

X SEMINARIO “RESPUESTAS DESDE LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO”

Valsaín, 15-16 de octubre de 2013

# Cambio climático 2013: bases físicas

[www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org)

E. Rodríguez Camino

(Agradecimiento a Gian-Kasper Plattner, WGI Technical Support Unit & WGI Co-Chairs and TSU)



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



# Indice

- **Introducción**
- **¿Qué cambios se observan en el sistema climático?**
- **¿Cuáles son los procesos y agentes que determinan el cambio climático?**
- **¿Cuáles son las causas del cambio climático?**
- **¿Cuáles son las proyecciones futuras de cambio climático global?**
- **¿Cuáles son las proyecciones futuras de cambio climático a nivel regional?**
- **Estabilización del clima. Irreversibilidad**
- **Temas sensibles**
- **Resultados concluyentes y principales incertidumbres**

# Algunos números

Key SPM Messages

**19 Headlines**

on less than 2 Pages

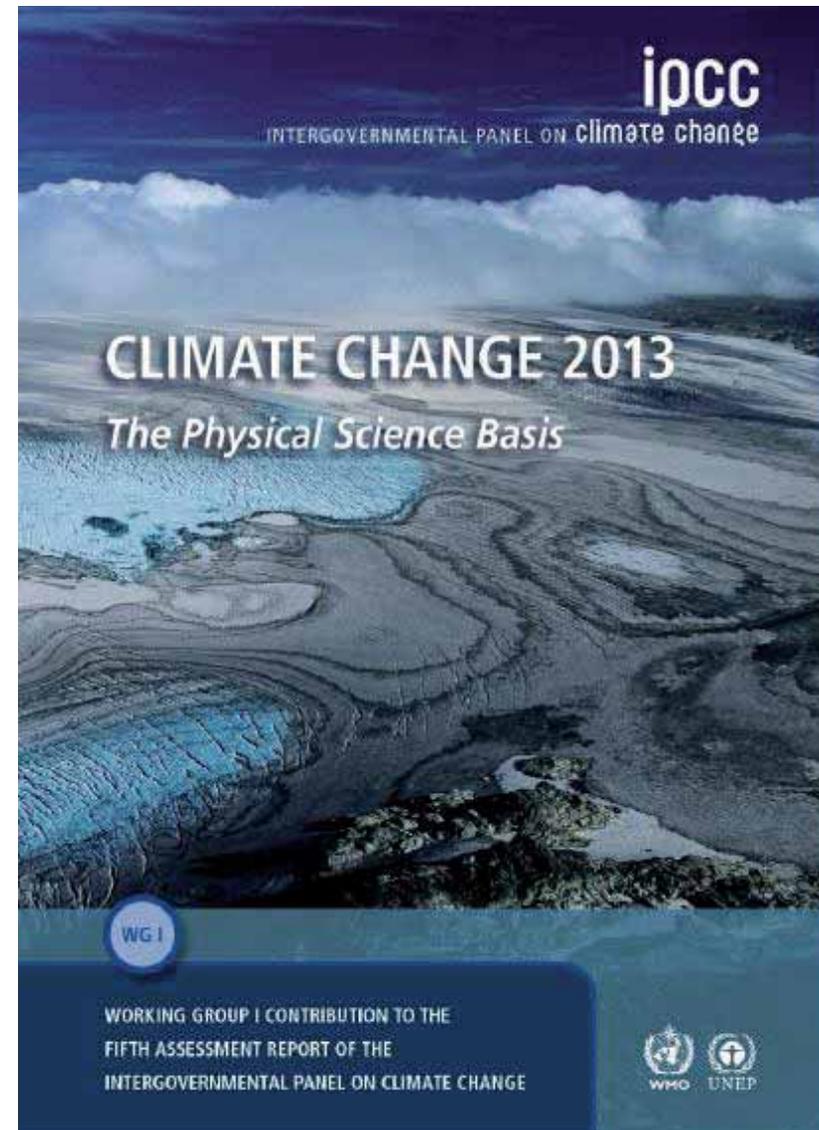
Summary for Policymakers  
ca. 14,000 Words

14 Chapters  
Atlas of Regional Projections

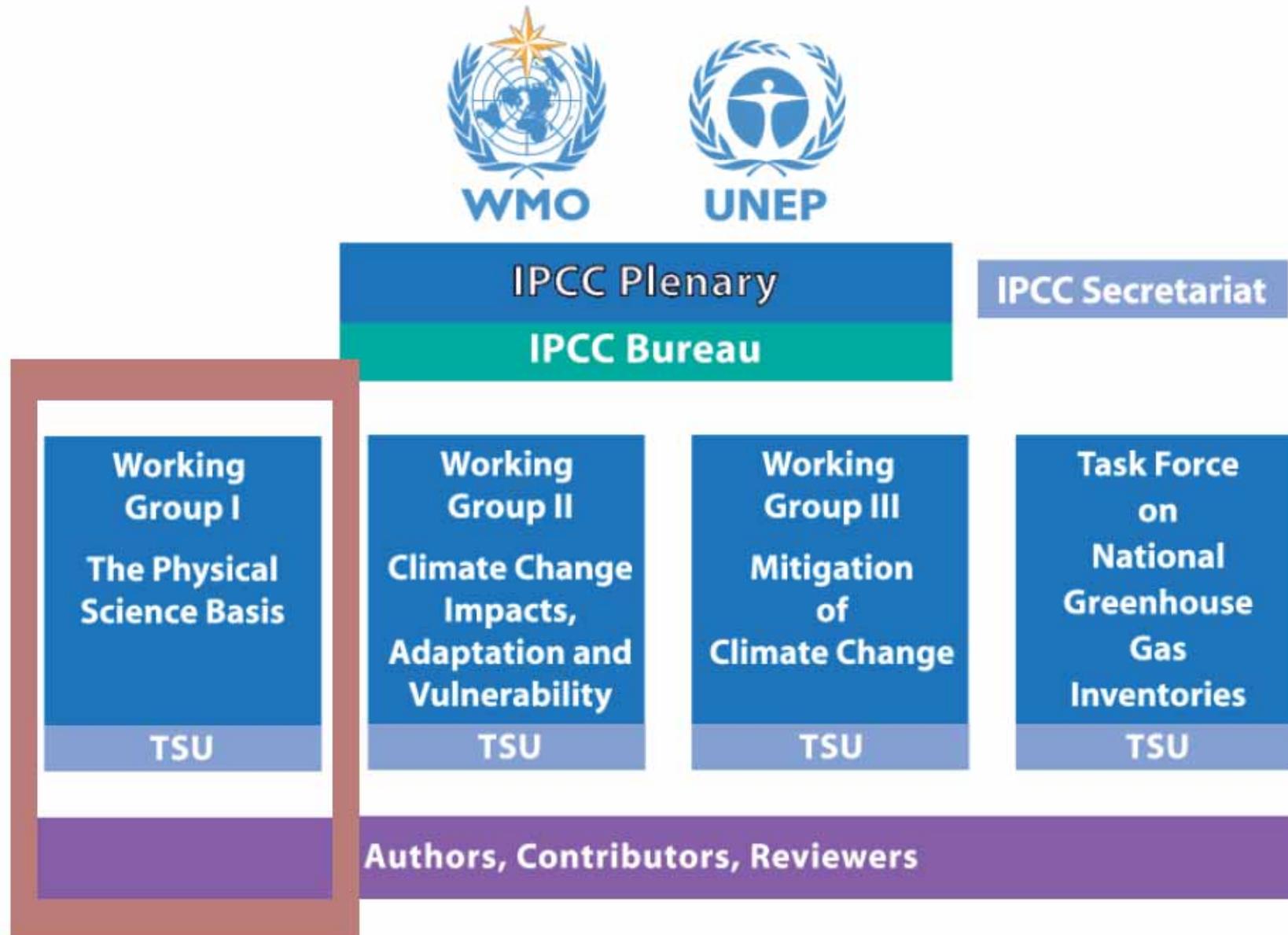
54,677 Review Comments  
by 1089 Experts

2010: 259 Authors Selected  
from 39 Countries

2009: WGI Outline Approved



# The Intergovernmental Panel on Climate Change: Structure



# Principios del IPCC

## Principles of IPCC (1998, 2003, 2006, 2011)

[...]

2. The role of the IPCC is to assess on a comprehensive, objective, open and transparent basis the scientific, technical and socio-economic information relevant to understanding the scientific basis of risk of human-induced climate change, its potential impacts and options for adaptation and mitigation. IPCC reports should be neutral with respect to policy, although they may need to deal objectively with scientific, technical and socio-economic factors relevant to the application of particular policies.
3. Review is an essential part of the IPCC process. Since the IPCC is an intergovernmental body, review of IPCC documents should involve both peer review by experts and review by governments.

[...]

# IPCC Working Group I Author Team

209 Lead Authors and 50 Review Editors from 39 countries  
Over 600 Contributing Authors from 32 countries



# The four Elements of the Fifth WGI Assessment Report

- **14 Chapters**

1'140'000 Words, ca. 2000 Pages

1250 Figures und Diagrams

- **Atlas: Regional Projections**

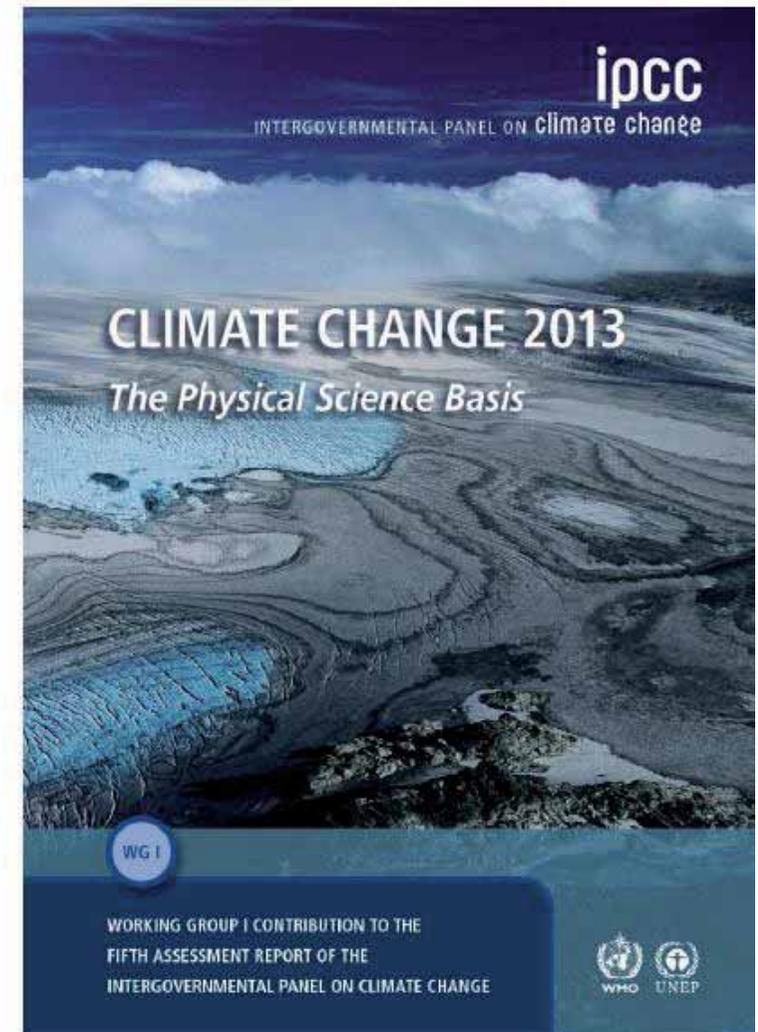
Maps for 35 Regions of the World, 2 Mio G Bytes

- **Technical Summary**

55'000 Words, ca. 90 Pages

- **Summary for Policymakers**

14'000 Words, 22 Pages, 10 Figures

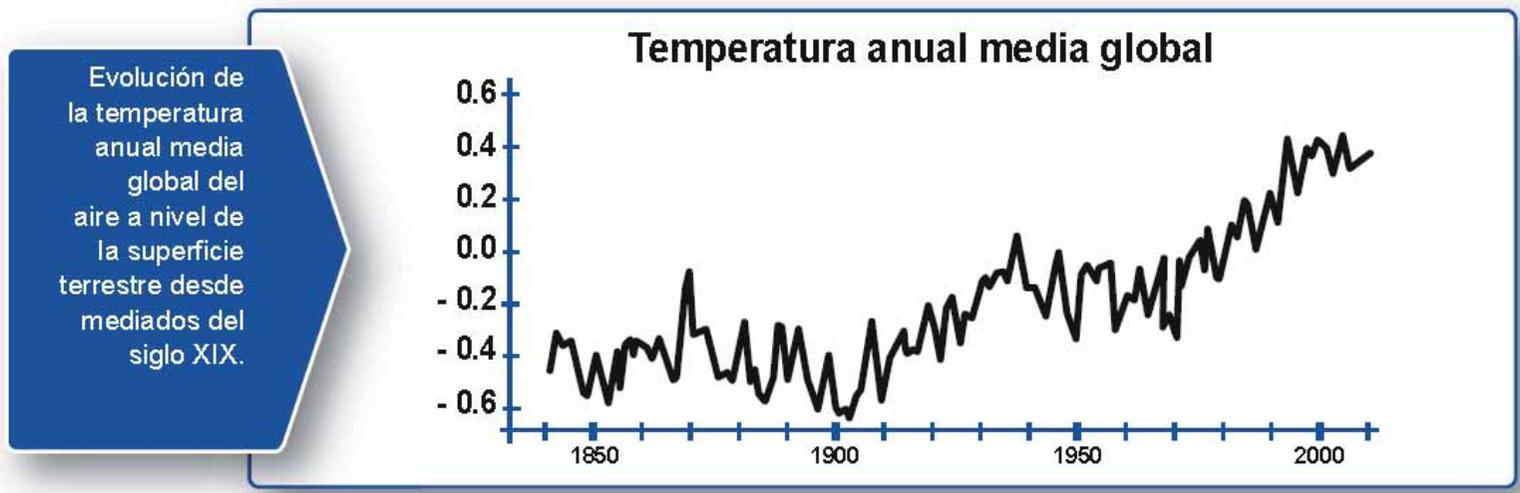


# ¿Qué cambios se observan en el sistema climático?

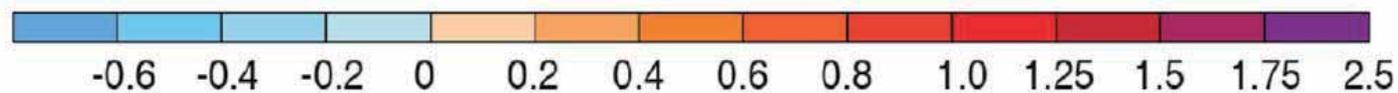
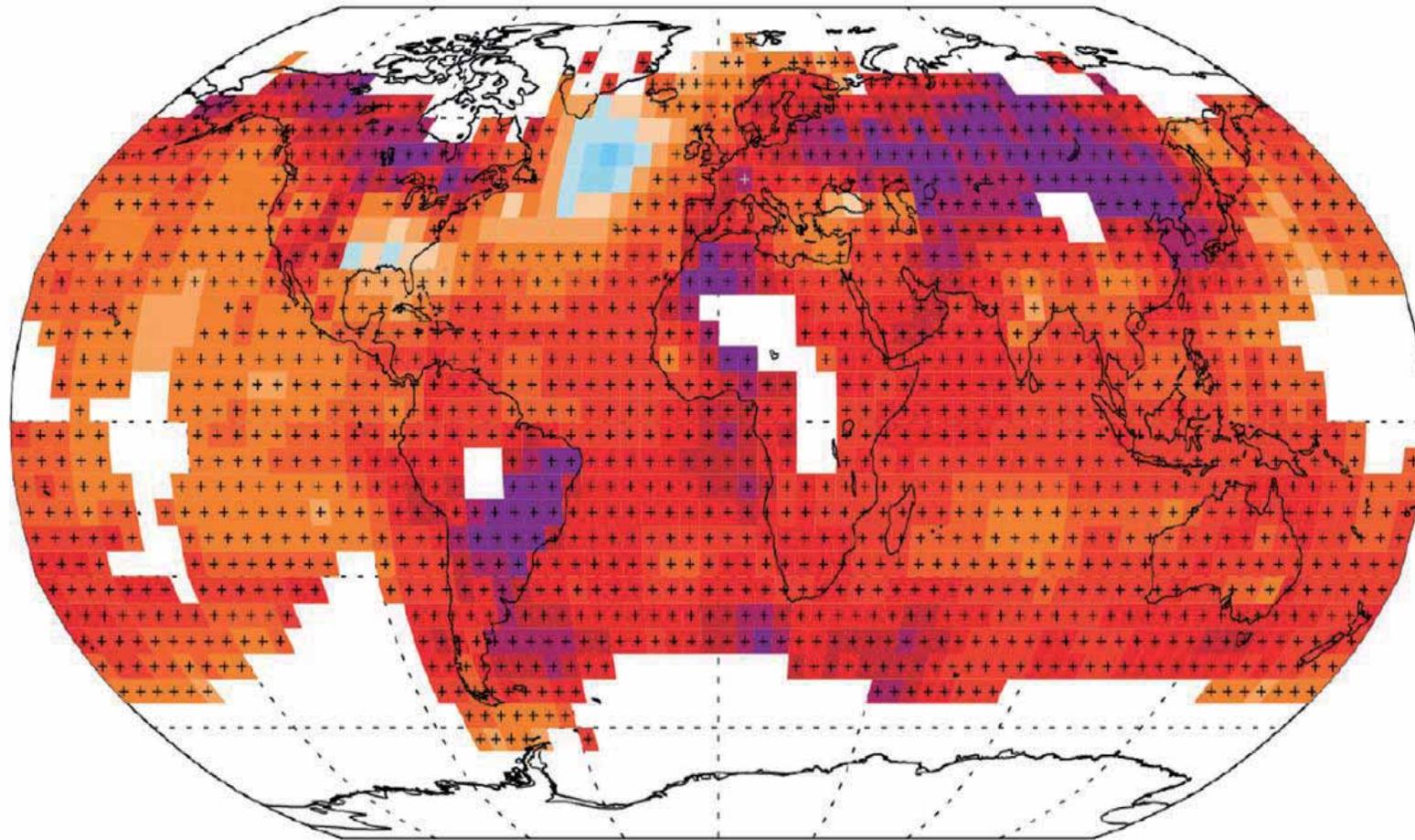
- El calentamiento del sistema climático es **inequívoco**. Desde 1950 se han observado cambios en el sistema climático que no tienen precedente, tanto si se comparan con registros históricos observacionales, que datan de mediados del siglo XIX, como si se comparan con registros paleoclimáticos referidos 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  $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$  [entre  $0,65$  y  $1,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ ] 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 sucesos 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.



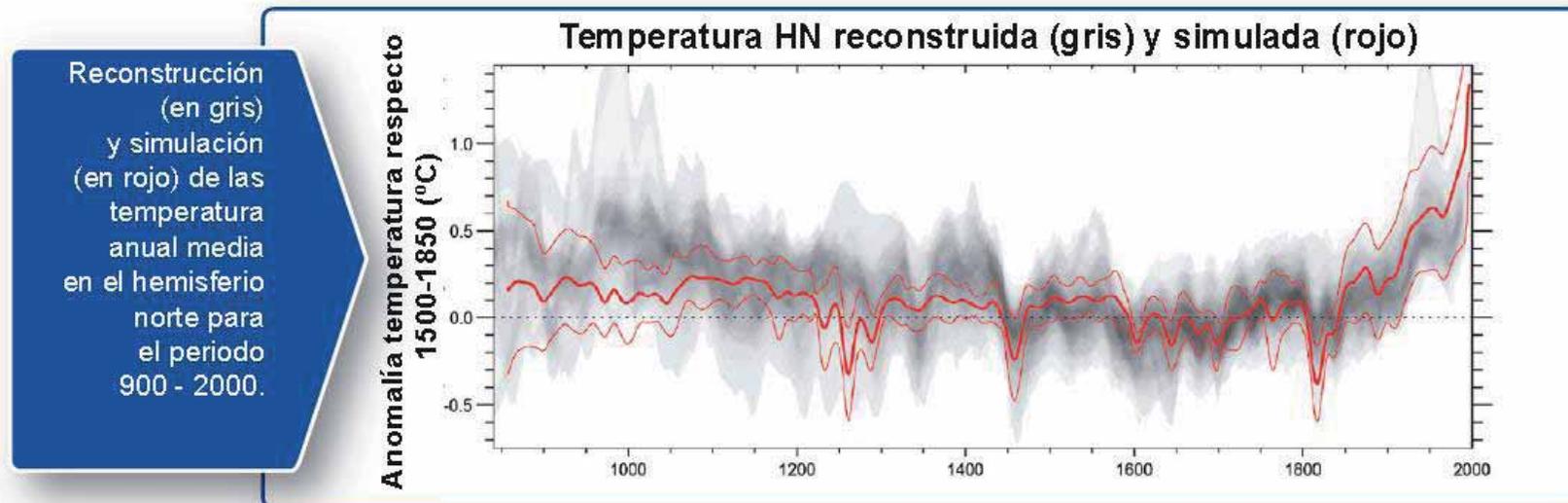
# Cambio en temperatura anual media 1901-2012



Tendencia (°C en el periodo)

# Reconstrucciones paleoclimáticas

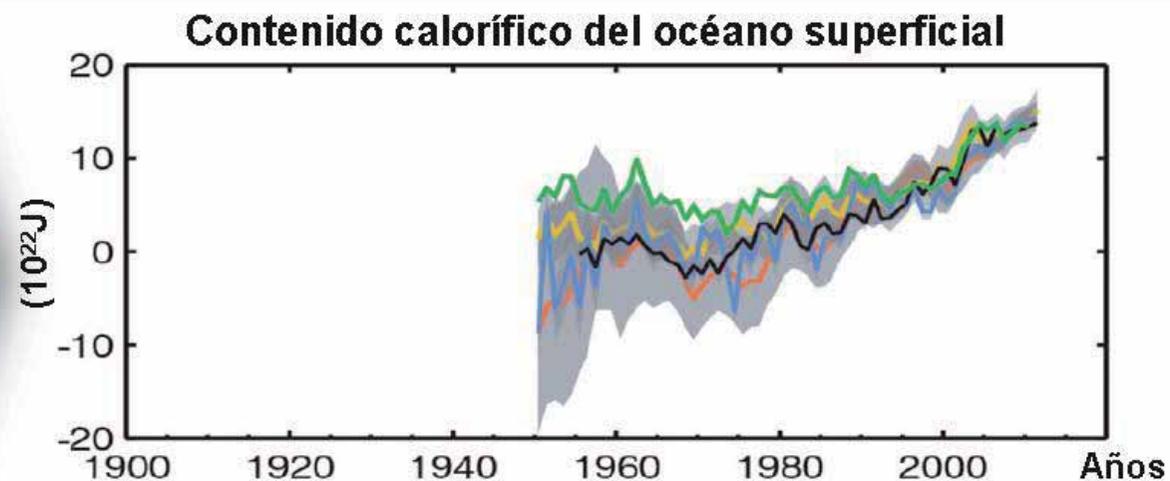
- En el hemisferio norte el periodo 1983-2012 ha sido el intervalo de 30 años más cálido de los últimos 800 años.
- En el periodo correspondiente a la Anomalía Climática Medieval (entre 950 y 1250) hubo algunas regiones en el hemisferio norte que fueron tan cálidas como a mediados del siglo XX y otras 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.



# Océano

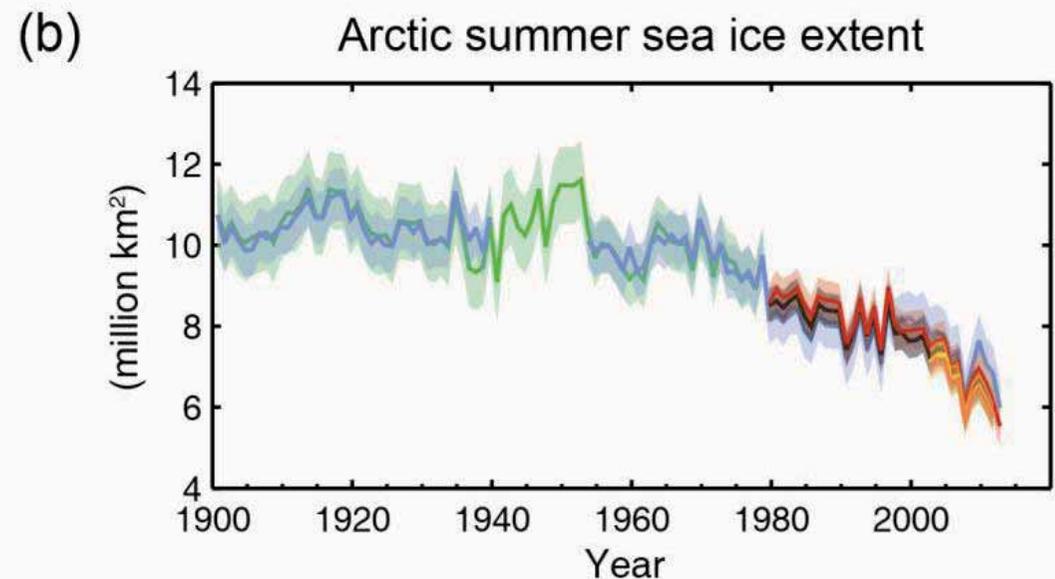
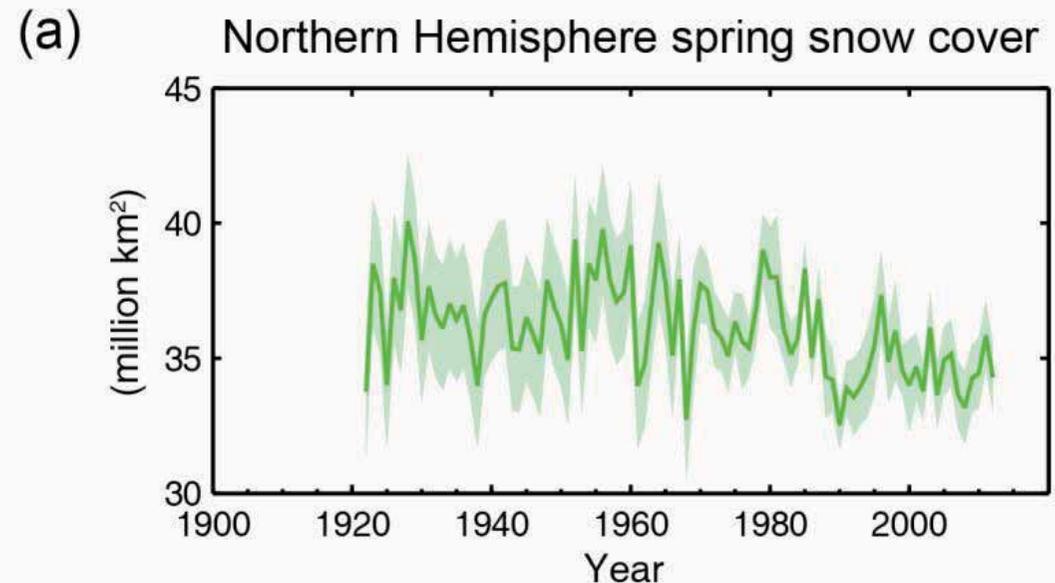
- La capa superior del océano (desde la superficie hasta los 700 metros de profundidad) se ha calentado en el periodo 1971 - 2010, aumentando el contenido de calor del océano en dicha capa.
- El calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie y excede  $0,1^{\circ}\text{C}$  por década en los 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.



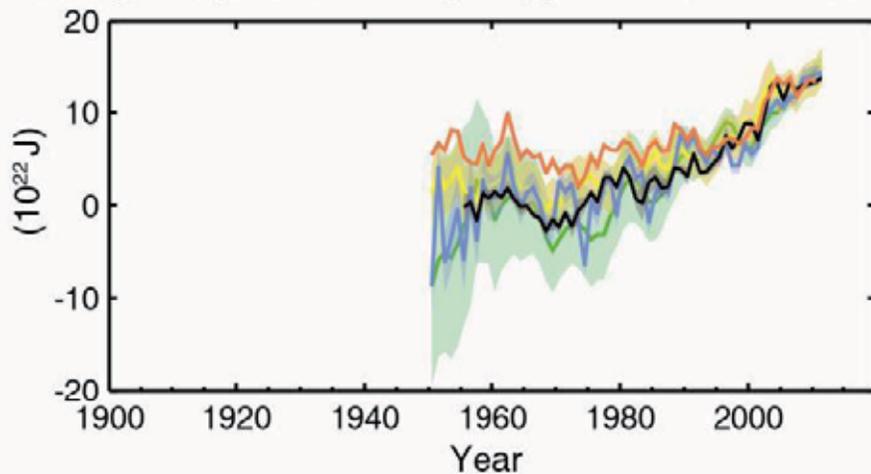
# Criosfera

- 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.

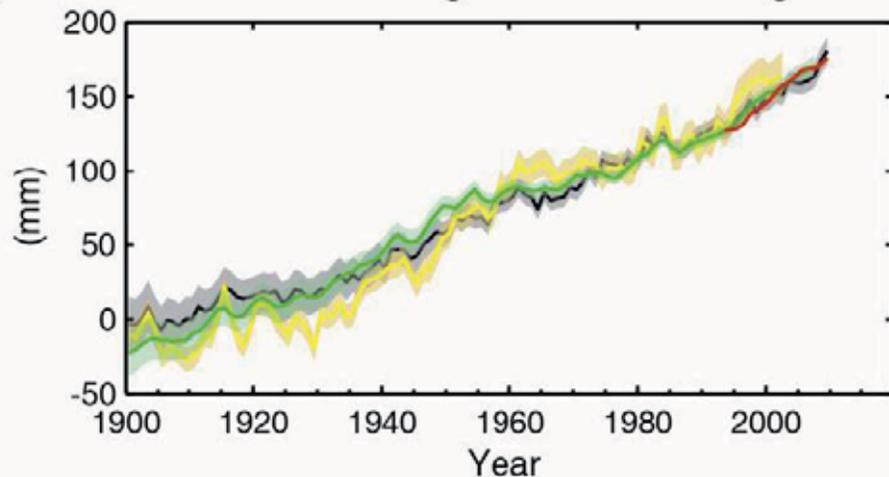


# Nivel del mar

(c) Change in global average upper ocean heat content

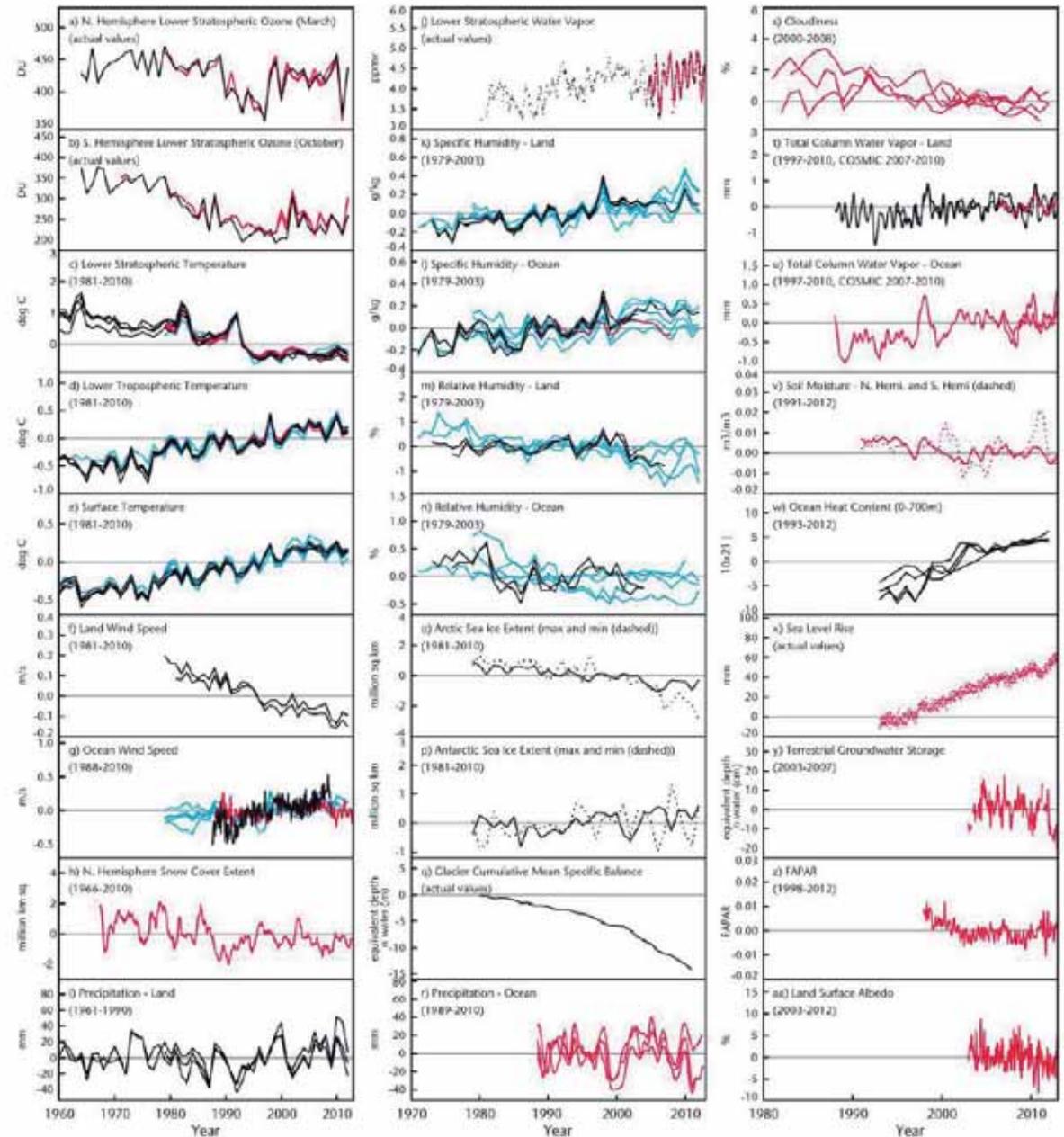


(d) Global average sea level change



- 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 interglaciar, ocurrido entre hace 129.000 y hace 116.000 años, el nivel medio máximo del mar fue, al menos, cinco metros más elevado que el actual, sin llegar a exceder los 10 metros.

The **global mean temperature near the surface of the Earth is often used as the primary indicator of climate change**, and often as the only indicator in many discussions. However, in addition to surface air temperature, there are **other key indicators that can help to gauge the state of the climate**, drawn from observations of the atmosphere, the ocean and the cryosphere (snow and ice).

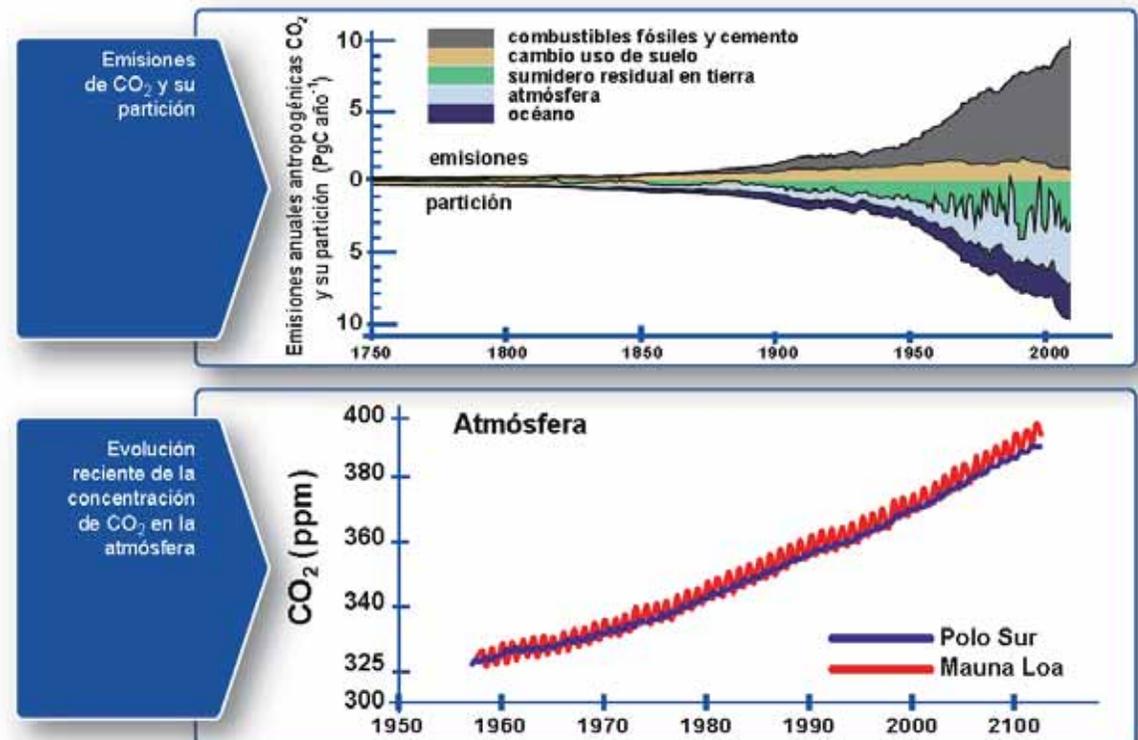


(Source: "State of the Climate in 2012", Bulletin of the American Meteorology, Blunden and Arndt, 2013)

Warming in the climate system is unequivocal

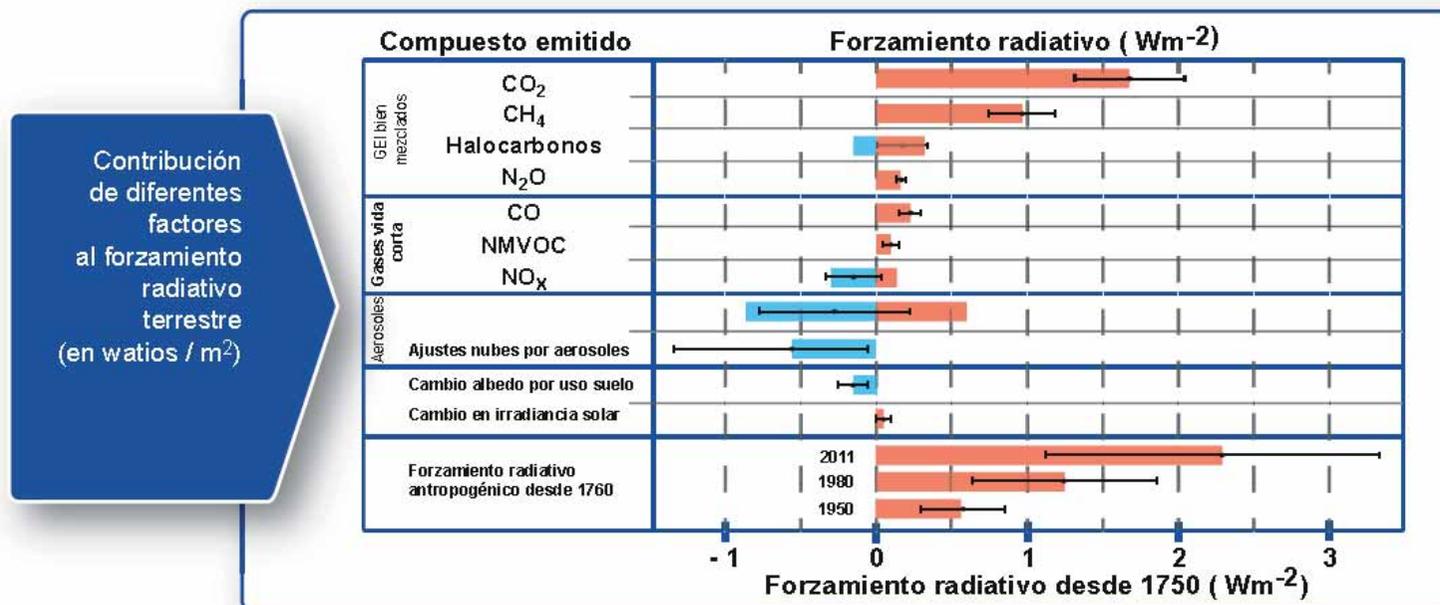
# Carbono y otras magnitudes biogeoquímicas

- La concentración de CO<sub>2</sub> 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>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) exceden sustancialmente el rango de concentraciones registradas en los testigos de hielo durante los pasados 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 de 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.



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

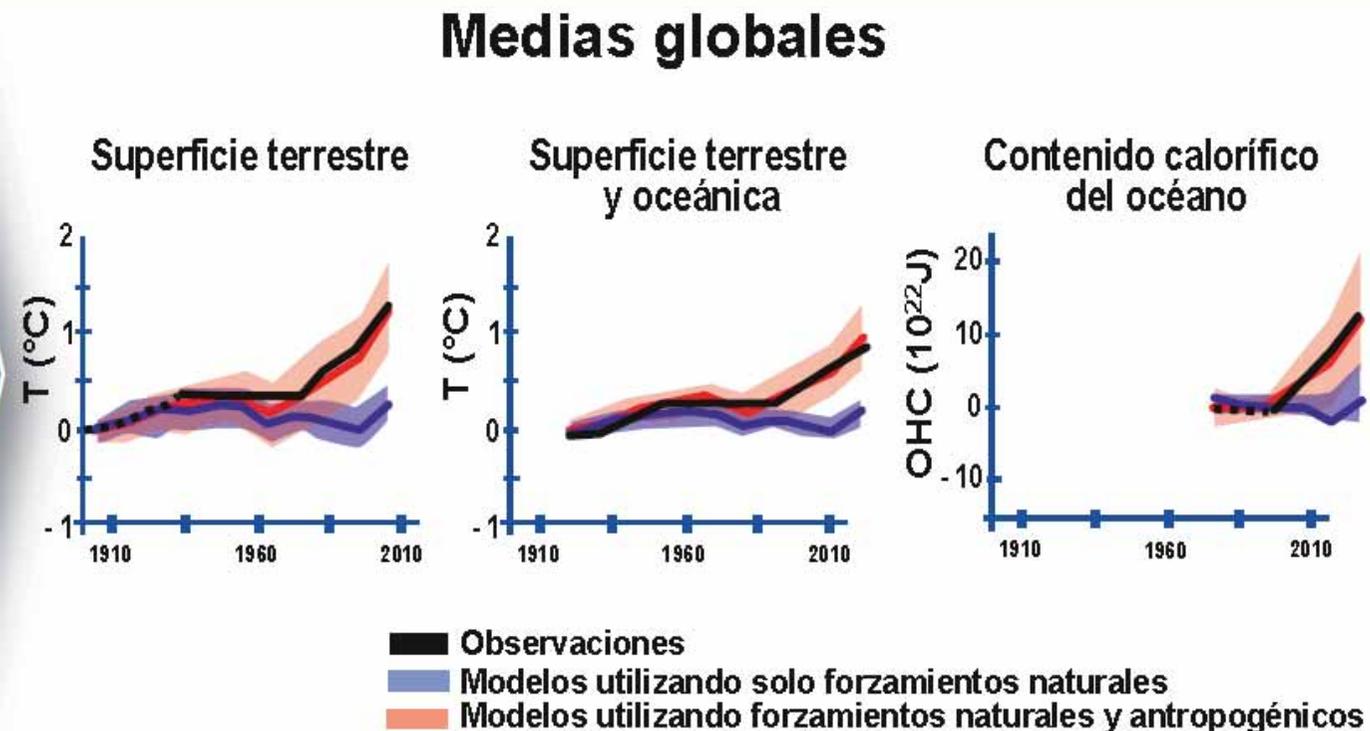
- El FR antropogénico total es positivo ( $2,3 \text{ W/m}^2$  desde 1750) conduciendo a una ganancia neta de energía por parte del sistema climático. Las nuevas estimaciones realizadas del FR (para el año 2011) son un **44% más altas que las anteriores realizadas en 2005**. Esto se debe, a partes iguales, 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 forzamiento radiativo es el aumento en la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  ocurrido a partir de 1750. Desde los 1960s 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 forzamiento radiativo neto durante la era industrial.



# ¿Cuáles son las causas del cambio climático?

- 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.

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).



Human influence on the  
climate system is clear

# ¿Qué opciones tenemos?

## Proyecciones de cambio climático global

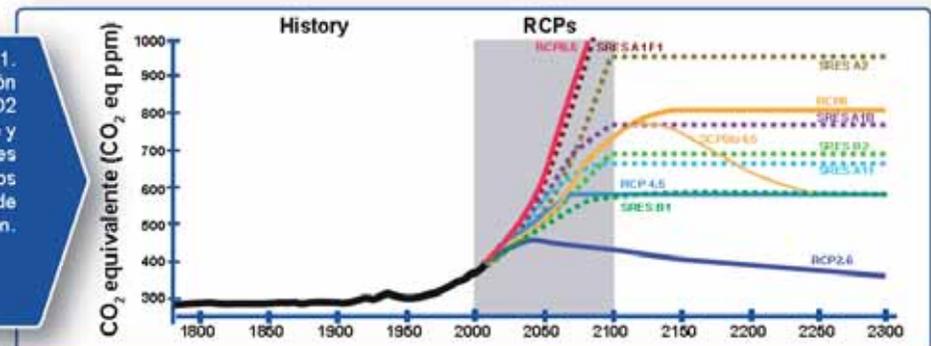
- En el AR5 se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, las denominadas Sendas Representativas de Concentración (RCP, de sus siglas en inglés). Éstas se identifican por su forzamiento radiativo total para el año 2100, que varía desde 2,6 a 8,5 W m<sup>-2</sup>. Los escenarios de emisión utilizados en el AR4 (denominados SRES, de sus siglas en inglés) no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes 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.

	Forzamiento	Tendencia del forzamiento	[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

- Las proyecciones para las próximas décadas de muchas magnitudes muestran cambios similares a los ya observados.

- El cambio climático proyectado basado en los RCP es similar al mostrado en el AR4.

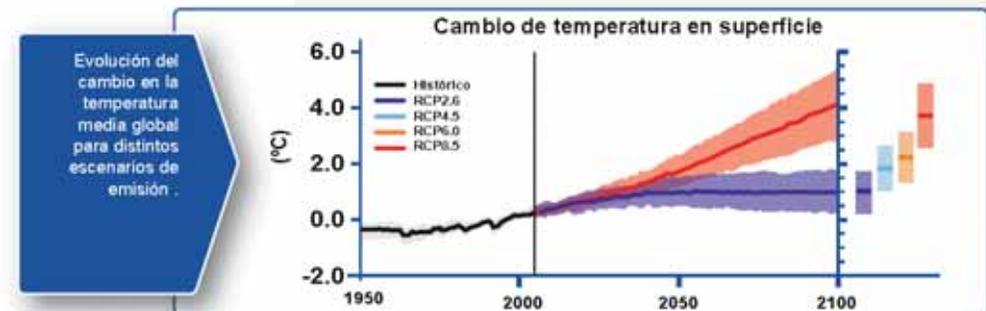
Gráfico 11.  
Concentración de CO<sub>2</sub> equivalente y de emisiones para distintos escenarios de emisión.



# Atmósfera

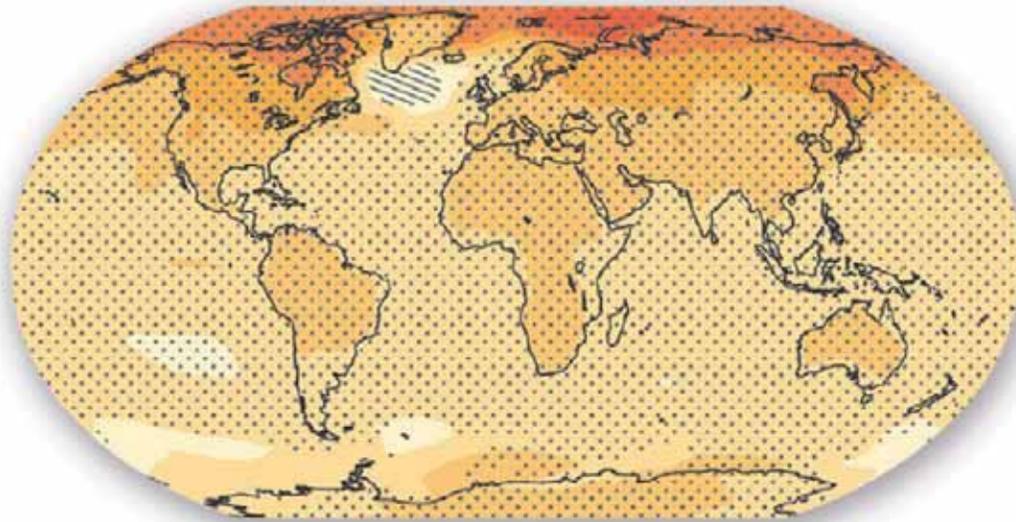
- El cambio de la temperatura superficial no será regionalmente uniforme si bien en el largo plazo el calentamiento será mayor sobre tierra que sobre los océanos. La región Ártica se calentará más rápidamente.
- En un clima más cálido, el contraste en la precipitación estacional media entre las regiones 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.

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

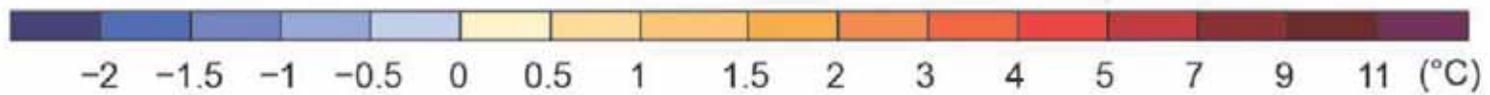
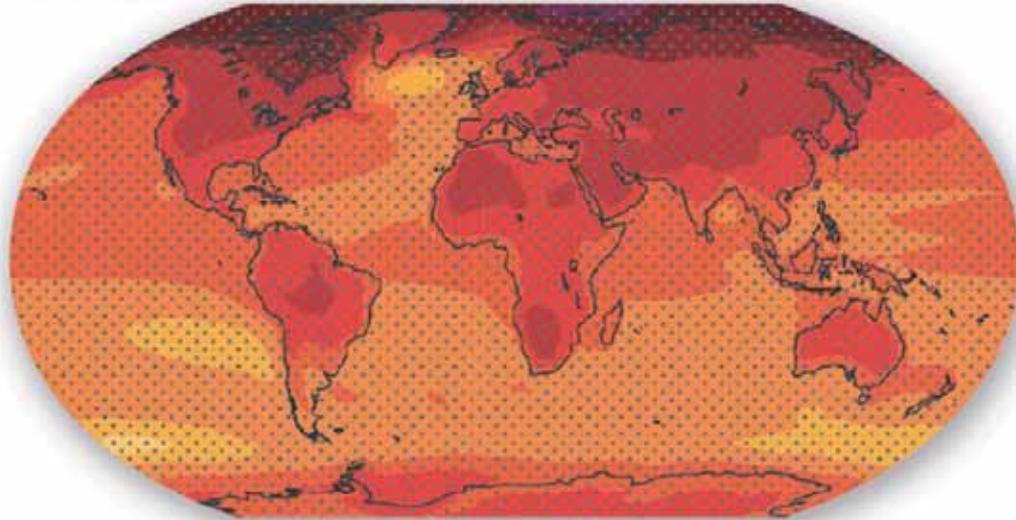


Cambio de temperatura media en superficie (entre 1986-2005 y 2081-2100)

RCP 2.6

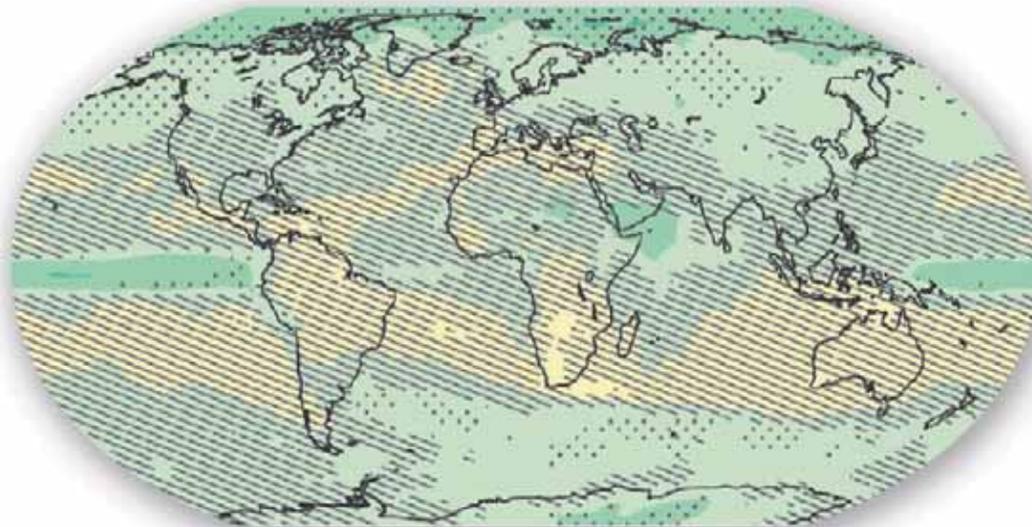


RCP 8.5

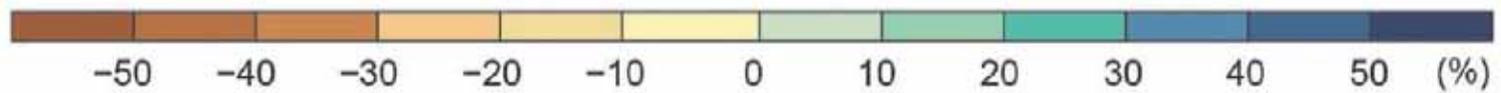
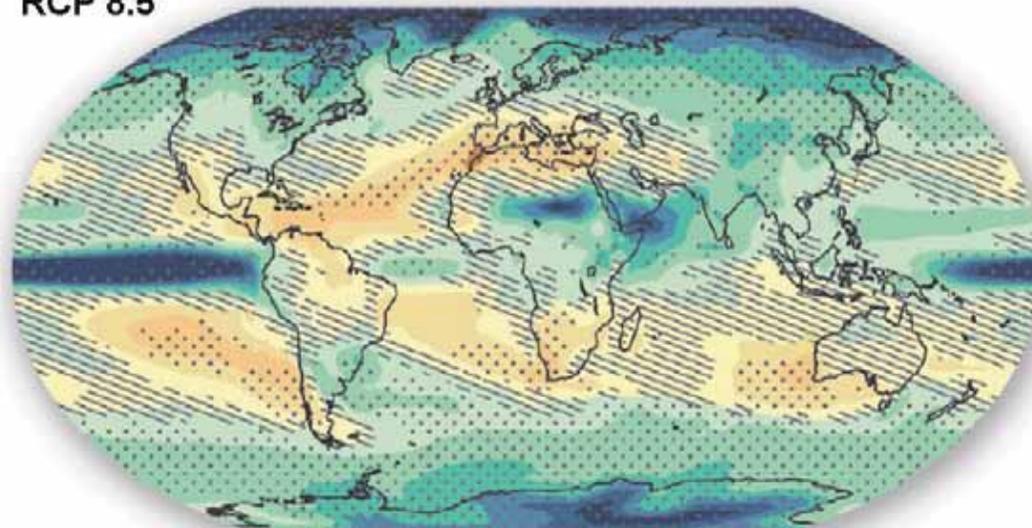


# Cambio de precipitación media (entre 1986-2005 y 2081-2100)

RCP 2.6

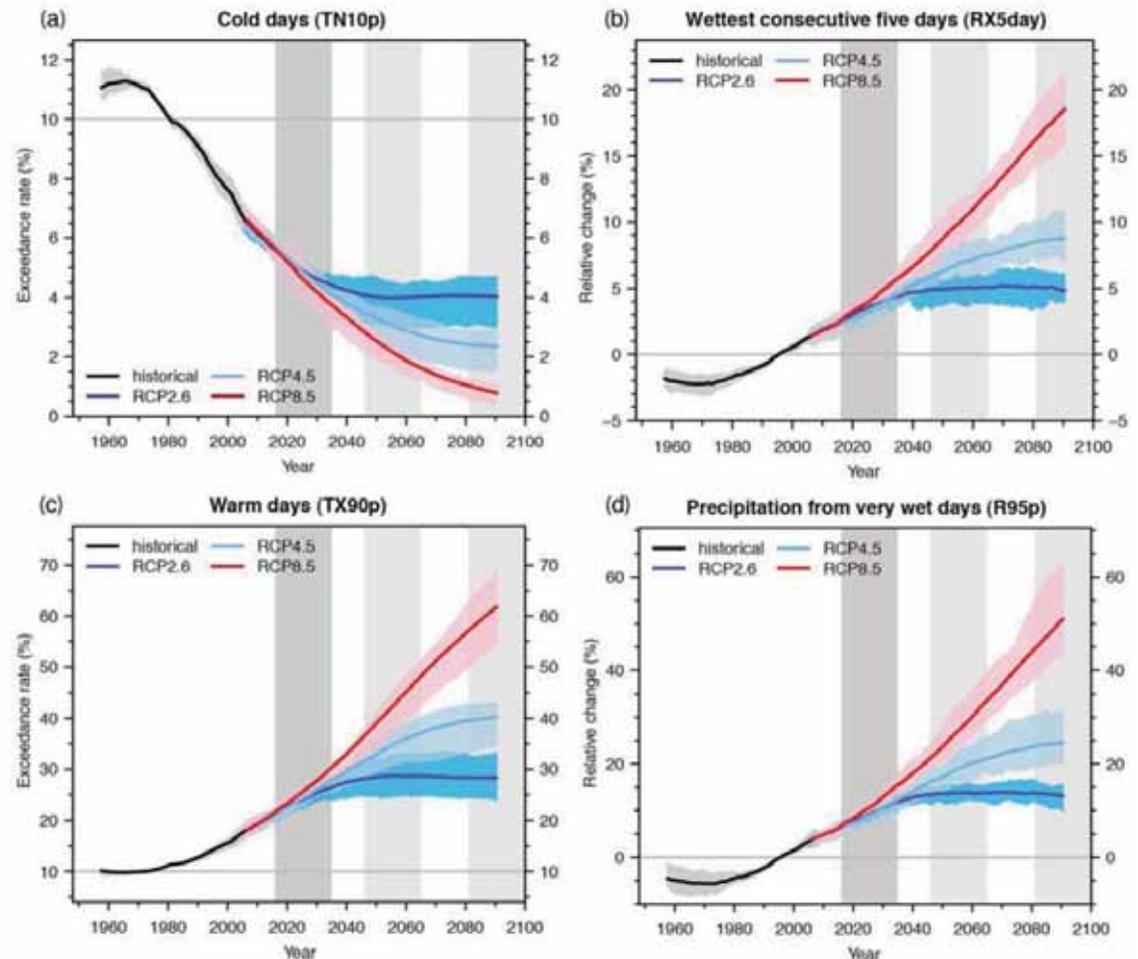


RCP 8.5



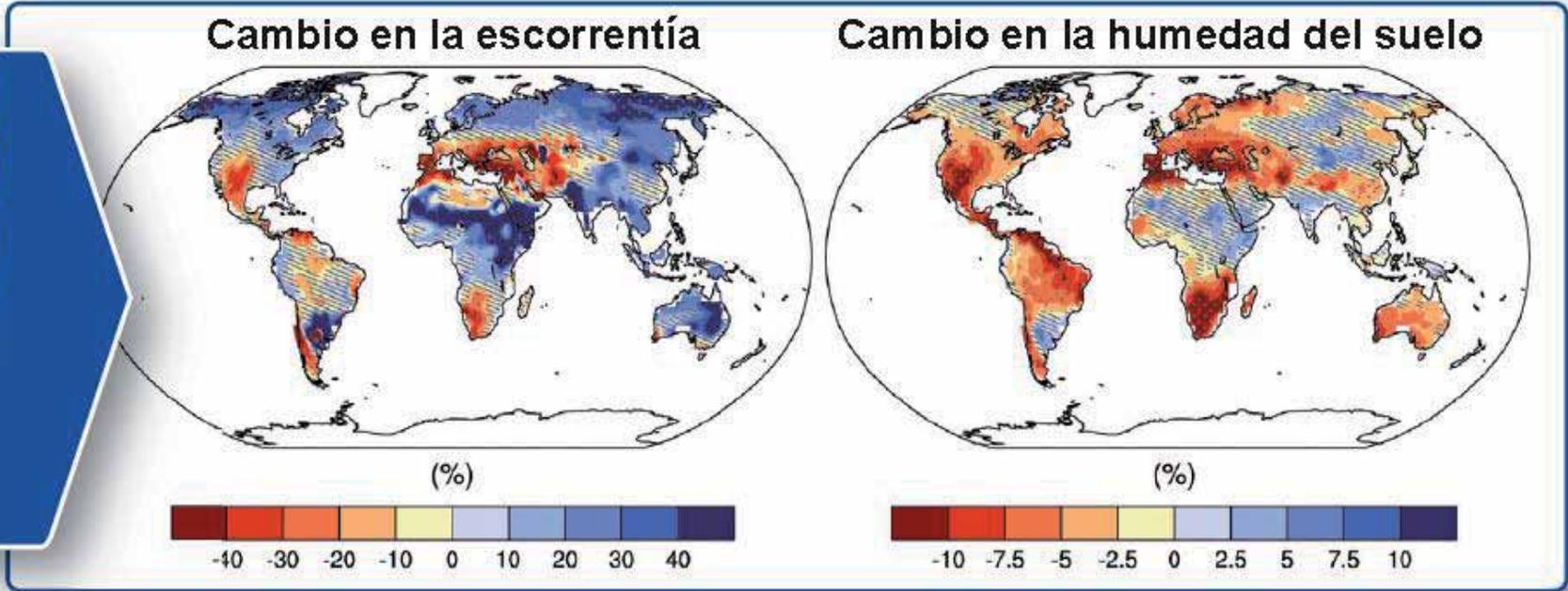
# Eventos extremos

- En la mayoría de las regiones habrá más eventos 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.

Cambio en escorrentía y humedad del suelo a finales del siglo XXI para el escenario RCP8.5.



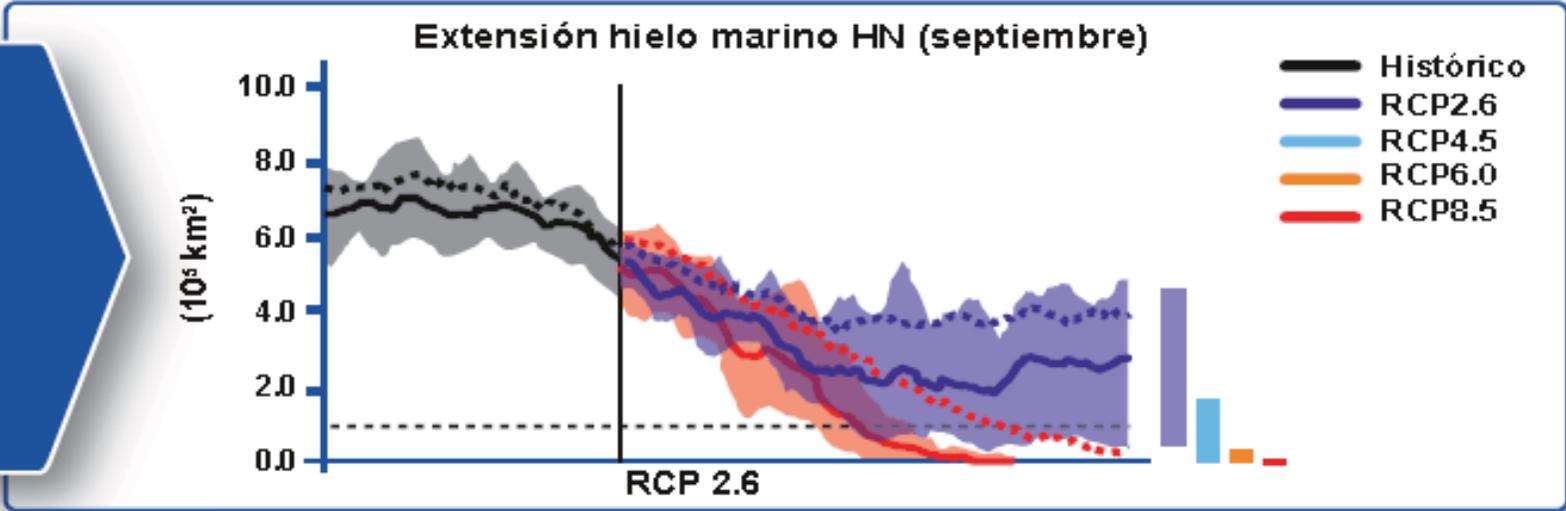
# Océano

- 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

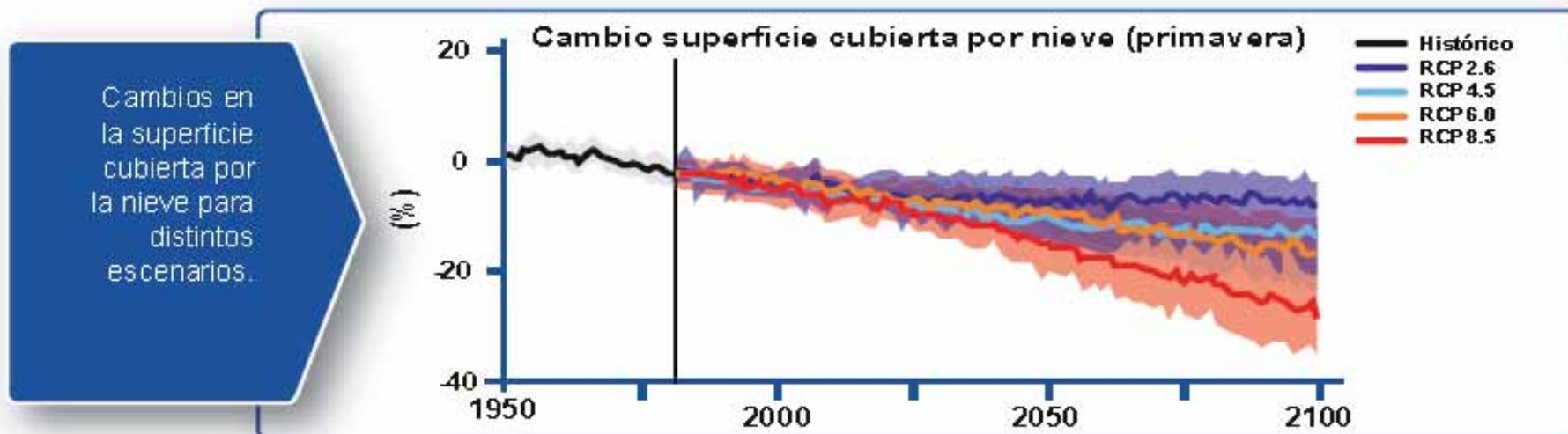
- La extensión y el espesor del hielo marino ártico continuarán disminuyendo a lo largo del siglo XXI.
- Utilizando algunos de los modelos que mejor reproducen las tendencias de la cobertura de hielo marino ártico, se estima que, en el escenario RCP8.5, el océano Ártico quedará probablemente casi libre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

Evolución prevista de la extensión del hielo marino en el hemisferio norte en el mes de septiembre.

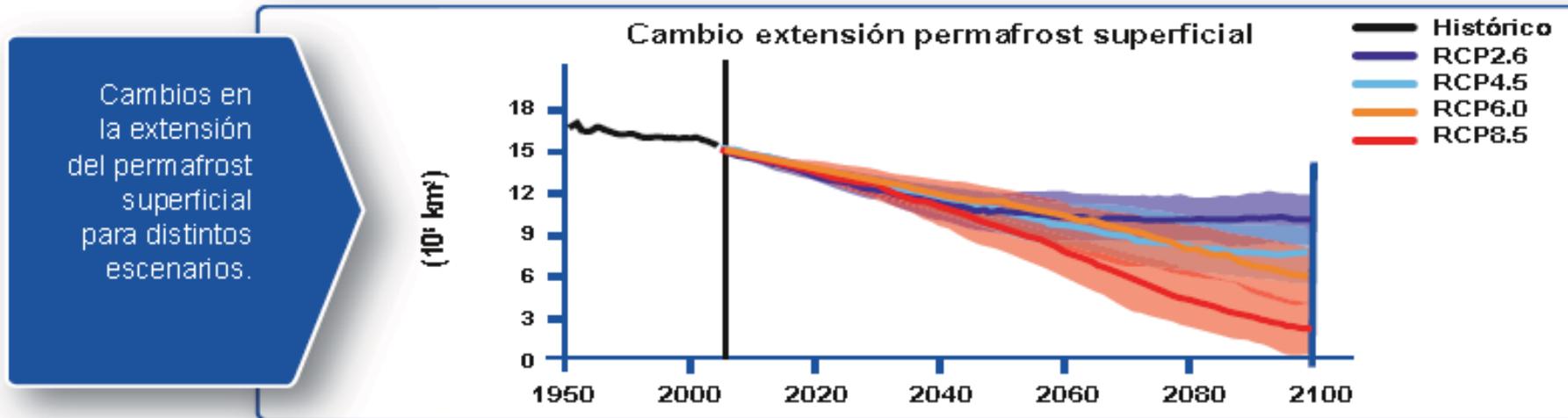


# Criosfera

- 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.

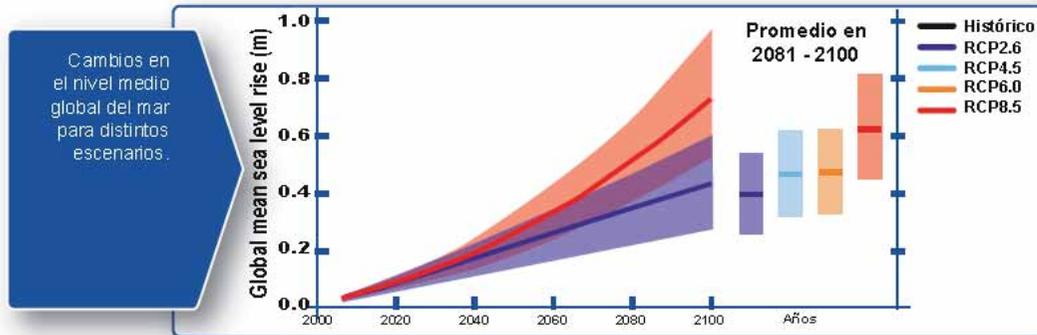


# Criosfera



- En las latitudes altas del hemisferio norte la extensión del permafrost próximo a la superficie se reducirá durante el siglo XXI.
- Para finales del siglo XXI se estima una reducción del permafrost superficial entre 37% (RCP2.6) y 81% (RCP8.5).

# Nivel del mar



RCP2.6 (2081-2100): 0.26 to 0.55 m

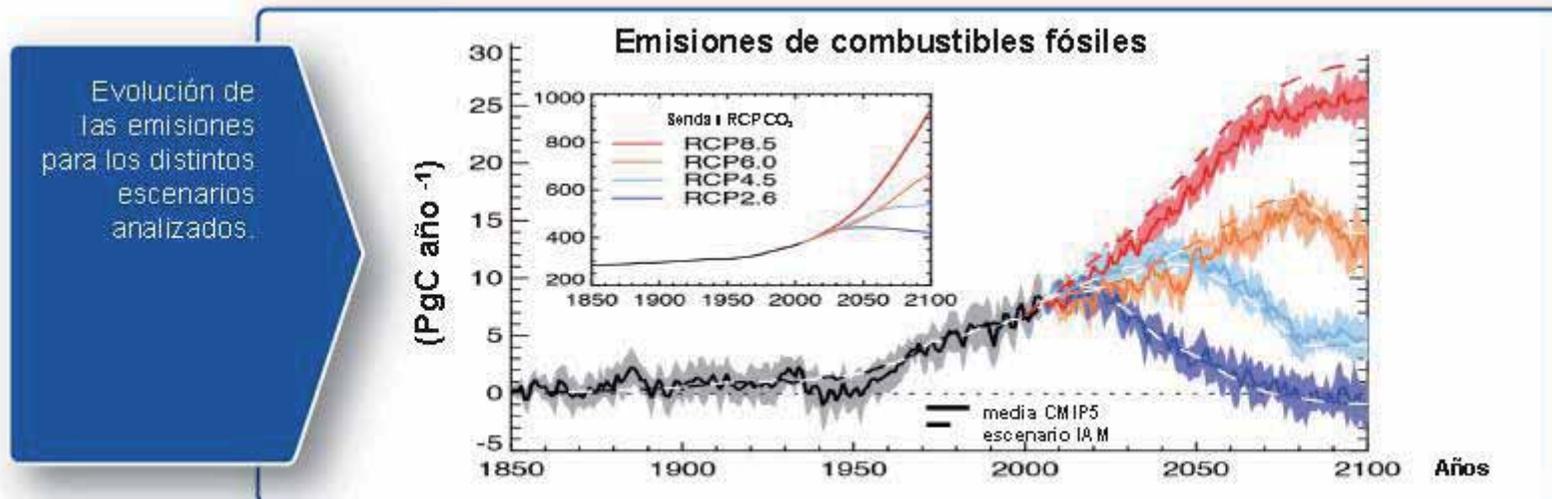
RCP8.5 (2081-2100): 0.45 to 0.82 m

RCP8.5 (in 2100): 0.52 to 0.98 m

- 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.

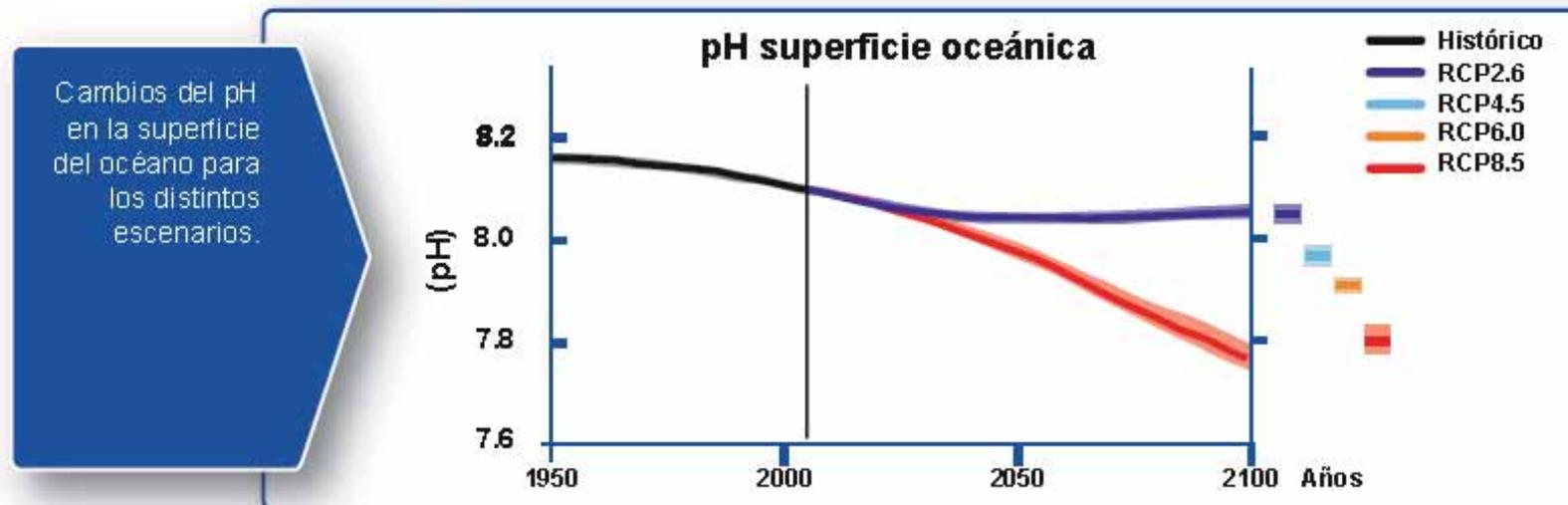
# Carbono y otras magnitudes biogeoquímicas

- 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.



# Carbono y otras magnitudes biogeoquímicas

- 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 predicciones iniciadas en fechas más próximas al periodo de ralentización (p.e., entre 2000 y 2005) mejoran las estimaciones de la reciente ralentización en el incremento de las temperaturas, consistentemente con la relevancia de las condiciones iniciales para las proyecciones a corto plazo.
  - 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  $0,3^{\circ}\text{C}$  y  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

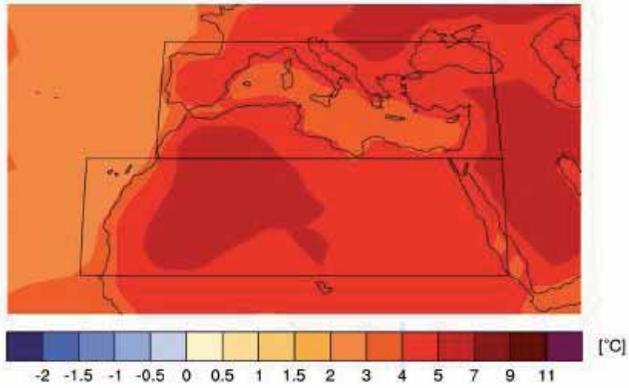
# ¿Cuáles son las proyecciones futuras de cambio climático a nivel regional?

En la región Mediterránea tendrá lugar:

mes	año	Temperatura (°C)					Precipitación (%)				
		min.	25%	50%	75%	max.	min.	25%	50%	75%	max.
DEF	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
JJA	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

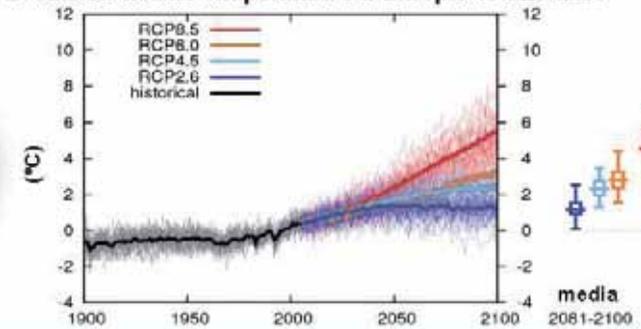
- Un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales. Para el escenario RCP8.5 y para finales del siglo XXI, la región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8°C y de 6,0°C en los meses invernales y estivales,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

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

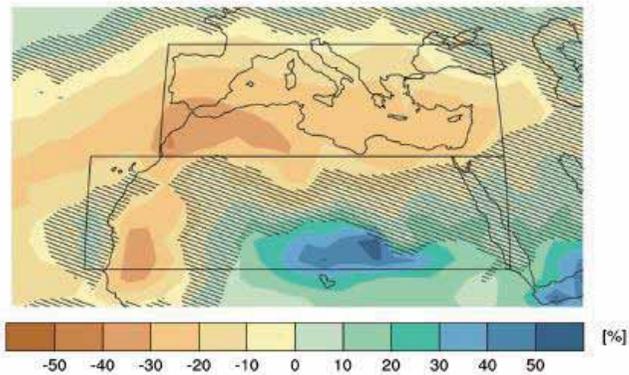


Cambios  
estimados en  
las temperaturas  
en la región  
mediterránea

### Evolución cambio temperatura Sur Europa/Mediterráneo

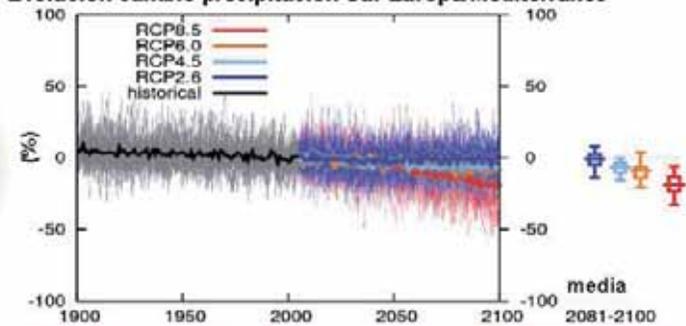


### Cambio precipitación 2081–2100 resp. 1986–2005

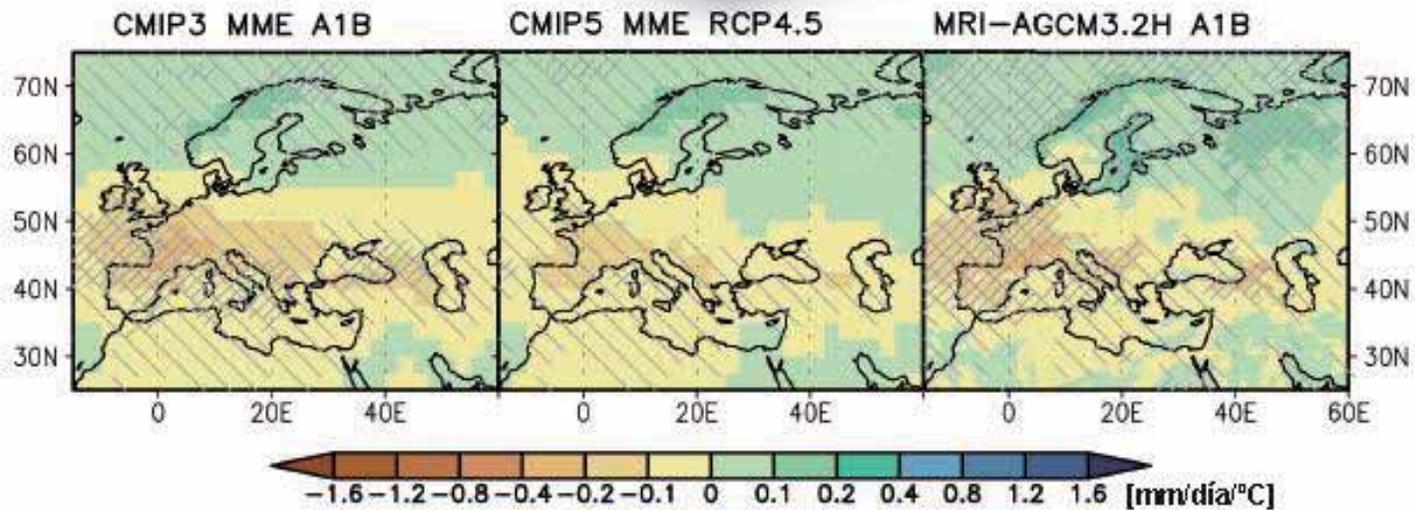


Cambios  
estimados en las  
precipitaciones  
en la región  
mediterránea

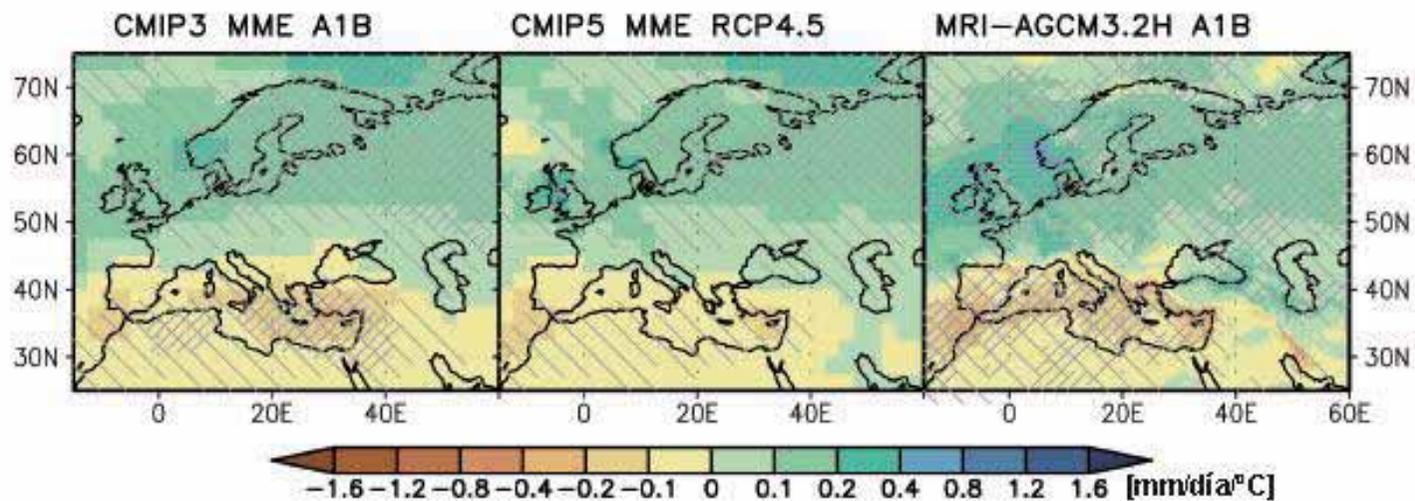
### Evolución cambio precipitación Sur Europa/Mediterráneo



## Junio/Julio/Agosto

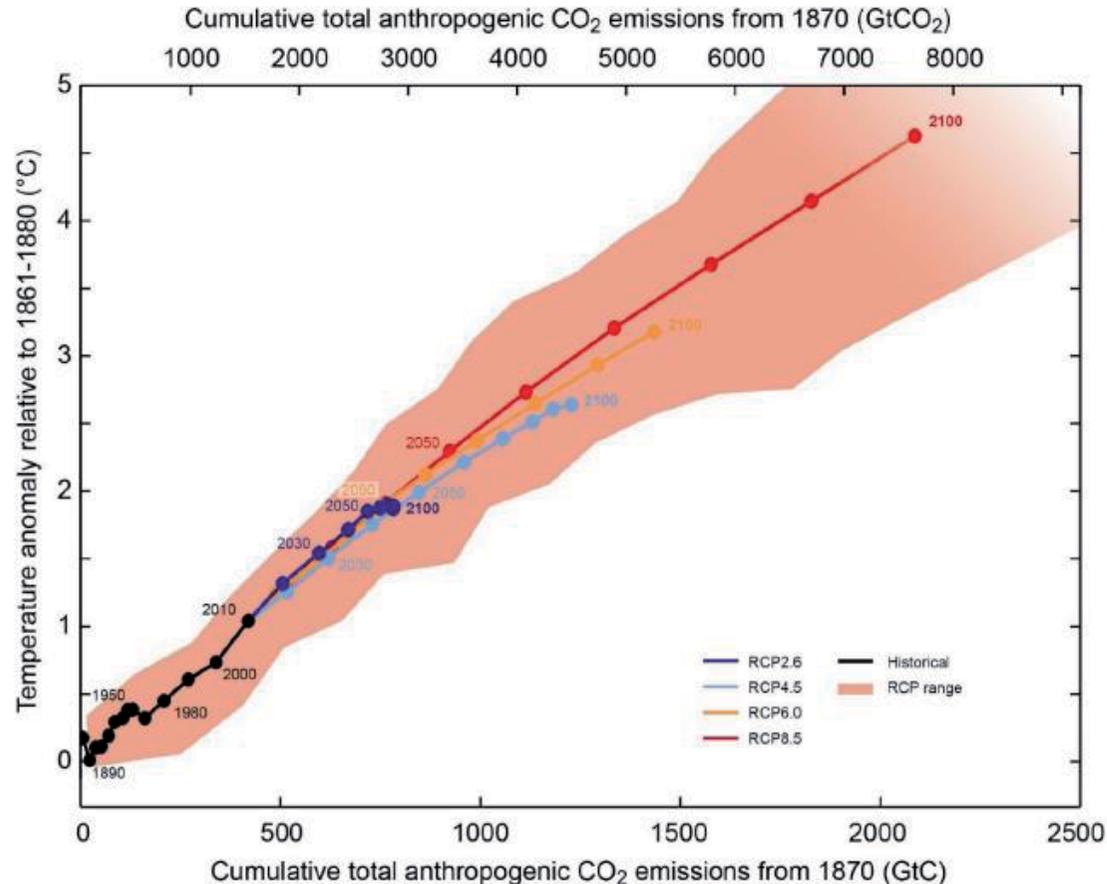


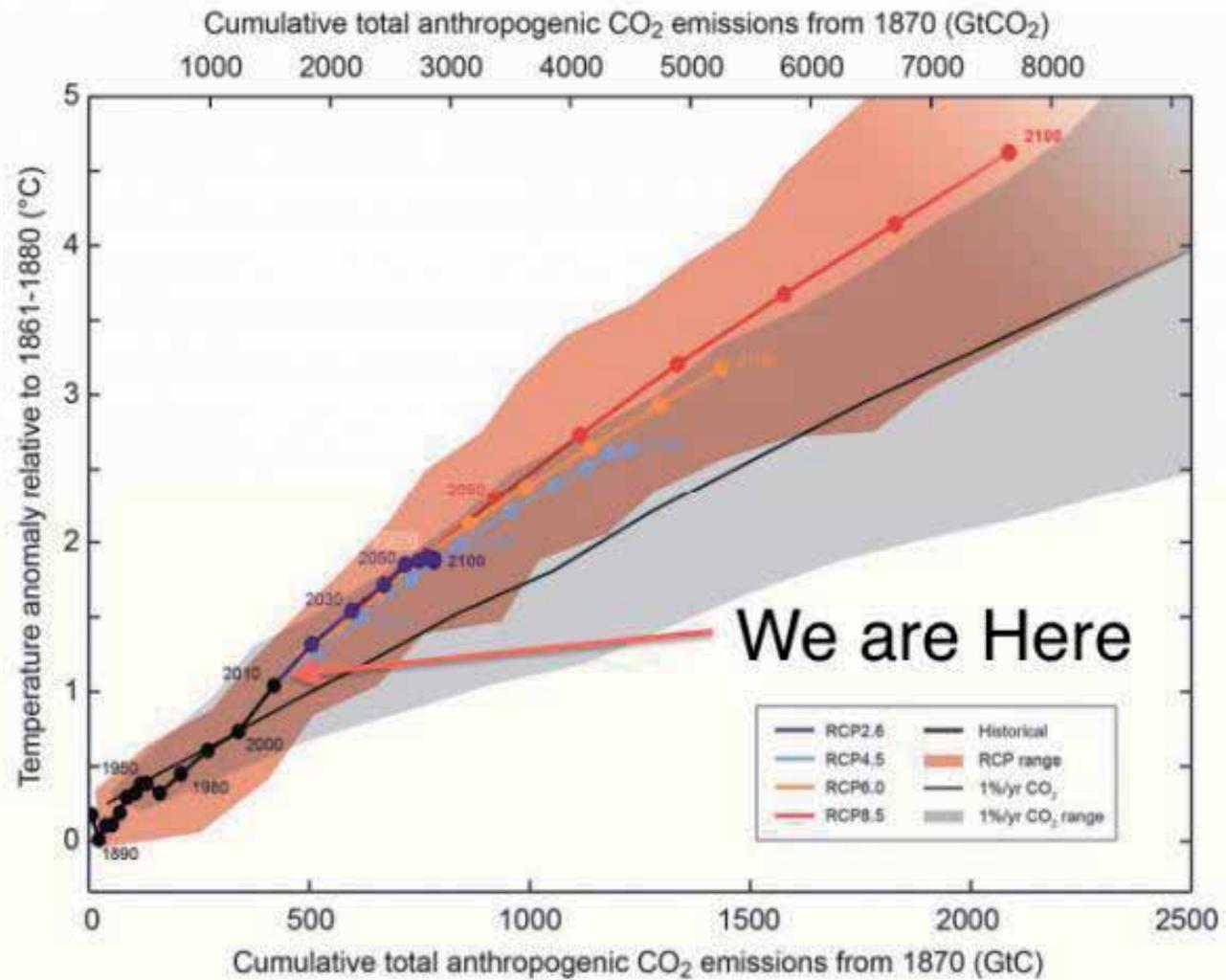
## Diciembre/Enero/Febrero



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

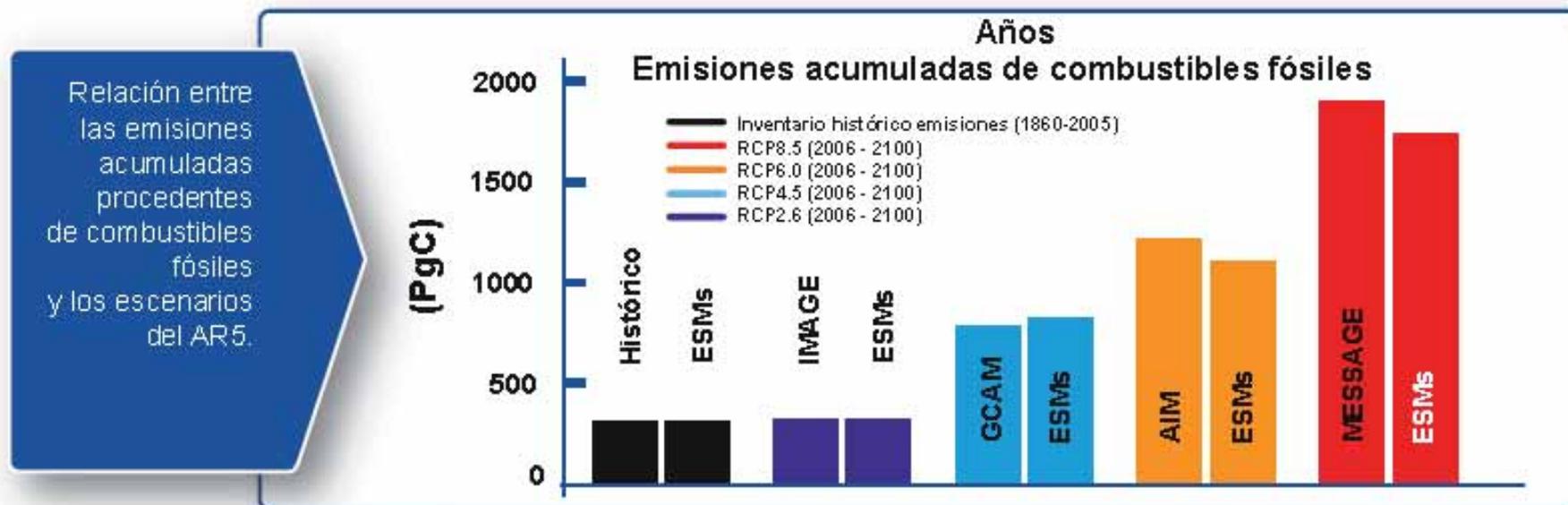
- El incremento de temperatura y emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> están aproximadamente relacionadas de forma lineal.
- Las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> acumuladas desde el comienzo de la revolución industrial deberían limitarse a aproximadamente 1000 PgC si se quiere restringir el calentamiento a 2°C respecto a la época preindustrial. Aproximadamente la mitad (entre 460 y 630 PgC) ya se había emitido en 2011.





# Las emisiones acumuladas son lo relevante

- 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].



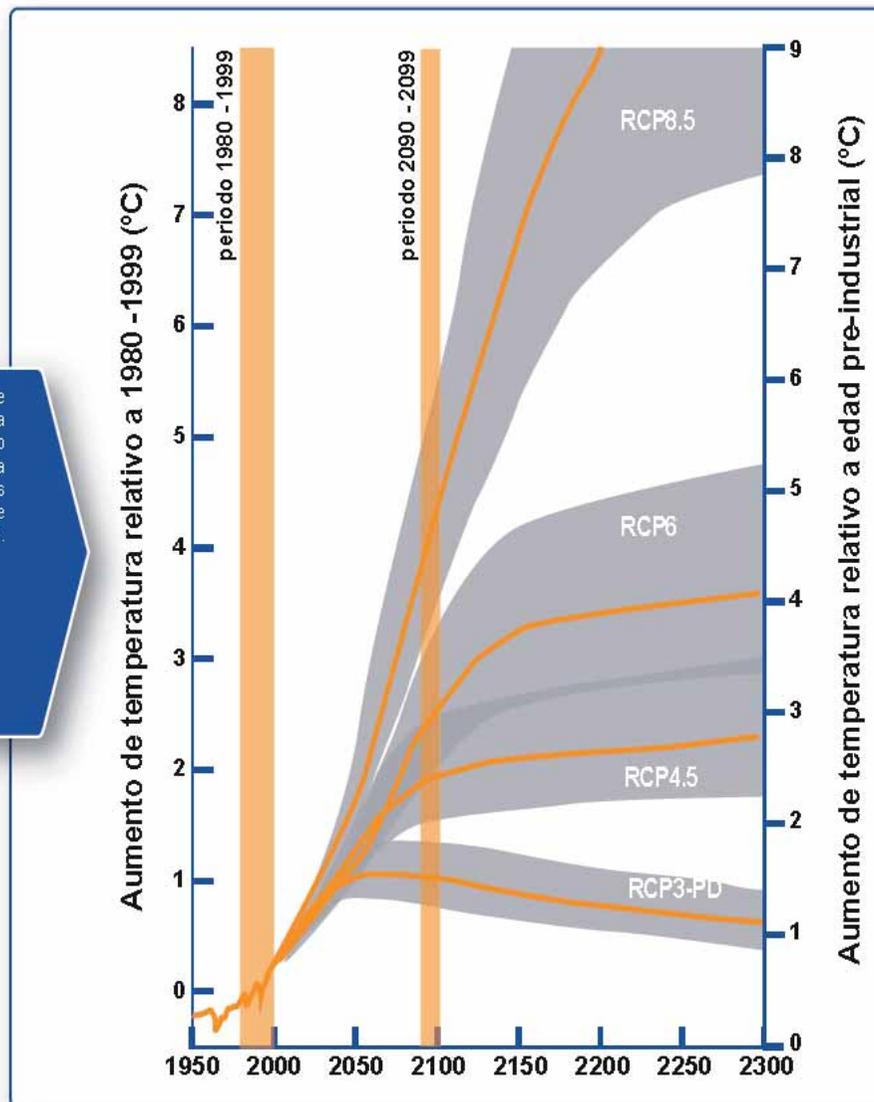
Limiting climate change will require substantial and sustained reductions of greenhouse gas emissions

# El cambio climático está comprometido

Muchos aspectos del cambio climático persistirán durante siglos, incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero se detienen. 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 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.

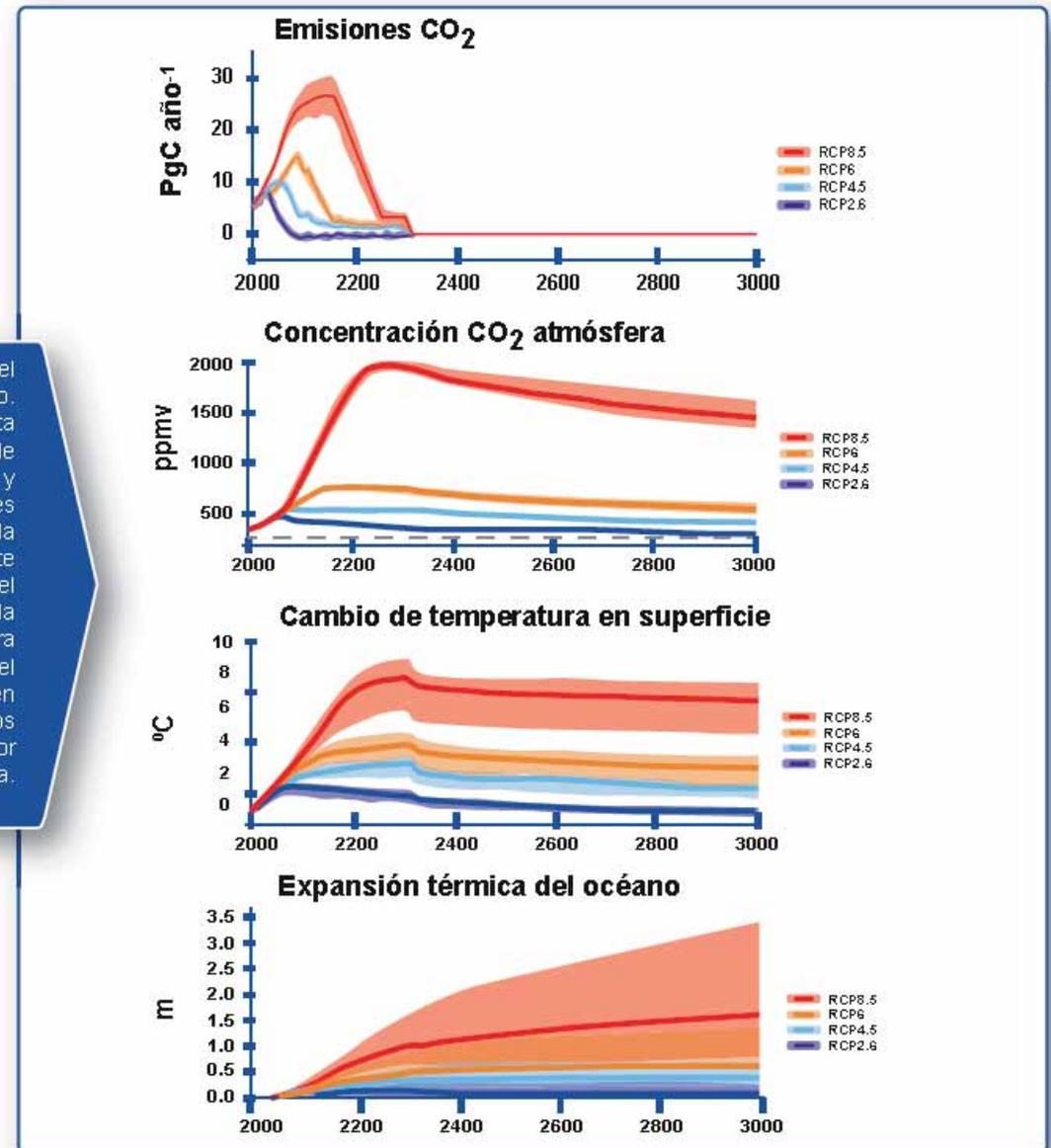
Evolución de la temperatura hasta el año 2300 para los distintos escenarios de emisión.



# El incremento del nivel del mar continuará durante muchos siglos

- 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. 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.

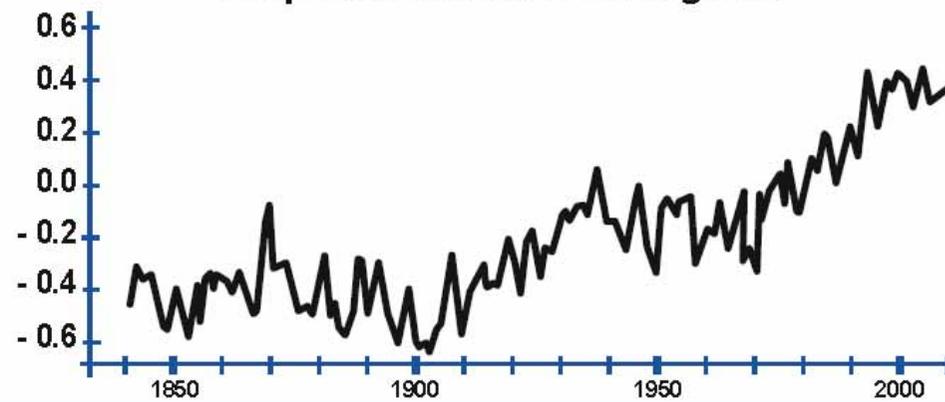


# La ralentización del aumento de la temperatura

- 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 parte 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.

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

Temperatura anual media global



# Mayor certeza de la influencia humana en el cambio climático

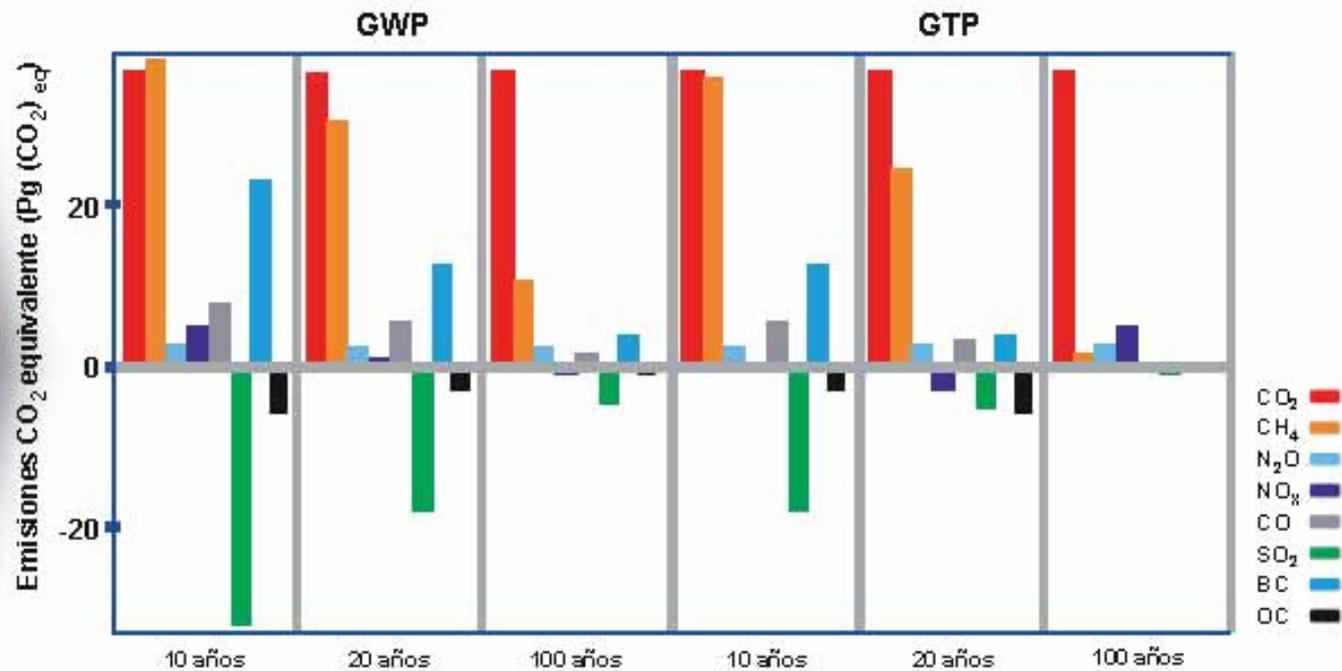
- La probabilidad de que el aumento de la temperatura media global sea consecuencia de la actividad humana ha ido aumentando en los sucesivos informes del IPCC. En el Tercer y Cuarto Informes de Evaluación (2001 y 2007) se afirmaba, respectivamente, que la probabilidad de influencia humana era superior al 66% y al 90%. En el Quinto Informe 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.

**TAR → AR4 → AR5**

**66% → 90% → 95%**

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

Comparación de diferentes métricas para cuantificar las contribuciones de diferentes sustancias al calentamiento global en diferentes horizontes temporales.



# 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 sucesos 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>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (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 forzamiento radiativo (2,3 W/m<sup>2</sup> desde 1750 para el año 2011) son un 44% más altas que las anteriores realizadas en 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.

# 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 eventos 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 altas 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

## Cambios observados en el sistema climático

- 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.e., circulación termohalina) son demasiado cortas.

## Agentes del cambio 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.

## Comprensión del sistema climático y sus cambios recientes

- 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.

# Principales incertidumbres

## Proyecciones de cambio climático global y regional

- 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 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.

**Limiting climate change will require substantial and sustained reductions of greenhouse gas emissions**

**Human influence on the climate system is clear**

**Warming in the climate system is unequivocal**

**Muchas gracias!**

# Headline Statements from SPM

- Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many observed changes are unprecedented over decades to millennia.
- Each of the last three decades has been successively warmer at the Earth's surface than any preceding decade since 1850.
- Ocean warming dominates the increase in energy stored, accounting more than 90% of the energy accumulated between 1971 and 2010.
- Over the last two decades, the Greenland and Antarctic ice sheets have been losing mass
- The rate of sea level rise since the mid-19th century has been larger than the mean rate during the previous two millennia.
- The atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub>, methane, and nitrous oxide have increased to levels unprecedented in the last 800,000 years..
- Total radiative forcing is positive, and has led to an uptake of energy by the climate system.
- Human influence on the climate system is clear.
- Models reproduce observed continental-scale surface temperature patterns and trends over many decades
- Observational and model studies together provide confidence in the magnitude of global warming in response to past and future forcing.
- Human influence has been detected in warming, in changes in the global water cycle, in snow and ice, in global mean sea level riseT
- Continued emissions of greenhouse gases will cause further warming and changes in all components of the climate system.
- Global surface temperature change for the end of the 21st century is likely to exceed 1.5°C relative to 1850 for all RCP except RCP2.6.
- Changes in the global water cycle in response to the warming over the 21st century will not be uniform.
- The global ocean will continue to warm during the 21st century.
- Arctic sea ice cover will continue to shrink and thin and that NH spring snow cover will decrease during the 21st century
- Global mean sea level will continue to rise during the 21st century.
- Climate change will affect carbon cycle processes in a way that will exacerbate the increase of CO<sub>2</sub> in the atmosphere
- Cumulative emissions of CO<sub>2</sub> largely determine global mean surface warming by the late 21st century and beyond.