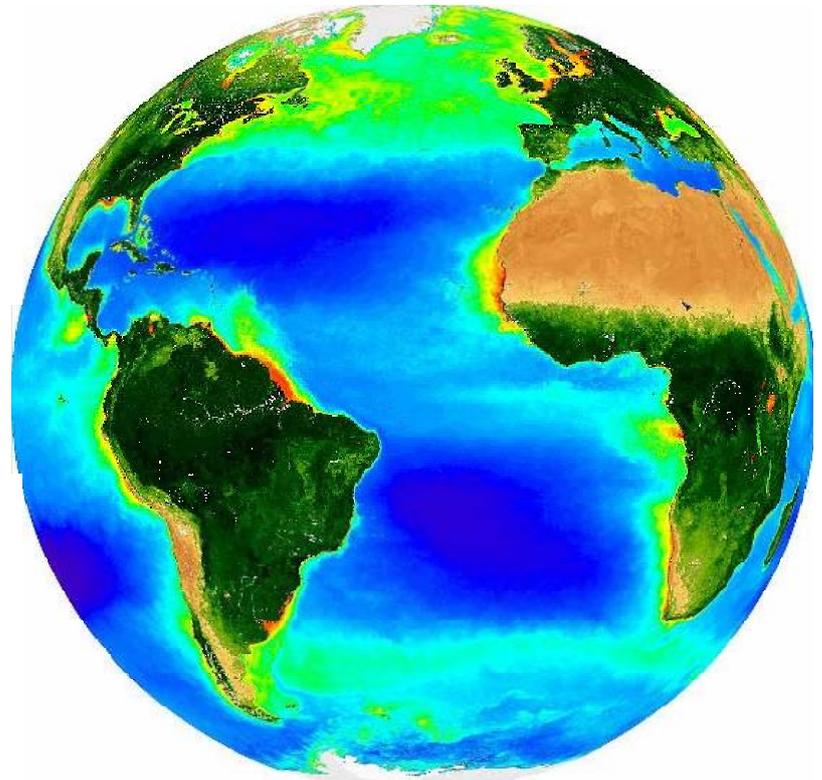


# Cambio Climático



Ricardo Anadón

Catedrático de ECOLOGÍA



Universidad  
de Oviedo  
1608-2008

**GAIA es Nuestra Casa**

Posee agua, oxígeno y un clima hospitalario

## ¿Por qué hablar del Cambio Climático?

- ✓ Es uno de los problemas más importantes, si no el **más importante**, que tiene la Humanidad hoy en día
- ✓ Nos **afectará a todos**, a todos los ecosistemas y especies
- ✓ **Todos somos responsables** del cambio
- ✓ La **información sesgada** y a veces contradictoria sobre el papel de los humanos y del propio cambio
- ✓ La necesaria toma de decisiones para **mitigar y adaptarse** al cambio futuro necesita personas informadas

# Organización de la Conferencia

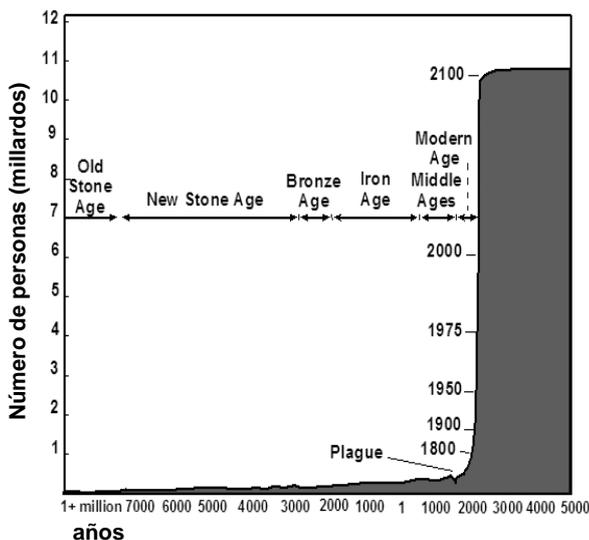
- ✓ Cambio Global y Cambio Climático
- ✓ Cambio Climático actual
- ✓ Causas del Cambio Climático
- ✓ Cambio Climático en el futuro
- ✓ ¿Acertamos en las predicciones?
- ✓ Impactos del Cambio Climático
- ✓ Mitigar y Adaptarse

¿Cuáles son las causas?

## La Población Humana en el futuro Ya somos 6,600 millones de personas

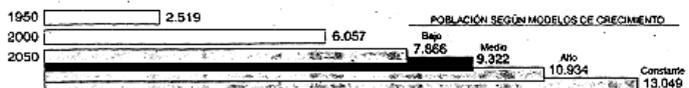
100 millones por año más

Datos de Pop, Ref, Bureau and UN



### Tendencias de población para 2050

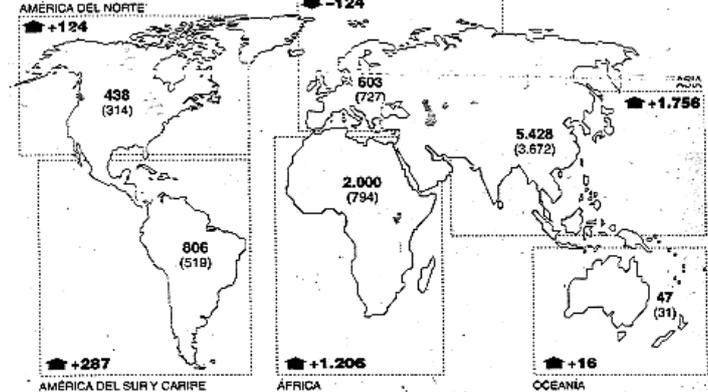
#### Población total



#### Población en 2050 por zonas geográficas

En millones de habitantes. Entre paréntesis, la población en 2000

▲ Variación, en millones, de 2000 a 2050

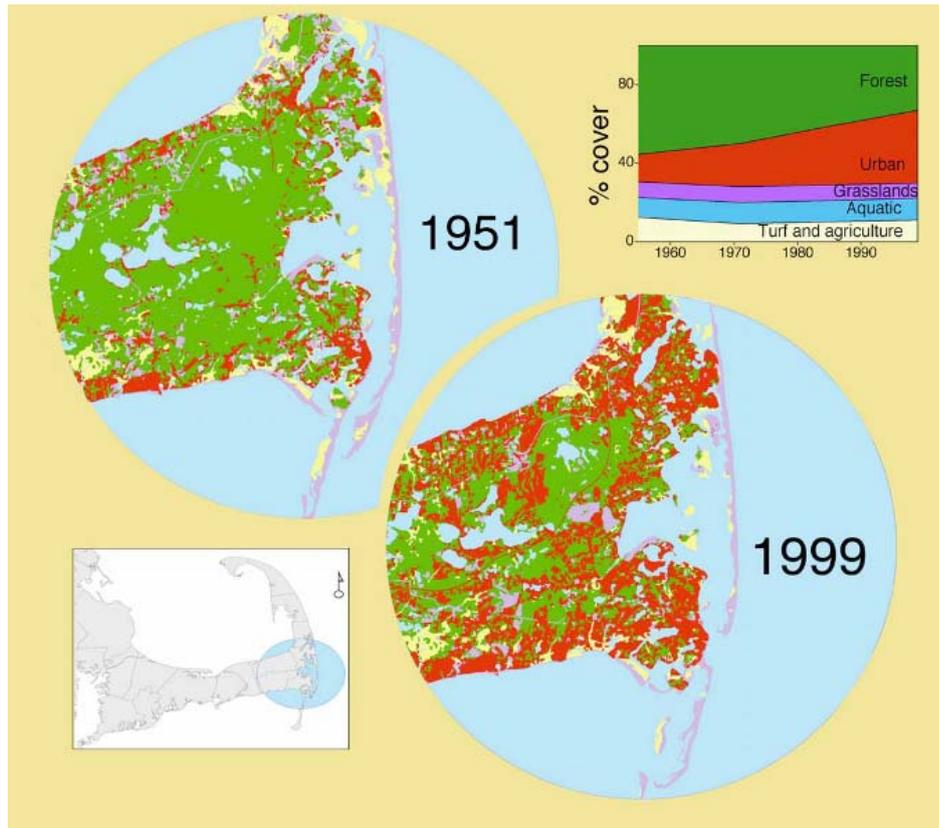


!la población se incrementará entre 2 y 6 millardos de personas en el 2050!

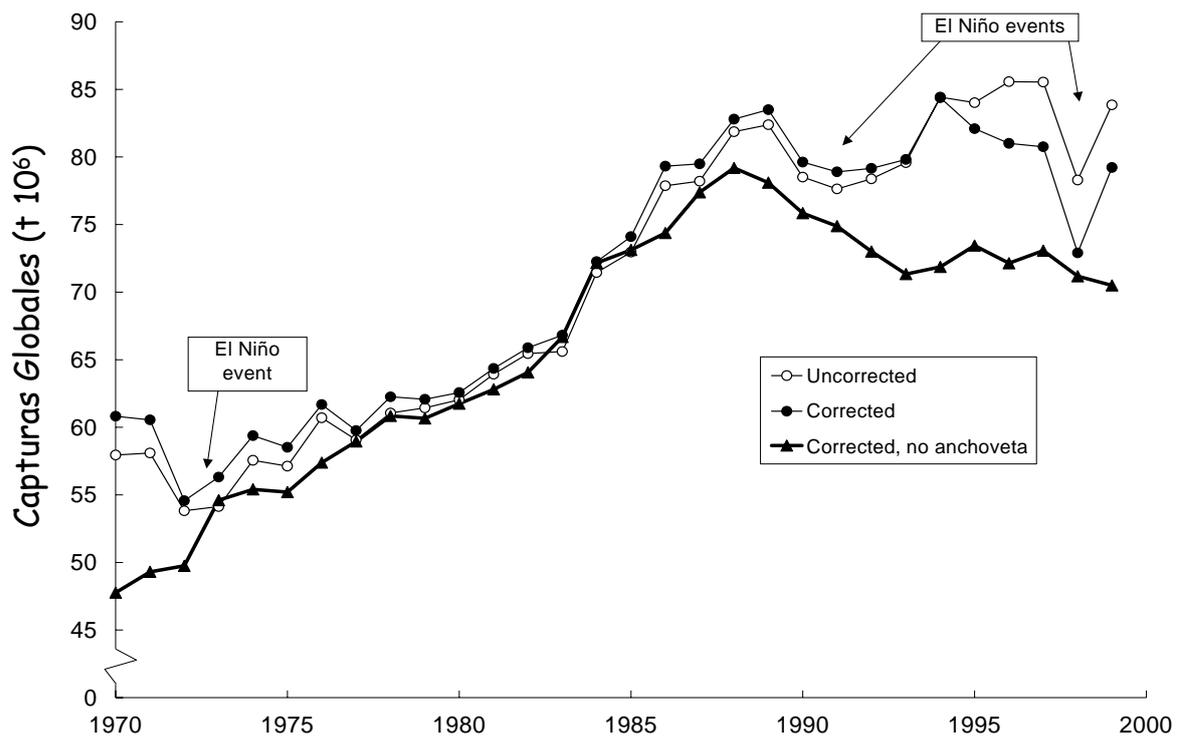
UN SÓLO PLANETA Y MUCHA GENTE

La demanda de recursos y del uso de energía *per capita* se incrementa

## Crece la Población y Urbanizamos mucho territorio

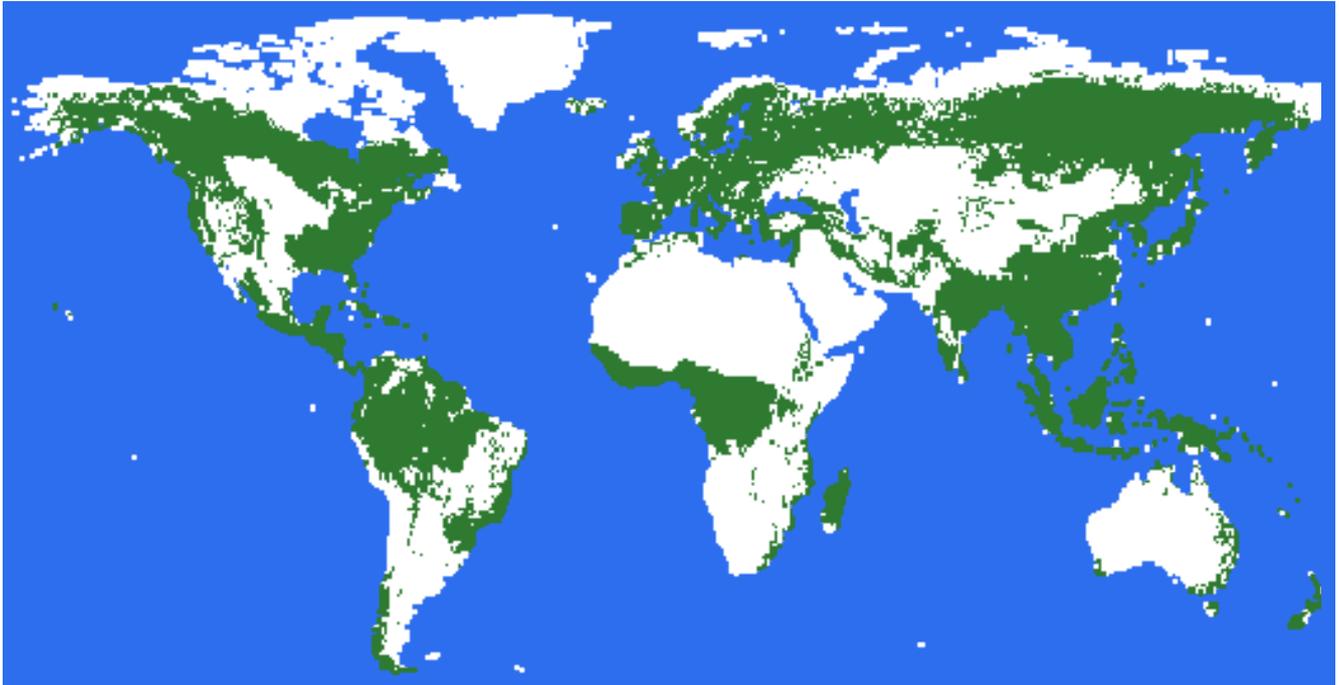


## Descienden las capturas extractivas Globales



Watson and Pauly, *Nature*, 2001

## LOS CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL (hace 8000 años)



## LOS CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL (en la actualidad)



Un clima depende en gran medida de la temperatura y la pluviosidad, pero también de otras variables: viento, estacionalidad de ocurrencia, heladas, etc.

Se expresa como la media de al menos 10 años

¿ Qu  
afirmc

cuando  
el clima ?

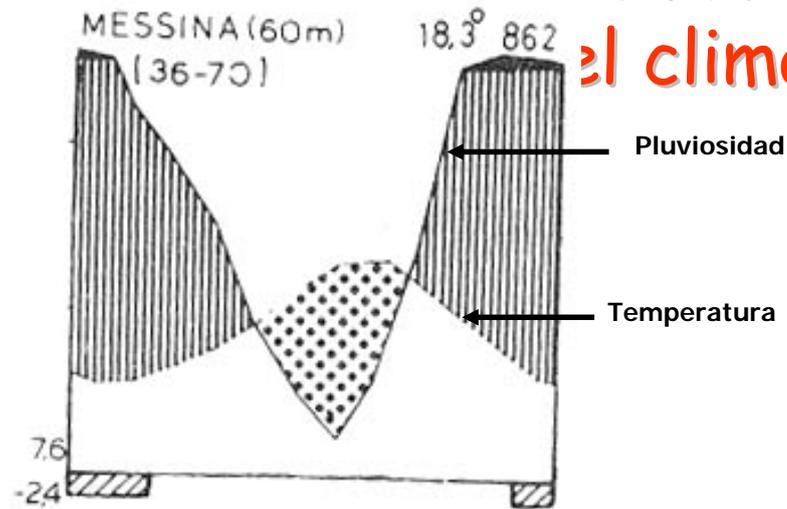


Diagrama Ombrotérmico

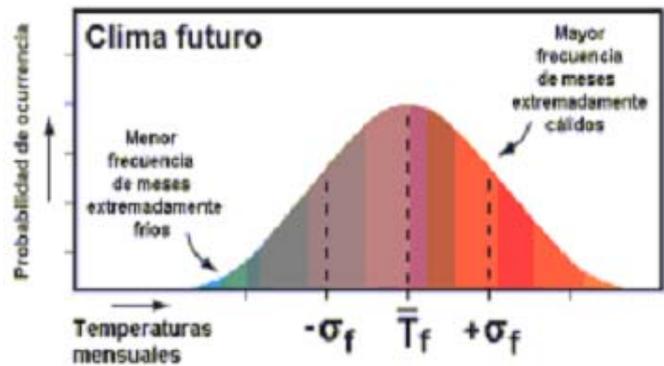
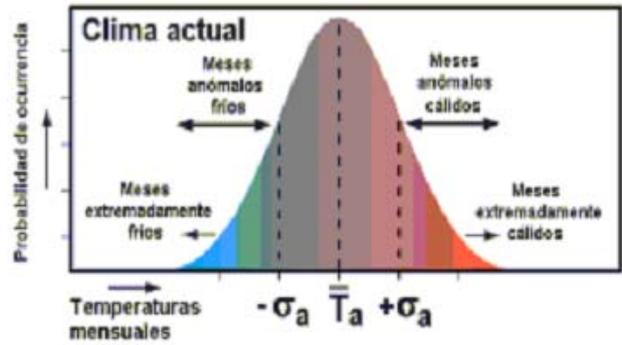


Manifiesta coherencia geográfica

¿Como varían las condiciones entre años?

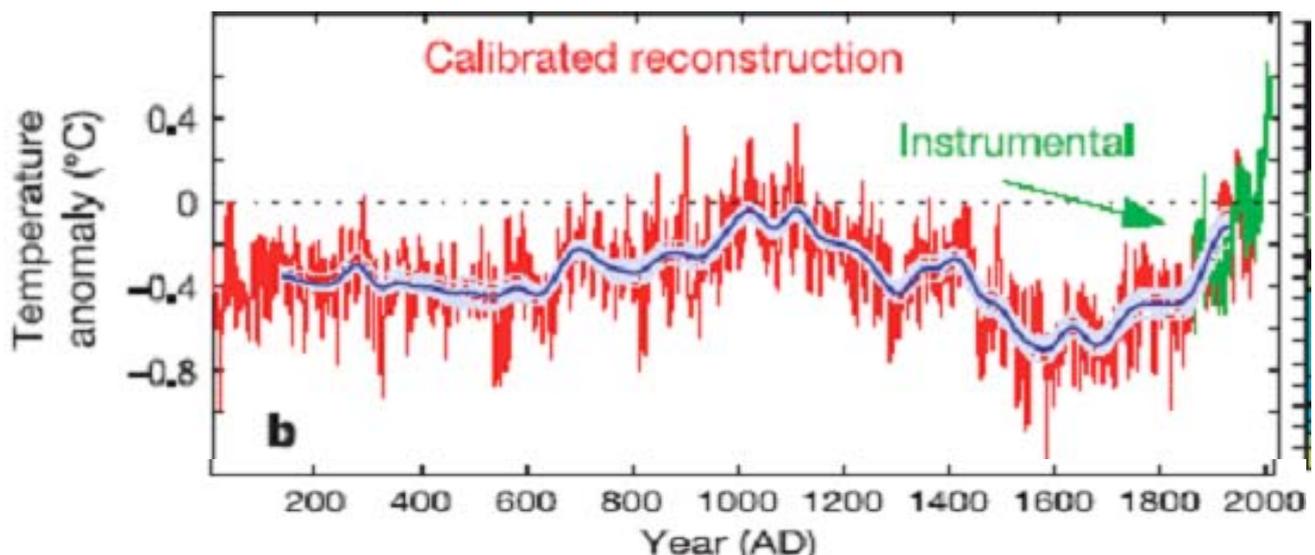
El número de años con una temperatura es su frecuencia

Quando necesitamos varios años es por que la temperatura y la pluviosidad cambian cada año



Castro et al, 2005

La TEMPERATURA de la TIERRA se ha modificado también en los últimos 2000 años

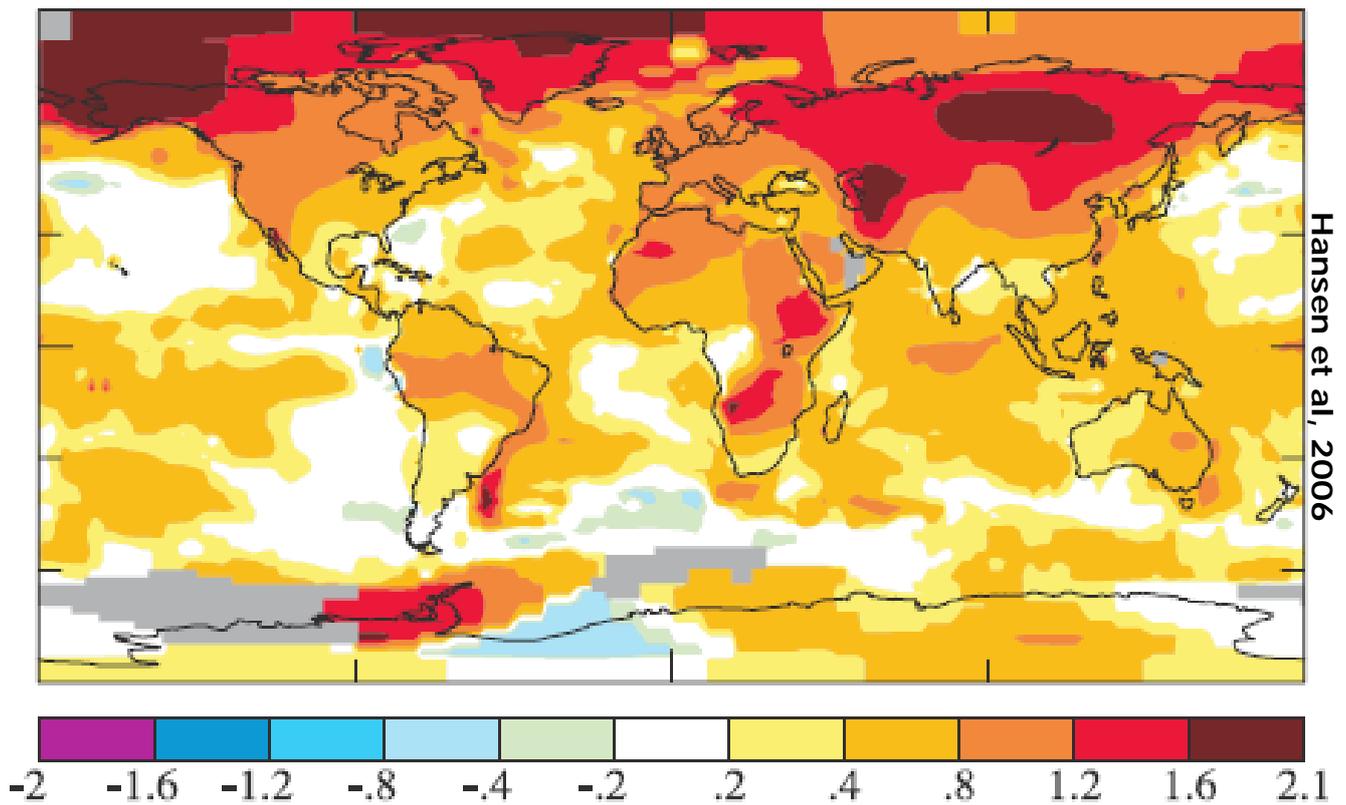


Moberg et al., Nature (Febrero 2005)



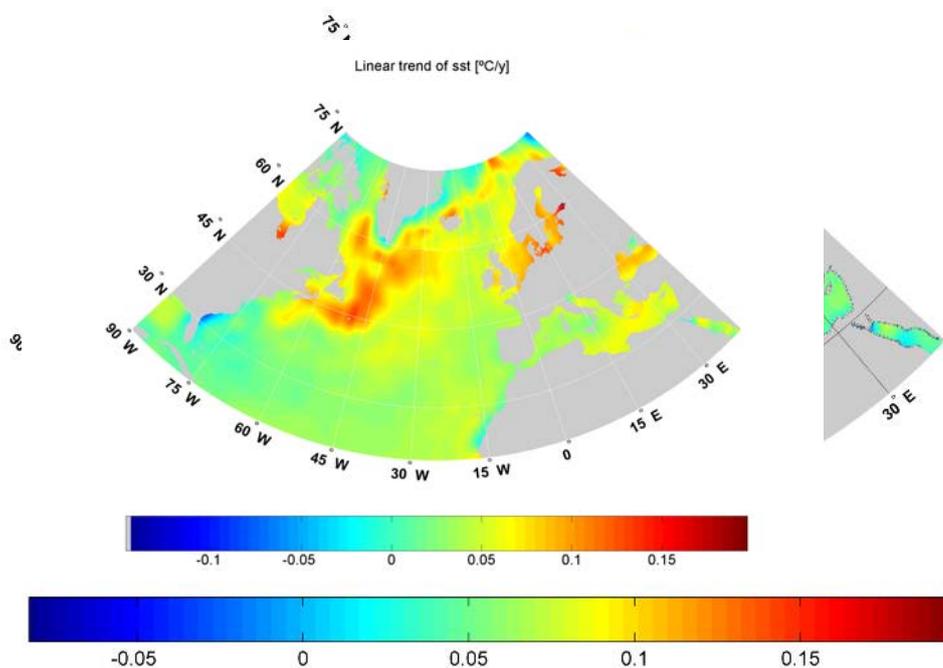
# CAMBIOS DEL CLIMA EN LA ACTUALIDAD

2001-2005 Anomalías de la Temperatura Superficial (°C) respecto a 1951-1980



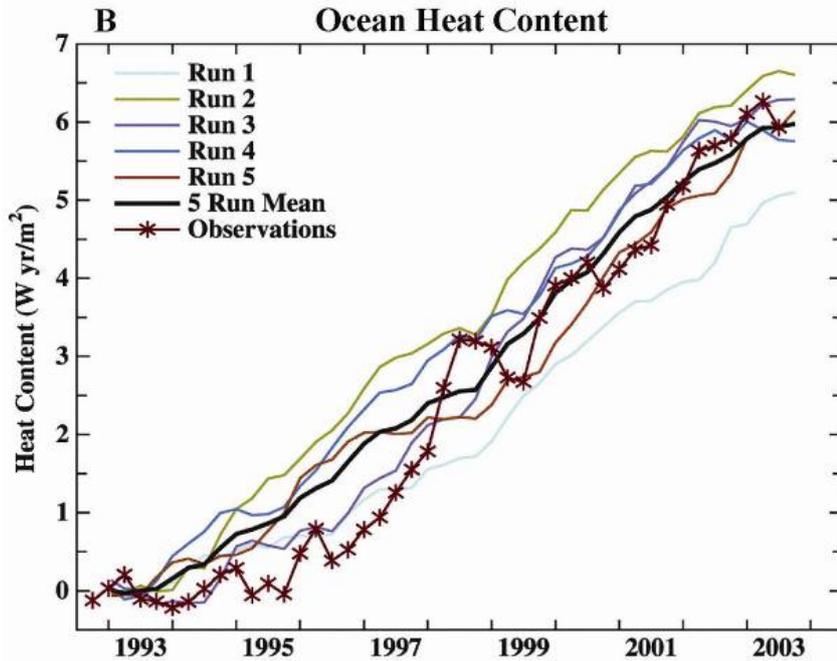
El calentamiento superficial en los últimos 20 años ha sido muy elevado, pero ocurre de manera diferencial en partes del océano,  
**Incremento anual**

(ajuste lineal de la temperatura superficial del mar calculada con datos del satélite AVHRR entre 1985 y 2005)



González Taboada y Anadón, 2007  
°C/año

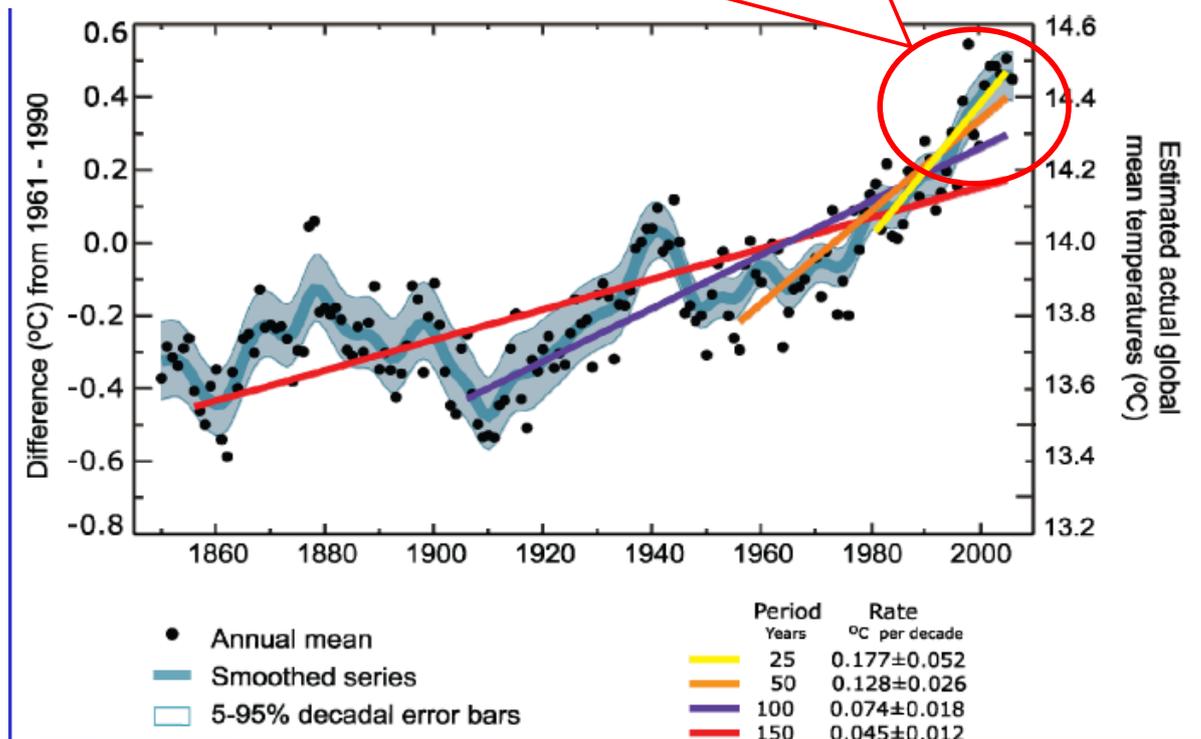
## Ganancia de calor en los 750 metros superiores de los océanos mundiales.



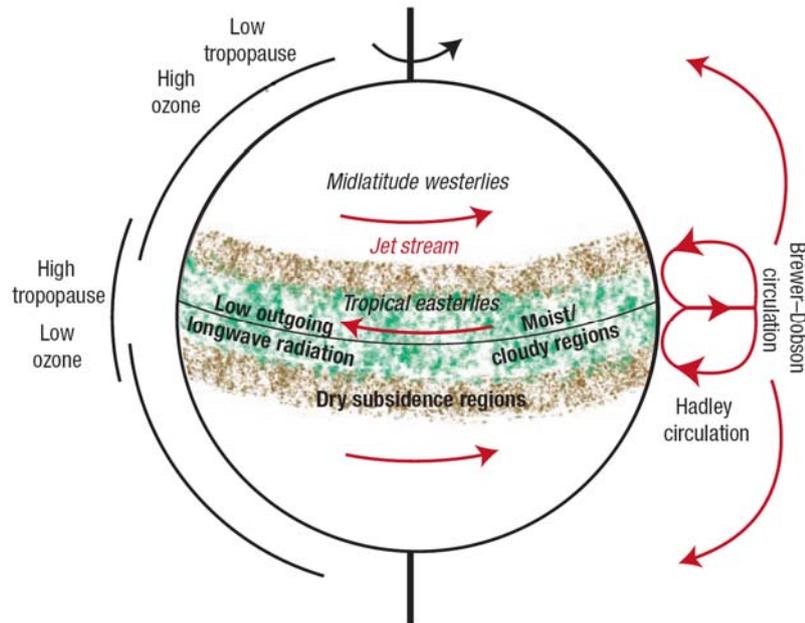
Hansen et al, 2005.

La Temperatura media Global aumenta más rápido con el tiempo

12 años más cálidos:  
1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,  
2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000



## ¿Expansión de la zona tropical?

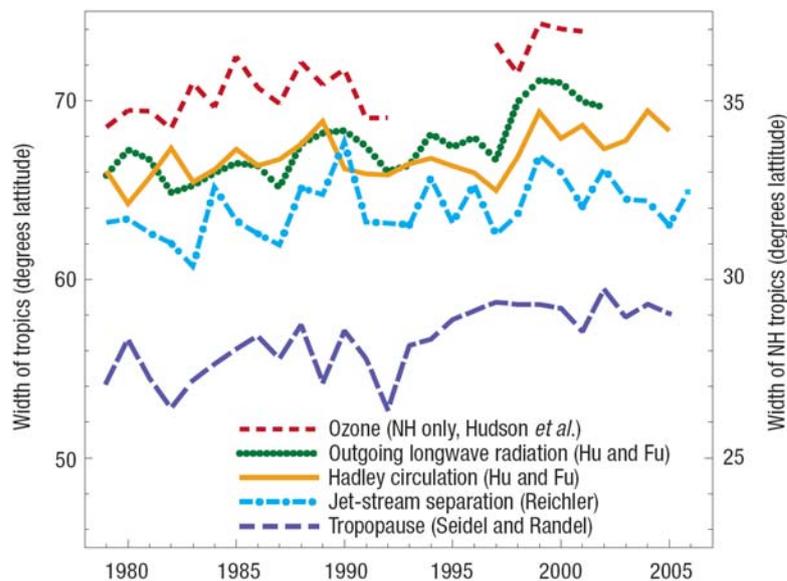


Seidel et al, 2007

### ¿Que características definen los Trópicos?

La estructura atmosférica, la circulación, y las características hidrológicas mostradas en el diagrama de la Tierra se han movido hacia los polos en décadas recientes, indicando una amplificación del cinturón Tropical y de la circulación de Hadley.

## Cambios en indicadores de la amplitud del cinturón tropical desde 1979



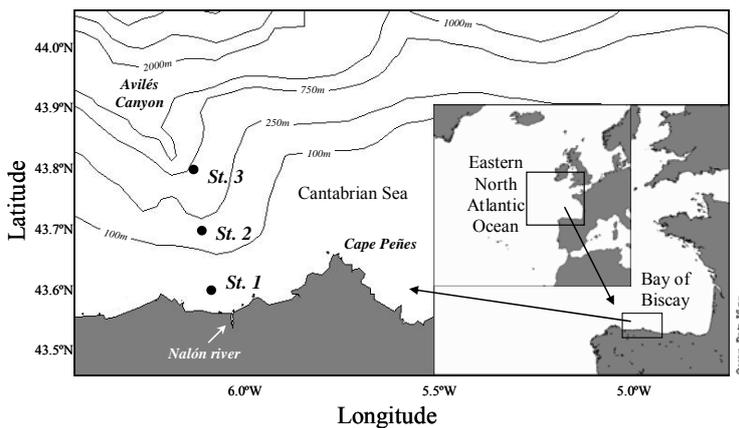
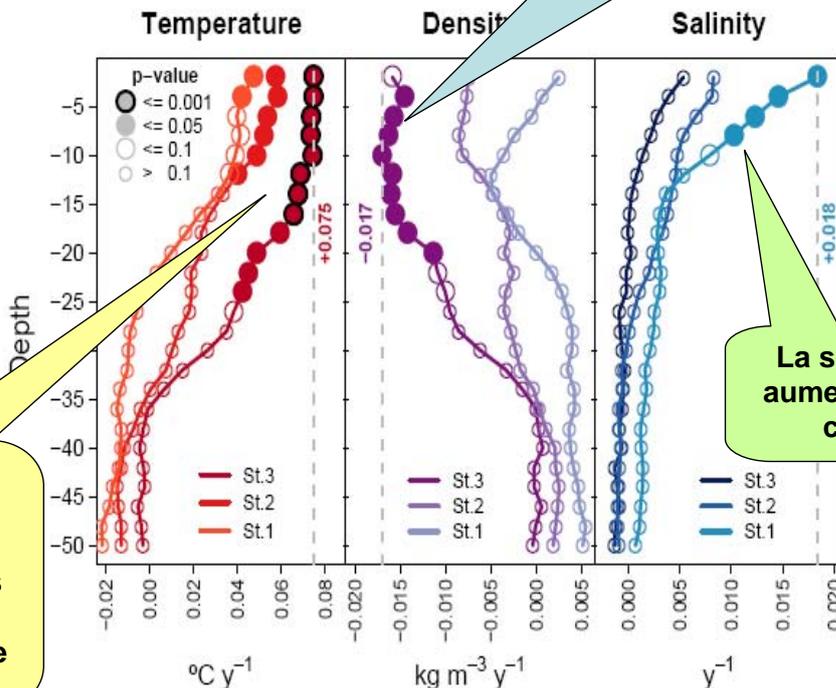
Seidel et al, 2007

**Anchura de la circulación de Hadley: radiación de onda larga de salida y los vientos horizontales de las corrientes en chorro. Separación de los núcleos de las corrientes en chorro de los Hemisferios Norte y Sur. Anchura de las regiones con tropopausas elevadas frecuentes. Anchura de la zona con niveles de ozono en las columnas tropicales (Hemisferio Norte sólo, eje derecho).**

**Aunque todas manifiestan un incremento desde 1979, las tasas varían de 2.0 a 4.8 grados de latitud por cada 25 años, con un rango incluso mayor cuando se consideran las tendencias de amplificación estimadas en cada estudio individual.**

# La Temperatura media Global aumenta más rápido con el tiempo

La densidad disminuye en el océano al aumentar la temperatura



Periodo	Estación 3		Estación 2		Estación 1		
	93-03	93-06	93-03	93-06	93-03	93-06	
Temperatura	10m	+ 0,055	+ 0,074	+0,043	+0,049	+ 0,021	+0,039
	20m	+ 0,056	+ 0,049	+ 0,023	+0,024	+ 0,010	+ 0,010
Densidad	10m	- 0,022	-0,017	-0,013	-0,008	- 0,006	- 0,003
	20m	- 0,024	-0,011	- 0,010	-0,004	- 0,008	+ 0,000

Valores significativos

LLope y Anadón (sometido)

El Cambio de Clima es una evidencia científica no discutida, aunque nos quedemos por resolver incertidumbres de cómo se regula

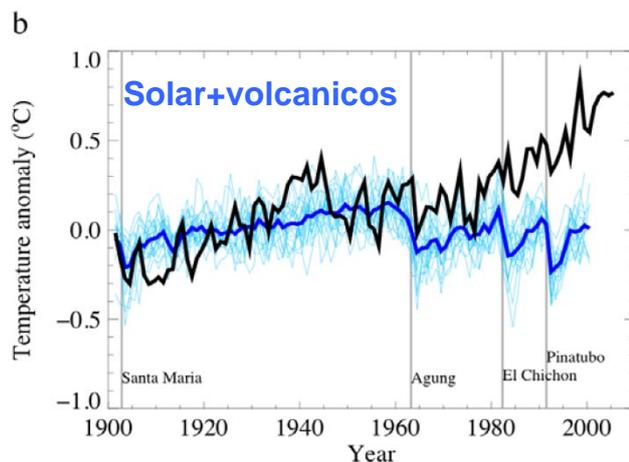
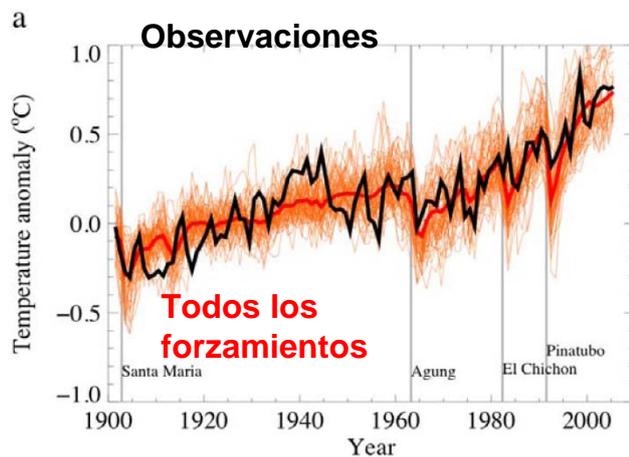
pero .....

¿Somos los humanos responsables?

Los cambios observados son consistentes con:

Respuestas esperadas a los forzamientos

inconsistentes con explicaciones alternativas



# Dilución del $^{14}\text{C}$ en la atmósfera resultado de emisiones de $\text{CO}_2$ fósil

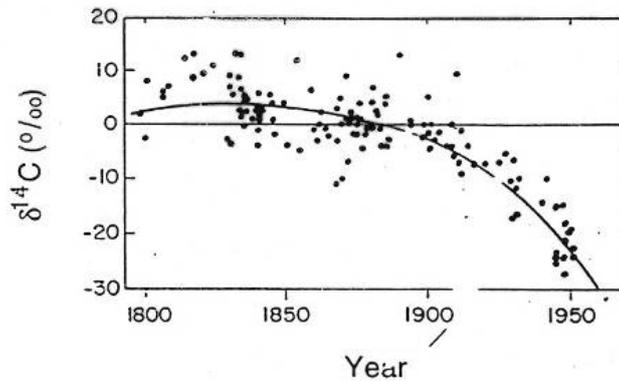


FIG. 5. The Suess effect: dilution of the  $\delta^{14}\text{C}$  in atmospheric carbon dioxide caused by combustion of  $^{14}\text{C}$ -depleted fossil fuels (Suess 1955).  $\delta^{14}\text{C}$  is calculated as:

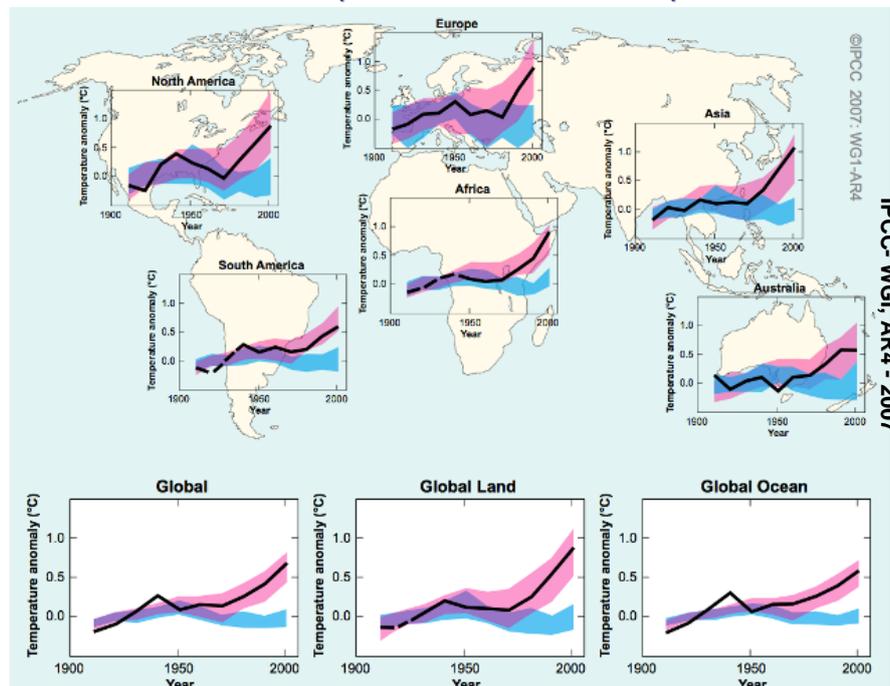
$$\frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}} - (^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standard}}}{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standard}}} \times 1000.$$

●, the relative  $^{14}\text{C}$  enrichment in cellulose from known-age tree rings; —, the predicted  $^{14}\text{C}$  dilution from a model based on global patterns of fossil fuel combustion and atmosphere-ocean-biosphere carbon exchange. Redrawn from Bacastow and Keeling (1974).

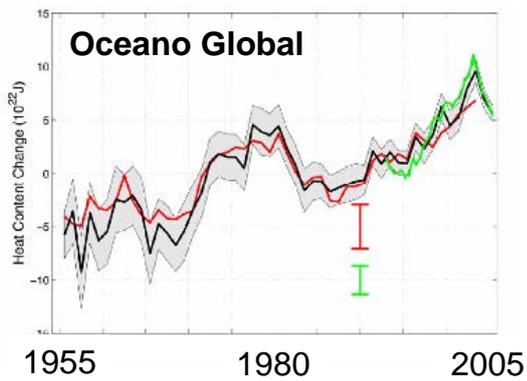
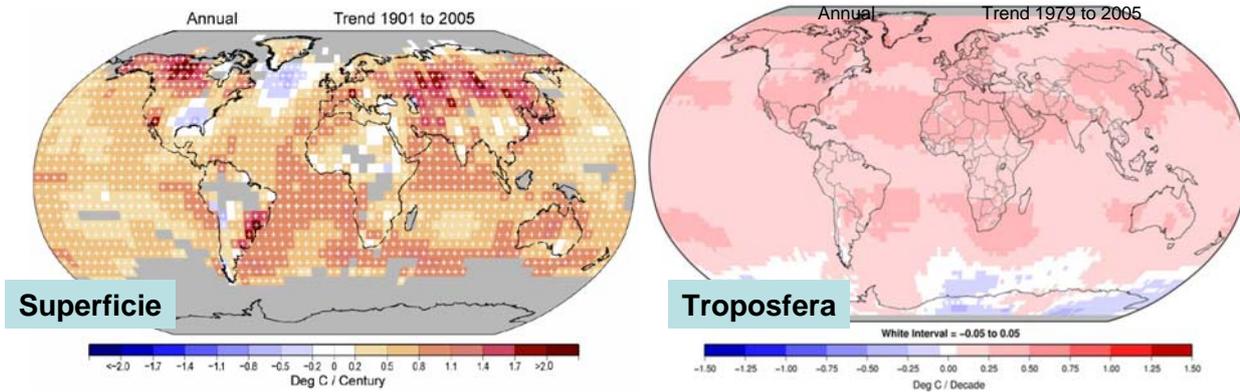
Comparación de los cambios observados a escalas global y continental de la temperatura superficial con los resultados simulados por modelos climáticos usando forzamientos naturales antropogénicos. Se muestran las medias decadales de las observaciones para el periodo 1906-2005 (línea negra) dibujada en el centro de la década y relativa a la media correspondiente entre 1901-1950. Las líneas son a trazos cuando la cobertura espacial es menor del 50%. Las bandas azules muestran el rango 5-95% para 19 simulaciones provenientes de 5 modelos climáticos usando sólo el forzamiento natural debido a la actividad solar y los volcanes. Las bandas rosas muestran el rango 5-95% para 58 simulaciones provenientes de 14 modelos climáticos usando forzamientos naturales y antropogénicos.

## Comprensión y Atribución del Cambio Climático

### Cambio de temperatura Continental y Global

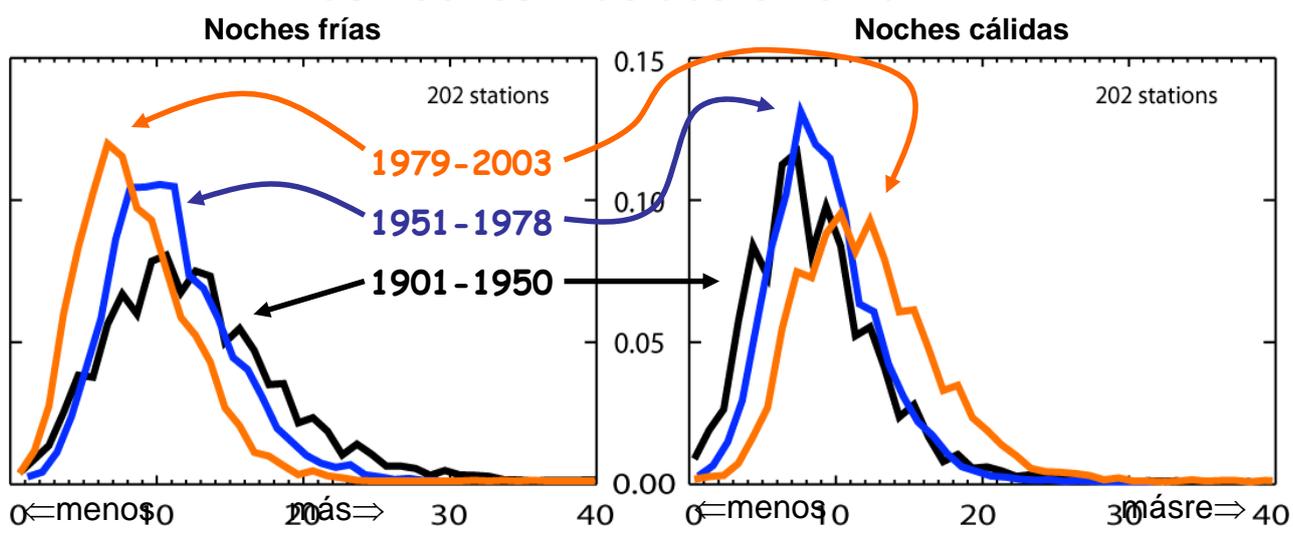


# Calentamiento generalizado observado



- Extremadamente improbable sin forzamiento externo
- Muy improbable debido sólo a las causas naturales conocidas

## Las noches cálidas se incrementan las noches frías decremantan



Frecuencia de ocurrencia de temperaturas frías o cálidas en 202 estaciones globales para 3 periodos de tiempo : 1901 a 1950 (negro), 1951 a 1978 (azul) y 1979 a 2003 (naranja),

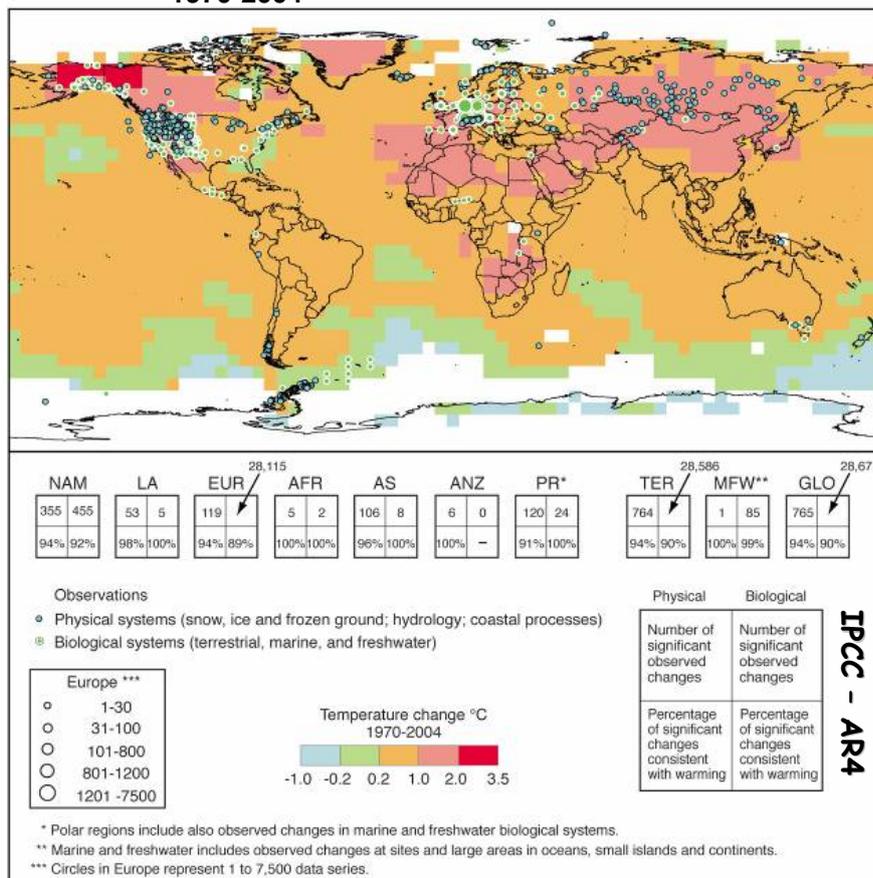
## Cambios en los sistemas físicos y biológicos y de la temperatura superficial 1970-2004

El análisis de 765 series de datos físicos y 28671 de datos biológicos con más de 20 años de duración recolectados en todo el mundo indican que:

✓ el 94 % de los datos físicos

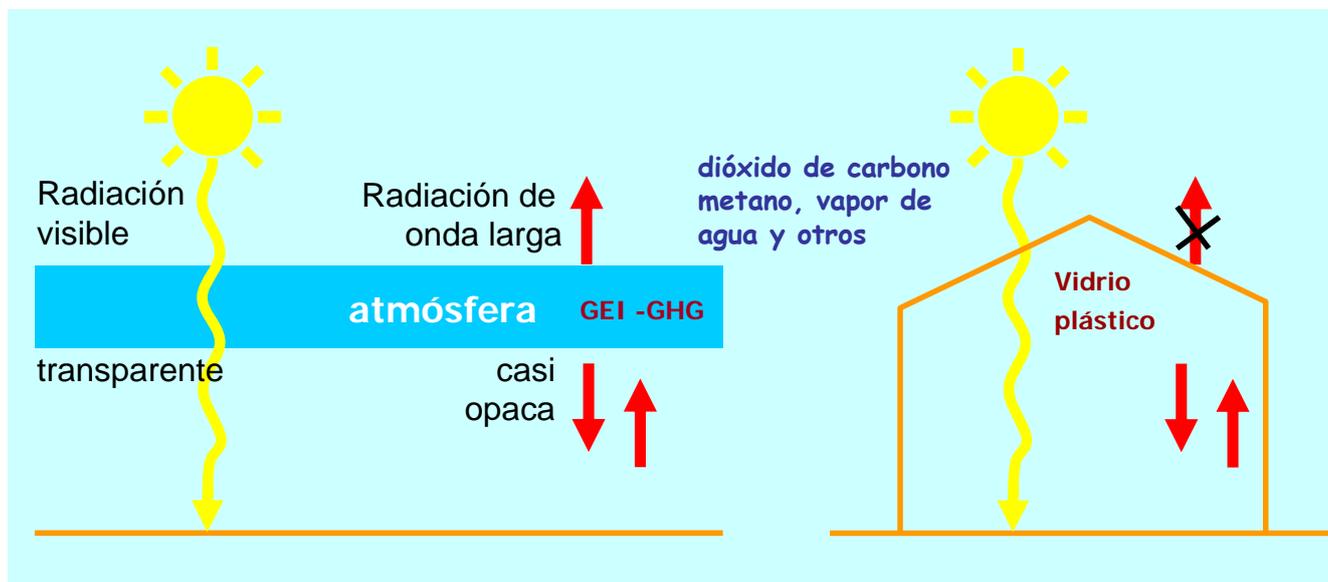
✓ el 90 % de los datos biológicos

Se ajustan a las predicciones basadas en Cambio Climático



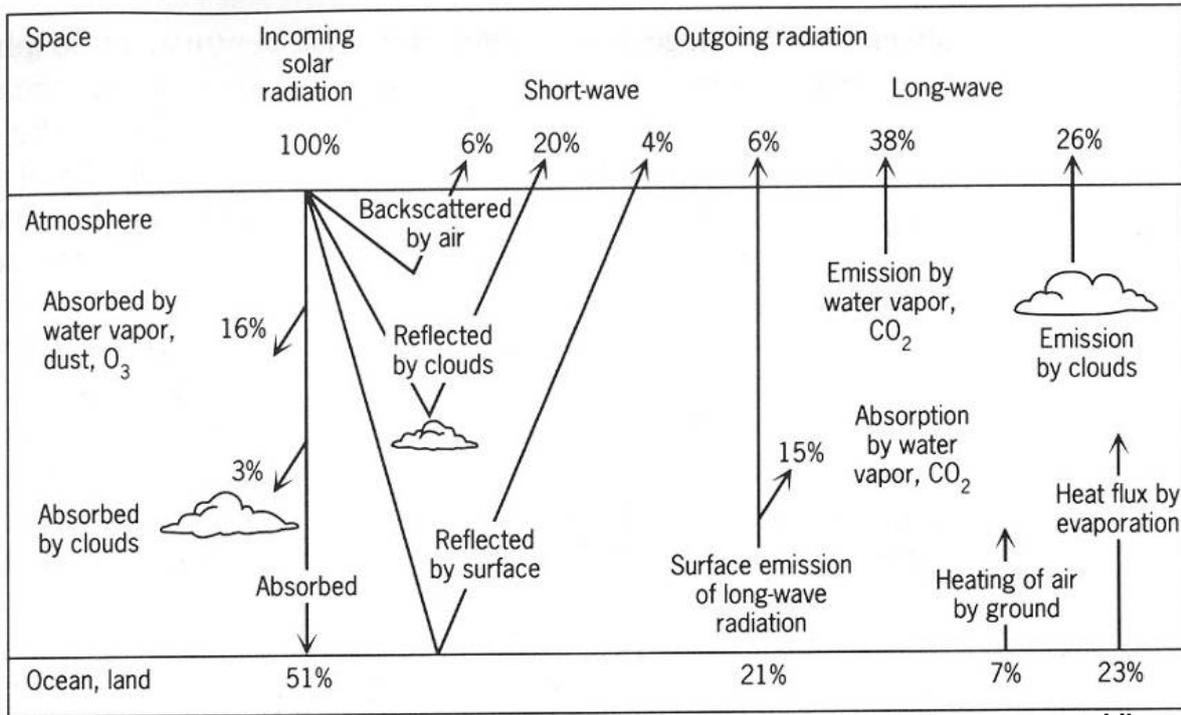
# Efecto Invernadero

## Radiación solar

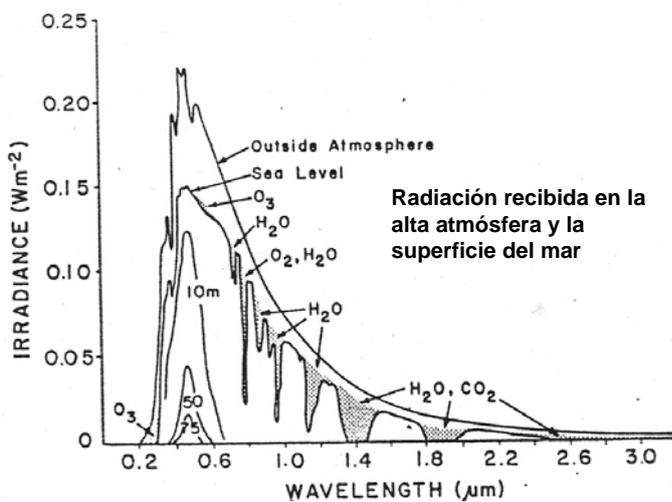


¿Es siempre desfavorable el efecto invernadero?

**El balance de energía en la Tierra depende de muchos mecanismos, de los que se han detectado cambios en la absorción por parte de GEI**

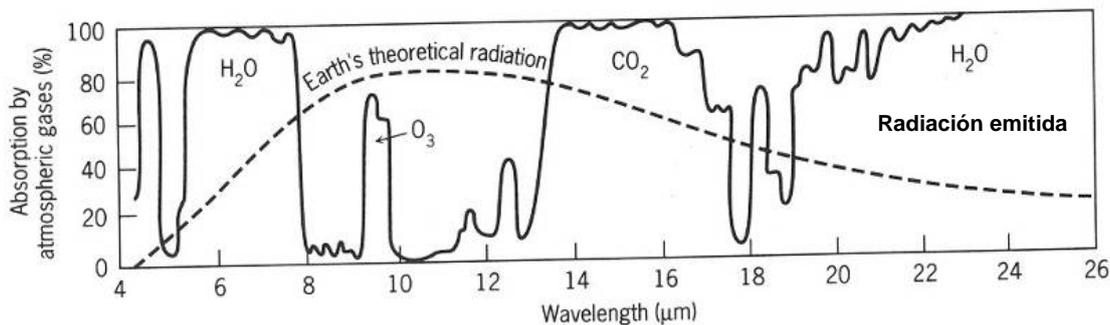


Libes, 2003



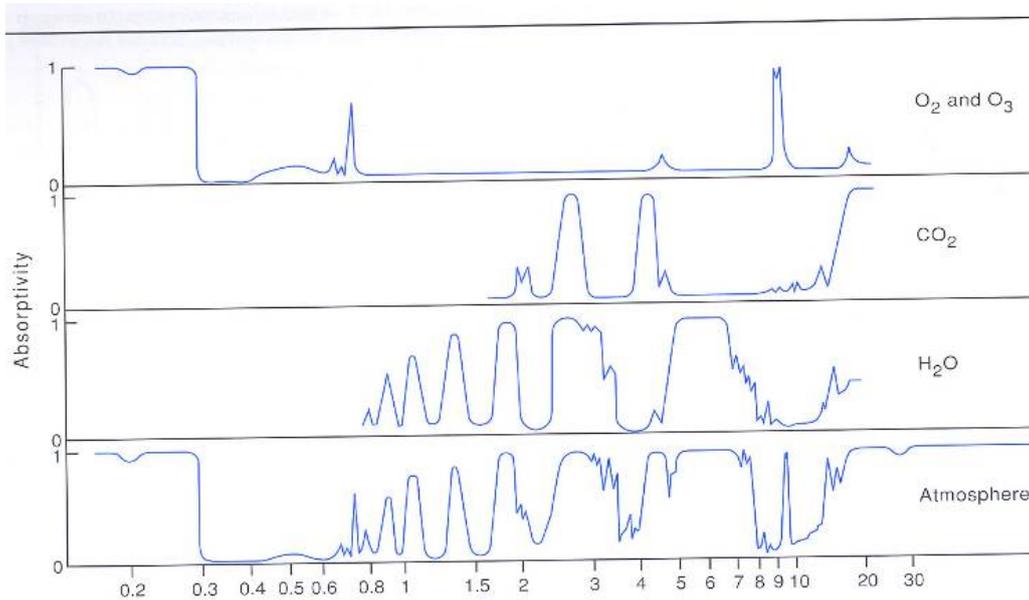
**Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) absorben radiaciones de onda media y larga, mientras que son transparentes a la radiación de onda media. La radiación recibida y emitida por la Tierra es diferente.**

**El incremento de GEI aumentan la retención de la energía y permite también el calentamiento del océano**



Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) absorben radiaciones de onda media y larga, mientras que son transparentes a la radiación de onda media. La radiación recibida y emitida por la Tierra es diferente.

El incremento de GEI aumentan la retención de la energía y permite también el calentamiento del océano



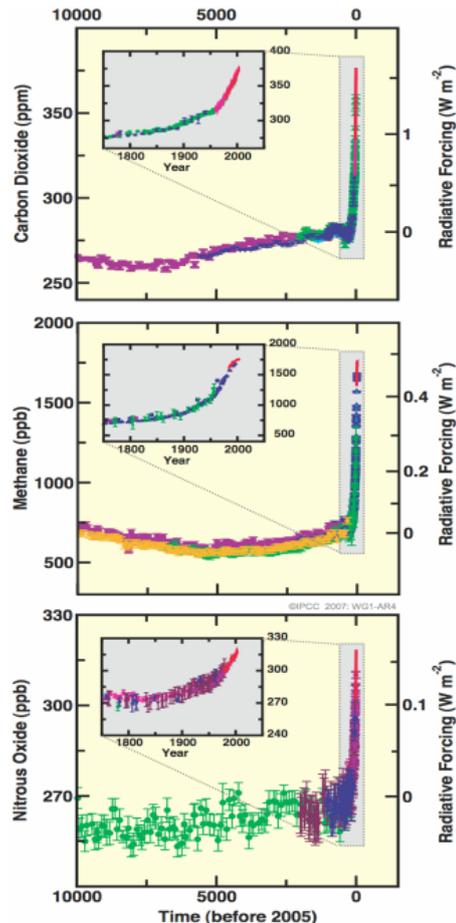
### Cambios en Gases de Efecto Invernadero de testigos de hielo y datos modernos

Concentración atmosférica de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico en los últimos 10,000 años (paneles grandes) y desde 1750 (paneles interiores). Las medidas provienen de testigos de hielo (símbolos con colores diferentes de estudios distintos) y muestras atmosféricas (líneas rojas). Los correspondientes fuerzas radiativas se muestran en el eje derecho de los paneles

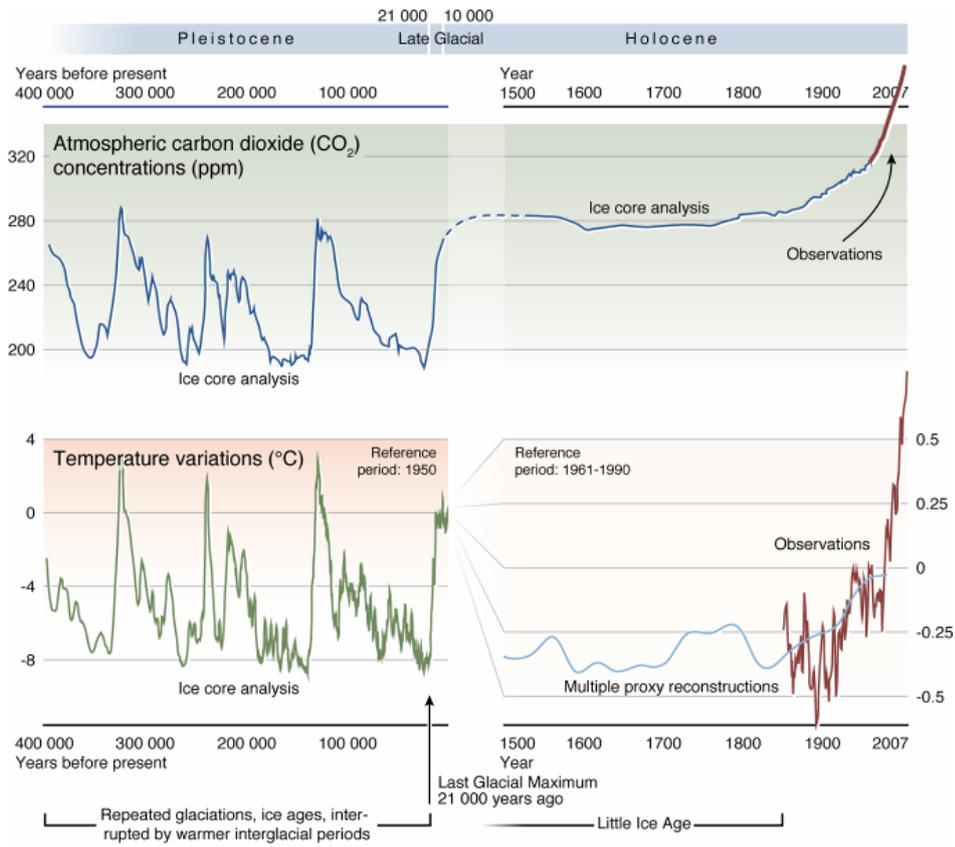
Las concentraciones de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$

- Exceden mucho el valor pre-industrial
- Se incrementan de forma marcada desde 1850 debido a actividades humanas

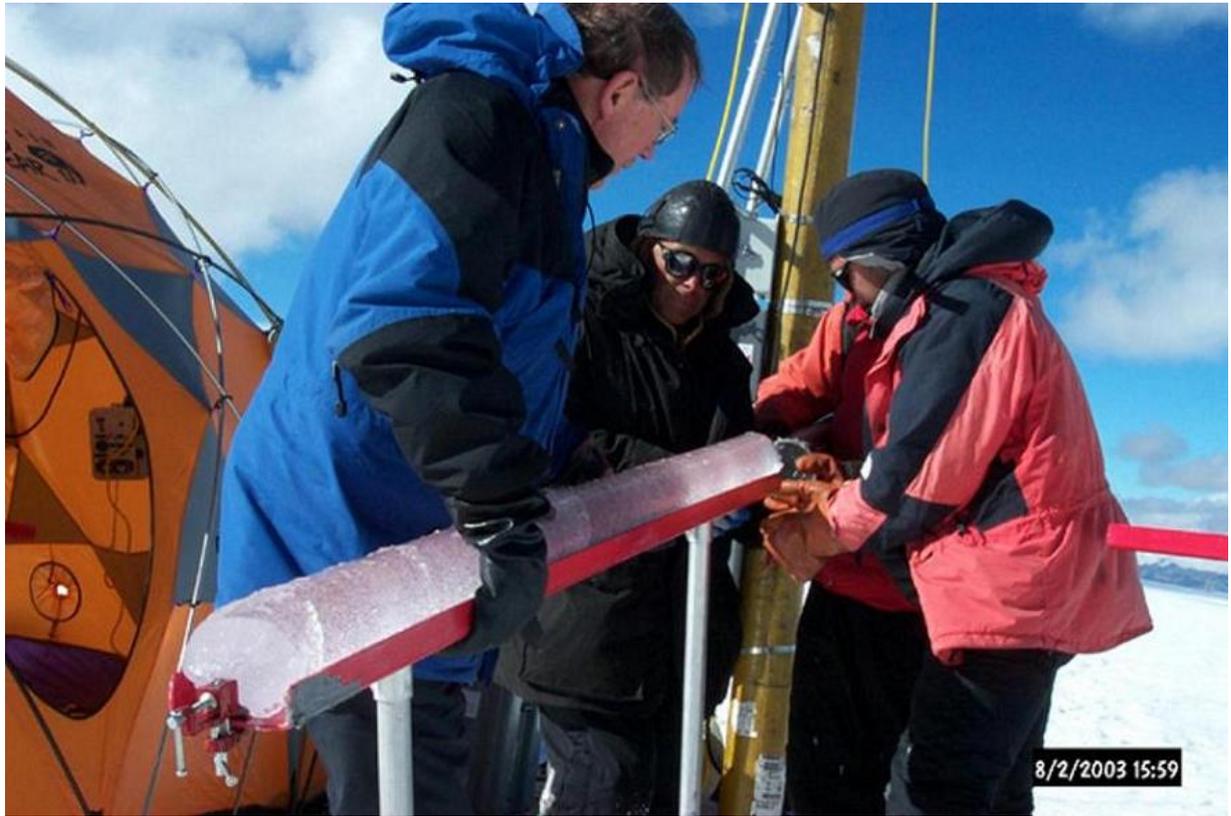
Variación relativamente pequeña antes de la era industrial



IPCC- WGI, AR4 - 2007



**Mikhalenko, Alaska -  
Bona-Churchill (2002)**

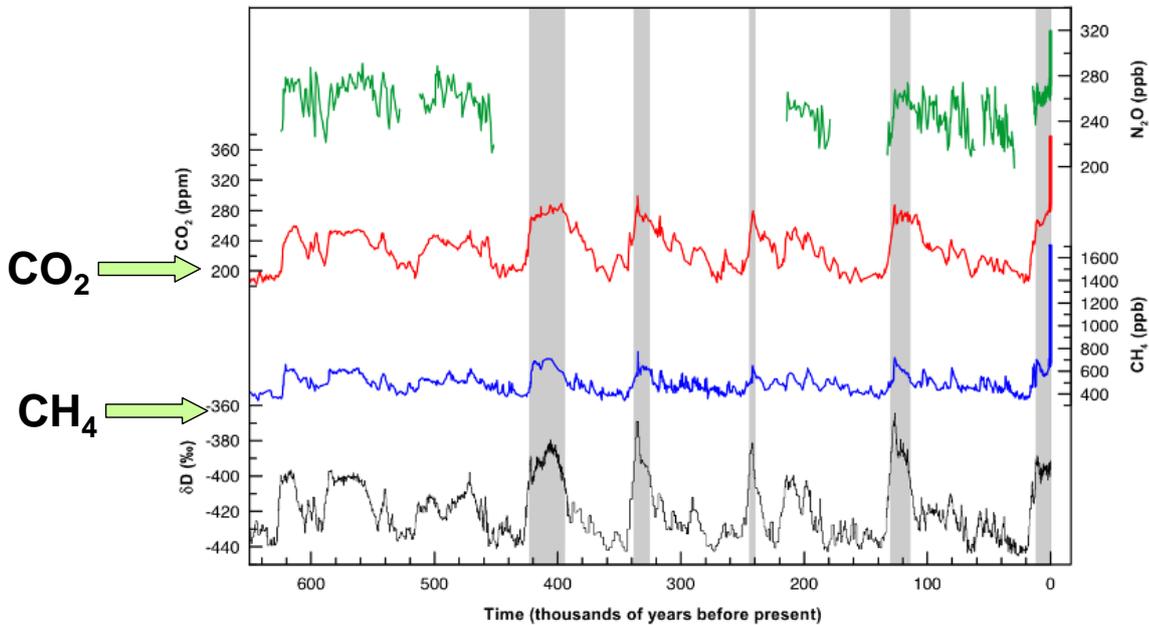


**Mikhalenko, Alaska - Bona-Churchill (2002)**

**Thompson y Mikhalenko, Peru -  
Quelccaya (2003)**

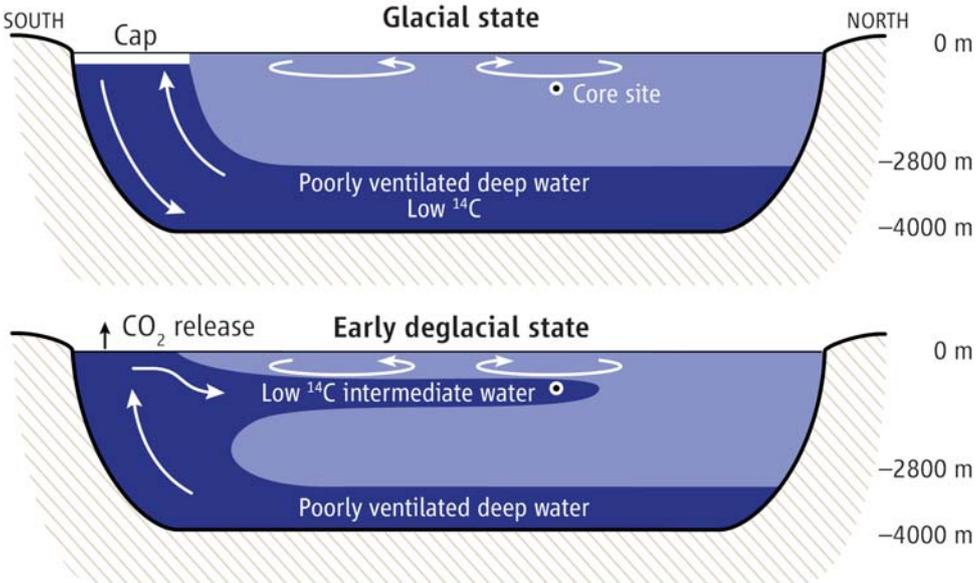


### Datos glaciales- interglaciales de testigos de hielo



**La concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en 2005 excede de lejos al rango natural en los últimos 650,000 años**

Esta sección del Océano Pacífico muestra como aguas pobremente ventiladas pueden haber ocupado profundidades intermedias durante la desglaciación, como sugieren Marchitto et al. A: La ventilación del océano profundo alrededor de la Antártida fue parcialmente suprimida por una capa formada por hielo marino o una capa de agua de baja salinidad. B: Esta capa desapareció durante el calentamiento inicial de la desglaciación, exponiendo aguas afloradas a la atmósfera, liberando carbono no radioactivo (<sup>14</sup>C). La densidad de la capa poco ventilada disminuyó por calentamiento y endulzamiento. Esta agua se extendió a profundidades intermedias, desplazando a otras de densidad similar

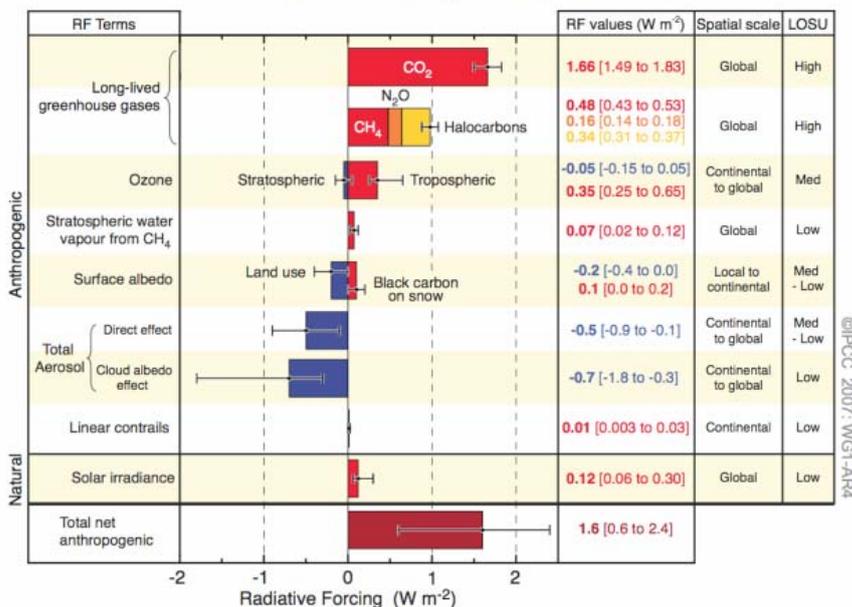


Keeling 2007

Estimas del forzamiento radiativo medio global (RF) en 2005 del dióxido de carbono antropogénico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y otros agentes y mecanismos importantes, conjuntamente con la extensión geográfica típica (escala espacial) del forzamiento y el del nivel evaluado de incertidumbre científica (LOSU). También se muestran la fuerza radiativa antropogénica y su rango. Esto requiere considerar las incertidumbres asimétricas estimadas de los términos componentes, y no puede ser obtenidos por simple adición. Los factores de forzamiento adicionales no incluidos aquí se considera que tienen un LOSU muy bajo. Los aerosoles volcánicos constituyen un forzamiento natural adicional pero no se incluye en la figura debido a su naturaleza episódica. Los rangos para condensaciones lineares no incluye otros posibles efectos de la aviación o la nubosidad.

### Componentes del Forzamiento Radiativo

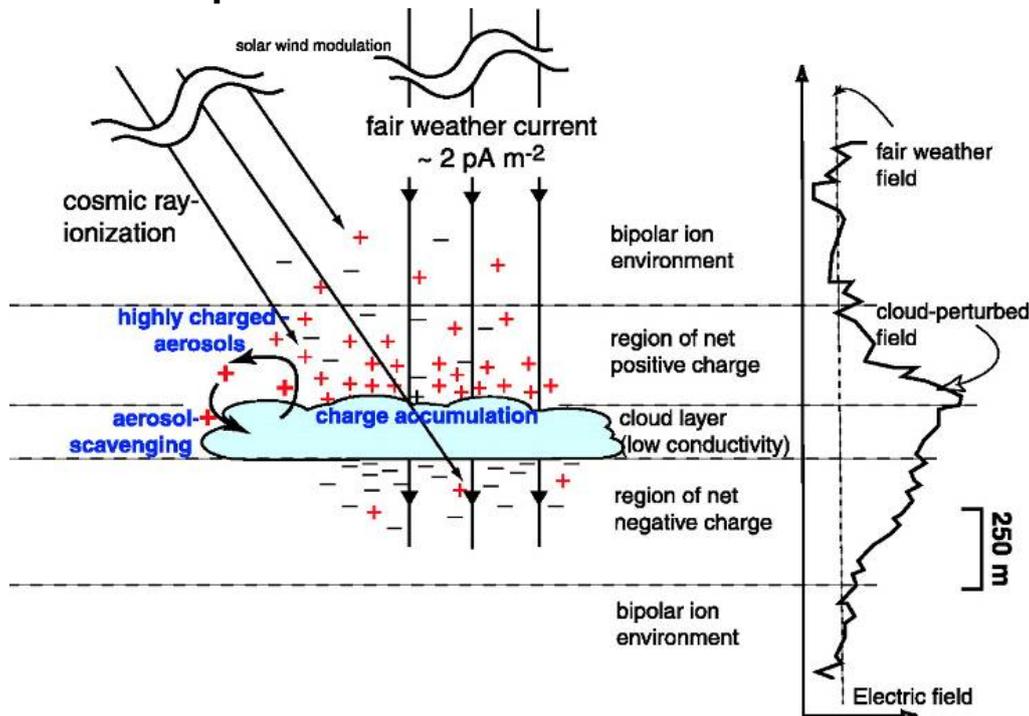
Se propone una influencia de los rayos cósmicos en la variación climática de la Tierra, pero algunos autores consideran limitada



IPCC - WGI, AR4 - 2007

©IPCC 2007: WGI-AR4

Los rayos cósmicos actuarían incrementando la formación de iones en la cercanía de nubes y contribuirían a la formación de partículas de hielo. Incrementarían el albedo

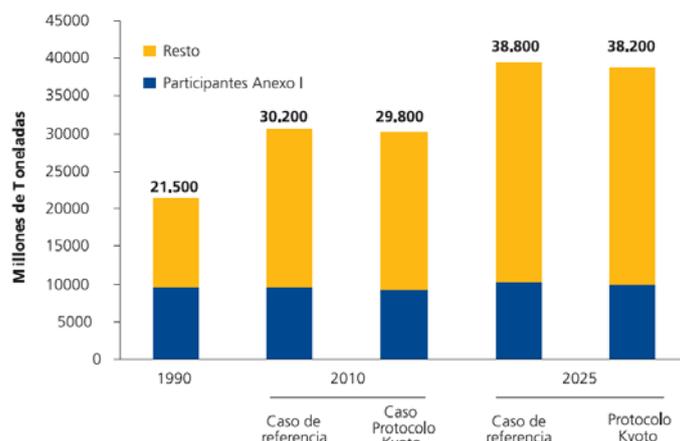


Carlslaw et al, 2002



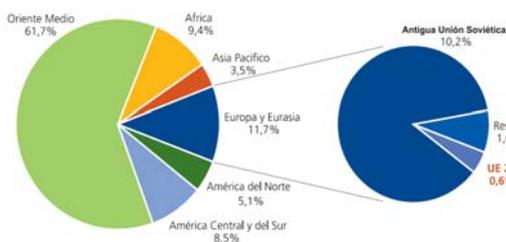
El consumo energético es muy diferente según los países, y se relaciona bastante bien con la riqueza media de sus gentes

**Gráfico 5. Emisión Mundial de Dióxido de Carbono**



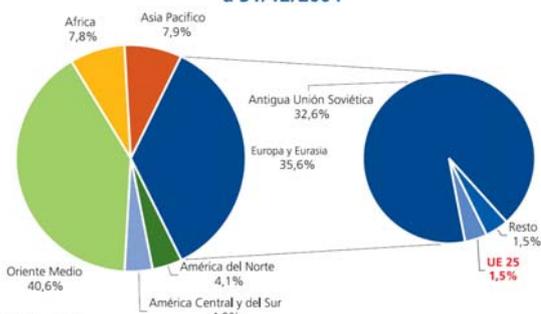
Fuente: IEO 2005

**Gráfico 6. Emisión Mundial de Dióxido de Carbono**



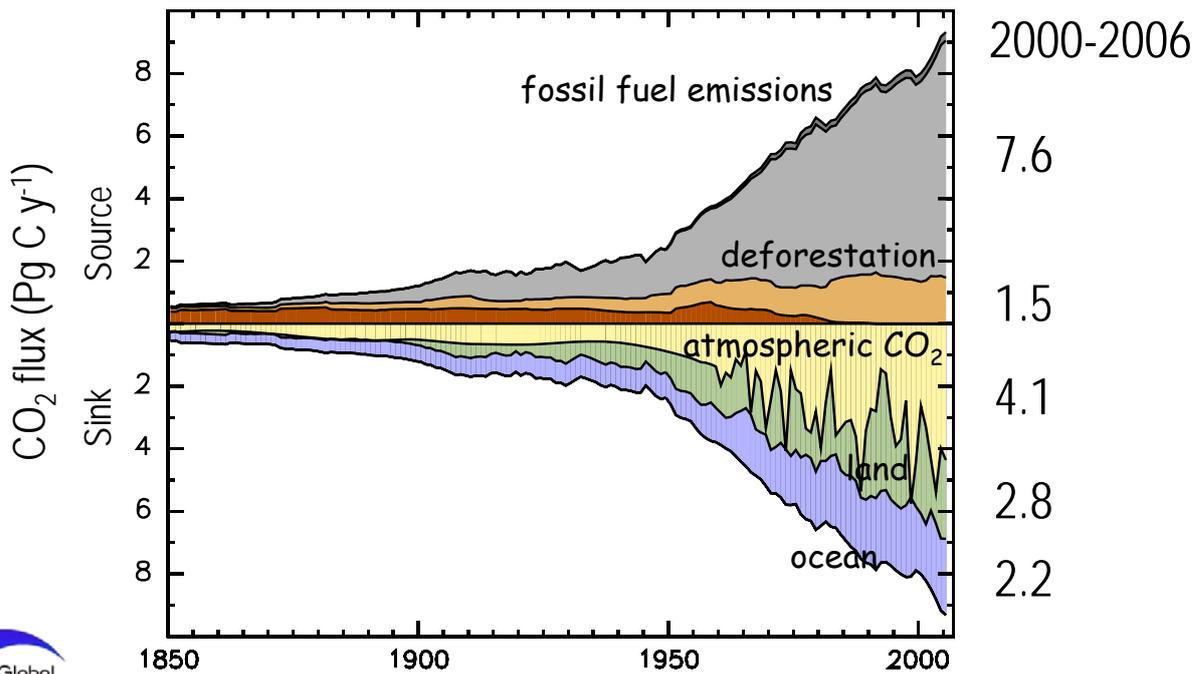
Fuente: BP Statistical Review 2005

**Gráfico 7. Reservas Probadas Gas natural a 31/12/2004**



Fuente: BP Statistical Review 2005

# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)

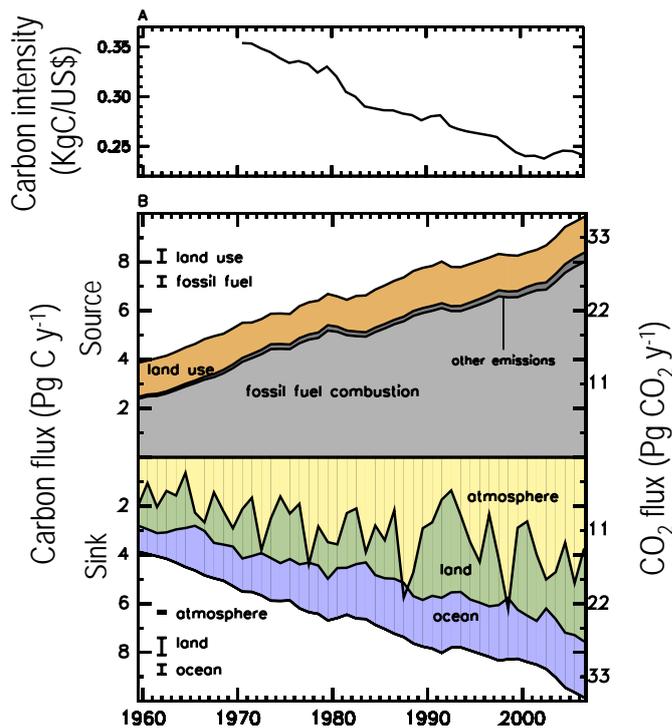


Last update: 23 October 2007

Time (y)

Le Quéré, unpublished; Canadell et al. 2007, PNAS

# Perturbation of the Global Carbon Budget (1959-2006)

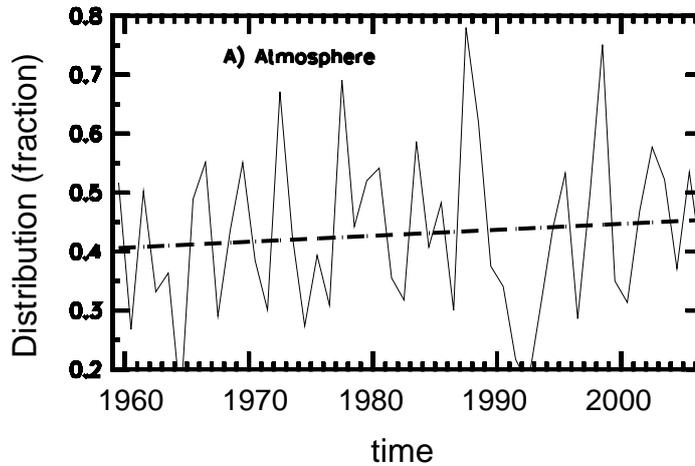


Last update: 23 October 2007

Time (y)

Canadell et al. 2007, PNAS

# Time Dynamics of the Airborne Fraction

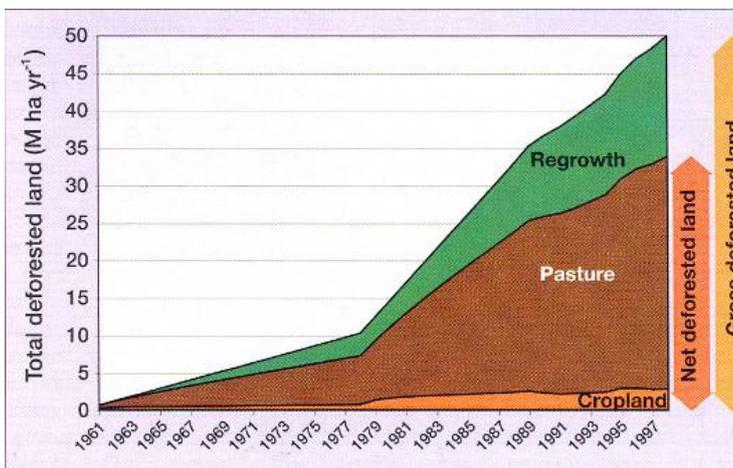


The observed trend in Airborne Fraction was +0.25% per year ( $p = 0.89$ ) from 1959- to 2006, implying a decline in the efficiency of natural sinks of 10%



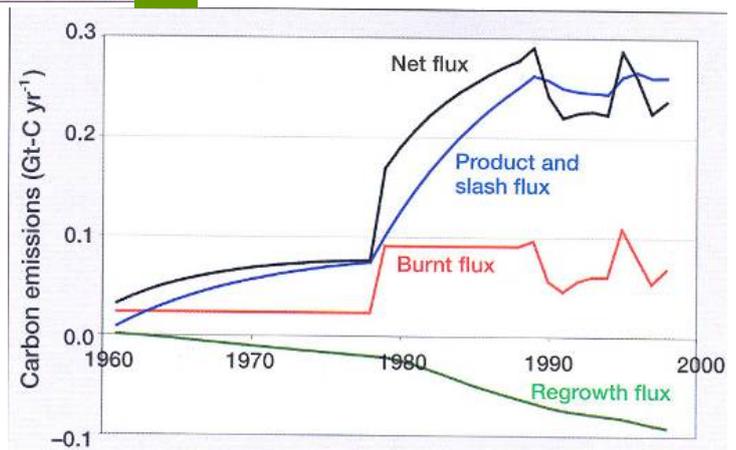
Last update: 23 October 2007

Canadell et al. 2007, PNAS

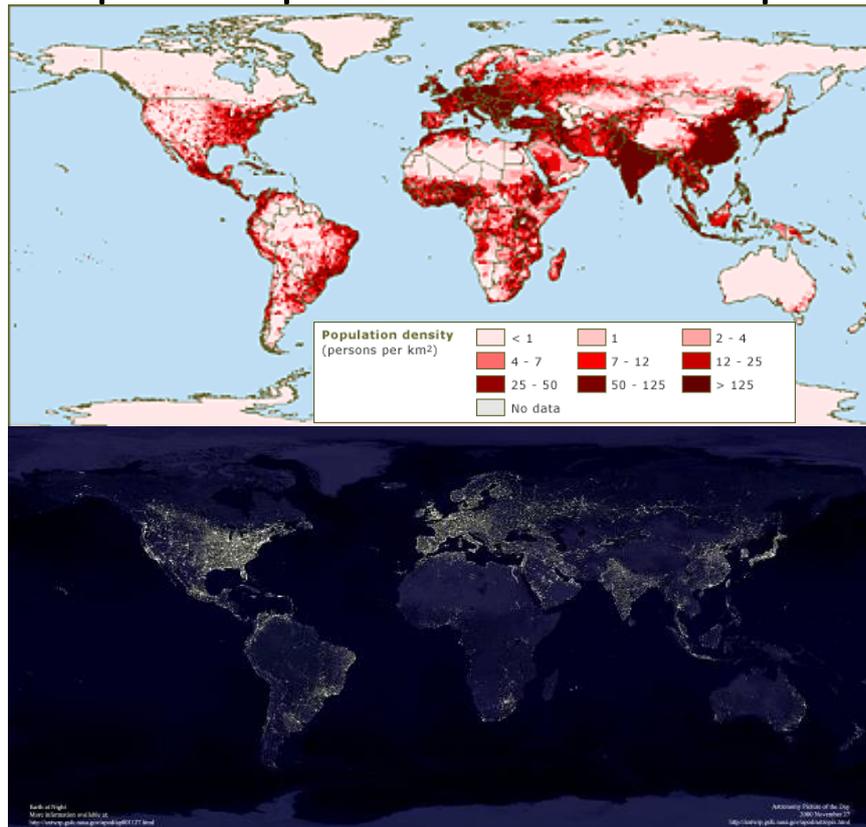


La deforestación en áreas tropicales, en este caso la Amazonía, genera aportes de GEI a la atmósfera

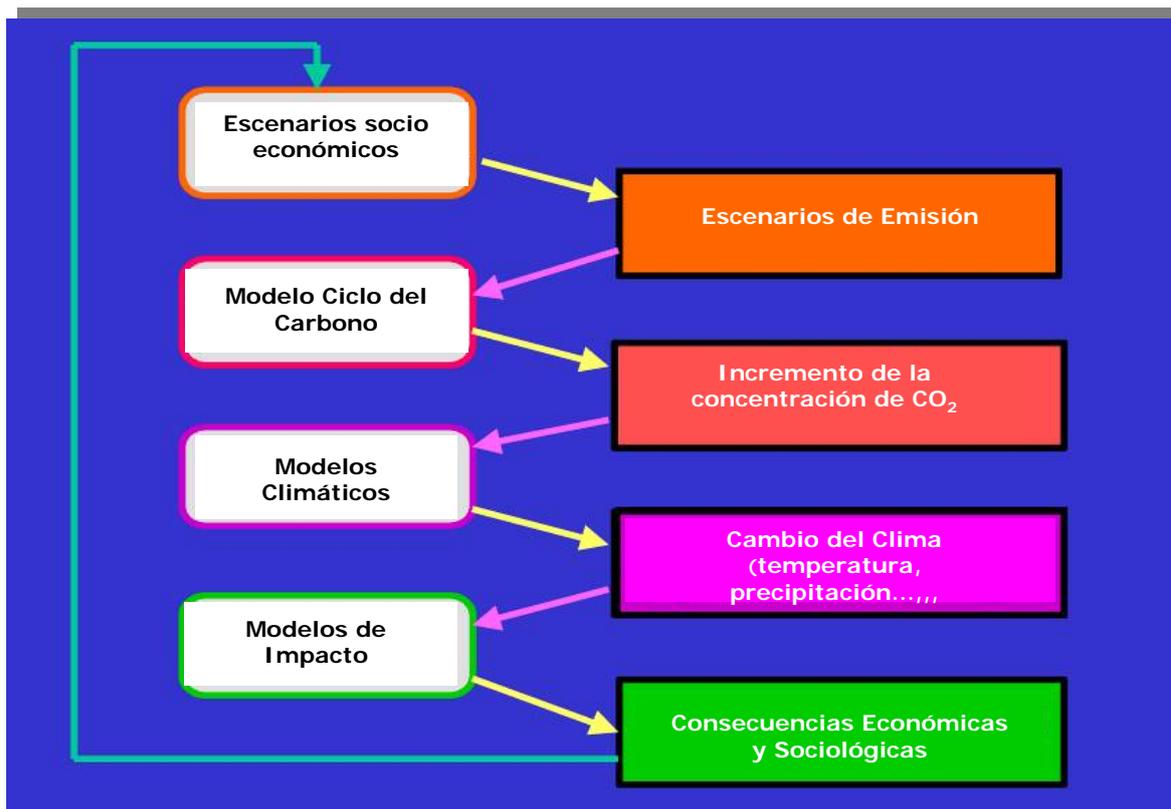
Algunas acciones emprendidas por los humanos, provocan externalidades con efectos indeseables



Las diferencias de gasto energético *per capita* se pueden percibir desde el espacio

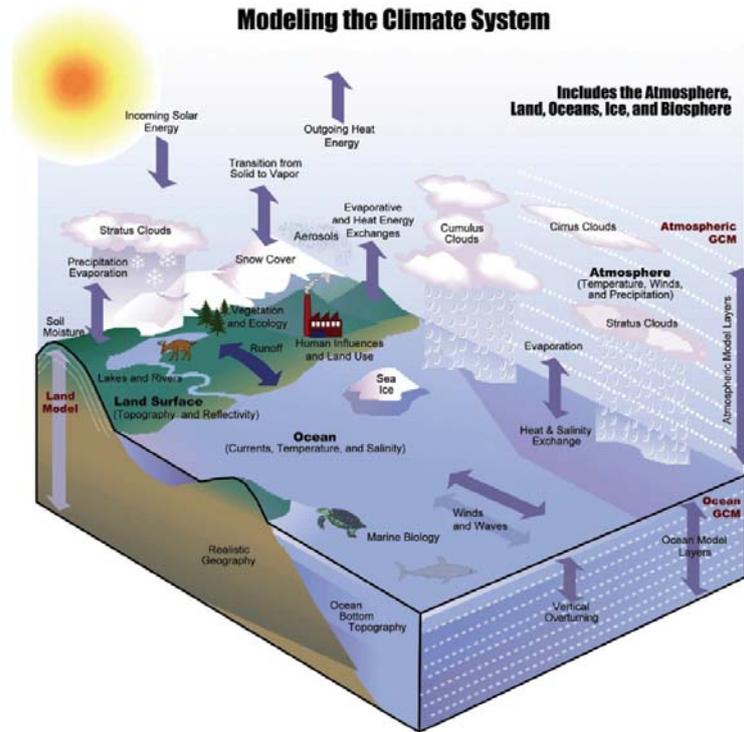


## MODELOS PREDICTIVOS



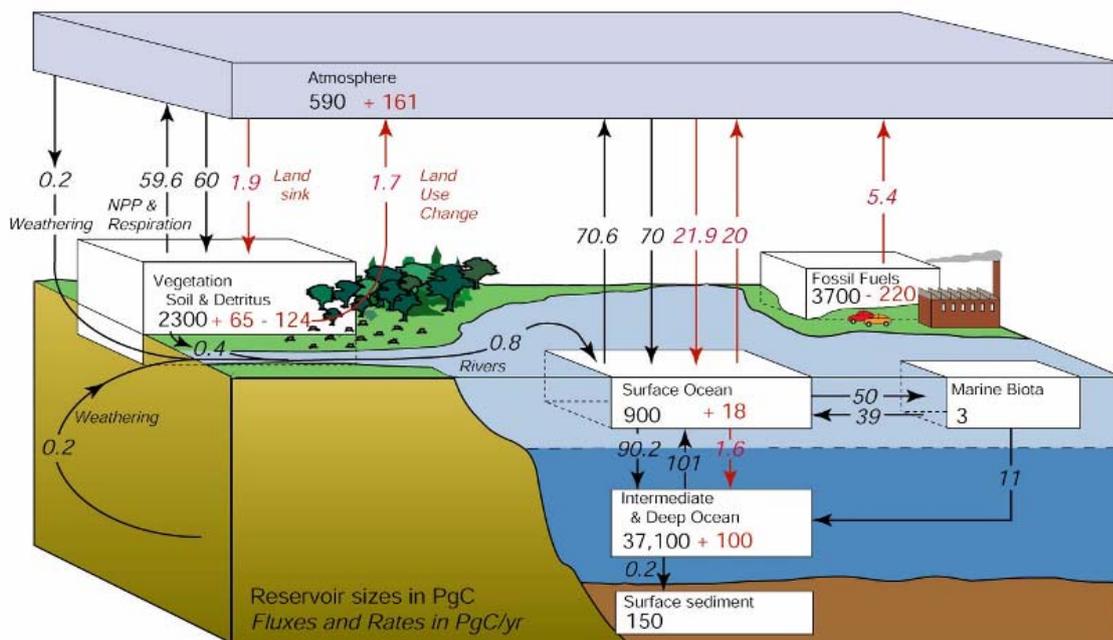
Componentes del sistema climático y las interacciones entre ellos, incluyendo el componente humano, Todos estos componentes tiene que modelarse como un sistema acoplado que incluye a los océanos, atmósfera, tierra, superficie terrestre, criosfera y biosfera

AOGCM, Modelos de Circulación General Integrados Atmósfera y Océano



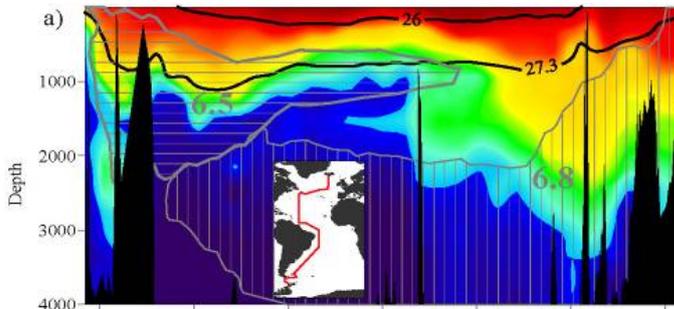
Karl y Trenberth, Science 2003

THE GLOBAL CARBON CYCLE AND ITS ANTHROPOGENIC PERTURBATION

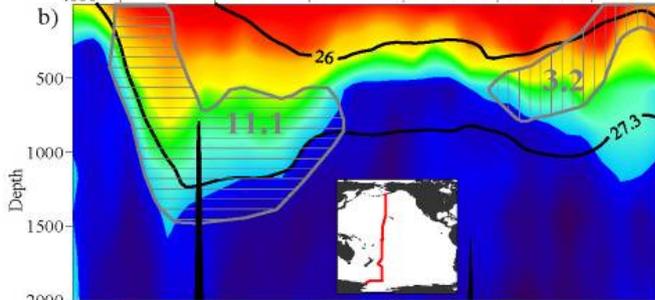


porte

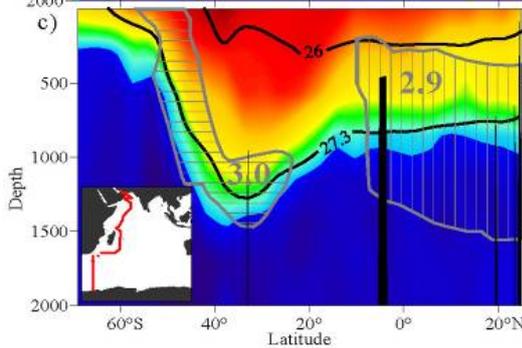
Atlántico



Pacífico



Indico



Anthropogenic  
CO<sub>2</sub>  
(μmol/kg)

(Sabine et al, 2004)

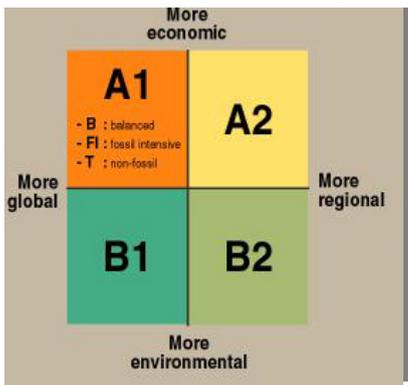
**A1:** Un mundo en crecimiento económico rápido y con introducción rápida de tecnologías nuevas y más eficientes

**A2:** Un mundo muy heterogéneo con énfasis en los valores familiares y las tradiciones locales

**B1:** Un mundo de "desmaterialización" e introducción de tecnologías limpias

**B2:** Un mundo con énfasis en las soluciones locales para la sostenibilidad económica y ambiental

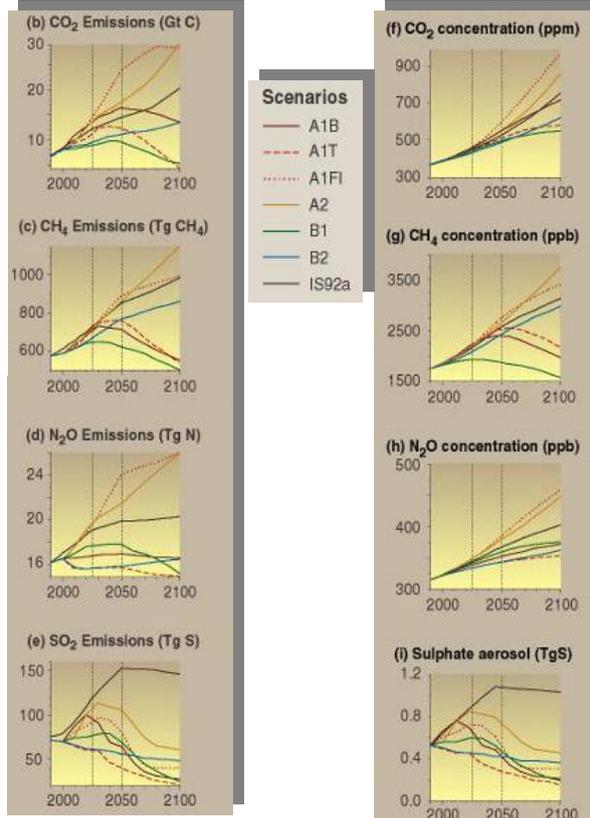
IS92a escenario "economía actual" (1992)



Los escenarios SRES de emisión y el cambio resultante en concentración

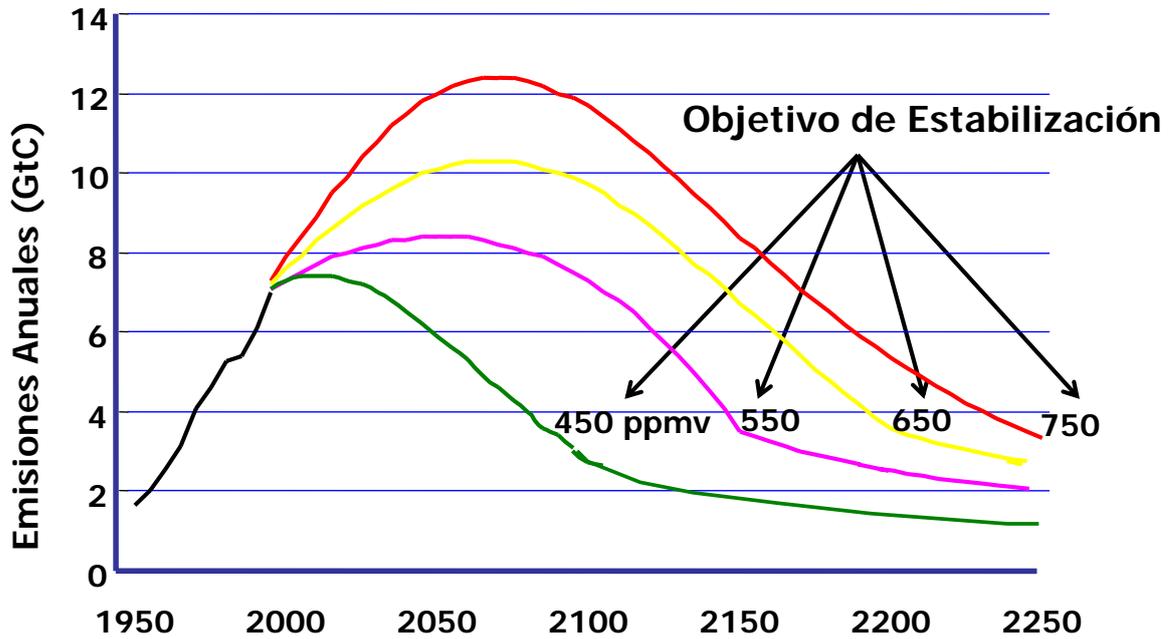
**emisiones**

**concentraciones**



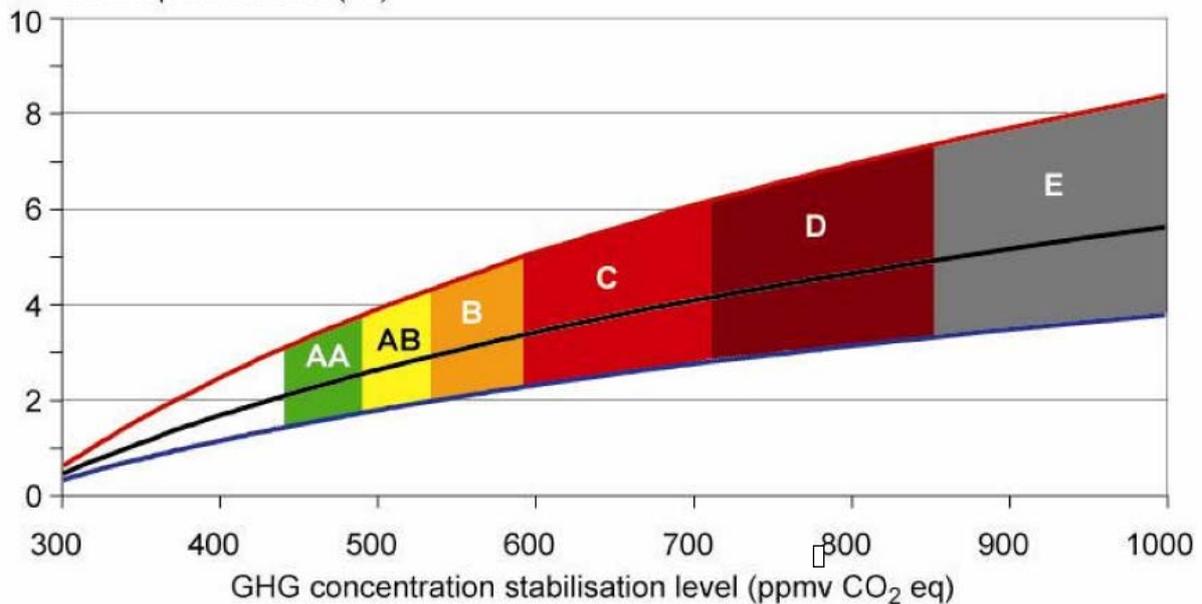
## Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y estabilización

Miles de millones de toneladas !!!!



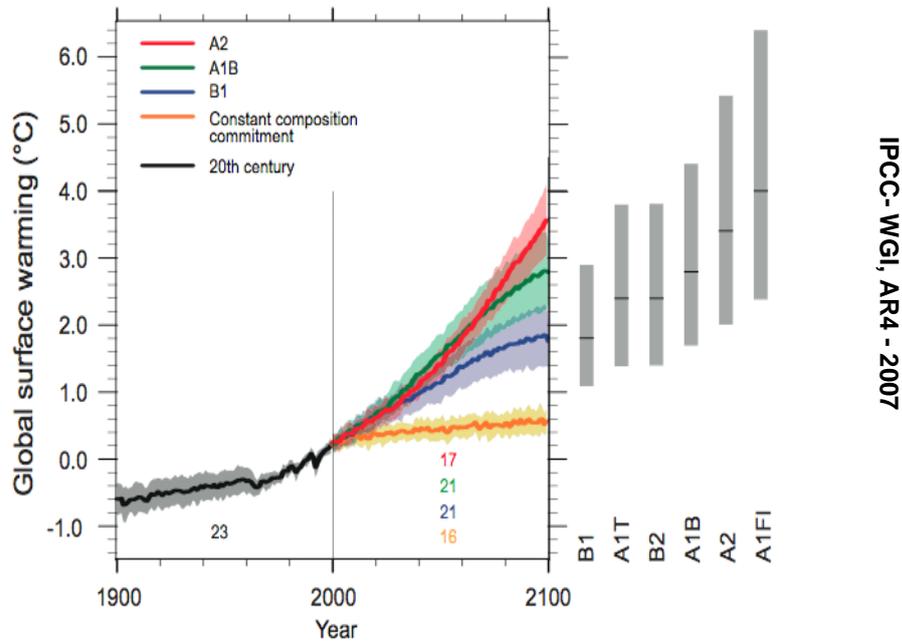
## Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y estabilización

Equilibrium global mean temperature increase above preindustrial (°C)

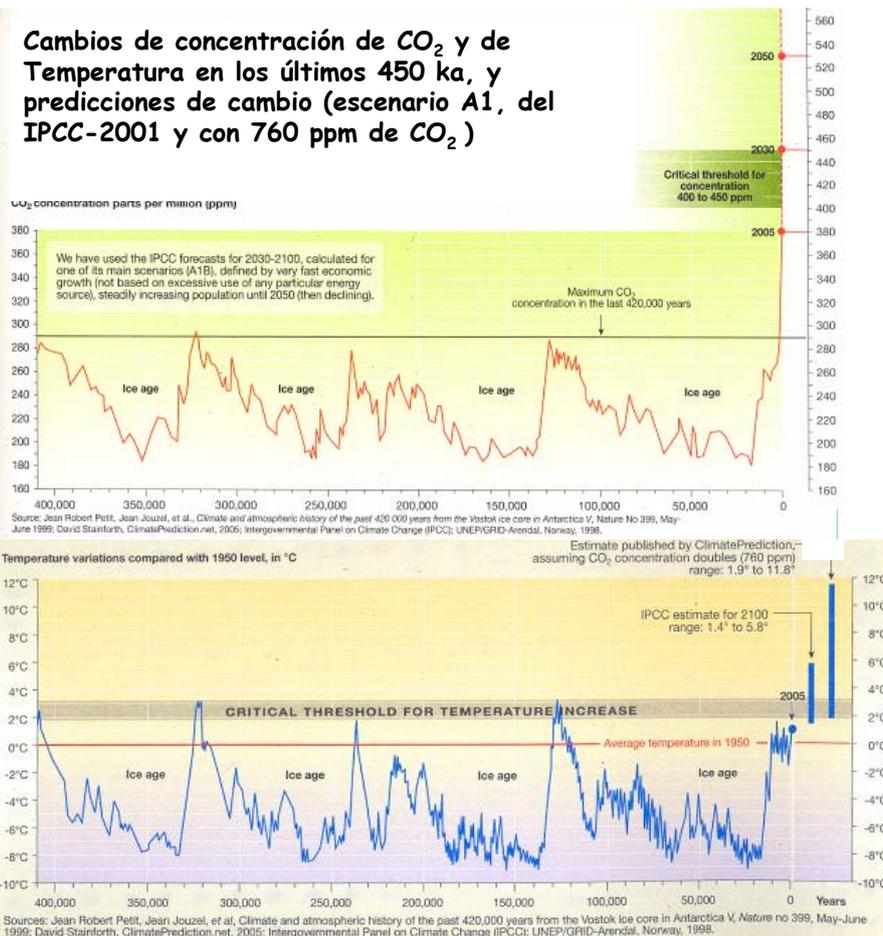


Letras mayúsculas deben ser cambiadas de AA, AB etc en I hasta VI; ppmv (eje x) debe ser cambiado a ppm; stabilisation en estabilización]

Las líneas continuas representan las medias globales de multi-modelos del calentamiento superficial (relativo a 1980-99) para los escenarios A2, A1B y B1, mostrados como continuación de las simulaciones para el siglo 20. El sombreado denotan el rango de mas/menos una desviación estándar de medias anuales obtenidas con modelos individuales. El número de pruebas de AOGCMs para un determinado de tiempo y escenario se indica por los números coloreados en la parte inferior de la figura. La línea naranja indica el experimento en el que la concentración de GEI permanecieron constantes en el valor de 2000. Las barras grises a la derecha indican la mejor estima (línea continua en cada barra) y el rango posible evaluado para los 6 escenarios SRE. La evaluación de la mejor estima y rangos posibles de las barras grises incluye los AOGCMs en la parte izquierda de la figura, así como los resultados así como de un conjunto de modelos independientes y restricciones derivadas de observaciones,



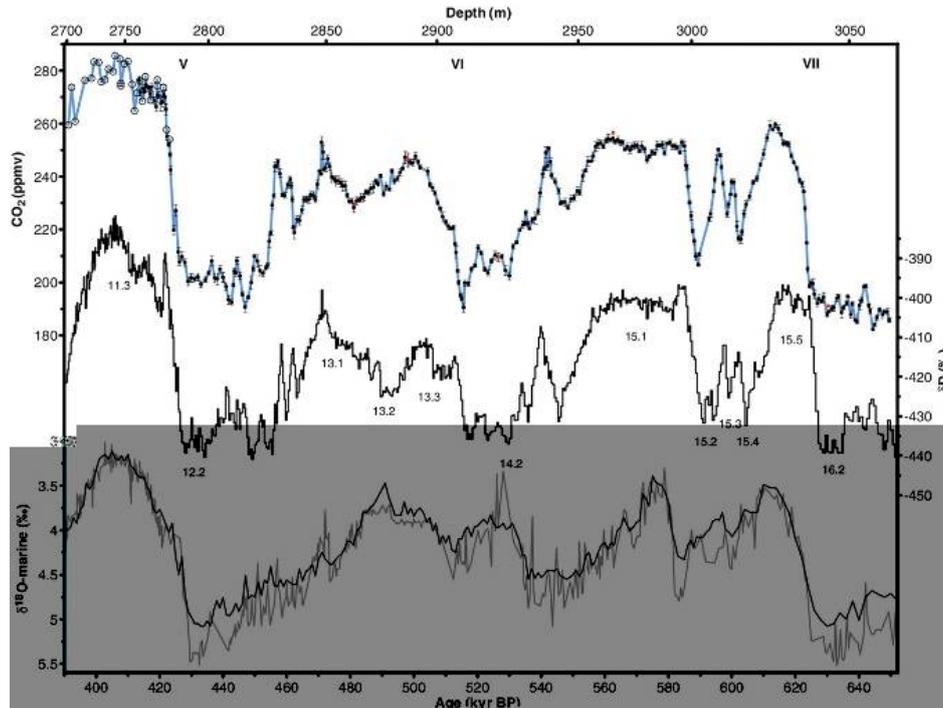
**Cambios de concentración de CO<sub>2</sub> y de Temperatura en los últimos 450 ka, y predicciones de cambio (escenario A1, del IPCC-2001 y con 760 ppm de CO<sub>2</sub>)**



En los últimos 450000 años, la temperatura ha cambiado. Lo ha hecho de forma paralela a los cambios de concentración de CO<sub>2</sub>,

Su origen son ciclos astronómicos y de la inclinación del eje de rotación de la Tierra (Ciclos de Milankovic)

Fig. 1. Dome C CO<sub>2</sub> Bern data (black solid circles) are the mean of four to six samples, including the data from 31 depth intervals over termination V of (1); error bars denote 1{sigma} of the mean

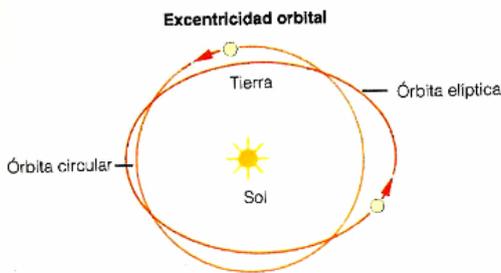


U. Siegenthaler et al., Science 310, 1313 -1317 (2005)



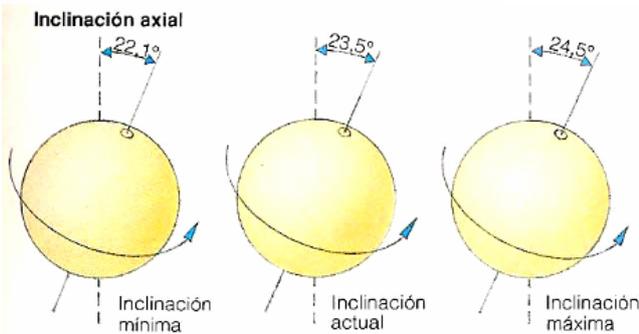
Published by AAAS

## Ciclos de Milankovitch



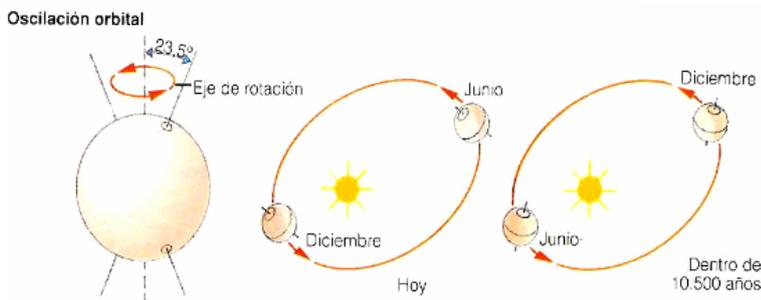
97000 años

**Excentricidad**



41000 años

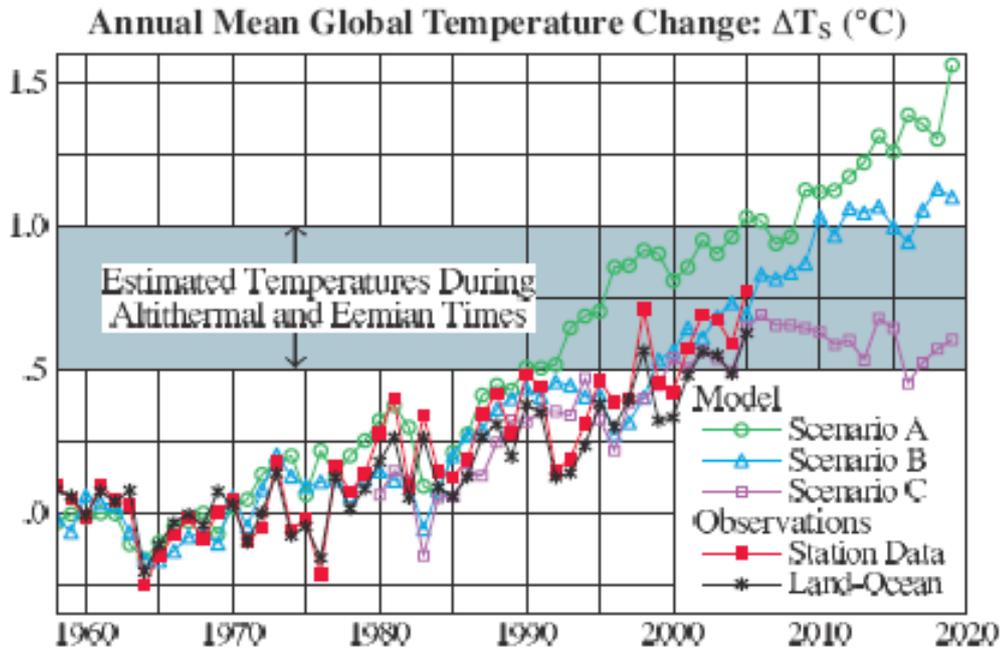
**Inclinación**



21000 años

**Oscilación**

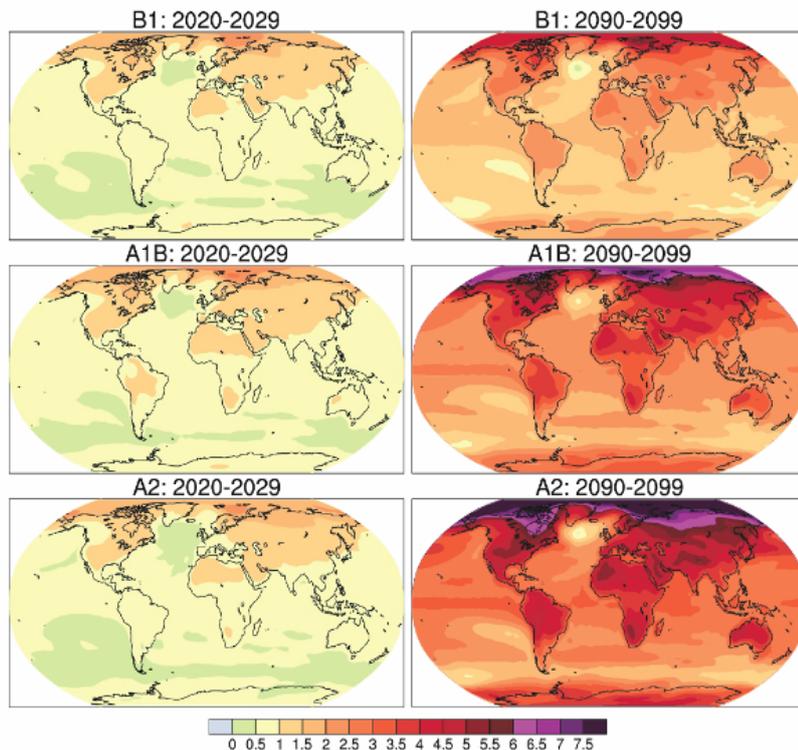
# Límites propuestos por Hansen et al para cambio climáticos rápidos



Hansen et al, 2006

Temperatura superficial global calculada para los escenarios A, B y C, comparado con los dos análisis de los datos observacionales, Los niveles de 0,5°C y 1°C , relativos a 1951-1980, fueron estimados como los máximos de temperatura en el Holoceno y de los periodos interglaciares, respectivamente

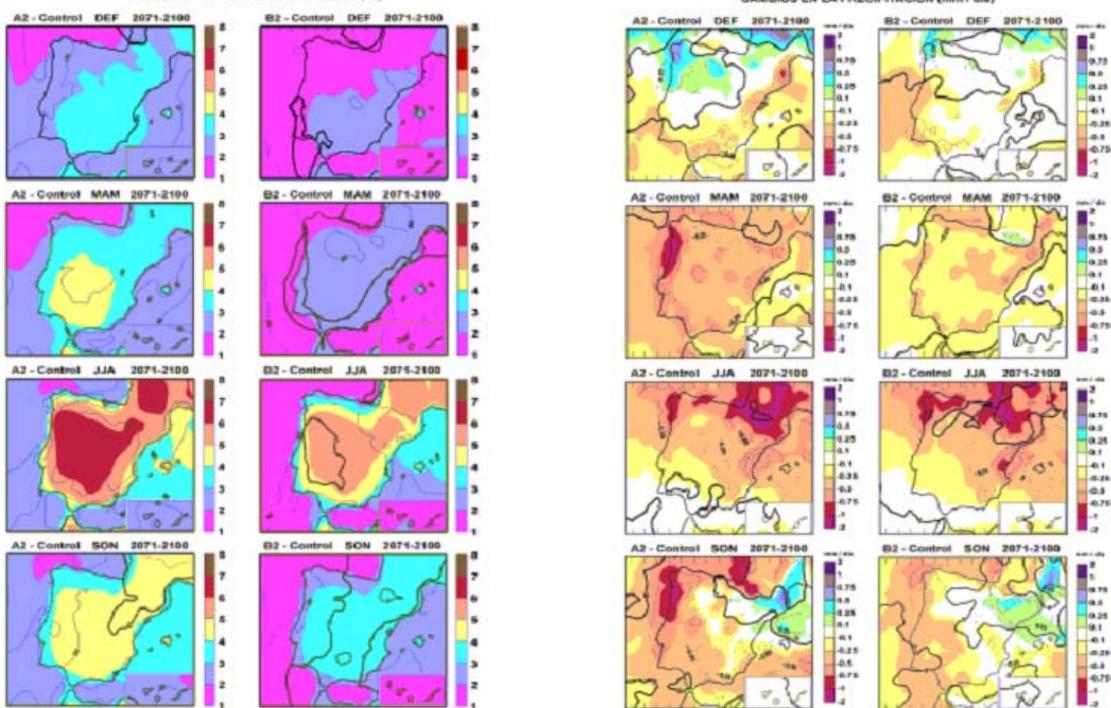
Cambios proyectados de la temperatura superficial para el comienzo y el fin del siglo 21 relativos al periodo 1980-1999, Las figuras del centro y la derecha muestran las proyecciones medias de los Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model average projections para los escenarios SRES B1 (arriba), A1B (en medio) and A2 (abajo) promediados las décadas 2020-2029 (centro) y 2090-2099 (derecha), El panel izquierdo muestra las incertidumbres correspondientes como probabilidad relativa del calentamiento global estimado por los diferentes estudios AOGCM y EMICs en los mismos periodos, Algunos estudios presentan resultados sólo para un conjunto de los escenarios SRES , o para varias versiones de un modelo, Por tanto, la diferencia en el número de curvas, mostradas en en la figura de la izquierda, se debe sólo a diferencias en la disponibilidad de resultados,



Proyecciones de AOGCM de la Temperatura superficial  
IPCC- WGI, AR4 - 2007  
IPCC 2007: WGI-ARR4

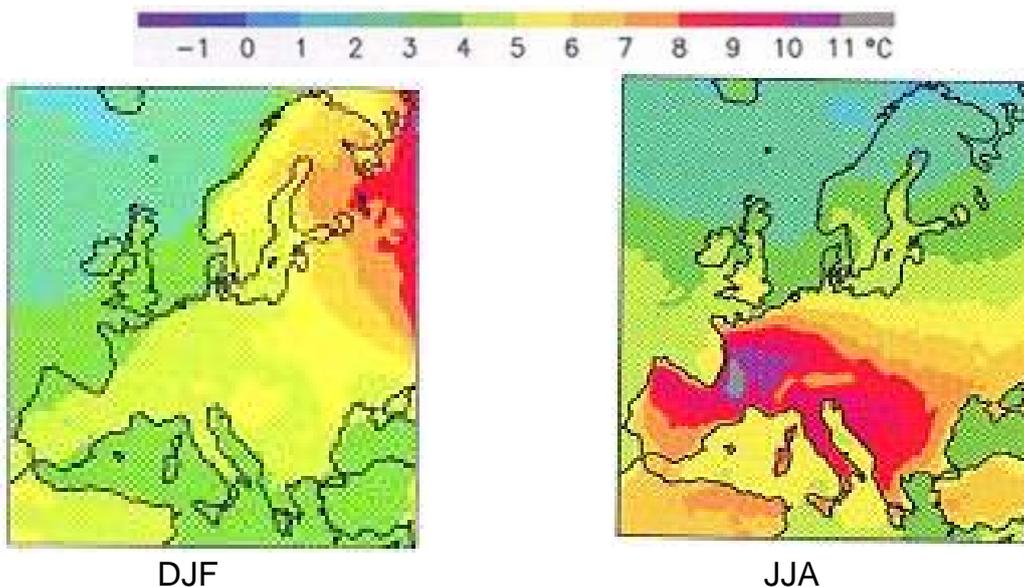
Los modelos regionales nos dan precisión suficiente en las predicciones, aportando detalles de interés para realizar una adaptación paulatina al cambio

temperatura °C media 60 90 pluviosidad mm/día



Castro et al, 2005

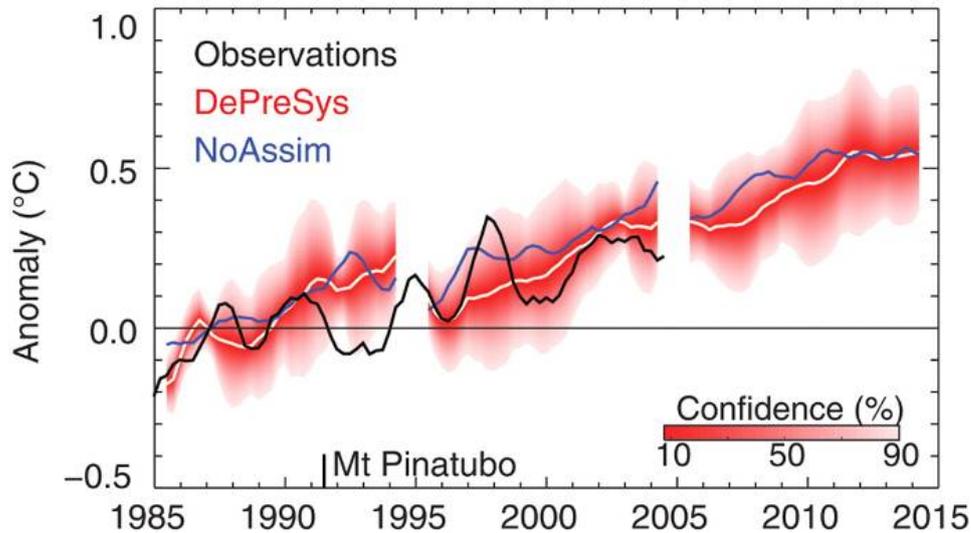
Los modelos regionales Europeos que existen presentan resultados semejantes



Calculado para el RCAO-E2 escenario menos el control (1960-1990) RCM SweClim

Rummukainen et al, 2004

**Fig. 4. Globally averaged annual mean surface temperature anomaly (relative to 1979–2001) forecast by DePreSys starting from June 2005**



Globally averaged annual mean surface temperature anomaly (relative to 1979–2001) forecast by DePreSys starting from June 2005. The CI (red shading) is diagnosed from the standard deviation of the DePreSys ensemble, assuming a *t* distribution centered on the ensemble mean (white curve). Also shown are DePreSys and ensemble mean NoAssim (blue curves) hindcasts starting from June 1985 and June 1995, together with observations from HadCRUT2vOA (black curve). Rolling annual mean values are plotted seasonally from March, June, September, and December. The mean bias as a function of lead time was computed from those DePreSys hindcasts that were unaffected by Mount Pinatubo (SOM text) and removed from the DePreSys forecast (but not the hindcasts).

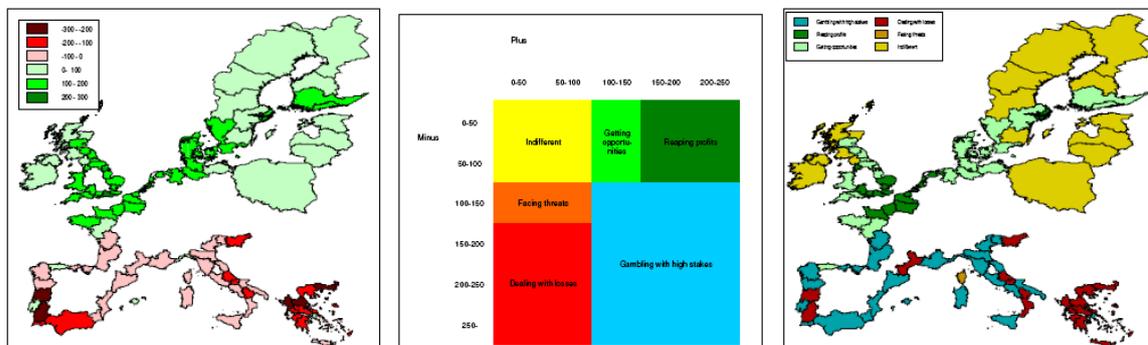
**D. M. Smith et al., Science 317, 796–799 (2007)**

Published by AAAS



*H4. Climate Vulnerability to climate change of Mediterranean tourist destinations is generally higher than that of northern European destinations as a result of higher sensitivity, greater exposure and less room for adaptation.*

Net Vulnerability

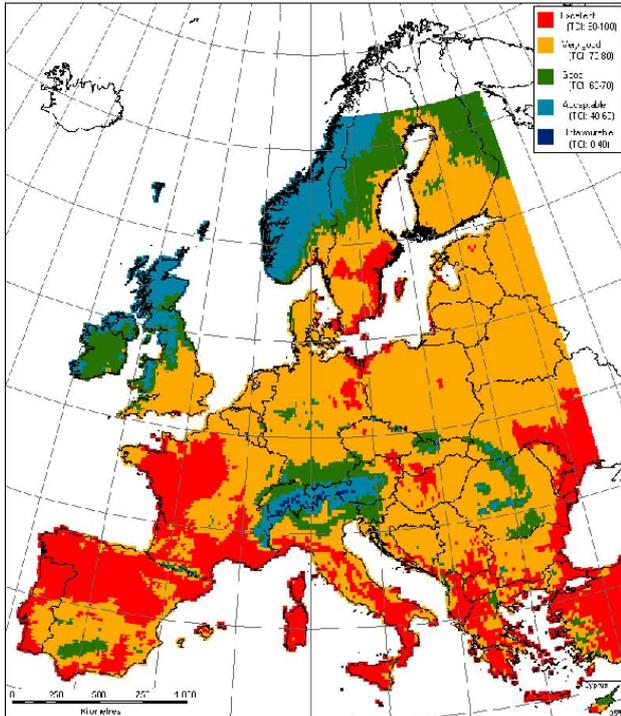


Operationalization of Vulnerability

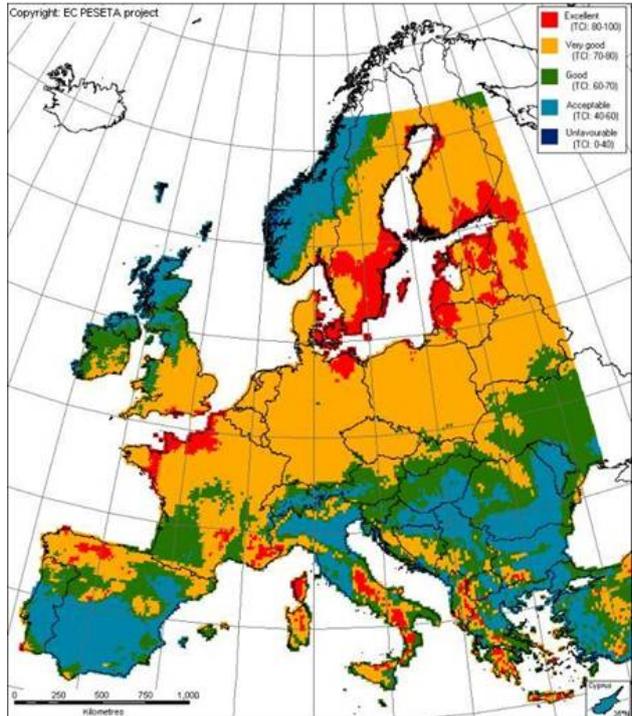
- SENSITIVITY & EXPOSURE = *f* (TCI)
- ADAPTIVE CAPACITY = *f* (GDP) Alvaro Moreno



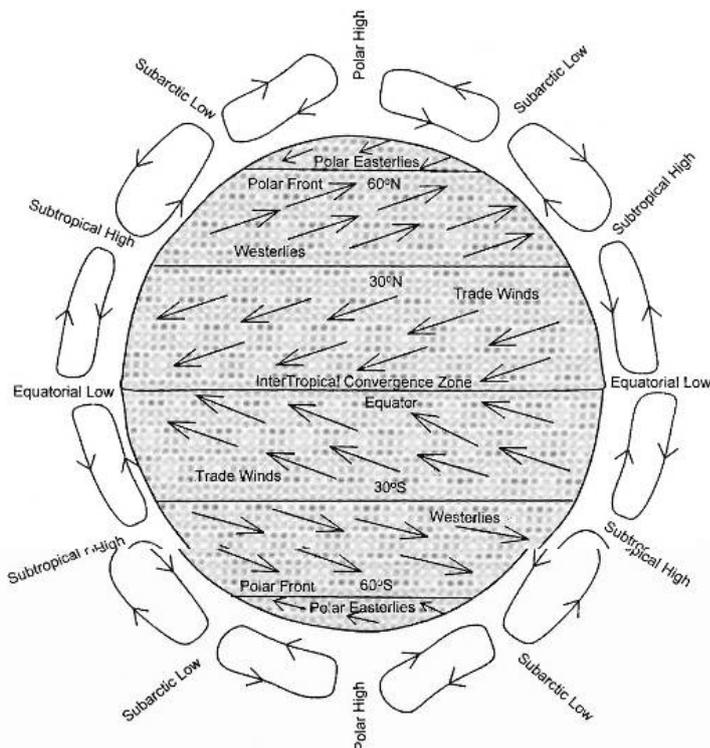
Tourism Climate Index (TCI) (1961-1990)



Tourism Climate Index (TCI) (2071-2100)

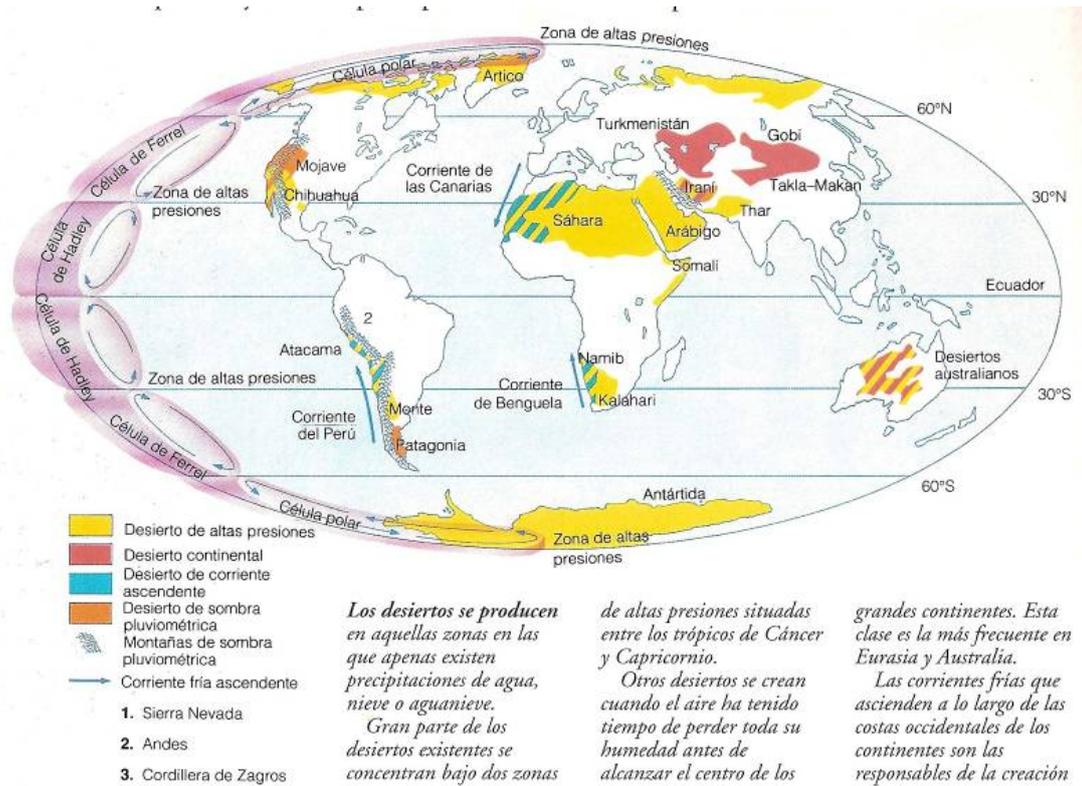


PESETA project



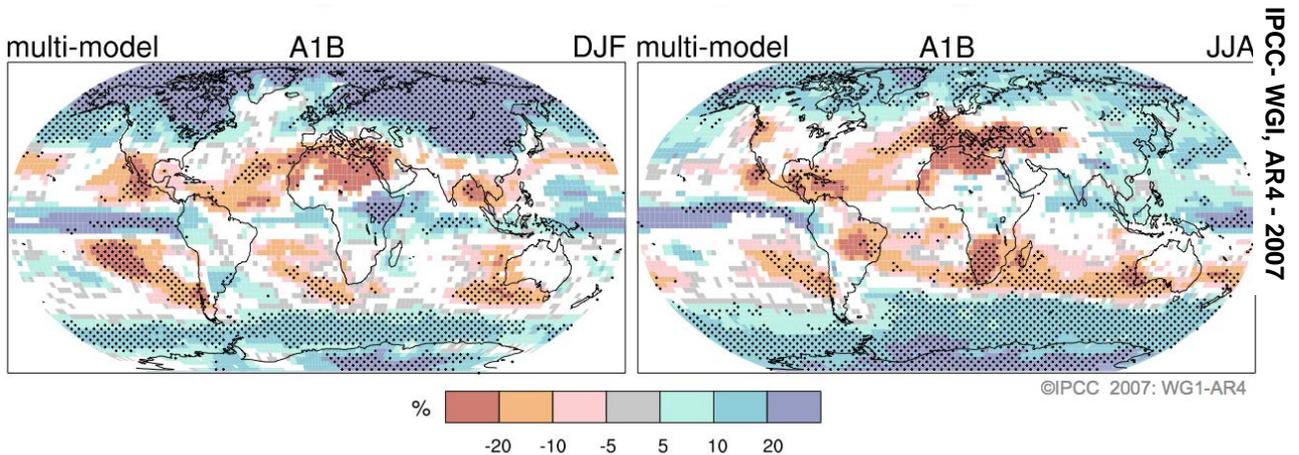
El incremento de evaporación y la mayor capacidad de la atmósfera para acumular vapor de agua, incrementará el transporte de agua por la atmósfera. Su distribución dependerá de otra propiedad de la atmósfera provocada por el calentamiento, su densidad.

Se han producido y se prevén cambios en la distribución de altas y bajas presiones, y por tanto de los vientos, su intensidad, dirección y su estacionalidad.



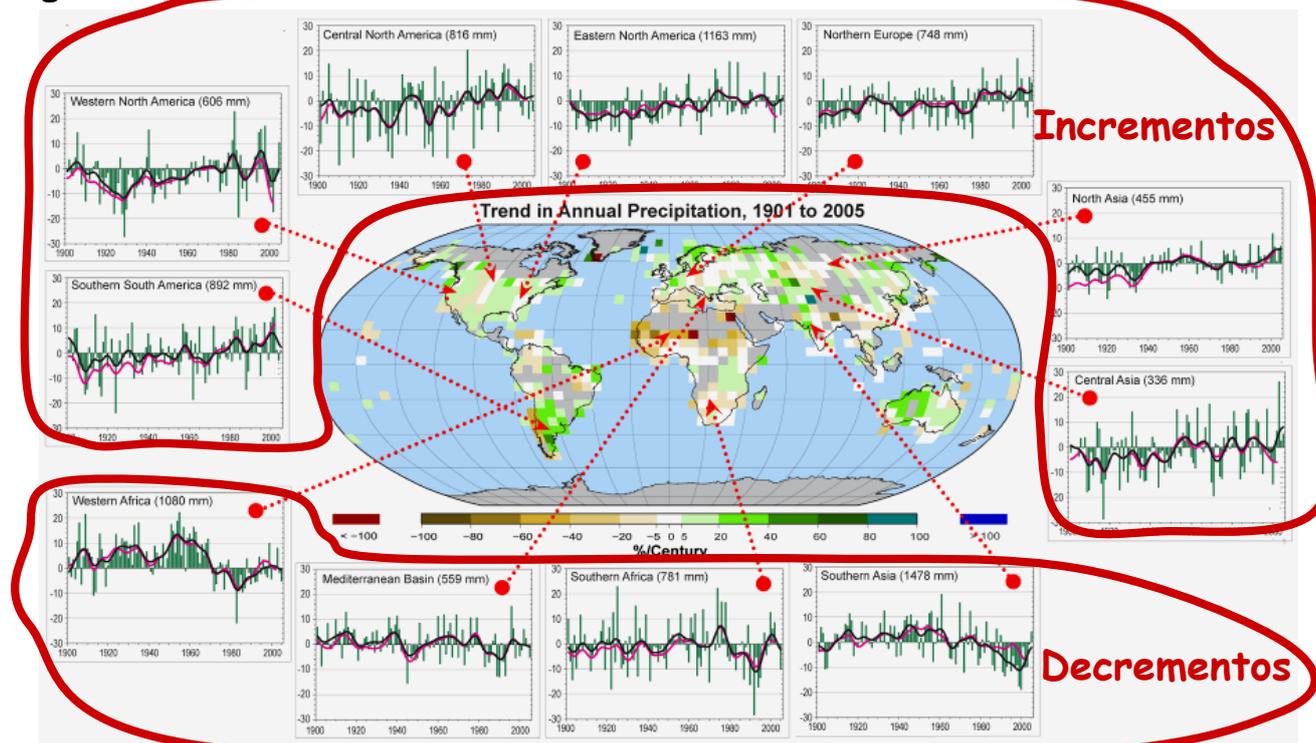
**Cambios relativos en la precipitación (en porcentaje) para el periodo 2090–2099, relativo a 1980–1999, Los valores son medias multi-modelo basados en el escenario SRES A1B para Diciembre a Febrero (izquierda) y Junio a Agosto (derecha), Áreas blancas cuando menos del 66% de los modelos concuerdan en el signo de cambio y áreas punteadas cuando más del 90% de los modelos concuerdan en el signo del cambio**

### Patrones de cambio proyectados para la Precipitación



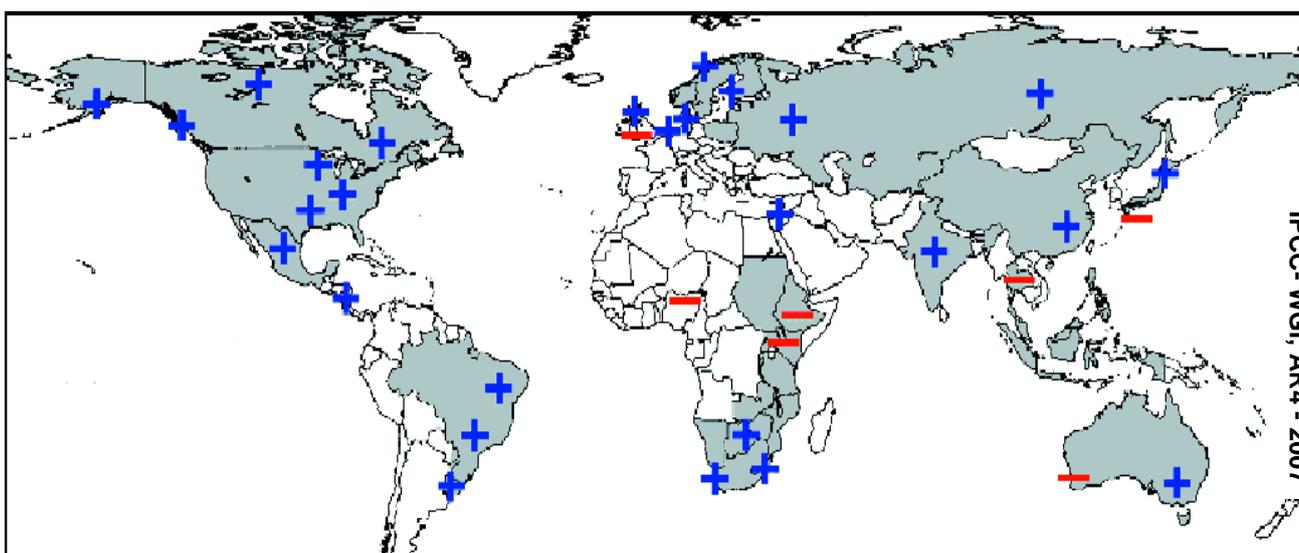
# La precipitación sobre la tierra ha cambiado significativamente sobre extensas áreas

IPCC- WGI, AR4 - 2007



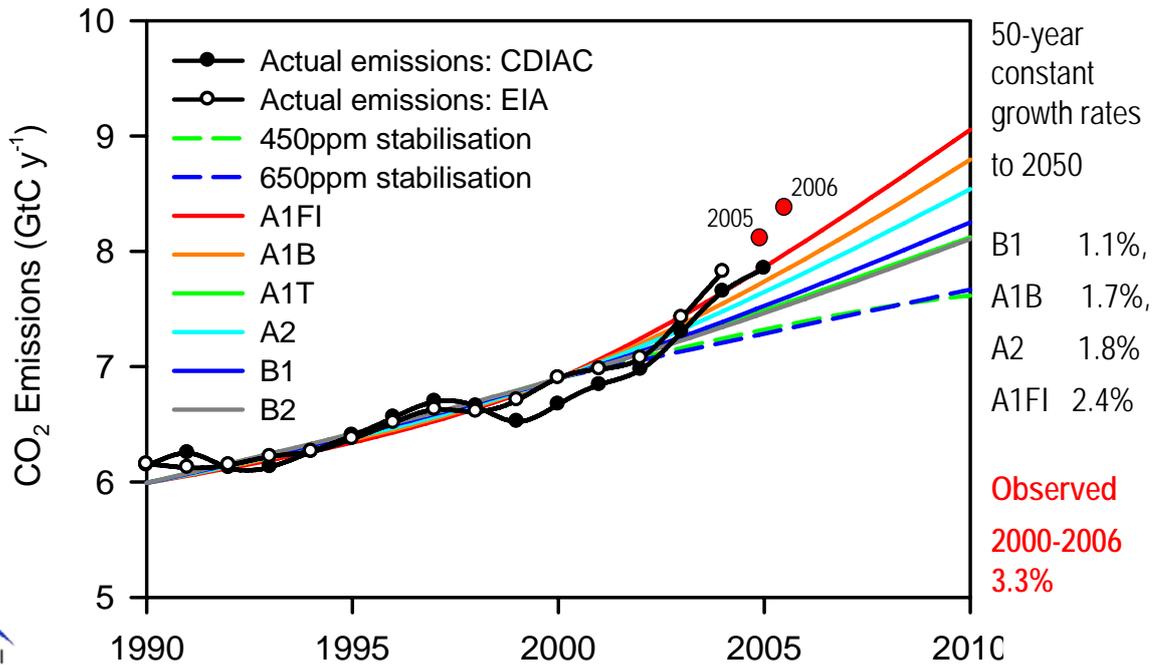
Anomalías anuales suavizadas para precipitación (%) sobre tierra desde 1900 to 2005; en otras regiones domina la variabilidad,

## Proporción de lluvias fuertes: incremento en la mayoría de áreas terrestres



Regiones con cambios desproporcionados en precipitación fuerte (95%) o muy fuerte (99%)

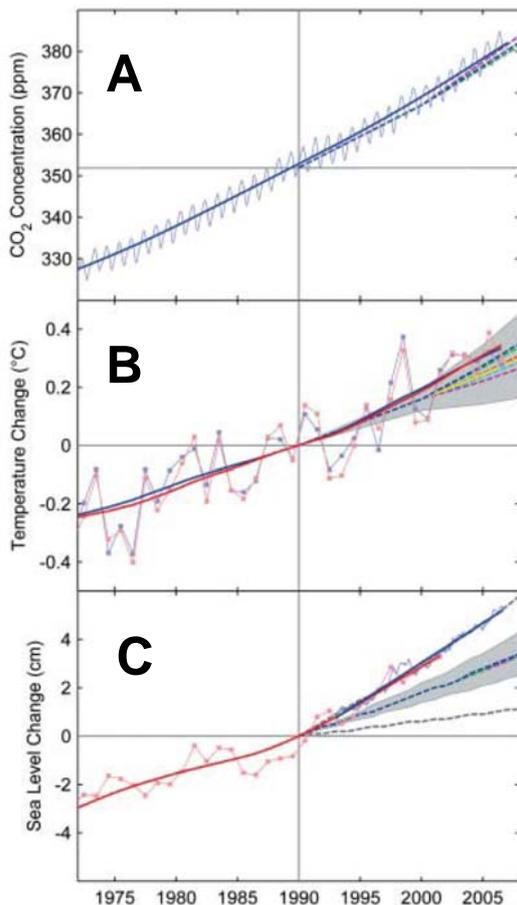
# Trajectory of Global Fossil Fuel Emissions



Last update: 23 October 2007

Raupach et al. 2007, PNAS

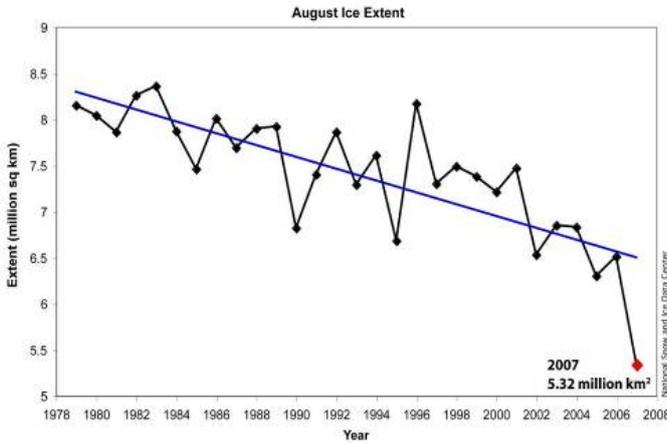
Rahmstor et al, 2007



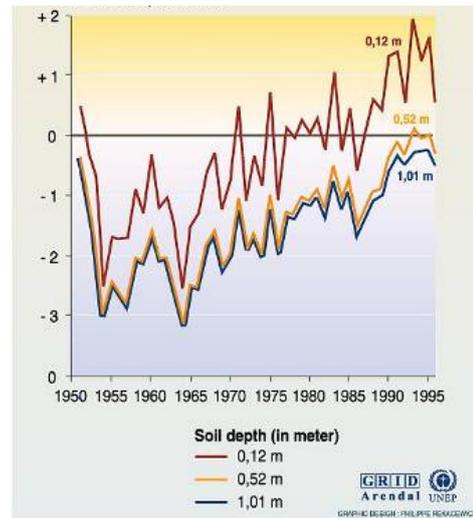
**Cambios en variables climáticas clave desde 1973, comparados con los escenarios del IPCC (líneas a trazos y rangos en gris), (A) Concentración de dióxido de carbono mensual y su línea de tendencia en Mauna Loa (Hawai, azul), hasta enero 2007,, (B) Media anual global de la Temperatura combinada de Tierra y Océano del GISS (rojo) y el Hadley Centre/Climatic Research Unit (azul) hasta 2006, con sus tendencias, (C) Datos de nivel del mar, primero a partir de mareógrafos (anuales en rojo) y desde satélite altimétricos (datos trimestrales, azul, hasta mitad de 2006) y sus tendencias, Todas las tendencias son no lineares, Para la temperatura y el nivel del mar, los datos se presentan como desviaciones de la línea de tendencia de 1990, el año base de los escenarios IPCC,**

No se debe olvidar la existencia de otros riesgos: Deshielo más rápido de lo modelado; aportaciones masivas de GEI a la atmósfera provenientes de suelos ahora helados (suelos yedoma de Siberia); acidificación del mar que limitará la captación por el océano del CO<sub>2</sub> y dificultará la calcificación de organismos marinos; incremento del nivel del mar hasta 3 o 4 en este siglo  
 No se pueden descartar disrupciones climáticas bruscas

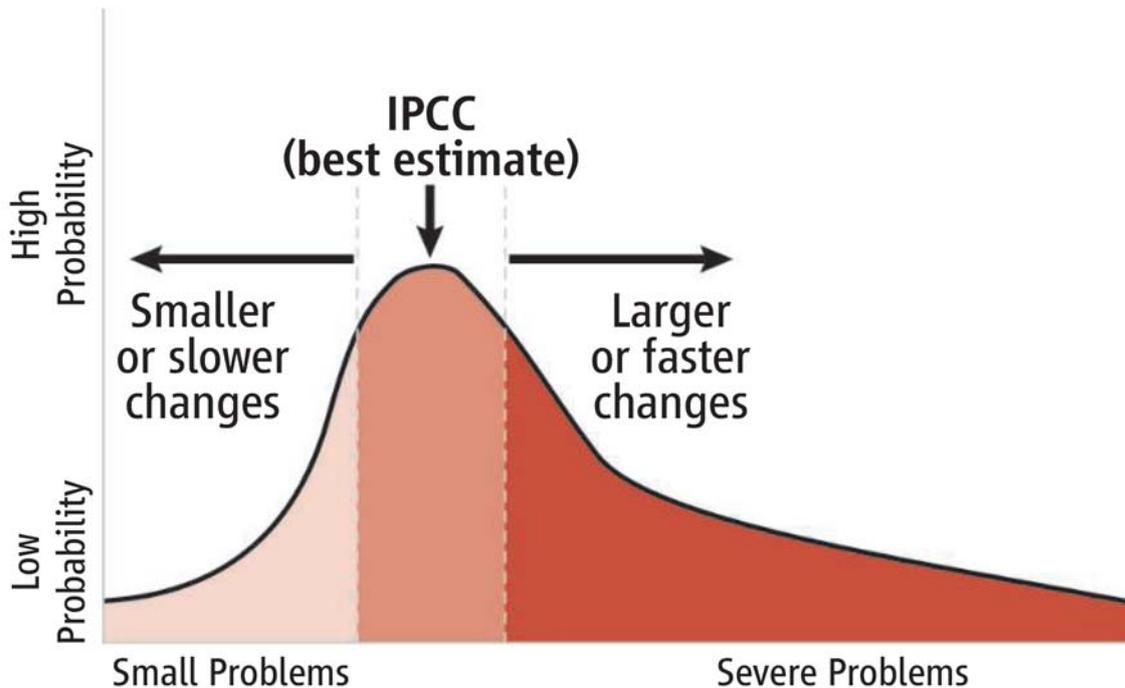
Extensión del hielo Marino Ártico en Septiembre  
 Observaciones y predicciones con modelos



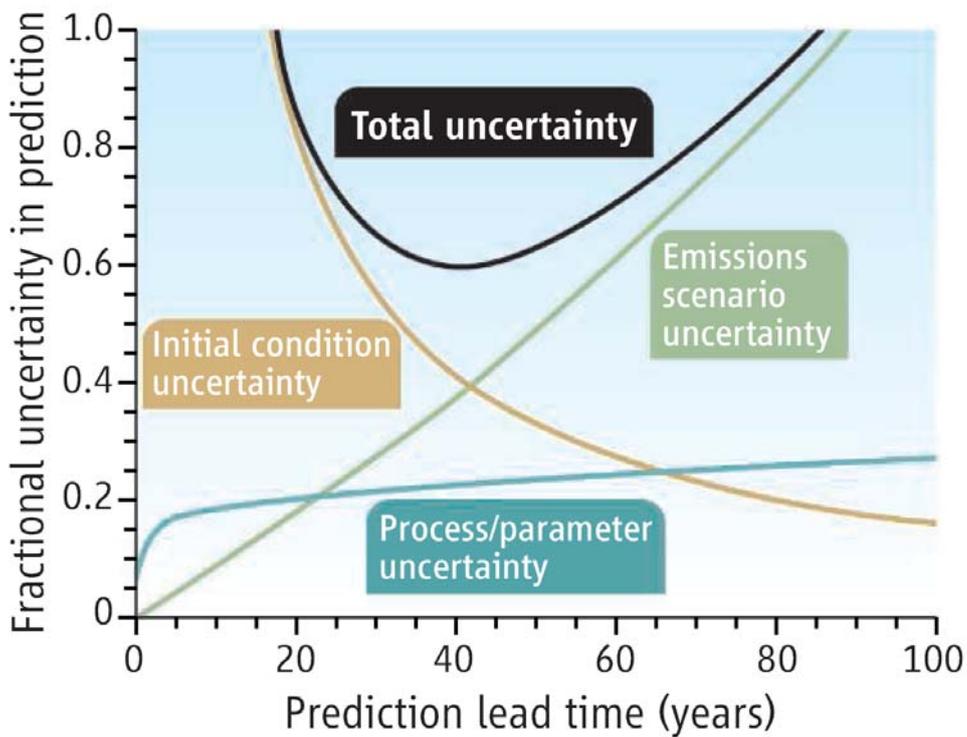
Cambio en la temperatura de la permafrost a varias profundidades en Fairbanks (Alaska)



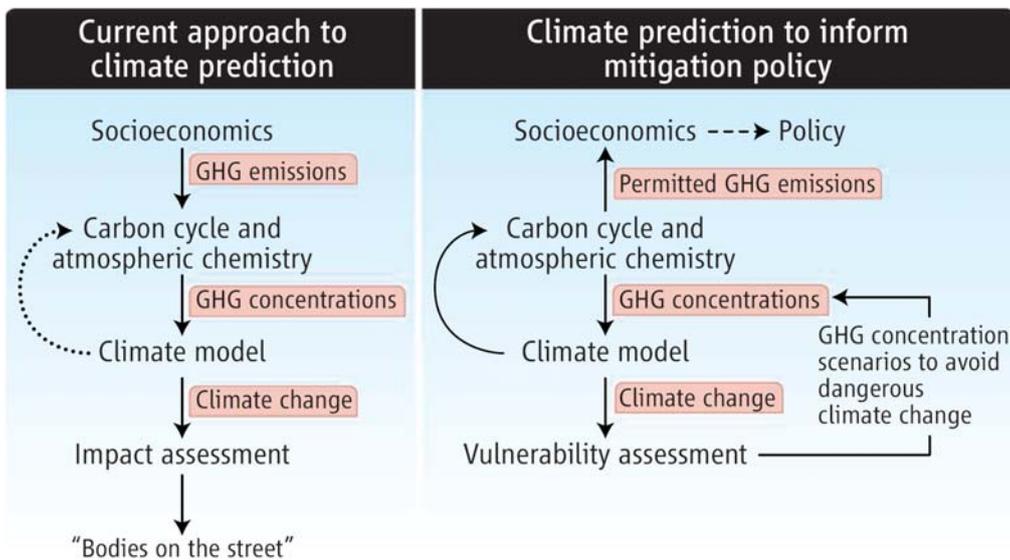
Source: Pomeroy, In Impacts of global climate change in the Arctic regions, IASC, Tromsø, April 1999.



El debate climático se ha focalizado en problemas considerados más probables (centro) o menos dañinos (izquierda), pero el riesgo mayor puede venir en el otro extremo (derecha)



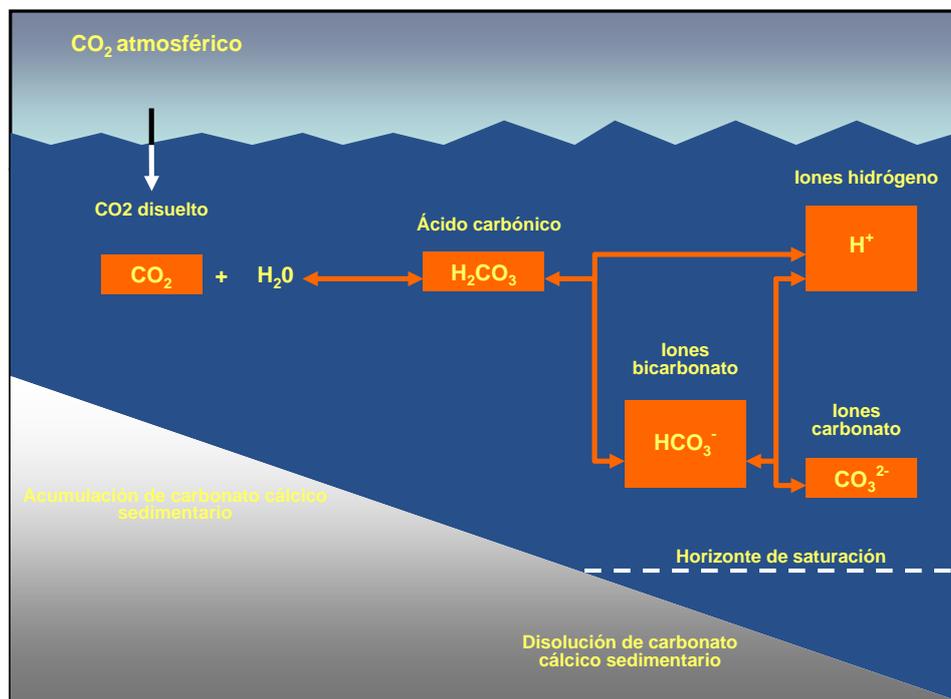
**Minimizing uncertainties.** Contributions to uncertainty in the predicted decadal mean temperature vary with the lead time of the prediction. Here the fractional uncertainty is defined as the prediction error divided by its central estimate. Climate predictions focusing on lead times of ~30 to 50 years have the lowest fractional uncertainty. This schematic is based on simple modeling



**Models for informing policy.** The design of climate model studies must change to inform climate change mitigation policy. (Left) Current IPCC process. (Right) Proposed new experimental design (7). GHG, greenhouse gas

Parte del exceso antropogénico de CO<sub>2</sub> atmosférico queda distribuido entre los reservorios más accesibles de nuestro planeta, siendo los océanos el sumidero mayoritario (Sabine et al, 2004), A medida que el CO<sub>2</sub> se disuelve en el agua de mar, aumenta la concentración de iones bicarbonato y de protones ([H<sup>+</sup>]) y, por tanto, en un aumento de la acidez marina, Los balances de masa indican que, en el año 2000, los océanos deberían haberse acidificado en 0,1 unidades de pH respecto a épocas preindustriales (Fig, 1; Brewer, 1997; Wolf-Gladrow et al, 1999; Caldeira and Wickett, 2003),

### 1 Descenso de la captación de CO<sub>2</sub> por el océano al disminuir el pH del agua.



1 Deshielo de la permafrost del norte de Asia, y liberación del carbono orgánico retenido en los suelos yedoma

2 Descenso de la captación de CO<sub>2</sub> por el océano al disminuir el pH del agua.

Profundidad del horizonte de saturación de aragonito ASH durante el presente siglo

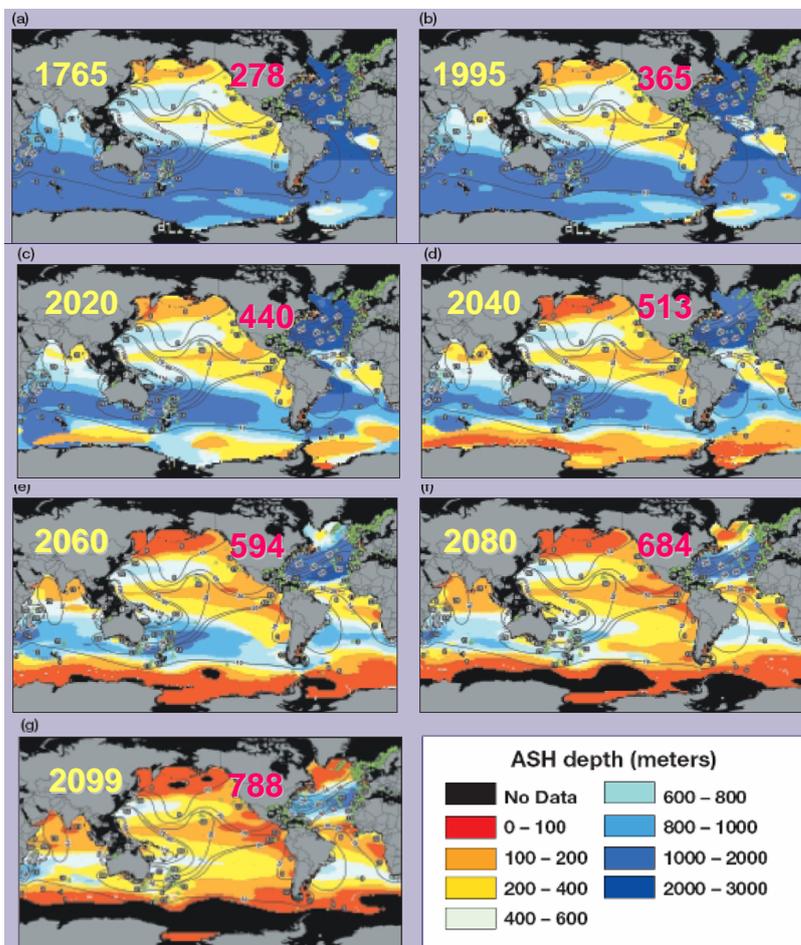
Las zonas negras que aparecen en el océano austral en las figuras e-g y en el Pacífico norte en g indican que ASH llegó a la superficie,

Profundidad proyectada de ASH

■ pCO<sub>2</sub> en ppm

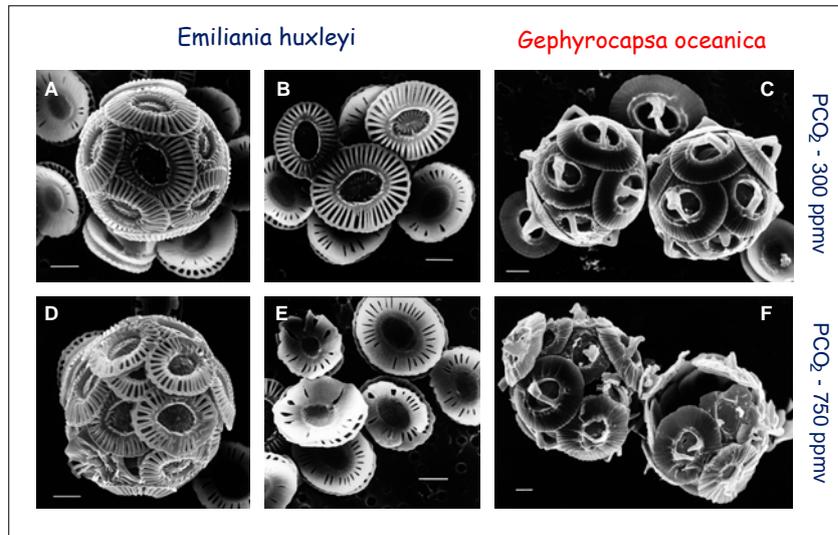
■ Año

Guinotte et al, 2006, *Front Ecol Environ*



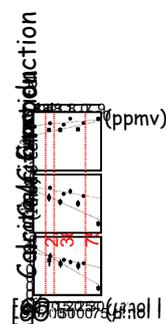
# Efecto del aumento de $CO_2$ sobre fitoplancton marino

## Efecto sobre la biocalcificación



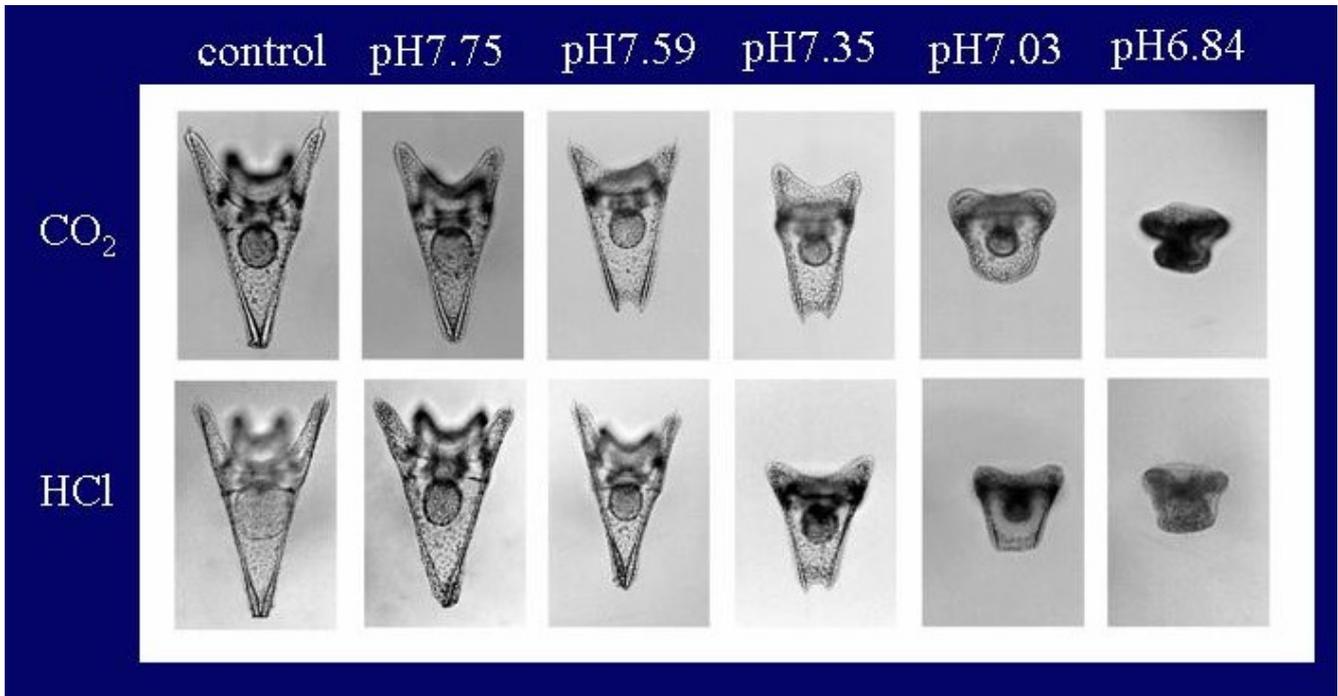
Riebesell, Zondervan, Rost, Tortell, Zeebe, Morel (2000) Nature 407

Riebesell, Zondervan, Rost, Tortell, Zeebe, Morel (2000) Nature 407

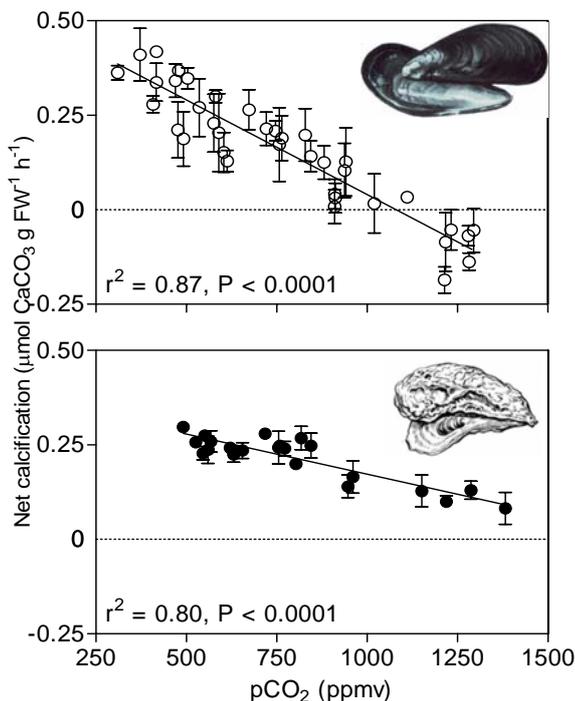


# Impacto en larvas de Erizo de mar

Y. Shiryama



## Calcificación



- $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Process realized by organisms such as corals, calcifying macroalgae, foraminifera, echinoderms, pteropods, coccolithophorids, molluscs....
- Increased atmospheric  $\text{pCO}_2$  may threaten these organisms
  - BUT most studies focused on corals, macroalgae and planktonic calcifiers
- Recent experiment showed preliminary evidences that molluscs calcification will be reduced under higher atmospheric  $\text{CO}_2$  in the range of IPCC expectations for 2100
- Very few estimates of benthic calcification in temperate ecosystems over large areas (last to date: Smith, 1972 over the Southern California shelf)

Frederic Gazeau, et al. 2007

# Calcificación

- $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Process realized by organisms such as corals, calcifying macroalgae, foraminifera, echinoderms, pteropods, coccolithophorids, molluscs....
- Increased atmospheric  $\text{pCO}_2$  may threaten these organisms
  - BUT most studies focused on corals, macroalgae and planktonic calcifiers
- Recent experiment showed preliminary evidences that molluscs calcification will be reduced under higher atmospheric  $\text{CO}_2$  in the range of IPCC expectations for 2100
- Very few estimates of benthic calcification in temperate ecosystems over large areas (last to date: Smith, 1972 over the Southern California shelf)

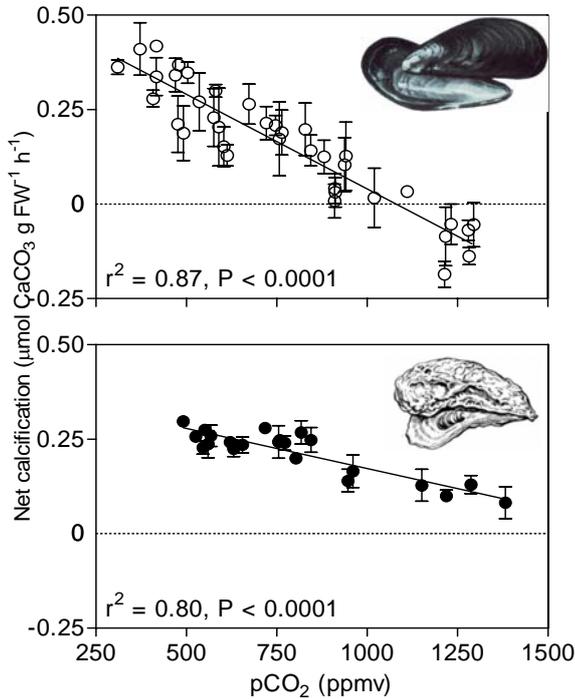
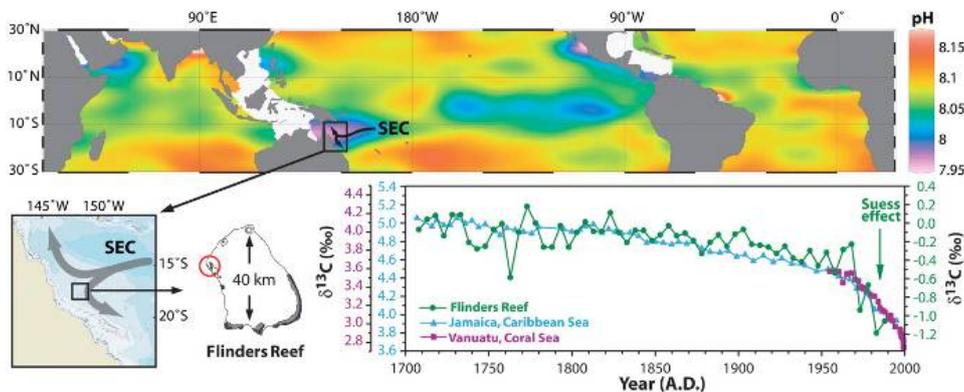
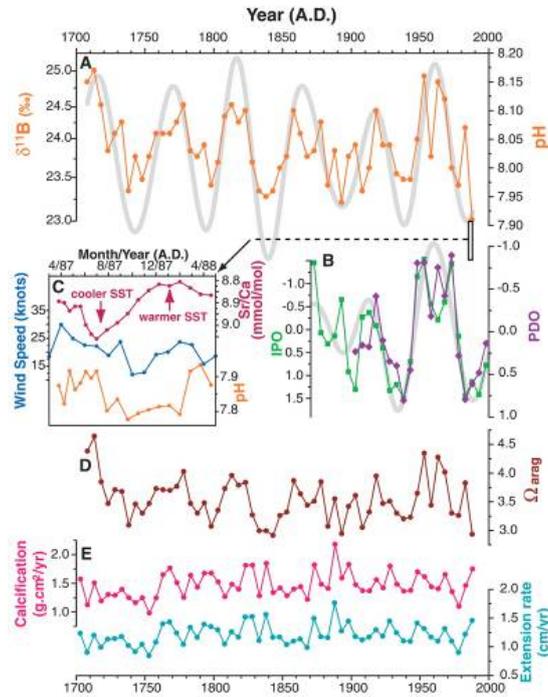


Fig. 1. Distribution of present-day surface-ocean pH, location of the Flinders Reef coral site, and record of coral  $\delta^{13}\text{C}$  since 1708 A.D. (Top) Map showing present-day mean annual surface pH (24)



C. Pelejero et al., Science 309, 2204 -2207 (2005)

Fig. 2. Record of Flinders Reef coral  $\delta^{11}\text{B}$ , reconstructed oceanic pH, aragonite saturation state, PDO and IPO indices, and coral calcification parameters



C. Pelejero et al., Science 309, 2204 -2207 (2005)

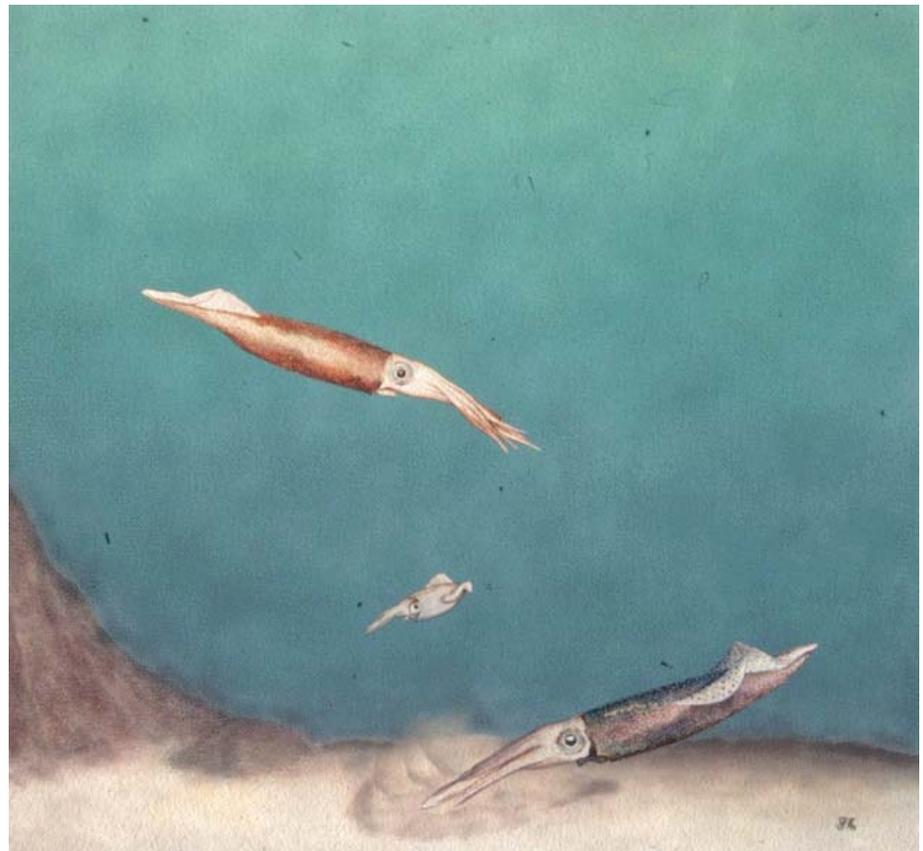
Published by AAAS



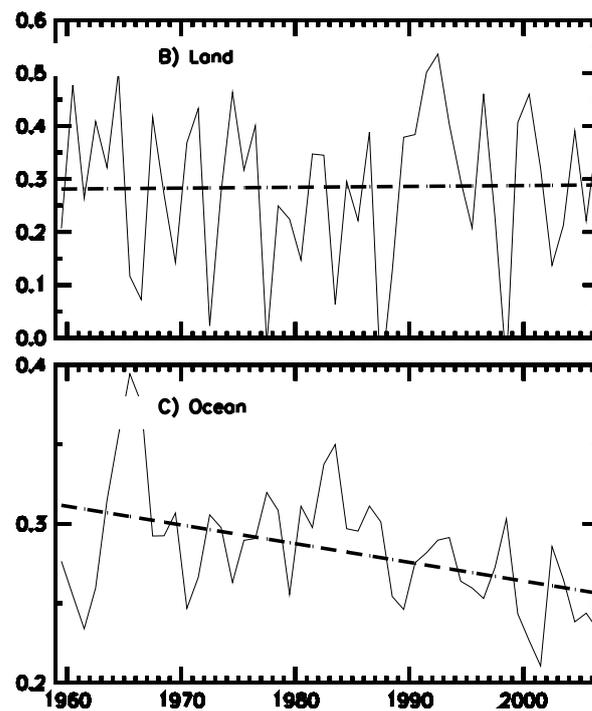
Especies intolerantes a oscilaciones de  $\text{CO}_2$ :

*Illex illecebrosus*  
*Lolliguncula brevis*  
*Loligo pealei*

H. Poertner



# The Efficiency of Natural Sinks: Land and Ocean Fractions



Land

Ocean



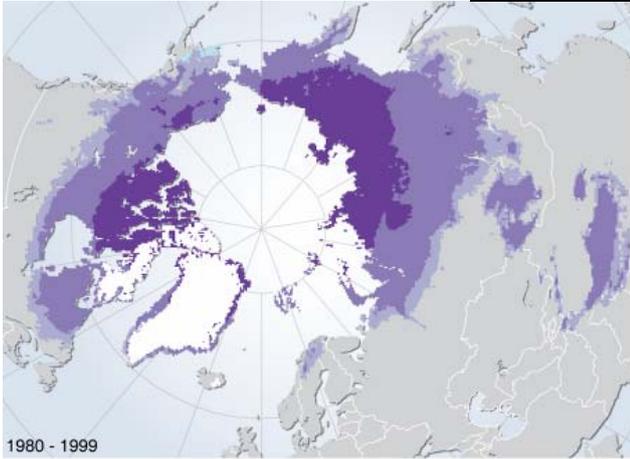
Last update: 23 October 2007

Canadell et al. 2007, PNAS

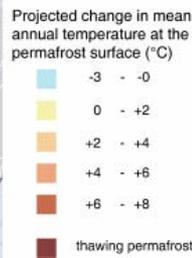
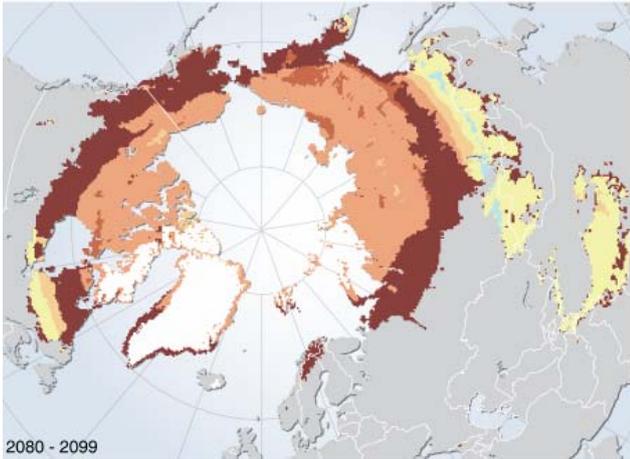
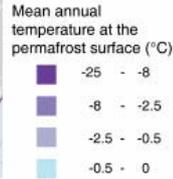
## Cambios en la captación de CO<sub>2</sub>?

	Incremento Oceánico Pg C	Emisiones de CO <sub>2</sub> Pg C	Fracción de captación
1800-1994	118±19	244±20	0.48
1980-1999	37±8	117±5	0.32

A pesar de la incertidumbre, parece que el CO<sub>2</sub> captado por los océanos ha descendido, de 48% durante 1800-1994 a 32% durante 1980-1999.



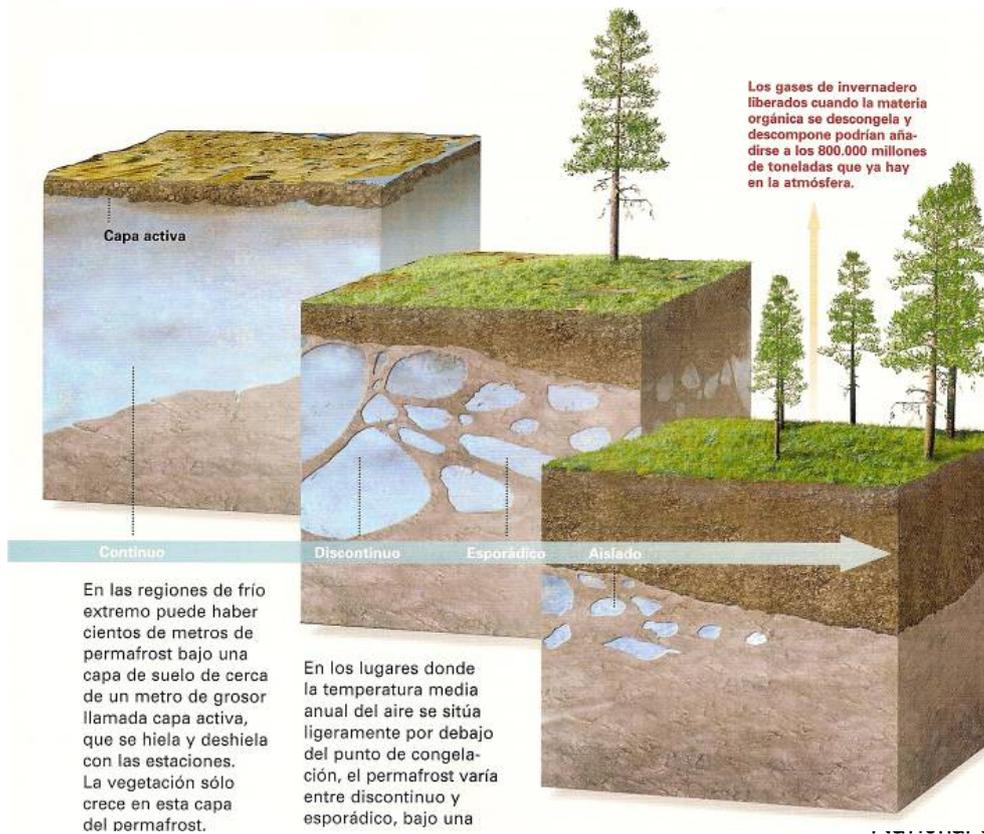
## 2. Deshielo de la permafrost del norte de Asia, y liberación del carbono orgánico retenido en los suelos yedoma



La descomposición de los materiales orgánicos acumulados en los suelos yedoma de Eurasia podrían liberar entre decenas o centenares de Gt de CO<sub>2</sub>

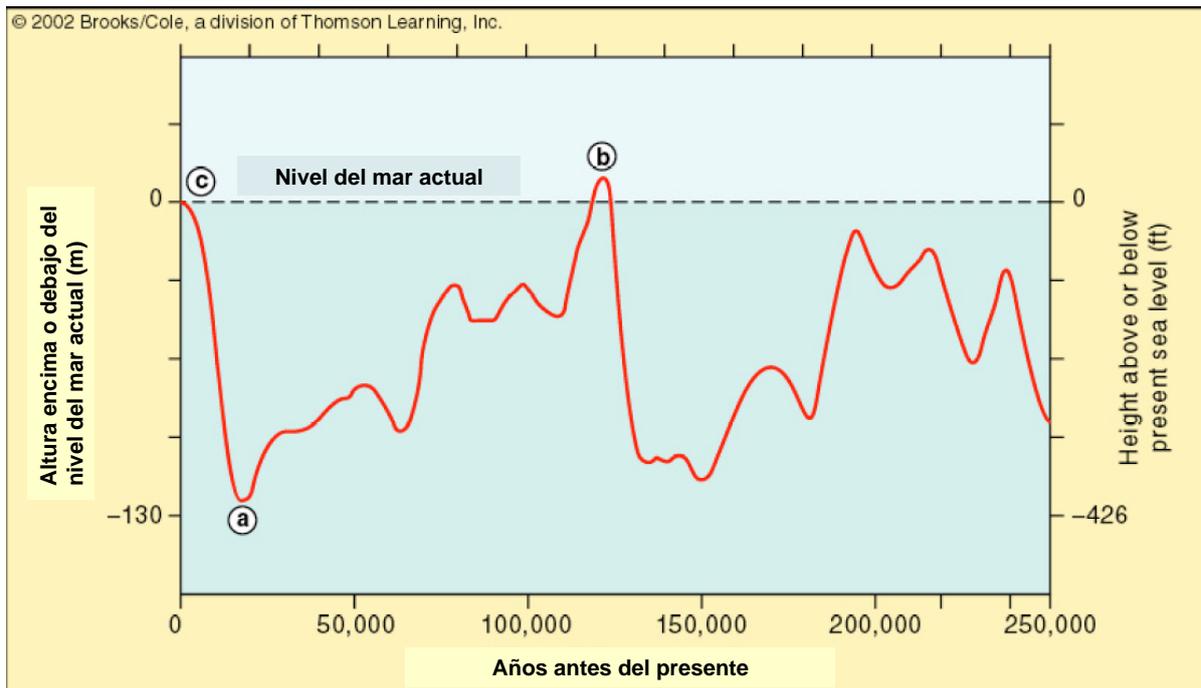
Zimov et al, 2006

# El deshielo de la permafrost puede permitir el

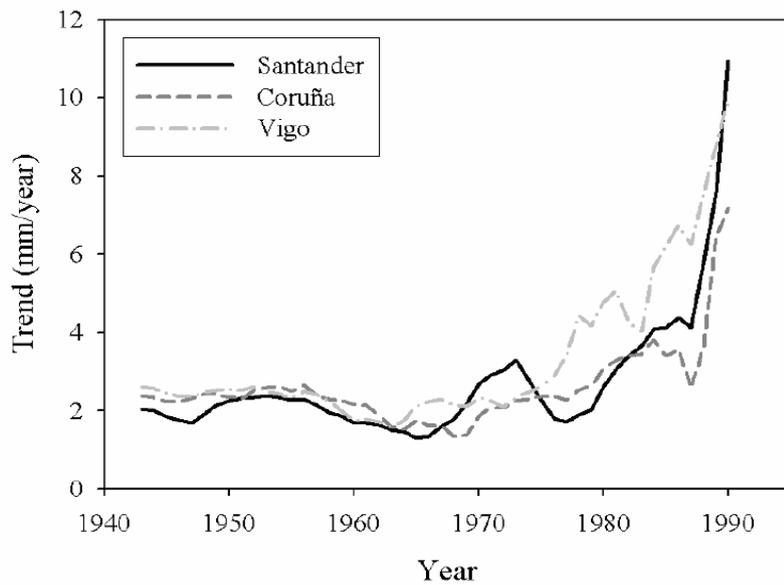


¿Quedan incertidumbres?

**Nos queda un motivo de preocupación severa**  
**El nivel del mar era entre 4 y 6 metros superior al actual**  
**hace 120000 años, durante un periodo en el que la**  
**concentración de CO<sub>2</sub> era inferior al actual**



## Consistencia de las series de nivel del mar en la costa Norte de España

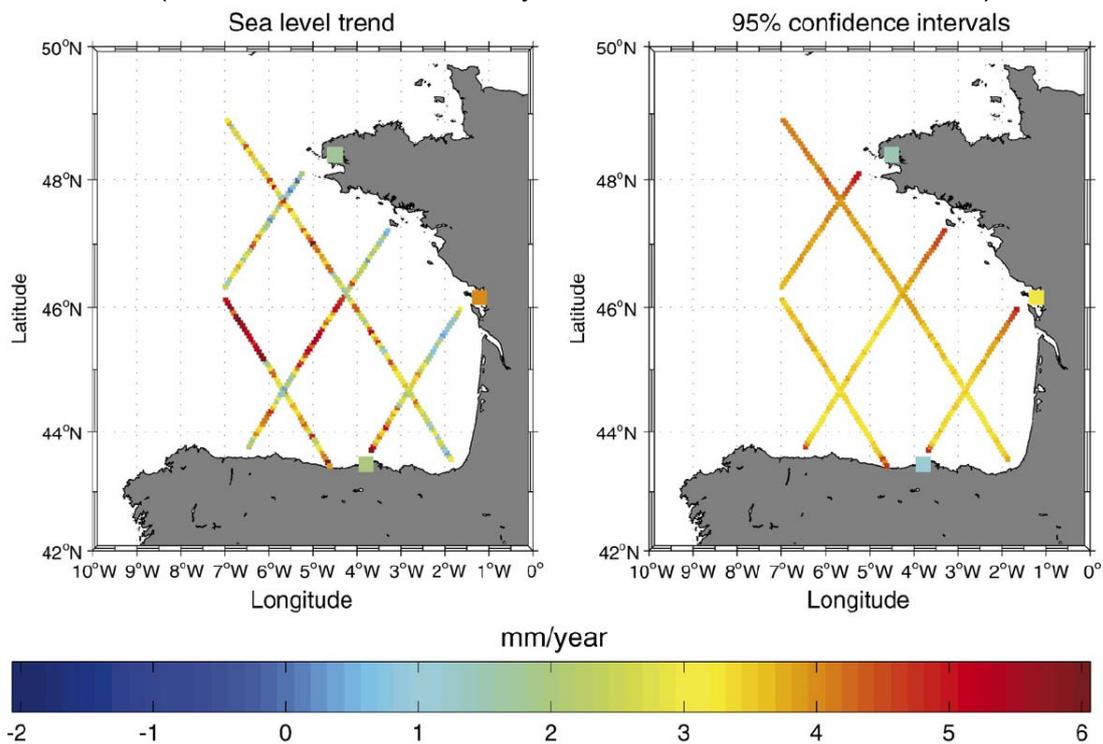


**Las zonas bajas , sobre todo Megadeltas pueden verse seriamente afectadas**

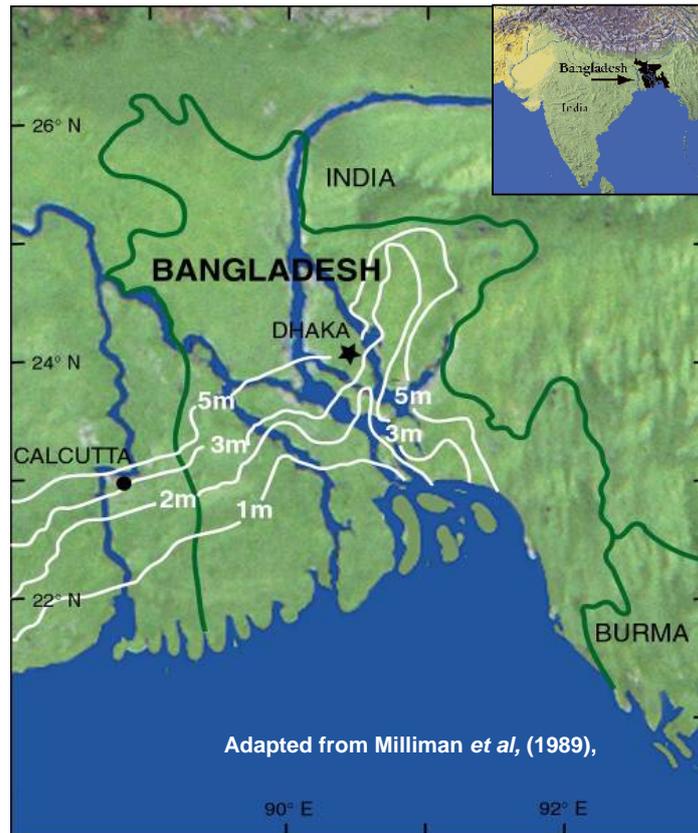
Marcos et al 2005 (a partir de mareógrafos del IEO)

## Tendencias del nivel del mar y límite de confianza en cada pixel de los recorridos del satélite TOPEX

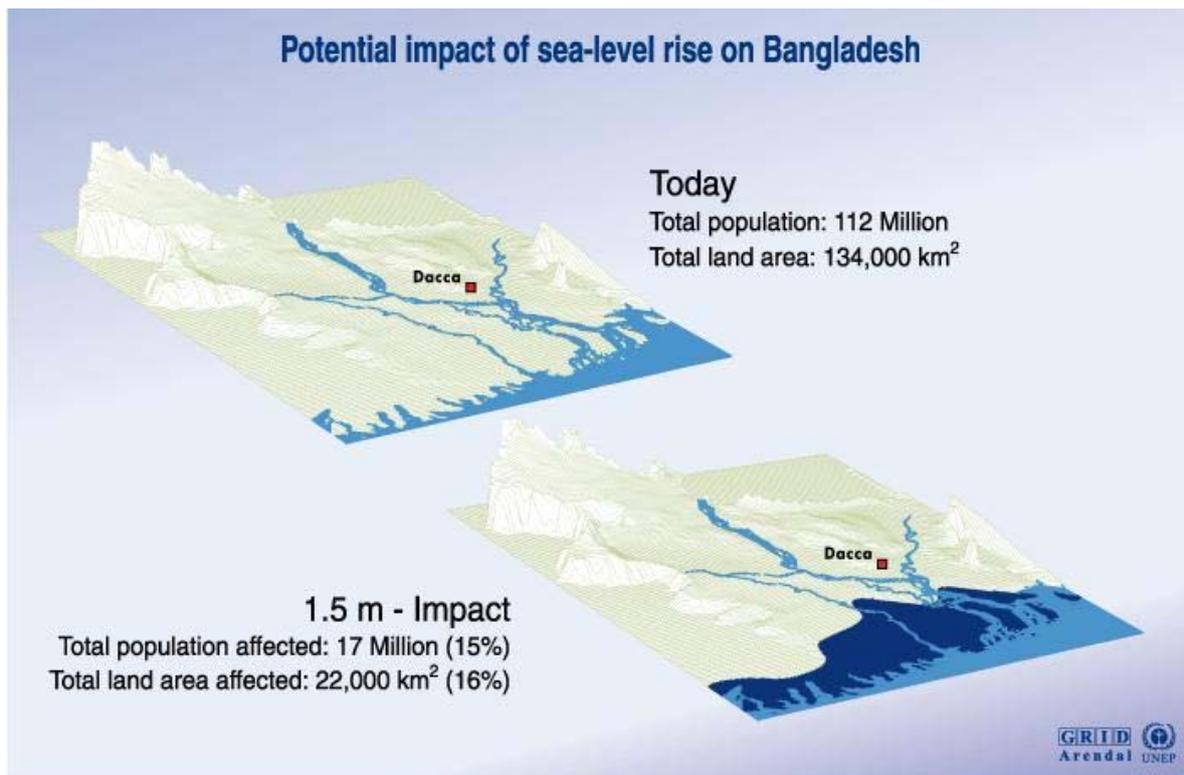
(media en el Golfo de Vizcaya:  $3,09 \pm 0,21 \text{ mm a}^{-1}$  ; 1993-2002)



Escenarios de transgresión del nivel del mar para Bangladesh

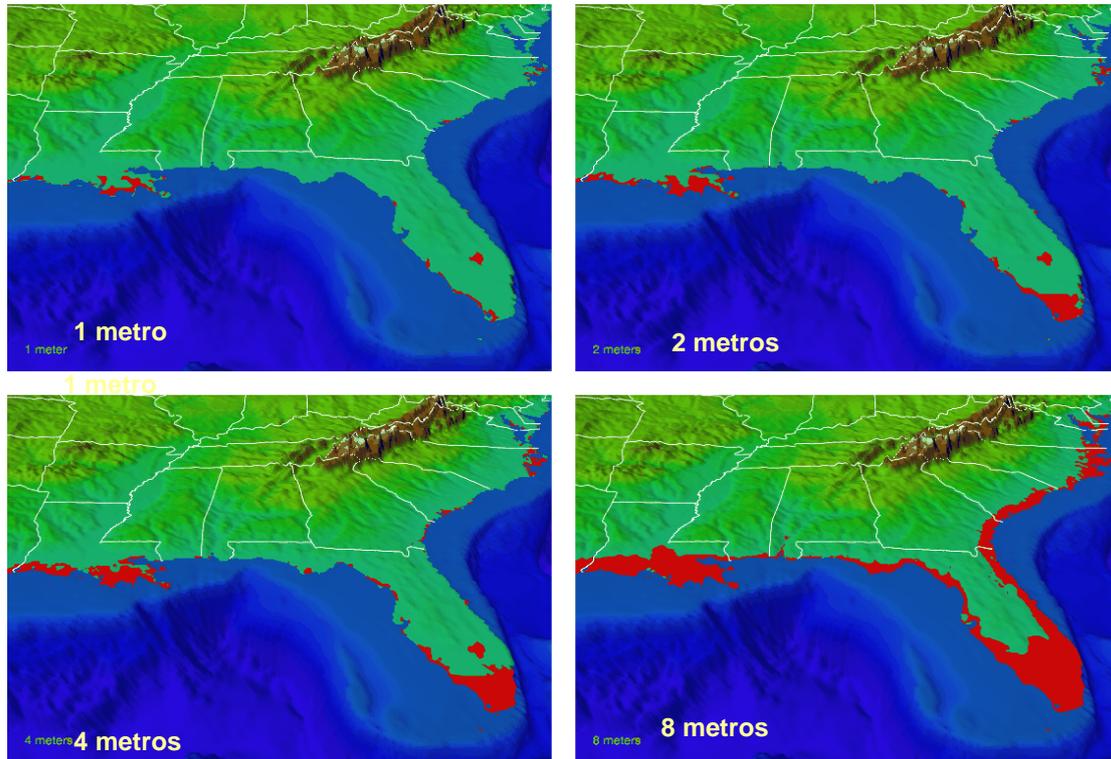


Escenarios de transgresión del nivel del mar para Bangladesh

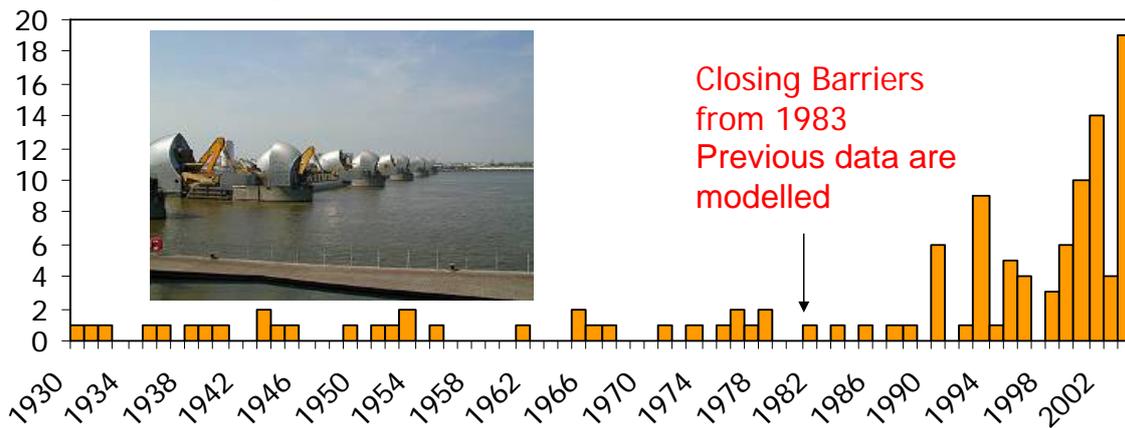


# Controlar el cambio climático y una de sus secuelas, la elevación del nivel del mar, reduciría su impacto

## Sea Level Rise



## Annual protection activities rise with time The example: Number of closing barriers for protection of Thames river



UK Environment Agency [http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/103601/i2\\_flood\\_c4\\_dt.xls](http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/103601/i2_flood_c4_dt.xls)

Rotterdam Barrier

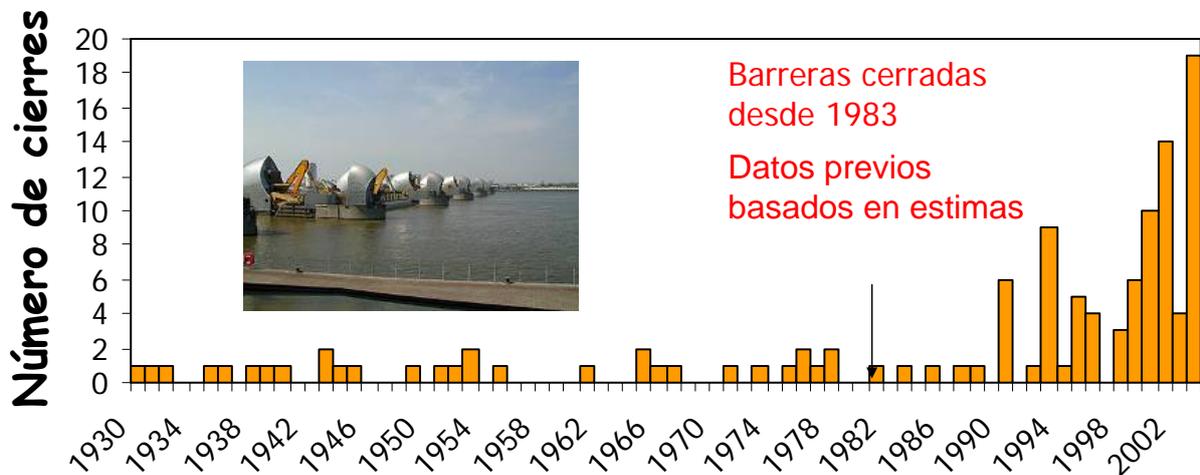
a pocos centenares de kilómetros de la anterior



Fortaleza (Brasil)

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

Los daños anuales o las actividades de protección se incrementan con el tiempo, Un ejemplo: número de veces que se cierran anualmente las barreras de protección del Támesis



UK Environment Agency

[http://www.environment-](http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/103601/i2_flood_c4_dt.xls)

[agency.gov.uk/commondata/103601/i2\\_flood\\_c4\\_dt.xls](http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/103601/i2_flood_c4_dt.xls)

También tenemos que tomar decisiones que supongan una adaptación a nuevos escenarios. Un ejemplo de decisión ¿Incrementar los diques? ¿No construir en zonas anegables? ¿Dejar que parte del territorio se pueda inundar y construir nuevas ciudades y huertos flotantes?

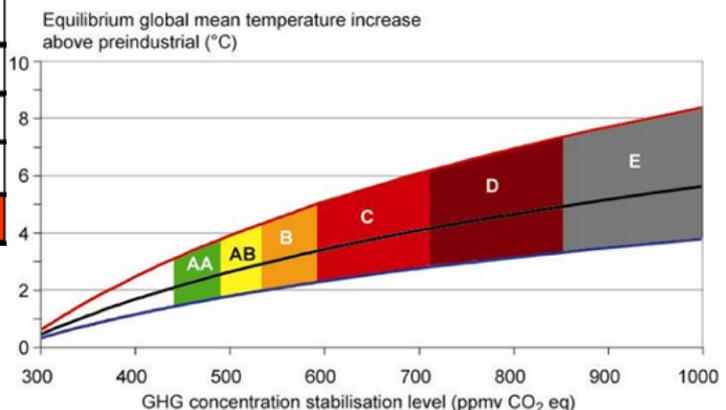
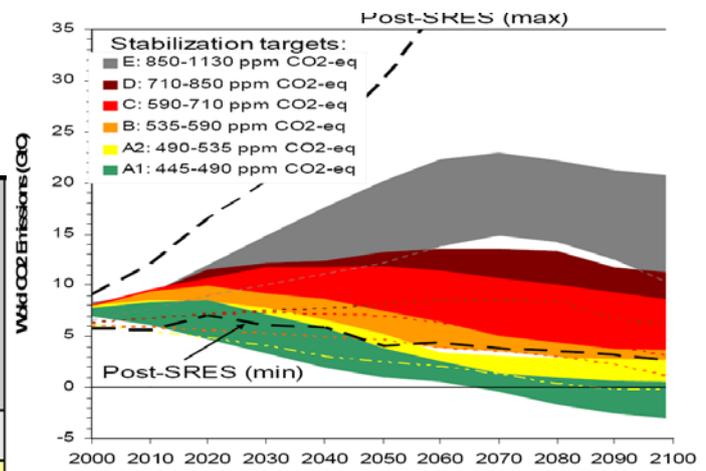


Zonas anegadas de Holanda en las graves inundaciones de 1953



Solución tomada ante este hecho, construir diques para evitar las inundaciones. En 2002 estuvieron a 40 cm de ser rebasadas

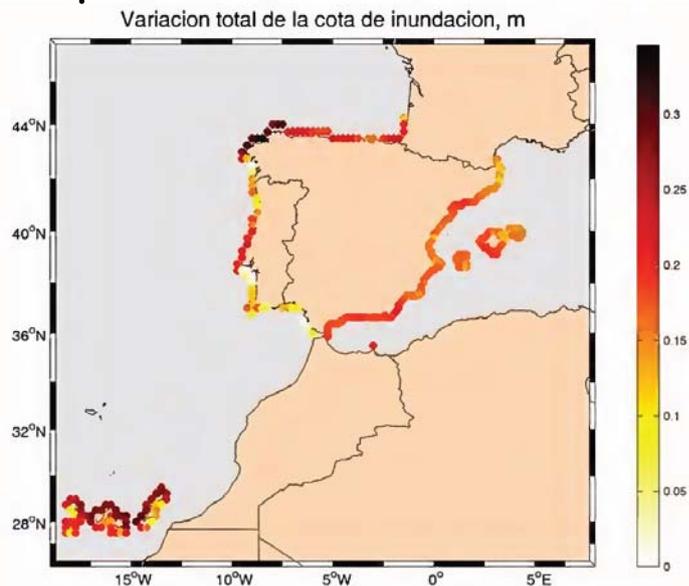
CO <sub>2</sub> concentration at stabilization (2005 = 379 ppm) <sup>(b)</sup>	CO <sub>2</sub> -equivalent Concentration at stabilization including GHGs and aerosols (2005 = 375 ppm) <sup>(b)</sup>	Global average sea level rise above pre-industrial at equilibrium from thermal expansion only <sup>(f)</sup>	Number of assessed scenarios
ppm	ppm	metres	
350 – 400	445 – 490	0.4 – 1.4	6
400 – 440	490 – 535	0.5 – 1.7	18
440 – 485	535 – 590	0.6 – 1.9	21
485 – 570	590 – 710	0.6 – 2.4	118
570 – 660	710 – 855	0.8 – 2.9	9
660 – 790	855 – 1130	1.0 – 3.7	5



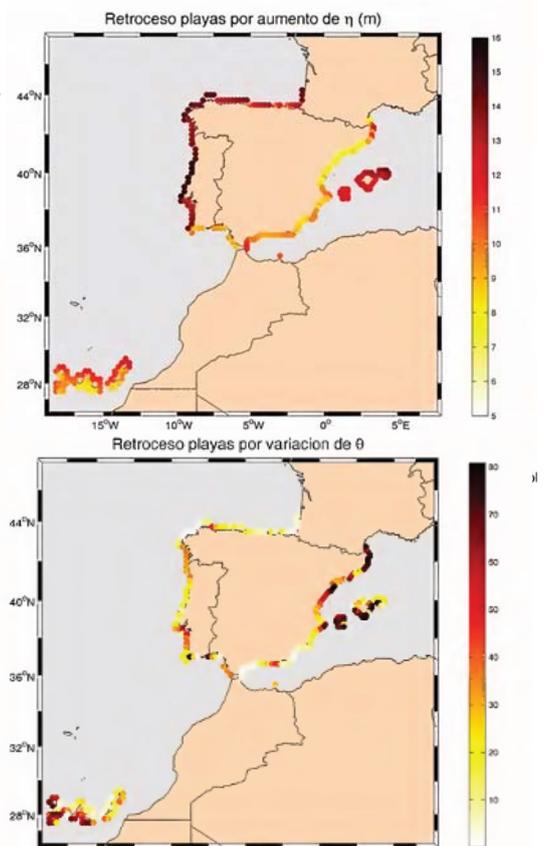
La elevación del nivel del mar afectará a muchas costas con substrato blando, La costa de Huelva está en franco retroceso



Sea level rise could affect to many low areas with soft substrate. Many areas of the Iberian Peninsula could be damaged in the future. Adaptive actions must be activated

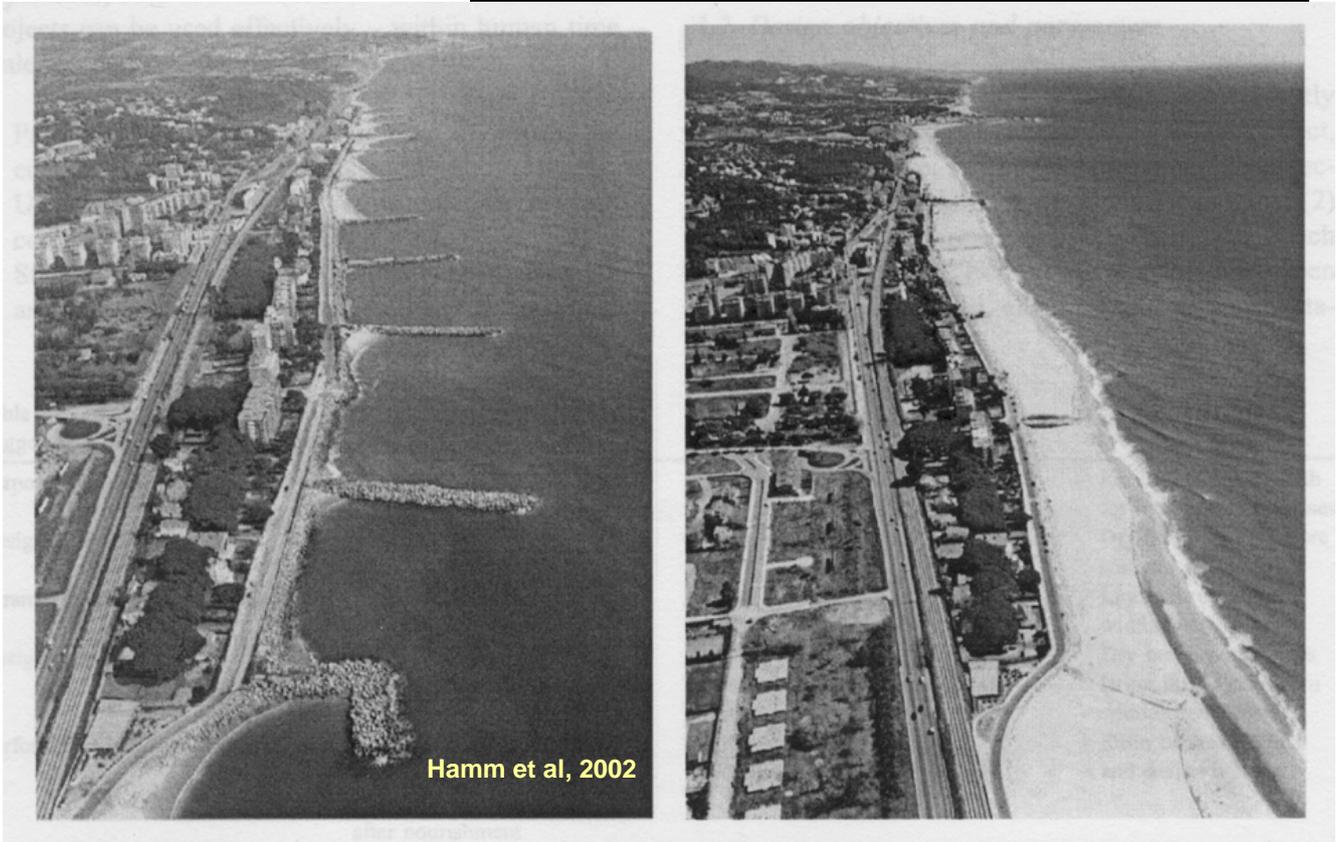


2.5 Variación neta de la cota de inundación a lo largo del litoral español.



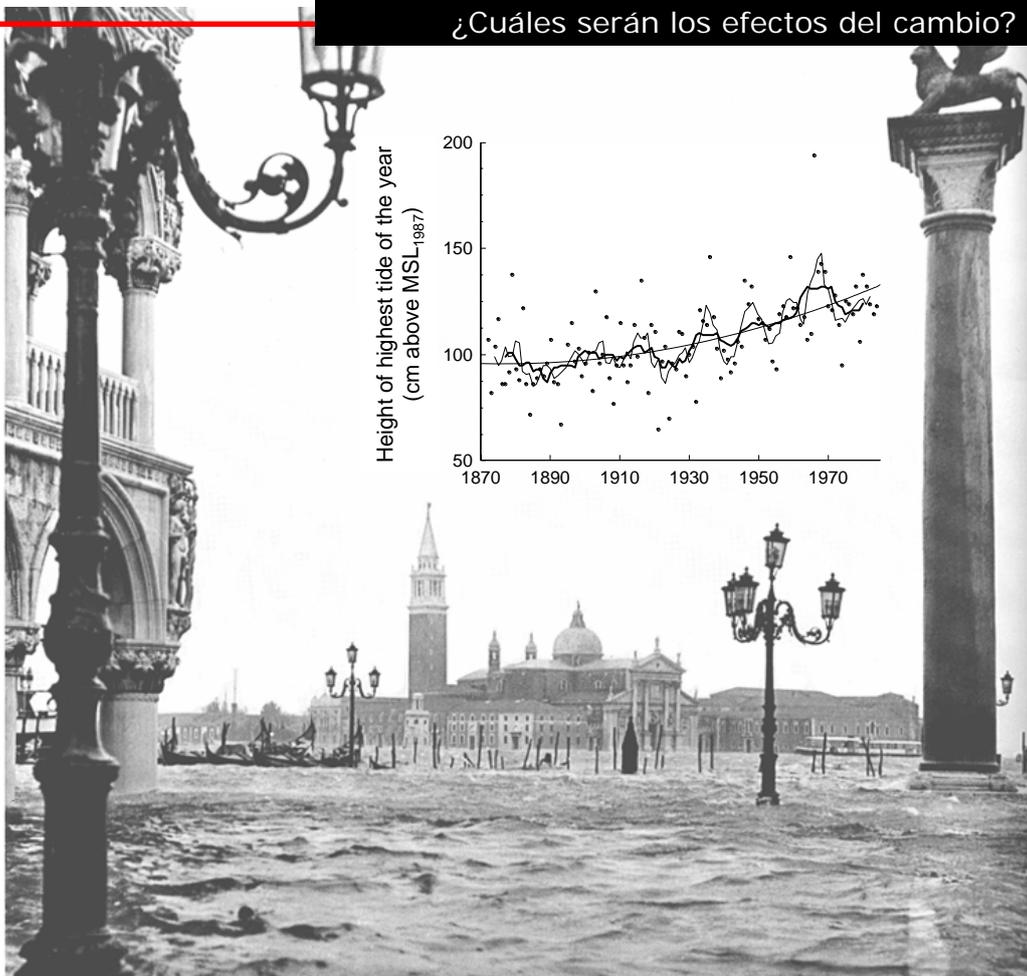
2.7 Retroceso de las playas por variación de la dirección del flujo medio de energía.

¿Cuáles serán los efectos del cambio?



Restauración de playas, S, Vicente de Montalt' (El Maresme)

¿Cuáles serán los efectos del cambio?



## EFFECTOS APRECIABLES EN ALGUNAS COSTAS

Lamentablemente, creo que mi alarmismo esta justificado, si tenemos en cuenta que conocemos esto desde hace 14 años y cuando estuvimos aquí, un año después de Mich, vimos hasta donde había llegado el mar y los destrozos producidos, pero había vuelto "a su sitio" y tormentas siempre las hubo y causaban daños, pero no había este avance tan rápido que ahora hay.



Juan José Iglesias, Enero de 2008  
Cahuita (Costa Rica)



Reordenación  
de Ecosistemas  
antes cambios  
catastróficos

Cahuita Caribe de  
Costa Rica (2007)

¿Está la elevación del nivel del mar afectando a la vegetación costera con retroceso de la arena? En Indonesia se han señalado efectos similares detrás de arrecifes.

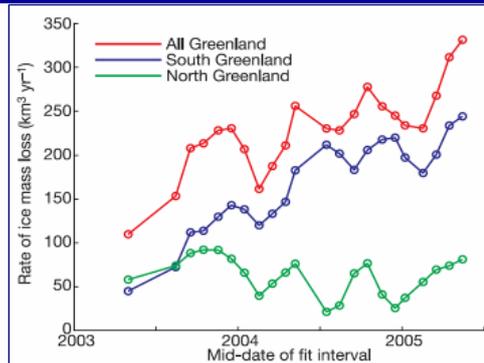
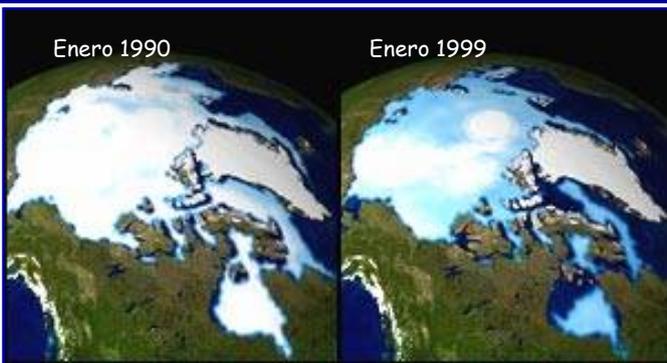
Fotos cortesía de **Juan José Arrieta**





¿Cuáles serán los efectos del cambio?

La cubierta de hielo esta disminuyendo de forma acelerada



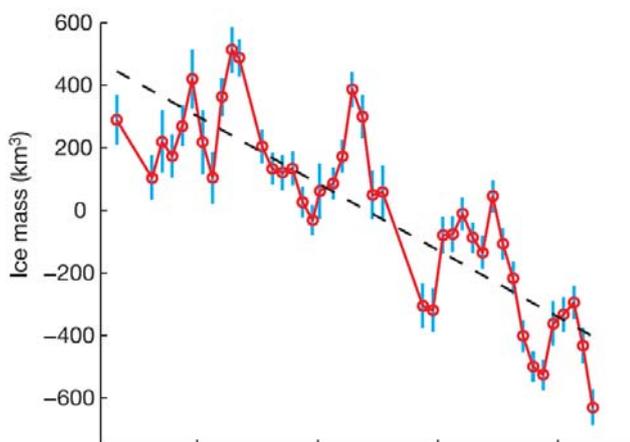
Extensión del hielo en el océano Ártico

**Tendencias**

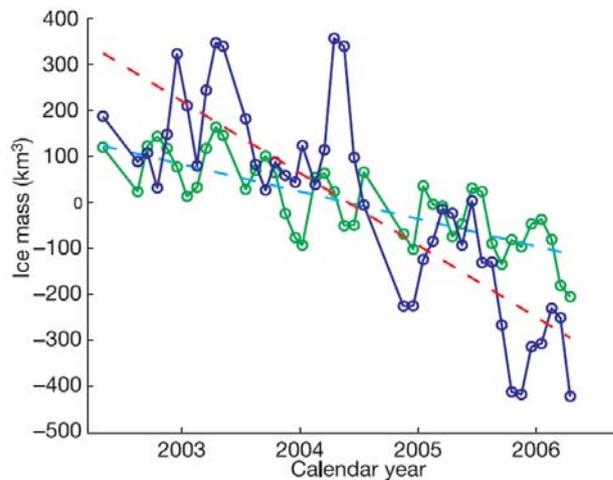
- Descenso de un 20% en la extensión del hielo marino desde 1970
- Adelgazamiento del hielo en 2m entre 1960s y 1990s
- Cambio desde hielo de muchos años a hielo anual

**Expectativas**

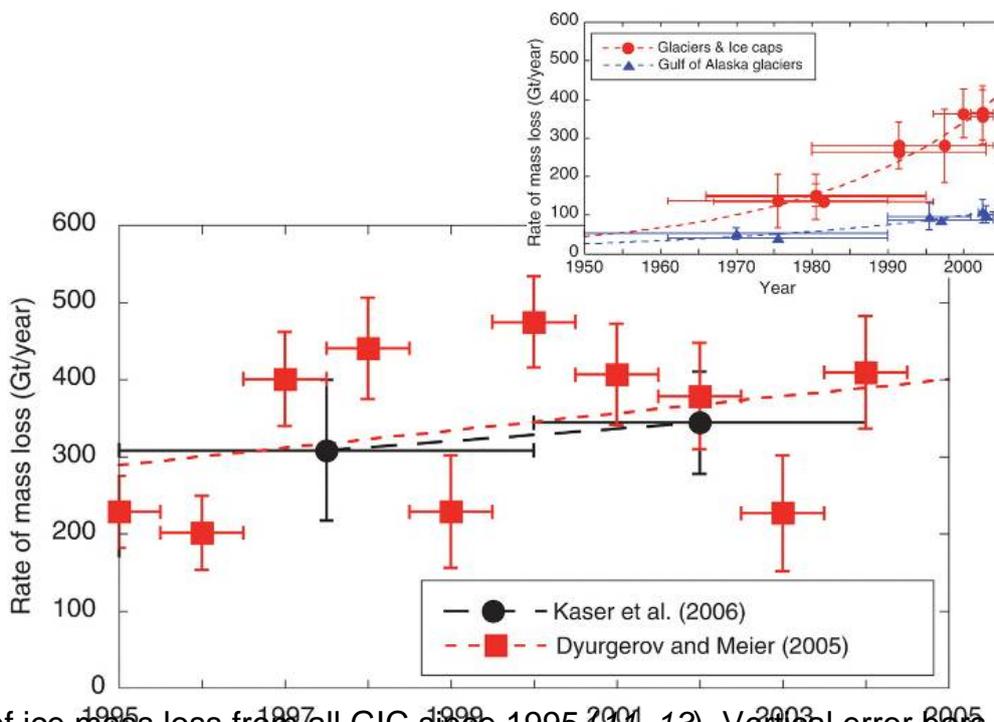
- Incremento de la temperatura de 2 a 10°C en 2100
- Artico libre de hielo en el verano antes del 2100
- cambios en los patrones de circulación, en la productividad primaria y en las comunidades polares



Greenland GRACE monthly mass solutions. Shown is the GRACE solution for the entire Greenland ice sheet, for April 2002 to April 2006, after scaling the results and removing the mean. The blue error bars include only the contributions from uncertainties in the GRACE gravity fields, and represent 68.3% confidence intervals<sup>18</sup>. Also shown is the best-fitting linear trend (dotted line). The results shown here have not been corrected for PGR or for the effects of hydrological or oceanic leakage.



North and south Greenland GRACE monthly mass solutions. This is shown as in Fig. 2, but for South Greenland (blue monthly values with the best-fitting trend shown as a red dotted line) and North Greenland (green monthly values with the best-fitting trend shown as a cyan dotted line) separately



**Fig. 1.** Rate of ice mass loss from all GIC since 1995 (11, 13). Vertical error bars indicate the published uncertainty; horizontal bars show the years over which the mass balance has been averaged. (Inset) Rate of mass loss from all GIC for the period from 1950 to 2005. The red dashed curve exponential indicates the best fit through the total mass loss; the blue dashed curve applies only to the glaciers in the Gulf of Alaska. Data, method, and authorships are given in table S1.

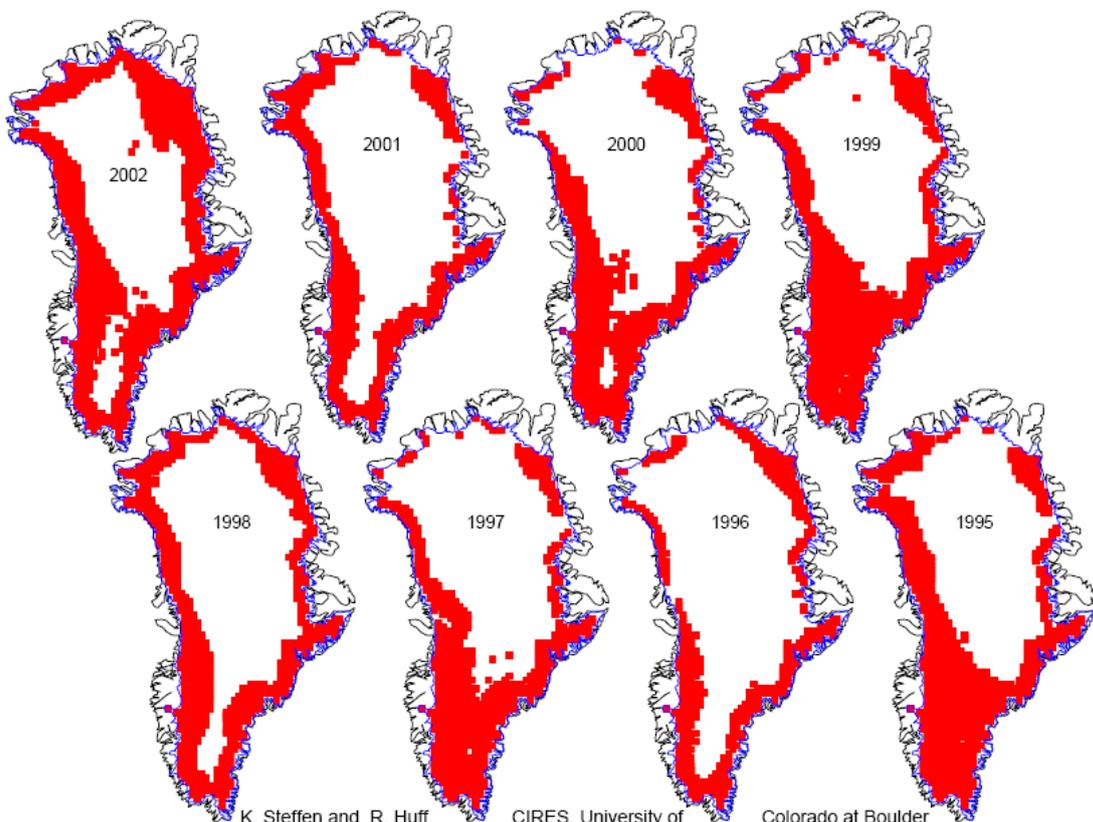
## Cambios en la Pérdida de masa del casquete polar de Groenlandia 10 años

Rignot et al, 2006, Science

Masa Glaciar	Área de drenaje km <sup>2</sup>	Balance Masas km <sup>3</sup> /año		
		1996	2000	2005
Oeste	521350	-21,7	-40,6	-47,0
Total	1209280	-56 ± 30	-92 ± 30	-167 ± 40
Total + BMS		-91 ± 31	-138 ± 31	-224 ± 41

BMS Balance Masas por Superficie  
Los datos con métodos diferentes resultan coherentes

231 ± por métodos gravimétricos

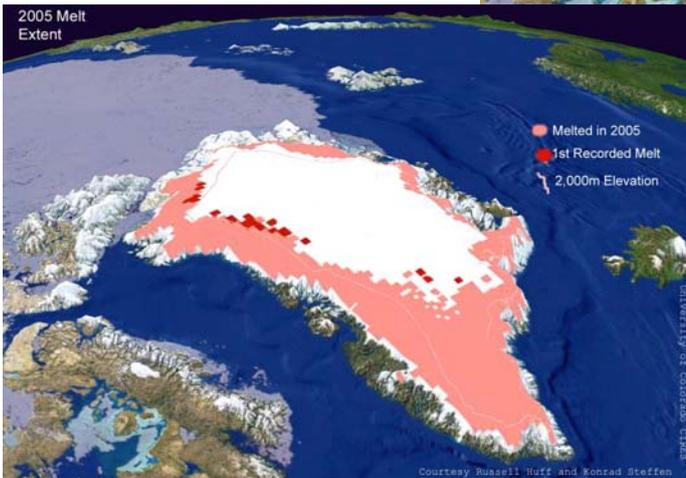
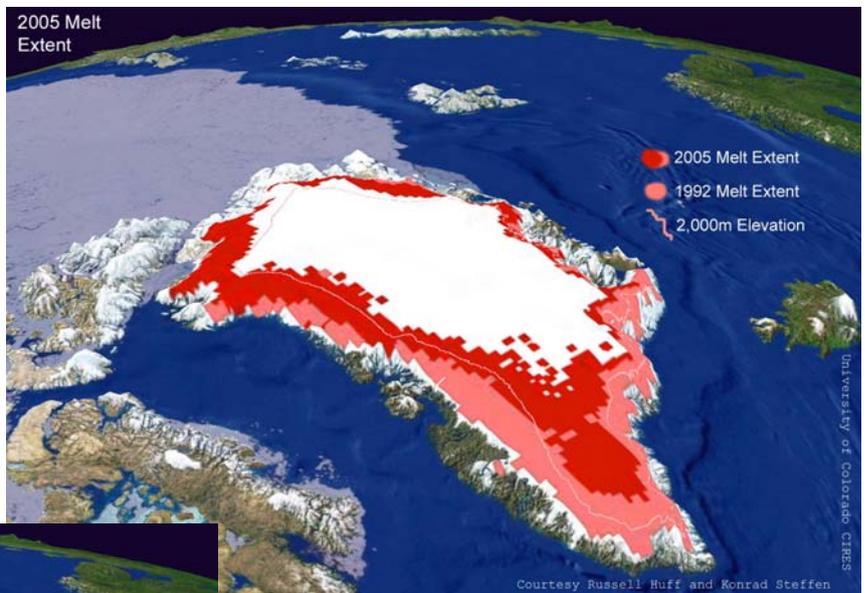


K. Steffen and R. Huff, CIRES, University of Colorado at Boulder

El deshielo de Groenlandia es un riesgo evidente, y parece que se acelera

Steffen y Huff, Univ. Colorado en Boulder

El deshielo de Groenlandia se incrementó en extensión e intensidad en el 2005

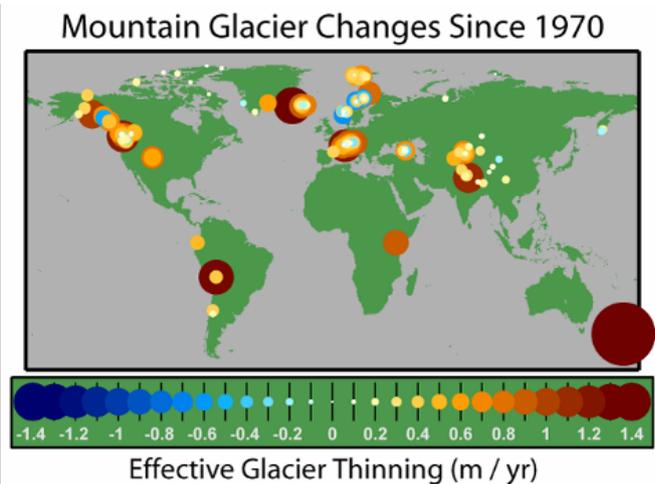
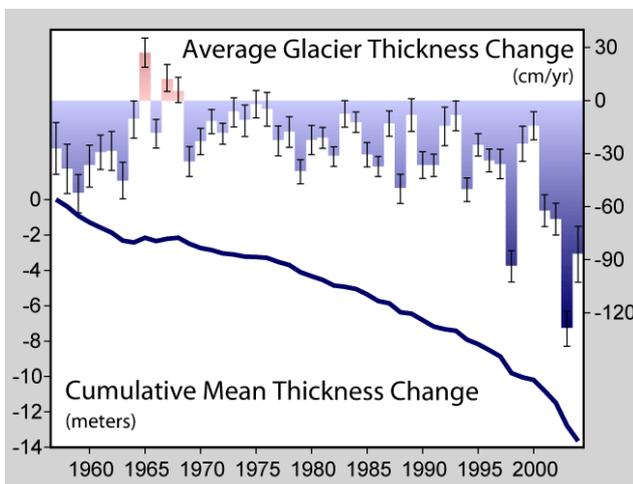


También se detectaron por primera vez algunas zonas con principio de deshielo en este año

Steffen y Huff, Univ. Colorado en Boulder

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles



## Un retroceso mundial

El hielo está en retirada tanto en sus bastiones montañosos como en sus reductos polares. Con el retroceso de los casquetes de Groenlandia y de la Antártida, el nivel del mar podría subir 6 metros en los próximos siglos. El retroceso de los glaciares de montaña (gráfico) secará ríos y alterará paisajes.



## RETROCESO DE LA MAYORÍA DE LOS GLACIARES

Cambio acumulativo en el promedio del espesor de los glaciares en una muestra global (en metros, desde 1977)



### 1 La fusión superficial produce más fusión

La nieve refleja la luz y el calor, e impide que el hielo subyacente se funda. Cuando la nieve se funde, deja expuesto el hielo oscuro que absorbe el calor.

A medida que los glaciares pierden espesor, su superficie baja hacia menores altitudes, donde las temperaturas son más elevadas.

### 2 El agua de fusión fractura el hielo y lubrica la base, acelerando el deslizamiento

El agua de fusión estival se acumula en la superficie del hielo y forma lagos.

Al caer por grietas y molinos, el agua de fusión resquebraja el hielo y lubrica su base, lo cual acelera el deslizamiento del glaciar.

### 3 El hielo más fino tiene menor agarre en tierra y no puede frenar el deslizamiento

El Jakobshavn íbrenn, el mayor glaciar de descarga de Groenlandia, se desliza al doble de velocidad que en 1995. El movimiento es más rápido en el frente.



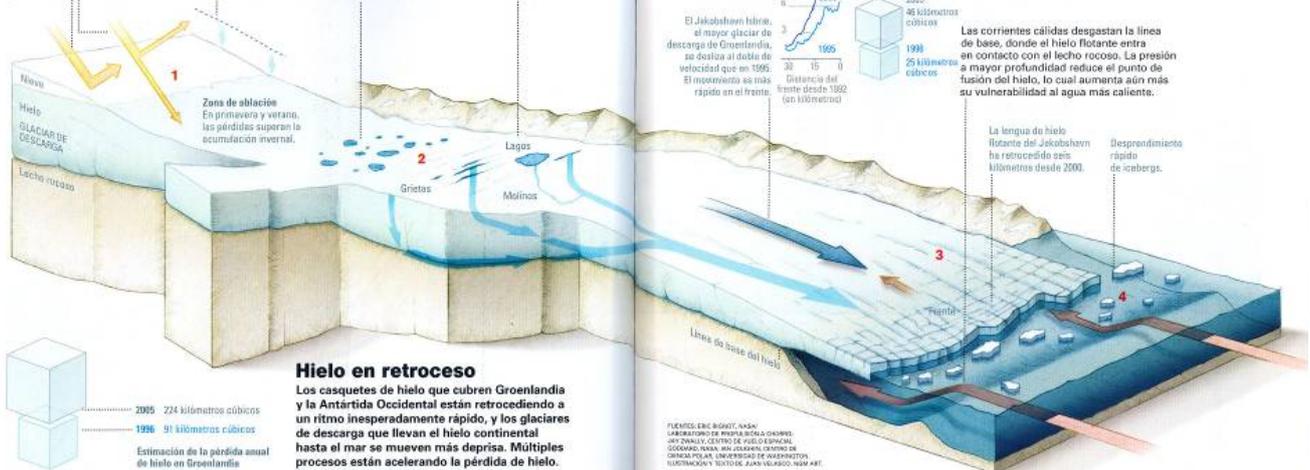
Los océanos más cálidos erosionan la base del hielo flotante

Algunos glaciares terminan en una lengua de hielo flotante, que apunta la masa de hielo terrestre. Cuando el océano se calienta, erosiona la lengua de hielo desde abajo, debilitándola y causando su desintegración.

Las corrientes cálidas desgastan la línea de base, donde el hielo flotante entra en contacto con el lecho rocoso. La presión a mayor profundidad reduce el punto de fusión del hielo, lo cual aumenta aún más su vulnerabilidad al agua más caliente.

La lengua de hielo flotante del Jakobshavn ha retrocedido seis kilómetros desde 2000.

Desplazamiento rápido de icebergs.



## Hielo en retroceso

Los casquetes de hielo que cubren Groenlandia y la Antártida Occidental están retrocediendo a un ritmo inesperadamente rápido, y los glaciares de descarga que llevan el hielo continental hasta el mar se mueven más deprisa. Múltiples procesos están acelerando la pérdida de hielo.

FUENTES: ERIC RIGNOT, NASA; LABORATORIO DE NEVADA; NICOLA COHEN, JON ZWALLY, CENTRO DE PUELO ESPANOL; GÖRAN WENNER, INSTITUTO DE CIENCIAS POLARES; UNIVERSIDAD DE ALABAMA; TIBETAN POLAR RESEARCH CENTER, BEIJING, CHINA

El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles



1941

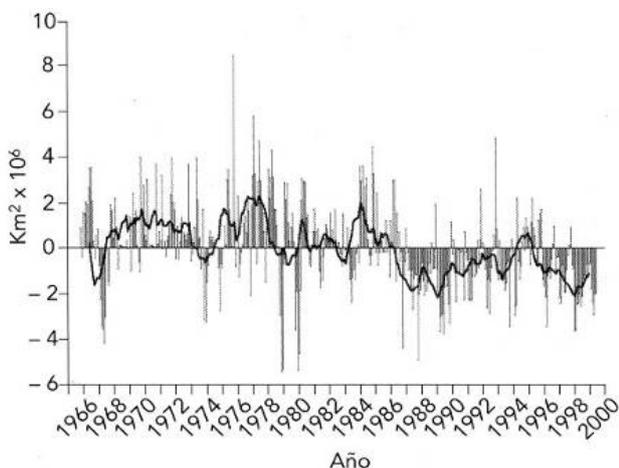


2004

Caption: *Muir Glacier*,  
Credit: *National Snow and Ice Data Center*  
Citation: *NSIDC/WDC for Glaciology, Boulder, Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology*,

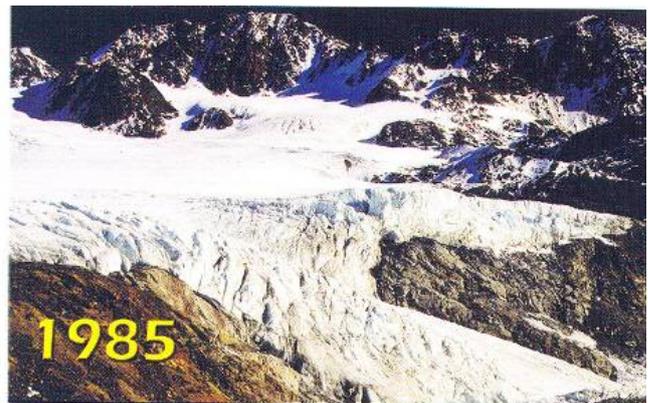
En Europa también se detecta la pérdida de glaciares

La superficie cubierta de hielo o nieve se ha reducido en el Hemisferio Norte

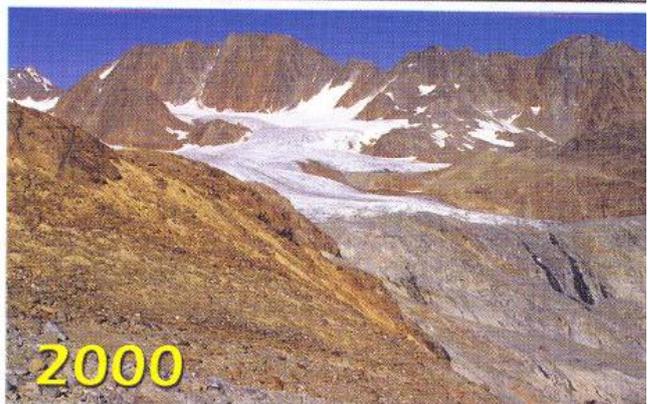


**Nota:** Las desviaciones se refieren a una media de 30 años. Medias acumuladas de 12 meses (curva de trazo continuo).

**Fuente:** IPCC, 2001a.



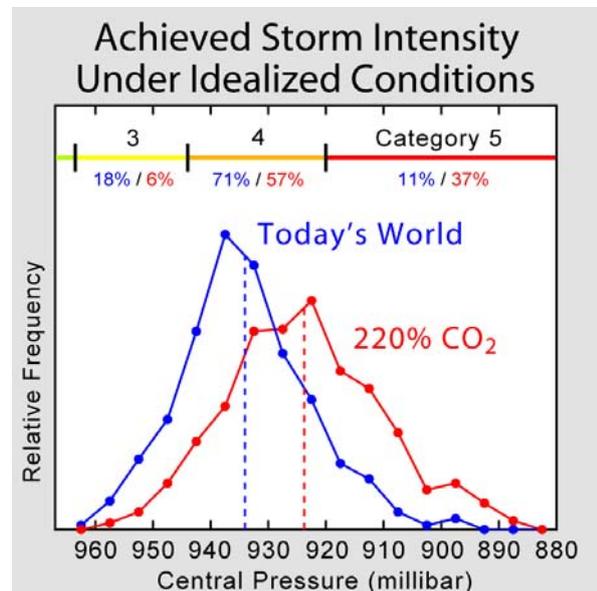
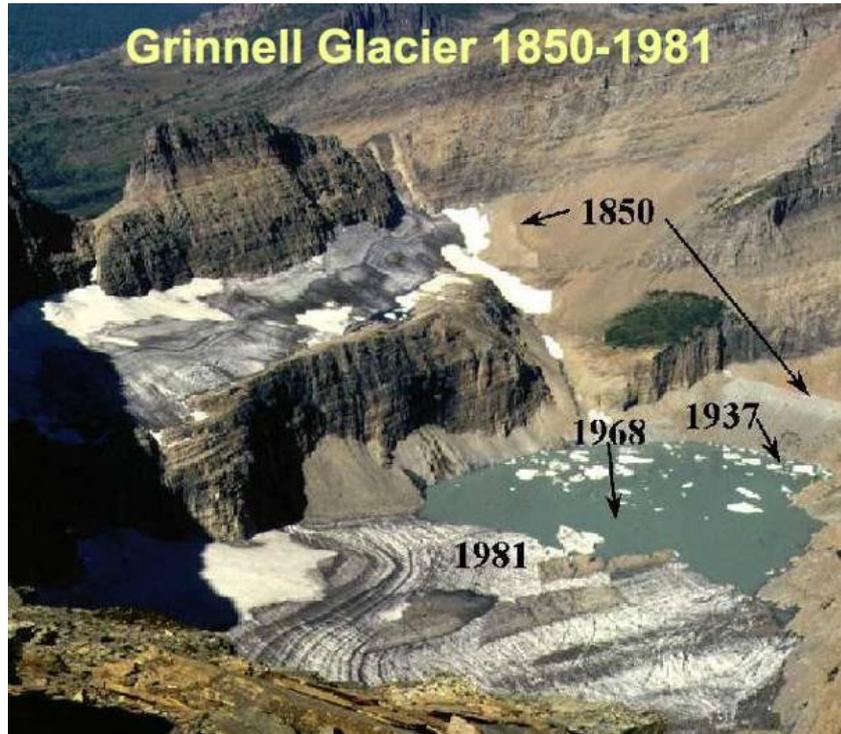
1985



2000

Glaciar de Vernagt (Austria)  
**Fuente:** Weber; BAdW/kfG; 1985, 2000.

El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles



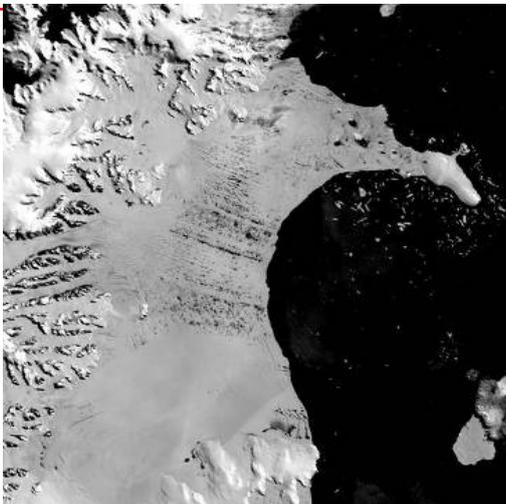
Hay indicios de deshielo en la Antártida, pero por ahora su contribución es pequeña

Se acaba de demostrar que la velocidad de los glaciares de la Península Antártica se aceleró en los últimos años



**Pérdidas de Plataformas de Hielo**

Desintegración de la plataforma de hielo Larsen B - 2002

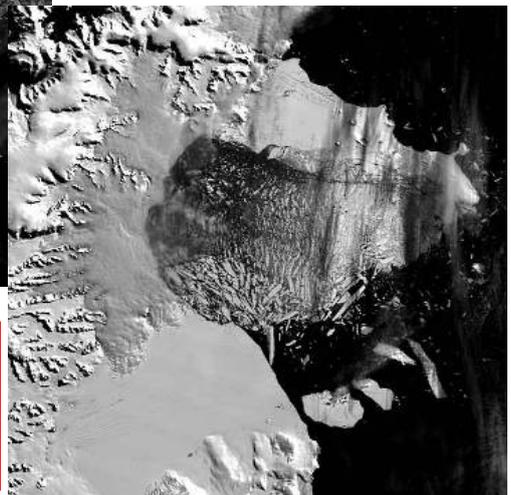


Ene 30



Feb 17

Mar 04



¿Cuales serán las consecuencias para la circulación oceánica y las pérdidas en los ríos de hielo?

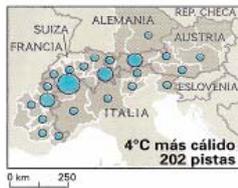
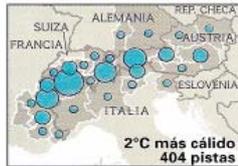
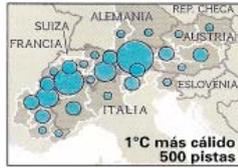
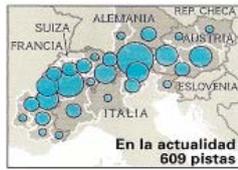
## Una vista de Groenlandia con marcas de deshielo reciente



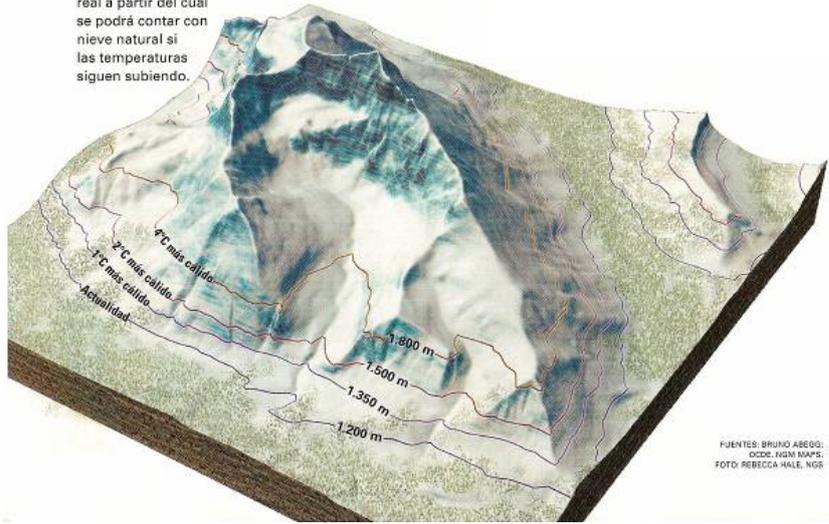
**EL GLACIAR UPSALA EN 1928...** Éste era el aspecto que presentaba el glaciar Upsala, en la Patagonia argentina, en 1928. En la imagen se aprecia la lengua de hielo que formaba el glaciar. La fotografía es una composición de tres tomas consecutivas.



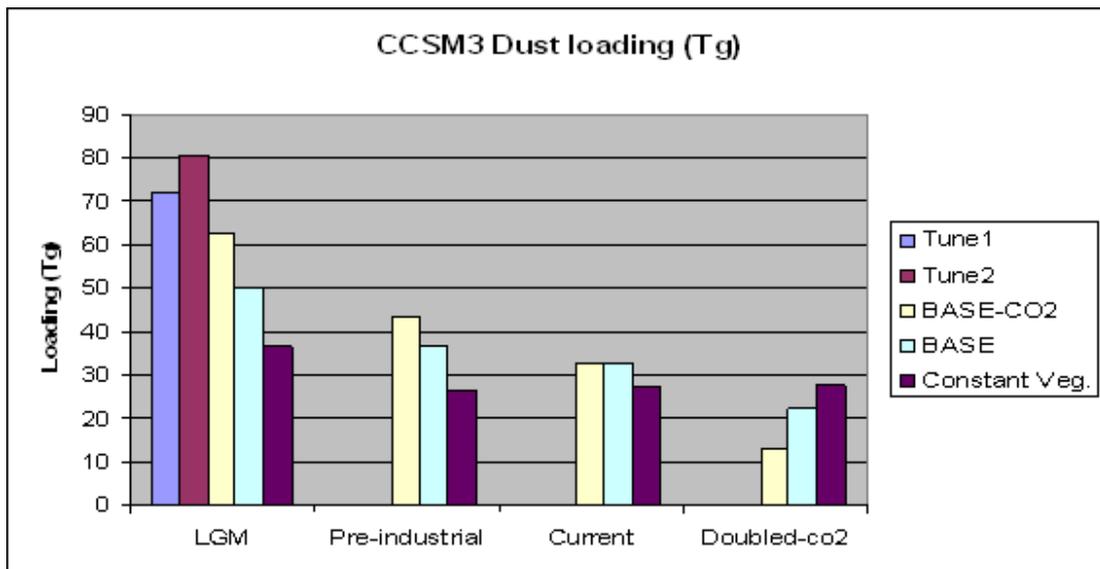
**... Y EN 2004,** el glaciar se había reducido a 1/4 de su extensión original. Fuente: Greenpeace, [www.greenpeace.org/argentina](http://www.greenpeace.org/argentina)



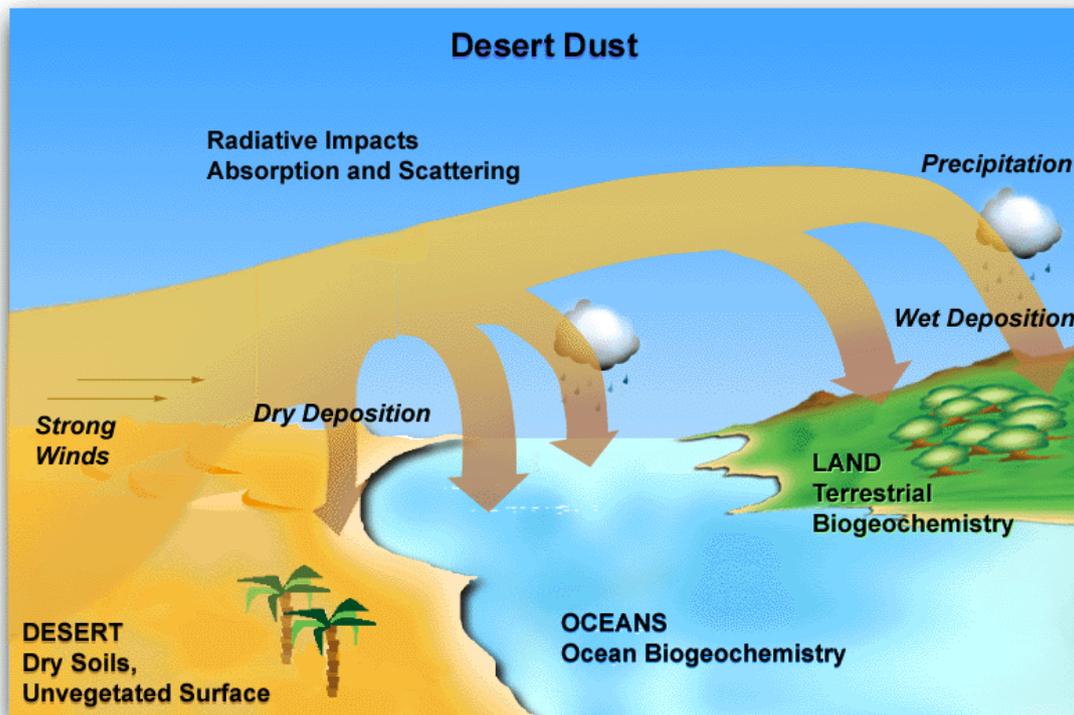
En este imaginario pico alpino, las líneas muestran el límite real a partir del cual se podrá contar con nieve natural si las temperaturas siguen subiendo.



FUENTES: BRUNO ASSOLI, CCDC, NIMA MAPS, FOTO: REBECCA HALE, NGS



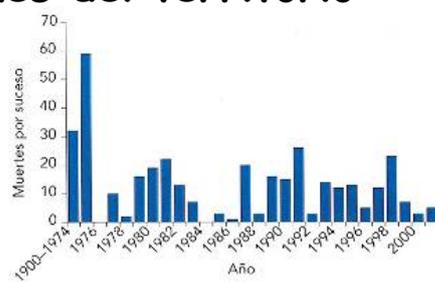
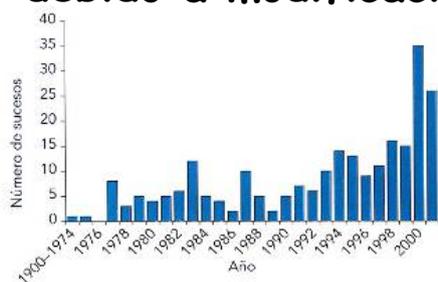
This paper includes new estimates of terrestrial sediment records, which we use to constrain the amount of glaciogenic dust. Here's comparisons using a vegetation only source, and a source which is based on geological data about where glaciers might be producing large amounts of sediment that is easily erodible:



Mineral aerosol or desert dust is thought to impact climate and biogeochemistry through several different mechanisms: direct radiative forcing, indirect radiative forcing, ocean biogeochemistry, terrestrial biogeochemistry and atmospheric chemistry.  
**Natalie Mahowald, 2006**

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

**Las inundaciones se han incrementado en Europa, en parte por cambios en la pluviosidad, y en parte debido a modificaciones del territorio**



**Nota:** Por inundaciones se entienden riadas, desbordamientos de ríos y mareas tormentosas en Europa (1976-2001).  
**Fuente:** OMS, 2003a.



**Algunos sucesos que eran relativamente frecuentes  
no se observan en la actualidad**



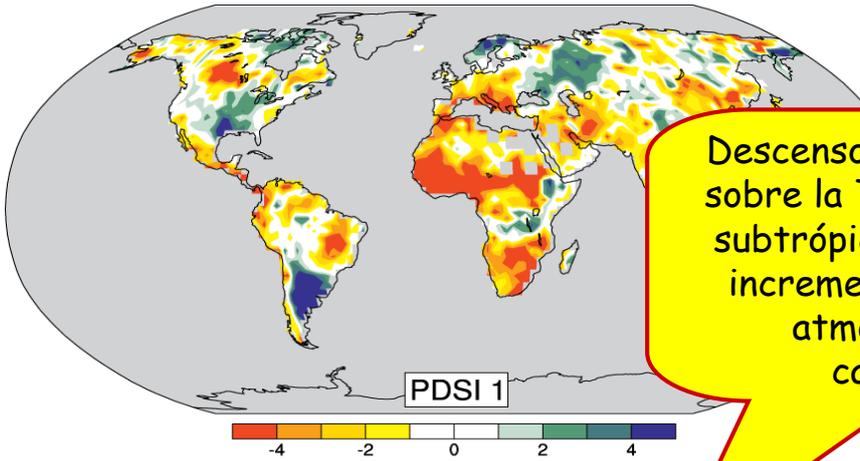
**El antiguo refugio de Vega Redonda en 1978, con más de 4 m, de nieve acumulada, Foto cortesía de Juan José Arrieta**

**El incremento de lluvias  
monzónicas puede generar  
inundaciones y afectar a  
las cosechas, reduciendo  
la seguridad alimentaria**



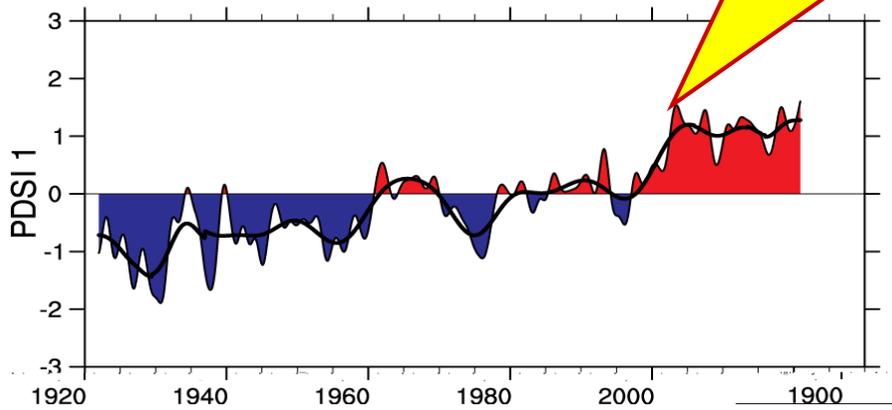
¿Cuáles serán los efectos del cambio?

## Las sequías se incrementan en la mayoría de los lugares



Patrones más

Descenso general de la lluvia sobre la Tierra en trópicos y subtrópicos; aumenta por el incremento de la demanda atmosférica con el calentamiento



La serie temporal recoge la tendencia general de la PDSI,

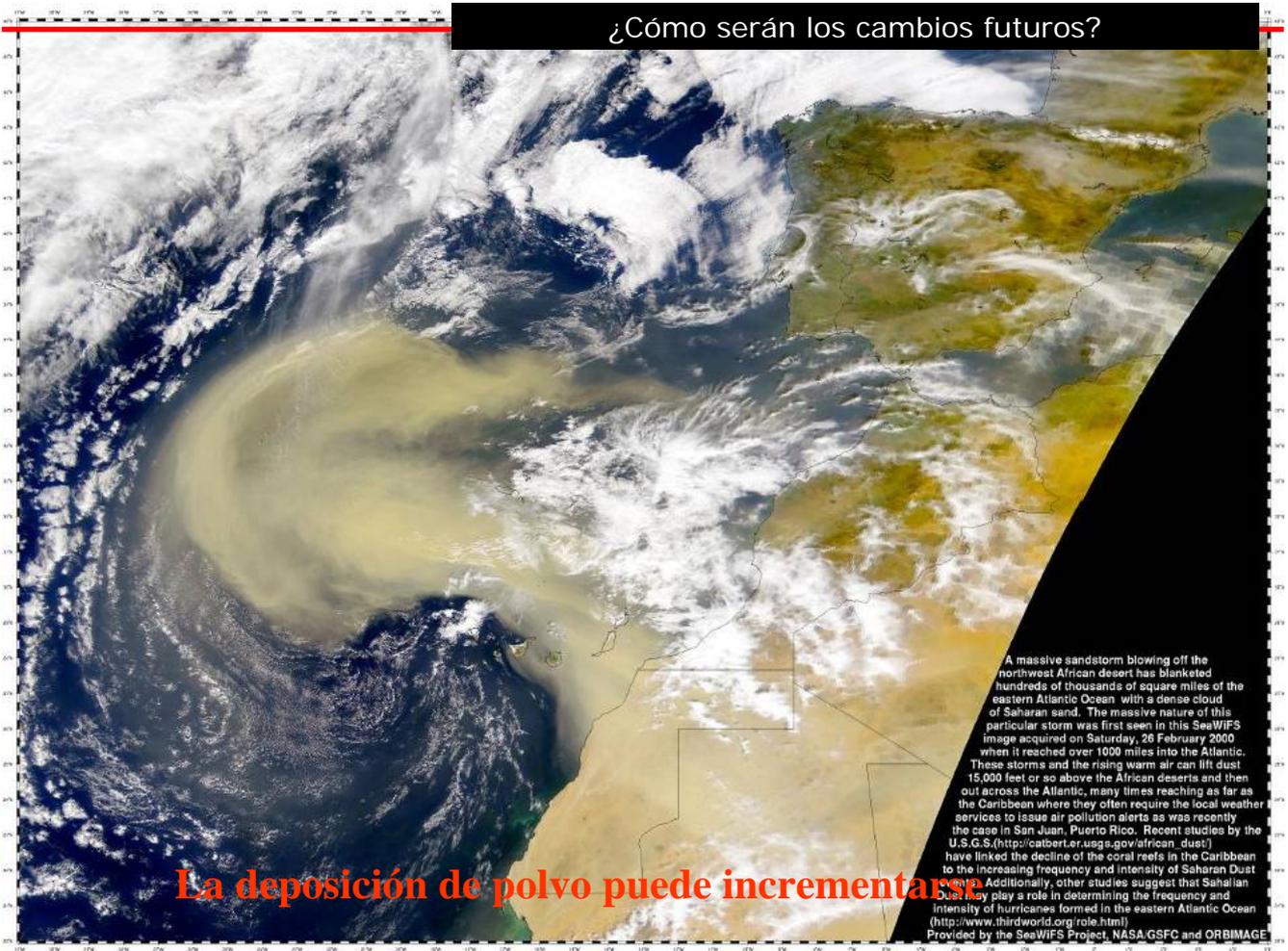
IPCC- WGI, AR4 - 2007

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

Los países de clima árido verán acentuado el problema, con descenso de las cosechas



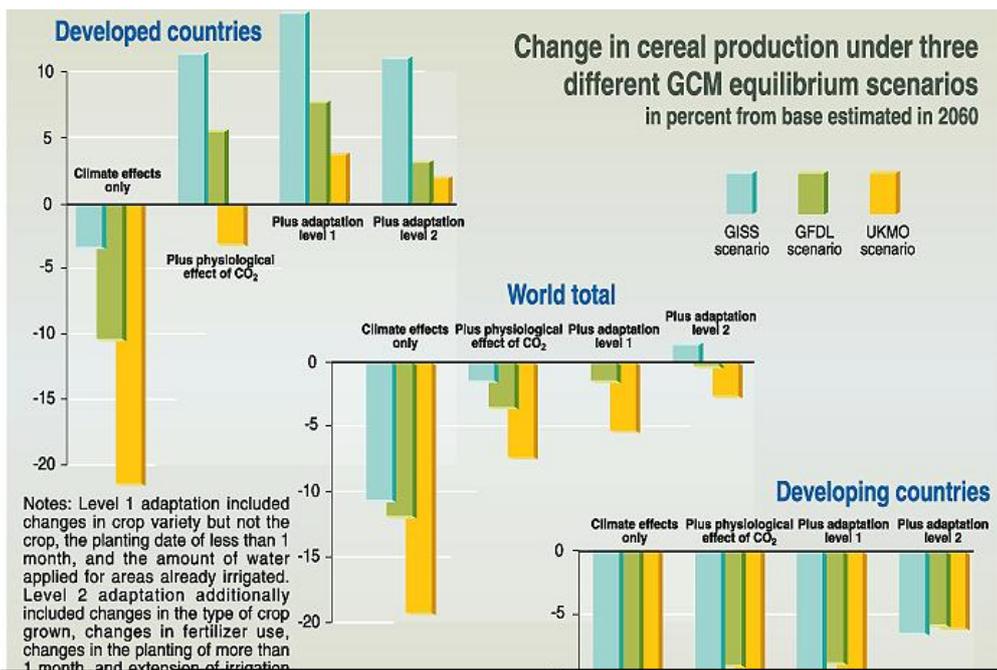
## ¿Cómo serán los cambios futuros?

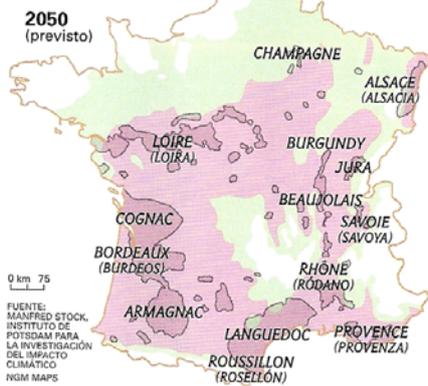


La deposición de polvo puede incrementar

## ¿Cuáles serán los efectos del cambio?

### EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD





### CAMBIO CLIMÁTICO Y VITICULTURA, 1950-2099



Los cambios climáticos afectarán a la distribución de cultivos y de variedades de muchas especies cultivadas, como el cultivo de la vid

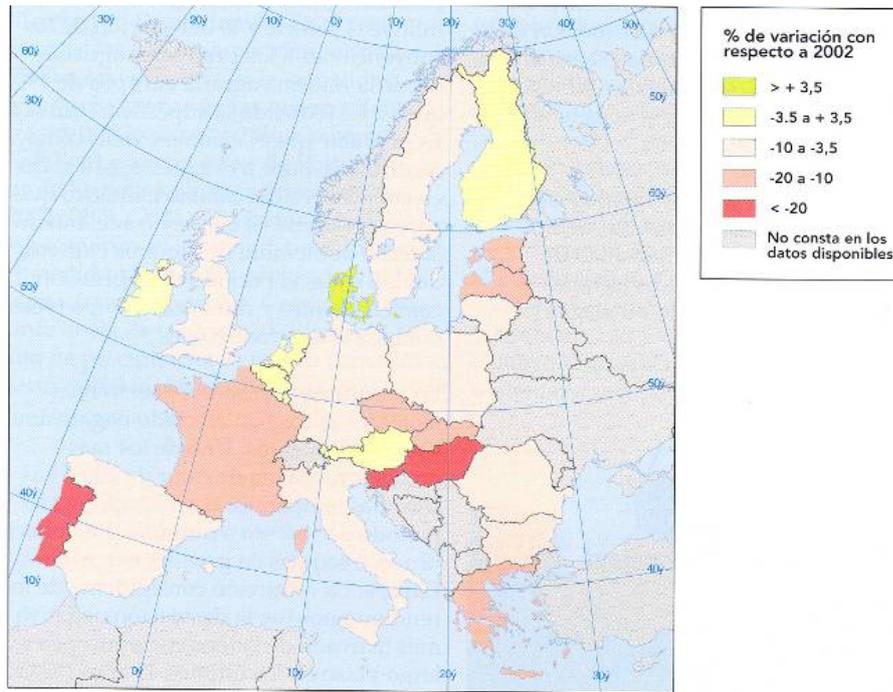
National Geographic, 2007

Las floraciones de algas carbonatadas, como en este caso el coccolitofórido *E. huxleyi*, contribuyen a la retirada del CO<sub>2</sub> atmosférico y su sedimentación hundimiento de



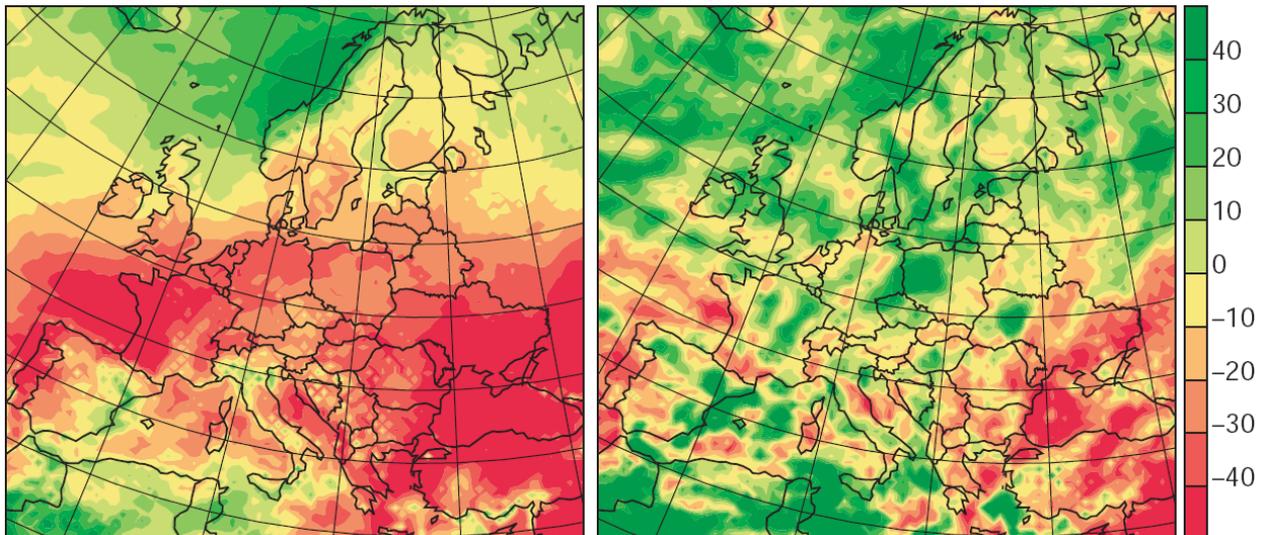
National Geographic, 2007

## Los cambios apreciados en 2003 respecto a 2002 en la producción de las cosechas da una idea del cambio posible

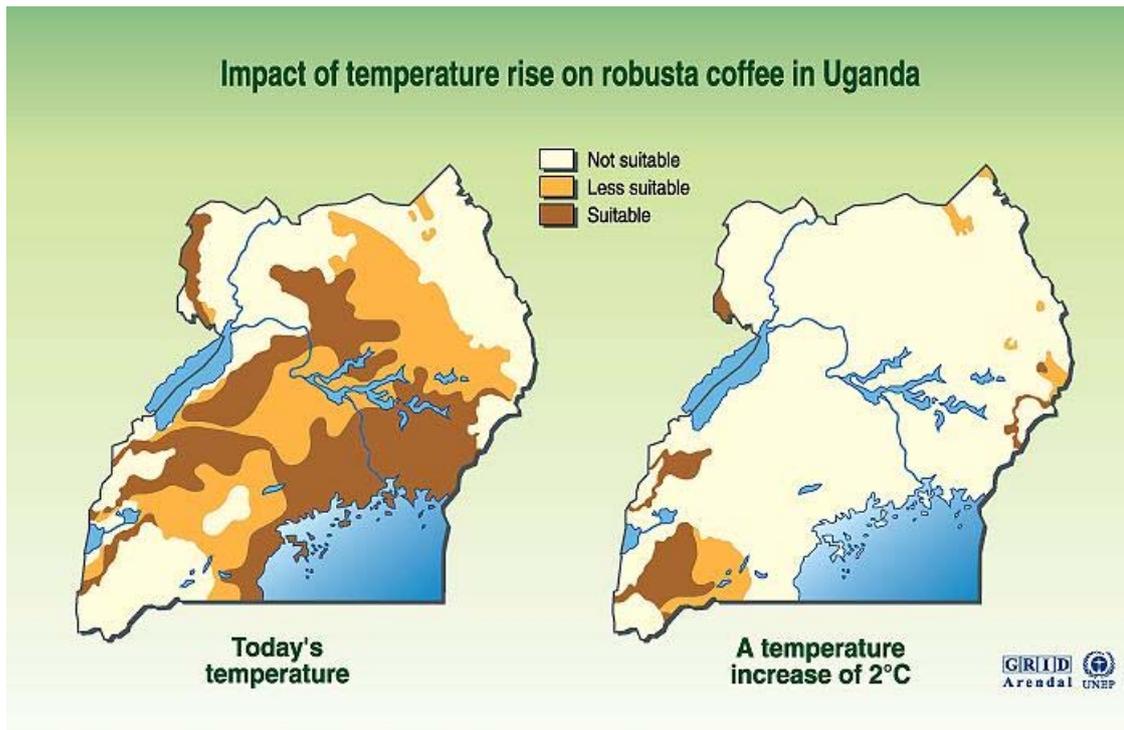


Fuente: Proyecto MARS (*Monitoring agriculture with remote sensing unit*) del Centro Común de Investigación (CCI), 2003.

## Predicciones de cambio pluviométrico porcentual del Hadley Meteorological Center

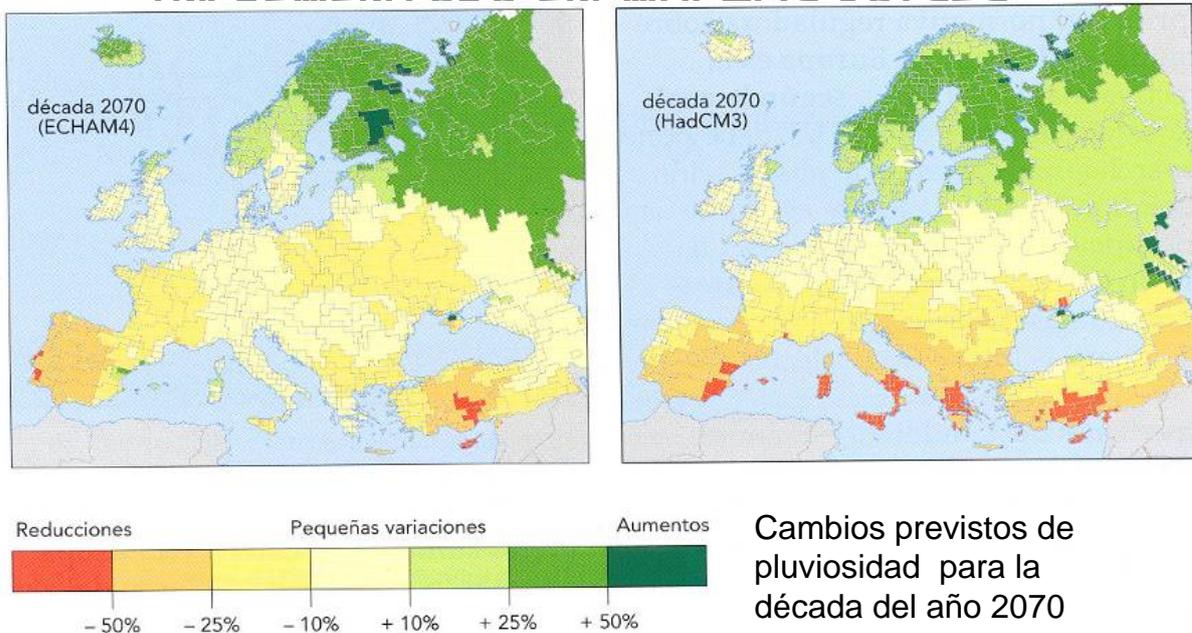


## EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD



Source: Otto Simoneit, Potential impacts of global warming, GRID-Geneva, case studies on climatic change, Geneva, 1989.

## EL PORCENTAJE DE AGUA USADA SE INCREMENTARÁ EN MUCHOS PAÍSES



**Nota:** Dos modelos climáticos diferentes (ECHAM4 y HadCM3).

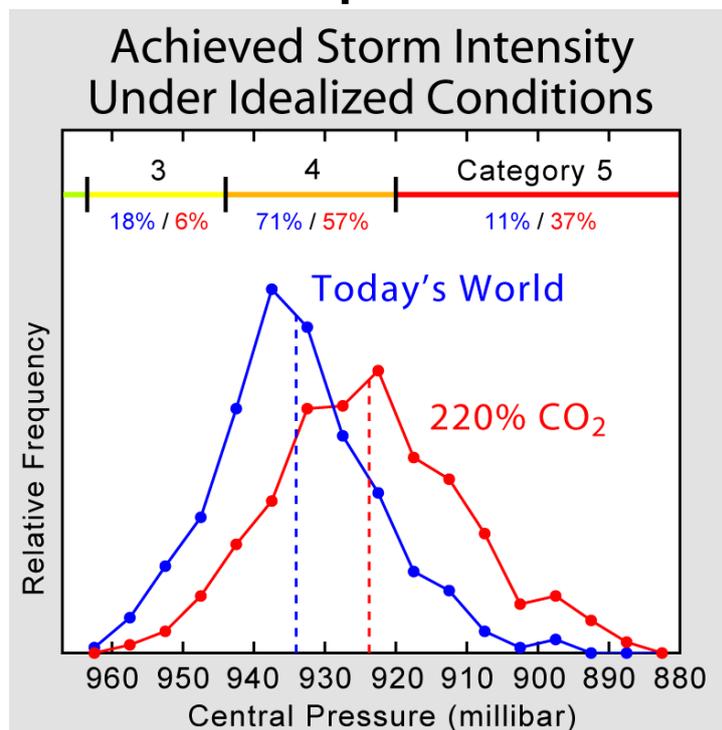
**Fuente:** Lehner et al., 2001.

## Cambio en el número y porcentaje de huracanes y tifones de categorías 4 y 5 entre dos periodos de 15 años 1975-1989 y 1990-2004 para diferentes cuencas oceánicas

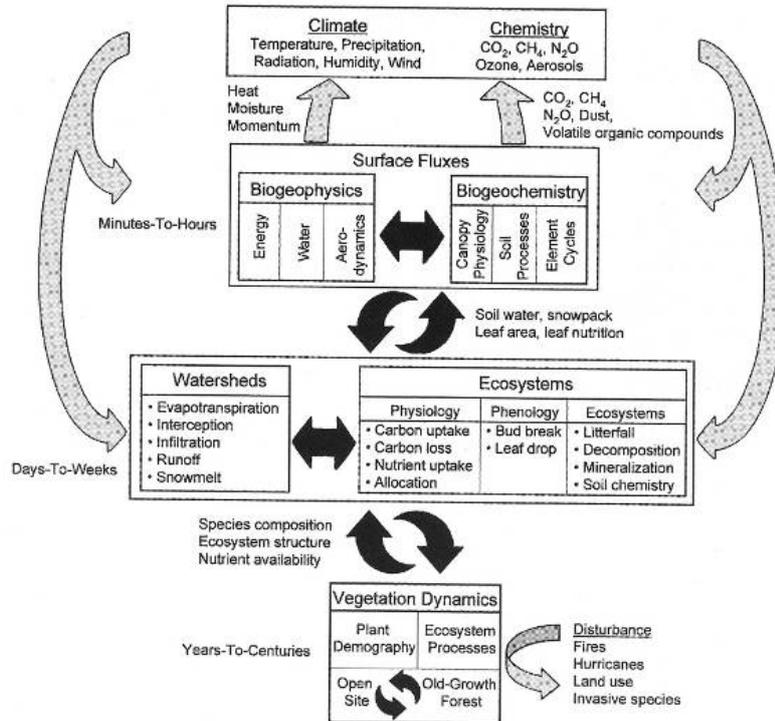
	Periodo			
	1975-1989		1990-2004	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Océano Pacífico Este	36	25	49	35
Océano Pacífico Oeste	85	25	116	41
Atlántico Norte	16	20	25	25
Pacífico Sudoeste	10	12	22	28
Indico Norte	1	8	7	25
Indico Sur	23	18	50	34

Webster et al, 2005 Science

## Cambio en el porcentaje de huracanes y tifones la categorías 3, 4 y 5 en el mundo actual y en uno con concentración de CO<sub>2</sub> 220 % del actual, y frecuencia de su presión atmosférica



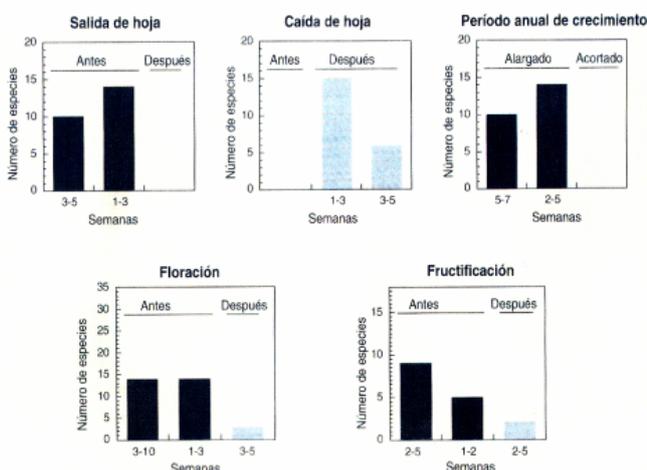
## ¿Cuáles serán los efectos del cambio?



Aspectos generales de la climatología ecológica mostrando procesos biogeofísicos y biogeoquímicos por los cuales los paisajes terrestres afectan a la meteorología y el clima, los procesos ecológico e hidrológico que gobiernan estos; y las relaciones entre los procesos componentes

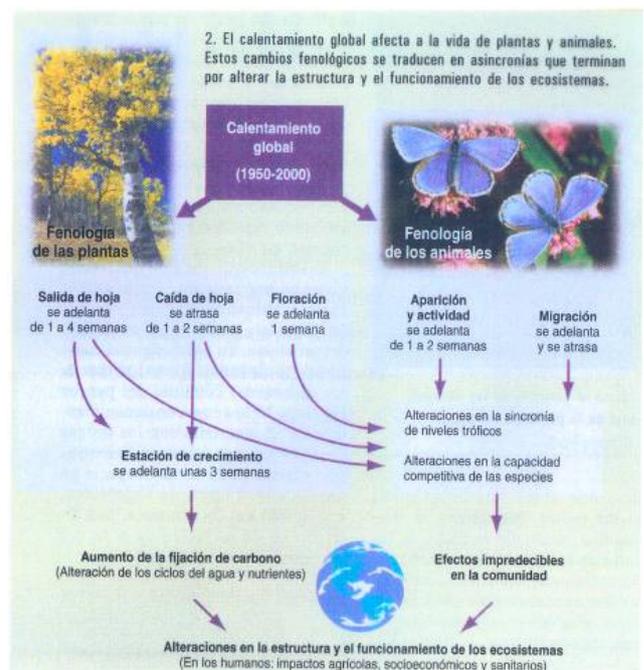
## ¿Cuáles serán los efectos del cambio?

Los cambios están afectando a fenología, y afectarán a las relaciones entre especie y por ello a los ecosistemas



1. Cambios fenológicos en especies vegetales y animales de Cardedeu (Barcelona) durante el período 1952-2000.

Peñuelas, 2005



Un primer efecto puede ser el cambio en la distribución de las especies. Muchas de las especies poseen unos rangos fisiológicos en los que pueden desarrollar su actividad. Estos rangos fisiológicos pueden estar relacionados con la temperatura, por lo que deben esperarse modificaciones de las áreas de distribución al aumentar la temperatura del agua. Los organismos más apropiados para detectar el cambio de distribuci

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

son previsibles cambios en la distribución de especies y ecosistemas



Sources: Martin Berntson, Mountain environments in changing climates, Routledge, London, 1994; Climate change 1995, Impacts, adaptations and migration of climate change, contribution of working group 2 to the second assessment report of the Intergovernmental panel on climate change (IPCC), UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

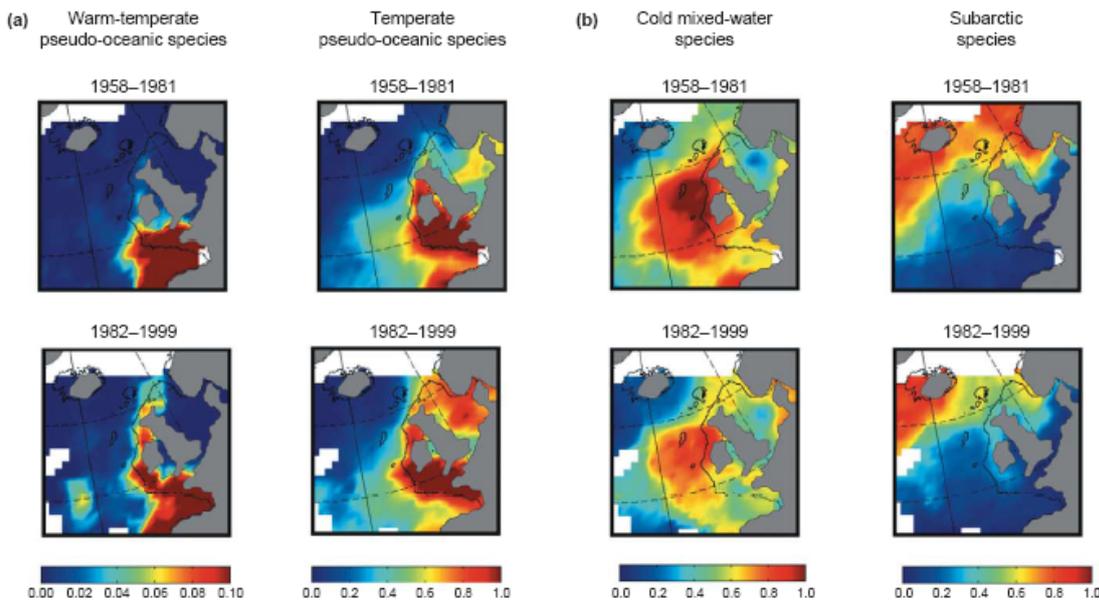
Forest composition current and projected ranges of beech trees in North America



Distribución actual y proyectada de las hayas de Norte América, según las previsiones de dos modelos climáticos

GRID Arendal UNEP  
Source: US Environmental Protection Agency (EPA), 1998.

¿Cuáles serán los efectos del cambio?

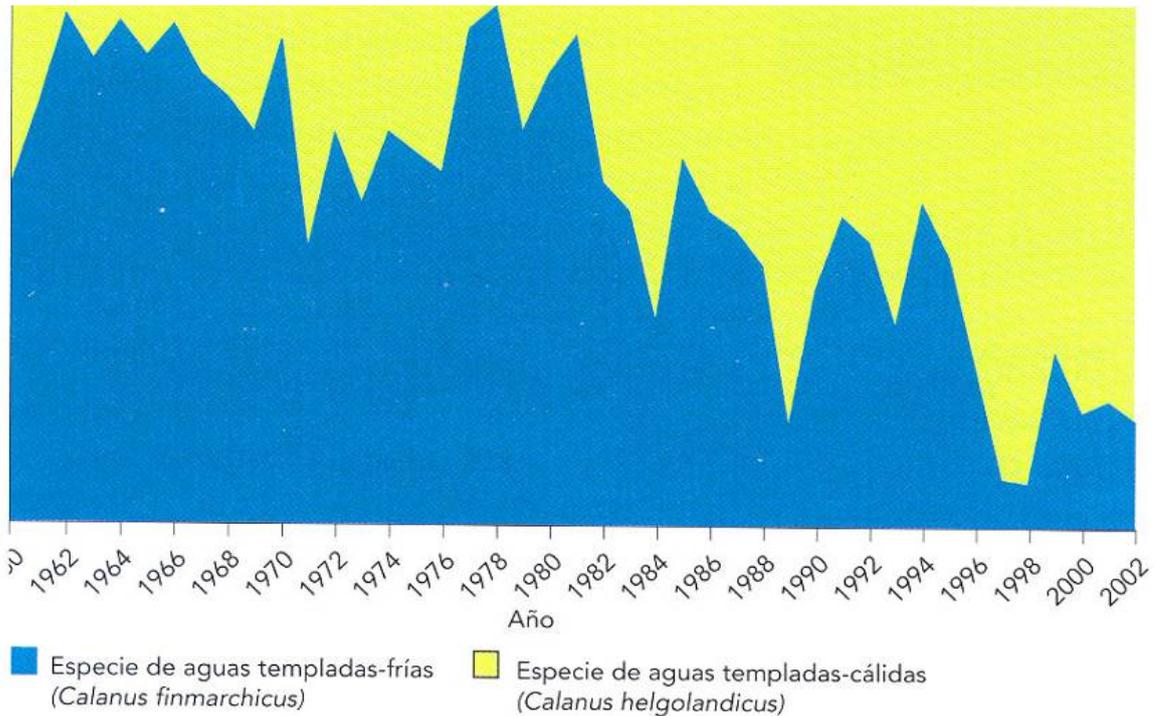


Beaugrand et al, Nature 2001

Desplazamiento hacia el norte de las comunidades de zooplancton en el Atlántico Noroeste

El análisis de las asociaciones de copépodos calanoides revela un desplazamiento de 1000 km hacia el norte de las especies de aguas templadas en los últimos 40 años

Los cambios en la composición del zooplancton, las presas de muchas larvas de peces, pueden afectar a su reclutamiento,

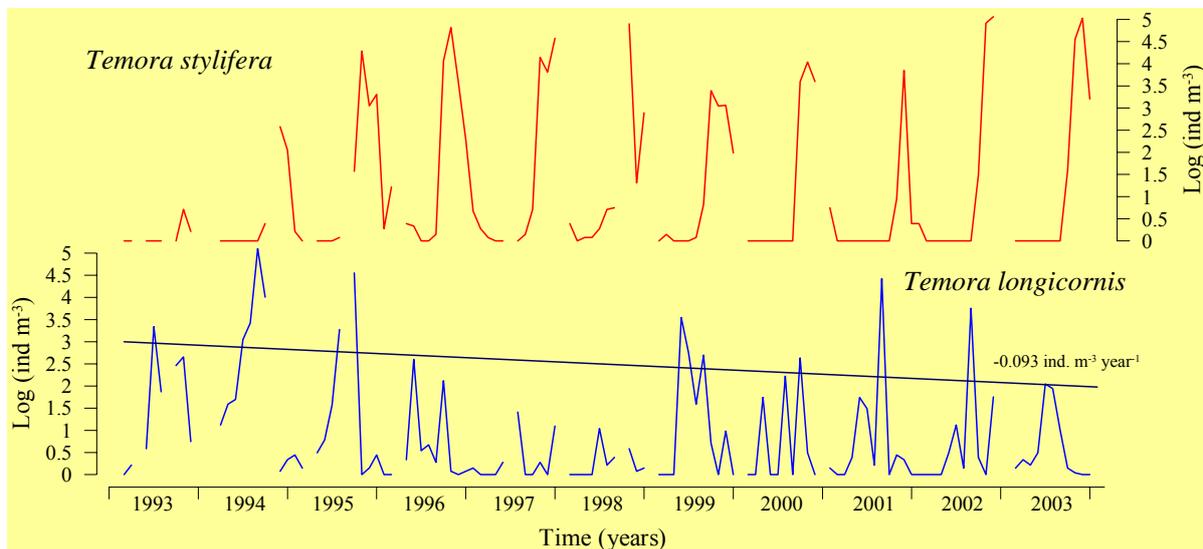


Fuente: Edwards, SAHFOS, 2003.

### Cambios de distribución del Zooplancton

Los cambios de distribución o de abundancia se pueden producir de formas muy diferentes

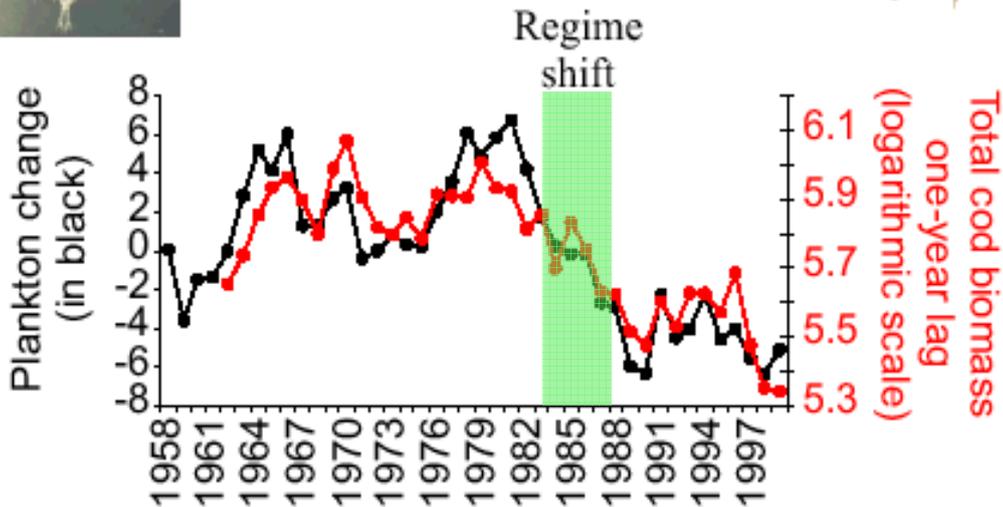
En el Golfo de Vizcaya la especie de *Temora* de la especie cálido templada se ha incrementado muy rápido, mientras decrece lentamente la abundancia de la especie mas frecuente



(Llope et al. 2004)

Los cambios en la composición del zooplancton, las presas de muchas larvas de peces, pueden afectar a su reclutamiento,

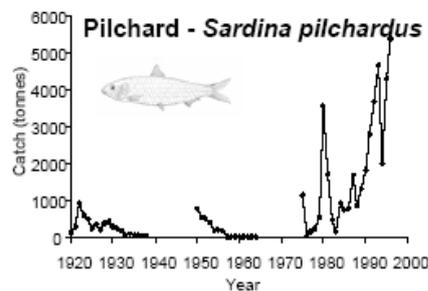
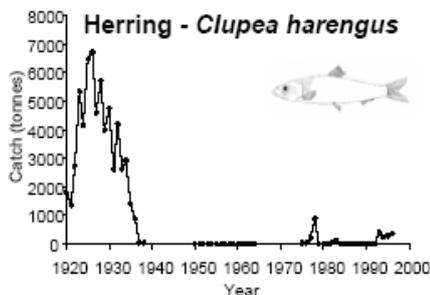
El caso del bacalao en el Mar del Norte, El cambio más importante para el bacalao consistió en la reducción de su presa, el copépodo *Calanus finmarchicus* (en la foto)



Beauprand et al, 2003 Nature

Otro ejemplo, distribución general dos especies explotadas de peces pelágicos

Cambios en los desembarcos en el puerto de Plymouth, reflejo de los cambios de distribución de las especies



Arenque

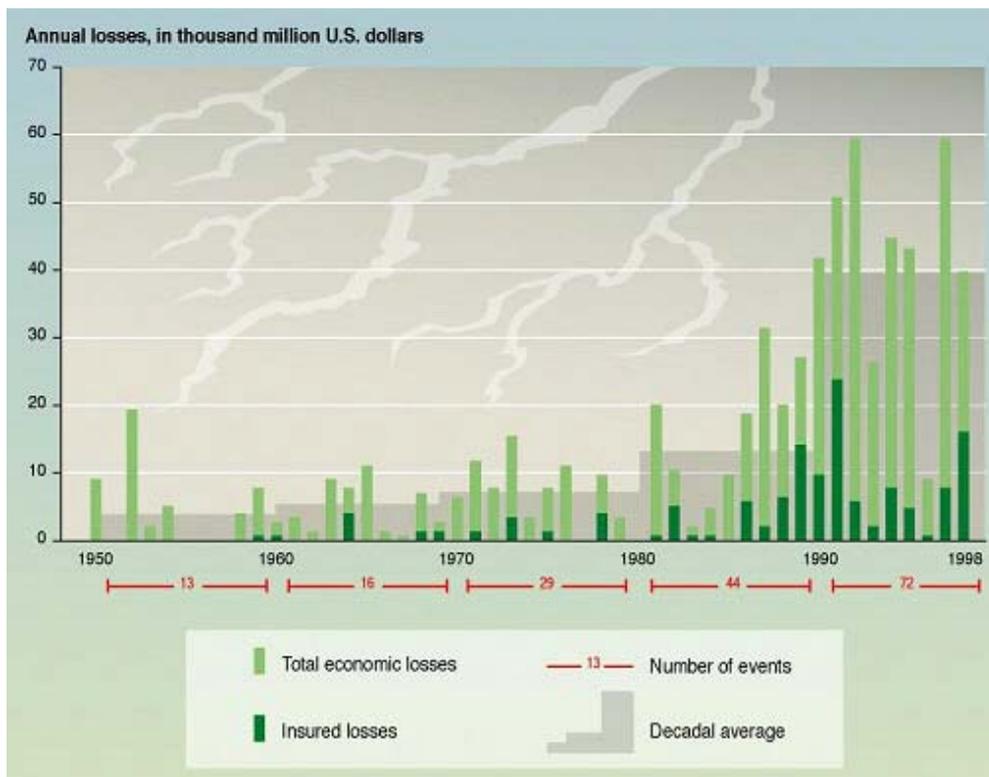


Sardina



Hawkins, 2005

# Los daños económicos relacionados con el clima se han incrementado

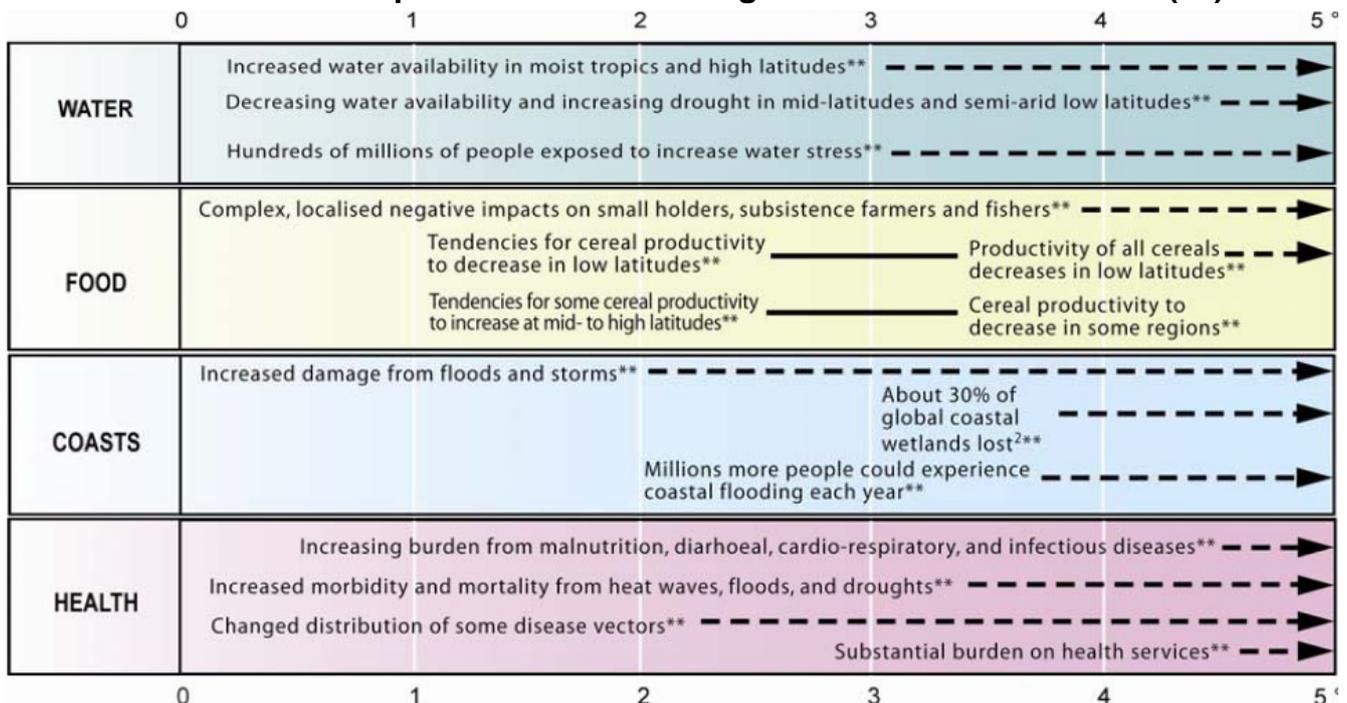


## Lo que vemos del Cambio Climático

Impactos clave como función del incremento de la temperatura global

Los impactos variarán con la extensión de la adaptación, la tasa de incremento de la temperatura y la organización socioeconómica

Cambio de la temperatura media anual global relativa a 1980-1999 (°C)

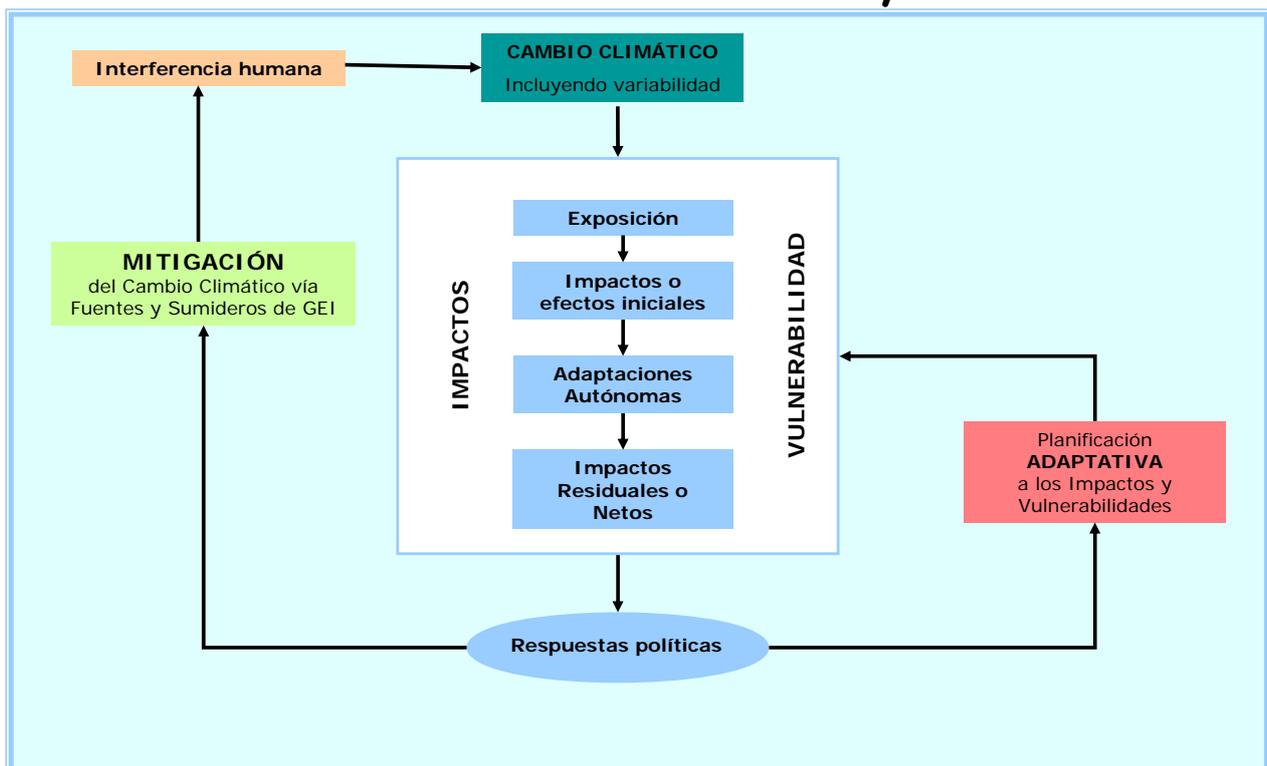


# ¿PODEMOS HACER ALGO PARA REDUCIR LOS IMPACTOS ?

- Mitigar las causas del cambio
- Adaptarse para disminuir la vulnerabilidad
  
- Necesitamos predecir mejor los efectos del cambio
- Necesitamos planificar la actividad humana para minimizar los efectos del cambio

¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?

Las posibilidades de respuesta humana necesitan de una cadena de conocimientos y acciones



## Fuentes energéticas y su duración estimada

Carbón	249 años	CO <sub>2</sub>	Calentamiento Global
Petróleo	56 años	CO <sub>2</sub>	Calentamiento Global
Gas	43 años	CO <sub>2</sub>	Calentamiento Global
Fisión	65 años	Residuos radioactivos	miles años

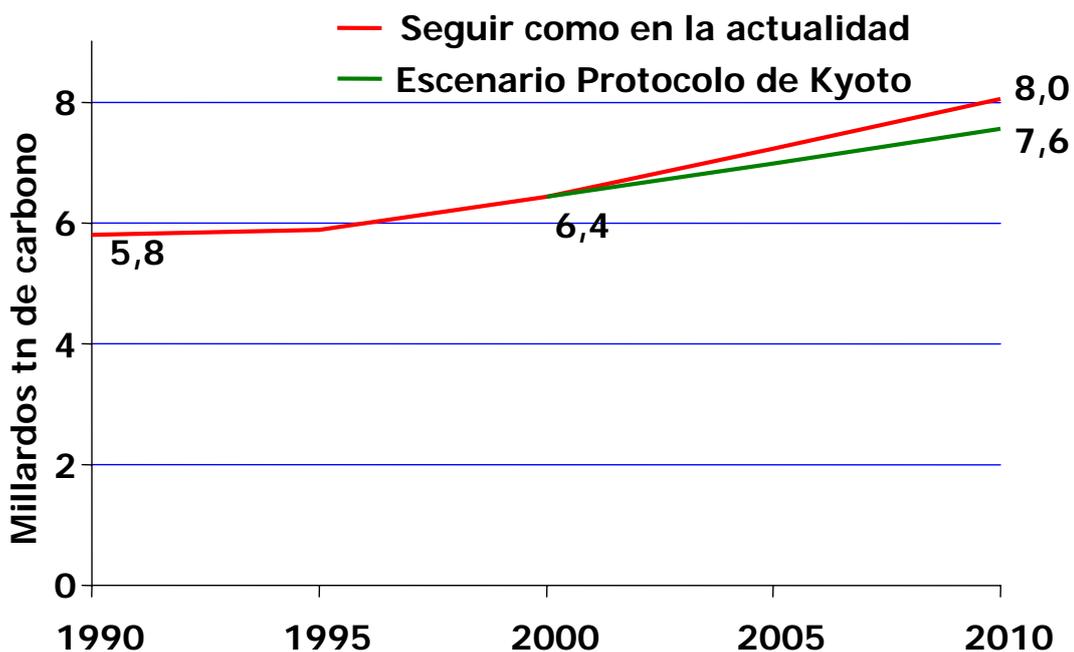
### Fuentes energéticas alternativas

eólica, fotovoltaica, solar-térmica, mareal, geotérmica, biomasa-residuos, con desarrollo potencial, Potencialmente podrían contribuir a una disminución en la tasa de calentamiento, dado que no emiten GEI

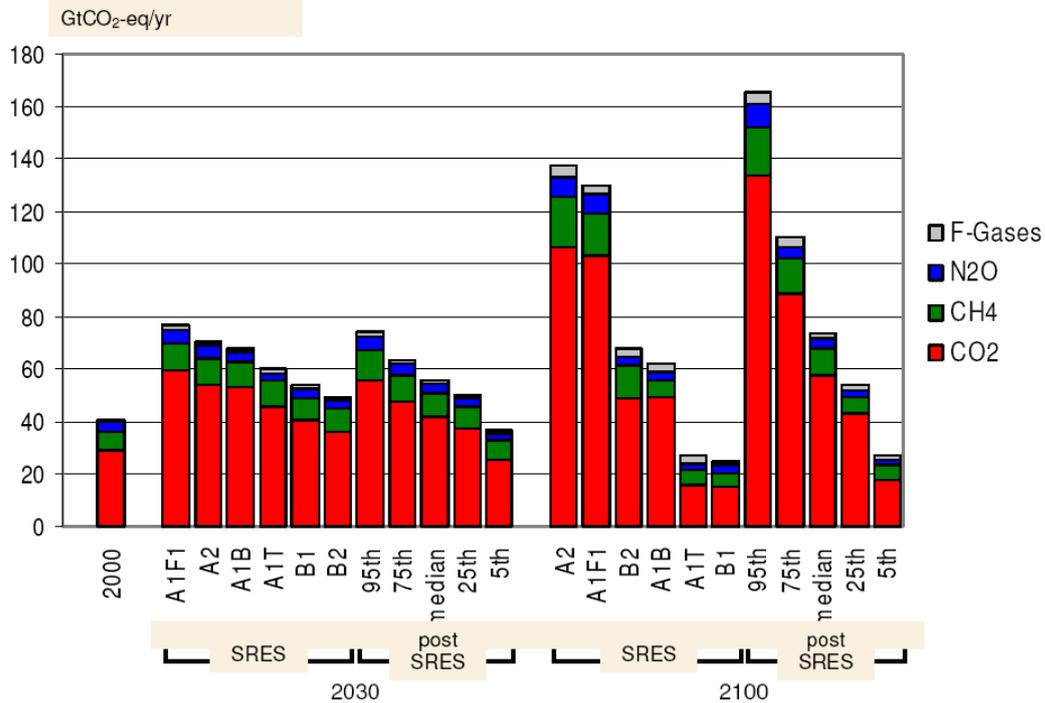
### Fuentes energéticas posibles

Fusión (H y He) y Fisión del torio, en un futuro de 50 años

## ¿Cuanto reduciría las emisiones el Protocolo Kioto?



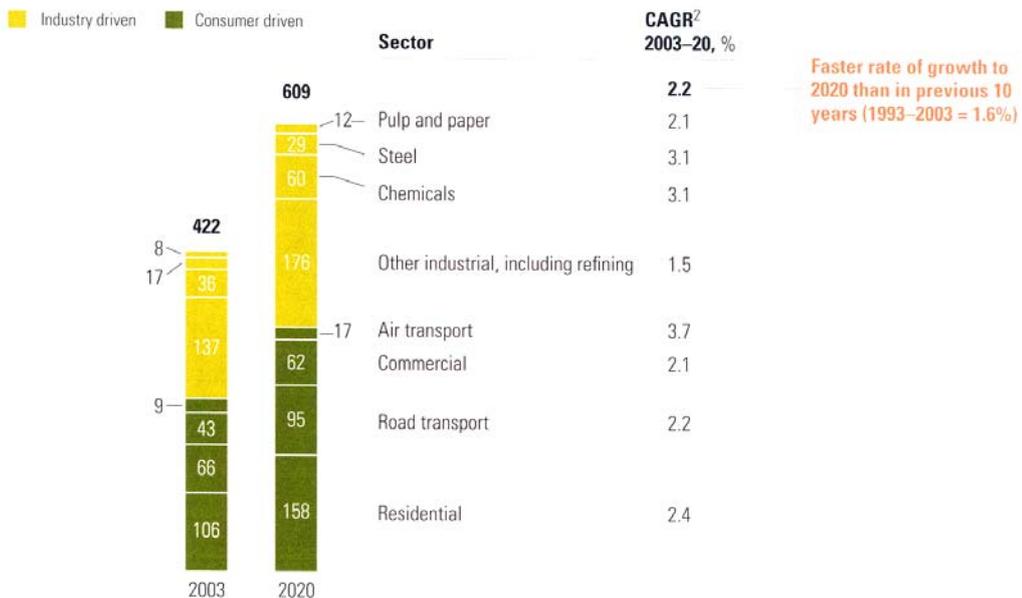
**Emisiones Globales de GEI para 2000 y línea de base de emisiones proyectada para 2030 y 2100 a partir de los SRES IPCC y la literatura post-SRES, La figura provee las emisiones para seis escenarios SRES ilustrativos, También provee la distribución de frecuencias de las emisiones en escenarios de emisión en post-SRES (percentiles; 5 %, 25%, mediana, 75%, 95%)**



## Incremento previsto de demanda de energía final, en mil billones de Unidades Térmicas Británicas

### Parsing demand by sector

Projected growth in global end-use energy demand, quadrillion British thermal units (QBTUs)<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Base-case "business-as-usual" scenario; assumes global GDP growth of 3.2% and oil price of \$50 a barrel; power generation losses (eg, during generation and distribution) have been allocated to end-use segments.

<sup>2</sup> Compound annual growth rate.

Source: McKinsey Global Institute analysis

# Mejoras en la eficiencia energética, en Dólares por mil billones de Unidades Térmicas Británicas

## Improvements in energy productivity

Energy productivity, GDP in \$ billion per quadrillion British thermal units (QBTUs)

	1980	CAGR <sup>1</sup> 1980–90, %	1990	CAGR <sup>1</sup> 1990–2003, %	2003	Base-case CAGR <sup>1</sup> 2003–20, %	2020 <sup>2</sup>
European Union <sup>3</sup>	101.5	1.8	120.9	1.0	137.9	1.0	162.6
United States	71.8	2.6	93.0	1.5	112.2	2.2	161.9
Arab Gulf <sup>4</sup>	63.4	-5.8	34.9	-1.1	30.3	0.1	30.6
China	10.5	4.7	16.5	5.2	31.8	2.4	47.5
OECD <sup>5</sup> total	88.1	2.2	110.1	0.9	123.5	1.3	154.6
Non-OECD <sup>5</sup> total	20.8	1.9	25.2	3.1	37.5	1.9	51.3
World average	59.2	1.6	69.7	1.0	79.4	1.0	94.2

<sup>1</sup>Compound annual growth rate; 2003–20 CAGR reflects base-case scenario.

<sup>2</sup>Base-case "business-as-usual" growth scenario; assumes global GDP growth of 3.2% and oil price of \$50 a barrel.

<sup>3</sup>EU15: Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Portugal, Spain, Sweden, United Kingdom; 2003 data and 2020 projection are for northwestern Europe (Belgium, France, Germany, Iceland, Ireland, Luxembourg).

<sup>4</sup>Includes Bahrain, Iran, Iraq, Kuwait, Kyrgyzstan, Oman, Pakistan, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, United Arab Emirates, Yemen.

<sup>5</sup>Organisation for Economic Co-operation and Development; 2003 data and 2020 projection include North Africa.

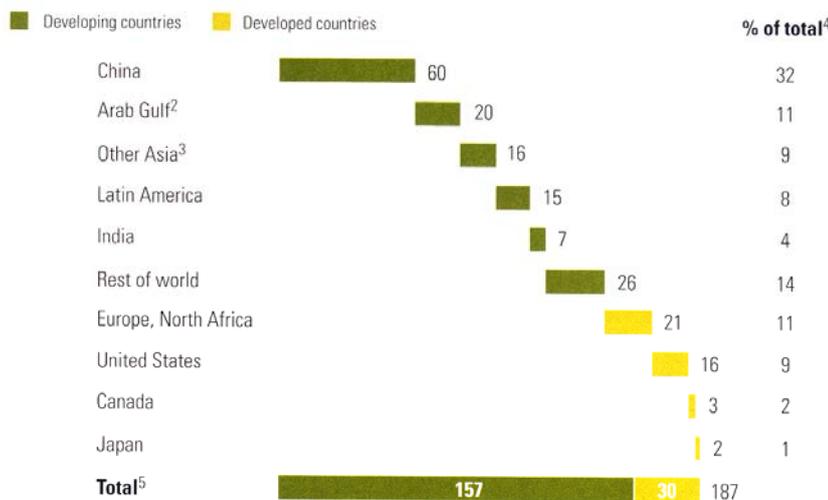
Source: International Energy Agency (IEA); Global Insights; McKinsey Global Institute analysis

Farrell et al, 2007. Mackinsey Quarterly

# Incremento previsto de demanda de energía, en Dólares por mil billones de Unidades Térmicas Británicas

## The energy appetite

End-use energy demand growth by region, 2003–20, QBTUs<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Quadrillion British thermal units.

<sup>2</sup>Includes Bahrain, Iran, Iraq, Kuwait, Kyrgyzstan, Oman, Pakistan, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, United Arab Emirates, Yemen.

<sup>3</sup>Data include the developed country Australia.

<sup>4</sup>Figures do not sum to 100%, because of rounding.

<sup>5</sup>Figures for developing and developed countries do not sum to totals, because the regional groupings in some instances do not break out those categories.

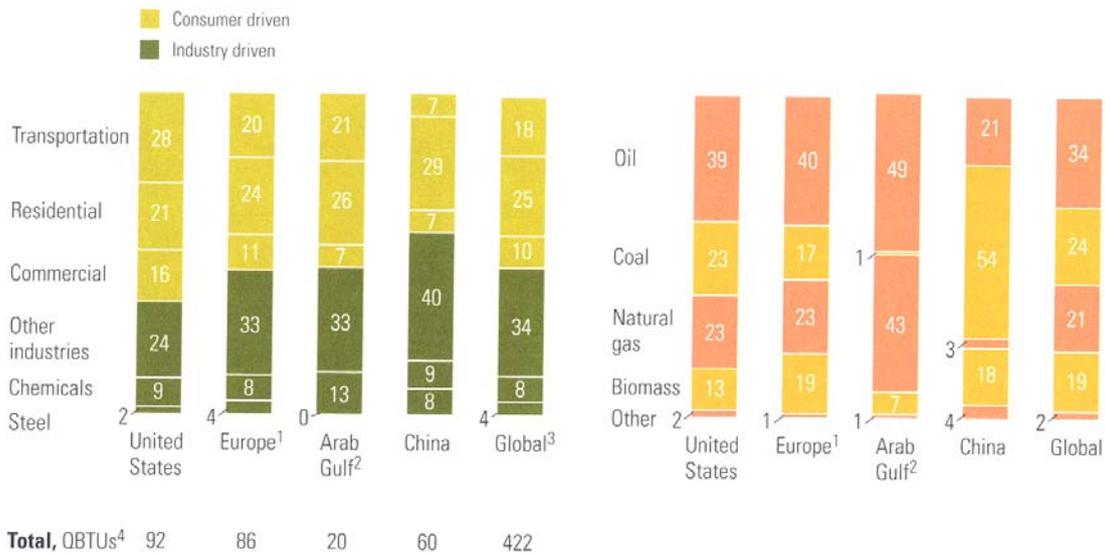
Source: McKinsey Global Institute analysis

Farrell et al, 2007. Mackinsey Quarterly

# Uso de energía de regiones por sector y fuente, en Dólares por mil billones de Unidades Térmicas Británicas

End-use energy demand by sector, 2003, %

Primary demand by fuel, 2003, %



<sup>1</sup>Includes Baltic states; Eastern Europe; northwestern Europe (Belgium, France, Germany, Iceland, Ireland, Luxembourg); Mediterranean, including North Africa.

<sup>2</sup>Includes Bahrain, Iran, Iraq, Kuwait, Kyrgyzstan, Oman, Pakistan, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, United Arab Emirates, Yemen; figures for primary demand by fuel do not sum to 100%, because of rounding.

<sup>3</sup>Figures do not sum to 100%, because of rounding.

<sup>4</sup>Quadrillion British thermal units.

Source: McKinsey Global Institute analysis

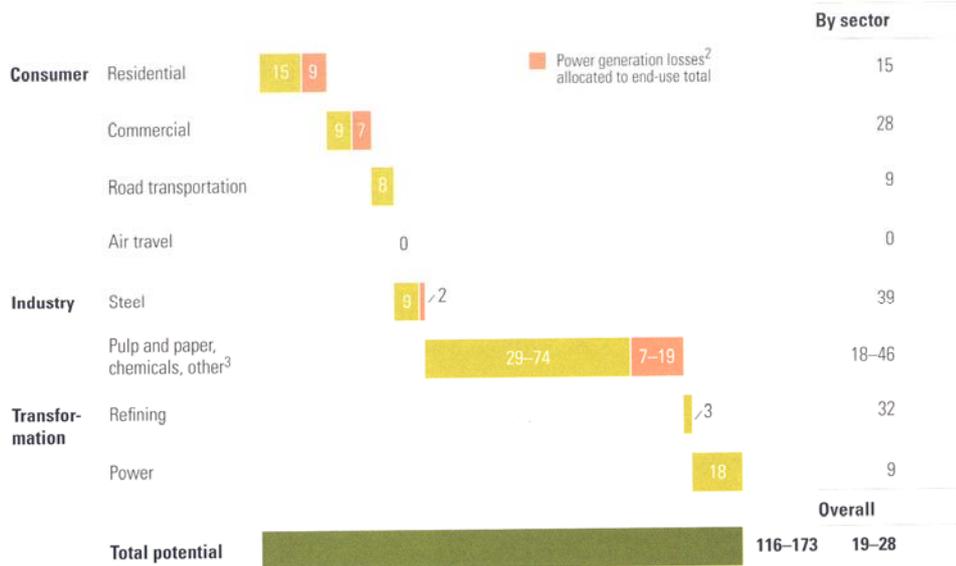
Farrell et al, 2007. Mackinsey Quarterly

# Mejoras previsibles de eficiencia energética, en mil billones de Unidades Térmicas Británicas

## Opportunities in conventional technologies

Potential improvement in energy productivity, QBTUs<sup>1</sup>

% of total projected end-use demand, 2020



<sup>1</sup>From conventional technologies with internal rate of return  $\geq 10\%$ ; QBTUs = quadrillion British thermal units.

<sup>2</sup>For example, during generation and distribution.

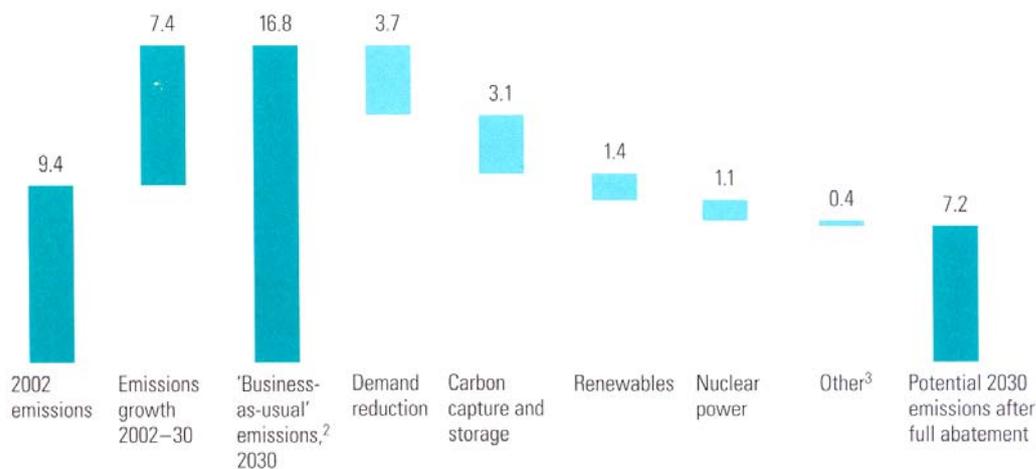
<sup>3</sup>For example, cement, food processing.

Source: McKinsey Global Institute analysis

Farrell et al, 2007. Mackinsey Quarterly

## Reducción potencial de emisiones de GEI en el sector energético Abatement potential in the power sector

Emissions development and abatement potential in power sector, greenhouse gases measured in GtCO<sub>2</sub>e per year by 2030 (costing ≤ €40 per ton)<sup>1</sup>



<sup>1</sup>GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent; figures do not sum to 100%, because of rounding.

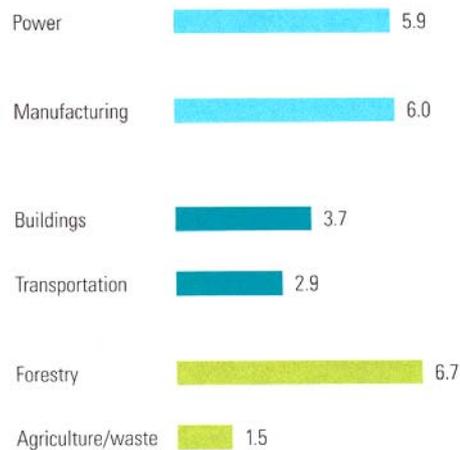
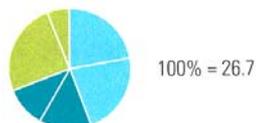
<sup>2</sup>“Business as usual” based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.

<sup>3</sup>For example, coal-to-gas shift beyond “business as usual,” improved efficiency in existing plants; these measures compete with other measures and could have higher impact on abatement in other abatement scenarios.

Enkvist et al, 2007. Mackinsey Quarterly

## Reducción potencial de emisiones de GEI por sectores

Abatement potential for greenhouse gases by sector, GtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup> per year by 2030 (costing up to €40 per ton)



### Possible abatement measures (examples)

- Renewables (wind, solar, biomass)
- Nuclear
- Carbon capture and storage
- Energy efficiency (eg, cogeneration, process shift)
- Fuel switching (eg, biofuels)
- Carbon capture and storage in industrial process
- Improved building insulation, heating/cooling efficiency
- Energy efficiency in lighting, appliances
- Fuel-efficient vehicles
- Biofuels
- Deforestation avoided
- Afforestation/reforestation
- Capture of methane from landfills
- New agricultural methods without tillage<sup>2</sup>

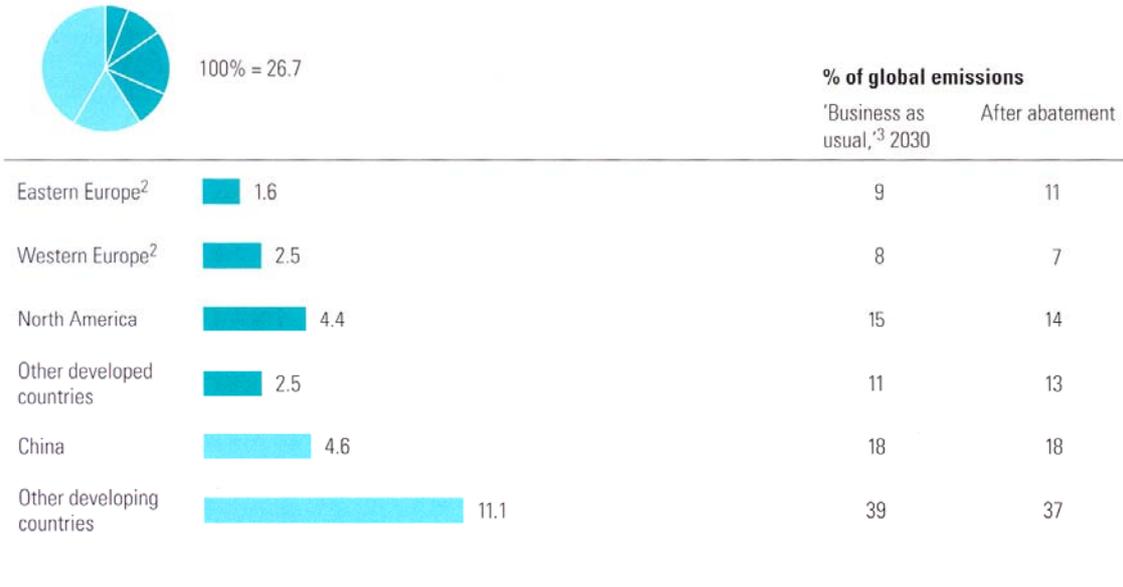
<sup>1</sup>GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent.

<sup>2</sup>Reduces CO<sub>2</sub> emissions from soil.

Enkvist et al, 2007. Mackinsey Quarterly

# Reducción potencial de emisiones de GEI por regiones

Abatement potential for greenhouse gases by region, GtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup> per year by 2030 (costing up to €40 per ton)



<sup>1</sup> GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent.

<sup>2</sup> Eastern Europe includes former Soviet Union and Balkans; Western Europe includes EU<sub>25</sub> plus Iceland, Norway, Switzerland, Turkey, minus Baltic states.

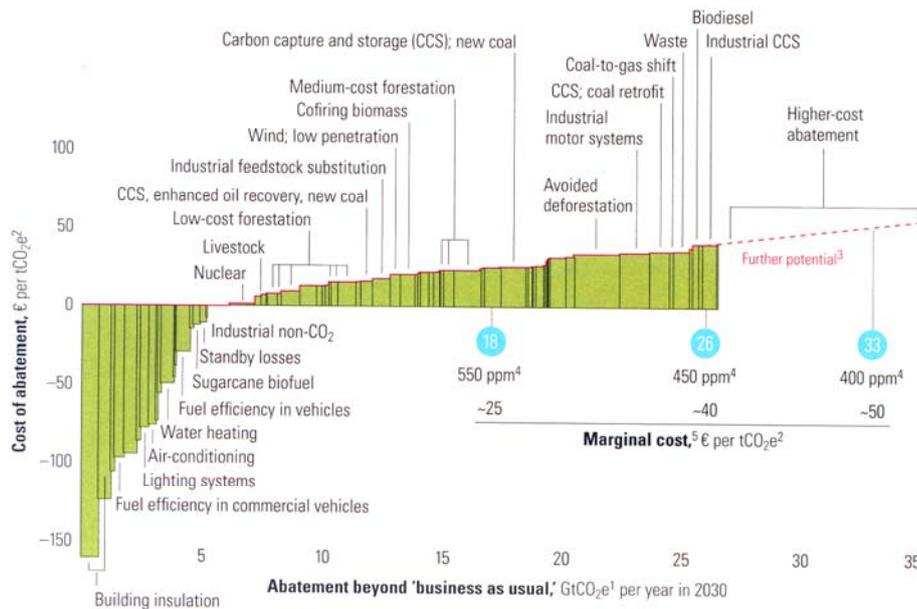
<sup>3</sup> "Business as usual" based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.

Enkvist et al, 2007. Mackinsey Quarterly

# Curva de costes de reducción de emisiones de GEI

Global cost curve for greenhouse gas abatement measures beyond "business as usual"; greenhouse gases measured in GtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup>

● Approximate abatement required beyond "business as usual," 2030



<sup>1</sup> GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent; "business as usual" based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.

<sup>2</sup> tCO<sub>2</sub>e = ton of carbon dioxide equivalent.

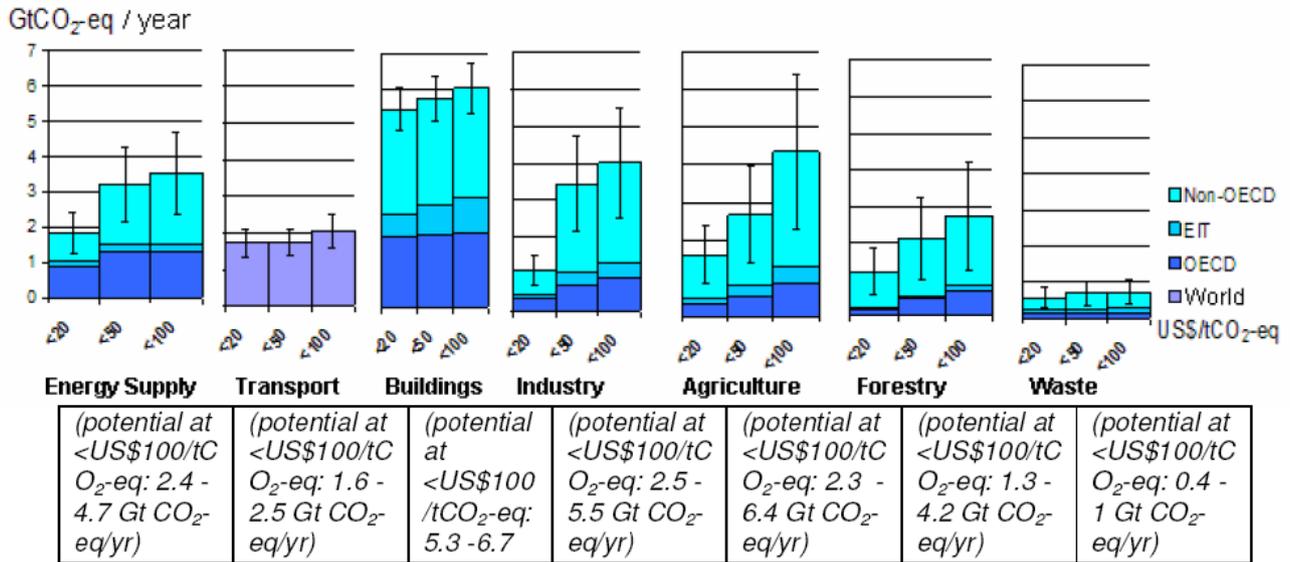
<sup>3</sup> Measures costing more than €40 a ton were not the focus of this study.

<sup>4</sup> Atmospheric concentration of all greenhouse gases recalculated into CO<sub>2</sub> equivalents; ppm = parts per million.

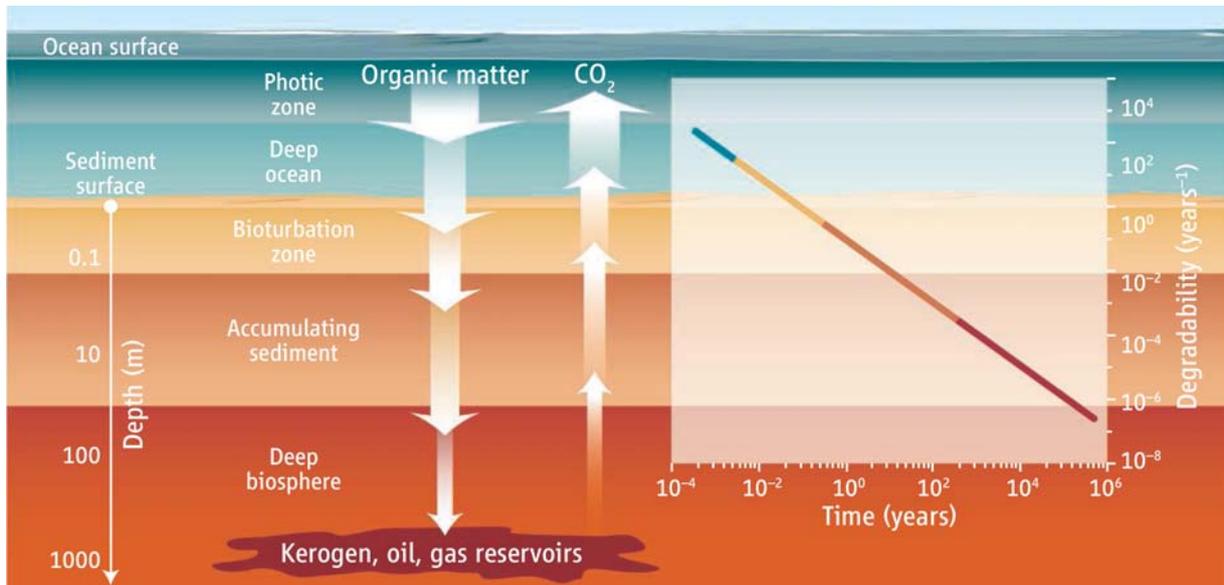
<sup>5</sup> Marginal cost of avoiding emissions of 1 ton of CO<sub>2</sub> equivalents in each abatement demand scenario.

Enkvist et al, 2007. Mackinsey Quarterly

**Potencial económico sectorial estimado de mitigación global para diferentes regiones como función del precio del carbono (CO<sub>2</sub>-eq) en 2030 en estudios bottom-up, comparados con las líneas de base respectivas asumidas en el sector de evaluación,**

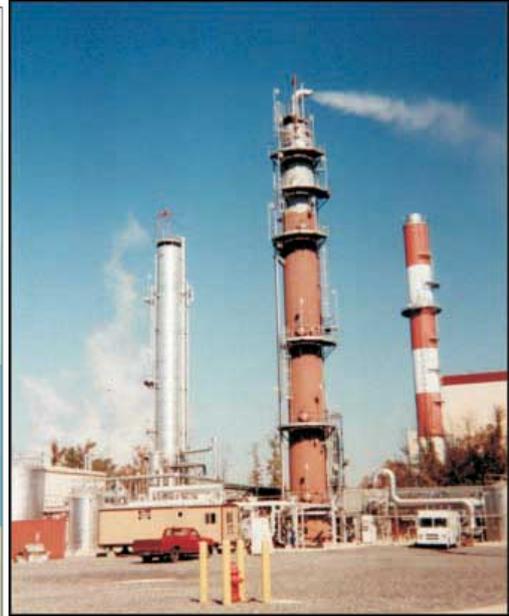
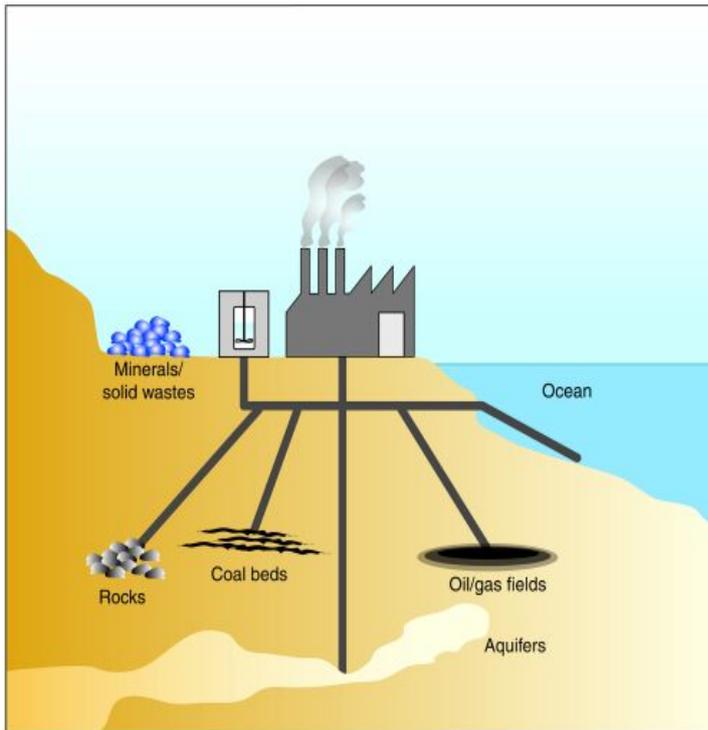


IPCC - AR4



Carbon burial and degradation. Organic matter is transferred from the photic zone of the upper ocean to the sediments of the deep biosphere (left). During this transfer, organic matter is continuously degraded, yet the rate of degradation slows with time. Data from sediment cores, laboratory degradation experiments, and sediment traps show that the decay constant follows a power law with time (that is, with increasing depth in sediment) (4) (right). Rothman and Forney now propose a mechanistic model that explains this power-law degradation behavior.

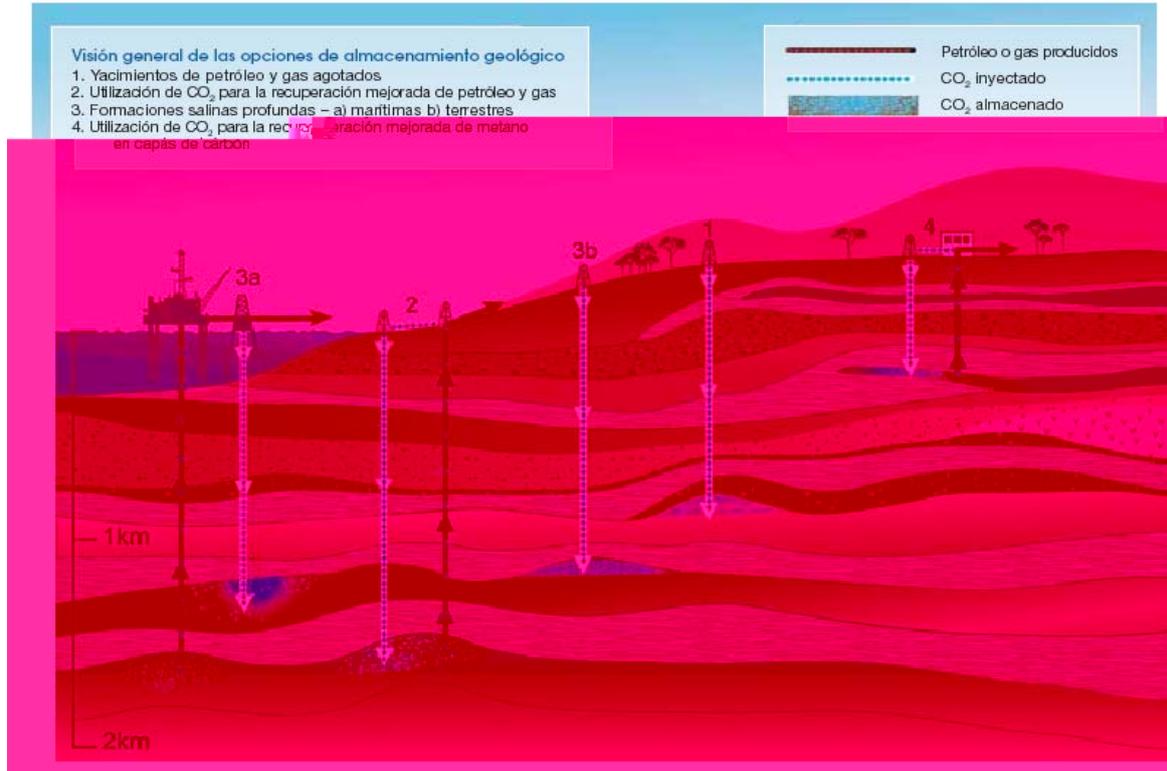
# Enterramiento de $CO_2$



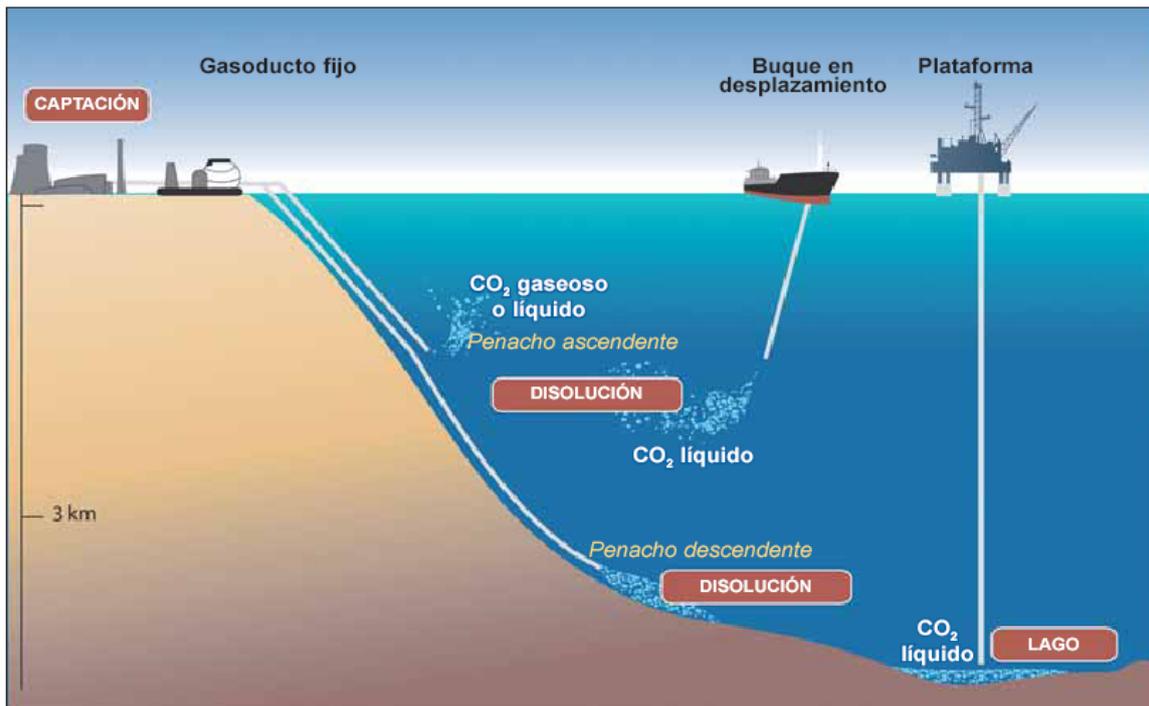
## Planta Sleipner (Mar Noruega) de producción de gas y petróleo con separación e inyección de $CO_2$



## Sumideros Geológicos



## Sumideros Oceánicos



¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?



El oceano profundo puede almacenar 500 PgC (50-80 años) con un descenso del pH de 0.2



¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?



Puestas de sol más brillantes después (derecha) que antes (izquierda) de la erupción del Volcán Pinatubo en 1991



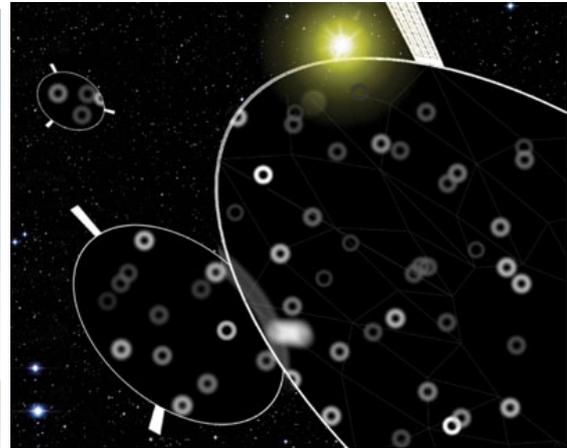
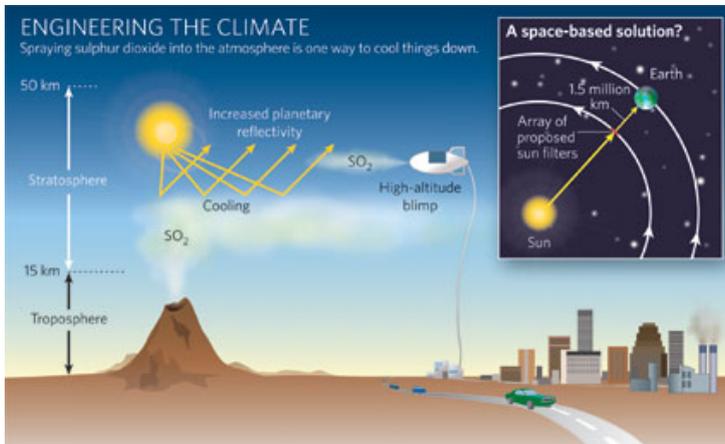
El dióxido de azufre inyectado por el Volcán Pinatubo en la estratosfera actuó como un filtro de los rayos solares

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera



La polución atmosférica también reduce el efecto del Sol en la atmósfera

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera



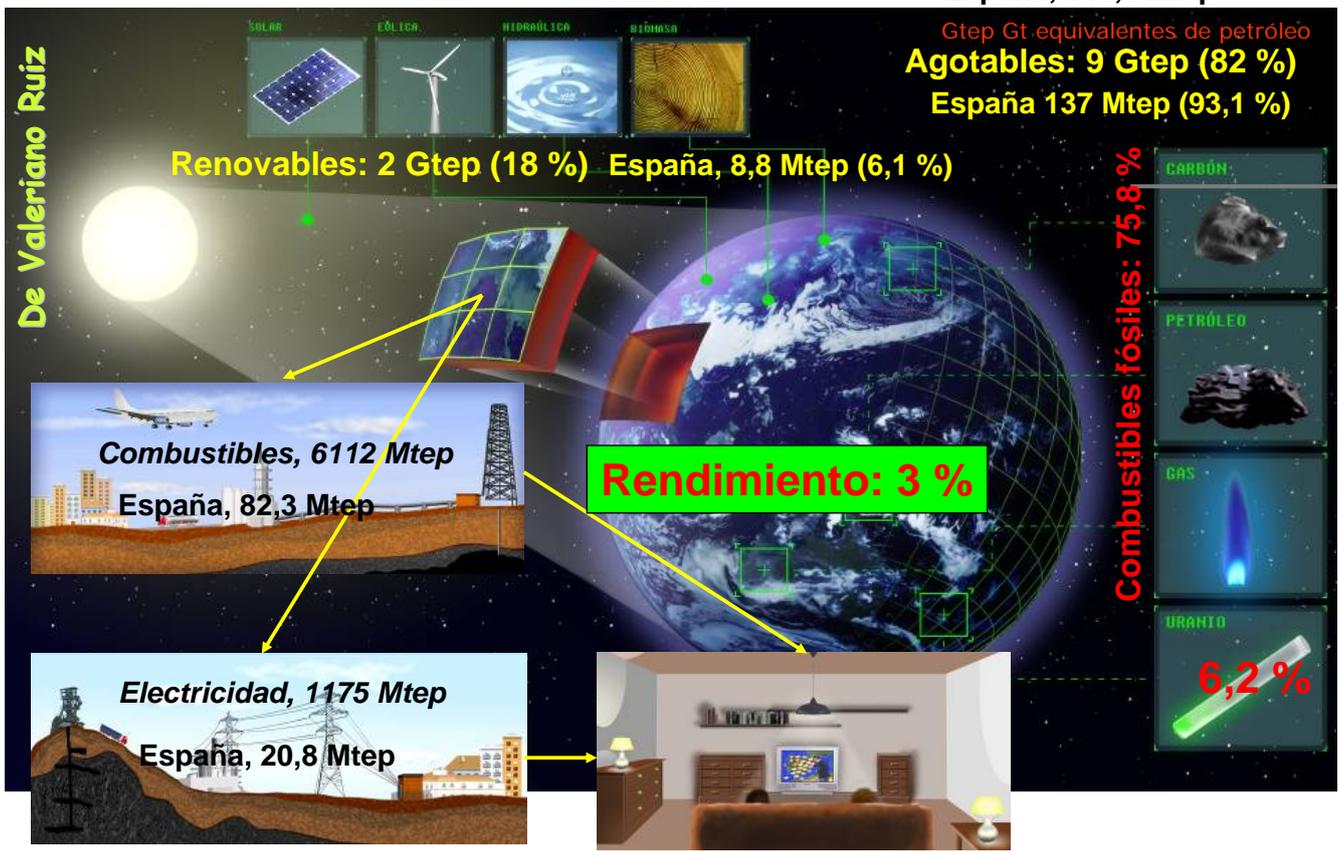
Inyectar dióxido de azufre en la estratosfera es una de las opciones. Lo podrían hacer también aviones con combustible con azufre

Billones de placas suspendidas en la estratosfera podrían actuar como escudo de la Tierra frente a los rayos solares

**SISTEMA ENERGETICO ACTUAL**

Energías Primarias, 11 Gtep  
España, 145,8 Mtep

Gtep Gt equivalentes de petróleo  
**Agotables: 9 Gtep (82 %)**  
España 137 Mtep (93,1 %)



Renovables: 2 Gtep (18 %) España, 8,8 Mtep (6,1 %)

Combustibles, 6112 Mtep  
España, 82,3 Mtep

Electricidad, 1175 Mtep  
España, 20,8 Mtep

**Rendimiento: 3 %**

Combustibles fósiles: 75,8 %

- CARBÓN
- PETRÓLEO
- GAS
- URANIO

6,2 %

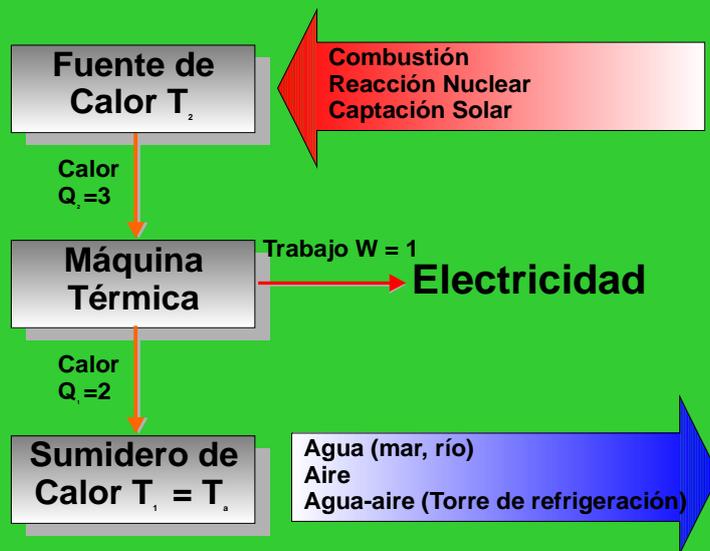
Energías Intermedias

Consumo: calor, frío, luz, etc,

De Valeriano Ruiz

# Consumo de electricidad

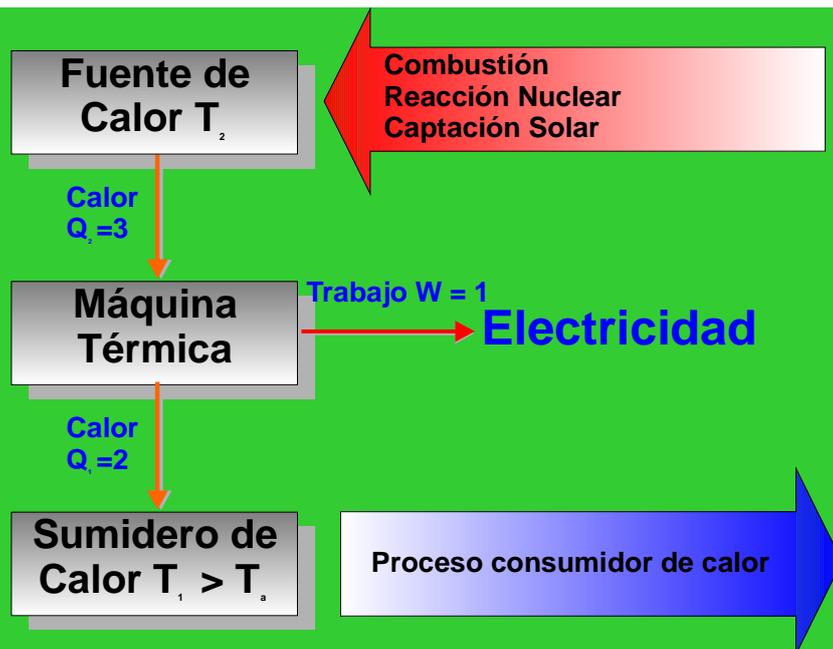
De Valeriano Ruiz



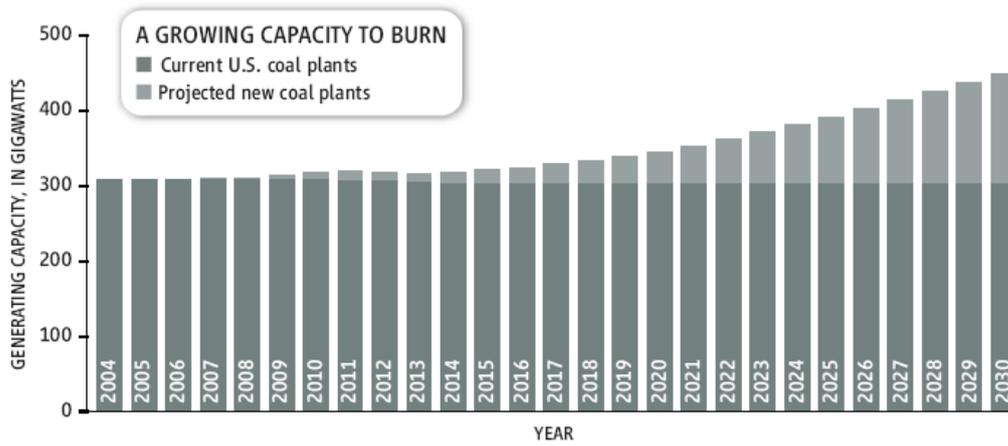
*Esquema de central termoeléctrica*

# Forma eficiente de generar electricidad

De Valeriano Ruiz



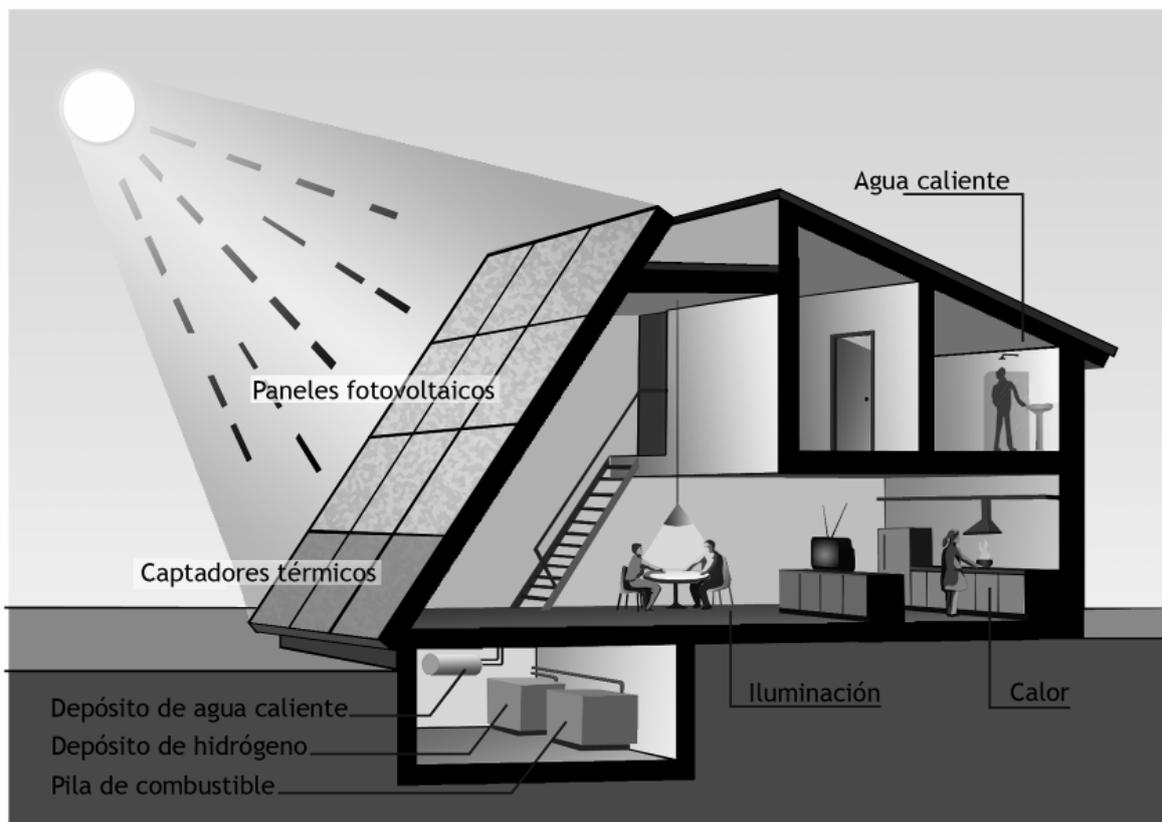
*Esquema de cogeneración*



New plants are projected to be built in the U.S. soon, but the current fleet is going nowhere fast.

## CAMBIO DE MODELO DEL SISTEMA ENERGETICO

De Valeriano Ruiz



Los criterios de urbanización, desplazamientos para el trabajo u otras no se deben de olvidar nunca

¿Para que queremos tanta luz por la noche?

Consume energía, despista a los animales voladores nocturnos y no nos deja contemplar el cielo



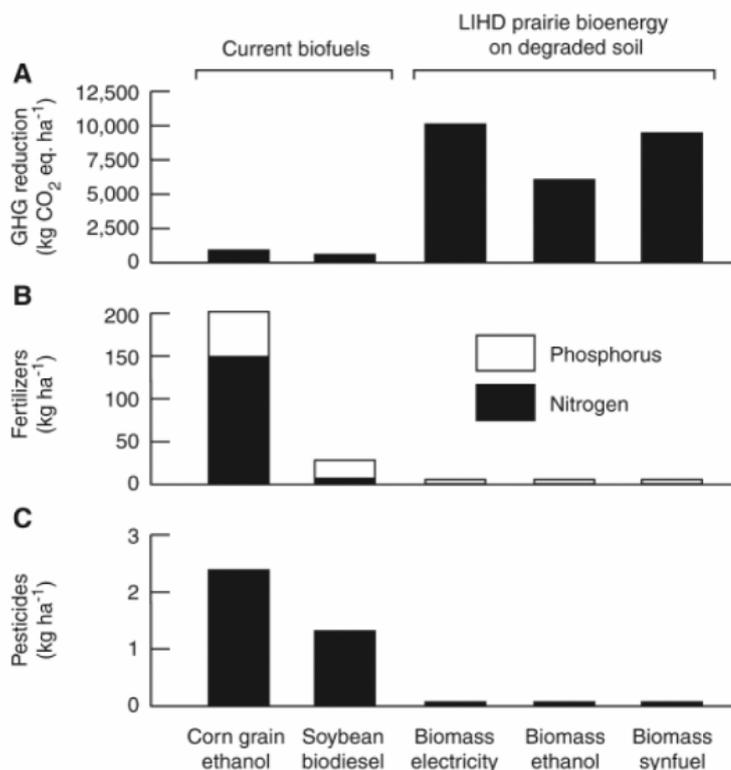
¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?

Efectos ambientales de fuentes bioenergéticas,

(A) Reducción de GEI para el ciclo completo de producción de biofuel para combustión, relativa a las emisiones producidas por los combustibles fósiles a los que los biofuel sustituirían. Las tasas de aplicación de (B) fertilizantes y (C) pesticidas

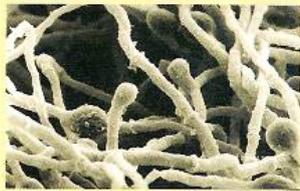
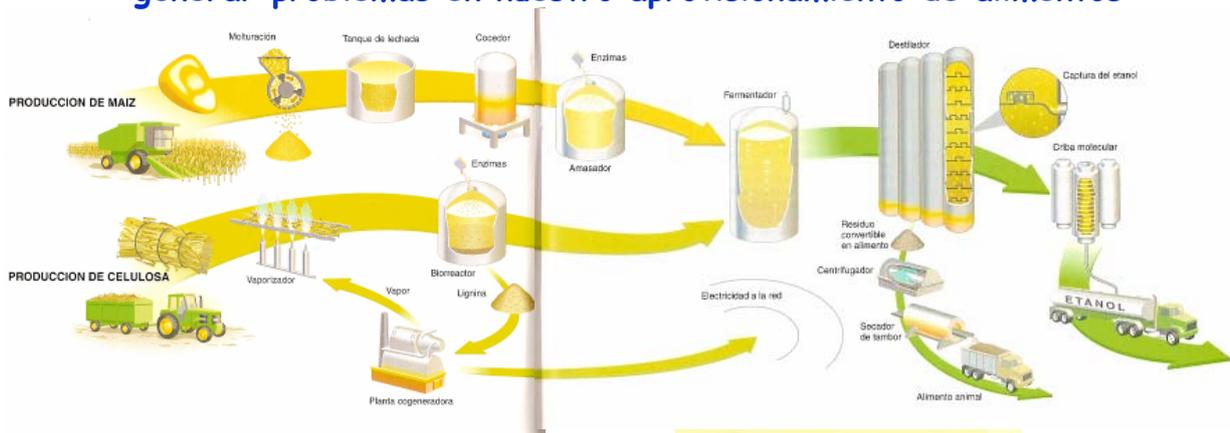
Son medias para los cultivos de maíz y soja en U.S A,

Para la transformación de la biomasa de LIHD, las tasas de aplicación están basadas en medidas experimentales,

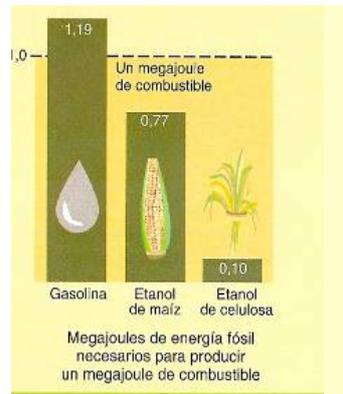


## ¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?

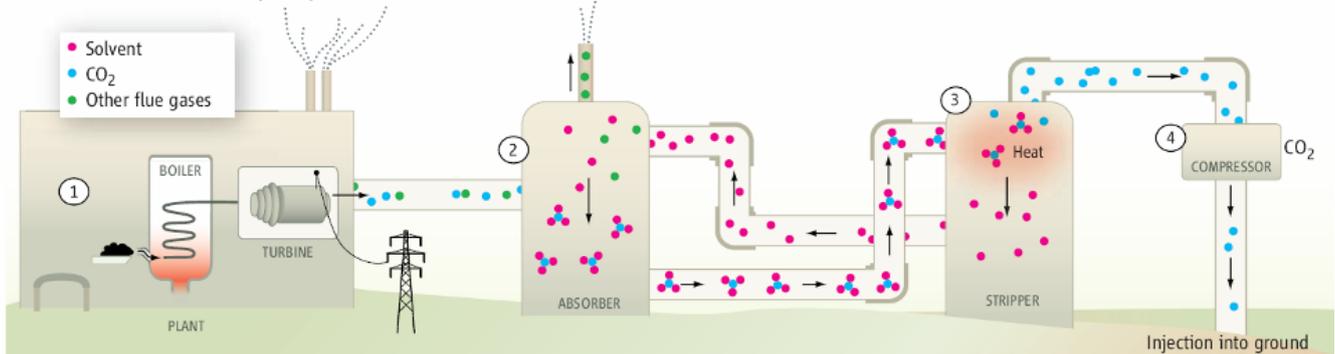
Algunas de las alternativas no son tan maravillosas como muchas veces se presentan. La eficiencia de ahorro es baja, y pueden generar problemas en nuestro aprovisionamiento de alimentos



EL **JUNGLE ROT** de Guam (hongo *Trichoderma reesei*) ayuda a descomponer la celulosa en azúcares que destilan etanol con facilidad.



### CATCHING THE FLUE (GAS)



How a retrofit works. (1) Most coal plants burn coal to create steam, running a turbine that produces electricity. After treatment for pollutants, the flue gas, a mixture of CO<sub>2</sub> (blue) and other emissions (green), goes out a smokestack. To collect CO<sub>2</sub> for storage, however, the mixture of gases is directed to an absorber (2), where a solvent like MEA (pink) bonds with the CO<sub>2</sub> molecules. The bonded CO<sub>2</sub> – solvent complexes are separated in the stripper (3), which requires heat. More energy is needed for the next step (4), which produces a purified CO<sub>2</sub> stream for ground storage as well as solvent molecules that can be reused

Anhidrasa carbónica: pasar CO<sub>2</sub> a CO<sub>3</sub>H-

Ya se están produciendo algunas tensiones, económicas y sociales, por el uso alimentario o energético de recursos.  
La ONU ya ha alertado sobre el problema

## ¿Comida o combustible?

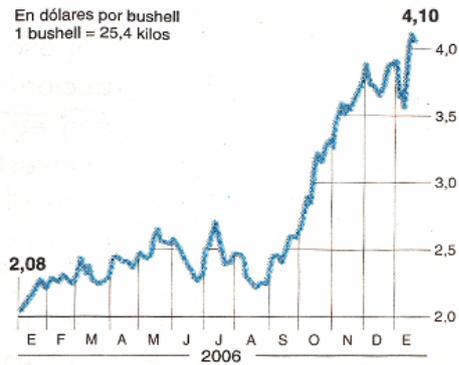
La apuesta de EE UU por los biocarburantes pone en guardia al mercado alimentario

### La energía del maíz

■ EVOLUCIÓN DEL USO DEL MAÍZ PARA PRODUCIR ETANOL CON RESPECTO A LAS EXPORTACIONES



■ COTIZACIÓN DEL MAÍZ EN EL MERCADO DE MATERIAS PRIMAS DE CHICAGO



Fuente: Bloomberg y Departamento de Agricultura de EE UU.

EL PAÍS

Coste macro-económico global estimado en 2030 para menor-coste trayectorias hacia diferentes niveles de estabilización a largo-plazo

Stabilization levels (ppm CO <sub>2</sub> -eq)	Median GDP reduction <sup>19</sup> (%)	Range of GDP reduction <sup>19, 20</sup> (%)	Reduction of average annual GDP growth rates (percentage points) <sup>19, 21</sup>
590-710	0.2	-0.6 – 1.2	< 0.06
535-590	0.6	0.2 – 2.5	<0.1
445-535 <sup>22</sup>	Not available	< 3	< 0.12

## Tipo de recomendaciones de expertos en clima y su predicción

Las predicciones de cambios climáticos peligrosos inminentes puede estimular la discusión sobre **métodos para reducir el cambio** climático, La noción de tales métodos es en si mismo peligroso **si disminuye los esfuerzos para reducir las emisiones** de CO<sub>2</sub> , .....

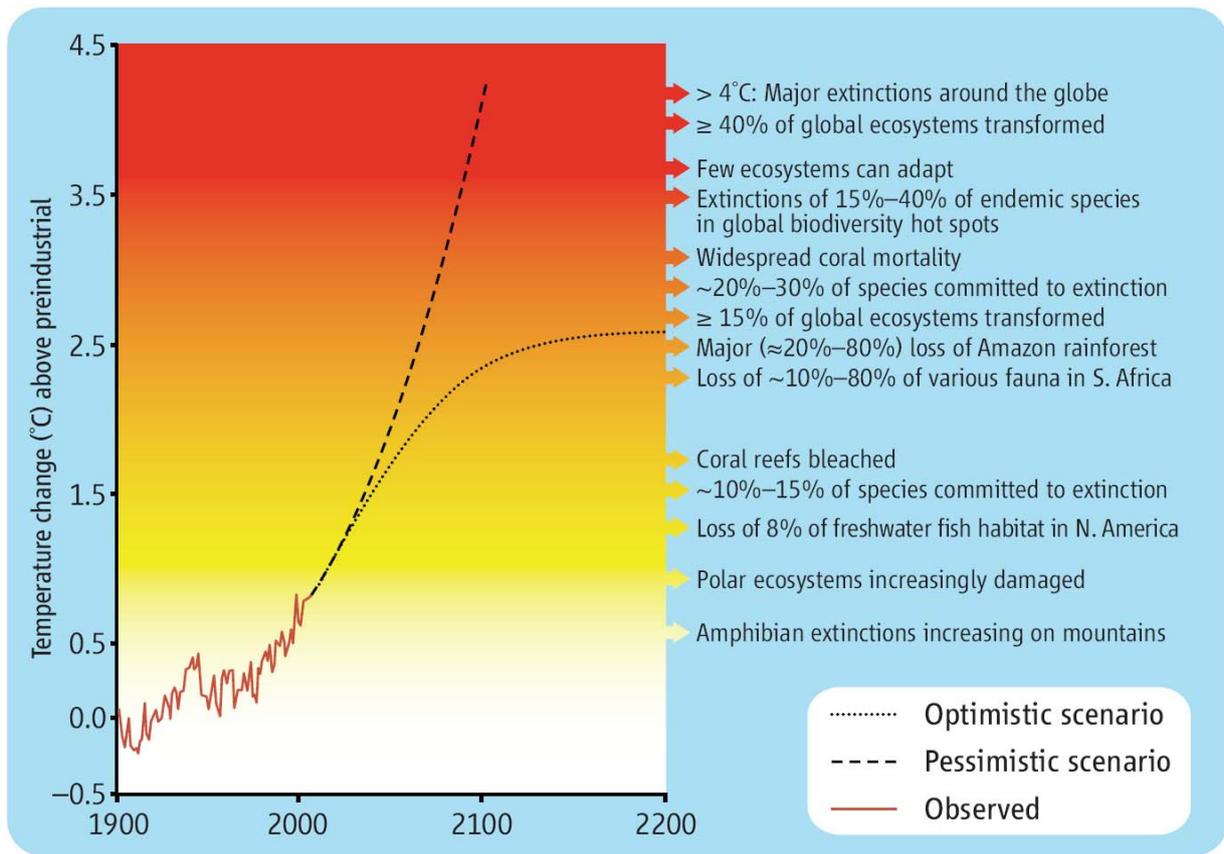
....., dado que una gran porción del CO<sub>2</sub> emitido por los humanos permanecerá en el aire durante muchos siglos, las políticas sensibles se deben enfocar sobre **la invención de estrategias energéticas que reduzcan** de manera importante las **emisiones** de CO<sub>2</sub> ,

Hansen et al 2006

Pero **NO** debemos **OLVIDAR** la regulación natural o planificada de la población humana, que resultaría dolorosa y, si se me apura, antinatural

Pero podría estar forzada por las circunstancias

La regulación de las emisiones goza, sin duda, de más aceptación



Kerr, Science 2007

CLIMATE IMPACTS

Fish fry

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104, 9715–9719 (2007)  
 Entire populations of North American rainbow trout are at risk of extinction as water temperatures rise with climate change, causing multimillion dollar impacts on commercial and recreational freshwater fisheries, a new study finds.

Peter Biro of the University of Technology, Sydney, Australia, and colleagues studied experimentally created trout populations in British Columbia, Canada, during two consecutive years, with eight and nine replicate populations, respectively. In 1998, lake temperatures were several degrees warmer than optimal for trout growth (21–22°C), whereas 1999 temperatures were near optimal (17.5°C). Only half as many young trout—about 4% in total—survived 1998, as compared with 1999.

Young trout forage near the shoreline to avoid predators, while seeking to attain sufficient growth to survive winter. Their metabolism increases as the water warms, however, requiring them to eat more to achieve the same weight. But the more they swim in search of food, the more susceptible they are to predation by adult trout, the researchers found. The study is the first to analyse climate impacts on the survival of geographically isolated fish populations, and identify the physiological and behavioural mechanisms responsible.

Harvey Leifert



ANTHROPOGENIC CHANGE

CO<sub>2</sub> rising fast



*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104, 10288–10293 (2007)  
 Worldwide emissions of man-made carbon dioxide are rising faster than even the worst case predictions made by scientists. The increase in CO<sub>2</sub> levels, which averaged 1.1% per year from 1990 to 1999, leaped to over 3% per year from 2000 to 2004, according to a new study by Michael Raupach of the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia, and international colleagues.

The researchers divided the world into nine regions and analysed population trends, economic factors and energy-related data for each region. They found that developed nations, representing 20% of the world's population, accounted for 59% of global human CO<sub>2</sub> emissions in 2004. Developing nations, including those with rapidly expanding economies, were responsible for just 41% of total emissions in 2004, but contributed 73% of emissions growth that year.

Even the most fossil fuel-intensive scenarios developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change underestimated the rapid increase in CO<sub>2</sub> levels since 2000. Raupach and colleagues attribute the observed trends to the increasing energy intensity of economic activity and the carbon intensity of energy sources. The study shows that no region is decarbonizing its energy supply and that CO<sub>2</sub> emissions are accelerating worldwide, with China in the lead.

Harvey Leifert

OCEAN SCIENCE

Southern Ocean saturated



*Science* 316, 1735–1738 (2007)  
 Around half of all human-produced CO<sub>2</sub> is removed from the atmosphere by the oceans, slowing global warming. Now, a study shows that the Southern Ocean, one of the largest carbon sinks, is absorbing less CO<sub>2</sub> than expected relative to atmospheric levels of the greenhouse gas.

Corinne Le Quéré at the Max Planck Institute of Biochemistry in Martinsried, Germany and co-workers estimated changes in the Southern Ocean's carbon

sink from data taken between 1981 and 2004 at 11 stations in the Southern Ocean and 40 stations worldwide. They calculated the CO<sub>2</sub> flux between the ocean and the atmosphere and estimated the Southern Ocean sink to absorb, on average, between 0.1 and 0.6 gigatonnes of carbon per year. Since 1981, however, the rate of CO<sub>2</sub> uptake slowed by almost 0.2 gigatonnes per year relative to the rate expected given atmospheric CO<sub>2</sub> changes over the same period.

The impaired ability of the Southern Ocean to absorb CO<sub>2</sub> is attributed to increased windiness. This could be a result of atmospheric changes induced by global warming or ozone depletion in the upper atmosphere. Strong winds are predicted to increase this century, suggesting that stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> could be more difficult than expected.

Samia Mantoura

REGIONAL CLIMATE

Amazonian methane bursts

*Geophys. Res. Lett.* 34, L10809 (2007)

The eastern Amazon River basin is emitting more methane than climate models take into account. An air sample analysis has now confirmed satellite data showing that the Amazon basin produces large amounts of the potent greenhouse gas. This suggests that scientists have underestimated the tropics as a methane source.

John B. Miller of the US National Oceanic and Atmospheric Administration and colleagues analysed samples taken by aircraft at a range of altitudes over two areas in eastern Amazonia from 2000 to 2003. They found that the region emits an average of 27 mg of methane per square metre per day.

The Amazon contributes on average 34 parts per billion of methane to the air flowing over Brazil from the Atlantic, and can contribute bursts as high as 200 parts per billion.

The researchers say more tropics methane measurements are needed to better understand global trends. Human methane sources are on the rise, but this has been offset by an unusual decrease in methane emissions from wetlands. If wetland emissions recover or other natural sources increase, global atmospheric methane levels could rise above what is already a dramatic increase over pre-industrial levels.

Eric Smalley



EXTREME EVENTS

Cyclonic swirling

*Nature* 447, 577–580 (2007)

Ocean mixing plays a crucial role in global climate because it is linked to the ocean's capacity to store and transport heat from the tropics to cooler regions. Tropical cyclones are thought to be important drivers of ocean mixing and heat transport,

Purdue University in Indiana now present substantive evidence that tropical cyclones have a significant role in mixing the ocean's uppermost layers. Using more data and longer sampling periods than previous studies, the researchers compared ocean temperatures before and after the passing of tropical cyclones to estimate the effect of these events on vertical mixing. Shriver and Purdue say that up to 15% of peak ocean heat transport can be linked to vertical mixing driven by tropical cyclones. They estimate that cyclones account for 0.26 petawatts per year of ocean heat transport is significantly smaller than earlier calculations.

More surprisingly, the results show that cyclone-induced heat transport increases substantially with higher sea surface temperatures, suggesting that climate change could alter ocean circulation and heat transport. Climate models could be improved by including the effect of sea surface temperature on cyclone-driven ocean mixing.

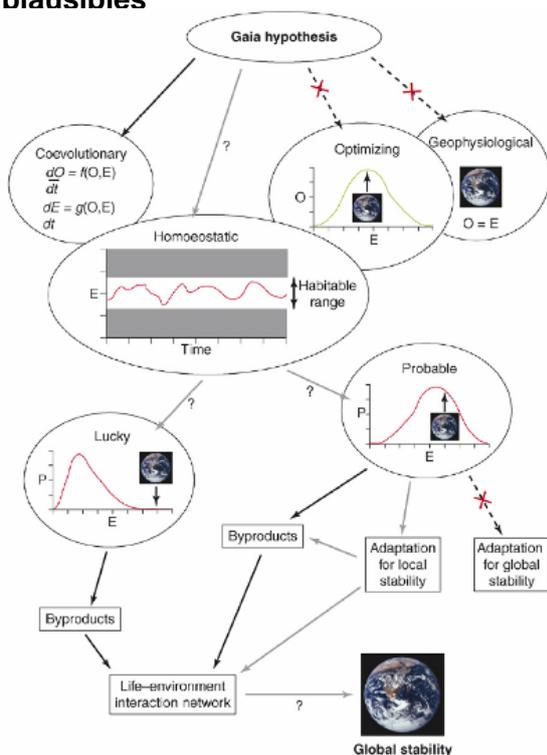
Samia Mantoura



No hay que pasarse de listo con el mundo.  
 El que es listo es el mundo,  
 eso nunca hay que olvidarlo

Álvaro Mutis

**Interrelaciones y plausibilidad de variantes de la hipótesis GAIA. Flechas, sólidas = trivial o aceptadas; grises = plausibles pero no probadas; a trazos con cruz roja = implausibles**



La taxonomía original de Gaia divide las hipótesis en variantes coevolutivas, homoeostáticas, optimizadoras y geofisiológicas. La GAIA coevolutiva describe el acoplamiento temporal evolutivo de la vida y el ambiente, como describió Lewontin en sus ecuaciones diferenciales acopladas. En GAIA optimizadora, el ambiente de la Tierra se supone que está en un estado óptimo para la biosfera Global (O es maximizado), mientras que la GAIA Geofisiológica iguala la biosfera a un superorganismo. GAIA homoeostática, la única variante plausible y no tribal, describe las restricciones de las condiciones ambientales a un rango habitable a través de feedbacks de la biota. Esto puede ocurrir por suerte (GAIA Suerte: Tierra es altamente improbable) o como una salida favorable estadística (GAIA Probable). En los dos casos, la red de interacciones vida-ambiente, depende en gran manera de los efectos de los byproduct de trazos evolutivos, que llevan a la estabilidad global. Sin embargo, en el caso probable, esto podría estar influenciado por adaptaciones que generan estabilidad local; la selección para la estabilidad global es implausible

# SCIENCE AND SOME LEADING QUESTIONS

- How do we define what constitutes “dangerous anthropogenic”?
- How do we prepare the human race to face sea level rise & a world with new geographical features?
- Is the current pace and pattern of development sustainable?
- What changes in lifestyles, behaviour patterns and management practices are needed, and by when?



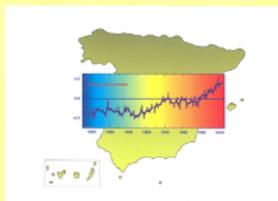
WMO

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)



UNEP

Evaluación Preliminar  
de los Impactos en España  
por Efecto del Cambio Climático



<http://www.koshland-science-museum.org/exhibitgcc/index.jsp>

<http://www.ipcc.ch/pub/un/syrspanish/q1to9.pdf>

Infórmense y actúen

Muchas Gracias



## Debemos pensar a largo plazo

el objetivo tiene que ser la sostenibilidad de la actividad humana y el mantenimiento de las condiciones habitables de la Tierra para generaciones futuras, y de nuestros compañeros de viaje. Todos, individuos, gobiernos, empresas debemos trabajar para conseguirlo