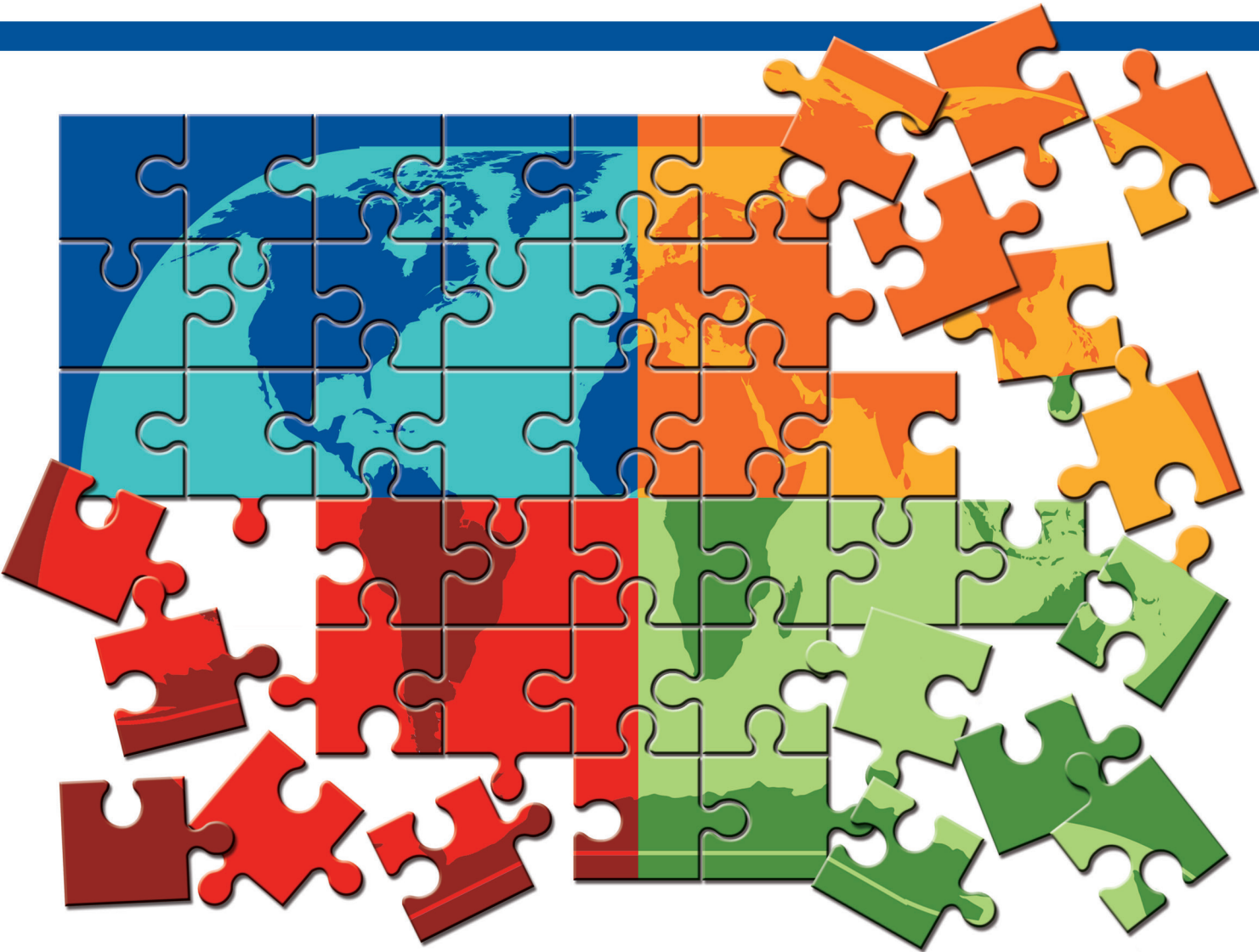


# Cambio Climático: Bases Físicas

GUÍA RESUMIDA

DEL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC

GRUPO DE TRABAJO I



Elaborado por: Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología,  
Centro Nacional de Educación Ambiental.  
Basado en materiales contenidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de Trabajo I.

Detalle del papel utilizado:



Impreso en papel SYMBOL FREELIFE SATIN, certificados FSC® Reciclado.

- Papel estucado moderno pasta química, blanco, semimate, reciclado. Con certificación FSC.
- PAPELES ECOLÓGICOS

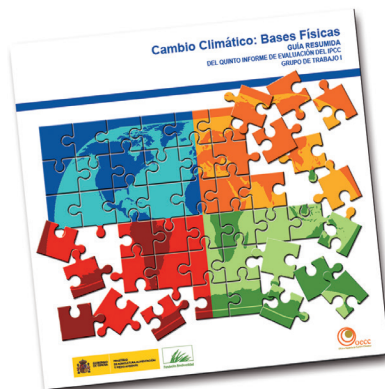
Impreso en Madrid en Noviembre de 2013.

# **Cambio Climático: Bases Físicas**

## **GUÍA RESUMIDA**

### **GRUPO DE TRABAJO I DEL QUINTO INFORME DEL IPCC**

<b>1.- Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2.- ¿Qué cambios se observan en el sistema climático?</b>	<b>4</b>
<b>3.- ¿Cuáles son los procesos y agentes que determinan el cambio climático?</b>	<b>10</b>
<b>4.- ¿Cuáles son las causas del cambio climático?</b>	<b>11</b>
<b>5.- ¿Cuáles son las proyecciones futuras del cambio climático global?</b>	<b>12</b>
<b>6.- ¿Cuáles son las proyecciones futuras del cambio climático a nivel regional?</b>	<b>23</b>
<b>7.- La inercia de los cambios y la estabilización del sistema climático</b>	<b>27</b>
<b>8.- Temas sensibles</b>	<b>31</b>
<b>9.- Resultados concluyentes y principales incertidumbres</b>	<b>34</b>
<b>10.- Glosario</b>	<b>40</b>
<b>11.- Abreviaturas y acrónimos</b>	<b>43</b>



## Cómo utilizar esta guía

Esta guía presenta de forma resumida -y pensamos que asequible- la contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC, intentando permanecer fiel al espíritu del trabajo realizado por este panel de expertos. La guía se basa, principalmente, en los materiales contenidos en el resumen para responsables de políticas y en el resumen técnico, aunque también se ha utilizado material procedente del informe completo.

Tanto los datos como las figuras proceden del IPCC, si bien, la responsabilidad última del rigor de esta guía y su difícil conjugación con la simplicidad corresponden a los autores.

### Destinatarios

Esta guía está pensada para un público no especialista y, por ello, se han simplificado el lenguaje, las figuras y las estructuras originales.

### Figuras

Algunas de las figuras procedentes de los documentos originales son complejas y provienen de diferentes fuentes. En esta guía se pretende mostrar la tendencia, por lo que se han simplificado.

### Glosario

Se ha incluido un breve glosario de términos científicos. Para facilitar su identificación y lectura, dichos términos se han resaltado en gris a lo largo del texto.

### Lista de abreviaturas y acrónimos

Al final de esta guía se ha incluido un apartado con una lista de abreviaturas y acrónimos, para facilitar la comprensión al lector.

### Si quieres saber más

Se recomienda consultar, adicionalmente a esta guía introductoria, los textos originales del IPCC y sus distintos resúmenes.

# 1.- Introducción

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (más conocido por sus siglas en inglés, IPCC) es una entidad científica creada en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Se constituyó para proporcionar información objetiva, clara, equilibrada y neutral del estado de conocimientos sobre el cambio climático a los responsables políticos y otros sectores interesados. El IPCC ha aprobado en su XXXVI reunión plenaria (Estocolmo, 26 septiembre 2013) la contribución al Quinto Informe de Evaluación (AR5, de sus siglas en inglés) del Grupo de Trabajo I, dedicado a las bases científicas físicas del cambio climático. El IPCC utiliza sistemáticamente en sus informes un lenguaje calibrado para expresar el grado de certeza de sus principales conclusiones. El grado de certeza que se asigna a cada afirmación se basa en la valoración del grado de comprensión científica sobre los temas en los que se fundamentan las conclusiones establecidas. El IPCC expresa el grado de certeza en forma de nivel cualitativo de confianza y cuando la confianza es alta, y es posible, en forma probabilística. A modo de ejemplo, cuando en los informes se indica que un suceso es “probable”, “muy probable” o “virtualmente cierto” se está asignando a la afirmación una probabilidad de certeza superior al 66%, 90% o 99% respectivamente<sup>1</sup>.

## Este informe tiene como principales aportaciones respecto a los anteriores:

- Mejor tratamiento de la información regional mediante la evaluación específica de fenómenos climáticos clave (monzones, El Niño, ciclones, etc.).
- Evaluación de los procesos relacionados con las nubes y los aerosoles.
- Evaluación total del cambio en el nivel del mar.
- Evaluación total del ciclo del carbono.
- Proyecciones de cambio climático para el corto y largo plazo.
- Atlas de proyecciones climáticas regionales.

En términos generales, se puede decir que, en lo referente a las bases físicas, el AR5 confirma y refuerza, los resultados del anterior informe. Se basa en nuevas evidencias extraídas de un mayor número de observaciones, modelos climáticos mejorados, una mejor comprensión de los procesos y retroalimentaciones del sistema climático, y un mayor número de proyecciones de cambio climático.

El cambio climático está teniendo lugar ya y continuará en las próximas décadas y siglos. Los humanos somos la causa principal de tal cambio. Si no hay una acción urgente y significativa para reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, los impactos del cambio climático serán más graves.

<sup>1</sup> Para facilitar la lectura de esta guía se ha eliminado el lenguaje calibrado presentándose como afirmaciones categóricas solamente los resultados a los que el informe asigna confianza alta o probabilidad alta (superior al 90%), salvo que se indique lo contrario en algunas partes del texto.

## 2.- ¿Qué cambios se observan en el sistema climático?

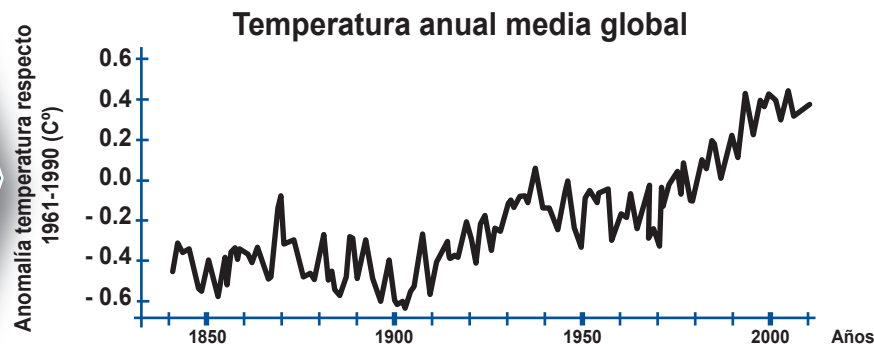
El calentamiento del sistema climático es inequívoco. Desde 1950 se han observado cambios en el sistema climático que no tienen precedente, tanto si se comparan con registros históricos observacionales, que datan de mediados del siglo XIX, como si se comparan con registros paleoclimáticos referidos a los últimos milenios:

- La atmósfera y los océanos se han calentado.
- La cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve han disminuido.
- El nivel del mar ha subido.
- Las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado.

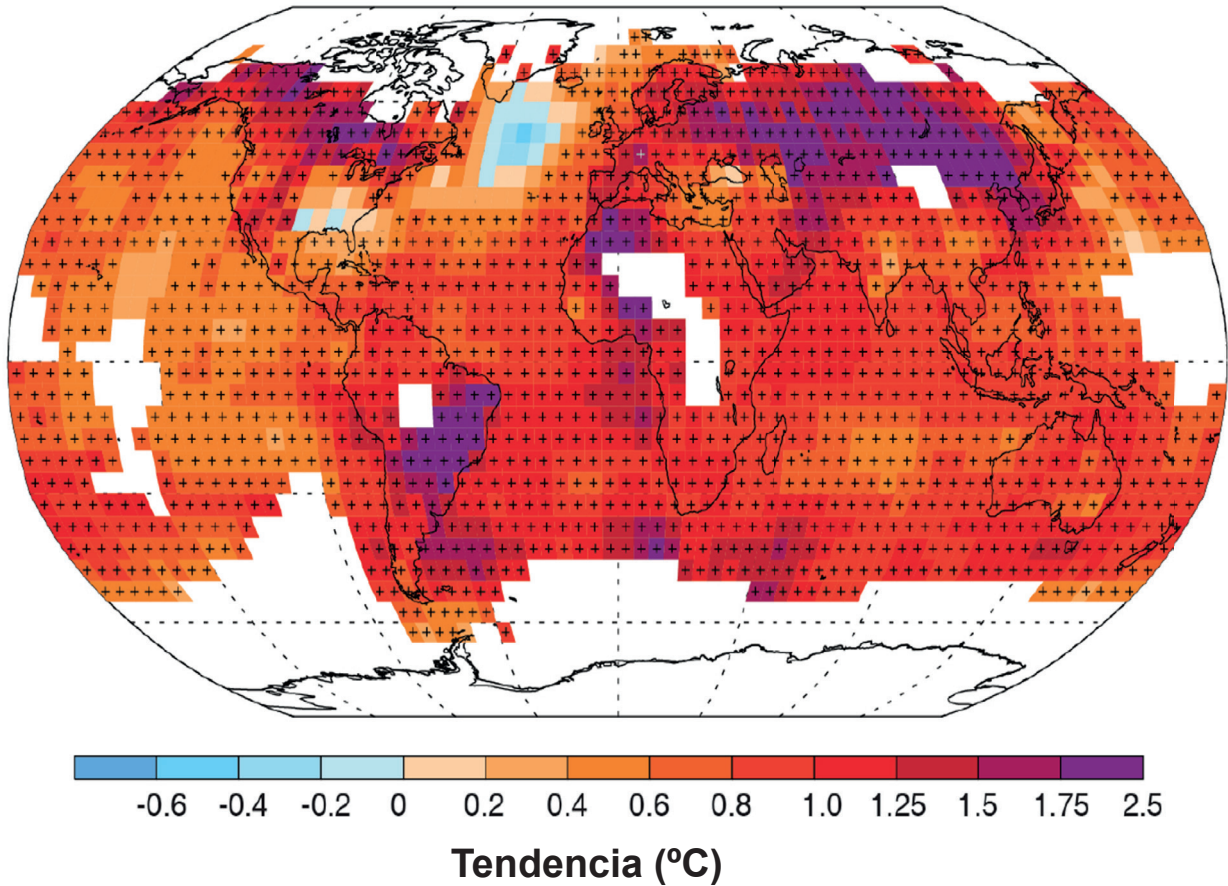
### Atmósfera

- La temperatura media global muestra un incremento de 0,85 °C (entre 0,65 °C y 1,06 °C) en el periodo 1880-2012.
- Cada una de las últimas tres décadas ha sido más cálida que todas las anteriores desde 1850, siendo la primera década del siglo XXI la más cálida de todas.
- Las tendencias en periodos cortos (entre 10 y 15 años) están muy afectadas por la variabilidad natural, tal y como sucede, por ejemplo, en los últimos 15 años, en los que la tasa de calentamiento ha sido inferior a la media registrada desde 1951.
- La precipitación ha aumentado en las zonas terrestres de latitudes medias del hemisferio norte desde 1950.
- Se han observado cambios en los episodios extremos desde 1950. El número de días y noches frías ha disminuido y el número de días y noches cálidas ha aumentado a nivel global.

Evolución de la temperatura anual media global del aire a nivel de la superficie terrestre desde mediados del siglo XIX.



## Cambio en la temperatura anual media 1901-2012

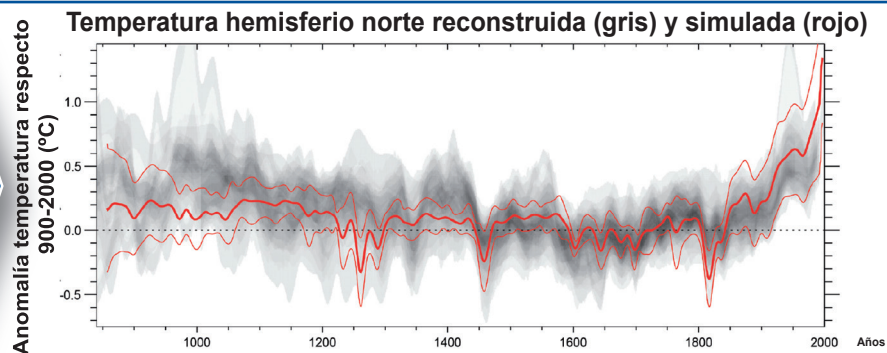


**“El calentamiento del sistema climático es inequívoco”**

Las reconstrucciones paleoclimáticas permiten situar los cambios recientemente observados y las proyecciones futuras en el contexto, más amplio, de la variabilidad histórica del clima.

- En el hemisferio norte el periodo 1983-2012 ha sido el intervalo de 30 años más cálido de los últimos 800 años.
- En el periodo correspondiente a la Anomalía Climática Medieval (entre 950 y 1250) hubo algunas regiones en el hemisferio norte que fueron tan cálidas como a mediados del siglo XX y otras tan cálidas como a finales del siglo XX.
- La distribución espacial de las temperaturas y su evolución temporal entre la Anomalía Climática Medieval y la Pequeña Edad de Hielo (entre 1450 y 1850) se debió a cambios en la actividad volcánica, la actividad solar y los ciclos orbitales.

Reconstrucción  
(en gris)  
y simulación  
(en rojo) de la  
temperatura  
anual media  
en el hemisferio  
norte para  
el periodo  
900 - 2000.

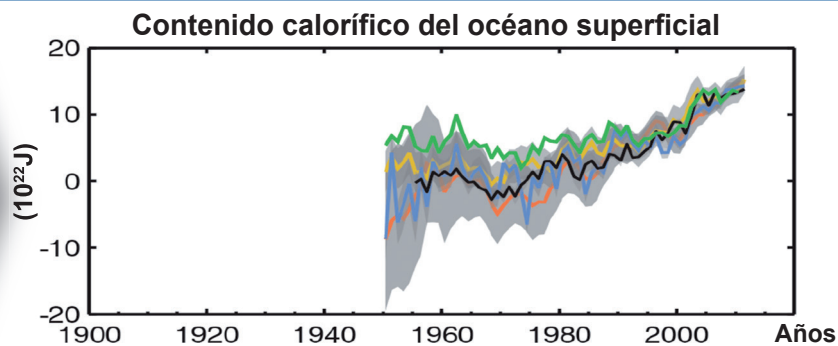




## Océano

- La capa superior del océano (desde la superficie hasta los 700 m de profundidad) se ha calentado en el periodo 1971 - 2010.
- El calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie sumando más de 0,1°C por década en los primeros 75 m durante el periodo 1971-2010. El calentamiento decrece con la profundidad y se extiende hasta los 2000 m.

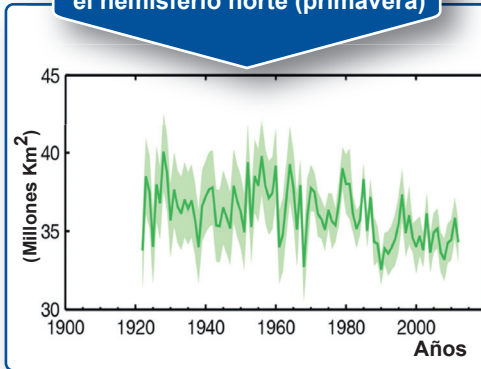
Evolución del contenido medio global de calor en la capa superior del océano.



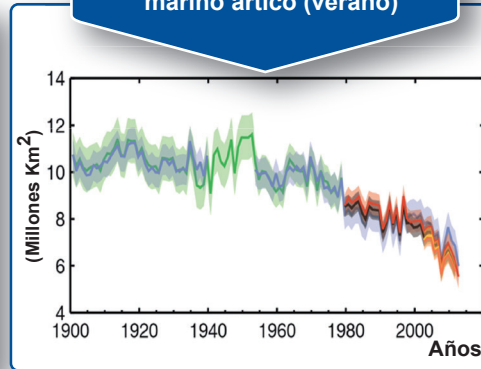
## Criosfera

- Los glaciares y los mantos de hielo (Groenlandia y Antártida) están perdiendo masa.
- La extensión del hielo marino ártico está disminuyendo, mientras que la del hielo marino antártico ha aumentado ligeramente.
- En el hemisferio norte la extensión de la cobertura de nieve en primavera ha disminuido y el permafrost se está fundiendo.

**Cobertura de nieve en el hemisferio norte (primavera)**



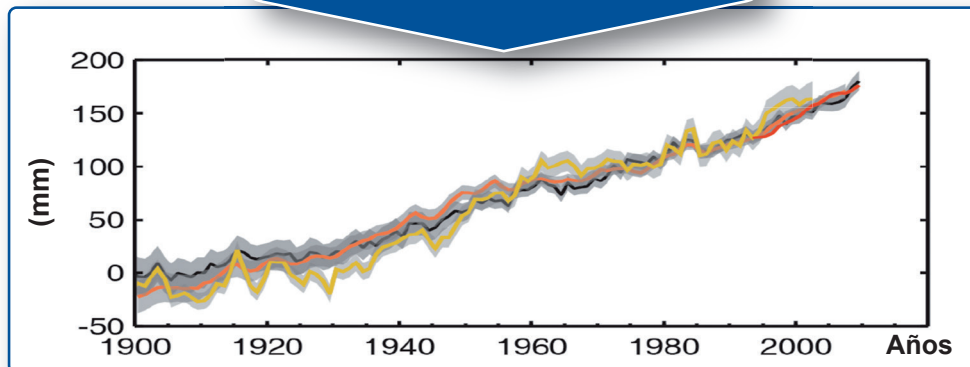
**Extensión del hielo marino ártico (verano)**



## Nivel del mar

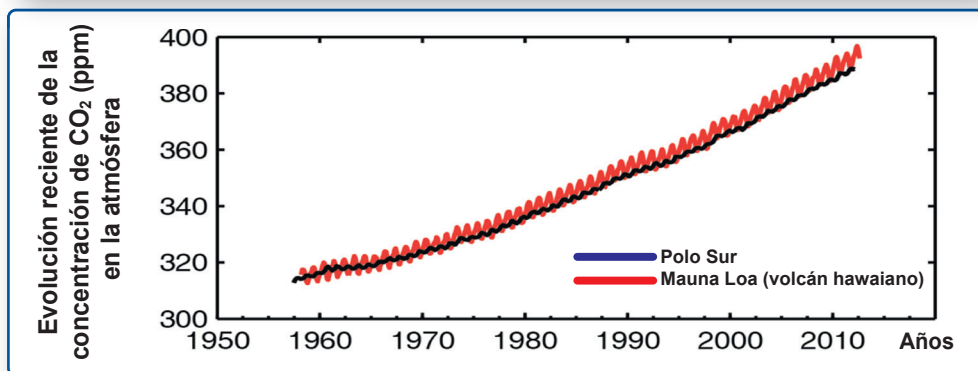
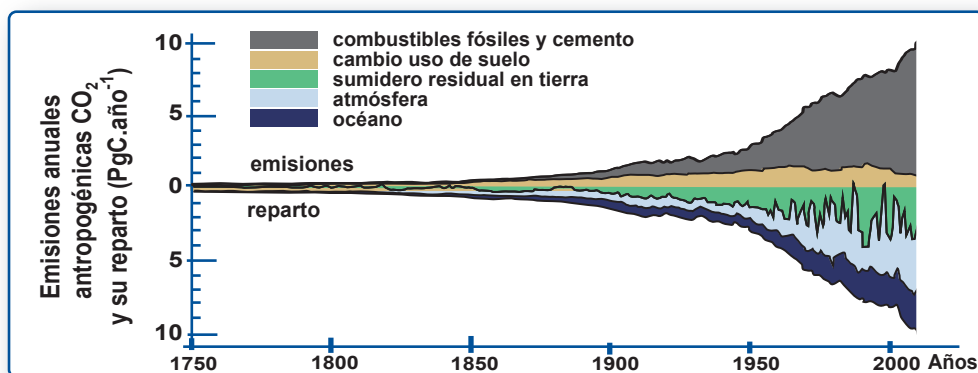
- El nivel medio del mar a nivel global ha aumentado en 0,19 m en el periodo 1901-2010.
- La tasa de aumento del nivel del mar se ha acelerado en los dos últimos siglos.
- El nivel global medio del mar ha aumentado 1,7 mm/año en el periodo 1901-2010 y 3,2 mm/año entre 1993 y 2010.
- En el último periodo interglaciario, ocurrido entre 129.000 y 116.000 años antes de la actualidad, el nivel medio máximo del mar fue, al menos, 5m. más elevado que el actual, sin llegar a exceder los 10m.

**Cambio del nivel medio del mar**



## Carbono y otras magnitudes biogeoquímicas

- La concentración de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) en la atmósfera ha aumentado por la actividad humana, fundamentalmente por el uso de combustibles fósiles y la deforestación, con una menor contribución de la producción de cemento.
- Las concentraciones actuales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (metano) y N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) exceden sustancialmente el rango de concentraciones registradas en los testigos de hielo durante los últimos 800.000 años.
- El ritmo de incremento de las concentraciones en la atmósfera de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el pasado siglo no tiene precedente en los últimos 22.000 años.
- Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O han aumentado desde 1750, excediendo los niveles preindustriales en 40%, 150% y 20%, respectivamente.
- El pH del agua oceánica ha decrecido 0,1 desde el comienzo de la era industrial, que corresponde a un aumento del 26% de concentración de iones hidrógeno.



### 3.- ¿Cuáles son los procesos y agentes que determinan el cambio climático?

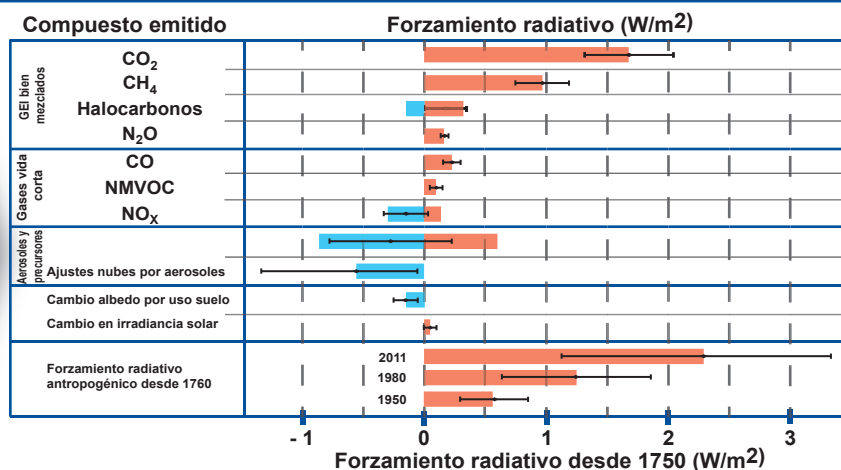
El cambio climático es el resultado de desequilibrios en el balance energético de la Tierra, que son causados por procesos y agentes naturales y antropogénicos. El forzamiento radiativo (FR) cuantifica el cambio en los flujos de energía originados por variaciones en la acción de estos agentes. A continuación se presentan los valores de FR correspondientes a la era industrial (1750-2011), siendo los valores positivos/negativos indicadores del calentamiento/enfriamiento respectivamente.

■ El FR antropogénico total es positivo ( $2,3 \text{ W/m}^2$  desde 1750) conduciendo a una ganancia neta de energía por parte del sistema climático. Las nuevas estimaciones realizadas del FR (para el año 2011) son un 44% más altas que las anteriores, realizadas en 2005. Esto se debe, a partes iguales, a la estimación a la baja del papel de los aerosoles (que tienen un efecto global de enfriamiento) y al incremento de las concentraciones de la mayoría de los gases de efecto invernadero en los seis años transcurridos desde la anterior estimación (que tienen un efecto global de calentamiento).

■ El factor que contribuye en mayor medida al FR es el aumento en la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  ocurrido a partir de 1750. Desde los años 60 es la variable que ha contribuido en mayor medida en todas las décadas al incremento del forzamiento antropogénico. El FR originado como resultado de los cambios en las concentraciones de los gases de efecto invernadero bien mezclados ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y Halocarbonados) desde 1750 es  $2,83 \text{ W/m}^2$ .

■ Los forzamientos debidos a la emisión de aerosoles y sus interacciones con las nubes continúan contribuyendo con la mayor incertidumbre a las estimaciones e interpretaciones del cambio del balance energético de la Tierra. Los cambios en el forzamiento asociados a la actividad de los volcanes y la irradiancia solar total contribuyen solamente en una pequeña fracción al FR neto durante la era industrial.

Contribución de diferentes factores al forzamiento radiativo terrestre (en vatios /  $\text{m}^2$ ).



## 4.- ¿Cuáles son las causas del cambio climático?

La comprensión del sistema climático y de sus cambios recientes se apoya en una combinación de: observaciones directas, estudios teóricos de los procesos de retroalimentación y simulaciones realizadas a partir de modelos.

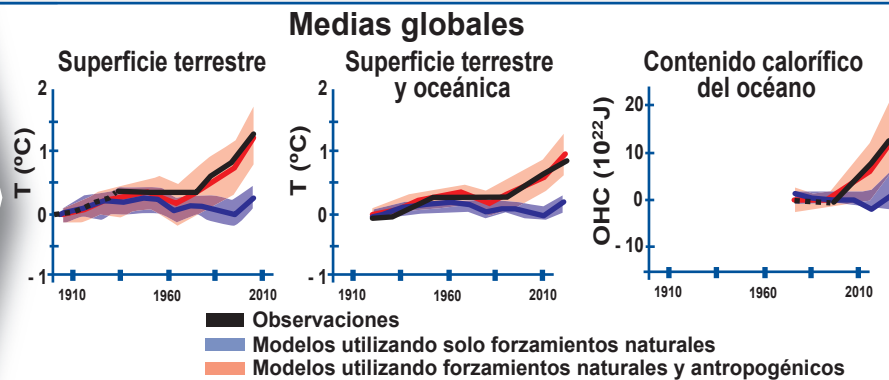
Los modelos climáticos han mejorado desde la publicación del AR4 y muchos de ellos se han ampliado a todo el sistema Tierra e incluyen una representación del ciclo del carbono. Se ha comprobado que reproducen adecuadamente los patrones de gran escala y las tendencias de la temperatura superficial observados, especialmente desde mediados del siglo XX. La precipitación y la extensión del hielo marino no se simulan tan bien como la temperatura. Por otra parte, las simulaciones en las escalas menores que la subcontinental ofrecen un menor grado de confianza.

■ La influencia humana en el clima ha sido la causa dominante (con una probabilidad superior al 95%) de más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global en el periodo 1951-2010, lo que ha originado el calentamiento de los océanos, la fusión de hielo y nieve, la elevación del nivel del mar y cambios en algunos extremos climáticos en la segunda mitad del siglo XX.

El nivel de certeza a la hora de atribuir el cambio del clima a la influencia humana ha ido aumentando en los sucesivos informes de evaluación: en el AR3 se estimaba una probabilidad superior al 66%, en el AR4 superior al 90% y en el AR5 superior al 95%.

El calentamiento observado desde 1951 ha sido atribuido a una serie de factores naturales y antropogénicos y sus contribuciones respectivas han sido cuantificadas. Los gases de efecto invernadero contribuyen al calentamiento entre 0,5°C y 1,3°C en el periodo 1951-2010, mientras que los aerosoles contribuyen con un enfriamiento entre -0,6°C y 0,1°C. Las contribuciones de los forzamientos naturales y de la variabilidad natural están ambos en el rango entre -0,1°C y +0,1°C. Todas las contribuciones evaluadas son consistentes con el calentamiento observado, de aproximadamente 0,6°C, en este periodo.

Comparación de las temperaturas medias globales en simulaciones realizadas para el siglo XX con modelos climáticos que incluyen solo forzamientos naturales y modelos que incluyen todos los forzamientos (naturales y antropogénicos).



**“La influencia humana en el sistema climático es clara”**

## 5.- ¿Cuáles son las proyecciones futuras de cambio climático global?

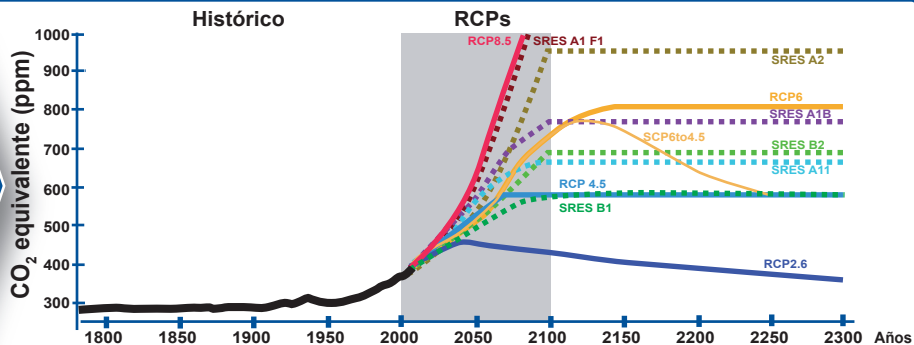
### NUEVOS ESCENARIOS DE EMISIÓN: RCPs

En el AR5 se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, las denominadas Sendas Representativas de Concentración (RCP, de sus siglas en inglés). Éstas se identifican por su FR total para el año 2100 que varía desde 2,6 a 8,5 W/m<sup>2</sup>. Los escenarios de emisión utilizados en el AR4 (denominados SRES, de sus siglas en inglés) no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendientes a mitigar las emisiones, representando posibles evoluciones socio-económicas sin restricciones en las emisiones. Por el contrario, algunos de los nuevos RCP pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI.

	FR	Tendencia del FR	[CO <sub>2</sub> ] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m <sup>2</sup>	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m <sup>2</sup>	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m <sup>2</sup>	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m <sup>2</sup>	creciente	936 ppm

Cada RCP tiene asociada una base de datos de alta resolución espacial de emisiones de sustancias contaminantes (clasificadas por sectores), de emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero y de usos de suelo hasta el año 2100, basada en una combinación de modelos de distinta complejidad de la química atmosférica y del ciclo del carbono.

Concentración de CO<sub>2</sub> equivalente para distintos escenarios de emisión.



Las emisiones continuadas de gases de efecto invernadero causan un calentamiento adicional al actualmente existente. Unas emisiones iguales a las tasas actuales o superiores inducirán cambios en todos los componentes del sistema climático, algunos de ellos sin precedentes en cientos o miles de años. Los cambios tendrán lugar en todas las regiones del globo, incluyendo cambios en la tierra y el océano, en el ciclo del agua, en la criosfera, en el nivel del mar, en algunos episodios extremos y en la acidez de los océanos. Muchos de estos cambios persistirán durante muchos siglos. La limitación del cambio climático requerirá reducciones substanciales y sostenidas de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Las proyecciones para las próximas décadas de muchas magnitudes muestran cambios similares a los ya observados.
- El cambio climático proyectado basado en las Sendas Representativas de Concentración es similar al mostrado en el AR4.

**“A finales del siglo XXI, el aumento de la temperatura global en superficie respecto a 1850 probablemente superará 1,5°C en todos los escenarios”**

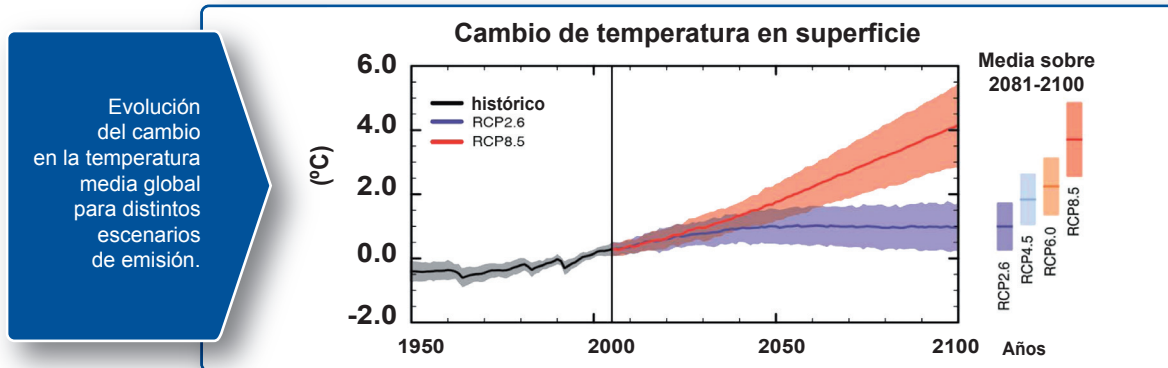
# Atmósfera

■ El cambio de la temperatura superficial no será regionalmente uniforme, si bien, en el largo plazo, el calentamiento será mayor sobre tierra que sobre los océanos. La Región Ártica se calentará más rápidamente.

■ En un clima más cálido, el contraste en la precipitación estacional media entre las regiones secas y húmedas aumentará en la mayor parte del globo. Las regiones situadas en latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial verán incrementarse sus precipitaciones.

**Cambios estimados en las temperaturas medias globales para los distintos escenarios de emisión.**

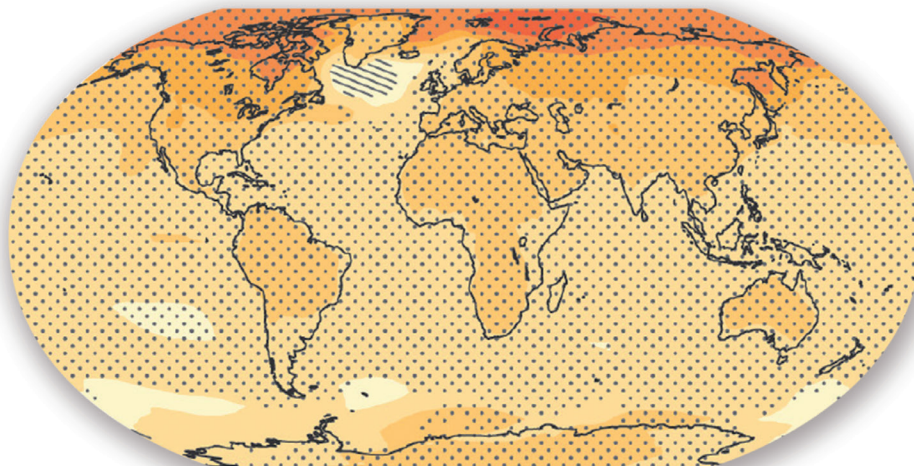
Variable	Escenario	2046-2065		2081-2100	
		Media	Rango Probable	Media	Rango Probable
Cambio temperatura superficial media (°C)	RCP2.6	1.0	0.4 - 1.6	1.0	0.3 - 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 - 2.0	1.8	1.1 - 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 - 1.8	2.2	1.4 - 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 - 2.6	3.7	2.6 - 4.8



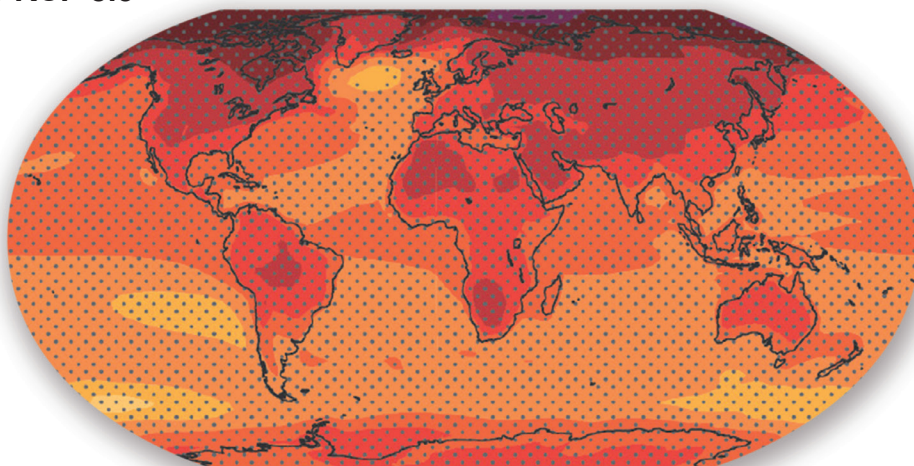


**Cambio de temperatura media en superficie  
(Diferencia entre los periodos de 1986-2005 y 2081-2100)**

**Escenario RCP 2.6**

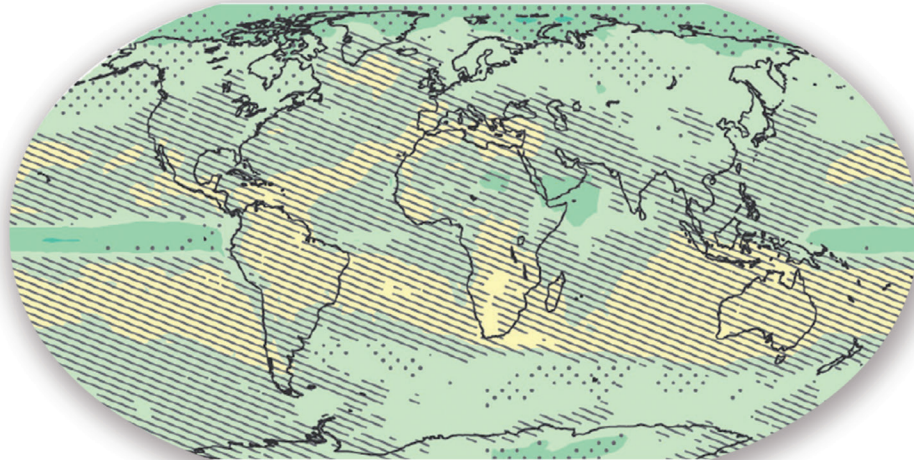


**Escenario RCP 8.5**

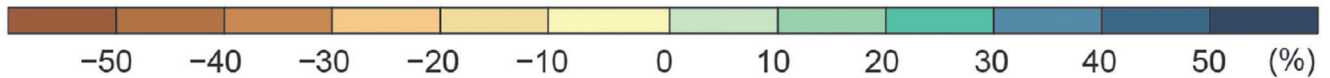
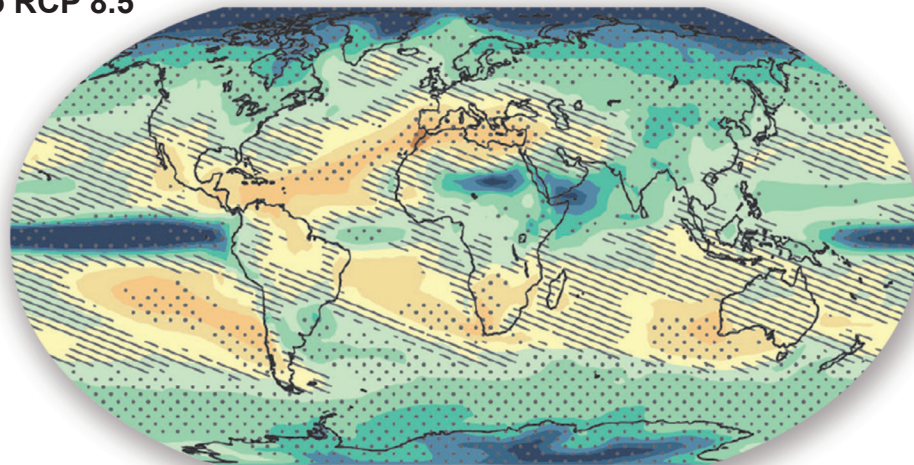


## Cambio de precipitación media (Diferencia entre los periodos de 1986-2005 y 2081-2100)

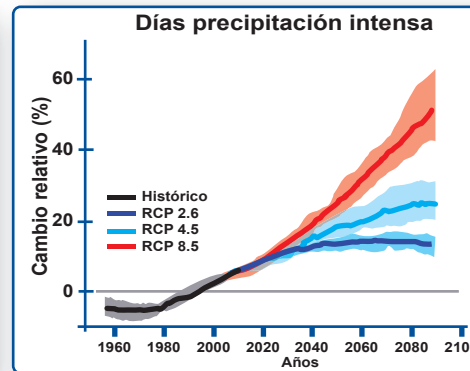
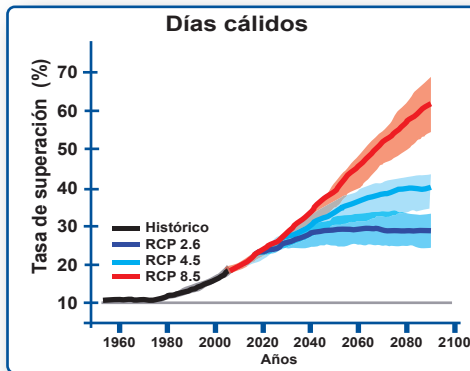
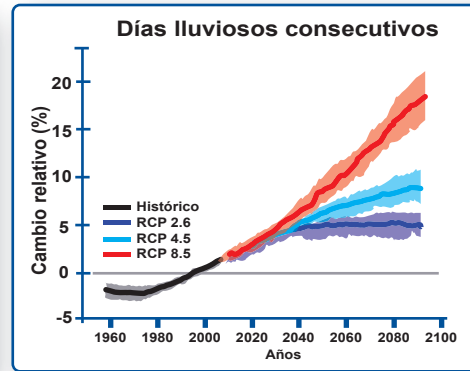
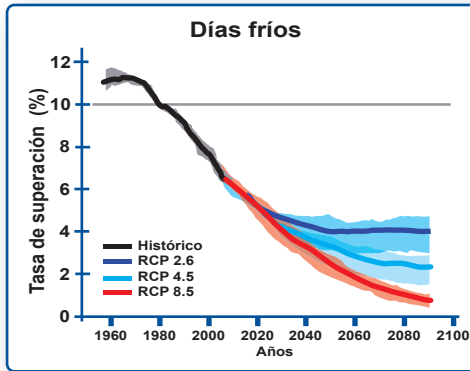
### Escenario RCP 2.6



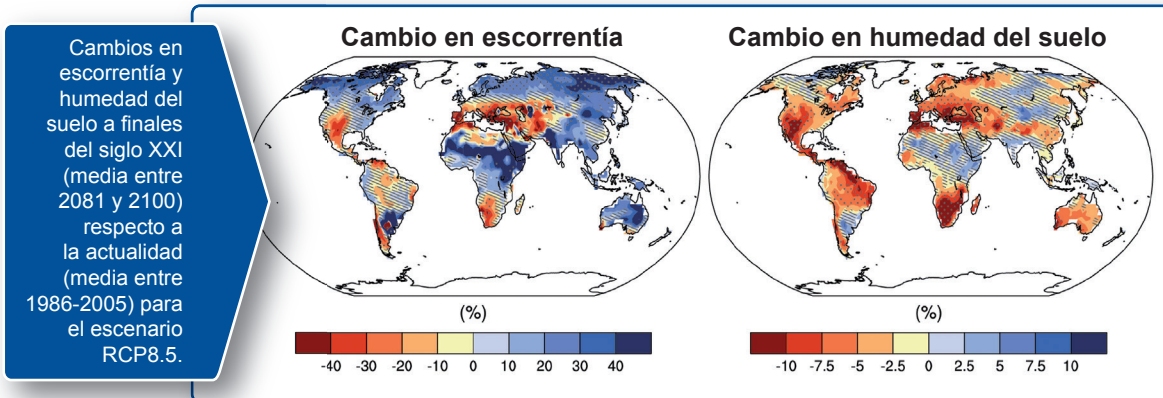
### Escenario RCP 8.5



- En la mayoría de las regiones habrá más episodios relacionados con extremos de altas temperaturas y menos relacionados con extremos de bajas temperaturas.
- Las olas de calor serán más frecuentes y tendrán mayor duración. Los fríos invernales extremos continuarán ocurriendo ocasionalmente.
- En algunas áreas aumentará la frecuencia, intensidad y/o cantidad de precipitaciones fuertes.



- En la Región Mediterránea y Oriente Medio, suroeste de EEUU y sur de África se reducirá la escorrentía (agua disponible) y la humedad del suelo.



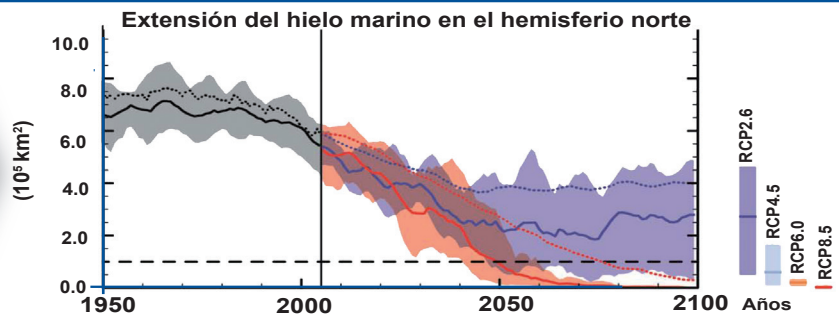
## Océano

- El océano se calentará en todos los escenarios. Este proceso continuará durante siglos debido a las largas escalas temporales de la transferencia de calor entre la superficie y el océano profundo, incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero decrecen o se mantienen constantes.
- La circulación termohalina atlántica se debilitará a lo largo del siglo XXI entre un 1 y 24% en el escenario RCP2.6 y entre un 12 y 54% en el escenario RCP8.5. Es muy improbable que sufra una transición abrupta en el siglo XXI en los escenarios considerados.

## Criosfera

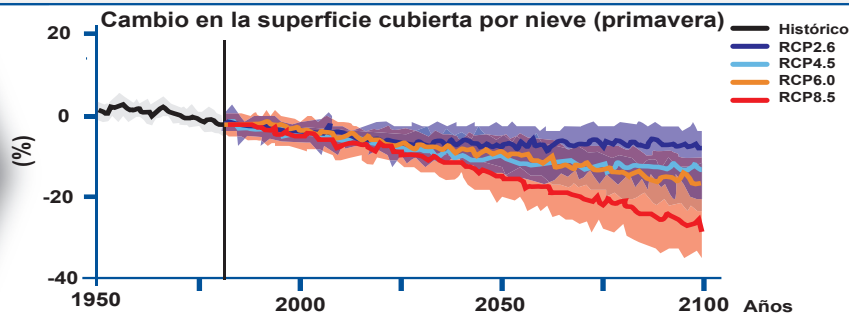
- La extensión y el espesor del hielo marino ártico continuarán disminuyendo a lo largo del siglo XXI.
- Utilizando algunos de los modelos que mejor reproducen las tendencias de la cobertura de hielo marino ártico, se estima que, en el escenario RCP8.5, el océano Ártico quedará probablemente casi libre de hielo antes de 2050.

Evolución de la extensión del hielo marino en el hemisferio norte en el mes de septiembre para distintos escenarios.



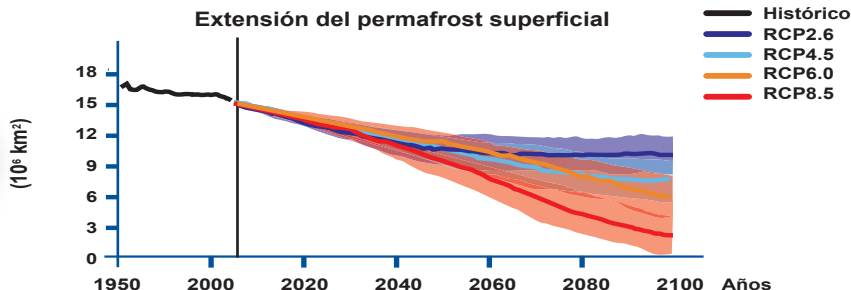
- La cobertura de nieve en el hemisferio norte decrecerá durante el siglo XXI.
- El área cubierta por la nieve en el hemisferio norte en primavera se estima que decrecerá entre un 7% para el escenario RCP2.6 y un 25% para el RCP8.5 al final del siglo XXI.

Cambio en la superficie cubierta por la nieve en primavera en distintos escenarios.



- En las latitudes altas del hemisferio norte la extensión del permafrost próximo a la superficie se reducirá durante el siglo XXI.
- La reducción del permafrost superficial para finales del siglo XXI oscilaría entre el 37% (RCP 2.6) y el 81% (RCP 8.5).

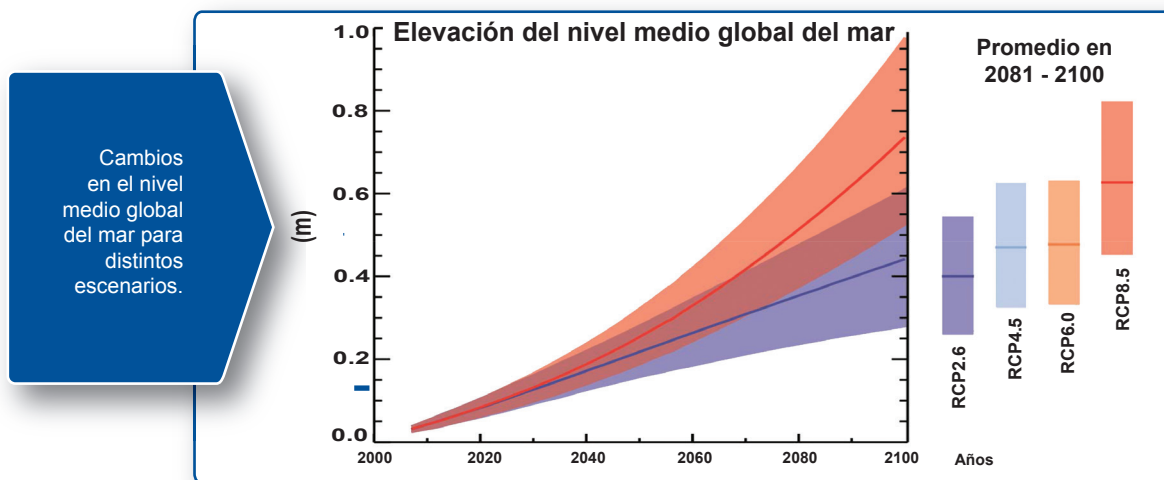
Evolución de la extensión del permafrost superficial para distintos escenarios.



## Nivel del mar

■ El nivel medio global del mar se incrementará durante el siglo XXI por el calentamiento de los océanos y las pérdidas de masa de glaciares y mantos de hielo, con un aumento en la confianza de las proyecciones respecto al AR4.

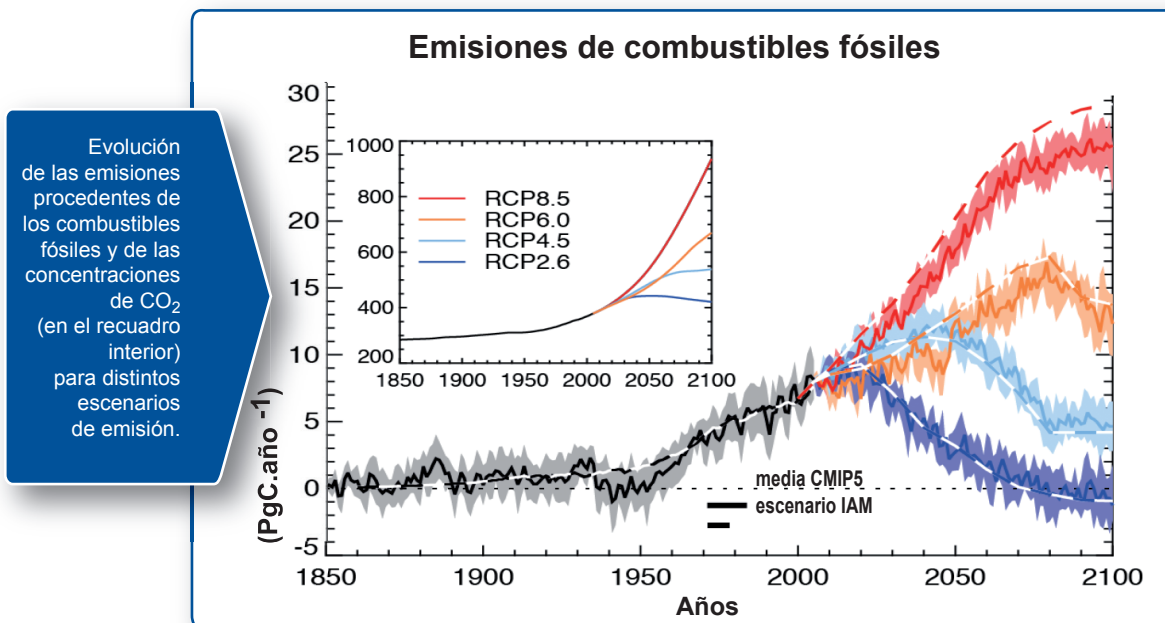
Variable	Escenario	2046-2065		2081-2100	
		Media	Rango Probable	Media	Rango Probable
Cambios en el nivel medio global del mar (m)	RCP2.6	0,24	0,17- 0,31	0,40	0,26-0,54
	RCP4.5	0,26	0,19-0,33	0,47	0,32-0,62
	RCP6.0	0,25	0,18-0,32	0,47	0,33-0,62
	RCP8.5	0,29	0,22-0,37	0,62	0,45-0,81



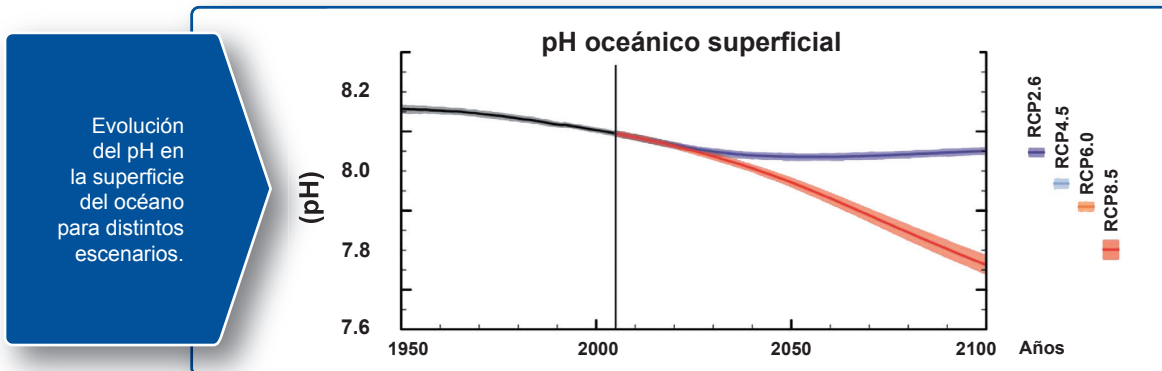
**“El nivel medio global del mar continuará aumentando durante el siglo XXI”**

## Carbono y otras magnitudes biogeoquímicas

■ En todos los escenarios, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera será mayor en 2100 que en la actualidad como consecuencia del aumento de las emisiones acumuladas durante el siglo XXI.



■ Parte del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera continuará siendo absorbido por el océano, lo que conllevará un aumento de la acidificación oceánica.



## Proyecciones de cambio climático a corto plazo

El cambio climático a corto plazo (escala decadal) depende del calentamiento comprometido (causado por la inercia de los océanos en respuesta al forzamiento histórico externo), de la evolución del forzamiento externo y de la variabilidad climática generada internamente, siendo ésta última la contribución más relevante.

- Las predicciones de temperaturas de escala decadal (hasta 10 años) son estadísticamente fiables cuando los cálculos se realizan a partir de un ensemble multimodelo, si bien no tienen fiabilidad a escala regional.
- Las condiciones iniciales consideradas para realizar las predicciones a corto plazo influyen de forma significativa en la calidad de esas predicciones. Por este motivo, las predicciones a corto plazo que toman como punto de partida los primeros años del siglo XXI (entre 2000 y 2005) reproducen mejor el fenómeno de ralentización del incremento de temperaturas que se ha observado empíricamente en los últimos años.
- En ausencia de grandes erupciones volcánicas y suponiendo que no haya cambios significativos futuros en la irradiación solar, el cambio de la temperatura superficial media global para el periodo 2016-2035 respecto al periodo de referencia (1986-2005) estará en el rango entre 0,3°C y 0,7°C.



## 6.- ¿Cuáles son las proyecciones futuras de cambio climático a nivel regional?

En la Región Mediterránea tendrá lugar:

- Un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales. Para el escenario RCP8.5 y para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8°C y de 6,0°C en los meses invernales y estivales, respectivamente.

- Una reducción de la precipitación anual sobre la península Ibérica, que será más acusada cuanto más al sur. Las precipitaciones se reducirán fuertemente en los meses estivales. Para el escenario RCP8.5 y para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará reducciones medias de precipitación de 12% y de 24% en los meses invernales y estivales, respectivamente.

- Un aumento de los extremos relacionados con las precipitaciones de origen tormentoso.

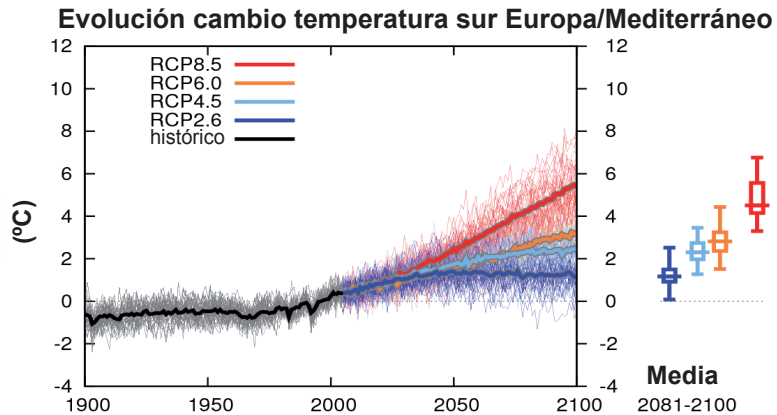
**Cambio de temperatura y precipitación en periodos invernal, estival y anual para diferentes horizontes temporales y para el escenario RCP8.5.**

Mes	año	Temperatura (°C)					Precipitación (%)				
		min.	25%	50%	75%	max.	min.	25%	50%	75%	max.
Diciembre Enero Febrero	2035	0.0	0.6	0.9	1.1	1.7	-10	-4	-1	1	8
	2065	0.7	1.8	2.2	2.7	3.1	-24	-9	-4	-2	6
	2100	2.4	3.3	3.8	4.6	5.7	-35	-18	-12	-7	0
Junio Julio Agosto	2035	0.6	1.1	1.4	1.6	2.7	-15	-7	-3	1	8
	2065	2.1	2.6	3.3	3.7	5.6	-31	-18	-12	-7	9
	2100	3.9	4.9	6.0	6.8	9.3	-58	-35	-24	-17	-4
Anual	2035	0.4	1.0	1.1	1.3	2.0	-8	-4	-2	0	5
	2065	1.6	2.3	2.5	3.0	4.1	-23	-11	-7	-5	1
	2100	3.3	4.1	4.5	5.6	6.9	-35	-23	-19	-13	-2

Los cambios están referidos al periodo 1986-2005. La tabla muestra el intervalo de incertidumbre mediante los percentiles de 25%, 50%, 75%, el valor máximo y mínimo de los 39 modelos utilizados. Se utilizan celdas coloreadas en el caso de la precipitación para indicar los resultados más robustos.

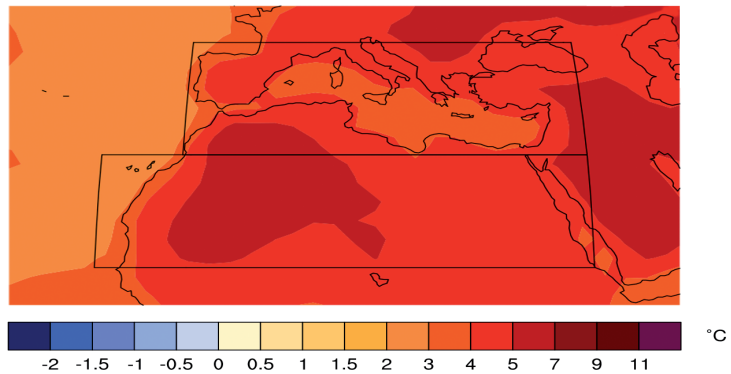
# Anual

Cambio estimado de la temperatura anual media en el sur de Europa y la Región Mediterránea para distintos escenarios de emisión.



Cambio estimado de la temperatura anual media para finales del siglo XXI (promedio entre 2081 y 2100) respecto a la actualidad (promedio entre 1986 y 2005) para el escenario RCP8.5.

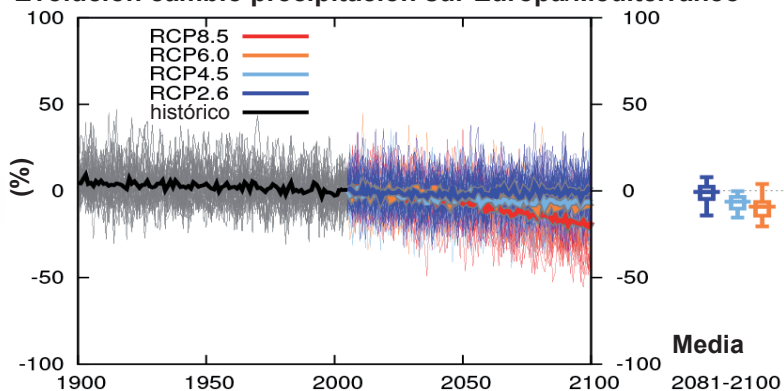
### Cambio temperatura 2081–2100 resp. 1986–2005



# Anual

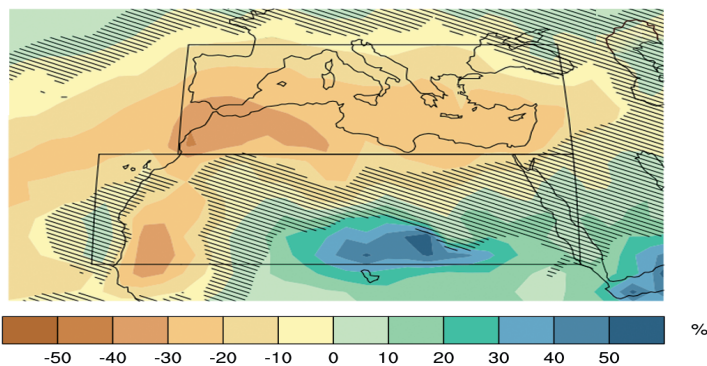
Cambio estimado de la precipitación anual media en el sur de Europa y la Región Mediterránea para distintos escenarios de emisión.

## Evolución cambio precipitación sur Europa/Mediterráneo



Cambio estimado de la precipitación anual media para finales del siglo XXI (promedio entre 2081 y 2100) respecto a la actualidad (promedio entre 1986 y 2005) para el escenario RCP8.5.

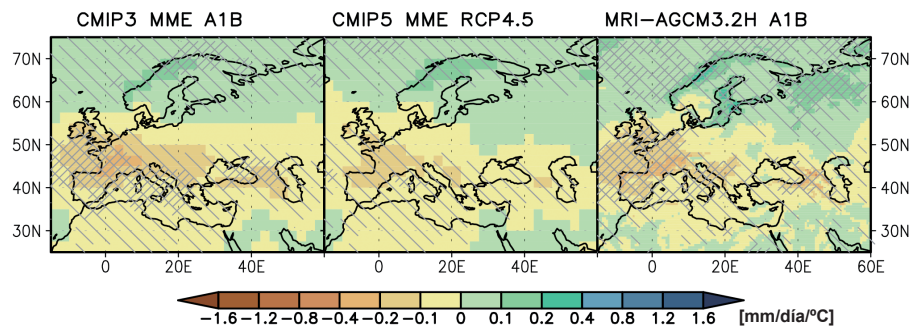
## Cambio precipitación 2081-2100 resp. 1986-2005



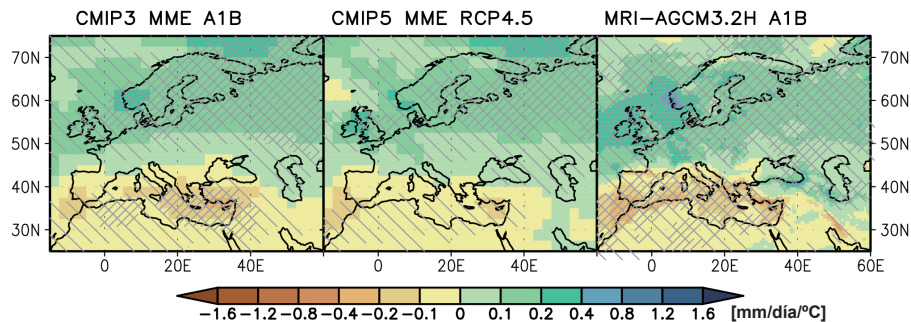
■ Los cambios en las precipitaciones para la Región Mediterránea estimados en el AR5 son consistentes con las previsiones realizadas en el anterior Informe de Evaluación, así como con las proyecciones en alta resolución realizadas por el modelo MRI o en el marco del proyecto ENSEMBLES.

Cambio estimado (2081-2100 respecto 1986-2005)  
de la precipitación estival (gráfico superior) e invernal (gráfico inferior)  
estimada por el AR4 (izquierda),  
el AR5 (centro), y por un ensemble basado en un modelo  
(MRI) con alta resolución.

### Junio/Julio/Agosto



### Diciembre/Enero/Febrero

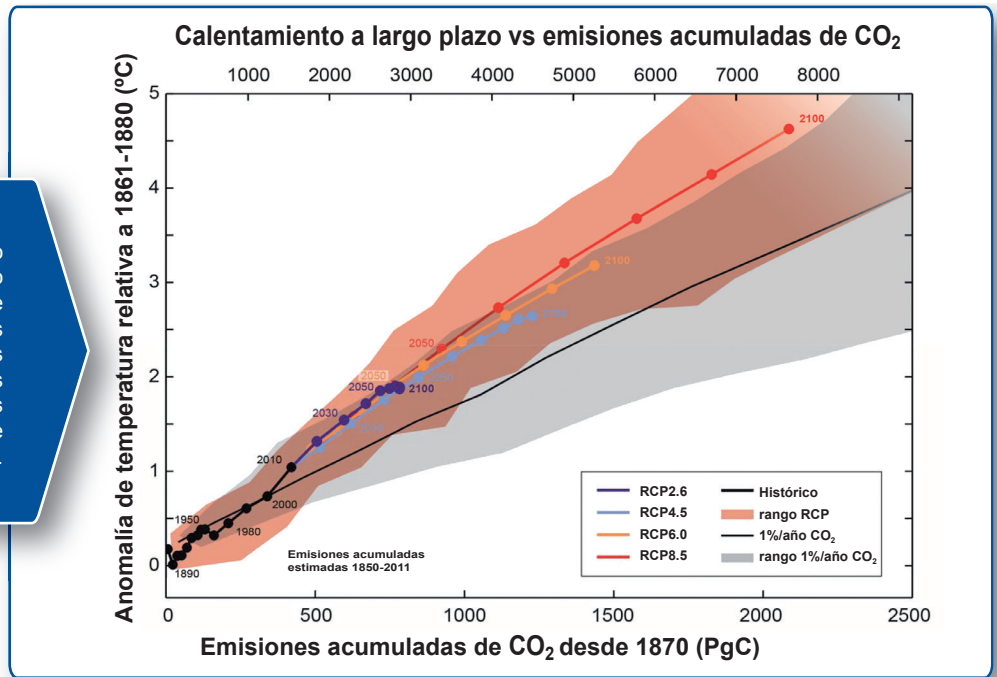


# 7.- La inercia de los cambios y la estabilización del sistema climático

■ Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> constituyen el principal agente responsable del calentamiento a largo plazo. De hecho, ambas magnitudes -incremento de temperatura y emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>- están aproximadamente relacionadas de forma lineal. En consecuencia, si se establece un objetivo de calentamiento (por ejemplo, limitar el ascenso global de temperaturas a 2°C) el hecho de que se produzcan unas emisiones mayores en las décadas próximas implica la necesidad de que las emisiones sean menores después.

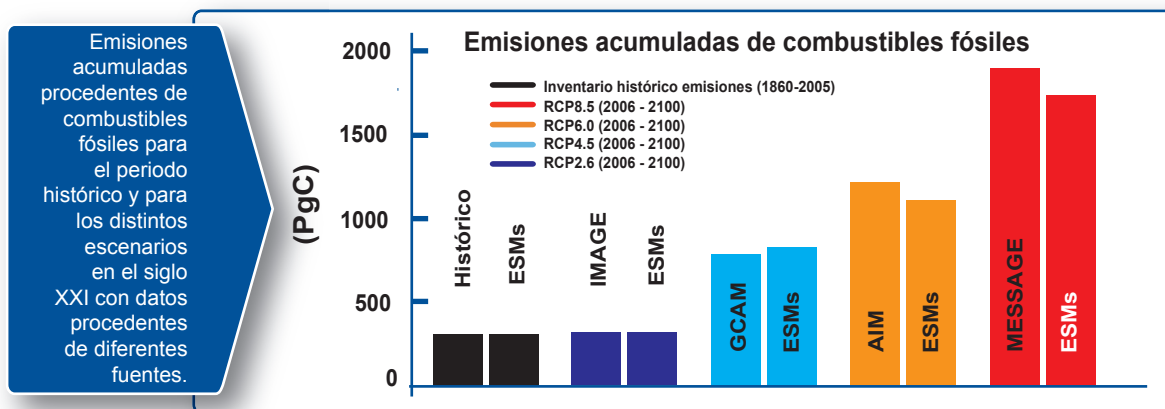
■ Las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> acumuladas desde el comienzo de la revolución industrial deberían limitarse a aproximadamente 1000 PgC si se quiere restringir el calentamiento a 2°C respecto a la época preindustrial. Aproximadamente la mitad (entre 470 y 640 PgC) ya se había emitido en 2011. Si se tienen en cuenta los otros forzamientos (resto de gases de efecto invernadero emitidos como resultado de la actividad humana), una posible liberación de gases del permafrost o de los hidratos de metano, o si se quiere una mayor certeza de que no se superarán los 2°C, habría que rebajar sustancialmente esa cifra.

Calentamiento a largo plazo en función de las emisiones antropogénicas totales acumuladas de CO<sub>2</sub> desde el año 1870.



■ En el periodo 2000–2009, las emisiones medias anuales procedentes de los combustibles fósiles y de la producción de cemento fueron de 7,8 (entre 7,2 y 8,4) PgC con un crecimiento medio del 3,2% anual. Esta tasa de crecimiento de las emisiones es mayor que la registrada en la década anterior (1,0% anual). En 2011 esas emisiones alcanzaron los 9,5 (entre 8,7 y 10,3) PgC.

■ La utilización de modelos que simulan el ciclo del carbono permite estimar posibles escenarios en función de las emisiones totales procedentes de los combustibles fósiles realizadas en el periodo 2012-2100. Así, unas emisiones acumuladas de 270 PgC (entre 140 y 410) serían compatibles con el escenario RCP2.6, mientras que unas emisiones acumuladas de 780 PgC (entre 595 y 1 005) serían compatibles con el escenario RCP 4.5. Por su parte, el escenario RCP6.0 podría darse con unas emisiones de 1060 PgC (entre 840 y 1250) y el escenario RCP8.5 con unas emisiones de 1685 PgC (entre 1415 y 1910).

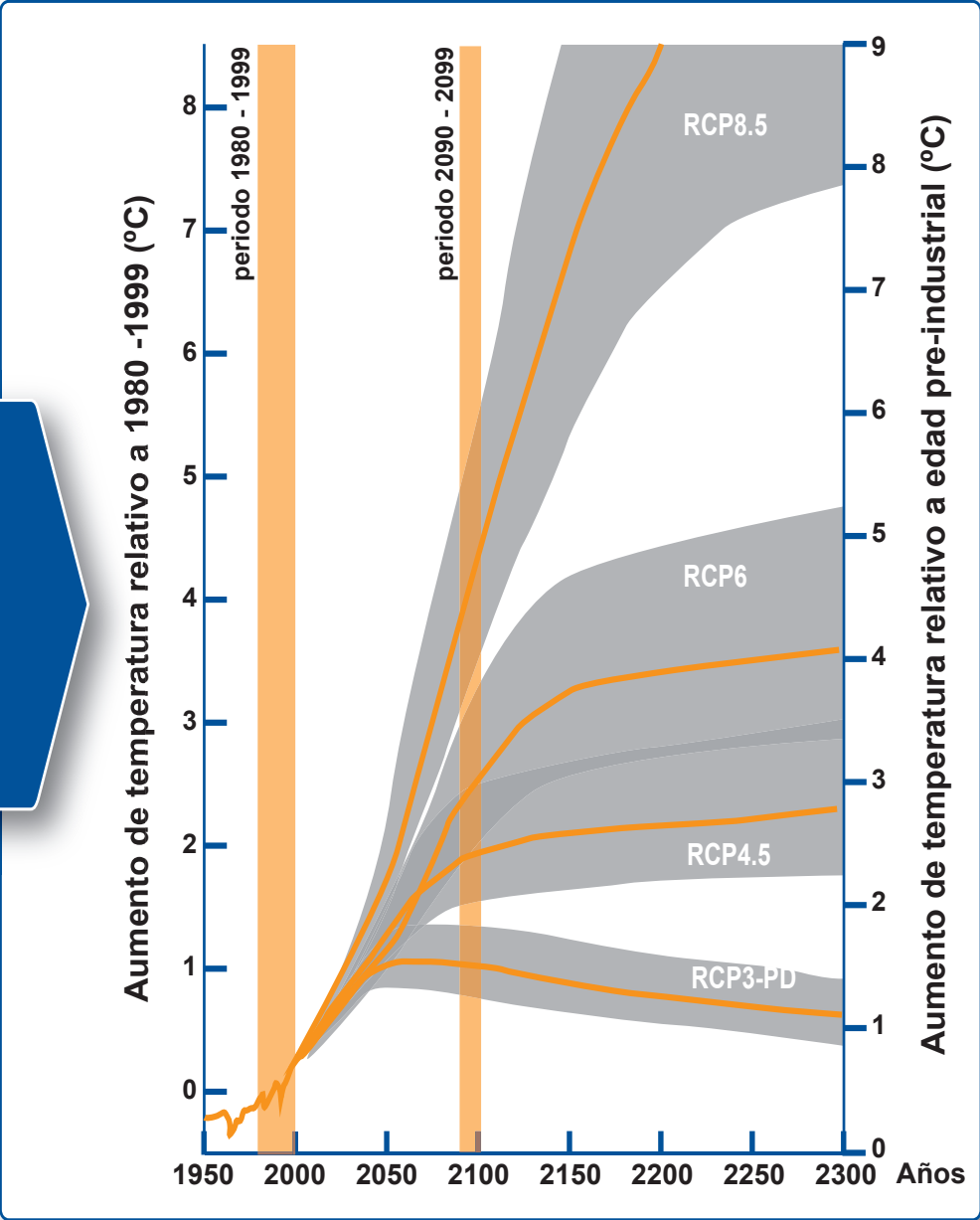


Muchos aspectos del cambio climático persistirán durante siglos, incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero se detuviesen. El cambio climático está comprometido por las emisiones pasadas, presentes y futuras.

■ La larga permanencia en la atmósfera del CO<sub>2</sub> ya emitido (más del 20% permanecerá más de 1000 años una vez que las emisiones hayan cesado) causa una irreversibilidad del calentamiento a escala temporal humana a menos que haya importantes detracciones de CO<sub>2</sub> de la atmósfera (emisiones negativas) durante periodos prolongados.

**“Limitar el cambio climático requerirá reducciones sustanciales y sostenidas de las emisiones de gases de efecto invernadero”**

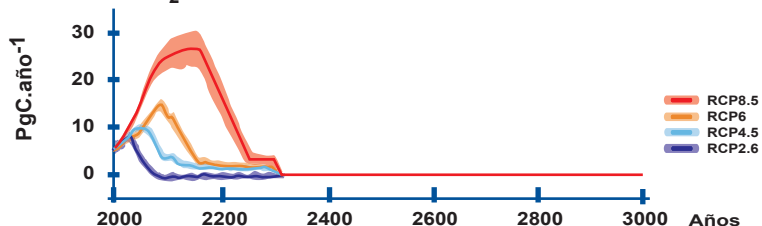
Evolución de la temperatura hasta el año 2300 para distintos escenarios con la incertidumbre estimada.



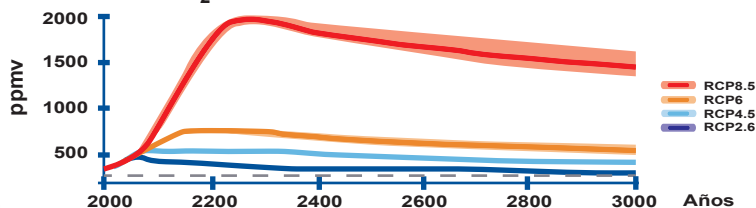
El incremento del nivel del mar por expansión térmica continuará durante muchos siglos. La pérdida continuada de masas de hielo, que en algunos casos tiene un carácter irreversible, contribuirá también a ese ascenso. Un calentamiento prolongado por encima de un cierto umbral podría desencadenar la fusión, casi completa, del manto de hielo de Groenlandia. Esa fusión, que se produciría en un periodo superior a un milenio, conllevaría un aumento del nivel del mar de hasta 7 metros.

### Inercia del sistema climático

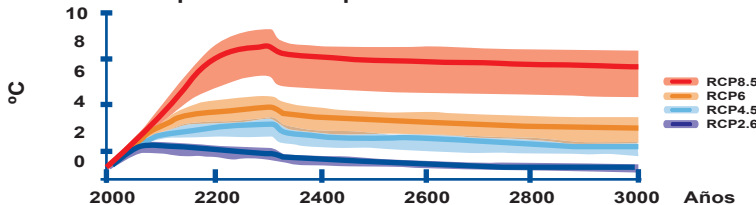
Emisiones CO<sub>2</sub>



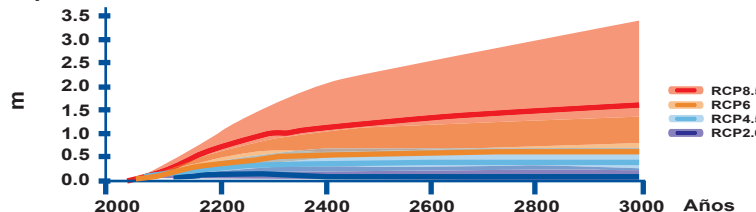
Concentración CO<sub>2</sub> atmósfera



Cambio de temperatura en superficie



Expansión térmica del océano



Evolución hasta el año 3000 de las emisiones y concentraciones de CO<sub>2</sub> con la correspondiente evolución del cambio en la temperatura del aire y del incremento en el nivel de los océanos por expansión térmica.



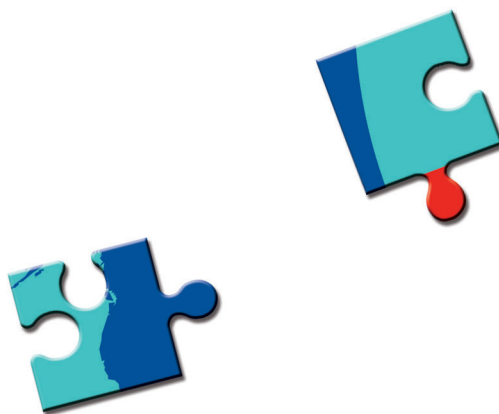
## 8.- Temas sensibles

### La ralentización del aumento de la temperatura

Durante los últimos 10-15 años la temperatura media global del aire a nivel de la superficie terrestre no ha aumentado significativamente si se compara con el crecimiento registrado en los pasados 30 ó 60 años. Esta ralentización del calentamiento es más marcada en el invierno del hemisferio norte. Tanto en las observaciones como en las simulaciones del sistema climático, ya se habían detectado periodos de 10-15 años con aumentos reducidos de las temperaturas, similares al actual, que cubre desde 1998 hasta 2012.

Este menor ascenso de las temperaturas se atribuye, a partes iguales, a la variabilidad interna y a una tendencia a la reducción en el forzamiento externo (menos y más frecuentes erupciones volcánicas y fase reducida del ciclo solar de 11 años). La variabilidad interna del sistema climático se deriva de la redistribución del calor en y entre la atmósfera y el océano, algunas veces refuerza el forzamiento externo y otras lo contrarresta. La misma existencia de esta variabilidad interna minimiza la importancia de las tendencias de temperatura en periodos de entre 10 y 15 años. Además la temperatura anual media global del aire es solo una –si bien muy importante– de la colección de variables climáticas esenciales que proporcionan una imagen lo más amplia posible del clima de la Tierra. Las tendencias a largo plazo de muchas de estas variables (p.e., el incremento en el nivel del mar o la reducción en la extensión de los hielos en el océano Ártico) son consistentes con nuestra comprensión de cómo se espera que la Tierra evolucione en respuesta a un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

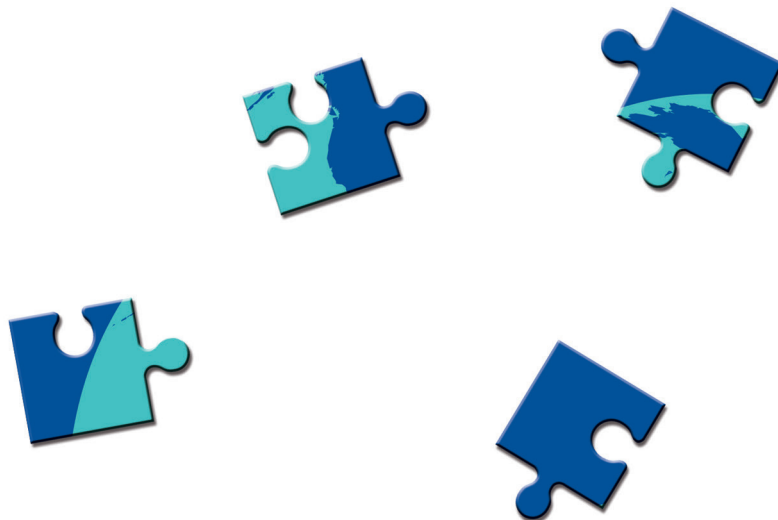
- La observación de las tendencias de un amplio conjunto de variables climáticas muestra que sus cambios son consistentes con un mundo en proceso de calentamiento global y con nuestra comprensión de cómo funciona el sistema climático.



## Respuesta del sistema climático

Una forma de conocer el comportamiento del sistema climático es analizar su respuesta a un FR constante. Para ello se suele utilizar una magnitud llamada Sensibilidad Climática de Equilibrio que se define como el cambio en la temperatura media global del aire en superficie cuando se alcanza el equilibrio que se produce al duplicar la concentración de  $\text{CO}_2$  equivalente en la atmósfera. De acuerdo con las evidencias de los estudios más recientes, la Sensibilidad Climática de Equilibrio se sitúa en el rango entre  $1,5^\circ\text{C}$  y  $4,5^\circ\text{C}$  (con probabilidad superior al 66%) que coincide con el rango estimado en el AR1, el AR2 y el AR3 (en el AR4 el límite inferior se situaba por debajo de los  $2^\circ\text{C}$ ). La sensibilidad del sistema climático en escalas temporales de milenios -incluyendo retroalimentaciones que actúan a largo plazo y que típicamente no están contempladas por los modelos- pueden ser significativamente mayores que la sensibilidad climática aquí considerada.

- La respuesta del sistema climático a una duplicación de la concentración del  $\text{CO}_2$  produce -cuando se alcanza el equilibrio- un incremento de temperatura cuyo valor se estima que se sitúa probablemente entre  $1,5^\circ\text{C}$  y  $4,5^\circ\text{C}$ . El límite inferior se sitúa en  $2^\circ\text{C}$  estimados en el anterior informe del IPCC. La diferencia en el límite inferior entre el AR5 y el AR4 no es decisiva para valorar la urgencia del cambio climático o para estimar las reducciones en las emisiones que se requerirían para alcanzar el objetivo del límite de  $2^\circ\text{C}$  de incremento de temperatura respecto a la época preindustrial.



## Intervalos de temperaturas en las proyecciones de cambio climático

Los escenarios de emisión evaluados en el AR5 proporcionan un abanico de proyecciones de calentamiento global para finales del siglo XXI. Entre éstas, la que predice un mayor aumento de temperatura (alrededor de 4-5 °C) es coincidente con la proyección más alta del AR4. Sin embargo, en el otro extremo del abanico, aquellas proyecciones que predicen los rangos de aumento de temperatura más pequeños muestran valores significativamente más bajos en el AR5 que en el AR4. La explicación es que en el AR5 se han incorporado escenarios con menores emisiones que los contemplados en el AR4. Sólo el escenario de emisión más bajo (RCP2.6) permitiría alcanzar el objetivo político de no sobrepasar los 2°C respecto a la época preindustrial.

■ Las proyecciones proporcionadas por el AR4 y el AR5 no son directamente comparables, ya que se basan en distintas colecciones de escenarios, pero ambas son consistentes entre sí y permiten cierta comparación solo entre los escenarios que son próximos en cuanto a volumen y ritmo de las emisiones. En el AR5 se exploran escenarios de emisión compatibles con reducciones ambiciosas de las emisiones a nivel global.

## Mayor certeza de la influencia humana en el cambio climático

En comparación con el AR4, la existencia de observaciones más detalladas y de modelos climáticos mejorados permite atribuir a la influencia humana los cambios detectados en más componentes del sistema climático. La consistencia de los cambios observados y simulados en todo el sistema climático, incluyendo temperaturas regionales, ciclo del agua, balance energético global, criosfera y océanos (incluida la acidificación) señala que el cambio climático global resulta principalmente del aumento antropogénico en las concentraciones de gases de efecto invernadero.

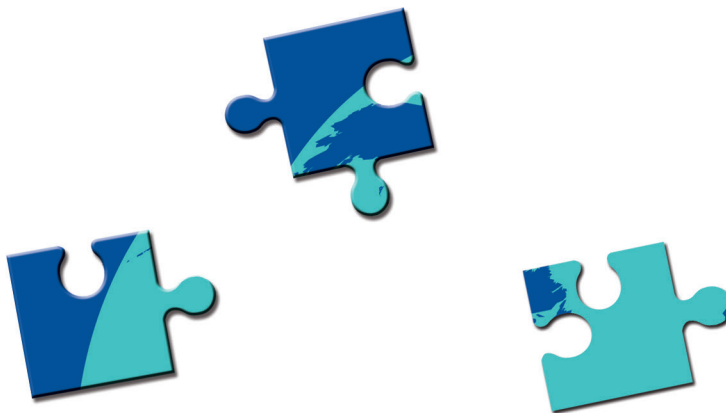
■ La probabilidad de que el aumento de la temperatura media global sea consecuencia de la actividad humana ha ido aumentando en los sucesivos informes del IPCC. En el AR3 y el AR4 se afirmaba, respectivamente, que la probabilidad de influencia humana era superior al 66% y al 90%. En el AR5 se considera que hay una probabilidad superior al 95% de que la influencia humana en el clima haya causado más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global en el periodo 1951-2010, lo que ha originado calentamiento de los océanos, fusión de hielo y nieve, elevación del nivel del mar y cambio en algunos extremos climáticos en la segunda mitad del siglo XX.

## Escenarios de ascenso del nivel del mar

Las estimaciones relativas a la subida del nivel del mar para finales del siglo XXI muestran mayores valores en el AR5 que en el AR4 (el ascenso estimado es de 0,26 - 0,81 m en el AR5 frente a los 0,18 - 0,59 m calculados en el informe anterior). Estos rangos se obtienen a partir de los modelos globales y su diferencia se debe a la inclusión en el AR5 de estimaciones de la fusión de los mantos de hielo. En el AR4 estas contribuciones fueron consideradas demasiado inciertas como para ser cuantificadas, si bien, cualitativamente, se estimó que podían variar entre 0,1 y 0,2 metros. Además, los dos informes se refieren a años iniciales y finales ligeramente diferentes que contribuyen adicionalmente a estas diferencias.

Existen otros métodos para estimar los ascensos futuros del nivel del mar que se basan en los datos existentes sobre los cambios acaecidos en el pasado. Estos métodos, también evaluados en el AR5, proporcionan unas estimaciones mayores –del orden de 1 m de ascenso– que las proporcionadas por los modelos globales. Sin embargo el mismo AR5 asigna menor confianza a estos resultados procedentes de métodos semi-empíricos.

- En el AR5 se calcula una mayor subida del nivel del mar (0,26-0,81 m) que en el anterior (0,18-0,59 m) que se explica fundamentalmente por la incorporación de los datos relativos a la fusión de glaciares y mantos de hielo. La fiabilidad de los nuevos resultados es mayor ya que hay una mejor coincidencia entre los resultados obtenidos a través de modelos y las observaciones, una mejor comprensión de los procesos físicos subyacentes y se han considerado los cambios dinámicos rápidos de los mantos de hielo.

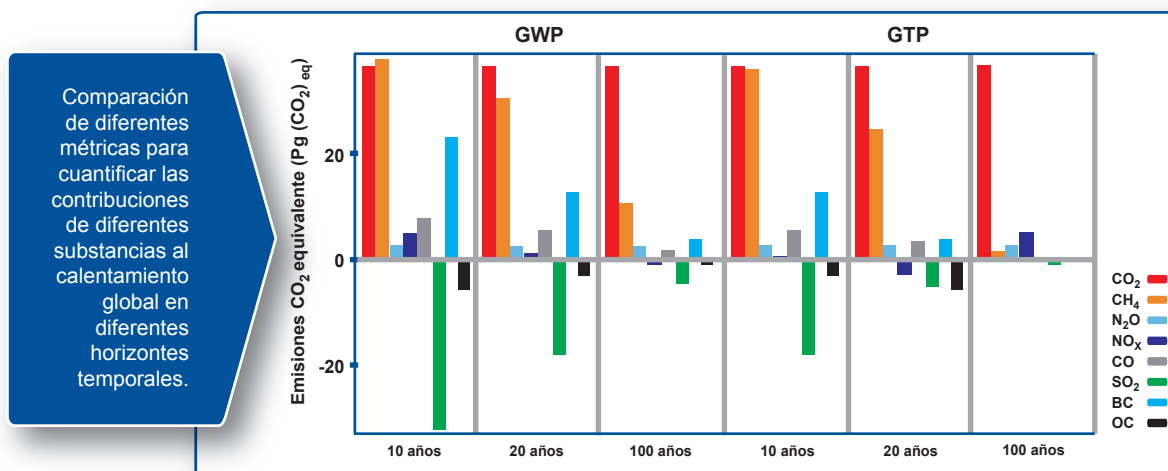


## Medidas de la contribución al cambio climático de los gases de efecto invernadero

Para cuantificar y comparar las contribuciones de los diferentes gases de efecto invernadero al cambio climático se emplean diferentes magnitudes. Hasta ahora la magnitud más utilizada ha sido el Potencial de Calentamiento Global (GWP, de sus siglas en inglés) que es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un gas de efecto invernadero en un determinado periodo de tiempo en comparación con el CO<sub>2</sub>. Esta magnitud tiene en cuenta las eficiencias radiativas de las diferentes sustancias y su tiempo de vida en la atmósfera. Por ejemplo, el GWP del CH<sub>4</sub> para un horizonte de 20 años es de 72, lo que significa que si se coloca en la atmósfera una misma masa de CO<sub>2</sub> y de CH<sub>4</sub>, este atraparán 72 veces más calor que el CO<sub>2</sub> en el periodo de 20 años considerado.

Sin embargo, cada vez se presta más atención a otra magnitud, el Potencial de Cambio de Temperatura Global (GTP, de sus siglas en inglés) que se refiere al cambio de la temperatura media global en superficie que induce un determinado gas de efecto invernadero, tomando como referencia el producido por el CO<sub>2</sub>. El GTP tiene en cuenta la respuesta climática así como la eficiencia radiativa y el tiempo de vida de las diferentes sustancias.

La elección de la magnitud que utilizemos para describir la contribución de un determinado gas de efecto invernadero al cambio climático y el horizonte temporal considerado influye en la importancia relativa otorgada a cada sustancia. Así, sustancias como el hollín, CH<sub>4</sub> o SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) pueden tener contribuciones comparables al CO<sub>2</sub> en horizontes temporales cortos.



■ Hay una gran variedad de magnitudes que estiman el impacto de las diferentes sustancias en el cambio climático. No existe una única unidad de medida que tenga en cuenta las diferentes respuestas de los diferentes parámetros climáticos a lo largo del tiempo. La elección de una u otra unidad de medida con un horizonte temporal u otro depende de la consecuencia particular que se esté interesado en evaluar. Lógicamente, la elección implica un tipo de efecto y una ponderación de la contribución de las diferentes sustancias en el tiempo.

# 9.- Resultados concluyentes y principales incertidumbres

## Resultados concluyentes

### Cambios observados en el sistema climático

- El calentamiento del sistema climático desde 1950 se manifiesta en la subida de temperaturas de la atmósfera y los océanos, en la disminución de la cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve y en la subida del nivel del mar.
- La temperatura media global muestra un incremento de 0,89 °C (entre 0,69 y 1,08 °C) en el periodo 1901-2012.
- Se han observado cambios en episodios extremos desde 1950.
- La capa superior del océano (0 - 700 m) se ha calentado en el periodo 1971 - 2010, aumentando el contenido de calor del océano superficial en dicha capa.
- El nivel medio del mar a nivel global ha aumentado en 0,19 m en el periodo 1901- 2010, acelerándose la tasa de ascenso en los dos últimos siglos.
- La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado como resultado de la actividad humana, fundamentalmente por el uso de combustibles fósiles y la deforestación, con una menor contribución de la producción de cemento.
- Las concentraciones actuales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O exceden sustancialmente el rango de concentraciones registradas en los testigos de hielo durante los pasados 800.000 años.
- El pH de agua oceánica ha decrecido en 0,1 desde el comienzo de la era industrial, que corresponde a un aumento del 26% de concentración de iones hidrógeno.

### Agentes del cambio climático

- Las nuevas estimaciones realizadas del FR (2,3 W/m<sup>2</sup> desde 1750 para el año 2011) son un 44% más altas que las del 2005 y tienen un efecto global de calentamiento.
- El factor que contribuye en mayor medida al forzamiento radiativo es el aumento en la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.

### Comprensión del sistema climático y sus cambios recientes

- La influencia humana en el clima ha causado (con probabilidad superior al 95%) más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global en el periodo 1951-2010, lo que ha originado calentamiento de los océanos, fusión del hielo y nieve, elevación del nivel del mar y cambio en algunos extremos climáticos en la segunda mitad del siglo XX.

## Principales incertidumbres

- El nivel de **confianza** de las estimaciones sobre la tasa de calentamiento en la troposfera y su estructura vertical es medio o bajo.
- El nivel de **confianza** de las estimaciones del cambio de precipitación global anterior a 1950 es bajo, por falta de datos.
- Las tendencias globales relativas a las sequías tienen un nivel de **confianza** bajo.
- Los cambios a largo plazo (siglo) en las características de los ciclones tropicales tienen un nivel de **confianza** bajo.
- La variabilidad subdecadal en la temperatura oceánica y en el contenido de calor en la capa superficial (0-700 m) están pobremente caracterizadas por las observaciones.
- Hay una **insuficiente** cobertura de las observaciones en los océanos por debajo de los 2000 m que limita las valoraciones sobre la contribución del calentamiento del océano profundo al incremento del nivel del mar.
- Las series de datos relativas a las características más relevantes de la circulación oceánica (p.ej., circulación termohalina) son demasiado cortas.

**Cambios  
observados  
en el sistema  
climático**

- La incertidumbre sobre las interacciones **aerosol-nube** y el forzamiento radiativo asociado sigue siendo alta.
- La **retroalimentación** de las nubes en el sistema climático es probablemente positiva pero presenta problemas de cuantificación.
- A partir de las reconstrucciones del clima pasado y de los modelos del sistema Tierra, se aprecia una **retroalimentación** positiva entre el clima y el **ciclo del carbono** pero las estimaciones sobre la magnitud de esa retroalimentación tienen un nivel de **confianza** bajo.

**Agentes  
del cambio  
climático**

- La simulación de las nubes en los modelos solo ha mejorado modestamente desde el AR4 y sigue constituyendo un desafío.
- Las incertidumbres en las observaciones para variables climáticas distintas de la temperatura y en forzamientos tales como los aerosoles continúan impidiendo la atribución de cambios en muchos aspectos.
- Los cambios en el ciclo del agua siguen siendo modelizados con poca fiabilidad.
- Las incertidumbres en la modelización son más importantes a escala regional.

**Comprensión  
del sistema  
climático y  
sus cambios  
recientes**

## Resultados concluyentes

### Proyecciones de cambio climático global y regional

- El cambio de la temperatura superficial no será regionalmente uniforme si bien en el largo plazo el calentamiento será mayor sobre la tierra que sobre los océanos. La Región Ártica se calentará más rápidamente.
- En un clima más cálido, el contraste en la precipitación estacional media entre las regiones secas y húmedas aumentará en la mayor parte del globo. Las regiones situadas en latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial verán incrementarse sus precipitaciones.
- En la mayoría de las regiones habrá más episodios relacionados con extremos de altas temperaturas y menos relacionados con extremos de bajas temperaturas.
- Las olas de calor serán más frecuentes y tendrán mayor duración. Los fríos invernales extremos continuarán ocurriendo ocasionalmente.
- El océano se calentará en todos los escenarios. Este proceso continuará durante siglos debido a las largas escalas temporales de la transferencia de calor entre la superficie y el océano profundo, incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero decrecen o se mantienen constantes.
- La extensión y el espesor del hielo marino ártico continuarán disminuyendo a lo largo del siglo XXI.
- La extensión del permafrost próximo a la superficie se reducirá en las latitudes del hemisferio norte durante el siglo XXI.
- El nivel medio global del mar se incrementará durante el siglo XXI con un aumento en la confianza de las proyecciones respecto al AR4.
- En todos los escenarios, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera será mayor en 2100 que en la actualidad como consecuencia del aumento de las emisiones acumuladas durante el siglo XXI.
- En la Región Mediterránea tendrá lugar:
  - Un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales.
  - Una reducción de la precipitación anual sobre la península Ibérica, que será más acusada cuanto más al sur. Las precipitaciones se reducirán fuertemente en los meses estivales.
  - Un aumento de los extremos relacionados con precipitación de origen tormentoso.



## Principales incertidumbres

- Las proyecciones realizadas para plazos decadales relativas a las temperaturas medias anuales (tanto globales como relativas a determinadas regiones) tienen un nivel de confianza medio. En el caso de las precipitaciones, la capacidad predictiva es generalmente baja. Las proyecciones del clima a corto plazo están limitadas por la baja confianza en las estimaciones del forzamiento natural.
- Las proyecciones de las tendencias en la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales tienen un nivel de confianza bajo.
- Las proyecciones de escorrentía superficial y humedad del suelo no son robustas en muchas regiones.
- Algunos componentes o fenómenos del sistema climático pueden exhibir cambios abruptos pero hay baja confianza y poco consenso en lo relativo a las probabilidades con las que estos cambios tengan lugar.
- Hay un importante nivel de incertidumbre respecto a la magnitud de las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> a la atmósfera provocadas por la fusión del permafrost.
- La contribución al cambio del nivel del mar proveniente de la dinámica de los mantos de hielo tiene un nivel de confianza medio.
- Las proyecciones de muchos aspectos que influyen en el cambio climático regional, incluidos cambios en amplitud y patrones espaciales de los modos de variabilidad climática tienen un bajo nivel de confianza.

**Proyecciones  
de cambio  
climático  
global y  
regional**

## 10.- 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 y humano.

### **Anomalía Climática Medieval**

Es un intervalo de tiempo con condiciones relativamente cálidas y con presencia de otras anomalías climáticas, tales como una mayor ocurrencia de sequías, que tuvieron lugar en algunas regiones continentales. Aunque el intervalo no está claramente definido, la mayoría de las definiciones lo sitúan entre los años 900 y 1400 d.C.

### **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.

### **Ciclo del carbono**

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

### **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.

### **Confianza**

Validez de un resultado basada en el tipo, cantidad, calidad y consistencia de las evidencias y en su grado de acuerdo. El nivel de confianza se expresa cualitativamente en el informe con cinco calificadores: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

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

Medida normalizada del efecto del conjunto de todos los gases de efecto invernadero (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.

### **Efecto invernadero**

Es el efecto de la radiación infrarroja debido a todos los gases y sustancias presentes en la atmósfera capaces de absorber y emitir en la frecuencia infrarroja del espectro de radiación. Los denominados gases de efecto invernadero, las nubes y -en menor cuantía- los aerosoles absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra y por otras partes de la atmósfera. Todas estas sustancias emiten

radiación en todas las direcciones pero la cantidad neta emitida al espacio es normalmente menor que la que se emitiría en ausencia de estas sustancias absorbentes de radiación infrarroja debido a la disminución de la temperatura con la altitud en la troposfera y la consiguiente reducción de las emisiones. Un aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero aumenta la magnitud de este efecto contribuyendo a un calentamiento de la temperatura del aire en la superficie y en la troposfera.

## **Ensemble**

Es una colección de simulaciones realizadas con modelos que caracterizan una predicción o proyección climática. Constituye una forma de explorar las incertidumbres asociadas con los errores en los modelos o en las condiciones iniciales.

## **Episodio extremo**

Un suceso meteorológico extremo es un suceso que es raro para un lugar determinado y una época del año. La definición de raro puede variar pero, en general, se refiere a un suceso que está por debajo/ encima del percentil 10/90 de la correspondiente función de densidad de probabilidad estimada a partir de las observaciones. Cuando un suceso meteorológico extremo persiste durante un cierto tiempo puede clasificarse como suceso extremo climático, especialmente si da lugar a un valor promedio o total que a su vez es extremo.

## **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.

## **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.

## **Pequeña Edad de Hielo**

Intervalo de tiempo que tuvo lugar en el último milenio caracterizado por la ocurrencia tanto en el hemisferio norte como en el sur de un cierto número de expansiones generalizadas de los glaciares de montaña con retrocesos moderados entre ellas. Aunque el intervalo difiere entre las regiones y no está claramente definido, la mayoría de las definiciones lo sitúan entre los años 1400 y 1900 d.C.

## **Permafrost**

Terreno (suelo o roca incluyendo hielo y material orgánico) que permanece por debajo de 0°C al menos durante dos años consecutivos.

## Potencial de Calentamiento Global

Es un índice que, basándose en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero bien mezclados, mide el forzamiento radiativo de un pulso de emisión de una unidad de masa de un gas de efecto invernadero, relativo al CO<sub>2</sub>, en la atmósfera actual integrado sobre un horizonte temporal. Representa el efecto combinado del tiempo que dicho gas está en la atmósfera y su efectividad en absorber la radiación infrarroja. El protocolo de Kioto toma como referencia temporal 100 años.

## Proyección climática

Es la respuesta simulada –generalmente mediante el uso de modelos climáticos- del sistema climático a un escenario de emisiones o concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles. Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones por su dependencia del escenario de emisión o concentración considerado. Las proyecciones están por lo tanto condicionadas a las suposiciones relativas a los escenarios que pueden o no tener lugar.

## 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.

## Sistema climático

Es el sistema altamente complejo que consta de los siguientes cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera y de las interacciones que hay entre ellos. El sistema climático evoluciona con el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y de forzamientos externos tales como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y forzamientos antropogénicos como el cambio de composición de la atmósfera y el cambio de uso de suelo.

## Tasa de superación

Porcentaje de días en los que se supera un cierto umbral para una variable determinada definido en un periodo de tiempo de referencia. En este contexto se refiere a la variable temperatura máxima y al percentil 10% (90%) para los días fríos (cálidos) en periodo de referencia 1961-1990.

## Variabilidad climática

La variabilidad climática se refiere a las variaciones en el estado medio y otros estadísticos (p.e., desviación estándar, ocurrencia de extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más allá de los sucesos individuales asociados con el tiempo. La variabilidad se produce por procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o por variaciones en los forzamientos externos naturales o antropogénicos (variabilidad externa). Un ejemplo de variabilidad interna es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, de sus siglas en inglés) o la Oscilación del Atlántico norte (NAO, de sus siglas en inglés). Un ejemplo de variabilidad externa es el ciclo solar de aproximadamente 11 años.

# 11.- Abreviaturas y acrónimos

## AR1

Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 1990.

## AR2

Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 1995.

## AR3

Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2001.

## AR4

Cuarto informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007.

## AR5

Quinto Informe de Evaluación del IPCC, se publicará en 2014.

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

CO<sub>2</sub> equivalente (véase el glosario).

## GEI

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

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

## IPCC

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

## PgC

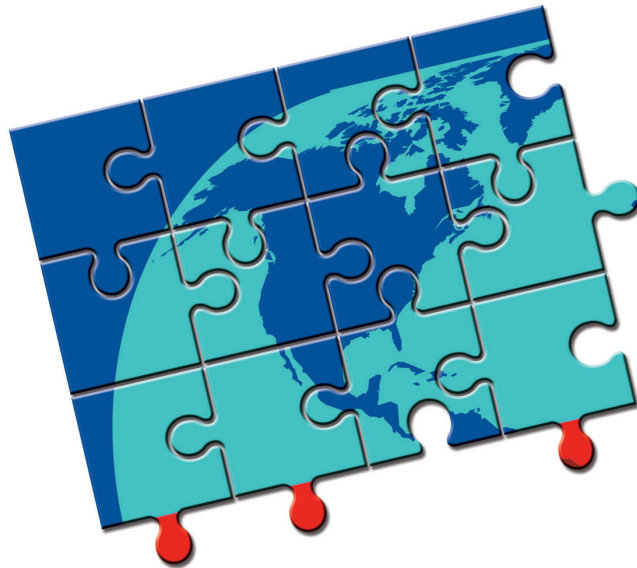
1 Petagramo de carbono = 1 PgC = 10<sup>15</sup> gramos de carbono = 1 Gigatonelada de carbono = 1 GtC.  
1 GtC corresponde a 3.67 GtCO<sub>2</sub>.

## pH

Es una medida adimensional de la acidez del agua (o de cualquier solución) que viene dada por la concentración de hidrogeniones (H<sup>+</sup>). El pH se mide en una escala logarítmica:  $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ . Una reducción de una unidad en el pH corresponde pues a multiplicar por 10 la concentración de iones H<sup>+</sup>.

## ppm

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





MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



Con la colaboración de:



ferrovial

