



CEPADE
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

**NATURALEZA DEL CAMBIO
CLIMÁTICO OBSERVADO Y
RELACIÓN CON LAS
ACTIVIDADES HUMANAS**

Unidad 02

Profesores
Juan HERRERA HERBERT
M^a Loreto RUIZ HERRERO

www.cepade.es

Avda. Dr. Federico Rubio y Galí, 11. 28039 Madrid
Tel.: + 34 (91) 456.27.95 Fax: + 34 (91) 553.55.63



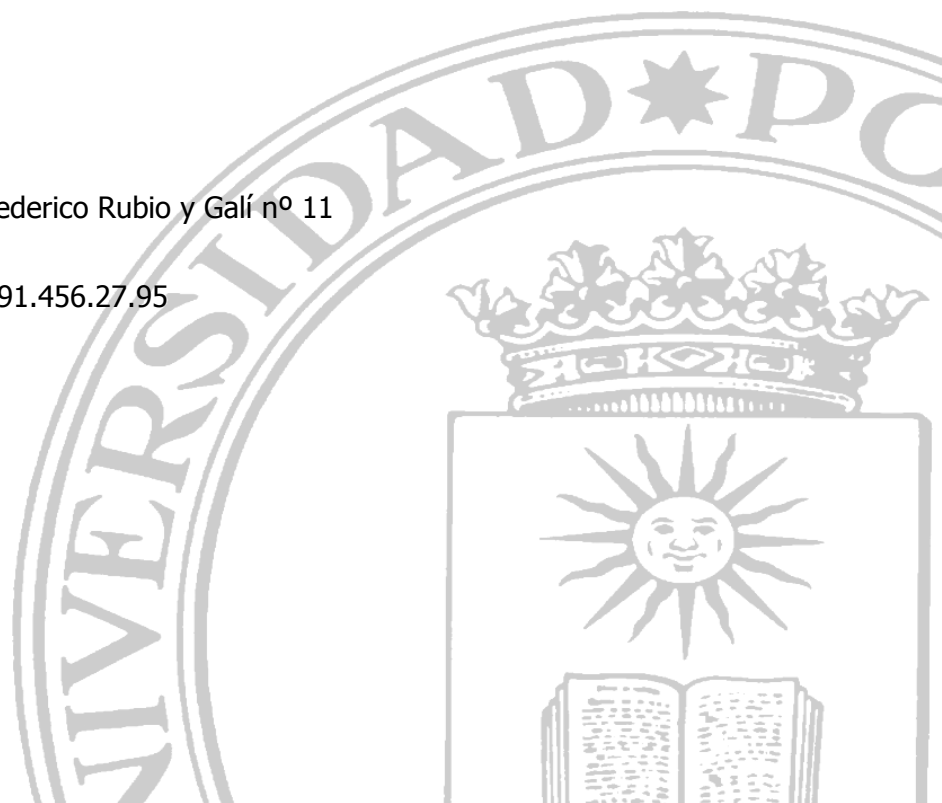
Reservados todos los derechos. El contenido de esta documentación está protegido por la Ley que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio sin la preceptiva autorización.

CEPADE

Avda. Doctor Federico Rubio y Galí nº 11

28039 Madrid

Teléfono: +34 91.456.27.95



Unidad 02

OBJETIVOS DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.....	1
1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN SU CONTEXTO HISTÓRICO	1
2. ESCENARIO ACTUAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	8
3. PANORAMA GENERAL DE EFECTOS Y CONSECUENCIAS DERIVADAS	14
4. ESCENARIOS DE MAYOR PROBABILIDAD	21
5. ESTIMACIÓN DE LA AFECCIÓN DIRECTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA	26
6. COMPLEJIDAD DEL RETO DE AFRONTAR LA MITIGACIÓN Y LA ADAPTACIÓN.....	30

Naturaleza del cambio climático observado y relación con las actividades humanas

OBJETIVOS DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

El objetivo fundamental de esta Unidad Didáctica es abordar los puntos que se señalan a continuación:

- Comprender la magnitud de la dinámica del cambio climático emprendido por el hombre.
- Conocer cuál ha sido la evolución histórica de los estudios sobre el cambio climático.
- Comprender el alcance y las consecuencias del cambio climático.
- Comprender las evidencias, las conclusiones de los estudios y los consensos sobre los resultados.
- Comprender la complejidad del análisis de la evolución de los escenarios climáticos y la dificultad para el establecimiento de predicciones.
- Conocer cuáles son los escenarios esperables sobre los que hay consenso.
- Conocer cuáles son las consecuencias esperables de la evolución del cambio climático.
- Valorar la capacidad de respuesta actual y los márgenes existentes.
- Comprender por qué se necesita de actuaciones coordinadas

1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN SU CONTEXTO HISTÓRICO

En los últimos años, de forma paralela a la sensibilización que se ha venido produciendo acerca del cambio climático, las investigaciones y los medios materiales dedicados a la ciencia del clima han crecido de una forma realmente vertiginosa. Aún así, todavía se considera que la ciencia del clima está en sus comienzos.

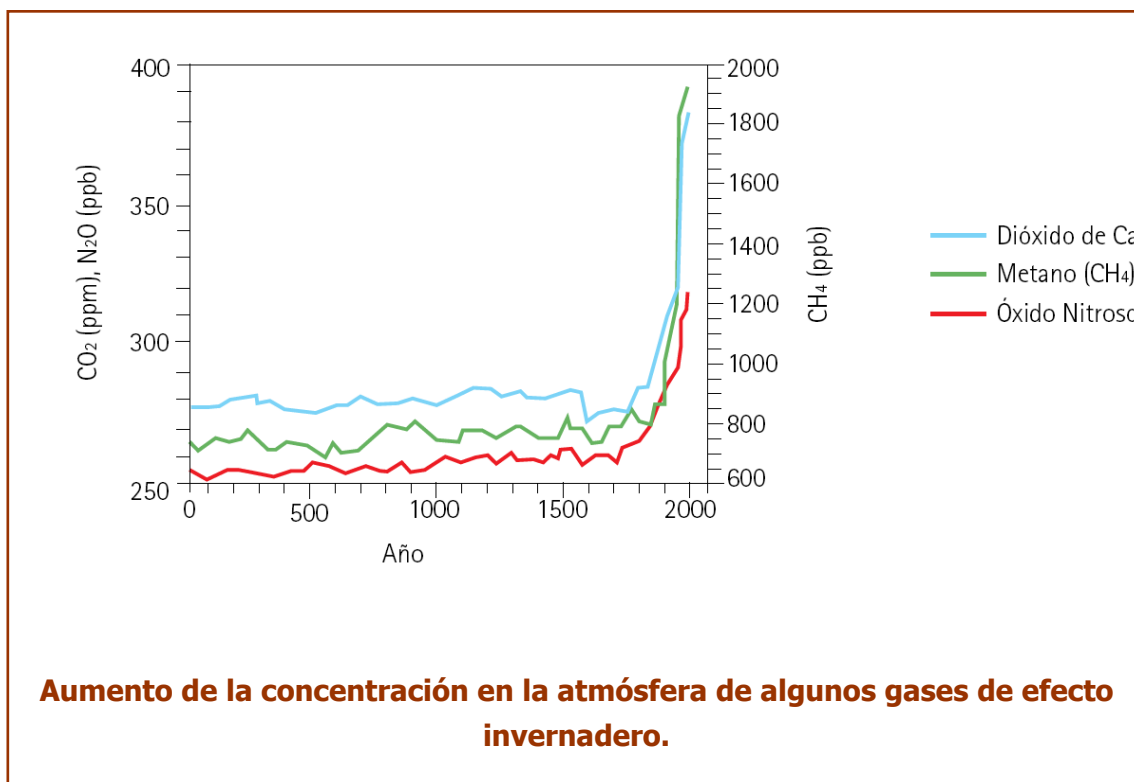
No obstante y, en parte como consecuencia de los esfuerzos que en estos años ha venido realizando el IPCC, hay bastantes aspectos de la evolución climatológica de la Tierra sobre los que hay un cierto consenso. La Tierra ha estado sometida a períodos de glaciación muy prolongados, en los que la temperatura media descendió a valores mucho menores que los actualmente conocidos, mientras que en la actualidad, está comúnmente aceptada la idea de que nos encontramos en uno de los relativamente breves períodos interglaciares, que es llamado "Holoceno" y que comenzó hace aproximadamente unos 10.000 años.

En el período medio de esta era interglacial la temperatura media fue uno o dos grados más alta que la actual, con un aumento más pronunciado en el hemisferio norte y en los veranos.

En épocas más recientes, la Edad Media también coincidió con un período más caluroso que el actual y la temperatura de entonces se cree que coincide con lo que se llama el "óptimo climático", es decir, con aquella temperatura que es más favorable al desarrollo de la vida en la Tierra. En esa época los Vikingos cultivaban Groenlandia, cuyo nombre quiere decir "Tierra Verde". Más tarde, en torno a mediados del siglo XV, se inició lo que se conoce como "la pequeña edad de hielo", en la que la temperatura media de la Tierra debió haberse enfriado hasta aproximadamente mediados del siglo XIX. Entre 1880 y 1940 hubo un calentamiento de origen natural y a partir de ese año y hasta aproximadamente 1975, en coincidencia con el mayor desarrollo de la industria en la Historia, debió haberse producido un nuevo periodo de enfriamiento.

Pero para hablar de la componente antropogénica del cambio climático, cabe echar la vista hacia atrás y recordar que durante el inicio de la revolución industrial el hombre generó prosperidad a través de la quema de combustibles fósiles y de leña, lo que a su vez aumentó la necesidad de cantidades crecientes de madera tanto como combustible como para otros usos industriales, lo que condujo a que los bosques fueran talados de forma totalmente indiscriminada e insostenible. A ello se unió el paulatino crecimiento del consumo mundial de combustibles de origen fósil como el carbón y el petróleo y, más modernamente, el gas natural. Pero sobre todo fue el rápido crecimiento de la población el que ha requerido la destrucción sistemática de áreas forestales para dedicar la tierra a la producción de alimentos, con el empleo del fuego como método generalizado para eliminar la biomasa de esos terrenos, proceso que aún continúa hoy día con inusitada intensidad y no solamente en los trópicos sino también en muchos países desarrollados. El aumento en la población también ha traído aumentos en la producción eléctrica a partir de centrales térmicas o en la producción cementera, gran emisora también de Dióxido de Carbono. El acelerado crecimiento de los vertederos o de las explotaciones de ganado generó un enorme crecimiento paralelo de emisiones de metano y otros gases de efecto invernadero. Todo ello ha dado lugar a elevadas tasas de crecimiento de las concentraciones de CO₂ atmosférico durante el último siglo y medio, razón fundamental del aumento de 0,6°C +/- 0,2°C (desviación estándar) mostrado por la temperatura media de la tierra durante el siglo XX, así como el aumento de 10 a 20 cm en el nivel medio de los océanos. Y aunque el origen preciso del aumento de las temperaturas globales durante el siglo XX ha provocado muchas discusiones, la realización de comparaciones detalladas de los resultados de la aplicación de modelos climáticos con resultados de observaciones directas, sugieren que los cambios antrópicos, particularmente el aumento de los GEI (en adelante, Gases de Efecto Invernadero), son los causantes directos del cambio climático.

De forma más categórica y rotunda, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) indicó ya en el 2001 que ***"a la luz de la nueva evidencia y teniendo en cuenta las incertidumbres remanentes, la mayoría del cambio climático observado durante los últimos 50 años se debe al aumento en las concentraciones de los gases efecto invernadero"***.



Los gases de efecto invernadero, presentes de forma natural en la atmósfera, ayudan a mantener la temperatura media de la superficie terrestre en torno a los 15 °C. Los gases que más contribuyen a este efecto son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nítrico (N₂O). El incremento de las concentraciones de algunos de estos gases y la emisión de otros gases fluorados como el SF₆, PFCs, HFCs, originados como consecuencia de las actividades humanas, han potenciado este efecto de aumento de las temperaturas por una intensificación del efecto invernadero natural, siendo aquí donde más interés muestran los científicos.

La preocupación de la comunidad científica sobre el calentamiento acelerado de la tierra no es nueva. Prueba de ello fue el inicio de un programa de monitorización de las concentraciones del CO₂ atmosférico en Mauna Loa (Hawaii) y en Alaska en el año 1957.

Estas observaciones pusieron de manifiesto dos fenómenos relevantes: en primer lugar, una oscilación anual de unas 6 ppm atribuida a la estacionalidad en la asimilación y liberación del CO₂ en el hemisferio norte en razón de que posee mayor proporción del área terrestre y, por tanto, de vegetación; y en segundo lugar, la observación de una tendencia creciente de tipo exponencial en las concentraciones de CO₂ atmosférico, responsable en gran parte del aumento de la temperatura de la tierra en el siglo pasado.

Entre los años 1970 y 1980 se publicaron algunos estudios basados en observaciones que provocaron las primeras voces de alarma sobre el cambio climático, si bien en una situación distinta a la que hoy día conocemos. Paradójicamente a lo que está sucediendo en la actualidad, estos estudios mostraban que desde 1945 la temperatura de la Tierra se encontraba en descenso. Las protestas de los movimientos ecologistas consiguieron llamar la atención sobre este fenómeno y sobre las consecuencias catastróficas que éste tendría para la humanidad, al tiempo que comenzaron las primeras acusaciones contra la industria como la principal causante de esta evolución.

Desde entonces, las observaciones sobre el incremento en la frecuencia de huracanes, inundaciones, sequías y otros fenómenos climáticos alrededor del mundo, condujeron a la continuación de los estudios científicos que, ya en la década de los años 80, arrojaron resultados con indicios suficientemente preocupantes de que un conjunto de factores causados por el hombre estaban contribuyendo al calentamiento global del planeta. Ya a finales de la misma década y, apoyados por un consenso científico suficientemente amplio, se publicó el descubrimiento de que, al contrario de lo que se pensaba, las emisiones de la industria no estaban provocando el pronosticado enfriamiento climático, sino precisamente el efecto contrario, concluyéndose que, en cualquier caso, el hombre sería responsable de un aumento de la temperatura global y que también provocaría efectos catastróficos.

En 1988, la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) propusieron la integración de un Panel Intergubernamental Científico dedicado a la realización de observaciones y a la formulación de recomendaciones en torno al Cambio Climático. Este panel es comúnmente conocido con el nombre de IPCC por sus siglas en inglés de "Intergubernamental Panel on Climate Change" y está constituido por científicos destacados provenientes de diversas regiones del mundo. Hasta la fecha, el IPCC ha presentado cuatro informes, donde han concluido que el fenómeno del Calentamiento Global, atribuido a la intensificación del Efecto Invernadero, no sólo es real, sino que es muy posible que interferencias de naturaleza antropogénica (es decir, causadas por el hombre) están contribuyendo a agudizarlo.

Las dos últimas décadas del Siglo XX contaron con el mejor instrumento para conocer la evolución de la temperatura global. Fred Singer, ecólogo y uno de los primeros expertos en clima, dirigió la construcción de la red de satélites con los que actualmente se tiene la mejor estimación de temperaturas. Cubren la totalidad del planeta, lo que no ocurre con las mediciones tomadas en tierra, y también, a diferencia de estas, no están contaminados por la actividad humana.

Aún con estos sistemas de medida, existen divergencias y posiciones encontradas, ya que algunos afirman que lo que muestran tanto esta fuente de datos, como los globos aerostáticos, es que no hay un calentamiento o no es importante. Solo los datos tomados en la superficie terrestre registran un calentamiento. Pero dado que muchas de estas estaciones estaban fuera de las ciudades y han sido luego alcanzadas por ellas, ese aumento de las temperaturas se debe simplemente a que las mediciones tienen una creciente influencia del hombre.

En las primeras semanas de Enero de 2006, el Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS, en inglés) de la NASA, con sede en Nueva York, informó que el año 2005 había sido el año más cálido desde 1880, cuando se comenzó a registrar la temperatura de la superficie del planeta. La NASA ha venido manteniendo registros fiables de las temperaturas de la superficie desde finales del Siglo XIX, registros que actualmente obtiene gracias a mediciones de laboratorios en tierra y cálculos desde satélites de las condiciones en el mar.

Según los datos publicados, el año 2005 logró sobrepasar la marca de temperatura registrada en 1998, debido a que la zona ártica registró más calor de lo normal. La temperatura media en el planeta fue de unos 15,6°C, lo que significa 0,6°C superior a la media entre 1951 y 1980. Los registros indican que cinco de los años más calientes en el último siglo han ocurrido en los últimos ocho años, encabezando la lista el año 2005, seguido de 1998, 2002, 2003 y 2004. Es de señalar que en 1998 tuvo lugar el fenómeno atmosférico de El Niño, que consiste en un calentamiento de las aguas del Pacífico, lo que elevó la temperatura en todo el globo. Sin embargo, 2005 ha superado los niveles de ese año incluso sin la aparición de ese fenómeno, lo que hace que el récord de temperatura en 2005 sea especialmente significativo.

El GISS - NASA afirma que en el siglo XX hubo un leve calentamiento, con fluctuaciones hasta 1975 y desde entonces un rápido calentamiento de 0,2 grados por década, lo que ha hecho que desde entonces la temperatura del planeta se ha elevado en 0,6 grados centígrados, mientras que en todo el siglo XX la subida fue de 0,8 grados.

El calentamiento actual se produce en todo el planeta, pero está más acentuado en las altas latitudes del hemisferio norte. De hecho, la mayor subida se da en el Ártico donde la temperatura fue en 2005 unos 2,5 grados por encima de la media, como predijeron los modelos que alertaban del calentamiento por los gases de efecto invernadero. En los últimos 50 años, los mayores calentamientos medidos por año y en verano se han producido en Alaska y Siberia, aunque también en la península Antártica, según los datos presentados.

Este dato es especialmente significativo y apoya la teoría del cambio climático inducido por el hombre porque, si el calentamiento se debiera a una anormal actividad del sol, la temperatura subiría en los trópicos mientras que, si por el contrario se debiera a una variación en las nubes, se daría en otra zona, no en el polo.

En cualquier caso, lo relevante es la confirmación de la tendencia subyacente de calentamiento de la Tierra, ya que el dato de que un año 'sea o no el año más cálido', no confirma que el responsable del aumento de la temperatura sea el cambio climático producido por la emisión de gases de efecto invernadero, aunque sí es una evidencia más en esa dirección.

Para tener un acercamiento al núcleo del problema del cambio climático y entender la necesidad no solamente de establecer, sino también de mantener un compromiso global que conduzca a la aplicación de políticas y medidas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, es necesario conocer también la importancia de la relación existente entre las emisiones y la estabilización de sus concentraciones con el largo período de tiempo necesario para alterar, aunque sea muy ligeramente, las tendencias.

Así, y centrando el análisis solamente en el CO₂, que es el gas con mayor influencia en las causas del cambio climático, se comprueba que una molécula de este gas, una vez emitida, permanece en la atmósfera alrededor una media de cuatro años antes de ser captada por un sumidero, aunque la Tierra, en su conjunto, necesita más de cien años para adaptarse a la alteración de sus emisiones y estabilizar de nuevo su concentración atmosférica.

Por consiguiente, no se pone en cuestión que en el pasado no se hayan producido también alteraciones en la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero que originaron profundos cambios climáticos ni tampoco se pone en cuestión que exista un proceso natural de paulatina subida de la temperatura por causas naturales. Sin perder de vista que una parte de ese incremento de las temperaturas obedece a un ciclo natural del planeta, existe un consenso general en cuanto a que se está dando, de forma coordinada, una participación antrópica que hace que la subida natural se vea potenciada con respecto a la que de alguna manera debería ser por circunstancias naturales.

La razón principal de esta subida potenciada de la temperatura solo puede encontrarse en el mencionado proceso de industrialización general del planeta iniciado hace siglo y medio y, en particular, por la combustión de cantidades cada vez mayores de petróleo, gasolina y carbón, la tala masiva de bosques y algunos métodos de explotación agrícola, que continúan aumentando las emisiones de "gases de efecto invernadero" en la atmósfera, sobre todo de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Aunque estos gases se producen de forma natural y son fundamentales para la vida en la Tierra, ya que sin ellos el mundo sería un lugar frío y yermo, cuando su volumen es considerable y crece sin descanso, provocan unas temperaturas artificialmente elevadas y modifican el clima. A los procesos anteriores hay que añadir las conclusiones de los estudios que señalan que los procesos de degradación que están padeciendo los océanos, están reduciendo enormemente su capacidad de absorción natural de CO₂ y, consecuentemente, están reduciendo su función como sumidero natural de carbono. Otro aspecto que ha venido centrando la preocupación de muchos estamentos científicos es que la diferencia fundamental entre estos cambios naturales y la evolución actual del sistema climático no está en los procesos y sus causas, sino en la velocidad a la que se producen las alteraciones, tanto en la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero como en el clima.

Cada vez es más perceptible que las variables climáticas han cambiado y aparecen de manera cada vez más regular manifestaciones de distinto tipo como es que la extensión de los glaciares se ha reducido en 10% y los niveles del mar han subido entre 10 y 20 centímetros o que se observa una mayor frecuencia e intensidad en la ocurrencia del fenómeno de "El Niño", los huracanes y ciclones o de las sequías en Asia y África.

La temperatura global en el año 2001 fue la segunda más alta de la historia, según la organización meteorológica mundial (World Meteorological Organisation), recopilando datos hasta finales de noviembre de 2001. Este dato sitúa a 2001 como el vigesimotercer año consecutivo en el que la media de temperatura en la superficie del planeta fue superior a la media de los años 1961-1990. A 2001 sólo lo supera 1998 como año más caluroso, debido al efecto de El Niño. Nueve de los diez años más cálidos registrados se han producido desde 1990 y esta ha sido la década más cálida en el último milenio.

Estos cambios están ocurriendo a una velocidad sin precedentes. Si las emisiones continúan creciendo al ritmo actual, es casi seguro que en el Siglo XXI los niveles de dióxido de carbono atmosférico serán casi el doble de los registrados en la era preindustrial. Es posible incluso que se tripliquen.

Cierto grado de cambio climático ya es inevitable debido a las emisiones pasadas y actuales. El clima no responde de inmediato a los cambios externos, pero después de 150 años de industrialización, el calentamiento atmosférico ha ganado impulso, y continuará repercutiendo en los sistemas naturales de la Tierra durante centenares de años, aún cuando se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y deje de aumentar su concentración en la atmósfera.

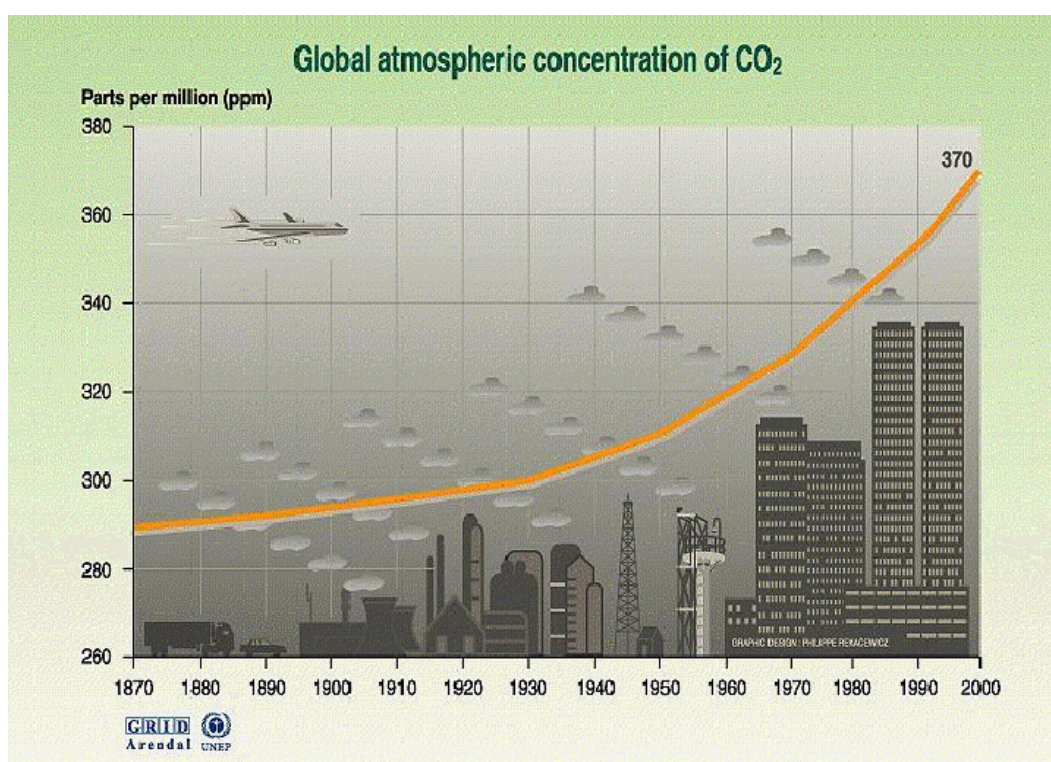
2. ESCENARIO ACTUAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Fruto de lo que se ha dado en llamar "efecto invernadero reforzado", hoy en día podríamos estar acercándonos a ese "óptimo climático" mencionado anteriormente, aunque los datos no son concluyentes. La temperatura media de la superficie terrestre ha subido más de 0,6 °C desde los últimos años del siglo XIX y se prevé que aumente de nuevo entre aproximadamente 1,4 °C y 5,8 °C para el año 2100, lo que representa un cambio rápido y profundo. Aplicando un criterio conservador que deje fuera planteamientos y extrapolaciones extremas, cabe decir que, **considerando tan solo que el aumento real sea el mínimo previsto, será mayor que el registrado en cualquier siglo de los últimos 10.000 años y esto es lo que hace que el cambio climático deba ser considerado como un problema suficientemente preocupante.**

Desde mediados del siglo XIX y muy especialmente en las últimas décadas, las actividades humanas han provocado un sustancial aumento del efecto invernadero tanto por el incremento artificial de las concentraciones de GEI naturales como por la síntesis de gases radiactivamente activos inexistentes en la naturaleza (clorofluorocarbonados y halocarbonados). El carbono almacenado en los combustibles fósiles durante millones de años, empezó a quemarse para mover las máquinas de vapor que empleaban hulla y luego derivados del petróleo para los motores de combustión interna. Aproximadamente unas $\frac{3}{4}$ partes de las emisiones antropogénicas a la atmósfera de GEI es originada por la quema de los combustibles fósiles, en una tasa que se incrementa año a año y sin precedentes conocidos. A ello se suman las continuas liberaciones adicionales de CO₂ por transformaciones de los bosques en campos de cultivo o sabanas, así como por el cultivo de tierras vírgenes, lo que estimula la descomposición de la materia orgánica del suelo. La industria, como es el caso de la energética o de la cementera también emite enormes cantidades de CO₂ a la atmósfera.

El cuarto informe de evaluación del IPCC del año 2007 concluye que "(...) *las concentraciones globales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que abarcan muchos cientos de años.*

El aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el metano y el óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura".



En términos de cifras concretas, los resultados de los estudios publicados conducen a lo siguiente:

- La concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado desde unas 280 ppm a principios del siglo XIX a unas 370 ppm en la actualidad, lo que significa un aumento de un 32%. Esta mayor concentración de CO₂ junto con las del resto de gases de efecto invernadero se puede relacionar con un aumento de la temperatura media global del aire, cerca de la superficie terrestre, de 0,74 + 0,18 °C desde 1900.
- El metano ha aumentado sus concentraciones en un 115 % entre el periodo preindustrial y 1990 (de 0,8 a 1,72 ppm), debido principalmente a la quema de combustibles fósiles y de biomasa, la deforestación, la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los humedales y el cambio de uso de la tierra.

Asimismo, este aumento también procede del incremento generalizado de la ganadería de rumiantes, las termitas, la minería de carbón y los depósitos y vertederos de basuras.

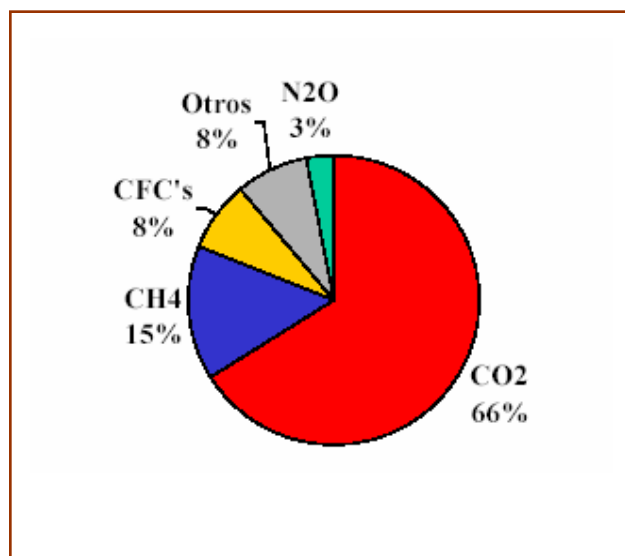
- El óxido nítrico aumentó un 7,6 % en el mismo periodo de tiempo (de 288 a 310 ppb), incremento que se atribuye también a la quema de combustibles fósiles, al uso de fertilizantes, a la quema de la biomasa y el cambio en el uso de la tierra.
- El vapor de agua no ha sido incluido hasta ahora en ningún estudio a pesar de ser GEI, quizás porque la concentración de vapor de agua está integrada dentro del sistema climático y es prácticamente nula la capacidad de actuación sobre ella.
- Los gases clorofluorocarbonados (CFC) y los halocarbonados (HCFC) son gases sintéticos empleados como propelentes de aerosoles, refrigerantes y/o solventes. Además de ser un GEI, destruyen la capa de ozono. Desde que se firmó en 1987 el "Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Agotan la Capa de Ozono" estos gases han venido siendo substituidos por otros que no destruyen la capa de ozono, pero que si son radiactivamente activos tales como HFC, PCF, SF₆.

	Concentraciones		Crecimiento actual (%/año)
	Preindustrial	Actual	
CO₂ (ppm)	280	367	+ 0,4
CH₄ (ppb)	700	1.780	+ 0,6
N₂O (ppb)	275	280	+ 0,25
CFC11 (ppt)	0	268	0
HCFC22 (ppt)	0	110	+ 5

El IPCC ha llegado también a la conclusión de que un aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero por encima de las 550 ppm desembocaría en un calentamiento superior a los 2 °C. Este aumento, aparte de intensificar las consecuencias del cambio climático, podría desencadenar otros fenómenos que liberarían mayores cantidades de gases invernadero, agravando más aún el problema (por ejemplo, pérdida de permafrost en latitudes elevadas y emisión del metano contenido).

	Tiempo de vida (años)	Potencial de Calentamiento Global		
		20 años	100 años	500 años
CO ₂	50-200	1	1	1
CH ₄	12.2±3	56	21	6.5
N ₂ O	120	280	310	170
CFC11	50	4900*	3800*	
HCFC22	12.1	4000*	1500*	
HFC23	264	9100	11700	9800
SF ₆	3200	16300	23900	34900

*Efectos directos solamente, sin considerar su efecto sobre la capa de ozono



Los países desarrollados, que suponen el 20 % de la población total, emiten el 60 % del dióxido de carbono. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de los gases de efecto invernadero haya aumentado en más de un 30 % desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

Emisiones de carbono per cápita (ton C)			
Región / País	Origen		Total
	Fósil	Biosfera	
Norte América	5,3	0,4	5,7
América Latina	0,6	3,0	3,6
Ex - URSS	3,5	0,1	3,6
Sudeste Asiático	0,5	2,5	3,0
Europa Occidental	2,0	0,1	2,1
China	0,9	0,1	1,0
Africa	0,4	0,1	0,5

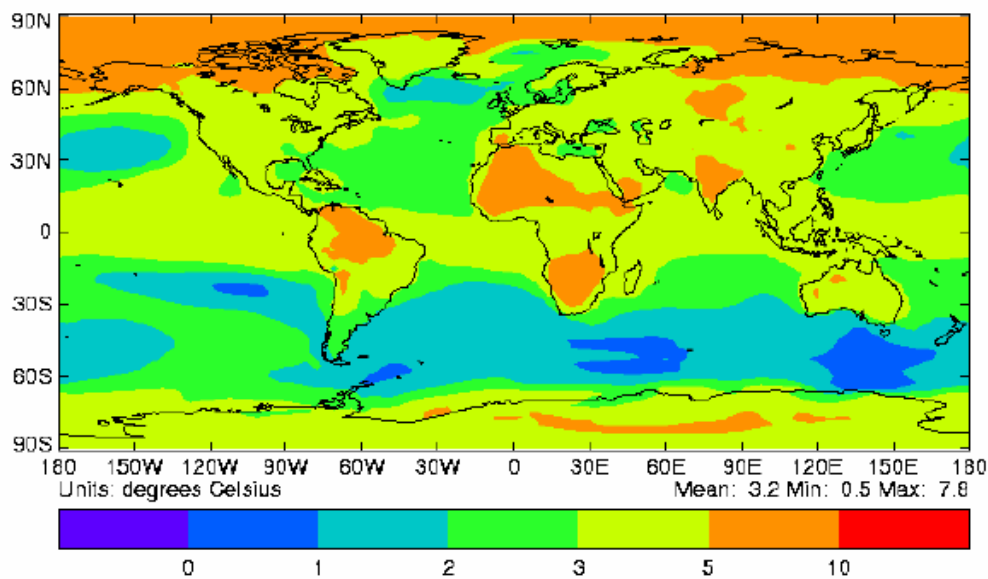
La comunidad científica reconoce de manera unánime la importancia de los ecosistemas terrestres a la hora de equilibrar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Los bosques almacenan un depósito enorme de carbono, el cual se puede aumentar por el crecimiento de los bosques, la regeneración y la reforestación; o contrariamente, puede decrecer cuando los bosques son talados o degradados, liberando el carbono a la atmósfera. No obstante, la deforestación, especialmente en los países en vías de desarrollo, continúa jugando un papel importante en la acumulación atmosférica de GEI.

A lo largo de los trópicos, la conversión de zonas selváticas y boscosas para usos agrícolas, la extracción maderera indiscriminada y el establecimiento de pastizales para el ganado y agroindustrias, contribuyen a la liberación a la atmósfera del carbono almacenado en bosques primarios. Los países en desarrollo han sido históricamente contribuyentes menores de emisiones de combustibles fósiles; sin embargo, las emisiones actuales originadas en esta deforestación y otros cambios en el uso de suelo, son mucho mayores que las de este sector en los países industrializados y se estima que una cuarta parte del total de las emisiones antropogénicas anuales se derivan de este cambio en las masas forestales y en el uso del suelo.

Pero, por otro lado, los bosques, especialmente en los trópicos, son sumideros de CO₂ de la atmósfera y juegan un papel muy importante en el almacenamiento de carbono terrestre. De acuerdo con las conclusiones del IPCC, los bosques contienen el 80% de todo el carbono almacenado sobre el nivel del suelo en ecosistemas terrestres y el 40% de todo el carbono del suelo.

Las reservas de combustibles fósiles, la vegetación y el carbono asociado del suelo, son depósitos importantes, sobre los cuales los seres humanos pueden influir directamente en la tasa de emisión o absorción de carbono a la atmósfera. Reducir las emisiones provenientes de combustibles fósiles claramente debe ser el principal objetivo de cualquier esfuerzo a largo plazo para reducir la peligrosa acumulación de GEI en la atmósfera. Sin embargo y de manera complementaria, y teniendo en cuenta las tecnologías actuales, capturar carbono en la biomasa y los suelos es la forma más costo-efectiva para extraer dióxido de carbono de la atmósfera. Aunque se explica con más detalle en otras unidades didácticas, cabe señalar que se ha identificado un enorme potencial para incrementar los sumideros de carbono de los bosques a través de la reforestación, forestación y la gestión forestal.

**Change in annual average surface air temperature
 from 1960–1990 to 2070–2100 from HadCM2 IS92a**



Hadley Centre for Climate Prediction and Research, The Met. Office

3. PANORAMA GENERAL DE EFECTOS Y CONSECUENCIAS DERIVADAS

En los últimos años se ha producido una auténtica eclosión de estudios e informes que abordan el cambio climático y sus consecuencias en un arco que abarca desde los postulados totalmente alarmistas a los puramente negacionistas. Dejando de lado tanto unos extremismos como los otros y acudiendo a un planteamiento más objetivo, es claro que un mundo sobrecargado con 6.300 millones de personas y un increíble patrimonio natural, es un lugar arriesgado para realizar experimentos incontrolados con el clima.

Aunque todavía existe un cierto grado de incertidumbre sobre las consecuencias precisas que tendrá la aparición del cambio climático pero más sobre la forma en la que se producirían estos impactos, tanto en términos de magnitud como en sus periodos de ocurrencia, existe un consenso generalizado en que, entre sus efectos previsibles, se encuentran:

- Subida de las temperaturas medias trayendo aparejada una mayor incidencia en los fenómenos extremos en forma de olas de calor en verano y de frío en invierno.
- Subida del nivel del mar;
- Incremento del estrés hídrico en muchas zonas debido a cambios en la distribución de las precipitaciones y a una mayor frecuencia e intensidad de inundaciones y sequías;
- Mayor incidencia e intensidad de tormentas y otros fenómenos meteorológicos extremos;
- Desaparición de glaciares y de permafrost;
- Cambio de los sistemas de circulación oceánica que influyen en la climatología global;
- Mayor incidencia de riadas;
- Pérdida de estacionalidad en las regiones del mundo donde existen actualmente;
- Cambios en la propagación de ciertas enfermedades; y
- Cambios en fenómenos climáticos regionales como El Niño.
- Reducción de la productividad agrícola en determinadas regiones terrestres o alteraciones en los sistemas naturales.

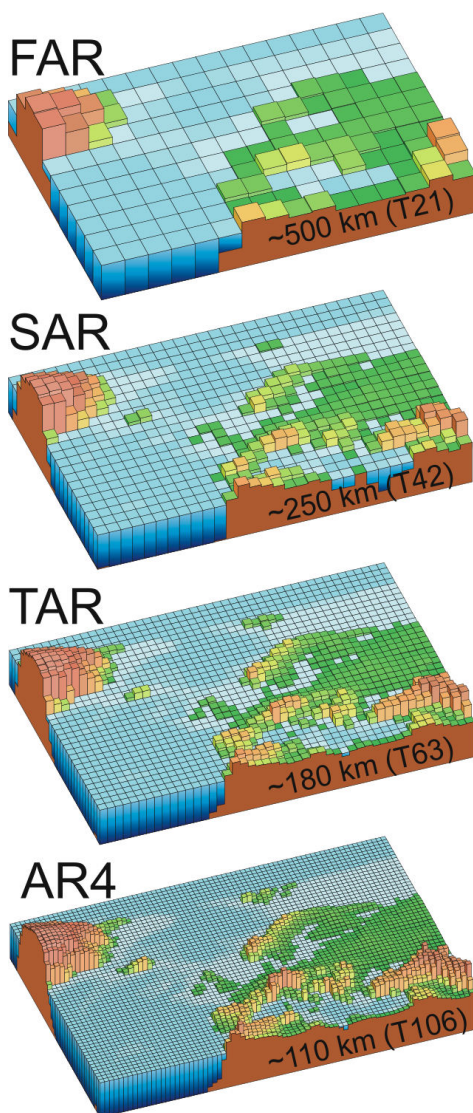
Consecuentemente, se prevén impactos significativos en aspectos tan dispares como las actividades productivas, la salud humana o determinados sectores financieros. A ello se suma que los países menos desarrollados son más vulnerables, ya que tienen menos posibilidades para adaptarse a los cambios.

El conocimiento más avanzado acerca del tema de Cambio Climático lo presenta el **Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático** (más comúnmente conocido por sus siglas en inglés **IPCC**), establecido en 1998. El IPCC es la Agencia especializada de las Naciones Unidas creada para profundizar en el conocimiento sobre el fenómeno de modo que se puedan diseñar respuestas adecuadas. El IPCC emite un informe, aproximadamente cada 5 años, a partir de la información disponible y los avances en la investigación producidos en todo el mundo.

El primer informe del IPCC sobre el Cambio Climático (1990) condujo a la ONU a tomar la decisión de integrar un Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) encargado de redactar un Convenio Marco sobre Cambio Climático. Entre febrero de 1991 y mayo de 1992, el comité se reunió cinco veces y contó con la participación de 150 países. Durante las negociaciones del comité se tocaron temas como:

- a) El principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, según el cual le corresponde una mayor responsabilidad a los países desarrollados dada su contribución histórica al calentamiento global mediante sus procesos de industrialización;
- b) Metas y períodos de cumplimiento para la reducción de gases de efecto invernadero; obligaciones jurídicamente vinculantes; y
- c) La asistencia financiera y la transferencia de tecnología para que los países en desarrollo pudieran cumplir con los compromisos derivados del Convenio.

Desde la década pasada, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha proporcionado a los políticos recopilaciones imparciales de información que constituyen el consenso científico internacional sobre el cambio climático. En las tres reuniones celebradas entre enero y marzo de 2001, expertos de gobiernos de todo el mundo aprobaron, palabra por palabra, los resúmenes de los últimos descubrimientos contenidos en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC. El Financial Times del 13 de marzo de 2001 describió el último informe de IPCC como "un informe de consenso que supone un ejemplo".



Representación gráfica de cómo han ido evolucionando las características de resolución de los modelos climáticos utilizados en los IPCC Assessment Reports: FAR (IPCC, 1990), SAR (IPCC, 1996), TAR (IPCC, 2001a), y AR4 (2007).

Las figuras representan como las sucesivas generaciones de estos modelos globales han ido mejorando la resolución del continente europeo. Estas ilustraciones son una representación de la resolución horizontal, mucho más precisa, utilizada para simulaciones climáticas a corto plazo. term climate simulations.

Las simulaciones relativas a un plazo de un siglo citadas en los IPCC Assessment Reports posteriores a FAR fueron originalmente generadas con la resolución de la generación anterior.

La resolución vertical tanto de los modelos de la atmósfera como del océano no se ha representado en la figura, pero también se ha mejorado en paralelo a la resolución empezando con una única cobertura de océano y diez coberturas de la atmósfera en el FAR hasta llegar a las treinta coberturas tanto de océano como de atmósfera en los siguientes modelos.

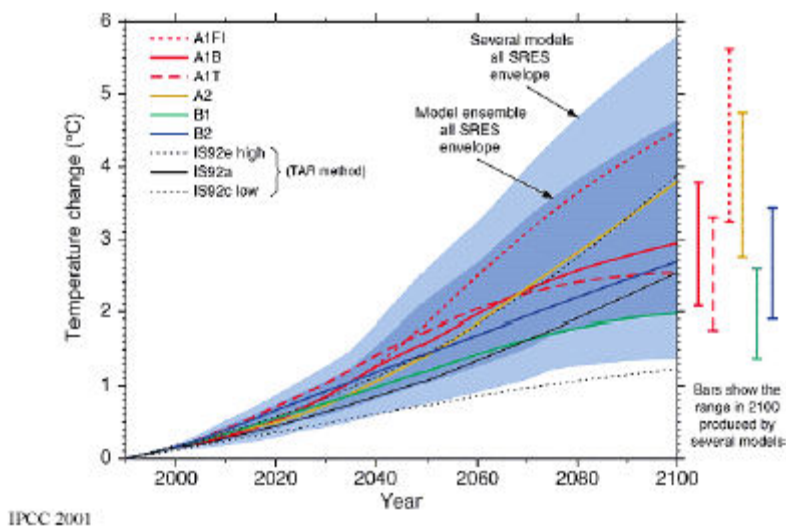
A continuación se enumeran diez descubrimientos clave de cada uno de los tres Grupos de Trabajo del IPCC, resumidos:

Grupo de Trabajo nº 1 del IPCC: la ciencia del cambio climático. Diez descubrimientos clave:

1. Las temperaturas medias en la superficie de la Tierra han aumentado en 0,6 grados centígrados (1,1 grados Fahrenheit) desde 1860, especialmente en el siglo pasado. Este aumento puede ser diez veces más rápido en este siglo.
2. "Hay una nueva y más fuerte evidencia que afirma que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribuible a la actividad humana."

3. Para evitar que las temperaturas sigan aumentando hasta 5, 10 o incluso 15 °C (9-27 °F), deberán reducirse las emisiones de gases que producen el efecto invernadero por debajo de los niveles actuales. La única cuestión radica en saber con qué rapidez lo vamos a hacer y cuánto se ha calentado el planeta mientras tanto.
4. Científicos del IPCC han doblado prácticamente sus predicciones del calentamiento medio posible durante el próximo siglo en casi 6°C. (más de 10°F) a menos que intervengamos para detenerlo.
5. El calentamiento de la atmósfera será más energético y el clima, de forma generalizada, más extremo. Las áreas húmedas serán más húmedas, mientras que las zonas secas se harán más secas y las zonas tormentosas, más tormentosas.
6. Se espera que las consecuencias del cambio climático sean más graves en la mayoría de las zonas rurales que en la media del planeta, con regiones en el sur de Europa, Asia central y gran parte de África entre las más afectadas.
7. Existe un riesgo real de un repentino y brusco cambio en el sistema climático en un corto período de tiempo. Estos saltos se producen de forma natural, pero es mucho más posible que se produzcan por causa del estrés que el calentamiento del planeta provoca en el sistema.
8. Una de las consecuencias de este fuerte cambio climático podría ser que cesasen las corrientes oceánicas que mantienen a Europa a más de 25 °C (45 °F), más caliente que Siberia en el invierno.
9. Los niveles del mar seguirán aumentando durante cientos de años después de que la temperatura atmosférica se estabilice. Muchos lugares se encuentran ya amenazados.
10. La creación de "sumideros de carbono" para absorber el dióxido de carbono — por ejemplo, mediante las reforestaciones— puede disminuir lentamente el calentamiento del planeta, pero sólo de forma marginal. La confianza en los sumideros de carbono está plagada de incertidumbres desde el punto de vista científico.

Aumento de la temperatura global

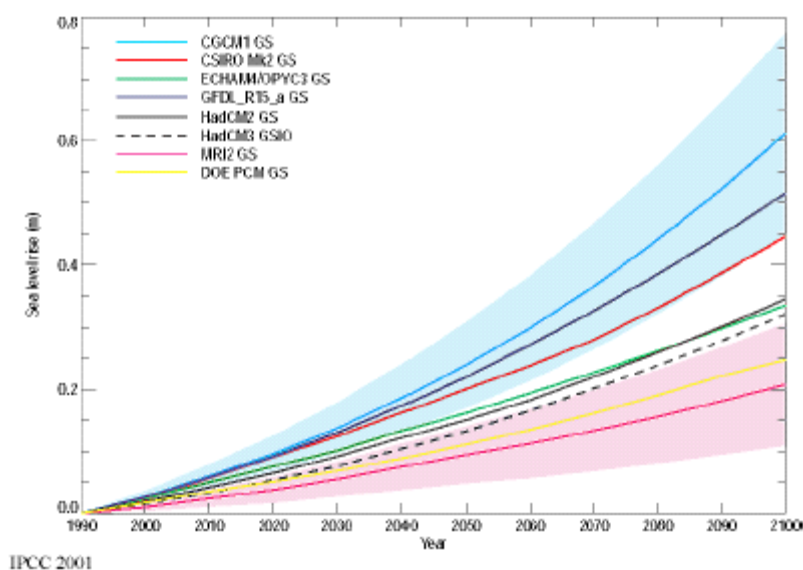


Grupo de Trabajo nº 2 del IPCC: impactos producidos por el cambio climático. Diez descubrimientos clave:

1. El cambio climático está en marcha, a veces afectando los patrones migratorios de los animales, los de floración de las plantas y el ciclo de vida de los insectos.
2. En el futuro, las cosechas en los trópicos podrían descender mucho, a veces de forma catastrófica, produciendo posiblemente un resurgimiento de la hambruna en partes de África.
3. Se espera que muchas enfermedades se extiendan, con la malaria y la enfermedad de dengue volviendo a Europa y a Norteamérica.
4. En el año 2080 se espera que hasta 200 millones de personas sufran inundaciones debido a tormentas costeras cada año.
5. Diez millones de personas viviendo en deltas, áreas costeras a nivel del mar y en pequeñas islas probablemente se queden sin hogar debido a la subida del nivel del mar.
6. Los incendios forestales se convertirán en una epidemia desde el Himalaya hasta la selva africana, desde Siberia hasta el sur de Francia.
7. El riesgo "más extendido" para las poblaciones de seres humanos es el de las inundaciones y los corrimientos de tierra, provocados por el incremento previsto de la intensidad de precipitaciones y la subida del nivel del mar.

8. El ciclo hidrológico podría verse radicalmente alterado. El agua desaparecerá de donde se esperaba y necesitaba, y reaparecerá en aquellos sitios donde no se esperaba y sólo causará catástrofes.
9. Las pérdidas económicas anuales derivadas de los desastres climáticos se multiplicaron por diez hasta llegar a 40.000 millones de dólares americanos en el período que va desde los años 50 hasta los 90. Y aún se espera que la situación empeore.
10. La "migración" de los ecosistemas sólo se producirá en raras ocasiones. La mayoría de especies clasificadas como muy amenazadas pueden llegar a extinguirse, y la mayoría de las etiquetadas como amenazadas o vulnerables es posible que se acerquen a su extinción.

Subida del nivel del mar



Grupo de Trabajo nº 3 del IPCC: cómo mitigar el cambio climático. Diez descubrimientos clave:

1. El progreso técnico para encontrar formas de detener las emisiones de gas causantes del efecto invernadero ha sido más rápido de lo que se previó.
2. El progreso de los coches de motor híbrido eficaces, mejores turbinas de aire y el avance de la tecnología de célula energética ha sido muy rápido. Los coches de célula energética se comercializarán en el año 2003.
3. Se están llevando a cabo acercamientos beneficiosos a muchas más tecnologías, incluyendo la energía procedente de la biomasa.

4. Podrían introducirse "opciones tecnológicas conocidas" con suficiente rapidez para estabilizar el CO₂ atmosférico a dos veces los niveles pre-industriales, o incluso por debajo.
5. Pero desde comienzos de los años 90, se ha producido una disminución en las investigaciones y desarrollos encaminados a reducir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero.
6. Demasiados establecimientos comerciales del mundo que incluyen una demanda urgente de energía y transporte todavía se mueven en la dirección equivocada y compensando los avances tecnológicos. Muchas de estos establecimientos se mueven por continuos precios energéticos bajos.
7. El mundo no dispone de suficientes reservas de petróleo y gas para aumentar las concentraciones atmosféricas de CO₂ hasta dos veces los niveles pre-industriales.
8. La amenaza real se encuentra en el carbón y los nuevos combustibles fósiles como los alquitranes y pizarras bituminosas. Con estos elementos, hay suficiente carbono disponible en las conocidas fuentes de los combustibles fósiles para multiplicar por 17 la cantidad de CO₂ que ya se ha liberado en la atmósfera.
9. Es necesario tomar pronto decisiones sobre el hecho de que el mundo desarrolle tecnologías para reemplazar estas nuevas fuentes de combustibles fósiles, o al menos investigar nuevas fuentes de energías renovables no contaminantes.
10. El problema del cambio climático es ahora un asunto político, al menos en la misma medida que es un problema técnico o económico.

En el tercer informe de evaluación y basándose en evidencias científicas, el IPCC concluye que "las observaciones dan una figura colectiva de un calentamiento mundial y otros cambios en el sistema climático". Las nuevas predicciones del IPCC para el siglo XXI, corroboradas en el cuarto informe, señalan que las temperaturas globales seguirán subiendo, el nivel del mar experimentará ascensos significativos y la frecuencia de los fenómenos climáticos extremos aumentará. El Tercer Informe de Evaluación afirmaba que:

- Se confirma que, a lo largo del último siglo, las temperaturas globales en la superficie de nuestro planeta han ascendido.
- Se evidencia el aumento de la frecuencia de ciertos fenómenos climáticos extremos.
- Se constata el retroceso en la extensión de la nieve o los glaciares y la subida del nivel del mar, confirmándose así cambios en el sistema climático global.

- Se afirma que los nuevos modelos para el estudio del clima indican la existencia de una estrecha relación entre las concentraciones atmosféricas de gases invernadero y los cambios observados.
- También se insiste en que las concentraciones de gases invernadero han seguido aumentando como resultado de las actividades humanas.

El cuarto informe del IPCC (AR4), publicado en 2007, señala que los escenarios futuros de impacto por el incremento de la temperatura global incluyen consecuencias como las siguientes:

- En 2020, entre 75 y 250 millones de personas sufrirán escasez de agua en África.
- El rendimiento de las cosechas podría aumentar un 20% en el Este y el Sureste Asiático, y disminuir hasta un 30% en Asia Central y Meridional.
- La agricultura de secano podría experimentar una reducción de hasta un 50% en algunos países africanos de aquí a 2020.
- Si las temperaturas aumentan entre 1,5 y 2,5°C, un 20-40% de las especies animales y vegetales sufrirán un mayor riesgo de extinción.
- El cambio climático ya ha multiplicado entre 2 y 4 la frecuencia de las olas de calor, y durante los próximos 40 años, los episodios de calor extremo serán cien veces más probables que a finales del Siglo XX.
- Se prevé una disminución de los glaciares y del manto de nieve perpetua, reduciendo la disponibilidad de agua en los países que se nutren del deshielo. Por ejemplo, para 2030 se prevé la desaparición completa del agua procedente del deshielo de los glaciares en ciertas partes de los Andes.

4. ESCENARIOS DE MAYOR PROBABILIDAD

Como se ha señalado anteriormente, los cambios del clima y, particularmente, los aumentos de temperatura, han afectado ya a diversidad de sistemas físicos y biológicos en muchas partes del mundo se están registrando ya aumentos de los valores climáticos extremos y del nivel del mar, que se están estudiando para conocer las eventuales consecuencias sobre los sistemas ecológicos, el agua, la seguridad de los alimentos y la salud humana. La vulnerabilidad de las sociedades humanas y de los sistemas naturales ante los extremos del clima se pone de manifiesto en los daños, dificultades y defunciones causados por fenómenos tales como sequías, crecidas, olas de calor, avalanchas o tormentas de viento. Ya se dispone de datos a partir de los sucesos habidos en las últimas décadas, que confirman de entrada que el impacto de este tipo de fenómenos recae, desproporcionadamente, sobre los países en desarrollo y sobre la población pobre.

En el caso de Europa, las zonas de Europa meridional y del Ártico son más vulnerables que otras zonas. En la parte Sur y en la cuenca mediterránea disminuirá la disponibilidad de agua, aumentarán las sequías, las olas de calor y otros fenómenos extremos. En las zonas costeras aumentará el riesgo de inundaciones, y la pérdida de humedales con implicaciones importantes para los asentamientos humanos, la industria, el turismo, la agricultura y los hábitats naturales de las costas. Habrá algunos efectos positivos en la agricultura en Europa del Norte; sin embargo, disminuirá la productividad en Europa meridional y oriental. Habrá un desplazamiento de las zonas bióticas hacia mayores alturas y hacia el Norte. Las temperaturas más elevadas y las olas de calor pueden cambiar los destinos tradicionales del turismo de verano y unas condiciones de nieve menos fiables pueden tener impactos negativos en el turismo de invierno.

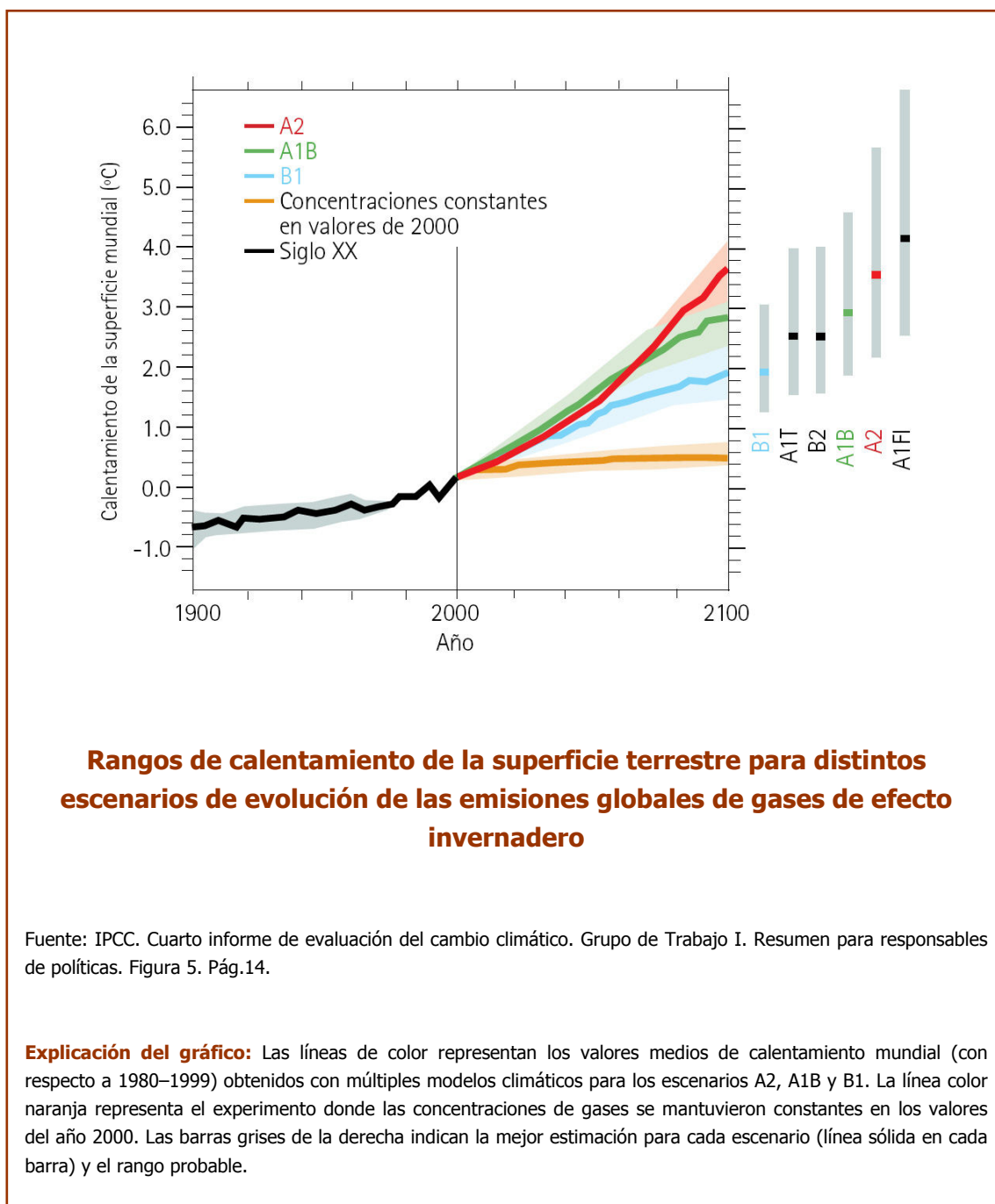
El consenso científico mantiene que seguramente habrá un aumento global de la temperatura entre 1,5 y 4,5°C en los próximos 100 años, que se suma al ya existente de 0,5°C que ha experimentado la atmósfera desde la Revolución Industrial. Poder predecir como afectará todo esto al clima global sigue siendo una tarea muy difícil porque el aumento de temperatura tendrá efectos expansivos y efectos inciertos que se agregan a otros efectos inciertos.

Aunque existen todavía muchas incertidumbres que no permiten cuantificar con la suficiente precisión los cambios del clima previstos, la información validada hasta ahora es suficiente para tomar medidas de forma inmediata, de acuerdo al denominado "principio de precaución" al que hace referencia el Artículo 3 de la Convención Marco sobre Cambio Climático. La inercia, los retrasos y la irreversibilidad del sistema climático son factores muy importantes a tener en cuenta y, cuanto más se tarde en tomar esas medidas, los efectos del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero serán menos reversibles.

Los especialistas barajan dos escenarios en función de cómo evolucionen en el mundo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), responsables del cambio climático. Uno malo (el llamado B2), y otro peor (el A2). El primero contempla para el año 2100 el doble de las emisiones actuales y una concentración de CO en la atmósfera de 760 partes por millón de CO₂ en la atmósfera. Al segundo escenario se llegaría si la comunidad internacional no ataja el problema e implicaría un aumento del 120 % de las emisiones, hasta las 850 partes por millón, lo que dispararía el calentamiento global muy por encima del límite catastrófico a partir de los dos grados centígrados.

Queda claro que la previsión de cambios en los próximos 100 a 150 años, se basan íntegramente en modelos de simulación. Comprensiblemente la gran mayoría de los modelos se han concentrado sobre los efectos de la contaminación antrópica de la atmósfera por gases invernadero, y en menor grado, en los aerosoles atmosféricos.

La mayor preocupación presente, es determinar cuánto se caldeará la Tierra en un futuro cercano.



En la última década, varios modelos complejos de circulación general (GCMs), han intentado simular los cambios climáticos antropogénicos futuros. Han llegado a las siguientes conclusiones:

- Un calentamiento global medio, de entre 1,5 y 4,5°C ocurrirá, siendo la mejor estimación 2,5°C .
- La estratosfera se enfriará significativamente.
- El calentamiento superficial será mayor en las altas latitudes en invierno, pero menores durante el verano.
- La precipitación global aumentará entre 3 y 15%.
- Habrá un aumento en todo el año de las precipitaciones en las altas latitudes, mientras que algunas áreas tropicales, experimentarán pequeñas disminuciones.

Modelos más recientes dependientes del tiempo, que acoplan los componentes oceánicos y atmosféricos, han entregado estimaciones más confiables, los resultados más significativos indican:

- Un calentamiento global medio de 0,3°C por década, asumiendo políticas no intervencionistas.
- Una variabilidad natural de aproximadamente 0,3°C en temperaturas aéreas superficiales globales, en una escala de décadas.
- Cambios en los patrones regionales de temperatura y precipitaciones similares a los experimentos de equilibrio.

Aunque los modelos CGM proveen las simulaciones más detalladas de los cambios climáticos futuros, los estreñimientos computacionales evitan que sean usados en estudios de sensibilidad que permitan investigar los defectos potenciales futuros en el mundo real, con respecto a las emisiones de gases invernaderos.

Usando las sensibilidades de "mejor estimación", se generan escenarios que dan un rango de calentamiento entre 1,5 y 3,5°C para el año 2100. Bajo condiciones sin intervención, la temperatura superficial global promedio, se estima aumentaría entre 2 y 4°C , en los próximos 100 años. Hasta las proyecciones más optimistas de acumulación de gases invernadero, no pueden prevenir un cambio significativo en el clima global del próximo siglo. En los peores escenarios, la temperatura superficial global medio, podría aumentar en 6°C para el año 2100.

Como conclusión, la temperatura global media podría aumentar entre 2 y 4°C para el año 2100, si el desarrollo global continúa a los ritmos actuales. Si se incorpora la influencia de los aerosoles atmosféricos al modelo, el calentamiento disminuye a aproximadamente 0,2°C por década, en los próximos 100 años. Esta tasa de cambio climático, aún así, es más rápida que en cualquier otro momento de la historia de la Tierra.

Impactos previsibles para distintas variaciones de la temperatura global media anual con respecto a 1980-1999 (°C)*

	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
AGUA		Aumento de la disponibilidad de agua en los trópicos húmedos y en las latitudes altas				3.4.1,3.4.3
			Disminución de la disponibilidad de agua y aumento de la sequía en las latitudes medias y en las latitudes bajas semiáridas			3.ES, 3.4.1,3.4.3
			Cientos de millones de personas expuestas al aumento del estrés hídrico			3.5.1, T3.3, 20.5.6, TS.B.5
ECO-SISTEMAS			Hasta el 30% de las especies con mayor riesgo de extinción		Extinciones significativas** alrededor del mundo	4.ES, 4.4.11
		Aumento de decoloración del coral	La mayoría decolorado	Mortalidad generalizadas de los corales		T4.1, F4.4, B4.4, 6.4.1, 6.6.5, B5.1
		La biosfera terrestre tiende a una fuente de carbono neta como:	~15%	~40%		4.ES, T4.1, F4.2, F4.4
		Creciente cambio de hábitat de las especies y riesgo de incendios descontrolados	Cambios de ecosistema debido al debilitamiento de la circulación meridional de retorno			4.2.2, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.5, 4.4.10, B4.5
ALIMENTOS		Impactos negativos, complejos y localizados en pequeños propietarios, agricultores de subsistencia y pescadores				5.ES, 5.4.7
		Tendencia de la productividad de cereales a disminuir en latitudes bajas		Disminución de la productividad de todos los cereales en latitudes bajas		5.ES, 5.4.2, F5.2
		Tendencia de la productividad de algunos cereales a aumentar en latitudes medias y altas		Disminución de la productividad de los cereales en algunas regiones		5.ES, 5.4.2, F5.2
COSTAS		Aumento de los daños ocasionados por inundaciones y tormentas				6.ES, 6.3.2, 6.4.1, 6.4.2
				Pérdida de aproximadamente el 30% de los humedales costeros del mundo***		6.4.1
			Más millones de personas sufrirían inundaciones costeras cada año			T6.5, F6.B, TS.B5
SALUD			Aumento de la carga de desnutrición y enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e infecciosas			8.ES 8.4.1 8.7 T8.2, T8.4
			Aumento de morbilidad y mortalidad debido a olas de calor, inundaciones y sequía			8.ES, 8.2.2, 8.2.3, 8.4.1, 8.4.2, 8.7, T8.3, F8.3
			Cambio en la distribución de algunos vectores			8.ES, 8.2.8, 8.7, B5.4
				Considerable carga en los servicios de salud		8.6.1

Fuente: IPCC. Cuarto informe de evaluación del cambio climático (2007).

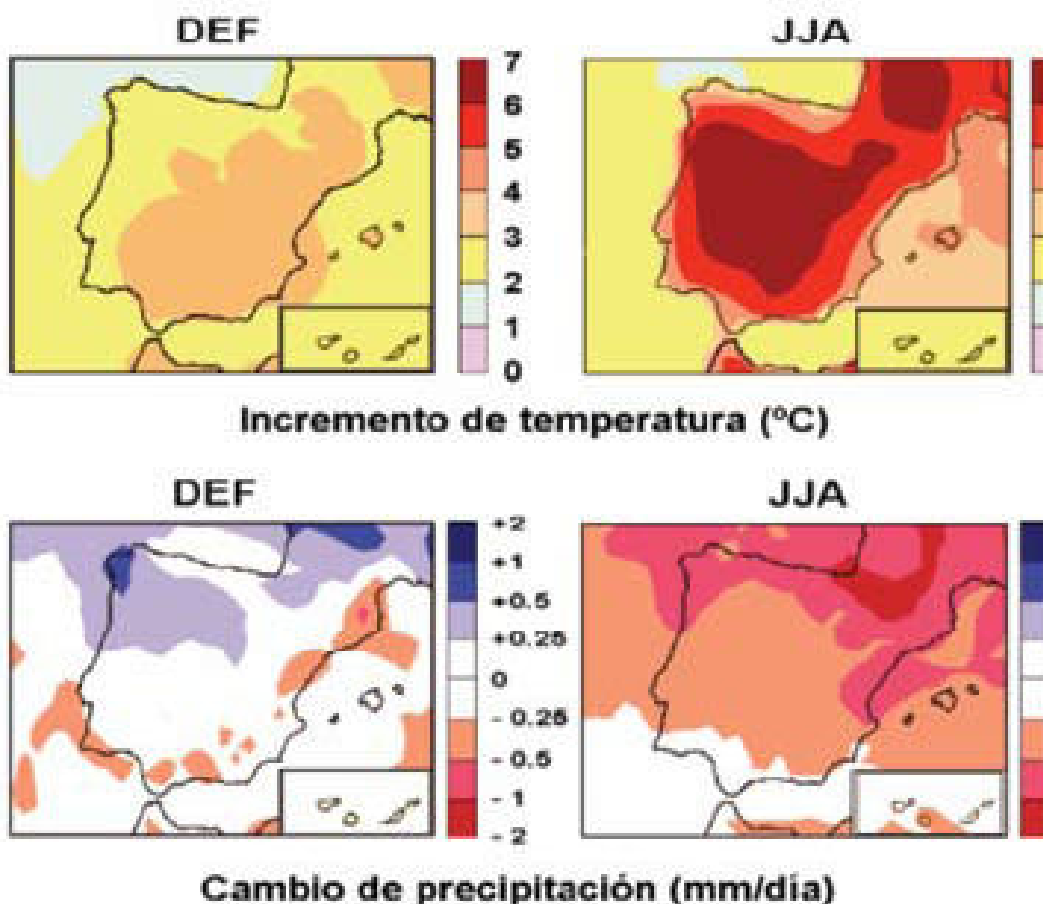
* Ejemplos de los impactos de los cambios climáticos previstos (y del CO₂ a nivel del mar y atmosférico cuando es relevante) asociados a diferentes aumentos en la temperatura media global en el siglo XXI. Las flechas discontinuas indican los impactos que continúan con el aumento de la temperatura. Las entradas están situadas de tal modo que a la izquierda del texto indican el comienzo aproximado de un impacto dado. Las entradas cuantitativas sobre escasez de agua e inundaciones representan el impacto adicional del cambio climático en relación con las condiciones previstas en la serie de escenarios A1F1, A2, B1 y B2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones. Los niveles de confianza de todas las afirmaciones son elevados.

** La significación se define aquí como más del 40%

***Basado en un aumento del nivel del mar medio de 4.2 mm/año de 2000 a 2080

5. ESTIMACIÓN DE LA AFECCIÓN DIRECTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

España forma parte del grupo mundial de regiones más vulnerables al cambio climático tanto en el presente como en un futuro muy próximo. Dentro del proyecto ECCE (Evaluación del Cambio Climático en España), el Ministerio de Medio Ambiente presentó en el año 2005 el Estudio "Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático".



Proyecciones de cambio climático sobre la temperatura y la precipitación en 2071-2100. Proyecciones para invierno (DEF) y verano (JJA).

Fuente: Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecciones de cambio de temperatura media diaria del aire superficial (°C) y de cambio de precipitación (mm/día), promediadas para invierno y verano, correspondientes al escenario SRES de emisiones A2. Los valores corresponden a diferencias entre la simulación del periodo 2071-2100 y la de control 1961-1990.

Este documento, que fue inédito por su magnitud, estaba firmado por más de cincuenta científicos de 16 universidades, 7 centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 9 Organismos Públicos de Investigación (OPI's) y empresas privadas, participando en su redacción además casi 400 expertos españoles e internacionales. En sus conclusiones, además de corroborar lo ya apuntado por el Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC) y la Agencia Europea del Medio Ambiente, auguraba un escenario aterrador, porque dejaba claro que la Península Ibérica es, por su perfil geográfico y su variado clima, una de las zonas más expuestas al aumento térmico previsto para las próximas décadas en todo el mundo.

Los registros más recientes y las predicciones más fiables coinciden. En los últimos cien años España se ha calentado 1,5 grados centígrados, más del doble del promedio global (0,6 °C), y más que la media europea (0,95 °C). Las consecuencias del calentamiento global que ya se dejan notar (ola de calor de 2003, deshielo de glaciares pirenaicos, traslado de pesquerías de anchoa y atún cada vez más al Norte, migraciones de aves y floraciones más tempranas) no son nada comparado con lo que se avecina.

Para finales del siglo XXI y, entre los años 2070 y 2100, las proyecciones más desfavorables estiman que se producirán los siguientes fenómenos:

A partir de ahí, el rosario de consecuencias es inacabable y, aunque en España, como en el resto del planeta, el impacto del calentamiento no será homogéneo; afectará más a las áreas más vulnerables, zonas con escasez de agua, alto grado de desertización, sobrecarga urbanística, etc. A modo de ejemplo de cuales serán las incidencias, de entrada:

- Aumento constante de las temperaturas que, en el escenario más desfavorable podrían experimentar incrementos de hasta 7 °C en verano y 4 °C en invierno, más extremas en el interior que en las costas aunque afectará a todas las regiones.
- Intensificación de riesgos asociados a fenómenos climáticos extremos (inundaciones, olas de calor como la que causó estragos en la Península en 2003 e incendios).
- Tendencia generalizada hacia la disminución de las precipitaciones, sobre todo en primavera. El informe calcula que para finales de este siglo España podría haber perdido ya el 22 % de sus recursos hídricos, con un impacto dramático en las cuencas que ya hoy tienen déficit crónicos, como las del Segura, Júcar, Guadalquivir, Guadiana, Canarias, Sur y Baleares.
- Habrá una mayor demanda de regadío al tiempo que las tierras de cultivo se empobrecerán. El incremento de las temperaturas aumenta el nivel de estrés y, consecuentemente, las explotaciones serán menos rentables.

- Subida del nivel medio del mar para finales de siglo de entre 10 y 68 cm afectando a deltas, playas y a activos inmobiliarios, turísticos y empresariales situados en primera línea de costa.
- Será necesario redefinir la política hidráulica, energética, agrícola, científica y medioambiental, entre otras.
- Habrá más incendios forestales, el régimen de lluvias se alterará y se producirán más crecidas de ríos. En Pirineos, cordillera Cantábrica y cordilleras Béticas habrá más aludes y desprendimientos. También, mayor erosión.
- Se agravará la desertización del país en su conjunto y la escasez crónica de agua en algunas regiones.
- Desaparecerán flores y especies animales exclusivas de la Península. Otras migrarán hacia el Norte o buscarán mayores alturas. Las especies forestales se verán afectadas: la polinización será más prolongada, habrá más casos de asma.
- Mientras la aguas interiores disminuirían hasta agotarse, el agua marina avanzará. La elevación del nivel de los mares fruto del deshielo gradual de ambos polos y los hielos continentales podría oscilar entre 10 y 68 centímetros para finales de siglo. En lo que toca a España, es razonable pensar esperar una subida de 50 centímetros del nivel medio del mar, con un metro como escenario más pesimista. Como resultado, es de prever la pérdida de un número importante de playas, sobre todo en el Cantábrico, y la inundación de zonas bajas, caso del Delta del Ebro, Llobregat, Manga del Mar Menor y costa de Doñana.
- Enfermedades transmitidas por mosquitos como la malaria o el dengue podrían incrementar su presencia en España, al tiempo que proliferarán los organismos invasores. Habrá cambios en el alcance y distribución de las plagas. Inviernos más suaves y húmedos incrementarán la supervivencia de los parásitos.
- La subida prevista de la temperatura media de hasta 7 grados en verano, incidirá sin lugar a dudas en la calidad de vida de la población. Aumentará la contaminación y los problemas de salud. Los mayores de 65 años y las personas con bronquitis crónica, asma o enfermedades cardíacas son los grupos más vulnerables al posible incremento de la contaminación atmosférica. Habrá más ozono y mayor número de partículas en suspensión.
- Las alteraciones en los ecosistemas harán que éstos no aporten los beneficios sociales, económicos y ambientales actuales, afectando al turismo, que disminuirá su peso económico.
- Se incrementará la demanda de petróleo y gas natural para hacer frente al consumo energético.

Todas estas conclusiones son congruentes con los resultados del Proyecto P.E.S.E.T.A. (*Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis*) que realiza una evaluación multisectorial del impacto del cambio climático para los horizontes temporales 2011-2040 y 2071-2100. Coordinado por el Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTTS), un organismo de la Comisión Europea, se apoya en imágenes de satélite y en la compilación de los datos científicos más recientes, entre sus resultados preliminares se sostiene que el cambio climático tendrá un impacto devastador para el sur de Europa, en particular para las cosechas y para el turismo, que se desplazará hacia el norte en busca de temperaturas más soportables.

El estudio hace proyecciones de nueve áreas bioclimáticas considerando que a finales del presente siglo las emisiones de CO₂ se duplicarán o triplicarán con respecto a los niveles preindustriales. Según las previsiones, el calentamiento global hará que el rendimiento de los cultivos en el sur de Europa pueda descender en 2070 hasta un 22,4% respecto al actual, debido a que el periodo de crecimiento de los cultivos será más corto. En el norte del continente, en cambio, las plantaciones se beneficiarán un 70% del acortamiento de las heladas.

No obstante, dado que el sector agrícola es uno de los que tiene una gran capacidad de adaptación, serán quizá más importantes las consecuencias que aparezcan en otros sectores, como es el caso del sanitario. Las olas de calor acarrearán un incremento de la mortalidad durante los meses estivales, así como un mayor número de accidentes relacionados con fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones o tormentas. Este aumento lo cifra la Comisión Europea en 86.000 muertos más al año en la UE, considerando un aumento de tres grados de temperatura a partir de 2071. Son datos correspondientes al escenario más catastrofista, pero si las medidas que propone la Comisión funcionan y el planeta sólo se calienta 2,2 grados, el número de víctimas mortales se acercará a 36.000. Además, según el informe, ya comienza a quebrarse la frontera de enfermedades tropicales como la malaria, que aparecerán en Europa a medio plazo.

El estudio sitúa asimismo al turismo como un sector en el ojo del huracán. La zona mediterránea relegará su atractivo climático en favor de otras zonas, como el Mar Báltico. La alteración del clima podría hacer que cien millones de turistas cambien sus destinos estivales. Es difícil predecir qué puede ocurrir con los flujos de turismo en los próximos 80-100 años, pero los resultados preliminares indican que el grado de atracción climática en verano de la Europa mediterránea puede disminuir relativamente respecto a la situación presente.

Son evidentes además los costes billonarios que provocarán las perturbaciones en la franja litoral. Los cálculos del Estudio P.E.S.E.T.A. avanzan que la subida del nivel del mar puede originar inundaciones cuyos daños alcanzarían en Europa los 4,4 billones de euros anuales en 2020 y hasta 9,3 billones de euros anuales en 2080. El documento señala así la necesidad de adoptar medidas preventivas, como la construcción de diques o el desplazamiento de la población costera hacia el interior, lo que minimizaría los daños hasta un total de 2,2 billones de euros anuales.

En paralelo al P.E.S.E.T.A., el IPTS elabora otro informe sobre cuánto costará implementar las políticas necesarias para frenar el cambio climático. Se espera que ambos estén listos a finales de este mes. Para ello trabajan a contrarreloj climatólogos, ingenieros y peritos, que hasta ahora sólo han extraído una cifra en positivo: que el cambio climático generará 300.000 empleos directos en la UE; la mayoría relacionados con las energías renovables, pero que no es un dato que consuele en absoluto ante el panorama paneuropeo que se avecina.

6. COMPLEJIDAD DEL RETO DE AFRONTAR LA MITIGACIÓN Y LA ADAPTACIÓN

En los últimos años se ha venido generalizando la conciencia de que el cambio climático constituye, desde cualquier punto de vista, un reto formidable en cuanto a su magnitud y en cuanto al empuje necesario para afrontarlo. Es, además, uno de los desafíos tecnológicos más importantes a los que se enfrentan los países en el Siglo XXI y es, indudablemente, **una clara ocasión para avanzar en la modernización de cada uno de los países y para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.**

En pocos años se ha pasado a hablar de la nueva revolución industrial hacia la economía baja en carbono. El incremento de la eficiencia energética en la industria no sólo se traduce en una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y en una atmósfera más limpia y saludable, sino que también redonda **en una mayor competitividad.** La modernización de los sistemas de transporte público o la reducción de la contaminación producida por los vehículos, también se traduce en mejores servicios y en un aire más limpio para todos. El desarrollo y la potenciación de las energías renovables no sólo evitan el incremento de las emisiones **sino que sirve para impulsar nuevas tecnologías y para diversificar los puestos de trabajo.**

La adaptación supone afrontar el desarrollo de la vida cotidiana de la población en un escenario que en pocos años se transformará, obligando a la creación e introducción de nuevas soluciones a nuevos problemas o a antiguos problemas que se habrán agravado sensiblemente en la mayoría de los casos. Estos retos significarán el desarrollo de nuevas oportunidades.

Las dimensiones **de este apalancamiento positivo** abarcan muchos campos y facetas. En muchos países se apuesta cada vez más porque los tributos y las imposiciones graven cada vez más la contaminación y el despilfarro de agua, además de desincentivar el consumo de Petróleo.

Es fundamental poner especial énfasis en esta doble dimensión **de reto y oportunidad** que se nos ofrece a la hora de aportar ideas y propuestas, sumar esfuerzos en la búsqueda de soluciones frente al cambio climático y promover respuestas efectivas y coordinadas.

Así, por ejemplo, si a día de hoy se mantuvieran constantes y no crecieran las emisiones mundiales de CO₂, la concentración atmosférica de CO₂, que actualmente es de unas 370 partes por millón (ppm), seguiría aumentando a lo largo de casi dos siglos. Para mantener dicha concentración por debajo de las 550 ppm (objetivo de la Unión Europea para finales del siglo XXI), las emisiones globales durante el siglo XXI no deberían ser mayores que la actual media mundial y ser mucho más bajas tanto antes del final de este siglo como durante todo el siglo XXII. Por otra parte, debido a la fuerte inercia que tiene el sistema climático, una vez estabilizada la concentración atmosférica de CO₂, la temperatura media mundial en la superficie seguiría aumentando durante algunos siglos y el nivel del mar lo haría lentamente durante varios siglos o, incluso, milenios. Por tanto, **la estabilización de la concentración de CO₂ en un determinado nivel y período de tiempo no significa que se acaben los cambios en el clima.**