inmediata, sino que fluye sobre el terreno para acabar engrosando los recursos de agua superficial o subterránea.

1750, los ha hecho más ácidos, con un decrecimiento medio del pH -la medida de la acidez o alcalinidad de una solución- de 0,1 unidades. Las concentraciones en aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico están causando más acidificación. Actualmente, el pH medio de la superficie del océano está en torno a 8,1. Las proyecciones sugieren una mayor acidificación durante este siglo, lo que llevará a una reducción de la media global del pH de la superficie oceánica de entre 0,14 y 0,35 unidades. Esta acidificación progresiva dañará previsiblemente a las criaturas marinas que forman estructuras calcáreas, por ejemplo los corales, y a las especies que dependen de ellas.

Los estudios publicados desde la elaboración del informe de evaluación del IPCC de 2001 permiten una comprensión más sistemática del ritmo y la extensión de los impactos según diferentes tasas de cambio climático.



## Ejemplos de los principales impactos previstos sobre sectores escogidos

Fenómeno climático motor	Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
<p><b>CAMBIO DE TEMPERATURA</b></p> <p>En la mayoría de las zonas terrestres, los días y noches fríos serán menos habituales y más cálidos; los días y noches cálidos serán más cálidos y más frecuentes</p>	<p>Aumento de la producción en ambientes más fríos</p> <p>Disminución de la producción en ambientes más cálidos</p> <p>Aumento de plagas de insectos</p>	<p>Efectos sobre los recursos hídricos dependientes del deshielo</p> <p>Efectos sobre algunos suministros de agua</p>	<p>Reducción de la mortalidad humana por menor exposición al frío</p>	<p>Reducción de la demanda energética para calefacción y aumento para climatización</p> <p>Disminución de la calidad del aire en ciudades</p> <p>Reducción de los problemas de transporte debidos a nieve o hielo</p> <p>Efectos sobre el turismo de invierno</p>
<p><b>OLAS DE CALOR/ PERIODOS CÁLIDOS</b></p> <p>La frecuencia aumenta en la mayoría de las zonas terrestres</p>	<p>Reducción de la producción en regiones cálidas debido al calor</p> <p>Aumenta el riesgo de incendios</p>	<p>Aumento de la demanda de agua</p> <p>Problemas de calidad de agua, p.ej. explosiones de algas</p>	<p>Aumento del riesgo de mortalidad asociada al calor, especialmente para personas ancianas, enfermas crónicas, muy jóvenes y aisladas socialmente</p>	<p>Reducción de la calidad de vida para personas sin vivienda adecuada en zonas cálidas</p> <p>Impactos sobre personas ancianas, muy jóvenes y pobres</p>
<p><b>EVENTOS DE FUERTE PRECIPITACIÓN</b></p> <p>Aumento de la frecuencia en la mayoría de zonas terrestres</p>	<p>Daños en las cosechas</p> <p>Erosión de suelos</p> <p>Imposibilidad para cultivar la tierra debido al encharcamiento de suelos</p>	<p>Efectos adversos sobre la calidad del agua superficial y subterránea</p> <p>Contaminación de suministros de agua</p> <p>El estrés hídrico puede mitigarse</p>	<p>Aumento de riesgo de muertes, heridas, infecciones, enfermedades respiratorias y de piel</p>	<p>Problemas en asentamientos, comercio, transporte y sociedad debido a inundaciones</p> <p>Presión sobre infraestructuras urbanas y rurales</p> <p>Pérdida de propiedades</p>
<p><b>SEQUÍA</b></p> <p>Aumento de áreas afectadas</p>	<p>Degradación de tierras</p> <p>Daños y pérdidas en cosechas</p> <p>Aumento de muertes de ganado</p> <p>Aumento de riesgo de incendios</p>	<p>Estrés hídrico más extendido</p>	<p>Aumento de riesgo de malnutrición</p> <p>Aumento del riesgo de enfermedades transmitidas por el agua o los alimentos</p>	<p>Escasez de agua para asentamientos, industria y sociedades</p> <p>Reducción del potencial de producción hidroeléctrica</p>
<p><b>CICLONES Y MAREJADAS CICLÓNICAS</b></p> <p>Aumento de la frecuencia</p>	<p>Daños a cultivos</p> <p>Desraizamiento de árboles</p> <p>Daños a arrecifes de coral</p>	<p>Problemas de suministro público de agua por cortes de luz</p>	<p>Aumento de riesgo de muertes, heridas y enfermedades transmitidas por agua y alimentos</p> <p>Desórdenes de estrés postraumático</p>	<p>Retirada de la cobertura de seguro en zonas vulnerables por aseguradoras privadas</p> <p>Migraciones potenciales de población</p>
<p><b>AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR</b></p> <p>Incremento de la incidencia de subidas extremas del nivel del mar</p>	<p>Salinización del agua de riego, estuarios y sistemas de agua dulce</p>	<p>Disminución de disponibilidad de agua dulce debido a intrusión marina</p>	<p>Aumento del riesgo de muertes y heridas por inundaciones</p> <p>Efectos sobre la salud relacionados con las migraciones</p>	<p>Costes de protección de costas frente a costes de reubicación de usos</p> <p>Movimientos potenciales de población y de infraestructuras</p>

## ¿Dónde están los más afectados y quiénes son los más vulnerables?

En todas las regiones, tanto ricas como pobres, ciertos grupos -personas mayores, pobres y niños- así como determinados sistemas o actividades están más expuestos que otros. Pero hay sectores, sistemas y regiones especialmente afectados, concretamente los siguientes:

### En zonas continentales:

Hay áreas que son particularmente sensibles a los efectos de un aumento de la temperatura, entre ellas la tundra,

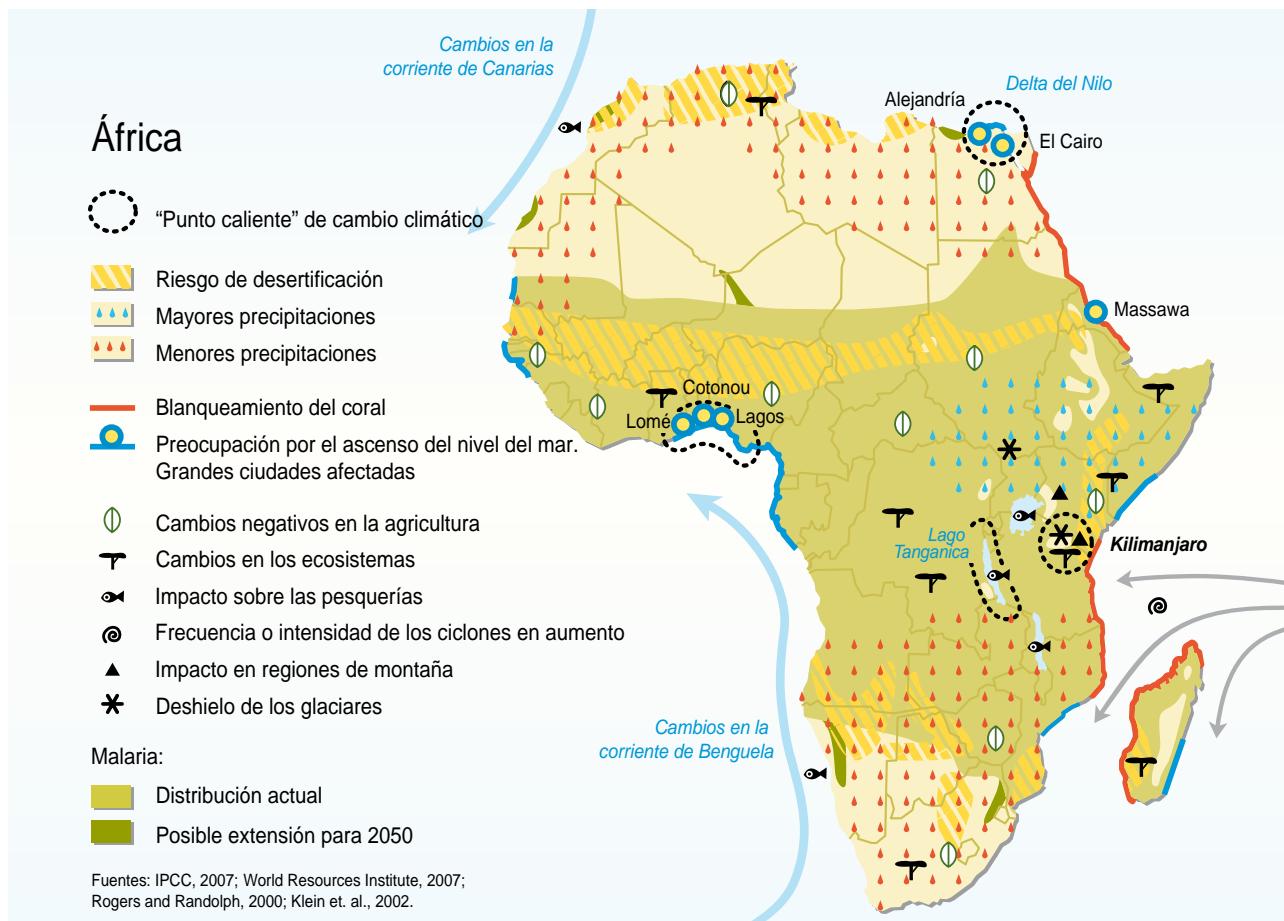
los bosques boreales y las regiones montañosas. Otras se verán más afectadas por la reducción de las lluvias o los cambios de los patrones de precipitación, en particular aquellas con ambiente de tipo mediterráneo y los bosques tropicales húmedos.

### En la costa:

Las áreas que se enfrentan a más presiones debido al cambio climático incluyen los manglares y las marismas.

### En el océano:

Los arrecifes de coral son ecosistemas muy vulnerables al



estrés térmico y con grandes dificultades de adaptación. Se prevé que posibles aumentos en la temperatura de la superficie del mar de entre 1-3°C provoquen decoloración más frecuente y mortalidad generalizada de los corales, a menos que se produzca una adaptación térmica o aclimatación de los mismos. También afrontan otras presiones relacionadas con el cambio climático, como la acidificación creciente de las aguas, así como algunas no relacionadas con el clima (sobre-extracción). Los biomas (comunidades) del hielo marino son también muy sensibles a pequeños cambios de temperatura.

Otros sectores en riesgo incluyen las zonas costeras bajas, los recursos hídricos de algunas zonas secas y los que dependen del deshielo de nieve y hielo, la agricultura de latitudes bajas y la salud humana en los países más pobres. Es “muy probable” que la frecuencia e intensidad crecientes de la meteorología extrema empeore además otros impactos.

Las regiones que, según las previsiones, serán muy especialmente afectadas por el cambio climático incluyen:

**La región Ártica**, a causa de las altas tasas de calentamiento previsto y su impacto sobre las personas y el medio natural. Se prevé la disminución del grosor y extensión de los glaciares y afecciones sobre las capas de hielo y el hielo marino. Las especies invasoras pueden llegar a convertirse en un problema creciente.

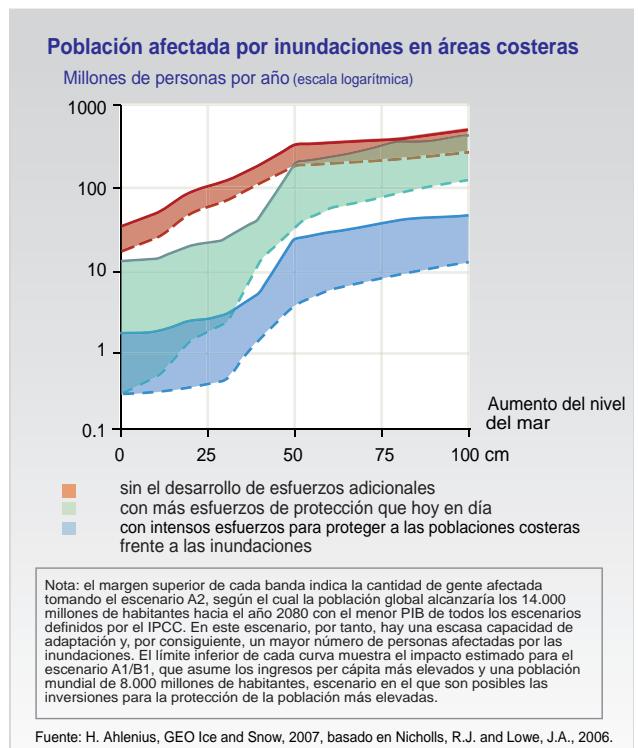
**África**, por los impactos esperados sobre el continente y su baja capacidad de adaptación. Las cosechas en la agricultura de secano, por ejemplo, podrían reducirse a la mitad hacia 2020.

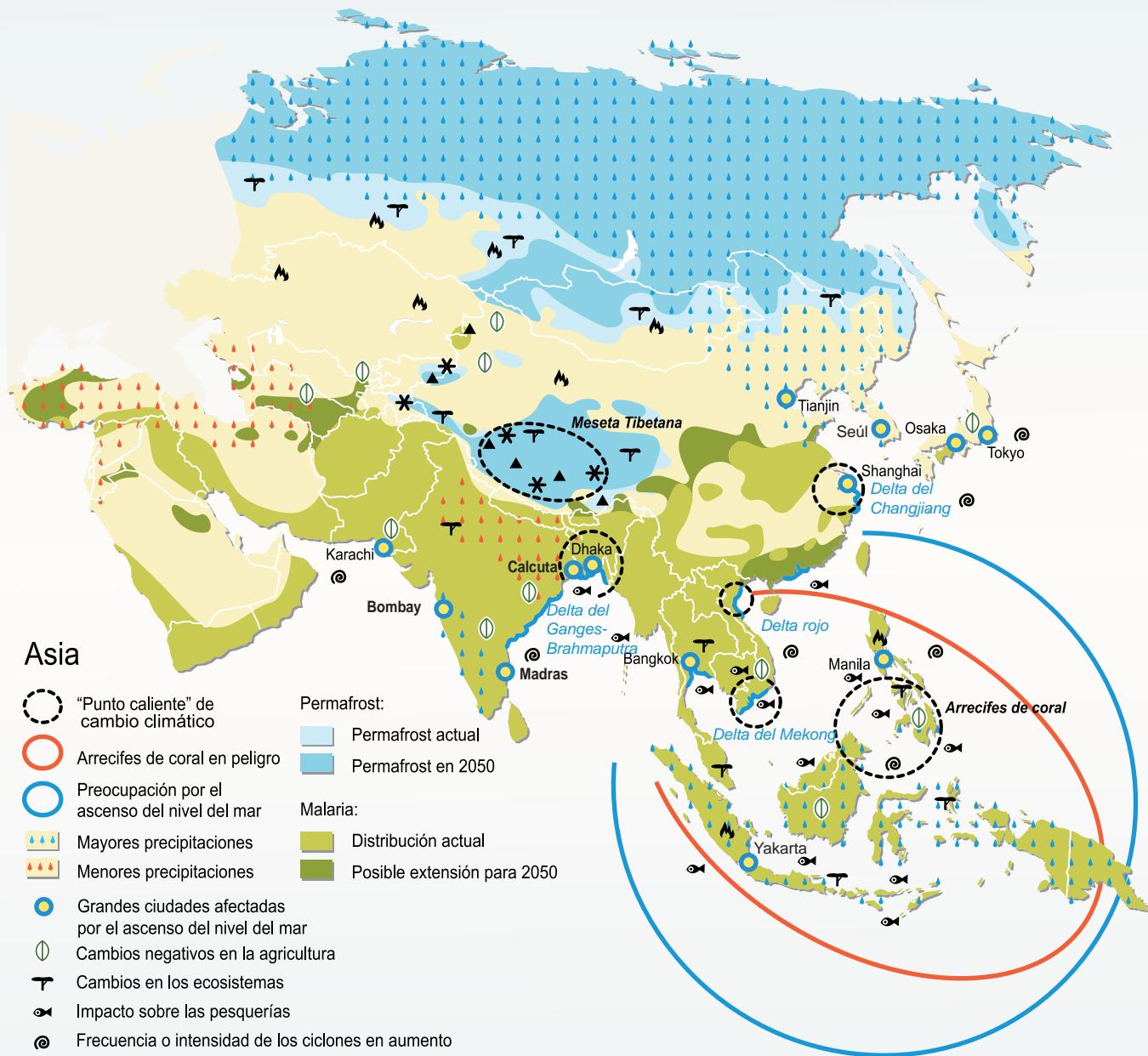
**Las islas pequeñas**, donde las personas y las infraestructuras están altamente expuestas a los impactos previstos, entre ellos la elevación del nivel del mar, que es el principal problema, así como la previsible disminución de precipitaciones en verano. Esto reduciría la disponibilidad de agua dulce, lo que puede implicar, en algunos casos, la incapacidad para cubrir las demandas necesarias. Es probable que un aumento de precipitaciones en el invierno no pueda compensar dicha tendencia debido a las limitaciones para el almacenamiento y a la alta

escorrentía durante las tormentas. Por ejemplo, en el Atolón de Tarawa, Kiribati, en el Pacífico, una reducción del 10% en la precipitación media (hacia 2050) conduciría a la disminución en un 20% de las reservas de agua dulce. Además, más especies invasoras podrían aprovechar las altas temperaturas para colonizar algunas islas, interfiriendo con los ecosistemas naturales.

**Los grandes deltas de Asia y África**, donde numerosas poblaciones están muy expuestas a la elevación del nivel del mar, marejadas ciclónicas e inundaciones fluviales. En el este, sur y sudeste de Asia, se prevé un aumento de las enfermedades y las muertes relacionadas con la diarrea, a causa de las inundaciones y las sequías.

Así mismo, se prevé que **Australia y Nueva Zelanda** tengan que afrontar problemas relacionados con la reducción de la productividad agrícola y con las afecciones a zonas





Fuentes: IPCC, 2007; World Resources Institute, 2007; Klein et. al., 2002.

ricas en especies, incluida la Gran Barrera de Coral.

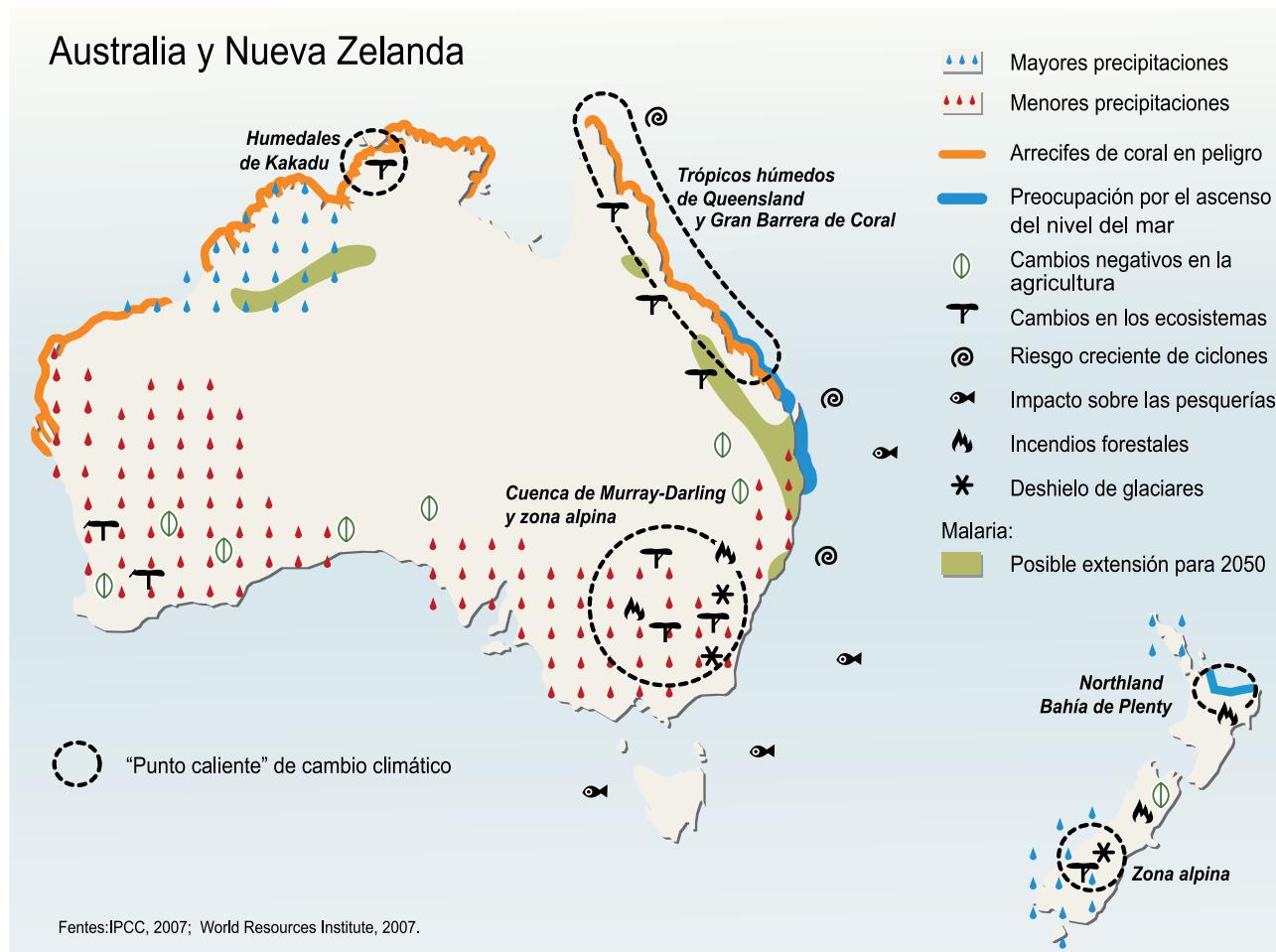
El **Sur de Europa** puede experimentar una reducción en la disponibilidad de agua. En todo el continente, las zonas de montaña sufrirán un retroceso de los glaciares y la reducción de la cobertura de nieve -lo que implica una alta posibilidad de escasez de agua-, y los riesgos para la salud pueden aumentar debido a las olas de calor y los incendios.

**Latinoamérica** puede tener dificultades con la

disponibilidad de agua, como consecuencia de la reducción de las precipitaciones y el retroceso de los glaciares. Además se prevé la pérdida de especies significativas y, hacia mitad del siglo, la sustitución gradual del bosque tropical por la sabana en el este de la Amazonia. La productividad de los cultivos alimentarios puede reducirse, exponiendo a más personas al riesgo del hambre.

**América del Norte** afronta riesgos de escasez de agua, más olas de calor, amenazas a las costas y problemas para algunos cultivos.

## Australia y Nueva Zelanda



# Europa

○ "Punto caliente" de cambio climático



Mayores precipitaciones



Menores precipitaciones



Preocupación por el ascenso del nivel del mar.  
Grandes ciudades afectadas

Malaria:

■ Posible extensión para 2050

Permafrost:

■ Permafrost actual

■ Permafrost en 2050



Cambios negativos en la agricultura



Cambios en los ecosistemas



Incendios forestales



Incendios forestales



Permafrost en 2050



Impacto sobre las pesquerías



Impactos en las regiones de montaña



Deshielo de glaciares

Fuente: IPCC, 2007; Klein et. al., 2002.

Fuerte incremento de la extinción de mamíferos, aves, mariposas anfibios y reptiles para 2050

Mesoamérica

## Latinoamérica



“Punto caliente” de cambio climático



Mayores precipitaciones



Menores precipitaciones



Biodiversidad severamente amenazada en la actualidad, tendencia que persistirá en el futuro



Riesgo de desertificación

Malaria:



Arrecifes de coral en peligro  
Preocupación por el ascenso del nivel del mar. Grandes ciudades afectadas



Distribución actual

Possible extensión para 2050



Cambios negativos en la agricultura



Cambios en los ecosistemas

Impactos en las regiones de montaña

Deshielo de glaciares

Disponibilidad de agua reducida debido a la disminución de los glaciares

Incendios forestales

Impacto sobre las pesquerías



Pérdida del 24% de las especies de árboles para un incremento de temperatura de 2°C

Reducción de la superficie de tierras apropiadas para el cultivo del café

Río de Janeiro

Buenos Aires

Delta del Río de La Plata

## Norteamérica

-  Mayores precipitaciones
-  Menores precipitaciones
-  Preocupación por el ascenso del nivel del mar.  
Grandes ciudades afectadas
-  Cambios negativos en la agricultura
-  Cambios en los ecosistemas
-  Impacto sobre las pesquerías
-  Frecuencia o intensidad de los ciclones en aumento
-  Impactos en las regiones de montaña
-  Incendios forestales

### Permafrost:

-  Permafrost actual
-  Permafrost en 2050

### Malaria:

-  Posible extensión para 2050

Fuentes: IPCC, 2007; World Resources Institute, 2007; Rogers and Randolph; 2000; Klein et. al., 2002.



 "Punto caliente" de cambio climático

## El riesgo de cambios bruscos o irreversibles

El calentamiento global podría provocar algunos impactos repentinos o irreversibles, en función de la tasa y la magnitud del cambio. Por ejemplo, se cree que, en caso de producirse un cambio climático brusco –digamos que en la escala temporal de una década-, se podrían dar modificaciones en la circulación de las corrientes oceánicas, como la cinta transportadora oceánica (ver cuadro).

En escalas temporales más amplias, los cambios en las masas de hielo y en los ecosistemas también podrían traducirse en efectos muy significativos. La pérdida parcial de hielo en la región polar y/o la expansión térmica del agua del mar, durante un periodo de tiempo muy largo, podría suponer la elevación del nivel del mar en varios metros, provocando impactos principalmente sobre las costas, deltas fluviales e islas (grandes transformaciones en las líneas de costa e inundación de zonas bajas). El deshielo completo de la capa de hielo de Groenlandia elevaría el nivel del mar unos 7 metros y podría ser irreversible. El número de personas en el mundo que viven dentro de la franja costera de 100 km y a menos de 100 m por encima del nivel del mar está calculado entre 600 y 1.200 millones –entre un 10 y un 23% de la población mundial-.

Sin embargo, los modelos actuales prevén que, en el caso de que la temperatura global se mantenga en niveles entre 1,9-4,6°C por encima de los niveles preindustriales, estos cambios de gran envergadura ocurrirían a escalas de tiempo muy amplias (milenios).

### La cinta transportadora oceánica

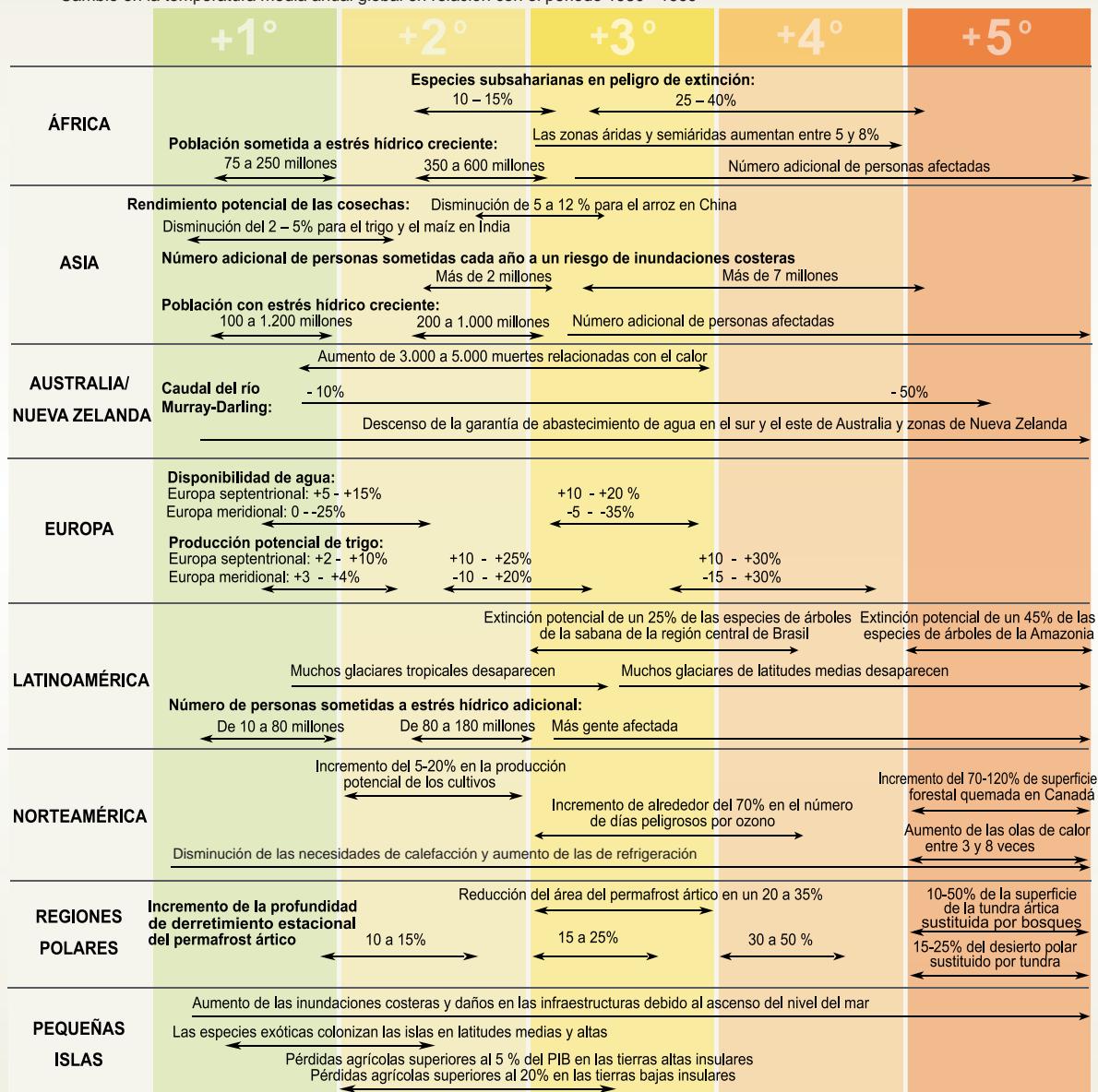
Una posibilidad que provoca fascinación en los medios de comunicación es la de un cambio brusco en la llamada cinta transportadora oceánica. Las corrientes oceánicas muestran patrones específicos de circulación, que están determinados por las diferentes densidades del agua. Las simulaciones actuales indican que es muy probable que la cinta transportadora del Océano Atlántico -la corriente marina generada por la mezcla de agua fría y caliente a lo largo del meridiano-rebaje su velocidad durante este siglo (la Corriente del Golfo, que aporta agua caliente a las latitudes del Norte de Europa, forma parte de este sistema circulatorio). Es muy improbable, sin embargo, que la cinta transportadora oceánica experimente, durante el siglo XXI, un cambio importante de forma repentina y no es posible valorar con seguridad cambios a largo plazo. En cambio, es probable que los impactos persistentes y a escalas amplias en la cinta transportadora incluyan cambios en la productividad del ecosistema marino, las pesquerías, la captura de CO<sub>2</sub>, las concentraciones de oxígeno oceánico y la vegetación terrestre.<sup>6</sup>

6 - Se cree que aproximadamente un tercio de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénico pasa a los océanos, que constituyen el "sumidero" de carbono más activo del planeta.

## Impactos regionales asociados a los cambios globales de temperatura

Los impactos variarán dependiendo de la amplitud de la adaptación, de la tasa de cambio de la temperatura y de la evolución socioeconómica

Cambio en la temperatura media anual global en relación con el periodo 1980 - 1999



# Adaptación y mitigación

Ni la adaptación al cambio climático (reducción de los impactos potenciales a través de medidas que minimicen los daños) ni su mitigación (reducción de los impactos potenciales mediante la ralentización del propio proceso de cambio climático) pueden evitar, por sí solas, todas las consecuencias del fenómeno. Sin embargo, en conjunto, pueden complementarse mutuamente y reducir de forma significativa los riesgos asociados al cambio climático.

Incluso en el caso de que consigamos hacer recortes sustanciales de las emisiones, la adaptación, tanto a corto como a largo plazo, es necesaria para abordar los impactos resultantes del calentamiento. El motivo es que, como se mostró en el capítulo 2, los gases de efecto invernadero emitidos hasta el día de hoy seguirán provocando un efecto de calentamiento sobre el clima, independientemente de cuánto se siga emitiendo de ahora

en adelante. Sin embargo, tenemos opciones para influir en la magnitud y los efectos de los cambios futuros.

Si no actuáramos para ralentizar el cambio climático, probablemente, a largo plazo, los sistemas naturales, así como los creados o gestionados por el hombre, serían incapaces de adaptarse. El momento en el que se sobrepasaría la capacidad adaptativa sería diferente en función de sectores y regiones. Las actuaciones de mitigación tempranas nos proporcionan la oportunidad de desarrollar alternativas a los sistemas e infraestructuras intensivos en carbono y, por tanto, también permitirán reducir la necesidad (y el coste) de la adaptación. Confiar únicamente en la adaptación podría llevarnos a un cambio climático tan intenso que ésta sea inviable o bien conlleve enormes costes sociales, ambientales y económicos.

## Opciones de mitigación

La mitigación del cambio climático persigue reducir la velocidad y la magnitud del cambio. Ralentizar los procesos de cambio climático evitaría, o al menos retrasaría, muchos de sus impactos. El IPCC afirma que si la cantidad de CO<sub>2</sub> eq. se multiplica por dos en relación con los niveles preindustriales, hasta alcanzar unas 550 ppm, las temperaturas globales aumentarán, muy probablemente, 1,5° C o más. De hecho, no podemos descartar la posibilidad de que el ascenso sea superior a 4,5° C.

Para estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera<sup>7</sup>, las emisiones necesitan alcanzar un punto de inflexión, a partir del cual deben disminuir. Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización que deseemos alcanzar, más rápidamente debemos llegar a ese pico e iniciar la posterior disminución de emisiones globales.

Para lograr estabilizar las concentraciones de GEI en niveles inferiores a las 550 ppm de CO<sub>2</sub> eq. antes citadas, las próximas dos o tres décadas serán cruciales. Si no somos capaces de realizar los esfuerzos e inversiones necesarios y los recortes de emisiones se retrasan, aumentará el riesgo de impactos más severos debidos al cambio climático.

Para limitar el calentamiento global a unos 2 - 2,4° C (el objetivo fijado por la Unión Europea y otros países es de 2° C, ya que se cree que, dentro de este límite, aún sería posible la adaptación a los impactos con unos esfuerzos y unos costes asequibles), las emisiones deberían alcanzar el punto de inflexión antes de 2015. Sin embargo, en 2007 las emisiones globales de CO<sub>2</sub> experimentaron un incremento record.

Las actividades económicas tienen un amplio potencial para la mitigación de emisiones de GEI a lo largo de las próximas décadas. Si ese potencial se hiciera efectivo,

<sup>7</sup> - El nivel de estabilización es el punto a partir del cual las concentraciones atmosféricas de GEI dejan de aumentar

podría evitarse el crecimiento previsto de las emisiones globales o incluso reducirlas a niveles inferiores a los actuales.

Algunos estudios señalan la existencia de oportunidades para la mitigación que además proporcionarían beneficios netos. En otras palabras, la mitigación puede generar resultados positivos también en términos económicos, por ejemplo, a través del desarrollo de nuevas tecnologías o de la reducción de los costes energéticos. Se ha estimado que, para 2030, las medidas que pueden acometerse, obteniendo ganancias netas, podrían reducir las emisiones globales en unas 6 gigatoneladas anuales de CO<sub>2</sub> eq.

Asimismo, hay sólidas evidencias y un alto grado de acuerdo entre los científicos del IPCC en torno a la idea de que todos los niveles de estabilización presentados

en la tabla adjunta pueden alcanzarse, ya sea con las tecnologías existentes o con nuevas tecnologías que estarán disponibles a escala comercial en las próximas décadas, siempre que se establezca un marco adecuado para su desarrollo.

## Los efectos colaterales positivos de la mitigación temprana

Existe un potencial considerable para lograr un doble beneficio de las medidas orientadas a mitigar el cambio climático. La reducción de las emisiones de GEI puede llevar aparejados beneficios rápidos y significativos sobre la salud humana, debido a la disminución de la contaminación del aire, efecto que, además, puede compensar una parte sustancial de los costes de mitigación. La eficiencia energética y el empleo de energías

### Escenarios de estabilización

Concentración de CO <sub>2</sub> a la que se logra la estabilización (1)	Concentración de CO <sub>2</sub> -eq a la que se logra la estabilización (2)	Punto de inflexión de las emisiones	Cambio en las emisiones globales de CO <sub>2</sub> en 2050 (% de las emisiones producidas en el año 2000)	Incremento de la temperatura media global respecto a la época preindustrial (en situación de equilibrio)	Ascenso medio global del nivel del mar respecto a la época preindustrial por causa de la expansión térmica (en situación de equilibrio) (3)	Número de escenarios evaluados
ppm	ppm	año		°C	metros	
350 - 400	445 - 490	2000 - 2015	-85 a -50	2.0 - 2.4	0.4 - 1.4	6
400 - 440	490 - 535	2000 - 2020	-60 a -30	2.4 - 2.8	0.5 - 1.7	18
440 - 485	535 - 590	2010 - 2030	-30 a +5	2.8 - 3.2	0.6 - 1.9	21
485 - 570	590 - 710	2020 - 2060	+10 a +60	3.2 - 4.0	0.6 - 2.4	118
570 - 660	710 - 855	2050 - 2080	+25 a +85	4.0 - 4.9	0.8 - 2.9	9
660 - 790	855 - 1130	2060 - 2090	+90 a +140	4.9 - 6.1	1.0 - 3.7	5

Nota: La temperatura media global en situación de equilibrio es distinta de la temperatura media global esperada en el momento en que se produce la estabilización de las concentraciones de GEI debido a la inercia del sistema climático. Para la mayoría de los escenarios evaluados se prevé que las concentraciones de GEI se estabilicen entre 2100 y 2150.

1 - En 2005 la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> era de 379 ppm

2 - La mejor estimación considerando todos los GEI de larga duración y expresada en CO<sub>2</sub> - eq es de 445 ppm, mientras que el valor correspondiente incluyendo el efecto neto de todos los forzamientos antropogénicos es de 375 ppm - eq

3 - El equilibrio en el ascenso del nivel del mar sólo refleja la contribución de la expansión térmica del océano y este equilibrio no se alcanza durante siglos. Se estima que la expansión térmica originada en el largo plazo será de 0,2 a 0,6 m por cada grado centígrado de calentamiento medio global por encima de los niveles preindustriales

## Técnicas y estrategias de mitigación actuales y futuras

	Estrategias disponibles en la actualidad	Estrategias disponibles en el futuro *
<b>TRANSPORTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos híbridos y vehículos más eficientes</li> <li>• Motores diesel más limpios</li> <li>• Biocombustibles</li> <li>• Transferencia del transporte por carretera al ferrocarril y el transporte público</li> <li>• Desplazamientos en bicicleta y a pie</li> <li>• Planificación territorial y del transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles de segunda generación</li> <li>• Aviones más eficientes</li> <li>• Vehículos híbridos y eléctricos avanzados, con baterías más potentes y fiables</li> </ul>
<b>CONSTRUCCIÓN/ VIVIENDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrodomésticos más eficientes</li> <li>• Iluminación eficiente</li> <li>• Aislamiento mejorado</li> <li>• Utilización de la luz natural</li> <li>• Diseño solar activo y pasivo</li> <li>• Fluidos refrigerantes alternativos</li> <li>• Recuperación y reciclado de gases fluorados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño integral de edificios comerciales incorporando tecnologías tales como sensores con respuesta automática y de control</li> <li>• Energía Solar fotovoltaica integrada en los edificios</li> </ul>
<b>INDUSTRIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos eléctricos más eficientes</li> <li>• Recuperación de calor y energía</li> <li>• Reciclaje y sustitución de materiales</li> <li>• Control de emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub></li> <li>• Amplio conjunto de procesos específicos de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética avanzada</li> <li>• Captura y almacenamiento de carbono en la fabricación de cemento y hierro</li> <li>• Electroodos inertes para el aluminio</li> </ul>
<b>AGRICULTURA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión mejorada de cultivos y pastos para incrementar el almacenamiento de carbono en los suelos</li> <li>• Restauración de suelos turbosos cultivados y de tierras degradadas</li> <li>• Gestión mejorada de cultivo del arroz y de y de gestión ganadera y uso del estiércol, orientadas a la reducción de las emisiones de metano</li> <li>• Mejora de los fertilizantes nitrogenados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del rendimiento de los cultivos</li> </ul>
<b>SILVICULTURA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forestación y reforestación</li> <li>• Reducción de la deforestación</li> <li>• Mejora de la gestión de los recursos forestales</li> <li>• Utilización de productos forestales para producir energía que sustituya a los combustibles fósiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de las especies de árboles para mejorar la producción de biomasa y el secuestro de carbono</li> <li>• Mejora de las tecnologías de teledetección para: análisis del potencial de secuestro de carbono de suelos y vegetación; cartografía de cambios de uso del suelo</li> </ul>
<b>RESIDUOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperación del metano de los vertederos</li> <li>• Incineración de residuos con recuperación energética</li> <li>• Compostaje de materia orgánica</li> <li>• Tratamiento de aguas residuales controlado</li> <li>• Reciclaje y minimización de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubiertas y filtros biológicos para optimizar la oxidación del metano (estas tecnologías mejoran la combustión del metano minimizando las emisiones de carbono)</li> </ul>

\* Tecnologías que, según las estimaciones del IPCC, estarán disponibles comercialmente antes de 2030

renovables ofrecen, por su parte, sinergias desde la perspectiva del desarrollo sostenible. Por ejemplo, en los países menos desarrollados, la transición de la leña al sol como fuente energética podría traer consigo: la reducción de las enfermedades y de la mortalidad causadas por la contaminación del aire en los espacios interiores; el alivio de la carga de trabajo de mujeres y niños, que son los que recolectan la leña; así como un freno a la deforestación.

## El papel de las políticas y los estilos de vida

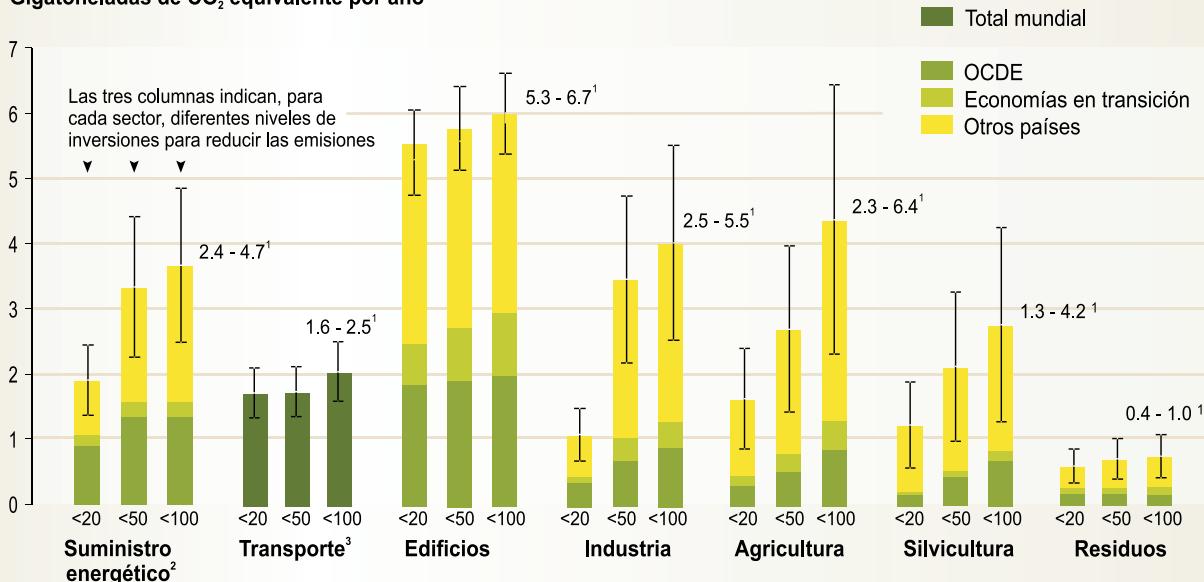
Las políticas que imponen un precio, real o implícito, sobre las emisiones de GEI podrían generar incentivos para que productores y consumidores realicen inversiones

significativas en productos, tecnologías y procesos que producen menos emisiones de GEI. Relacionar de forma efectiva emisiones de carbono y precios permitiría traducir en recortes reales los significativos potenciales de mitigación existentes en todos los sectores.

Diferentes estudios basados en el uso de modelos revelan que, si para el año 2030 los precios globales del carbono se situaran entre los 20 y los 80 \$USA por tonelada de CO<sub>2</sub> eq., las concentraciones atmosféricas de GEI podrían estabilizarse en el entorno de las 550 ppm en 2100. Para ese mismo nivel de estabilización, otros estudios indican que los precios podrían reducirse a los 5-65 \$USA por tonelada de CO<sub>2</sub> eq como consecuencia de los cambios tecnológicos que para entonces habrán tenido lugar.

## Potencial económico de reducción de emisiones de GEI en 2030 (por sectores)

Gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año



1. Potencial de cada sector cuando la inversión llega hasta los 100 \$ USA por tonelada de CO<sub>2</sub>-eq
2. El uso eléctrico se incluye en cada uno de los sectores que utilizan la electricidad, no en el sector energético.
3. Dado que el transporte incluye la aviación, sólo se muestran cifras globales.

Fuente: IPCC, 2007.

Hay evidencias crecientes que indican que las decisiones impulsadas desde las políticas macroeconómicas (por ejemplo, en materia de política agraria, préstamos multilaterales para el desarrollo, reforma de los mercados de la electricidad, seguridad energética o conservación de los bosques), que son frecuentemente consideradas independientes de las políticas sobre el clima, pueden reducir las emisiones de forma significativa, así como afectar a las capacidades de adaptación y a la vulnerabilidad.

A continuación se presentan algunas ideas sobre el desarrollo de las políticas en relación con el cambio climático:

- **Integrar las políticas sobre el clima en las políticas de desarrollo** facilita su aplicación y ayuda a superar barreras.
- **Las regulaciones y estándares** proporcionan certidumbre acerca de los niveles de emisiones. Frente a otros instrumentos, pueden ser preferibles cuando existe falta de información u otras barreras que impiden que productores y consumidores respondan a las políticas de precios. Sin embargo, estos instrumentos no siempre promueven la innovación y la mejora tecnológica.
- **Los impuestos y gravámenes** permiten fijar un precio para el carbono, pero no pueden garantizar un nivel de emisiones concreto. Pueden constituir una vía eficiente para internalizar los costes de las emisiones de GEI.
- **La asignación de derechos comercializables de emisión**<sup>8</sup> constituye una fórmula que permite establecer un precio para el CO<sub>2</sub>. El volumen de emisiones permitidas determina la efectividad ambiental de este instrumento, mientras que el reparto de las asignaciones por sectores permite repartir el esfuerzo entre los distintos sectores productivos, tomando en consideración los condicionantes específicos de cada uno de ellos. Las fluctuaciones del precio del CO<sub>2</sub> en los mercados de carbono hacen difícil estimar cuál es el coste final que tiene respetar las cuotas de emisión establecidas.
- **Los incentivos financieros** (subvenciones y

exenciones tributarias) son utilizados frecuentemente por los gobiernos para estimular el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías. Si bien sus costes económicos son casi siempre mayores que los de las opciones anteriores, a menudo resultan esenciales para superar las barreras que obstaculizan los cambios.

- **Los acuerdos voluntarios entre empresas y gobiernos** resultan políticamente atractivos, incrementan la sensibilización de los sectores implicados y han jugado un papel relevante en la evolución de muchas políticas nacionales. Muchos acuerdos no han logrado un recorte significativo de emisiones. Sin embargo, en algunos países, algunos acuerdos recientes han acelerado la aplicación de las mejores tecnologías disponibles y se han traducido en reducciones de emisiones constatadas.
- **La información** (por ejemplo, las campañas de sensibilización) puede mejorar la calidad ambiental al facilitar la toma de decisiones informada. Este instrumento puede estar contribuyendo a producir cambios conductuales aunque todavía son escasos los casos en los que se ha cuantificado el impacto real sobre las emisiones.
- **Los proyectos de investigación, desarrollo y demostración** pueden estimular los avances tecnológicos y facilitar el avance hacia la estabilización de las concentraciones de GEI.

A continuación presentamos algunos ejemplos de fórmulas utilizadas para integrar el cambio climático en las políticas de desarrollo con el objetivo de promover la mitigación:

- Introducción de cambios en los impuestos y gravámenes para promover el desarrollo sostenible.
- Desarrollo de programas de gestión de la demanda orientados a la reducción del consumo de electricidad, así como de las pérdidas en su transporte y distribución.
- Diversificación de fuentes energéticas, con objeto de reducir la dependencia de las importaciones petrolíferas, y reducción de la intensidad energética de la economía.
- Creación de “incentivos verdes” en los sectores de los seguros, la construcción y el transporte.
- Utilización del sistema financiero propio del país y de estrategias de carácter sectorial con objeto de reducir las emisiones (por ejemplo, favoreciendo inversiones de baja intensidad energética).

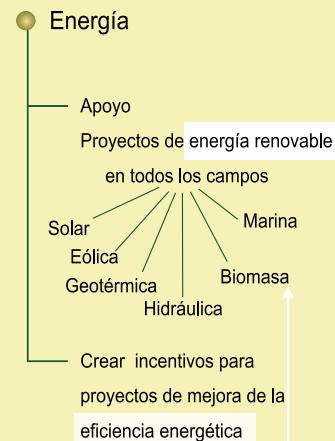
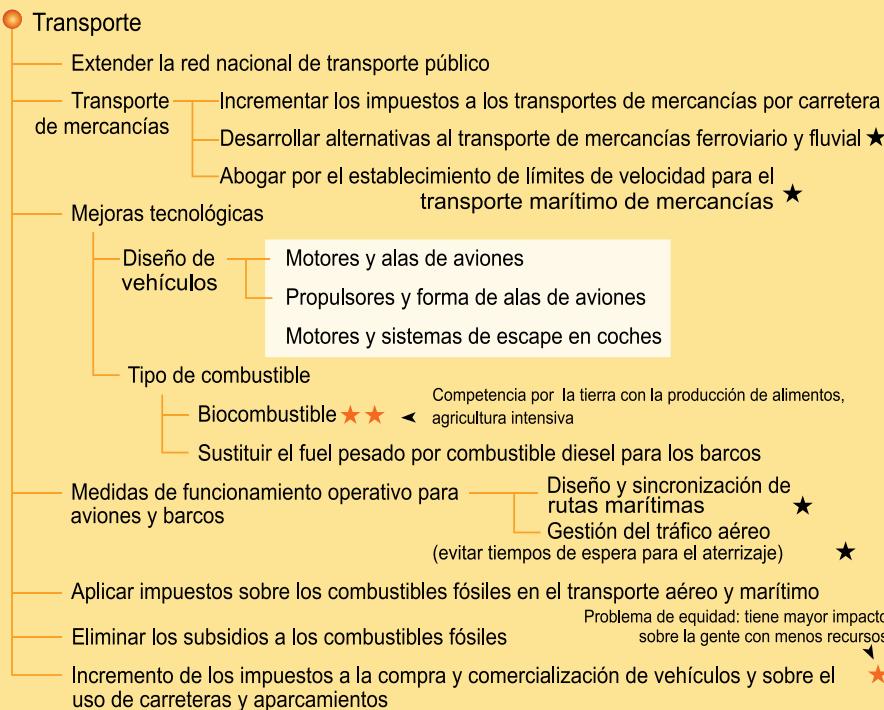
8 - Una asignación comercializable es un instrumento económico en virtud del cual los derechos para emitir obtenidos pueden ser intercambiados, ya sea en un mercado libre o controlado.



● Fijar prioridades claras en Investigación y Desarrollo asignación de fondos

>> El texto en los cuadros blancos indica prioridades de investigación

Almacenamiento de residuos nucleares no resuelto. Persiste el riesgo de accidentes nucleares. La minería de uranio no es limpia



● Campañas educativas y de sensibilización

● Evaluaciones de GEI en el sector público y administración local



# Opciones políticas

- ★ Controversia
- ★ Requiere coordinación internacional

La capacidad de la vegetación para retirar carbono alcanzará su máximo en unas pocas décadas



Prioridad para las redes locales y diversificación de fuentes energéticas

Circuitos de pequeña escala para la producción, el consumo, la gestión de residuos...

Combinar todas las posibilidades locales para las energías limpias

- Ratificar y aplicar el protocolo de Kioto
  - > Comprometerse a la reducción de las las emisiones nacionales
  - Hacer respetar los objetivos nacionales de reducción de emisiones
  - Participar en programas internacionales de reducción de emisiones (en el transporte, la industria, etc) ★
  - Compensar las emisiones inevitables ★
    - Plantar árboles (sumideros de carbono)
    - Financiar proyectos, en países No Anexo I, bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio

## Escala local / ciudad

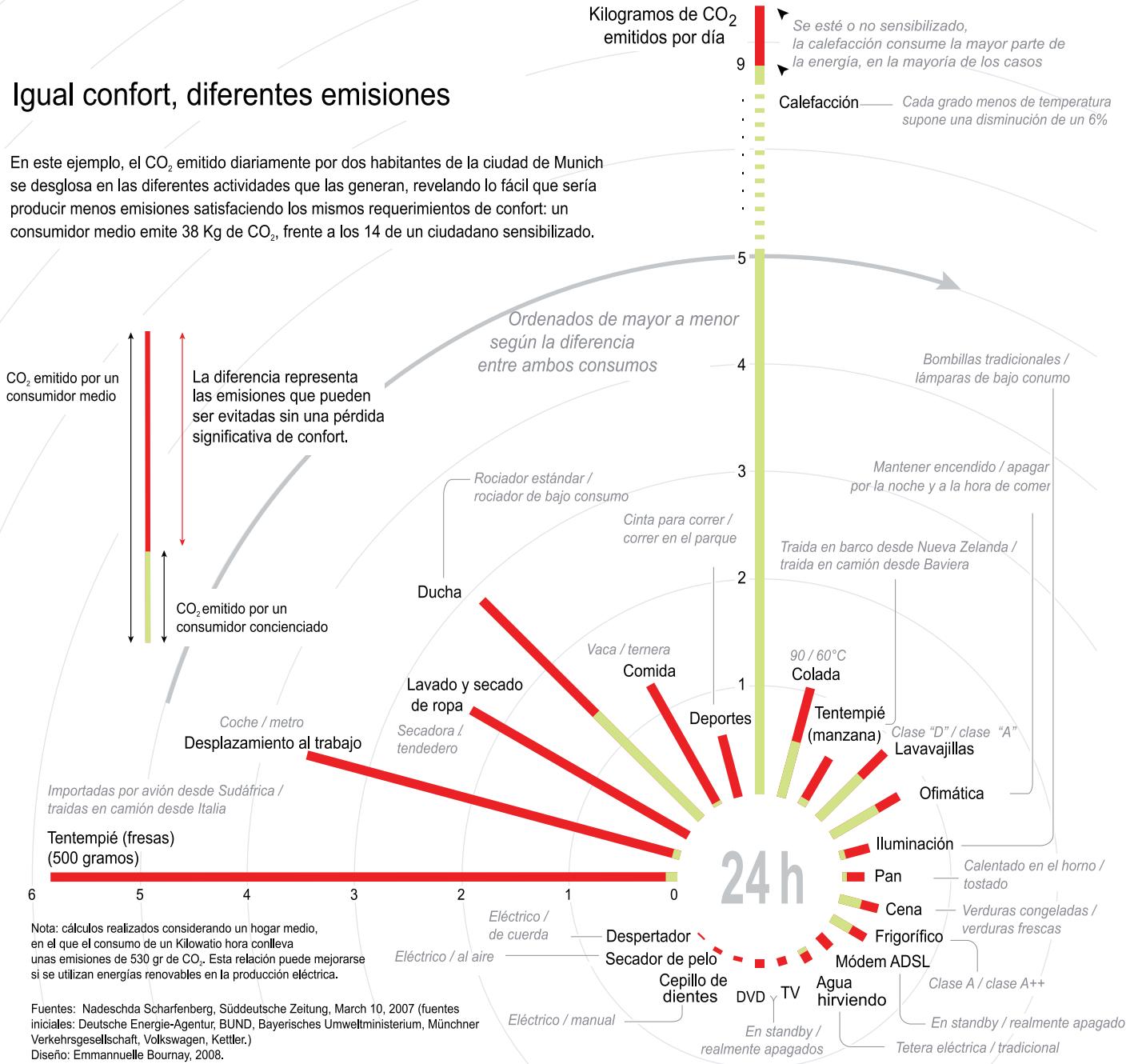
- Construcción
  - Establecer criterios de sostenibilidad para edificios
  - Subvencionar la construcción de edificios bajos en energía
  - Subvencionar la mejora del aislamiento en edificios ya existentes
  - Promover el uso de materiales de construcción locales y ecológicos
  - Utilizar los edificios públicos como ejemplo de buenas prácticas
- Gestión de residuos
  - Políticas de "residuo mínimo"
    - Apoyar proyectos de ecodiseño (desmontaje y reciclaje fáciles)
    - Apoyar campañas de devolución
    - Organizar la clasificación y reciclado de residuos
  - Recuperación de energía de los residuos
    - Para la calefacción
    - Para procesos industriales

- Planificación urbana
  - Limitar la expansión urbana descontrolada
    - Subvencionar la vivienda colectiva en los centros urbanos
    - Subvencionar la rehabilitación de viviendas desocupadas o insalubres en los centros urbanos
    - Poner freno a la especulación inmobiliaria en los centros urbanos
      - Establecer impuestos elevados a las viviendas vacías
      - Utilizar los derechos preferentes de compra, municipales o estatales, para la adquisición de terrenos o edificios en los centros urbanos con el objetivo de ofrecer viviendas colectivas asequibles
    - Convertir este objetivo en prioritario en los documentos oficiales de planificación urbana
  - Controlar y limitar el uso del coche en los centros urbanos
    - Crear zonas peatonales
    - Crear parques y carriles-bici
    - Construir aparcamientos en las periferias urbanas con nodos de transporte público en sus cercanías
    - Ensanchar las aceras para facilitar su uso por toda la ciudadanía (discapacitados, carritos de bebé, etc.)
  - Descentralizar y multiplicar los centros de servicios (disminuyendo la necesidad de desplazamiento)
- Transporte público
  - Ampliar la red de transporte público
  - Ofrecer un servicio fiable y regular (horarios, puntualidad)
  - Hacerlo asequible (subvenciones, precios reducidos)
  - Facilitar su uso a toda la ciudadanía (discapacitados, carritos de bebé)

Fuente: Emmanuelle Bournay, UNEP/GRID-Arendal inspirado en el informe "Mitigation of Climate Change", Working Group III, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

# Igual confort, diferentes emisiones

En este ejemplo, el CO<sub>2</sub> emitido diariamente por dos habitantes de la ciudad de Munich se desglosa en las diferentes actividades que las generan, revelando lo fácil que sería producir menos emisiones satisfaciendo los mismos requerimientos de confort: un consumidor medio emite 38 Kg de CO<sub>2</sub>, frente a los 14 de un ciudadano sensibilizado.



Nota: cálculos realizados considerando un hogar medio, en el que el consumo de un Kilowatio hora conlleva unas emisiones de 530 gr de CO<sub>2</sub>. Esta relación puede mejorarse si se utilizan energías renovables en la producción eléctrica.

Fuentes: Nadeschda Scharfenberg, Süddeutsche Zeitung, March 10, 2007 (fuentes iniciales: Deutsche Energie-Agentur, BUND, Bayerisches Umweltministerium, Münchner Verkehrsgesellschaft, Volkswagen, Kettler.)  
Diseño: Emmanuelle Bournay, 2008.

# Opciones de adaptación

Disponemos de un amplio conjunto de opciones para adaptarnos al cambio climático. Sin embargo, para reducir nuestra vulnerabilidad, son necesarios mayores esfuerzos que los que actualmente se están acometiendo. La población humana, la biodiversidad, el medio físico, los procesos naturales, son todos potencialmente vulnerables a los impactos del cambio climático, aunque en grados muy diversos. La vulnerabilidad puede aumentar cuando confluyen otros factores como la pobreza, el hambre, las tendencias asociadas a la globalización, los conflictos o enfermedades como el SIDA. La capacidad de adaptación a los escenarios generados por un clima más cálido, y, por tanto, de reducción de la vulnerabilidad a los cambios, depende fuertemente del nivel de desarrollo social y económico. Esta capacidad está desigualmente repartida entre sectores sociales, así como entre unas sociedades y otras, pero incluso las sociedades con una elevada capacidad de adaptación son vulnerables a los cambios y los eventos climatológicos extremos. Algunos ejemplos bien conocidos son la ola de calor acaecida en Europa en 2003, que provocó decenas de miles de muertes, especialmente entre la población de mayores, y el huracán Katrina que ocasionó en 2005 numerosas pérdidas humanas y grandes impactos económicos en Estados Unidos.

Aunque aún se sabe poco acerca de los costes y beneficios de la adaptación en una escala global, contamos con un número creciente de estudios, de ámbito regional o centrados en proyectos concretos, sobre sectores como la agricultura, la demanda energética para calefacción y climatización o la gestión de recursos hídricos. Estos estudios demuestran la existencia de opciones viables de adaptación de bajo coste y/o con una favorable relación coste-beneficio. Las investigaciones empíricas también indican que la aplicación de medidas de adaptación temprana permiten obtener mejores relaciones coste-beneficio comparadas con las medidas de respuesta más tardía.

Las estrategias de adaptación podrían incluir medidas sectoriales de los siguientes tipos:

- **Agua:** mejora de los sistemas de captación y almacenamiento. Reutilización, desalinización y mejora de la eficiencia en el uso del agua y en el riego.
- **Agricultura:** cambios en los calendarios de siembra y en las variedades de plantas empleadas. Reubicación de cultivos. Mejora de la gestión de las fincas (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante plantaciones forestales).
- **Infraestructura:** reubicación de comunidades, construcción de diques marítimos y de barreras anti-tormenta, refuerzo de sistemas de dunas, creación de marismas y humedales como sistemas de amortiguación frente a inundaciones y subidas del nivel del mar.
- **Salud humana:** planes de acción para abordar las amenazas derivadas de las olas de calor extremo, mejora de los servicios médicos de emergencia, seguimiento y control de enfermedades sensibles a los cambios del clima, mejora de la calidad del agua potable y de los sistemas de saneamiento.
- **Turismo:** diversificación de recursos turísticos y fuentes de ingreso.
- **Transporte:** reajuste y cambios de recorridos, diseño de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras de transporte para dar respuesta a los nuevos problemas de calentamiento y drenaje.
- **Energía:** reforzamiento de las redes aéreas de transmisión y distribución, soterramiento de líneas de transporte de energía, eficiencia energética y energías renovables, reducción de la dependencia de fuentes energéticas únicas.

# El potencial de la cooperación regional e internacional

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su Protocolo de Kioto han logrado avances significativos en el reto de hacer frente a los desafíos que el cambio climático nos plantea. Han permitido desarrollar respuestas globales al problema del cambio climático, estimular las políticas nacionales, crear un mercado internacional de carbono y establecer nuevos mecanismos institucionales. Estos avances pueden constituir las bases para los futuros esfuerzos orientados a ralentizar el cambio climático. Pero, para lograr una mayor efectividad desde una perspectiva ambiental, los esfuerzos de mitigación futuros deberían lograr mayores reducciones, incluyendo actividades que, en conjunto, afecten a una proporción mayor de las emisiones globales.

La cooperación proporciona muchas posibilidades para lograr reducciones de las emisiones globales en el ámbito internacional. En este marco, los acuerdos de cooperación

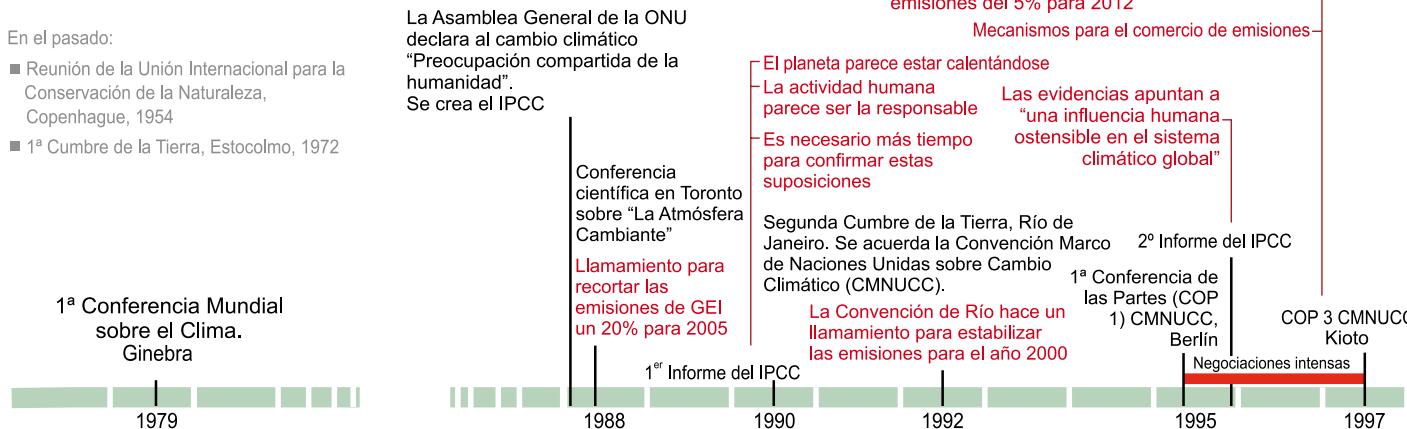
más efectivos serán aquellos que optimicen su relación coste-beneficio, incorporando de forma adecuada criterios ambientales y de equidad, y realizables desde el punto de vista institucional.

El abanico de actividades que la cooperación puede proporcionar en la lucha contra el cambio climático es amplio, e incluye: fijar objetivos de emisiones; desarrollar acciones de escala sectorial, local o regional; diseñar programas de investigación, desarrollo y demostración; adoptar políticas concertadas; impulsar acciones orientadas al desarrollo; o ampliar los instrumentos financieros. Estos diversos aspectos pueden aplicarse de manera integrada, pero es difícil realizar una comparación, en términos cuantitativos, de los esfuerzos desarrollados por los diferentes países ya que resultaría metodológicamente complejo y requeriría muchos recursos.

## Las negociaciones sobre el clima a lo largo del tiempo

En el pasado:

- Reunión de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Copenhague, 1954
- 1ª Cumbre de la Tierra, Estocolmo, 1972



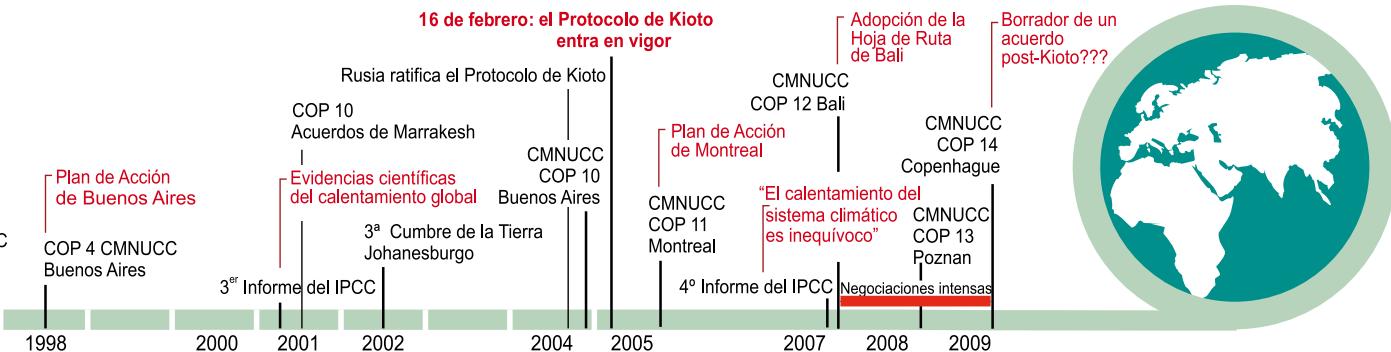
Fuentes: UNFCCC, IPCC, Greenpeace. Primera publicación en: GRID-Arendal, Vital Climate Graphics, 2005

# Los límites de la adaptación y la mitigación

Una vez se logre la estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI, se prevé que, en el plazo de unas pocas décadas, la velocidad a la que ascienden las temperaturas se ralentizará. Sin embargo, se prevén pequeños aumentos de temperatura durante varios siglos. La elevación del nivel del mar debida a la expansión del agua al calentarse continuará durante muchos siglos a unas tasas gradualmente decrecientes, ya que los océanos continuarán absorbiendo calor. Incluso si las concentraciones de GEI y aerosoles se estabilizaran a los niveles del año 2000, se estima que la expansión térmica de los océanos, por sí sola, daría lugar a un aumento suplementario del nivel del mar entre 0,3 y 0,8 metros.

Este ejemplo ilustra la importancia de que los esfuerzos orientados a reducir la tasa y magnitud del cambio climático consideren tanto la inercia del clima como la de los sistemas socioeconómicos.

La adaptación será ineficaz en ciertos casos: determinados ecosistemas naturales se harán inviables (por ejemplo, como consecuencia de la pérdida del hielo marino en el Ártico); algunos glaciares de montaña, que juegan un papel esencial en el almacenamiento y abastecimiento de agua, desaparecerán; y una subida del nivel del mar de varios metros haría imposible muchas actividades o asentamientos costeros. En muchos casos, la adaptación al cambio climático previsto será muy compleja y costosa, por ejemplo en deltas y estuarios. El IPCC ha concluido que la capacidad de adaptación natural de muchos ecosistemas será superada probablemente en el transcurso del presente siglo. A esto hay que añadir la existencia, en los sistemas humanos, de numerosas limitaciones y barreras que obstaculizan una adaptación efectiva.

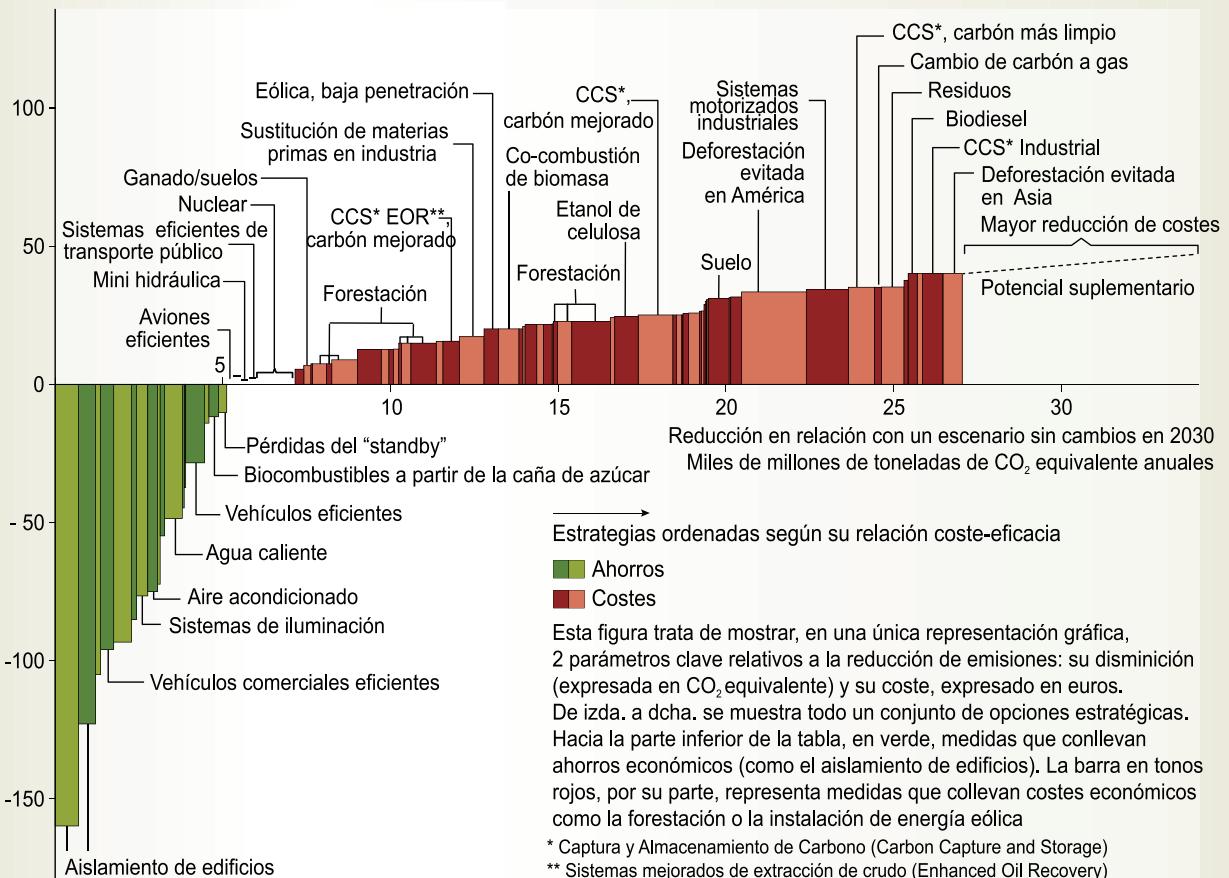


# El coste de los impactos y de los objetivos de mitigación y de estabilización a largo plazo

## Opciones estratégicas para la mitigación del cambio climático

### Costes globales de las medidas de reducción de los gases de efecto invernadero

Coste de reducir las emisiones de GEI en 2030  
Euros por tonelada evitada al año de CO<sub>2</sub> equivalente



Fuente: McKinsey Climate Change Special Initiative, 2007.

Generalmente, cuanto más importantes sean los recortes de emisiones planteados, mayores serán los costes requeridos para lograrlos. Existe un amplio acuerdo en torno a la idea de que, en 2050, el coste medio global de unos esfuerzos de mitigación capaces de estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> eq entre 445 y 710 ppm estará en un rango situado entre un 1% de aumento y un 5,5% de disminución del PIB global. Esta cifra se corresponde con una disminución media del crecimiento del PIB global inferior al 0,12% anual, una cifra muy inferior a su oscilación interanual. Hacia 2030, la pérdida acumulada de PIB con respecto al año 2000 ha sido estimada en un 3% para lograr un nivel de estabilización de GEI entre 445 y 535 ppm CO<sub>2</sub> eq. Esta cifra corresponde a la tasa media de crecimiento anual del PIB, por lo que, si estas estimaciones son correctas, la mitigación del cambio climático produciría un retraso de un año en el crecimiento económico global para el año 2030.

Para incrementos de la temperatura global inferiores a 1-3°C, respecto a los niveles del periodo 1980-1999, se prevé que, para determinados lugares y sectores, haya algunos impactos que produzcan beneficios económicos y otros que supongan costes. Las pérdidas medias globales derivadas de los impactos del cambio climático podrían estar entre el 1 y el 5% del PIB para un calentamiento de 4°C. Pero las pérdidas a escala regional podrían ser sustancialmente mayores.

El coste social del dióxido de carbono ha sido definido como el precio agregado de todos los daños producidos por el cambio climático a escala planetaria. Este coste ha sido estimado en 12 \$ USA por tonelada de CO<sub>2</sub> para 2005 y se prevé que aumente con el paso del tiempo. Considerando que estas estimaciones no incluyen los impactos no cuantificables, los costes netos reales podrían estar siendo subestimados.

Sopesar costes y beneficios de la mitigación (tomando como referencia los impactos evitados) no nos permite todavía determinar cuál sería el nivel de estabilización para el cual los beneficios superan a los costes.

# Desarrollo sostenible, protección ambiental y cambio climático

El cambio climático podría obstaculizar el avance de las naciones hacia el desarrollo sostenible. Es “muy probable” que el cambio climático ralentice el ritmo de avance hacia el desarrollo sostenible, bien directamente (debido a los impactos adversos) o indirectamente (debido al deterioro de la capacidad de adaptación). A lo largo del próximo medio siglo, el cambio climático podría dificultar la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. El cambio climático interactuará, a todas las escalas, con otros problemas relativos al medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, entre ellos la contaminación del agua, el suelo y el aire, los riesgos para la salud, la deforestación y los desastres naturales. Su impacto combinado puede agravarse en el futuro a menos que se desarrollen medidas de adaptación y mitigación.

Por otra parte, la mitigación del cambio climático puede generar sinergias y evitar conflictos con otras dimensiones

del desarrollo sostenible. Por ejemplo, la mejora de la eficiencia energética y el desarrollo de las energías renovables puede traducirse en una mejora de la seguridad energética y una reducción de la contaminación a escala local. Por su parte, el control de la deforestación beneficiará a la biodiversidad y una política de reforestación puede suponer la restauración de tierras degradadas, una mejora de los recursos hídricos y un apoyo a las economías locales, siempre que no compita con la producción de alimentos.

De manera similar, las medidas encaminadas hacia un desarrollo sostenible pueden reforzar las capacidades de adaptación y mitigación, así como reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

# Impactos, riesgos y vulnerabilidad: perspectivas a largo plazo

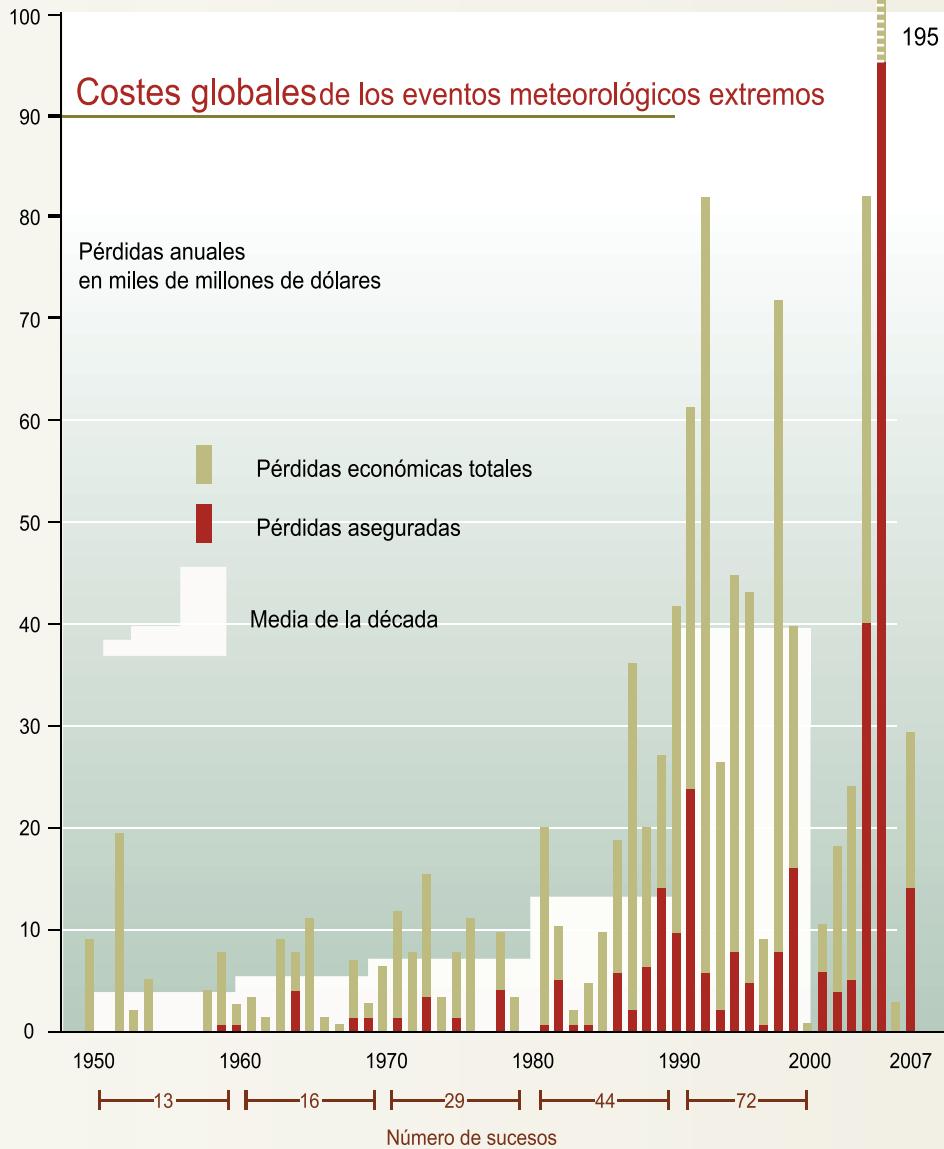
En esta sección se presentan, de forma sintética, ciertos aspectos clave relativos al cambio climático a la luz de los hallazgos más actuales, que permiten reconsiderar los contenidos recogidos en el Tercer Informe de Evaluación, publicado en 2001.

Dicho documento identificó “cinco motivos de preocupación” a largo plazo que, en este Cuarto Informe, son valorados como más graves de lo que lo fueron previamente. Muchos riesgos son ahora identificados con un mayor margen de confianza. Algunos riesgos se estiman como más graves o se considera que se producirán con ascensos de temperaturas inferiores a los previamente calculados. Además, ha mejorado la comprensión de las relaciones entre los impactos (que son la base de los “motivos de preocupación”) y la vulnerabilidad (que incluye la incapacidad de adaptarse a los impactos). Esto ha sido posible gracias a una identificación más precisa de las circunstancias que convierten en especialmente vulnerables a ciertos sistemas, sectores o regiones, así como al aumento de las evidencias sobre el riesgo de impactos de extrema importancia en escalas temporales de varios siglos.

**Riesgos para sistemas únicos y amenazados.** Contamos con nuevos datos en relación con los efectos observables del cambio climático sobre ecosistemas únicos o vulnerables (por ejemplo, comunidades y ecosistemas polares y de alta montaña), que evidencian impactos mayores a medida que las temperaturas ascienden. El riesgo creciente de extinción de especies y de daños en los arrecifes de coral se establece ahora con un mayor nivel de confianza que en el Tercer Informe, debido a las nuevas observaciones recogidas a medida que el calentamiento avanza.

**Riesgo de sucesos meteorológicos extremos.** Las respuestas ante algunos sucesos meteorológicos extremos recientes revela unos niveles de vulnerabilidad, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo, mayores que los estimados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC. Por otra parte, las predicciones que señalan un futuro aumento de sequías, olas de calor e inundaciones son ahora más fiables.

**Distribución de los impactos y la vulnerabilidad.** Existen fuertes diferencias entre regiones; aquellos que se encuentran en una posición económica más débil

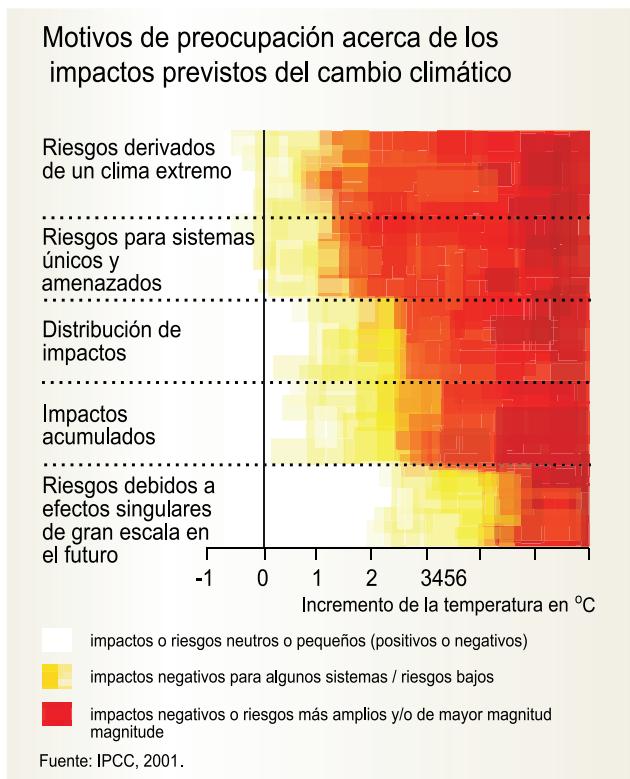


Fuente: Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE, 2008

son a menudo los más vulnerables al cambio climático, especialmente cuando afrontan diversas fuentes de estrés. Hay evidencias crecientes sobre la mayor vulnerabilidad de grupos de población específicos, como los pobres o los ancianos, no sólo en países en desarrollo, sino también en países desarrollados. Las previsiones sobre los patrones regionales del cambio climático previsto así como las relativas a los impactos son también más fiables, lo que permite una mejor identificación de sistemas, sectores y regiones especialmente vulnerables. En este sentido, existe un creciente conjunto de evidencias que señala que las zonas menos desarrolladas y de latitudes más bajas (por ejemplo, zonas áridas y grandes deltas) se enfrentan a riesgos mayores. Los estudios más recientes confirman que África es uno de los continentes más vulnerables, ya que al amplio conjunto de impactos previsto se suma su baja capacidad de adaptación. Las previsiones señalan riesgos sustanciales derivados del ascenso del nivel del mar y que afectan de forma muy especial a los grandes deltas asiáticos y a las pequeñas comunidades insulares.

**Impactos agregados.** En comparación con el Tercer Informe (3IE), las nuevas previsiones indican que los beneficios económicos iniciales derivados del cambio climático alcanzarán su cénit a una temperatura inferior a la anteriormente estimada y, en consecuencia, antes de lo estimado en el citado 3IE. Pero la economía no constituye la única vía para cuantificar los impactos del cambio climático: a lo largo del próximo siglo es probable que sus efectos adversos afecten a cientos de millones de personas, por el aumento de las inundaciones costeras, disminución de los suministros de agua, incremento de la malnutrición y de los impactos sobre la salud.

**Riesgos derivados de singularidades de gran escala (fenómenos únicos).** Es muy improbable que a lo largo del presente siglo se produzca un cambio abrupto de la circulación oceánica. Sin embargo, el calentamiento global a lo largo de los siglos podría producir un ascenso del nivel del mar que, únicamente por expansión térmica, sería mucho mayor que el observado durante el siglo XX, lo que acarrearía una pérdida de áreas costeras, con los correspondientes impactos asociados. Respecto al 3IE hay ahora una mejor comprensión de los riesgos de contribuciones adicionales al ascenso del nivel del mar



por parte de Groenlandia y de la Antártida. Éstas pueden ser mayores que las que se han estimado y podrían darse en escalas de tiempo de tan sólo unos siglos. Estos cambios en las estimaciones, que apuntan a que la tasa de pérdida de hielo podría ser más elevada, se basan en las observaciones recientes del movimiento de los hielos, que no han sido integradas en su totalidad en los modelos evaluados en el 4IE.

# Abreviaturas y acrónimos

## **4IE**

Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007.

## **CO<sub>2</sub>-eq**

CO<sub>2</sub>-equivalente. Se utiliza como medida normalizada de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## **Gigatonelada (Gt)**

Mil millones de toneladas (10<sup>9</sup> T<sup>m</sup>).

## **GEI**

Gases de Efecto Invernadero. Los incluidos en el Protocolo de Kioto son los siguientes:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Metano (NH<sub>4</sub>)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

## **Gt CO<sub>2</sub>**

Gigatoneladas de dióxido de carbono.

## **PCG**

Potencial de Calentamiento Global. Es el efecto combinado del tiempo de permanencia en la atmósfera de un gas y su efectividad atrapando calor cuando permanece en ella.

## **IPCC**

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (siglas en inglés).

## **ppm**

Partes por millón (unidad de medida de la concentración de un gas en la atmósfera).

## **3IE**

Tercer Informe de Evaluación del IPCC (publicado en 2001).

## **CMNUCC**

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

# Glosario

## **Aerosol**

Minúsculas partículas, sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire y que pueden incidir sobre las características del clima. Su origen puede ser natural o humano.

## **Antropogénico**

Término utilizado para hacer referencia a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales, sin influencia humana.

## **Captura de carbono**

También denominada “secuestro de carbono”. Tecnología para atrapar el carbono procedente de las emisiones y almacenarlo en yacimientos subterráneos.

## **Ciclo del carbono**

Término empleado para describir el flujo de carbono a través de la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera.

## **Cinta transportadora oceánica o Circulación termohalina**

Movimiento de agua de gran escala en dirección norte-sur. En el Atlántico esta circulación traslada agua relativamente caliente, cercana a la superficie, hacia el norte y, en profundidad, agua relativamente fría hacia el sur. La corriente del Golfo es parte de esta cinta atlántica.

## **CO<sub>2</sub> equivalente**

Medida normalizada del efecto del conjunto de todos los GEI en el clima. Se define como la concentración de CO<sub>2</sub> que produciría el mismo nivel de forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO<sub>2</sub> y otros GEI. Resulta de transformar el efecto de cada GEI en la cantidad de CO<sub>2</sub> que tendría un efecto equivalente, e integrarlo en una sola figura.

## **Escenario**

Descripción plausible, y generalmente simplificada, sobre

cómo puede desarrollarse el futuro, basada en una serie de asunciones consistentes y coherentes entre sí. Conjunto de hipótesis de trabajo sobre cómo puede evolucionar la sociedad y qué puede suponer esa evolución para el clima.

## **F-Gases**

Gases fluorados. Tres de los seis gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kioto son compuestos fluorados: hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre.

## **Forzamiento radiativo**

Cambio (en relación con el año 1750, que es tomado como momento en que se inicia la revolución industrial) en la diferencia entre la cantidad de calor que entra en la atmósfera y la que sale de ella. Un forzamiento positivo tiende a calentar el planeta, mientras que uno negativo tiende a enfriarlo.

## **Potencial de mitigación**

Capacidad existente para reducir las emisiones de GEI, aún no alcanzada. Potencial de mercado (potencial de reducción en condiciones de mercado, sin nuevas políticas o medidas); potencial económico (mitigación posible si se adoptan medidas políticas que permitan superar los obstáculos del mercado); potencial socioeconómico (potencial de mitigación si se superan obstáculos sociales y culturales); potencial tecnológico (mitigación que resultaría de la aplicación de tecnologías y procesos ya demostrados)

## **Retroalimentación**

Se dice que se produce una retroalimentación en el sistema climático cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influyen en el primero. Una retroalimentación positiva es aquella en la cual el proceso original se intensifica como resultado de la interacción, mientras que en una negativa el proceso original se reduce.



[www.unep.org](http://www.unep.org)

United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552 - 00100 Nairobi, Kenya  
Tel.: +254 20 762 1234  
Fax: +254 20 762 3927  
e-mail: [uneppub@unep.org](mailto:uneppub@unep.org)  
[www.unep.org](http://www.unep.org)

