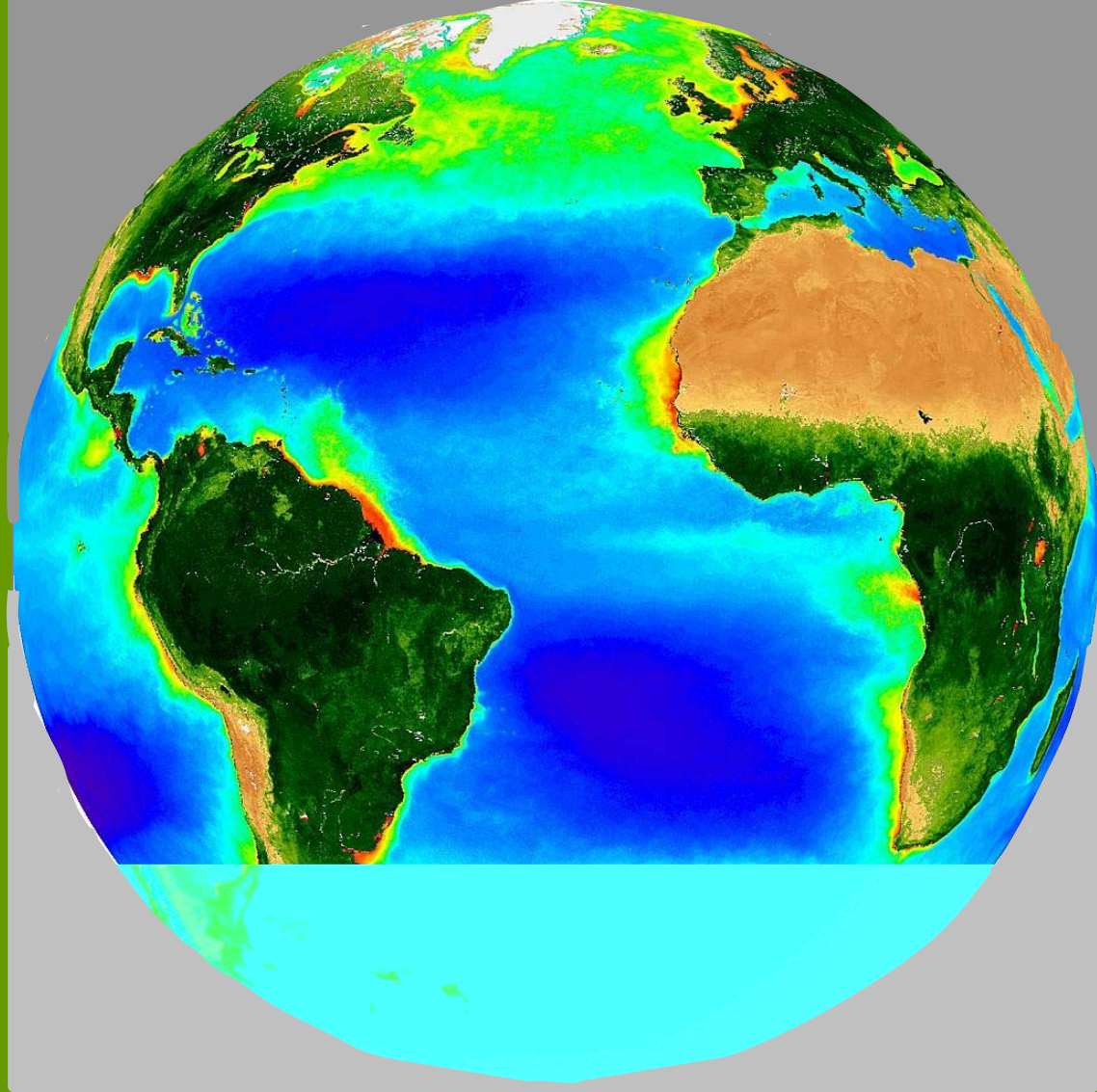


IES de SALINAS  
30 Mayo 2007



# Cambio Climático



Ricardo Anadón

Catedrático de ECOLOGÍA  
Universidad de OVIEDO

**GAIA es Nuestra Casa**

**Posee agua, oxígeno y un clima hospitalario**

# ¿Por qué hablar del Cambio Climático?

- Por que es uno de los problemas más importantes, si no el más importante, que tiene la Humanidad hoy en día
- Por que se tiene una información muy sesgada y a veces contradictoria sobre el papel de los humanos
- Por que nos afectará a todos, a todos los ecosistemas y especies
- Por que todos somos en parte responsables del cambio

# 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

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

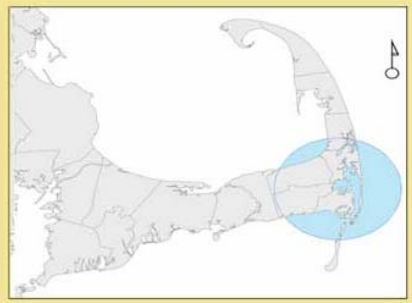
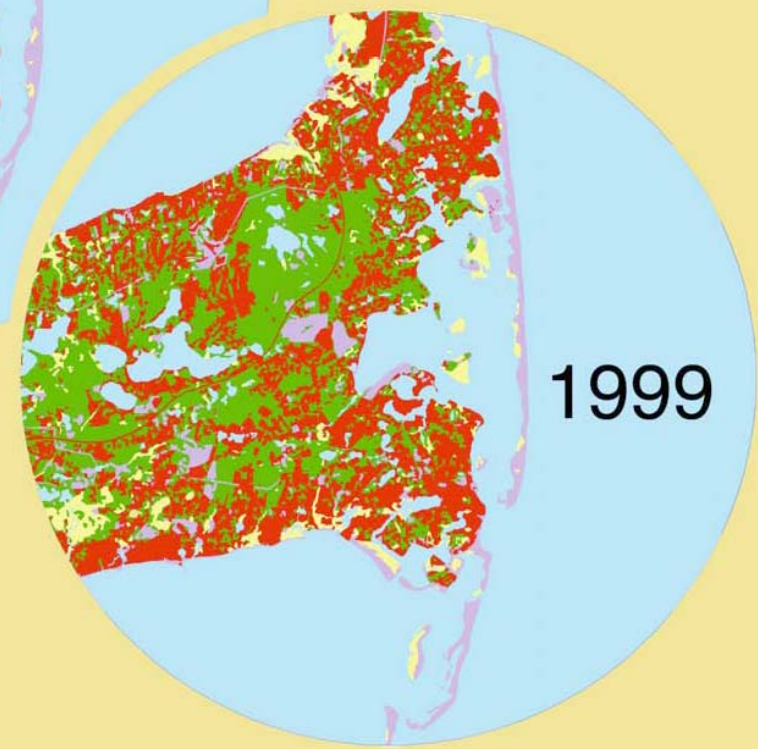
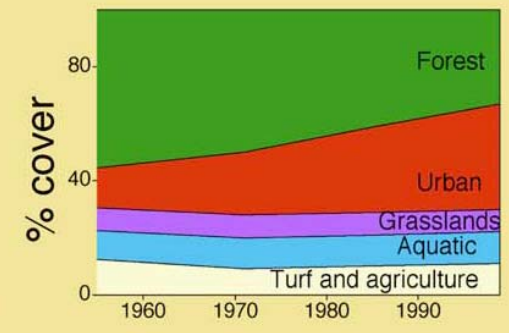
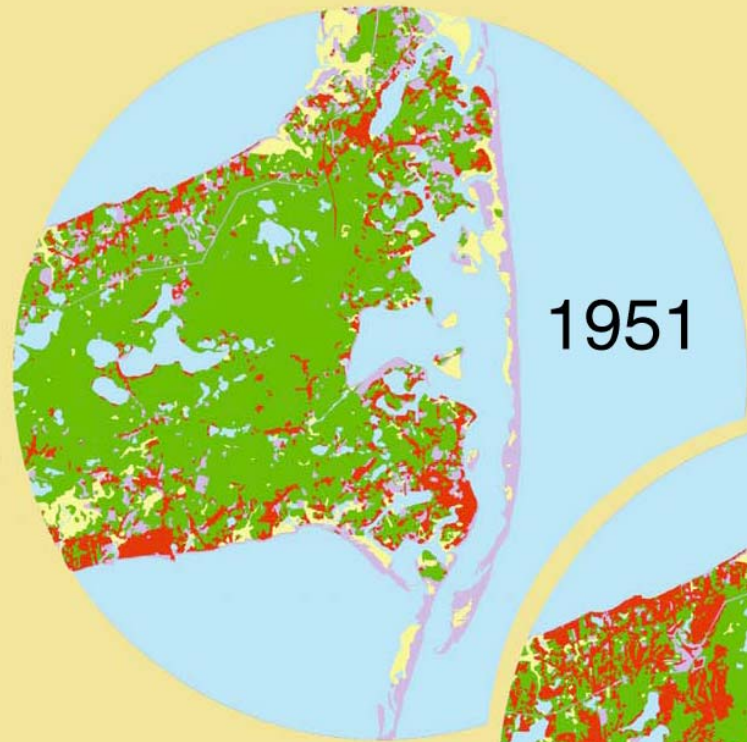




# LOS CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL (en la actualidad)



# Crece la Población y Urbanizamos mucho territorio



Un clima depende en gran medida de la temperatura y la pluviosidad, pero también de otros factores. Manifiesta coherencia geográfica.

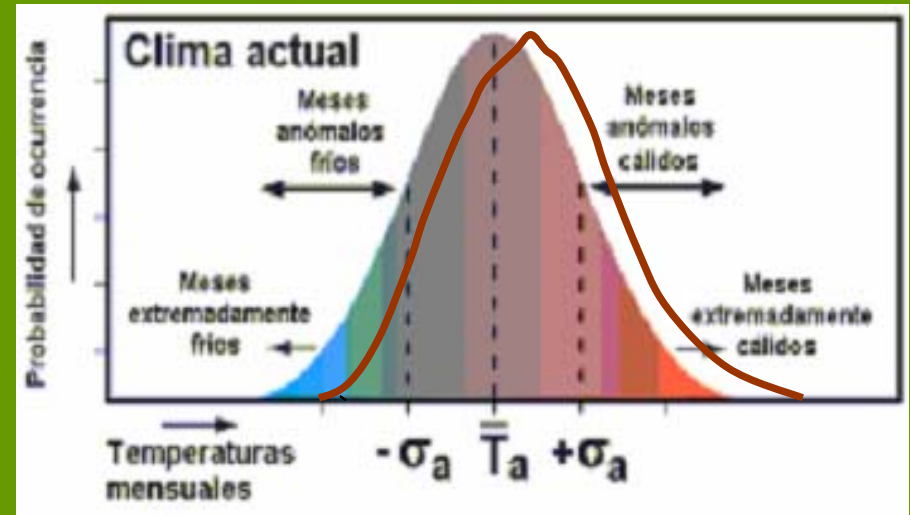
¿ Que queremos decir cuando afirmamos que cambia el clima ?  
Se expresa como la media de los climas



Diagrama Ombrotérmico

¿Como varían las condiciones entre años?

El número de años con una temperatura es su frecuencia

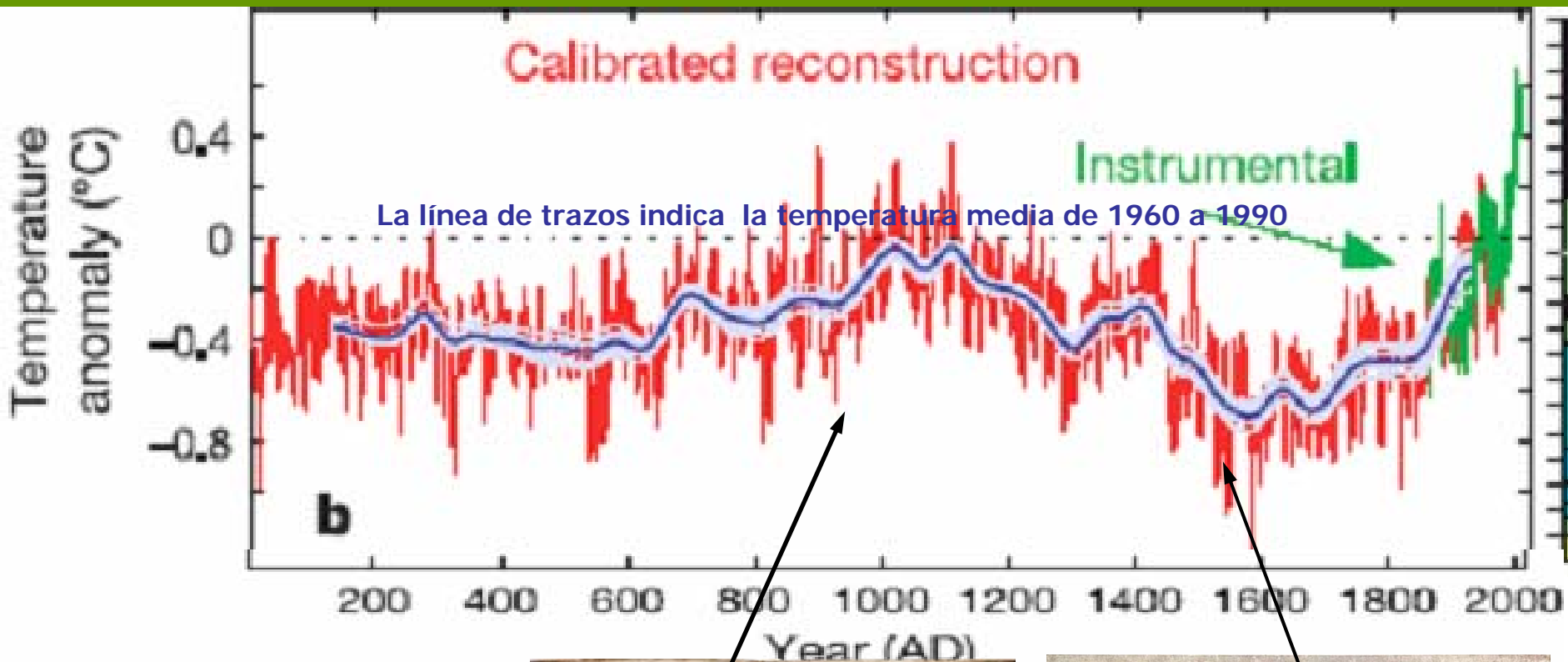


Cuando necesitamos varios años es por que la temperatura y la pluviosidad cambian cada año



¿El clima de la Tierra ha variado?

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



Moberg et al., Nature (Febrero 2005)

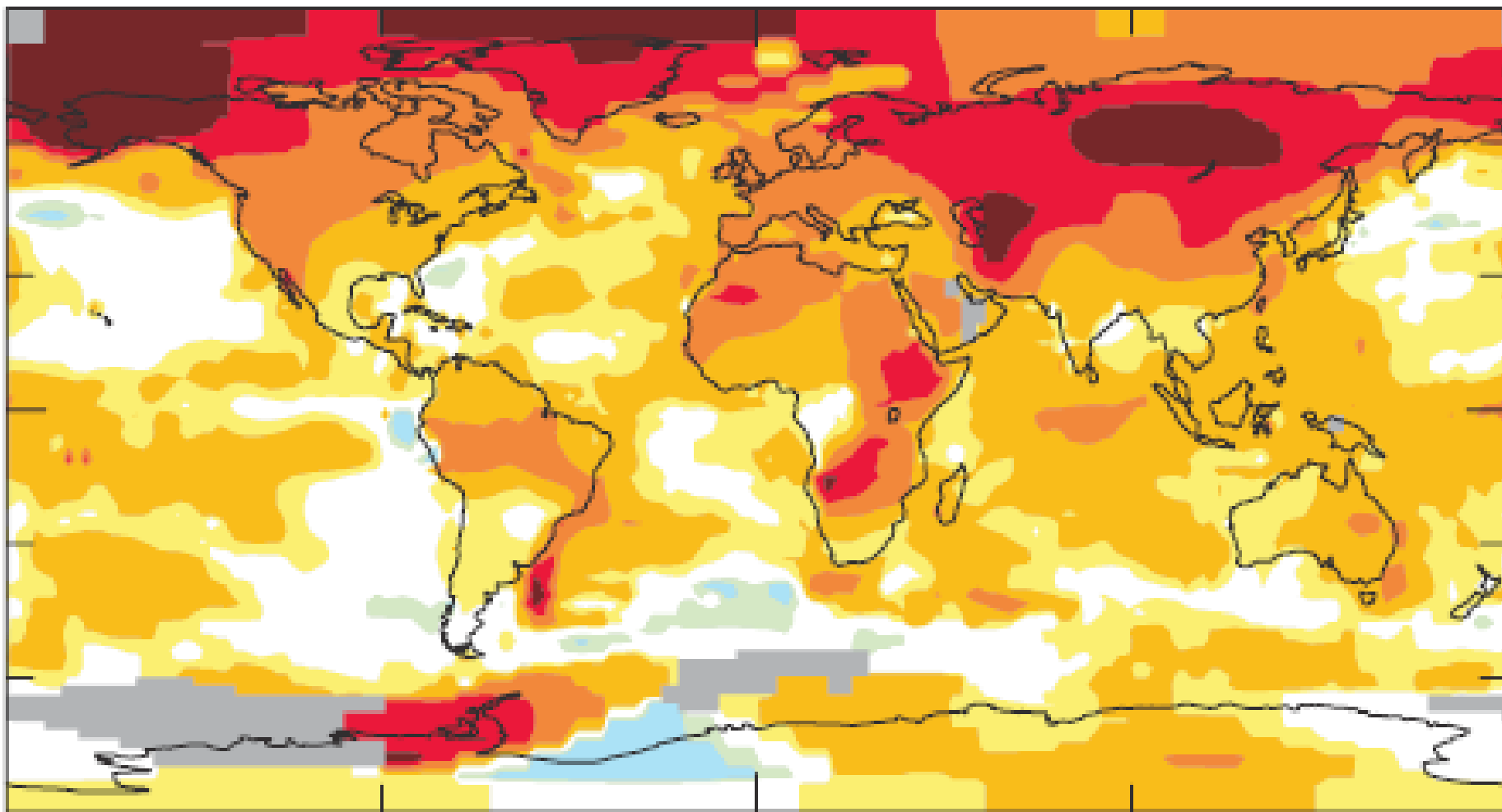




¿Como ha cambiado la temperatura de la Tierra?

# CAMBIOS DEL CLIMA EN LA ACTUALIDAD

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



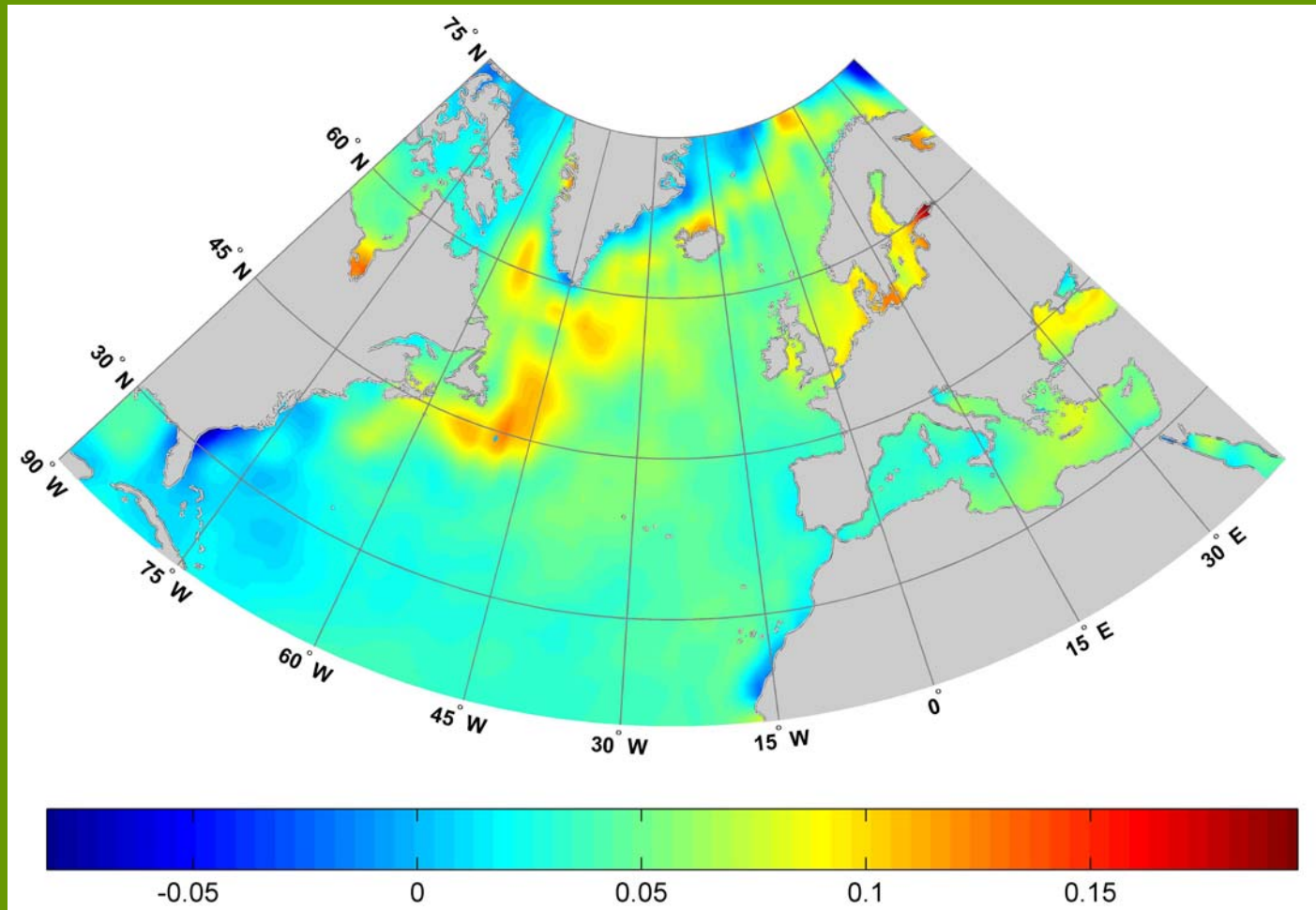
Hansen et al, 2006



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

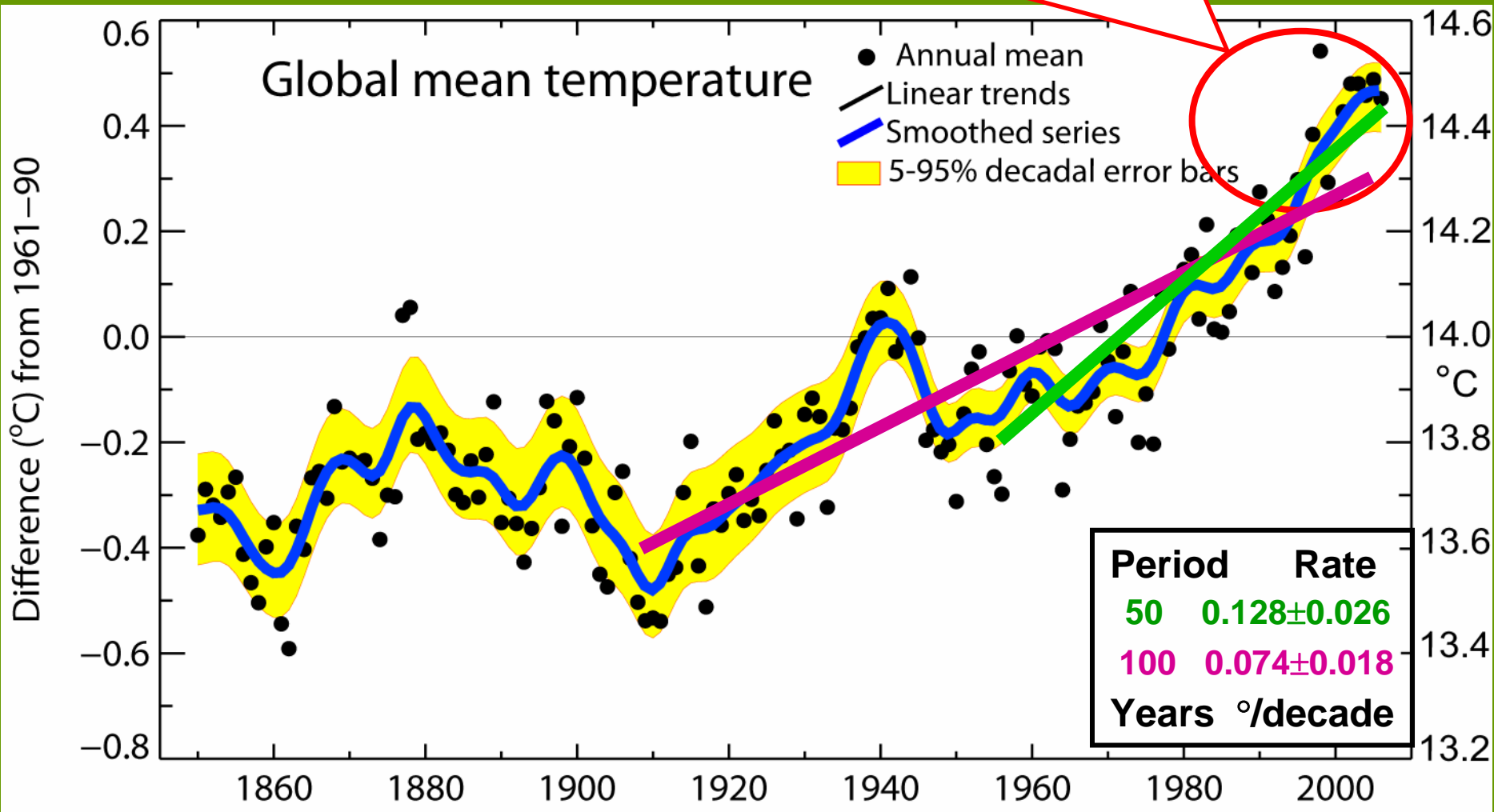
### Incremento anual

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



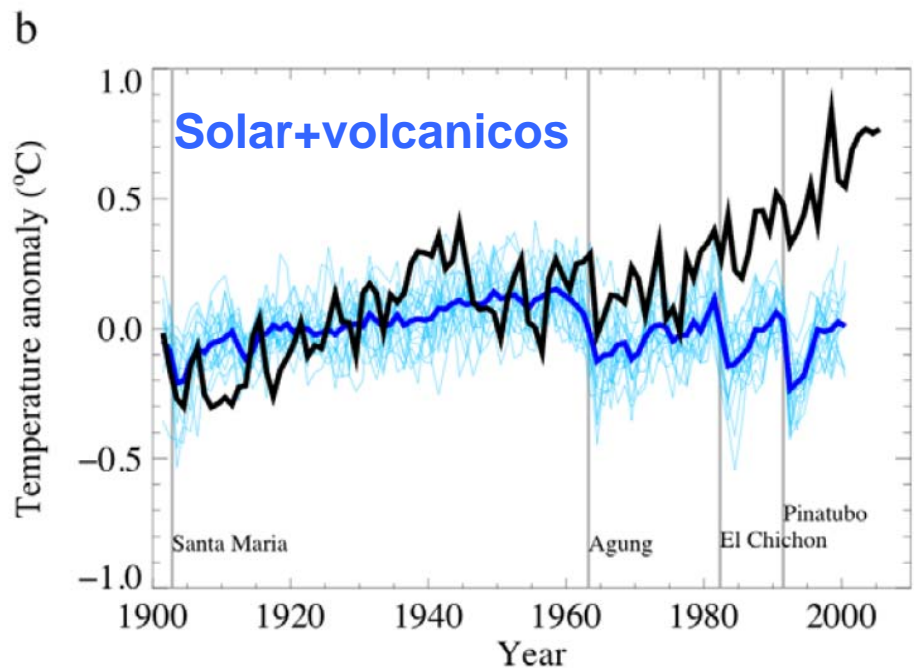
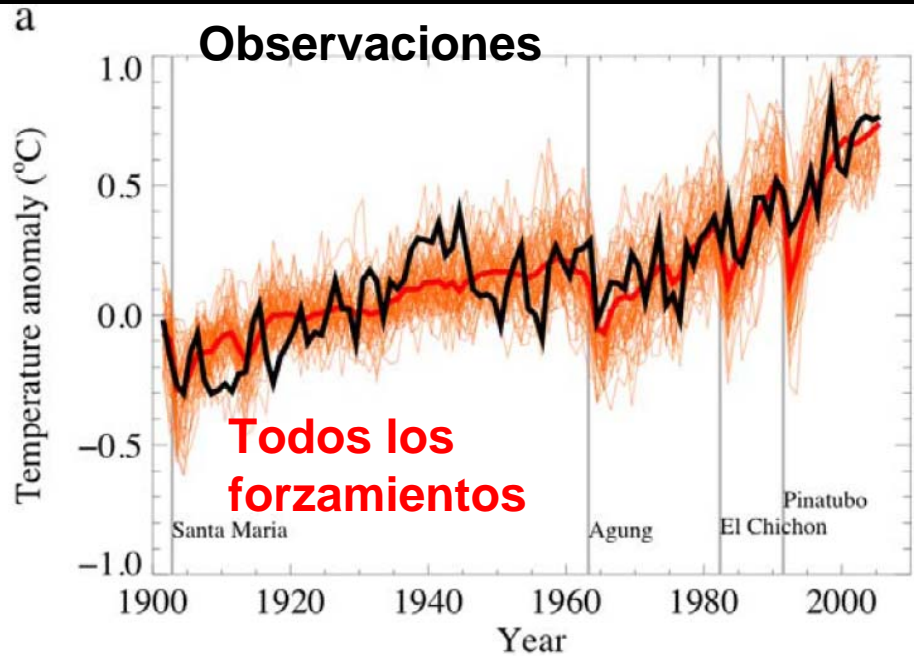
# La Temperatura media Global aumenta más rápido con el tiempo

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



# Atribución

- Los cambios observados son consistentes con
  - ☑ Respuestas esperadas a los forzamientos
  - ☒ inconsistentes con explicaciones alternativas

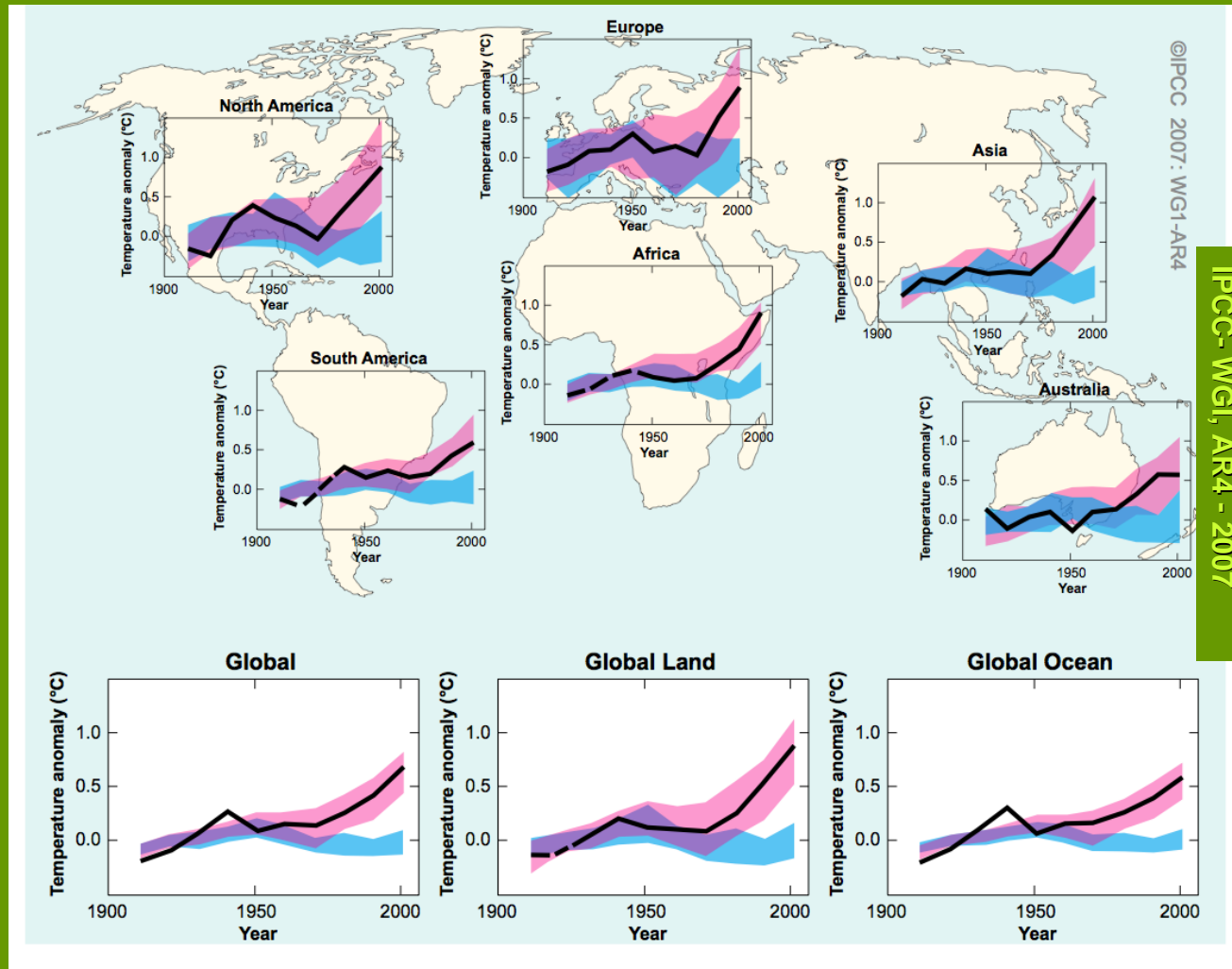


¿Qué o quienes generan este cambio?

# Comprensión y Atribución del Cambio Climático

## Cambio de temperatura Continental y Global

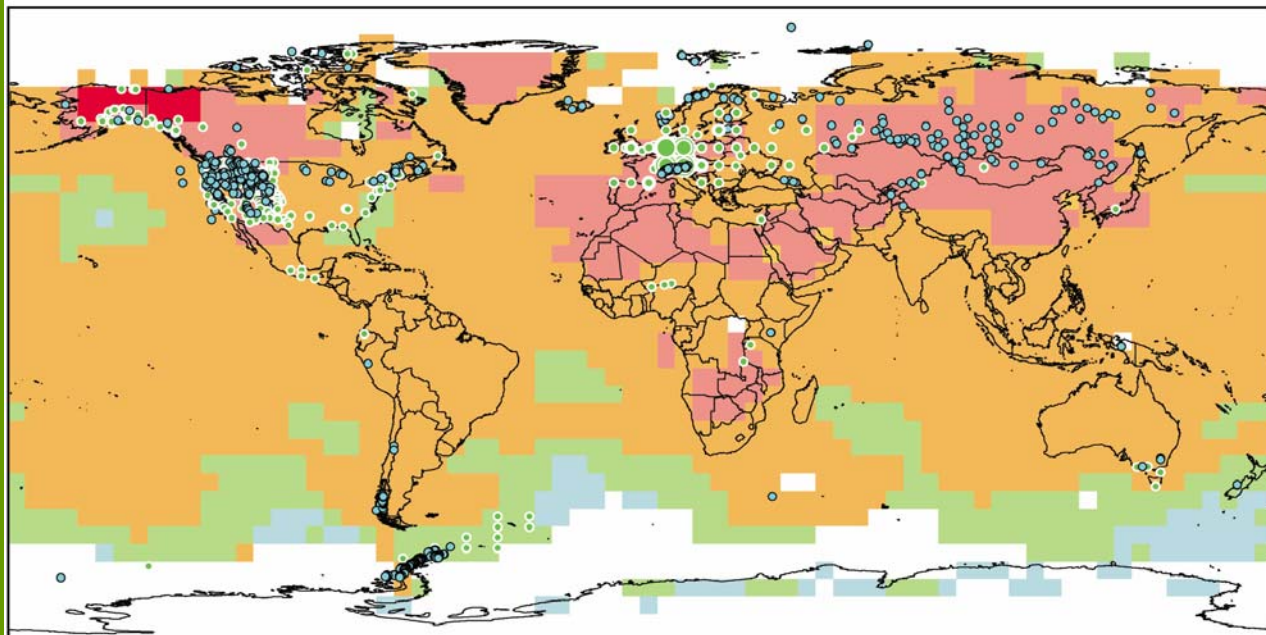
Comparación de los cambios observados a escalas global y continental de la temperatura superficial con los resultados simulados por modelos climáticos usando forzamientos naturales antropogénicos. Se muestran las medias decadales de las observaciones para el periodo 1906-2005 (línea negra) dibujada en 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% par 58 simulaciones provenientes de 14 modelos climáticos usando forzamientos naturales y antropogénicos.





# ¿Como han cambiado otras condiciones?

## 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

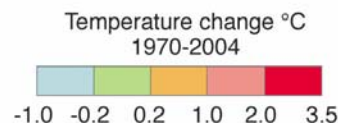
Se ajustan a las predicciones basadas en Cambio Climático

NAM		LA		EUR <sup>28,115</sup>		AFR		AS		ANZ		PR*		TER <sup>28,586</sup>		MFW**		GLO <sup>28,671</sup>	
355	455	53	5	119	28,115	5	2	106	8	6	0	120	24	764	28,586	1	85	765	28,671
94%	92%	98%	100%	94%	89%	100%	100%	96%	100%	100%	—	91%	100%	94%	90%	100%	99%	94%	90%

### Observations

- Physical systems (snow, ice and frozen ground; hydrology; coastal processes)
- Biological systems (terrestrial, marine, and freshwater)

Europe ***	
○	1-30
○	31-100
○	101-800
○	801-1200
○	1201-7500



### Physical

Number of significant observed changes

Percentage of significant changes consistent with warming

### Biological

Number of significant observed changes

Percentage of significant changes consistent with warming

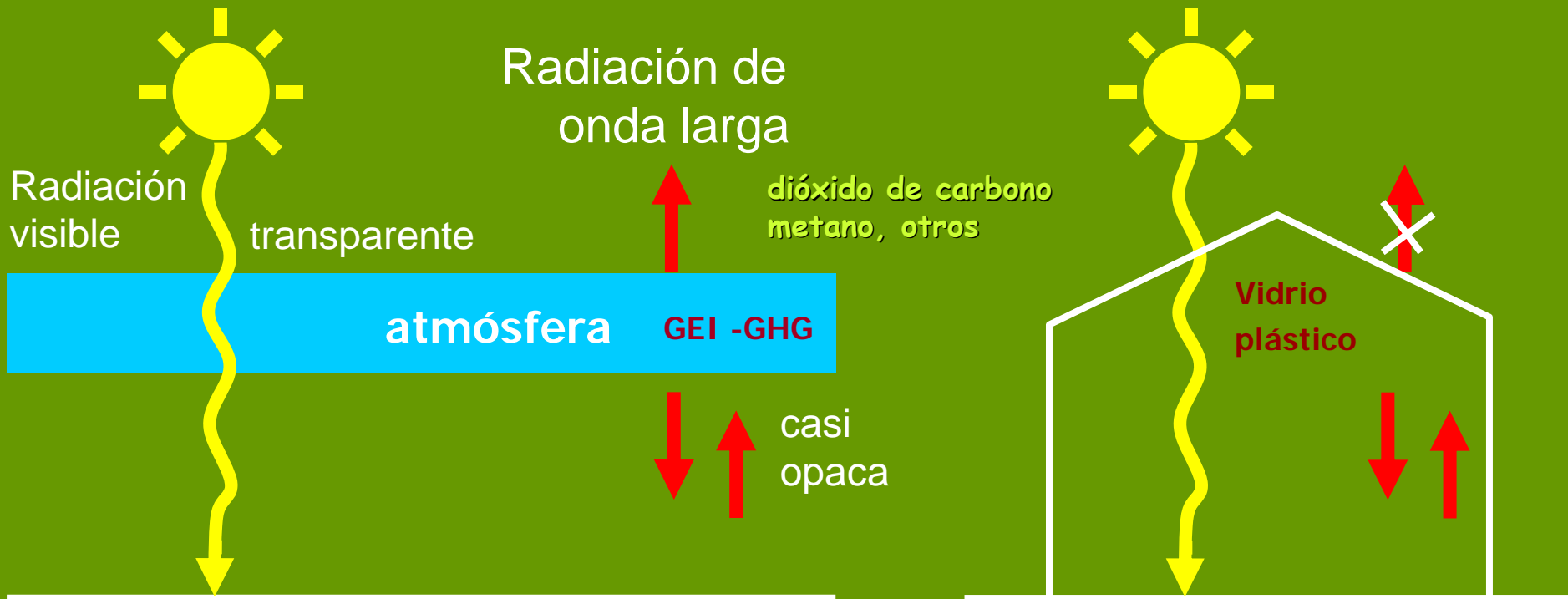
\* Polar regions include also observed changes in marine and freshwater biological systems.

\*\* Marine and freshwater includes observed changes at sites and large areas in oceans, small islands and continents.

\*\*\* Circles in Europe represent 1 to 7,500 data series.

# El Efecto Invernadero

Radiación solar



¿Es siempre desfavorable el efecto invernadero?

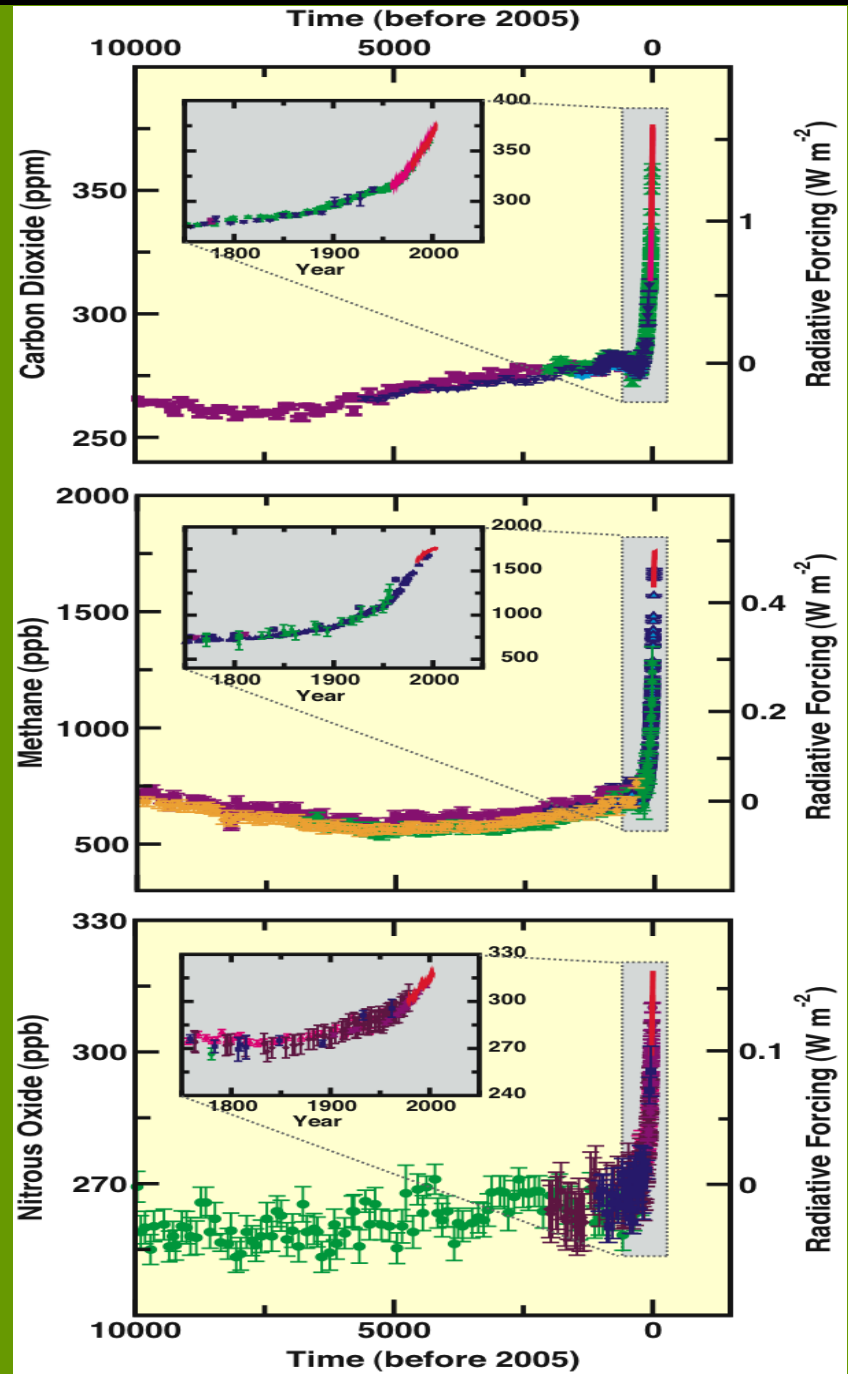
## Cambios en Gases de Efecto Invernadero de testigos de hielo y datos modernos

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 del 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

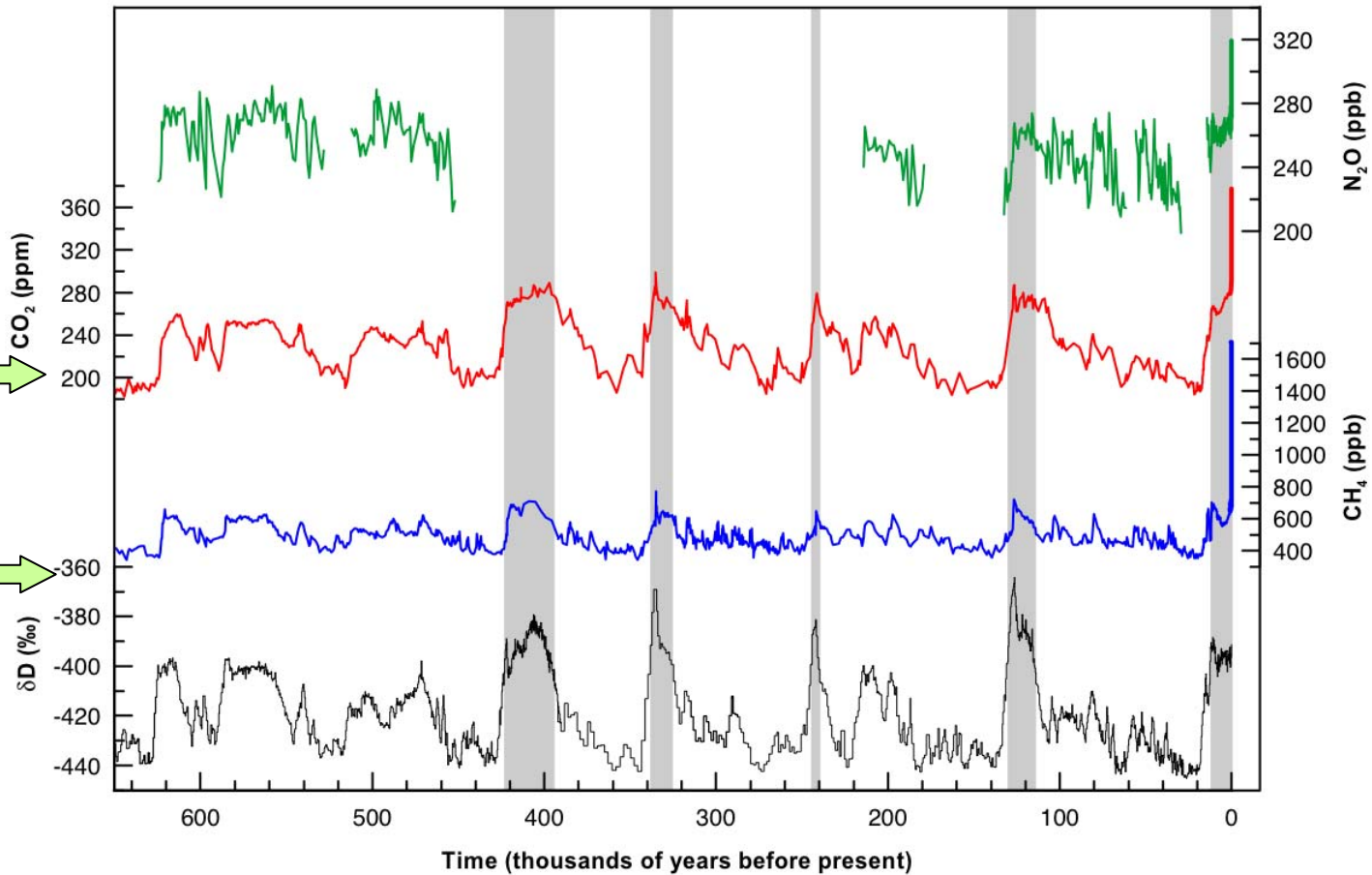
Las concentraciones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$

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

Variación relativamente pequeña antes de la era industrial



### Glacial-Interglacial Ice Core Data



CO<sub>2</sub> →

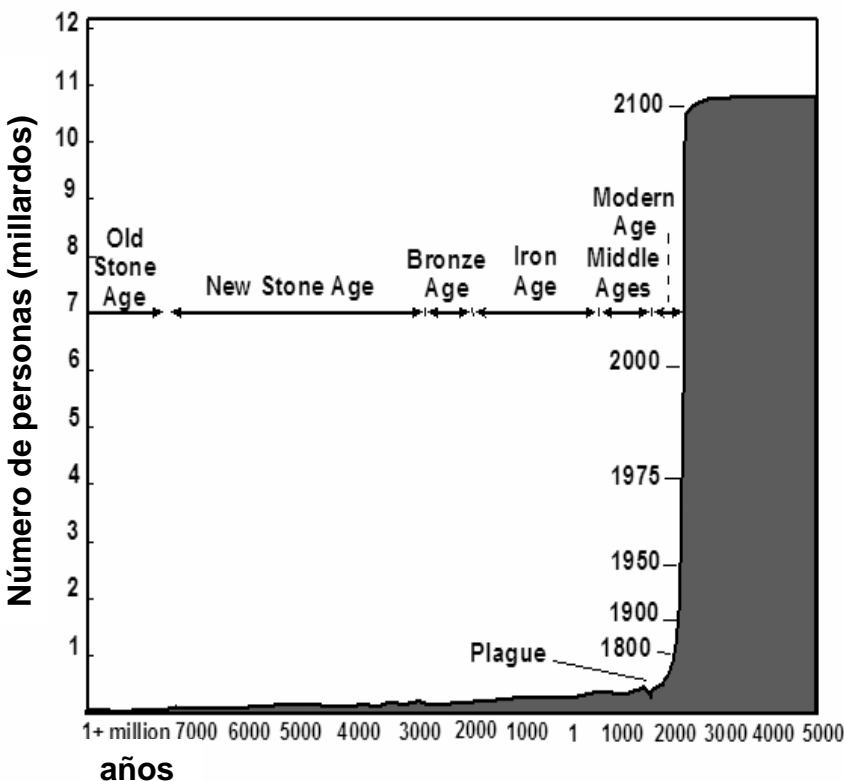
CH<sub>4</sub> →

**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**

# La Población Humana en el futuro ya somos 6.600 millones de personas

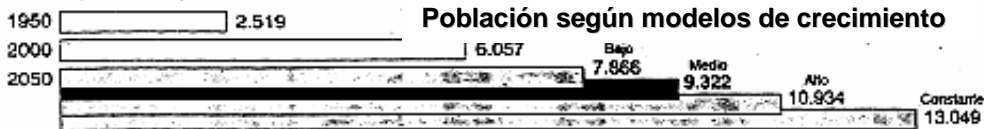
100 millones por año más

Datos de Pop. Ref. Bureau and UN



## Tendencias de la Población global

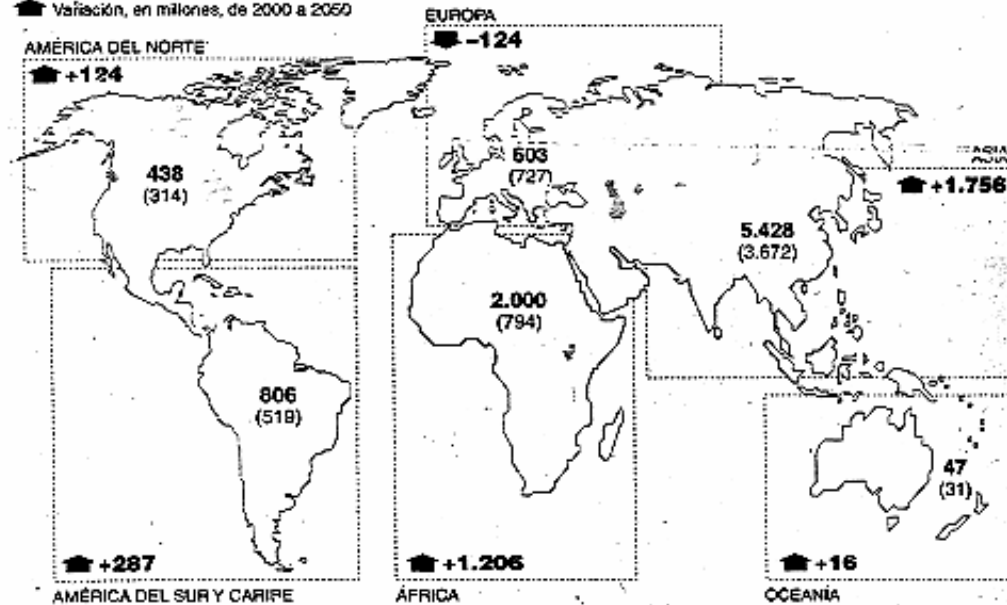
### Población total



### Población en 2050 por zonas geográficas

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

▲ Variación, en millones, de 2000 a 2050

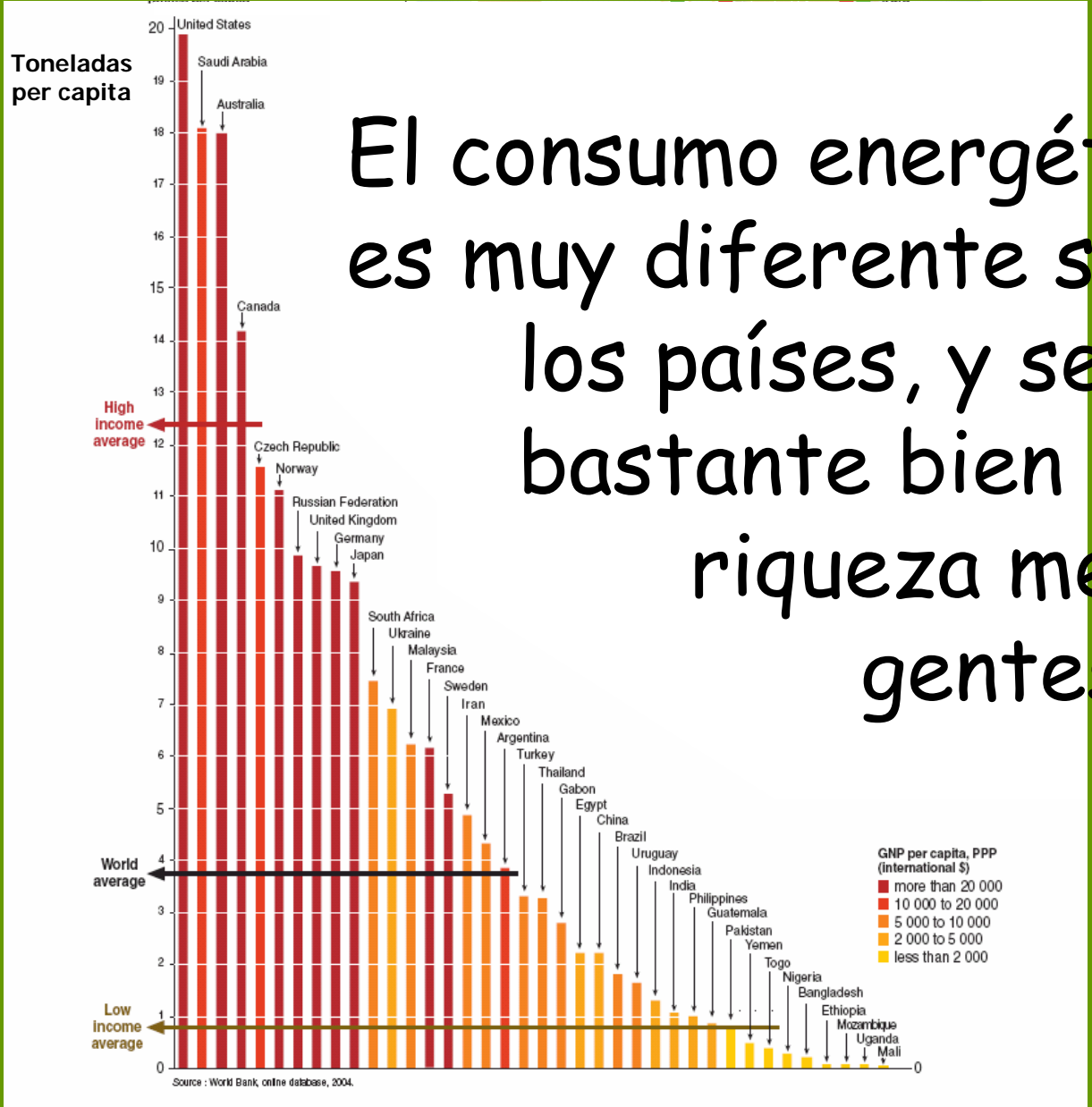


!la población se incrementará entre 2 y 6 millardos de personas en el 2050!

UN SÓLO PLANETA Y MUCHA GENTE

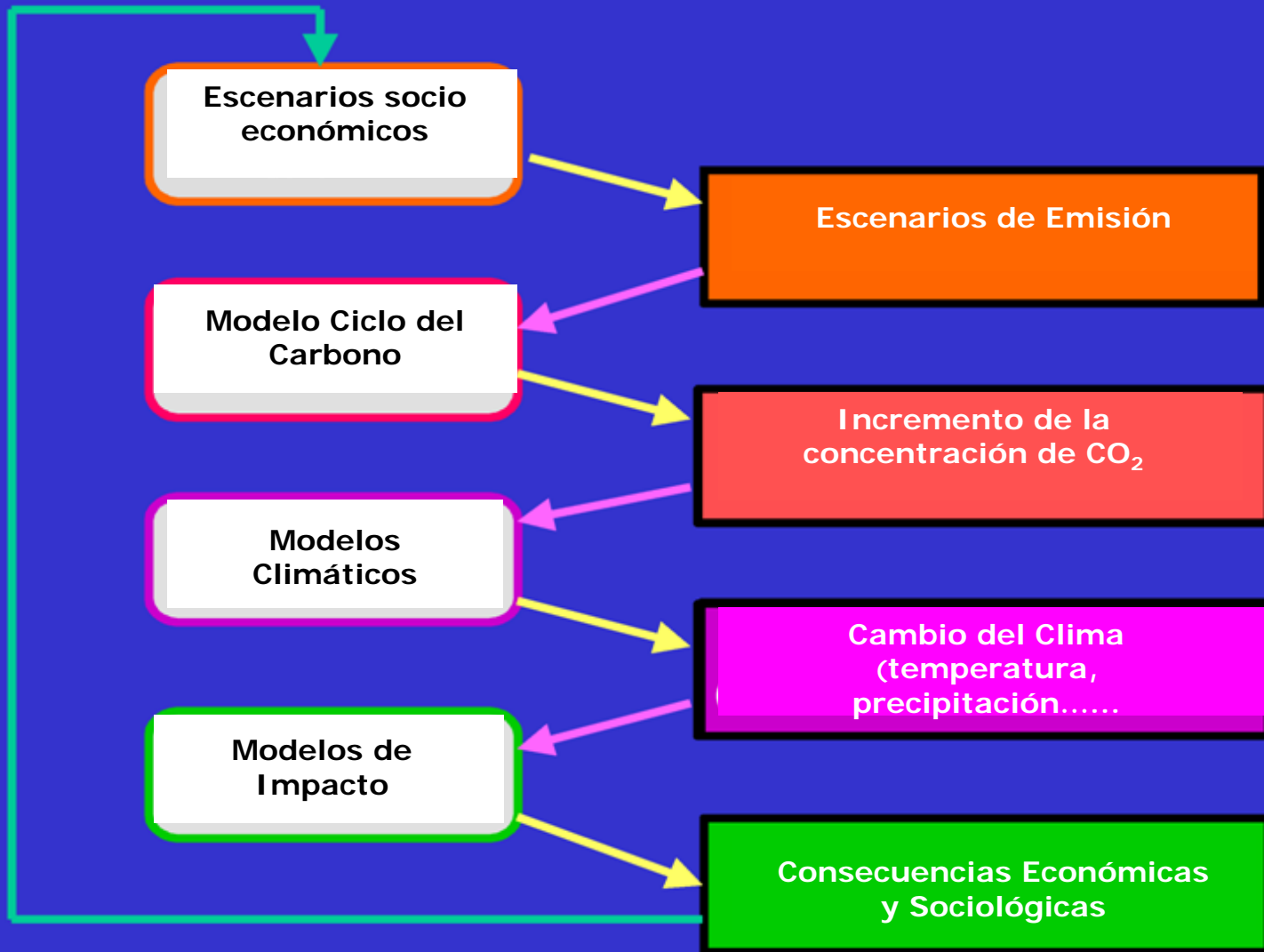
La demanda de recursos *per capita* se incrementa





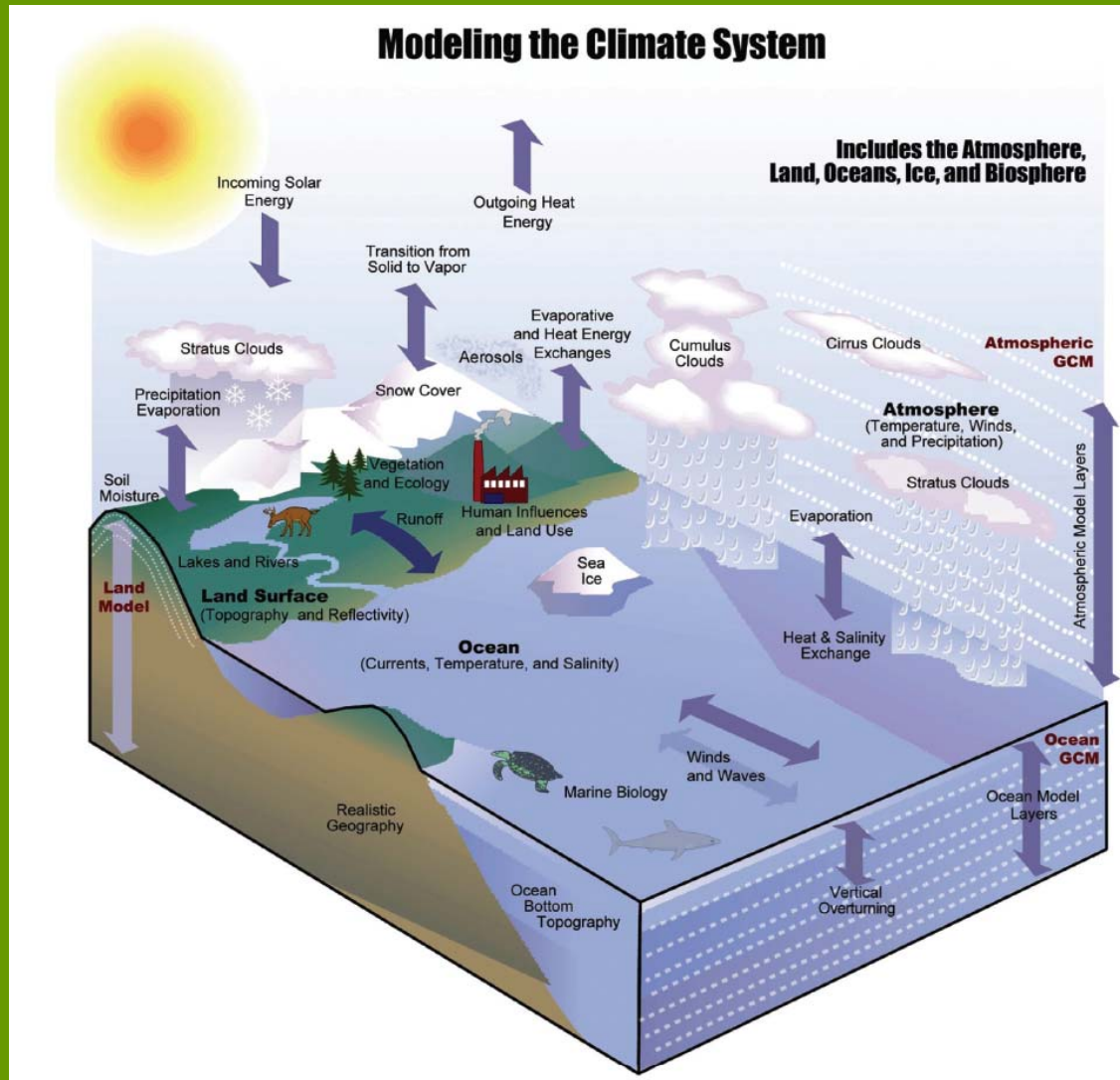
El consumo energético es muy diferente según los países, y se relaciona bastante bien con la riqueza media de sus gentes

# 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



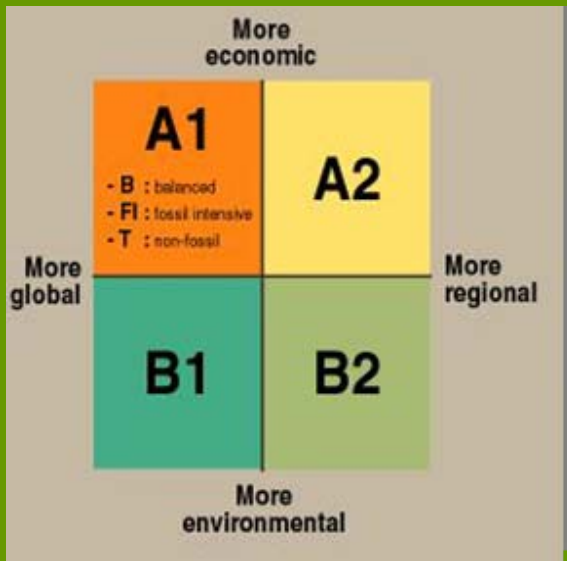
**A1:** Un mundo en crecimiento económico rápido y con introducción rápida de tecnologías nuevas y más eficientes

**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

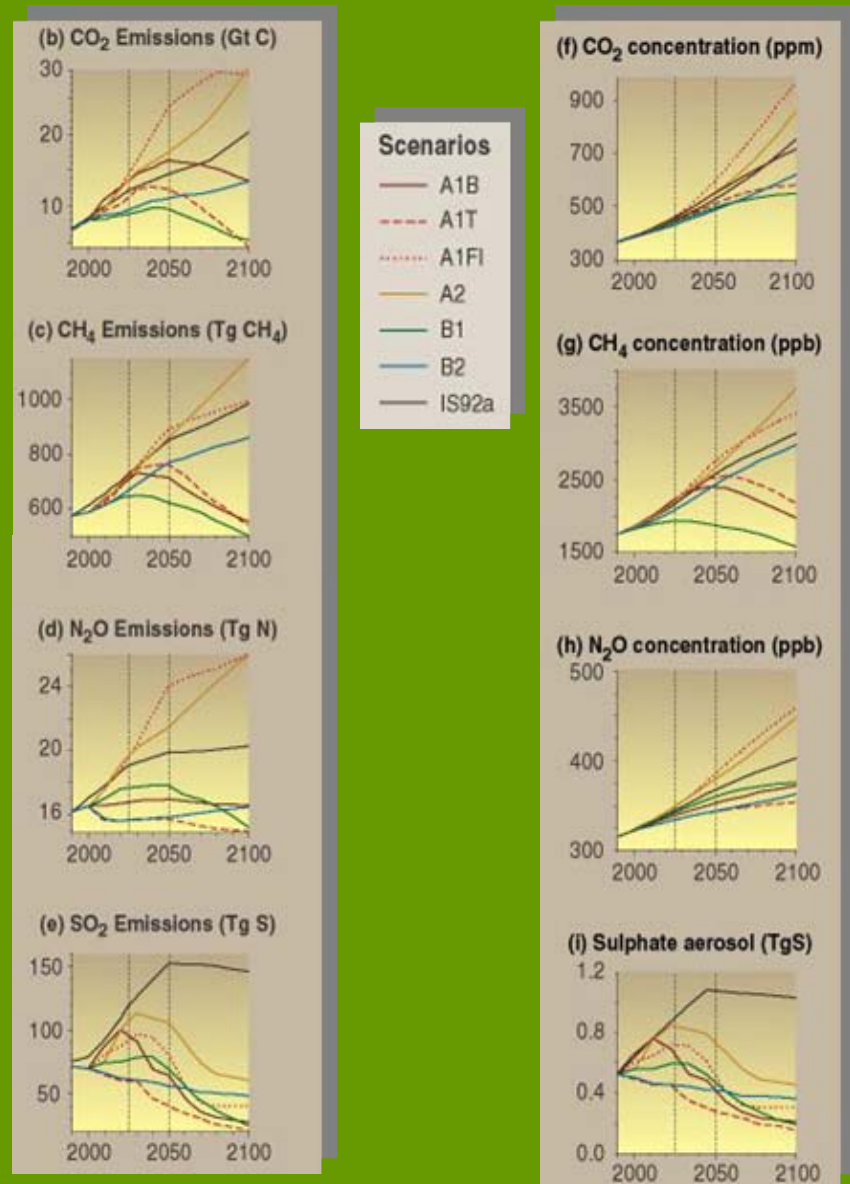
IS92a escenario "economía actual" (1992)



Los escenarios SRES de emisión y el cambio resultante en concentración

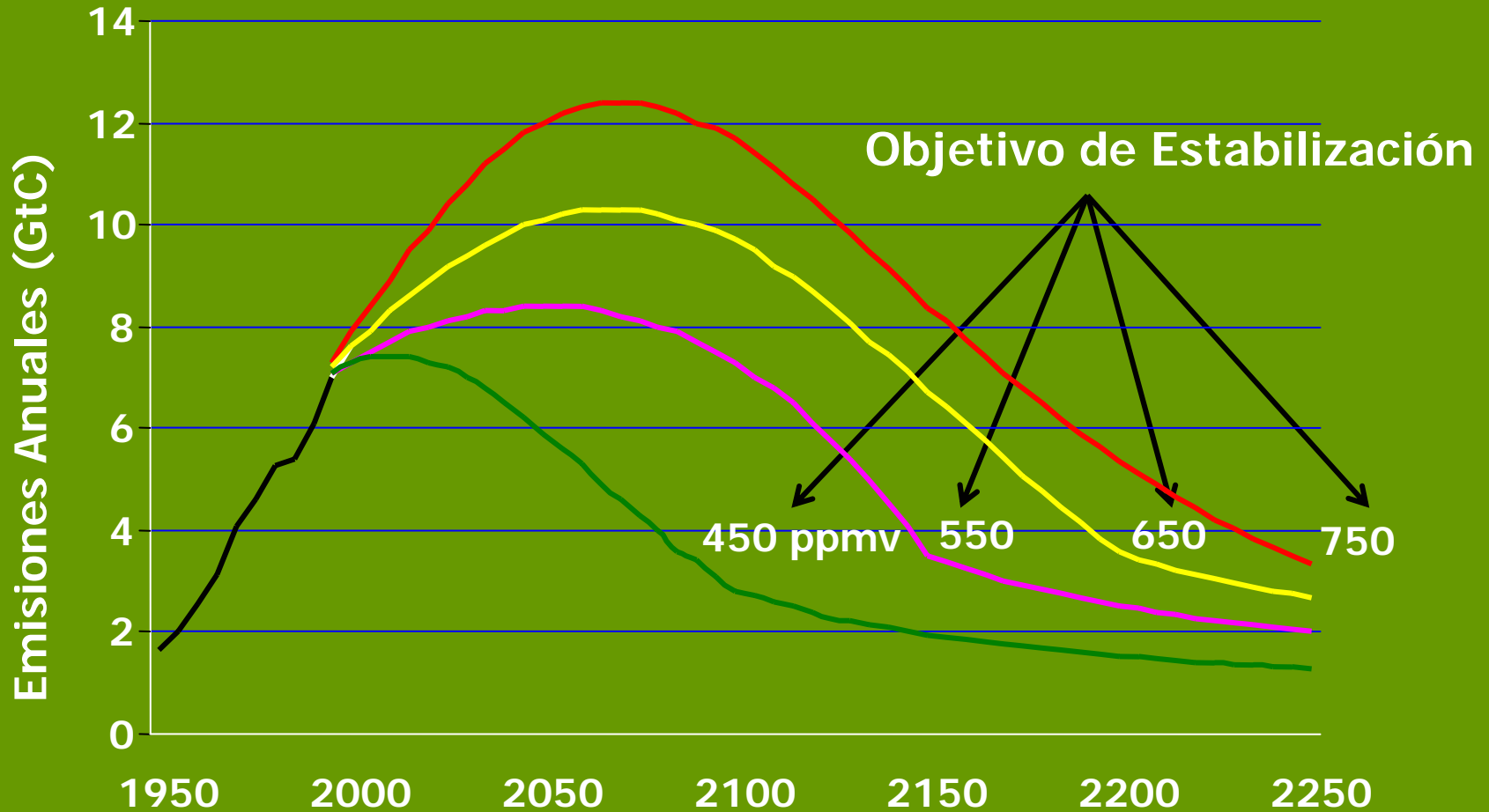
## emisiones

## concentraciones



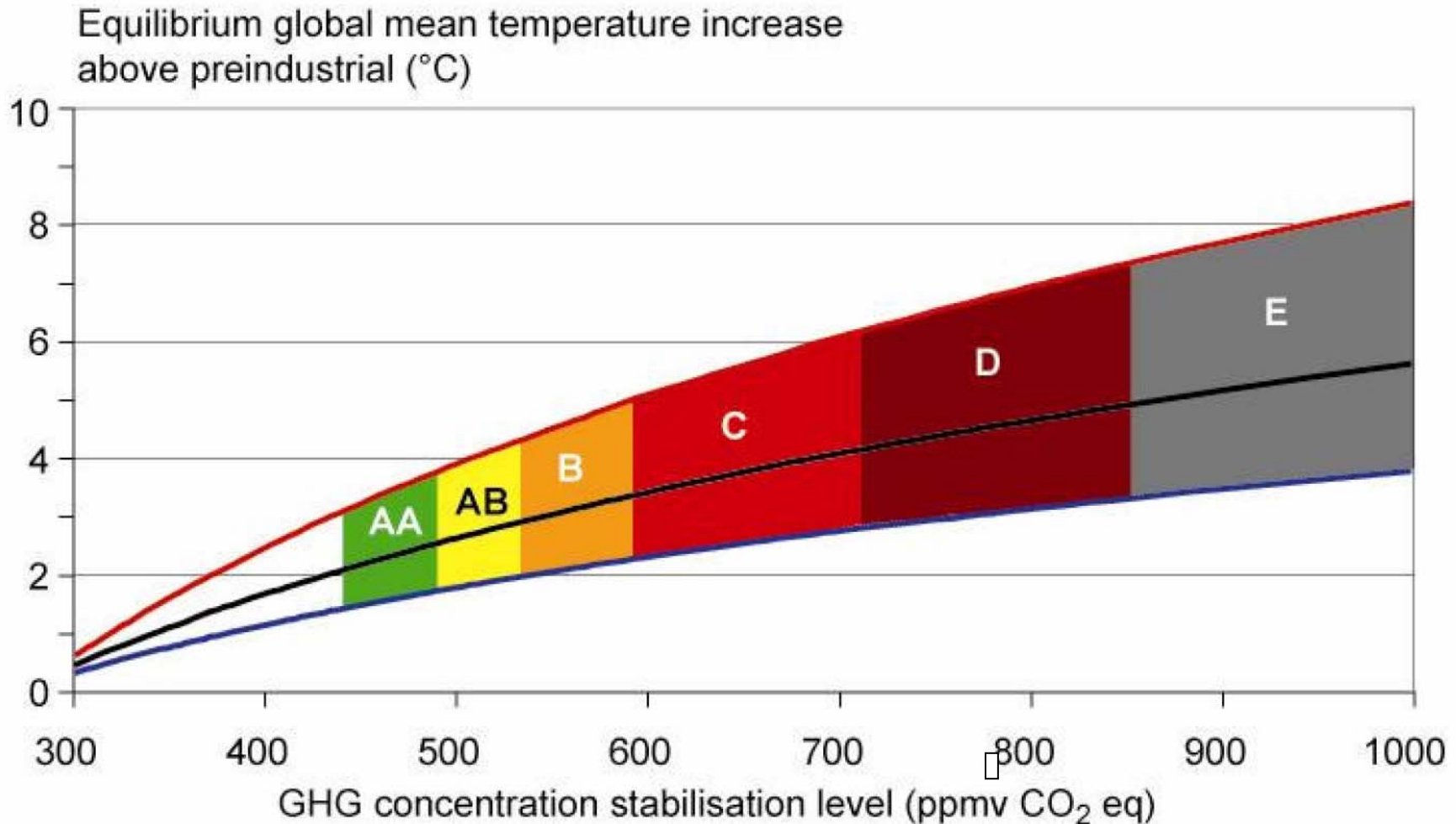
# Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y estabilización

Miles de millones de toneladas !!!!



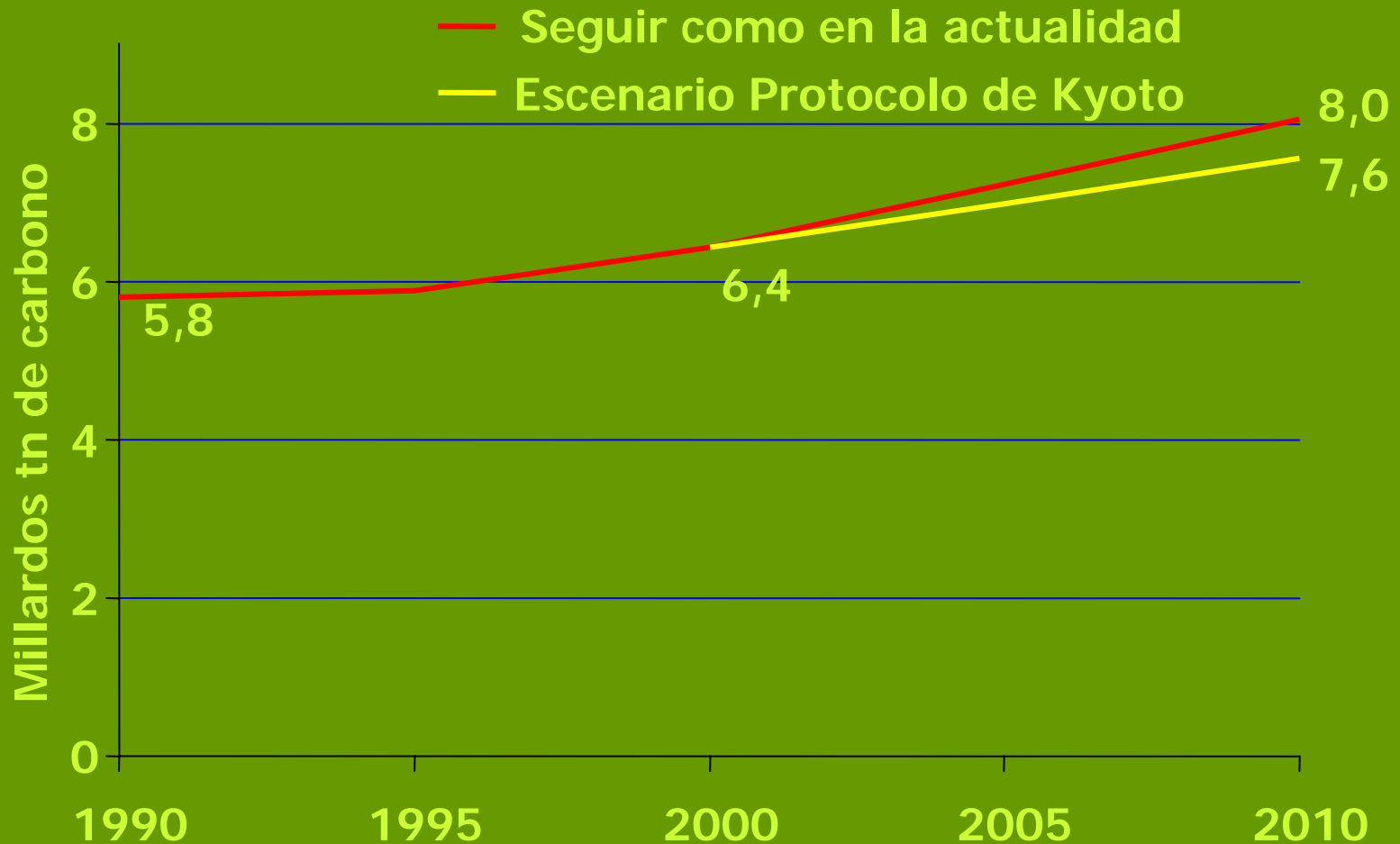


# Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y estabilización



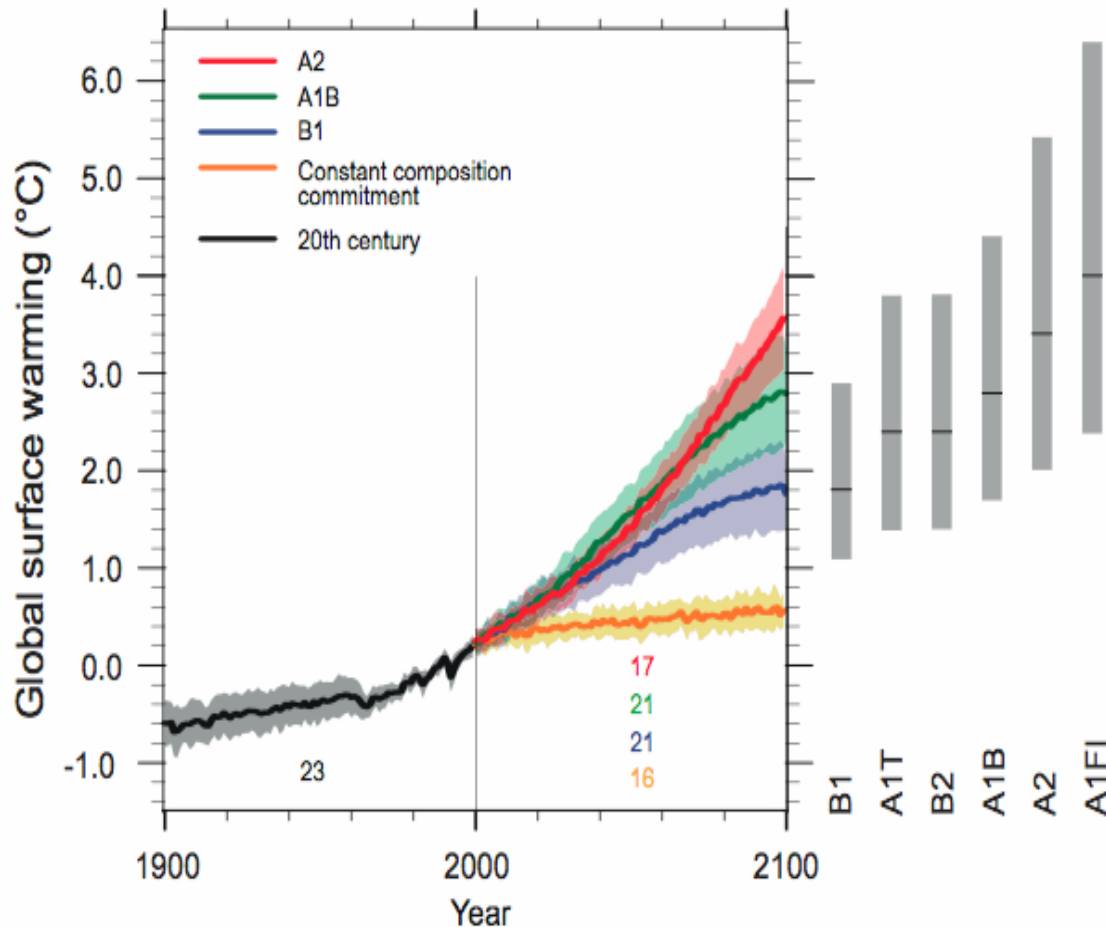
*Letras mayúsculas deben ser cambiadas de AA, AB etc en I hasta VI; ppmv (eje x) debe ser cambiado a ppm; stabilisation en stabilization]*

# ¿Cuanto reduciría las emisiones el Protocolo Kioto?

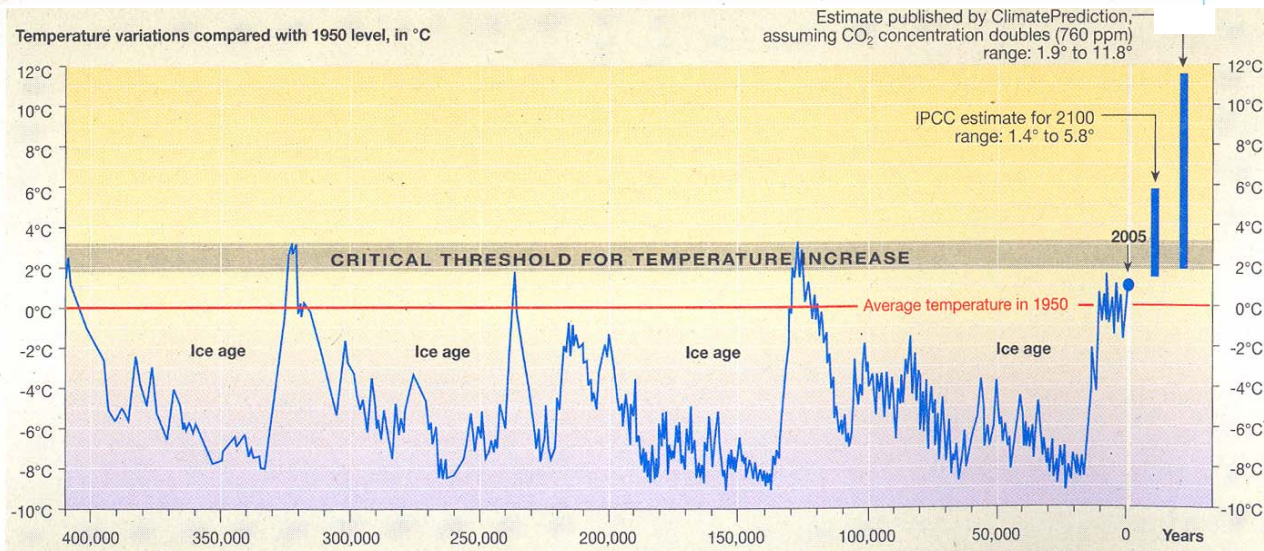
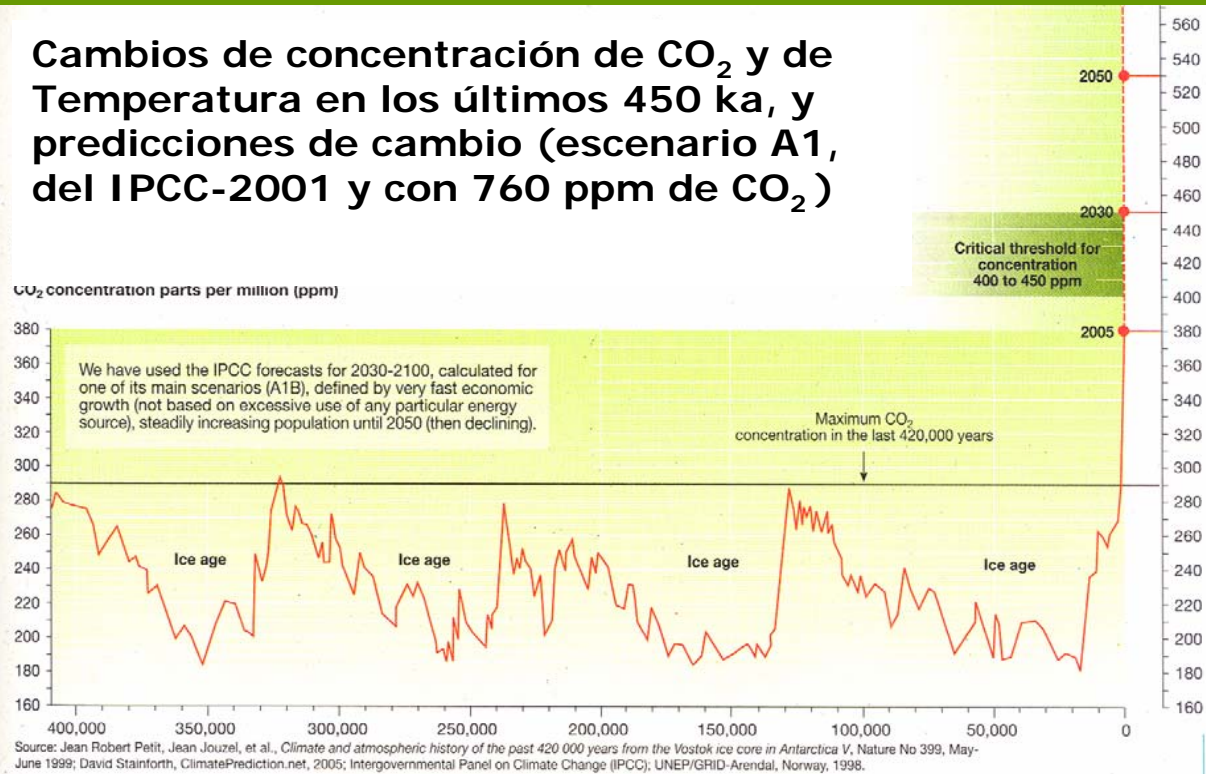


## ¿Cómo serán los cambios futuros?

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.



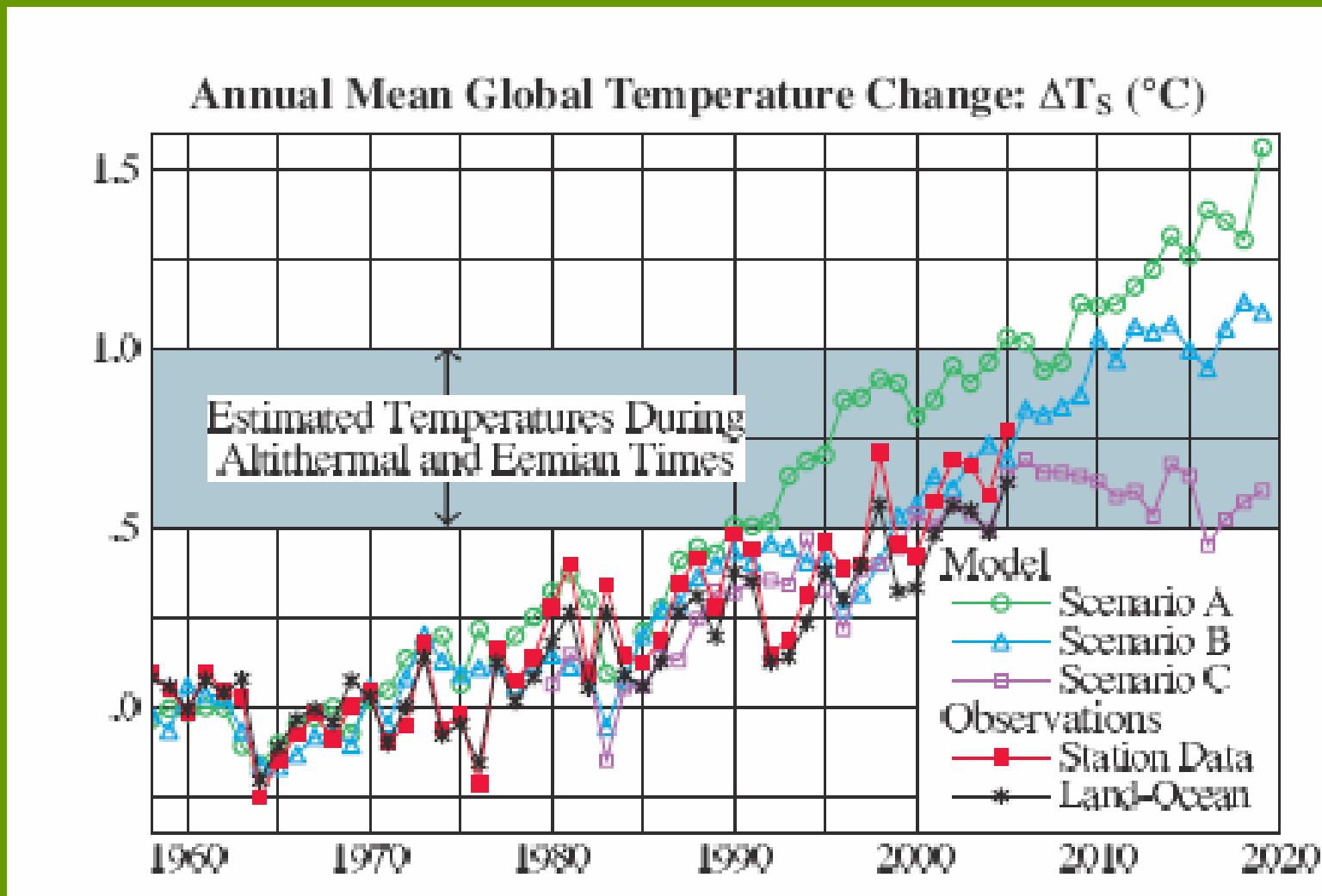
## Cambios de concentración de CO<sub>2</sub> y de Temperatura en los últimos 450 ka, y predicciones de cambio (escenario A1, del IPCC-2001 y con 760 ppm de CO<sub>2</sub>)



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)

# Límites propuestos por Hansen et al para cambio climáticos rápidos



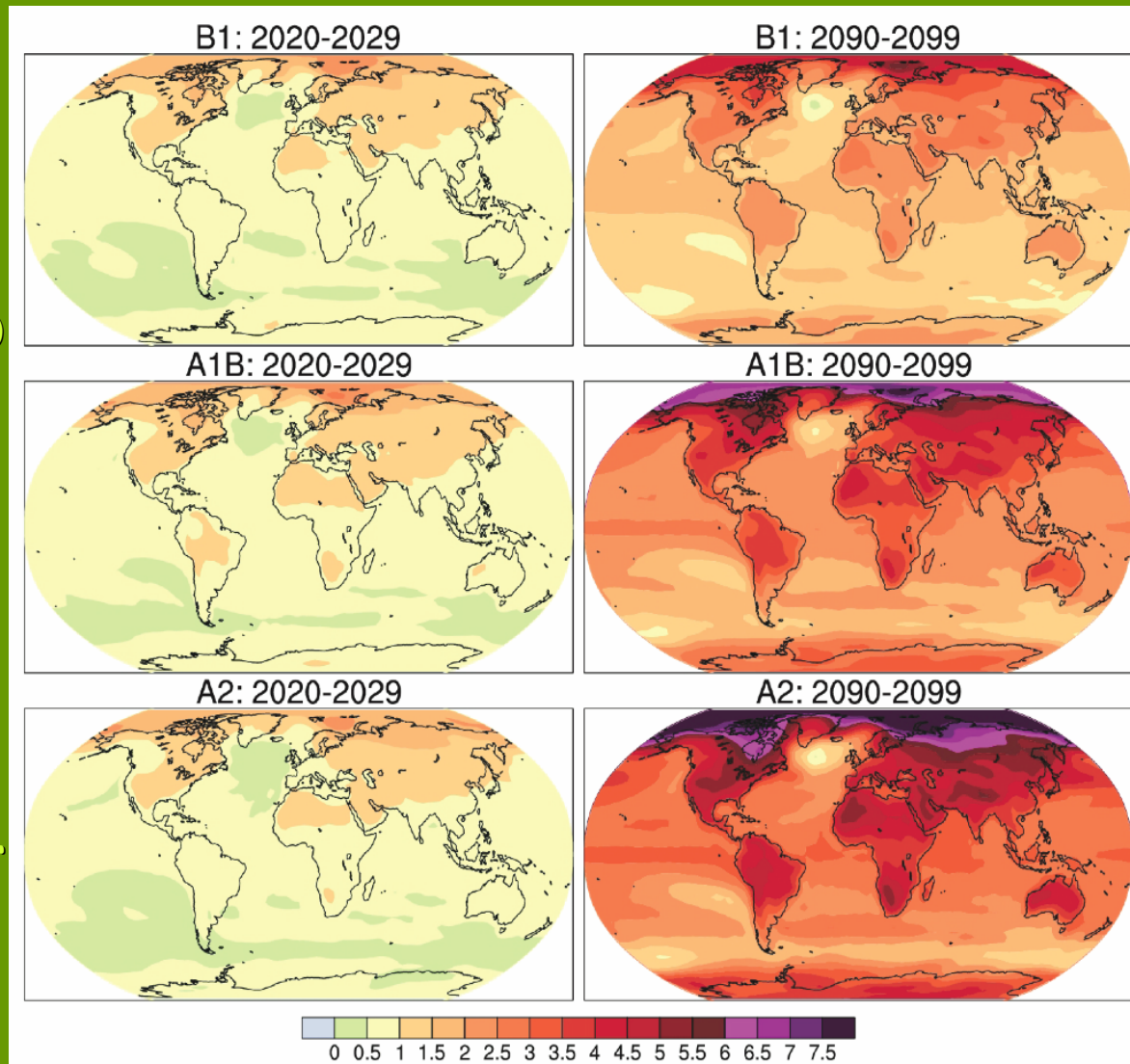
Hansen et al, 2006

Temperatura superficial global calculada para los escenarios A, B y C, comparado con los dos análisis de los datos observacionales. Los niveles de  $0.5^{\circ}\text{C}$  y  $1^{\circ}\text{C}$ , relativos a 1951-1980, fueron estimados como los máximos de temperatura en el Holoceno y de los periodos interglaciares, respectivamente

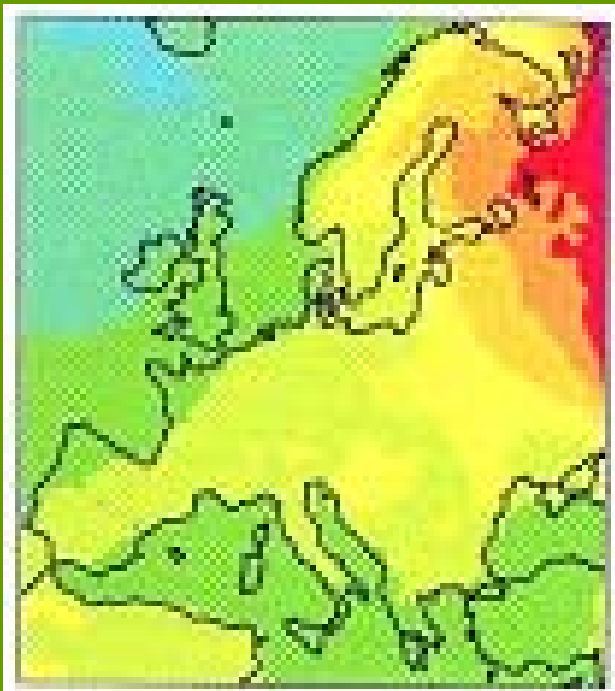
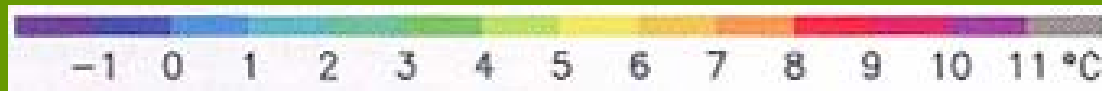


Cambios proyectados de la temperatura superficial para el comienzo y el fin del siglo 21 relativos al periodo 1980-1999. Las figuras del centro y la derecha muestran las proyecciones medias de los Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model average projections para los escenarios SRES B1 (arriba), 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.

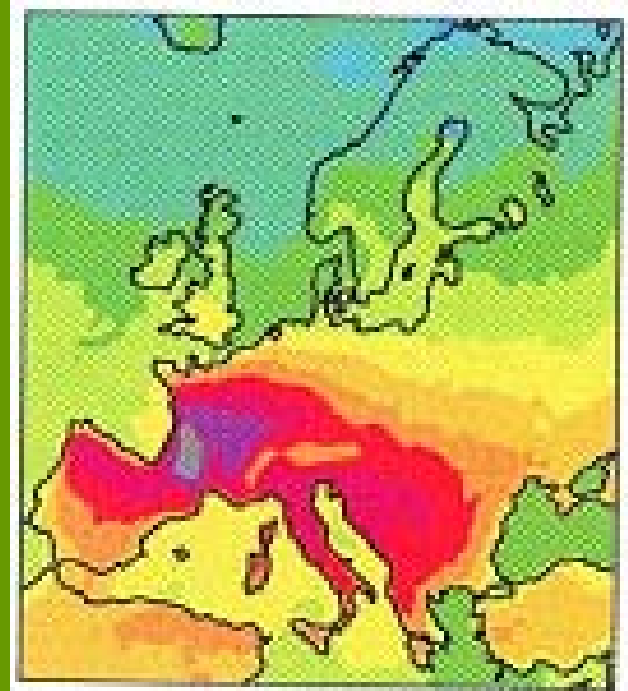
Algunos estudios presentan resultados sólo para un conjunto de los escenarios SRES , o para varias versiones de un modelo. Por tanto, la diferencia en el número de curvas, mostradas en en la figura de la izquierda, se debe sólo a diferencias en la disponibilidad de resultados.



# Los modelos regionales Europeos que existen presentan resultados semejantes



DJF

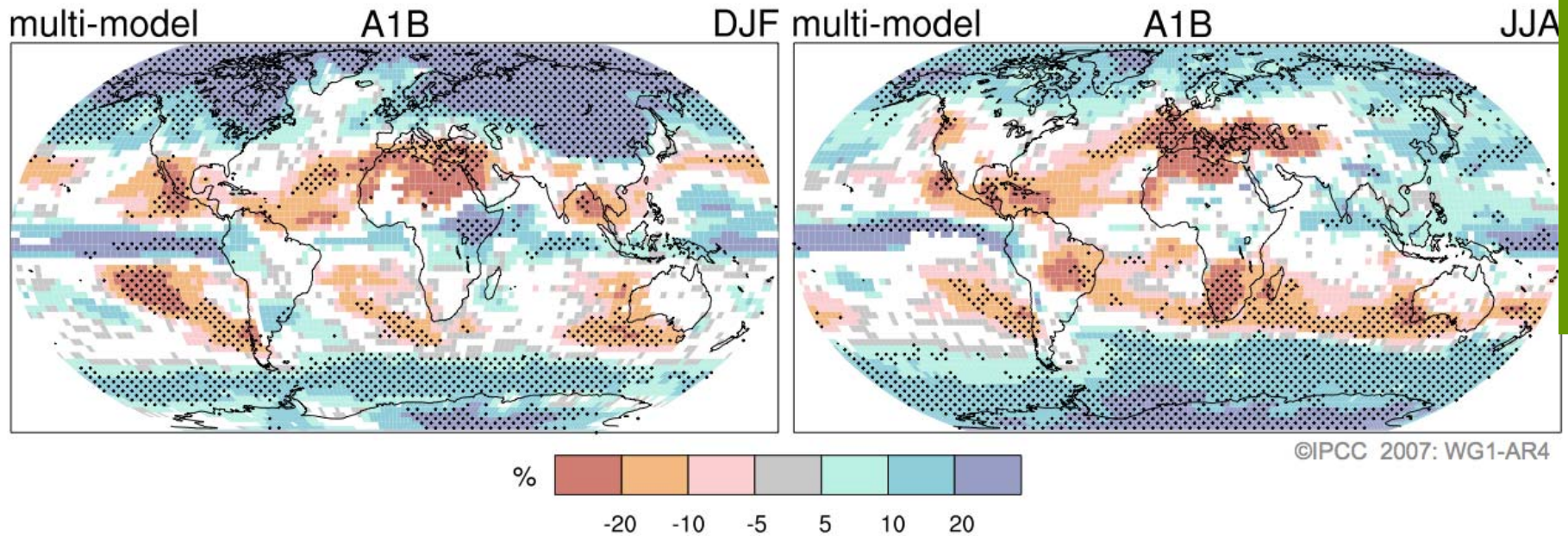


JJA

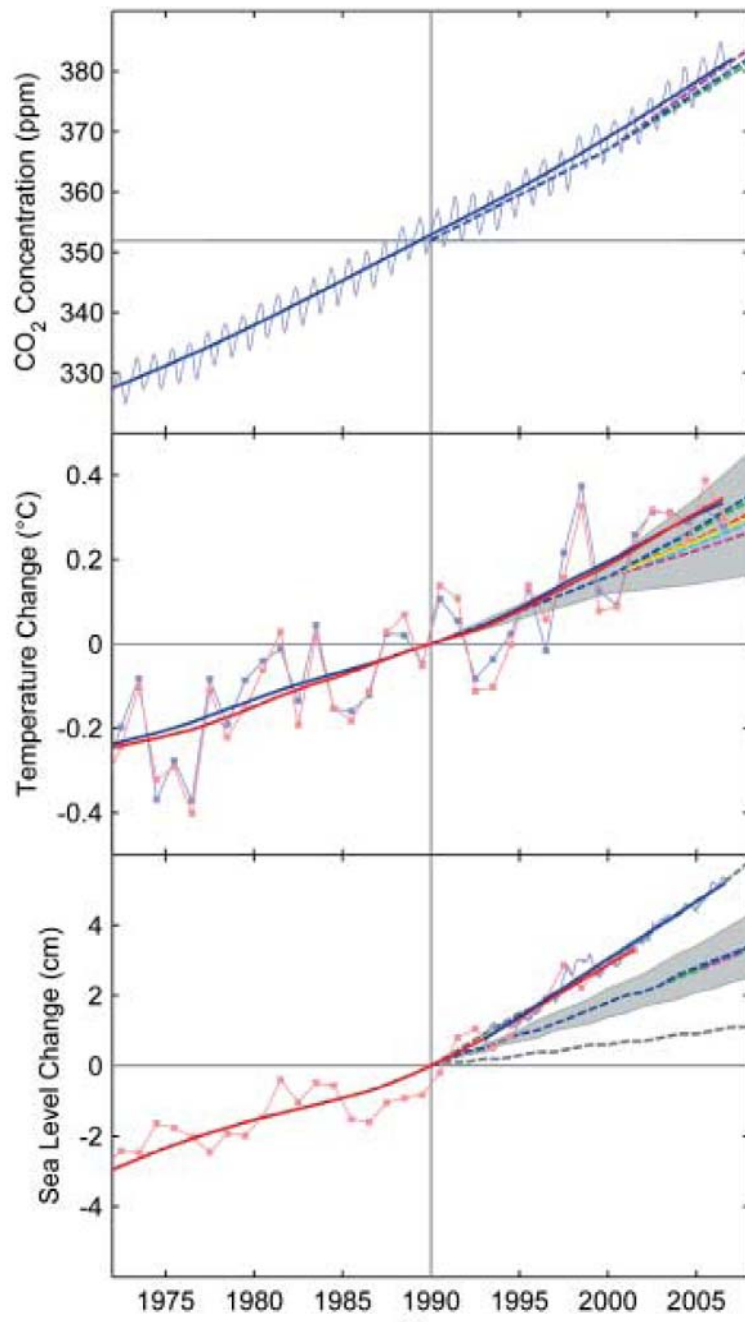
Calculado para el RCO-E2 escenario menos el control (1960-1990) RCM SweClim

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



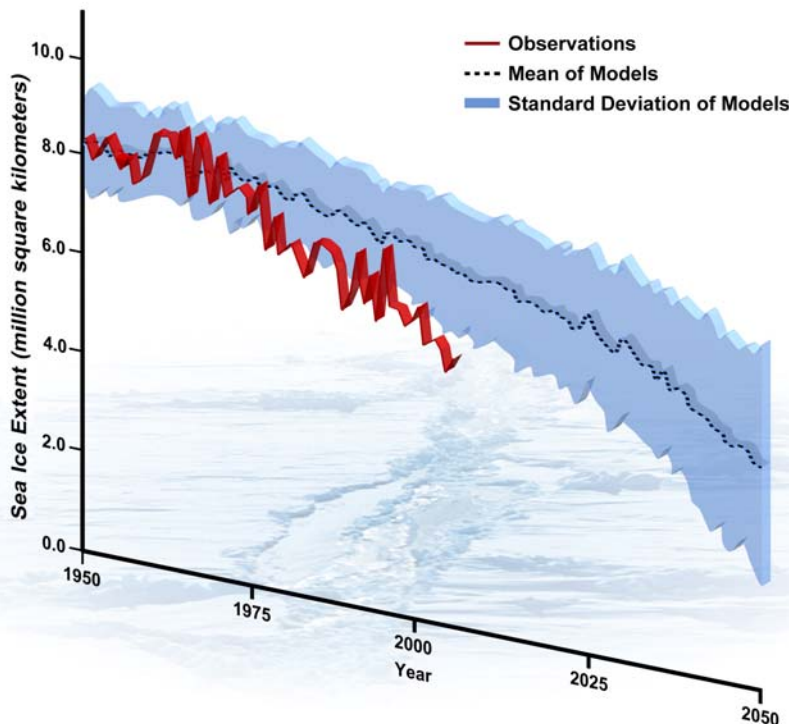




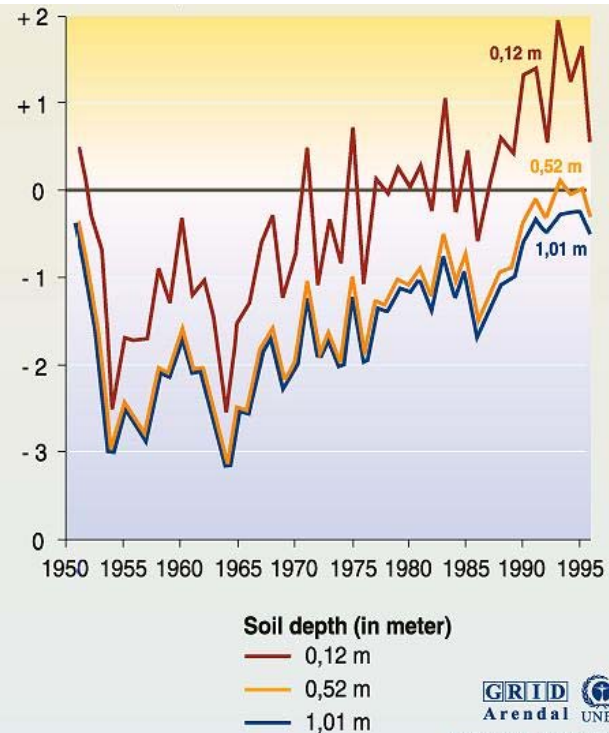
**Cambios en variables climáticas clave desde 1973, comparados con los escenarios del IPCC (líneas a trazos y rangos en gris).** (Arriba) Concentración de dióxido de carbono mensual y su línea de tendencia en Mauna Loa (Hawái, azul), hasta enero 2007.. (Enmedio) Media anual global de la Temperatura combinada de Tierra y Océano del GISS (rojo) y el Hadley Centre/Climatic Research Unit (azul) hasta 2006, con sus tendencias. (Abajo) 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 interrupciones climáticas bruscas

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

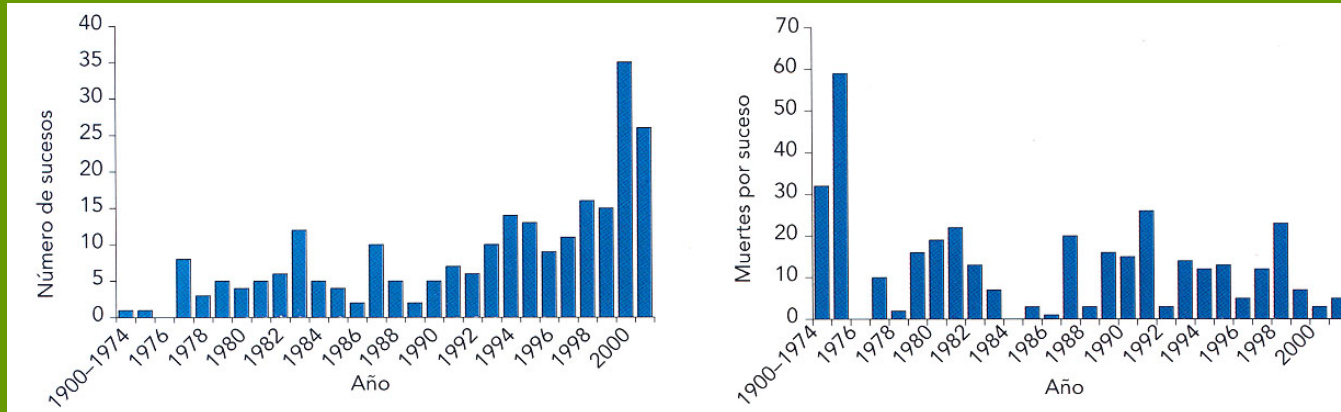


Cambio en la temperatura de la permafrost a varias profundidades en Fairbanks (Alaska)



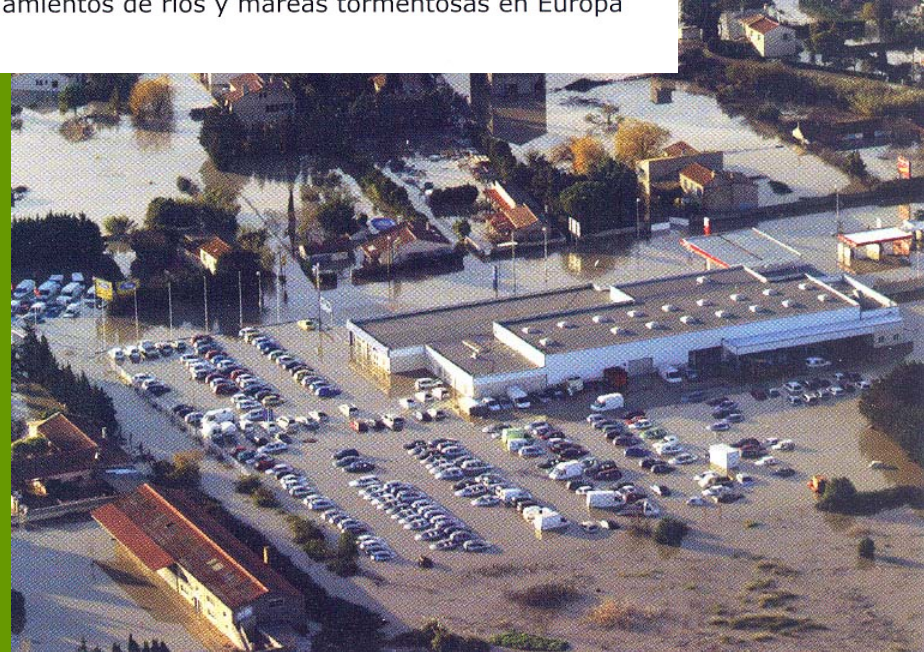
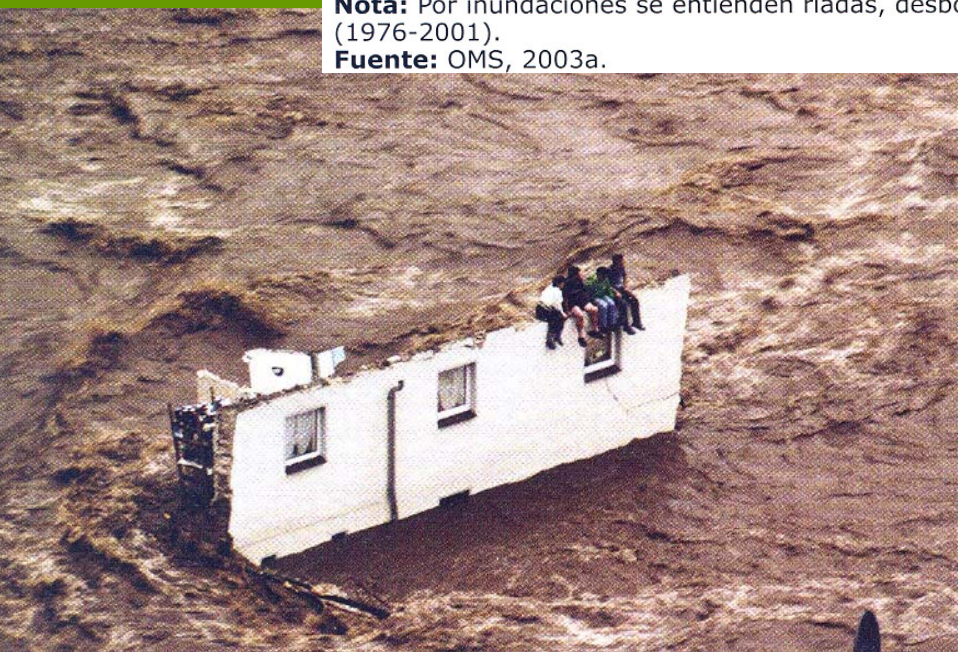


# Las inundaciones se han incrementado en Europa, en parte por cambios en la pluviosidad, y en parte debido a modificaciones del territorio

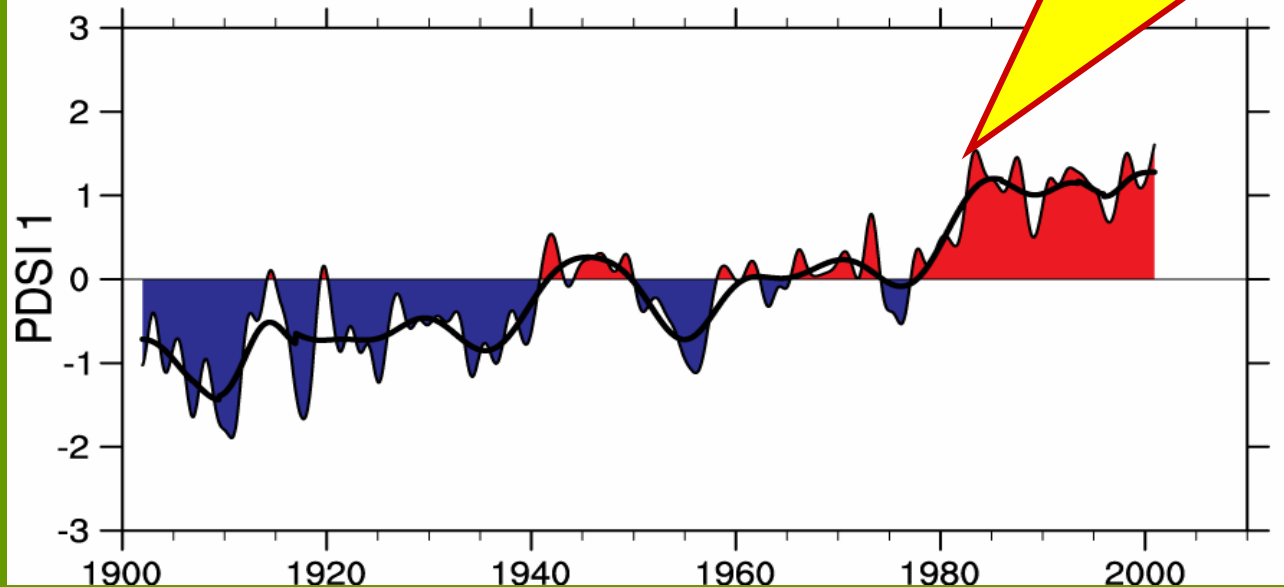
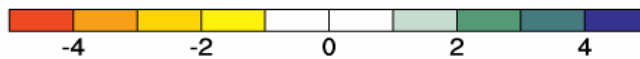
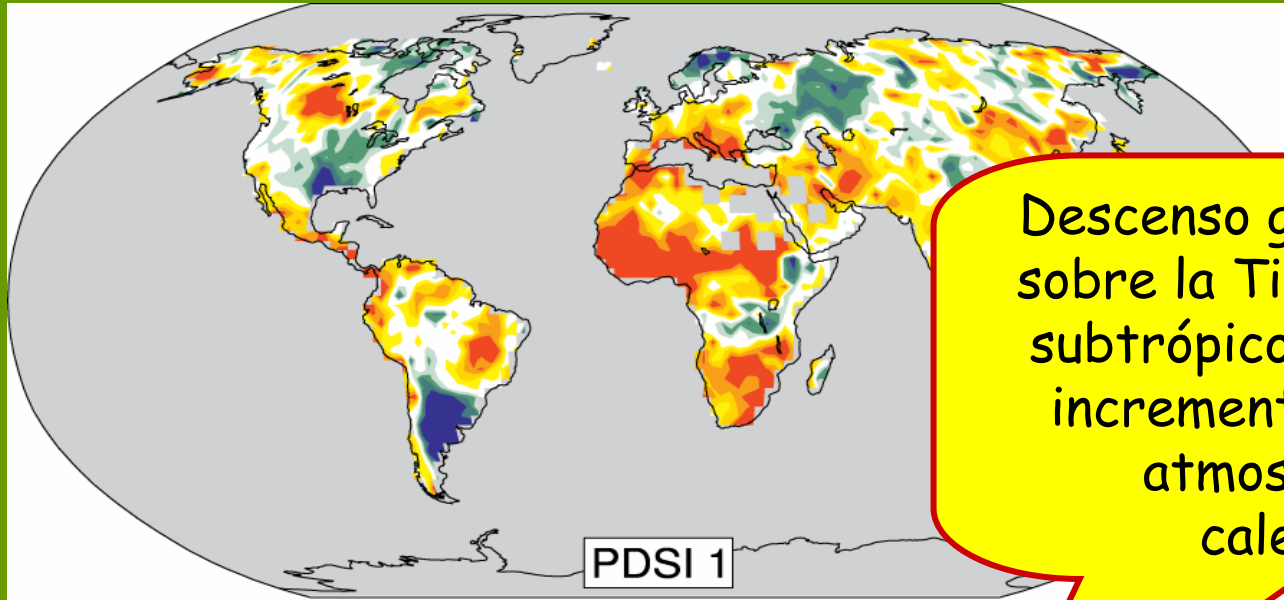


**Nota:** Por inundaciones se entienden riadas, desbordamientos de ríos y mareas tormentosas en Europa (1976-2001).

**Fuente:** OMS, 2003a.



# Las sequías se incrementan en la mayoría de los lugares



La serie temporal recoge la tendencia general de la PDSI.





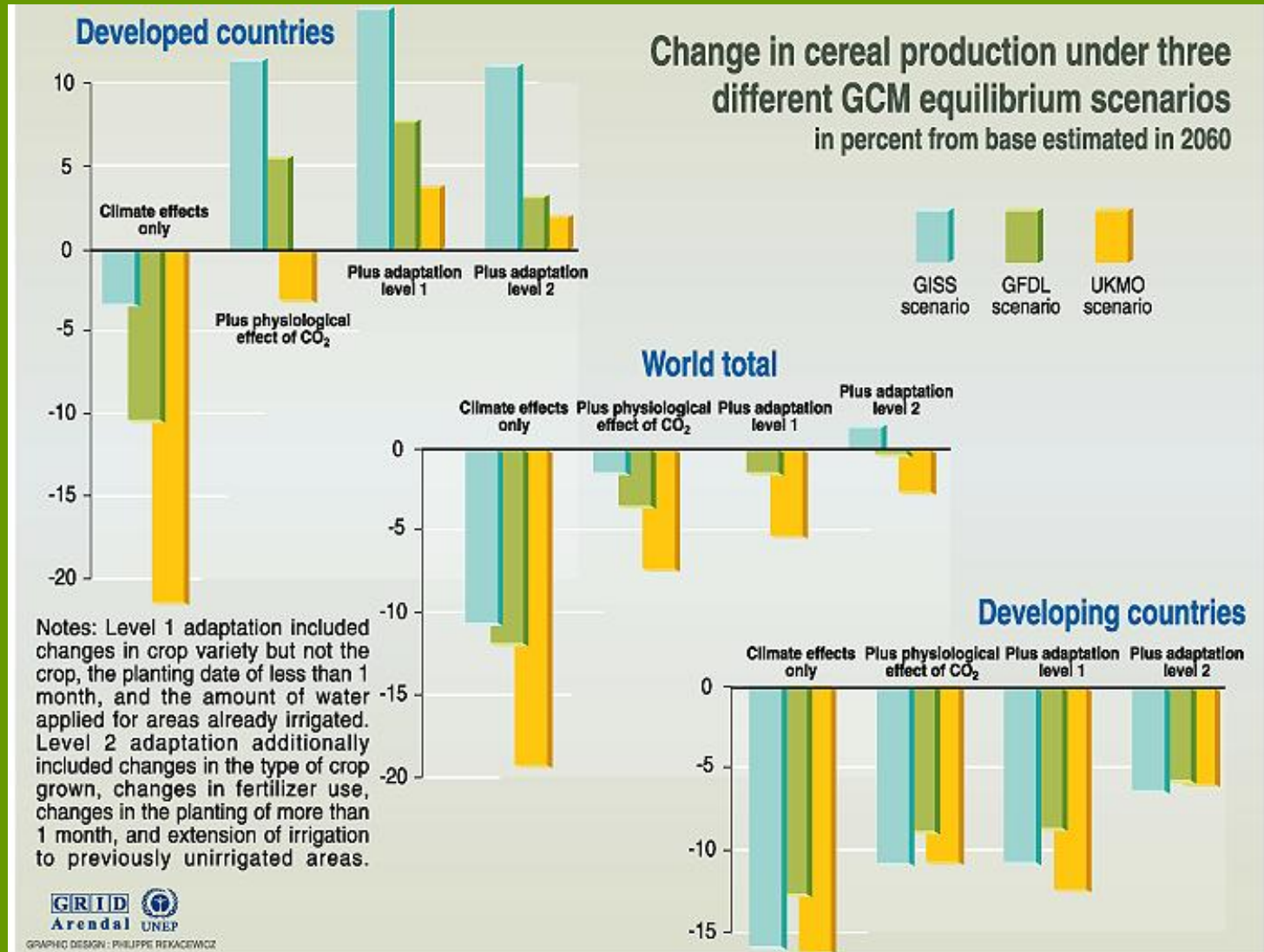


## Algunos sucesos que eran relativamente frecuentes no se observan en la actualidad



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

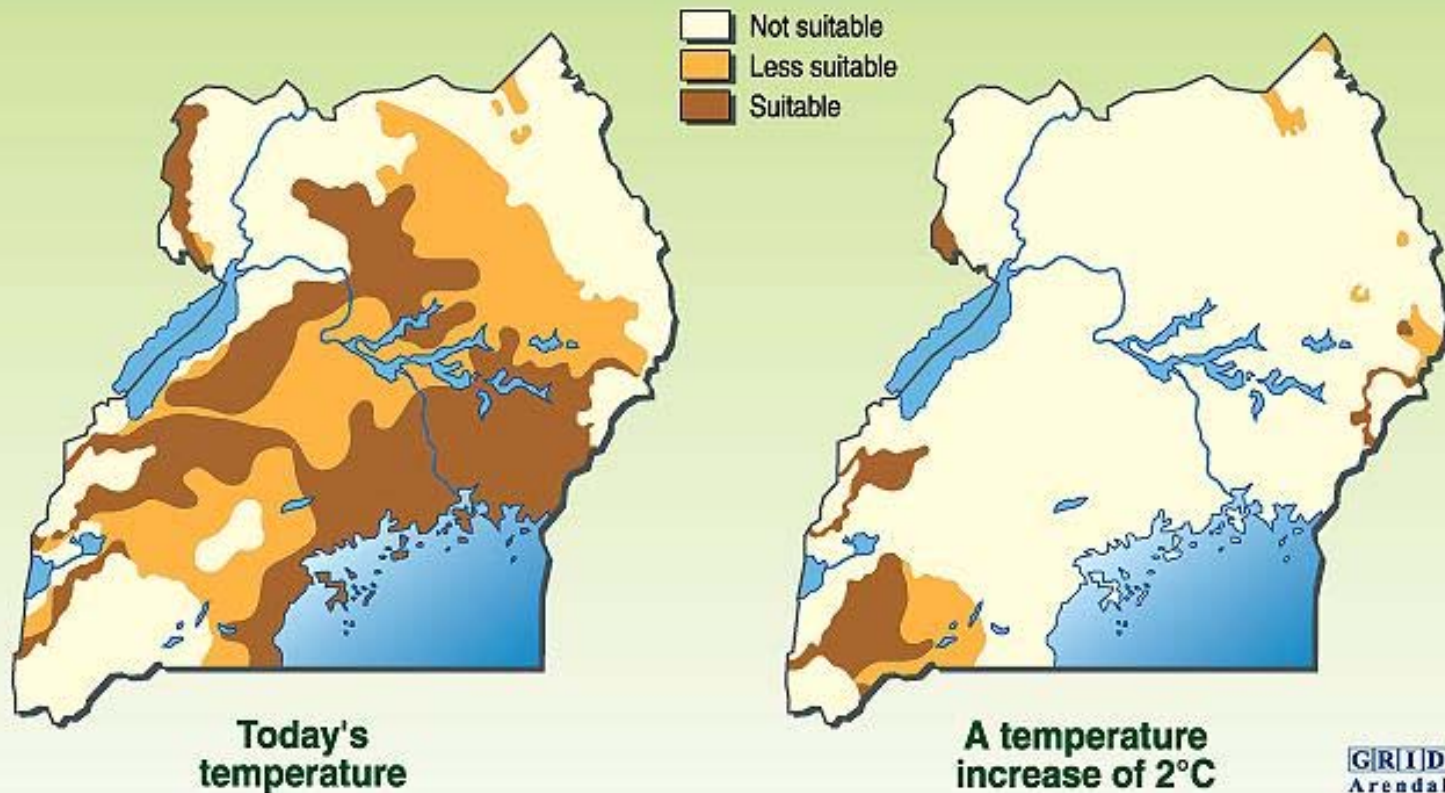
# EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD



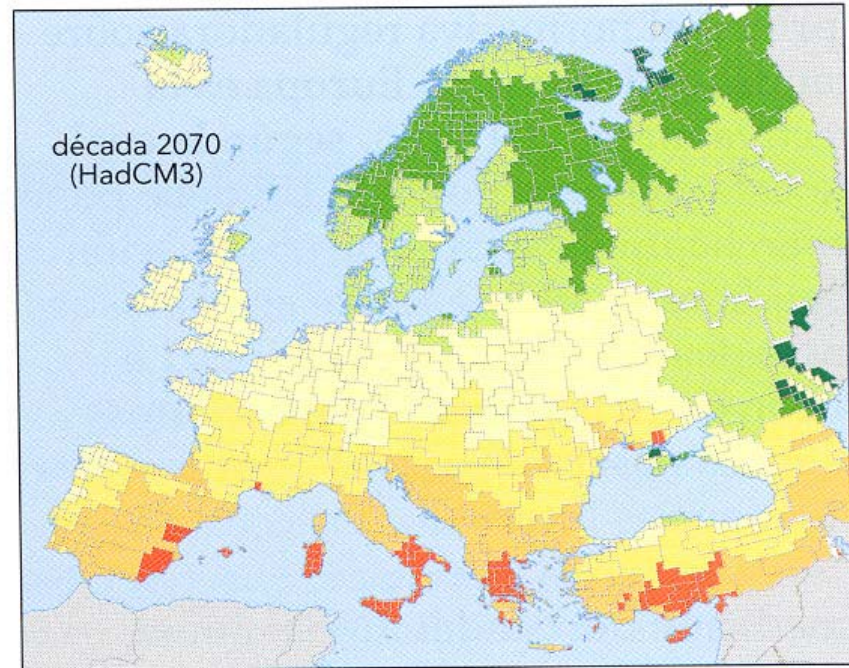
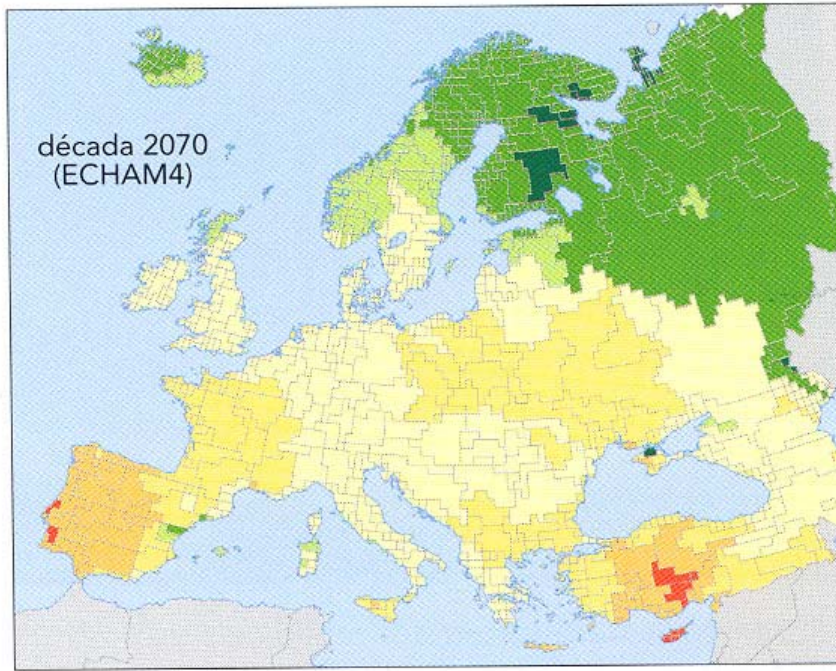


# EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD

## Impact of temperature rise on robusta coffee in Uganda



# EL PORCENTAJE DE AGUA USADA SE INCREMENTARÁ EN MUCHOS PAÍSES



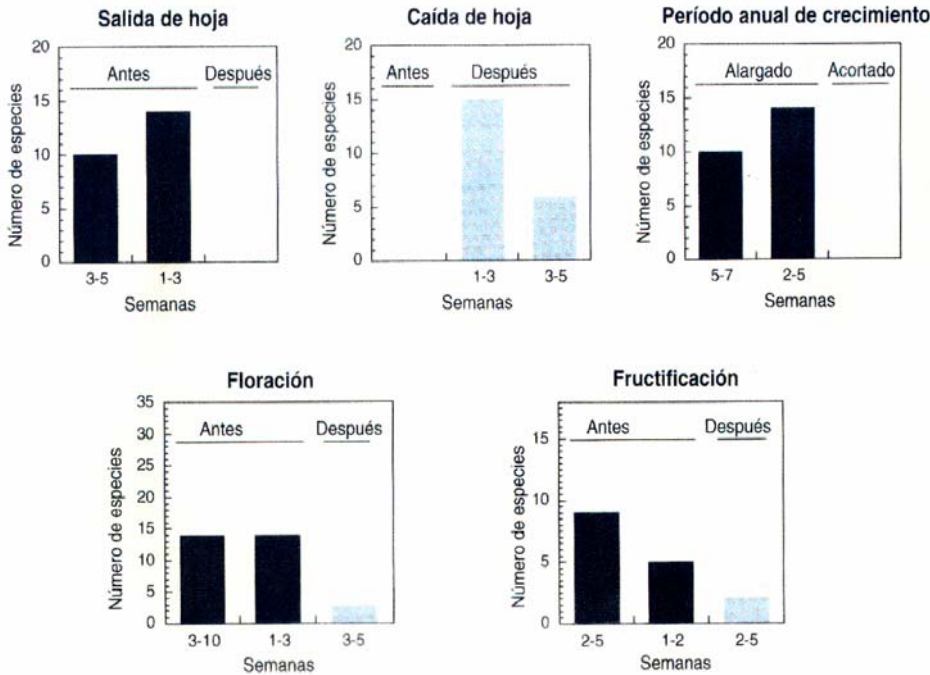
Cambios previstos de pluviosidad para la década del año 2070

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

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

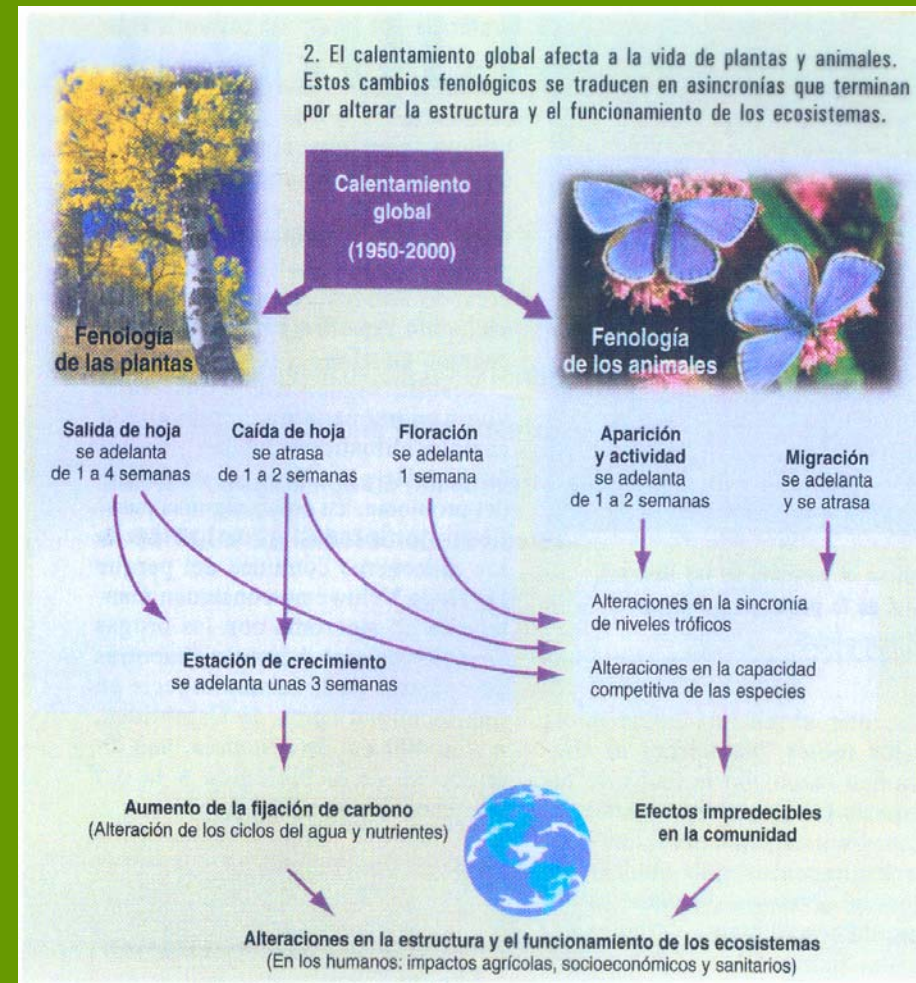


# Los cambios están afectando a fenología, y afectarán a las relaciones entre especie y por ello a los ecosistemas

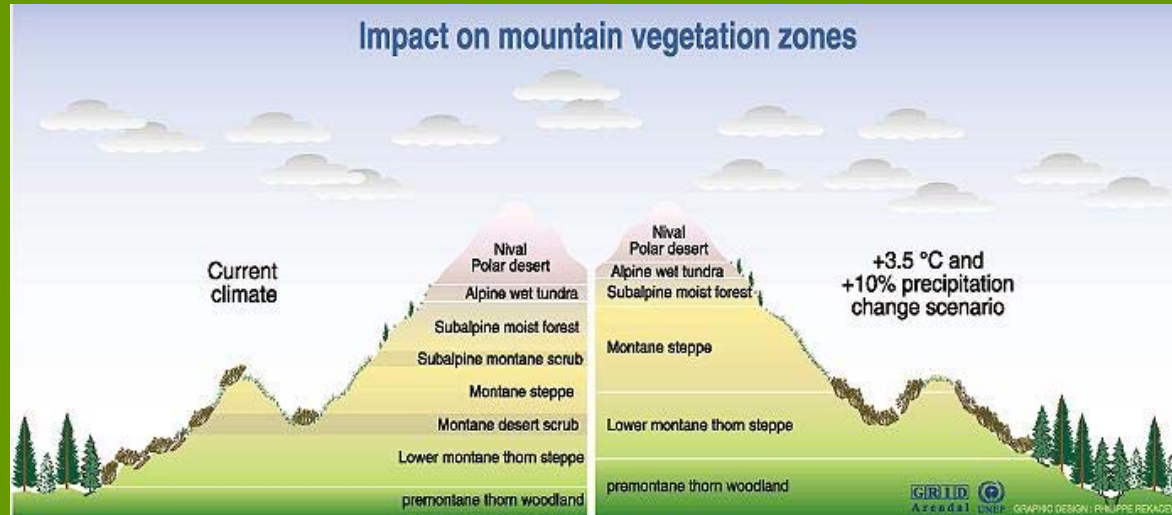


1. Cambios fenológicos en especies vegetales y animales de Cardedeu (Barcelona) durante el período 1952-2000.

Peñuelas, 2005



son previsible cambios en la distribución de especies y ecosistemas

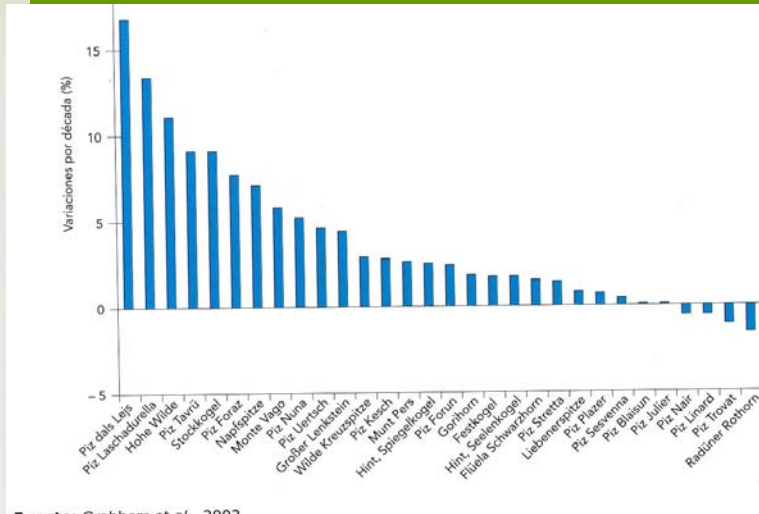


Sources: Martin Berntson, Mountain environments in changing climates, Routledge, London, 1994; Climate change 1995, Impacts, adaptations and migration of climate change, contribution of working group 2 to the second assessment report of the Intergovernmental panel on climate change (IPCC), UNEP and WMO,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

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

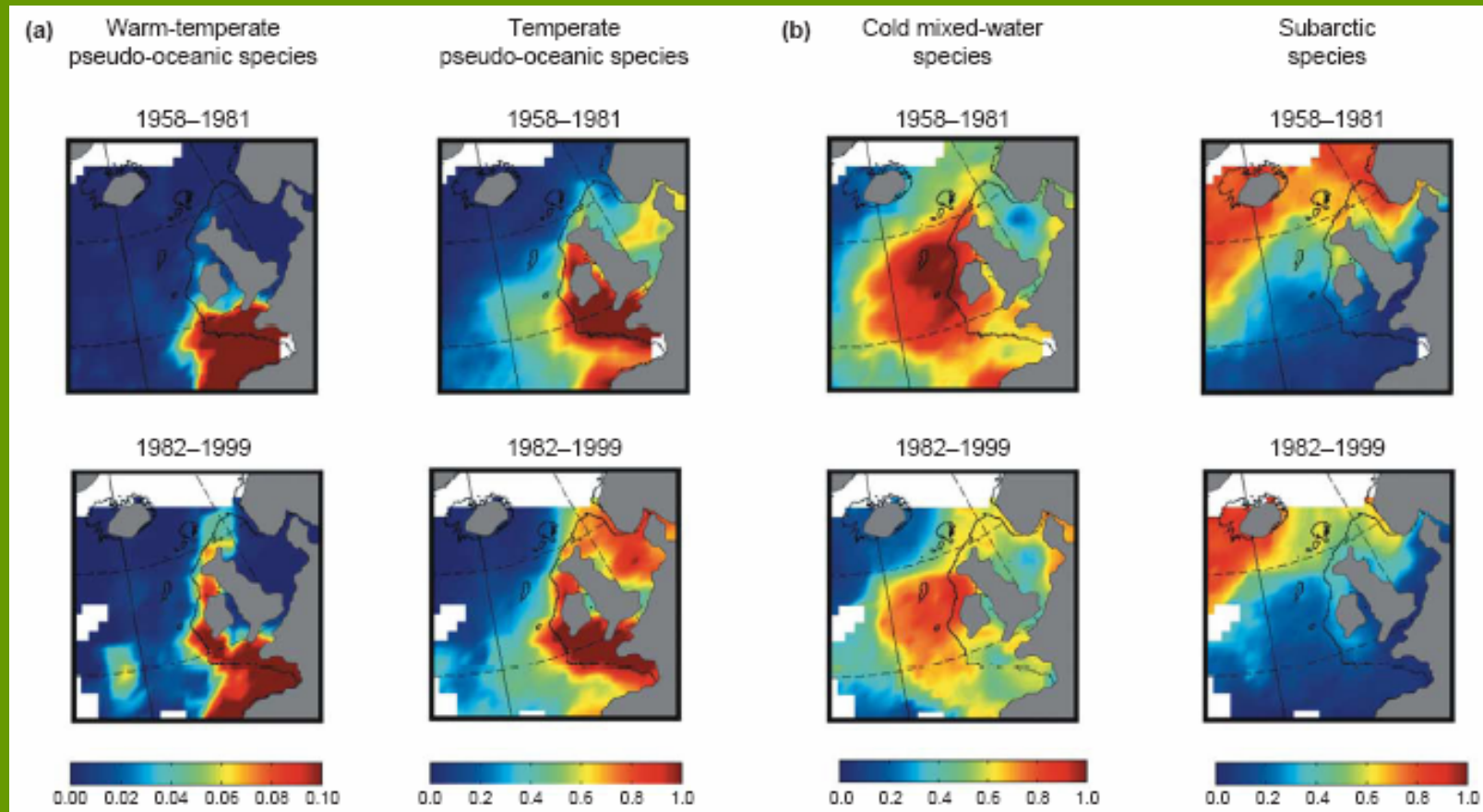


GRAPHIC DESIGN: PHILIPPE REKAGEMCZ



Fuente: Grabherr et al., 2002.



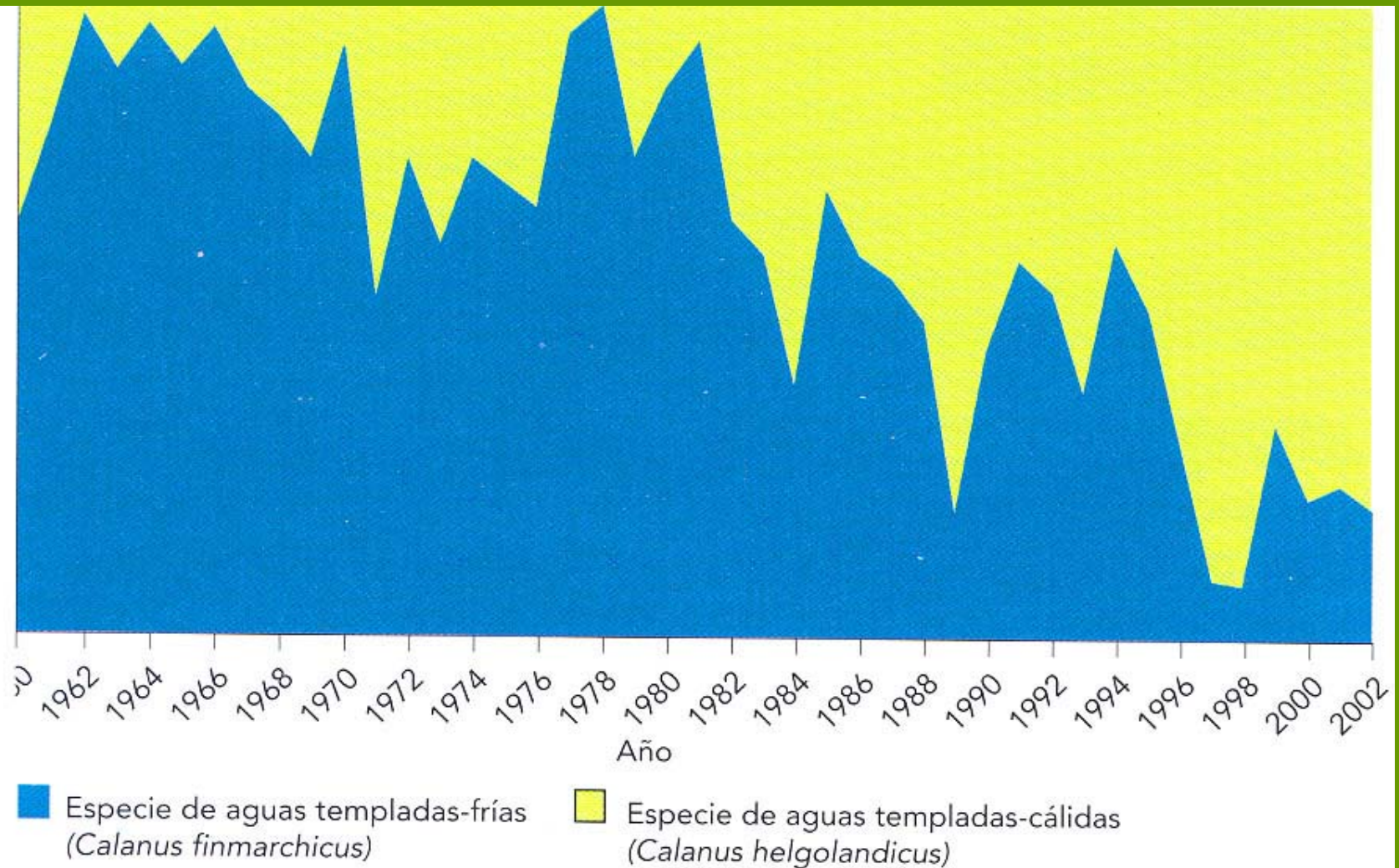


## Desplazamiento hacia el norte de las comunidades de zooplancton en el Atlántico Noroeste

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



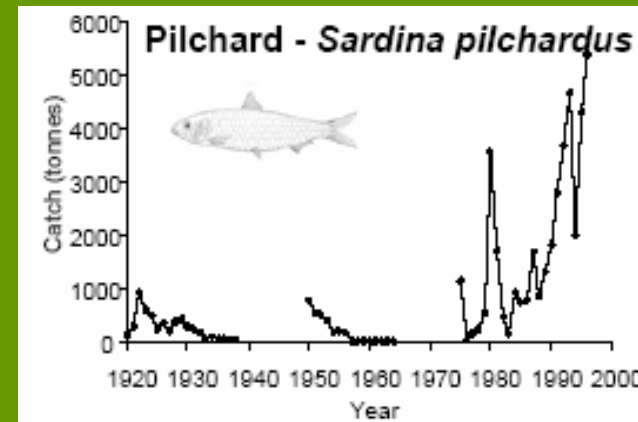
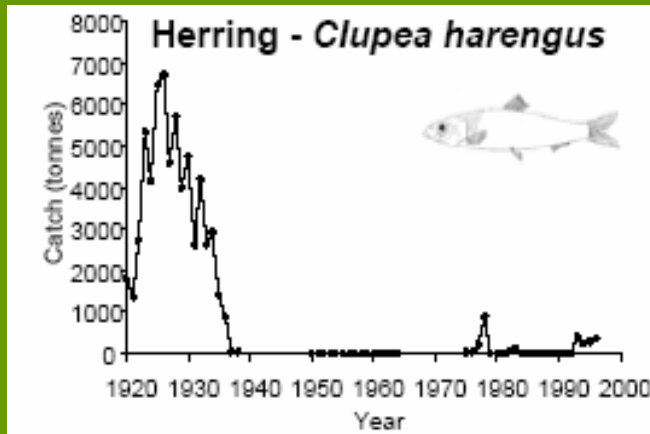
Los cambios en la composición del zooplancton, las presas de muchas larvas de peces, pueden afectar a su reclutamiento.



**Fuente:** Edwards, SAHFOS, 2003.

# 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

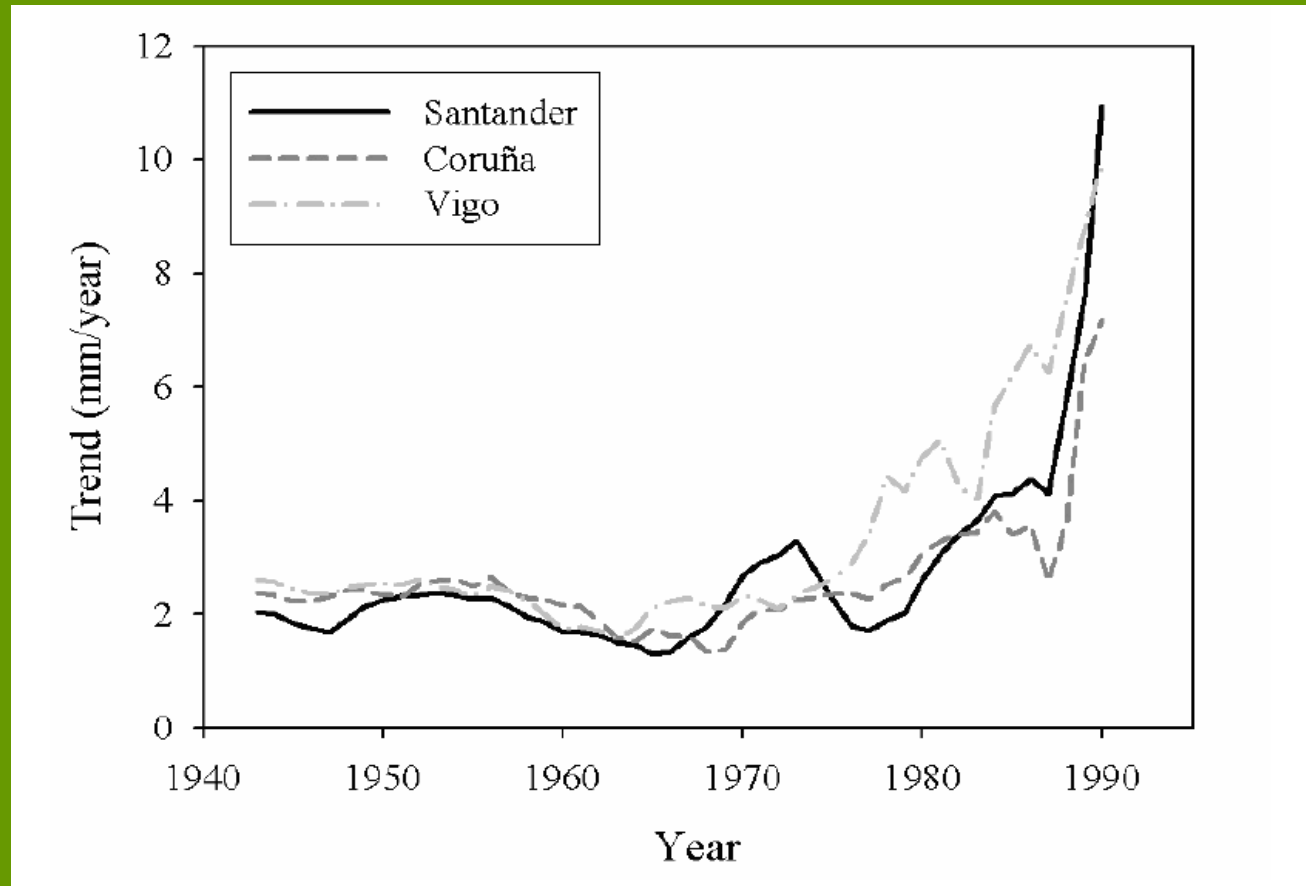


Arenque



Sardina

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



Las zonas bajas , sobre todo Megadeltas pueden verse seriamente afectadas

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

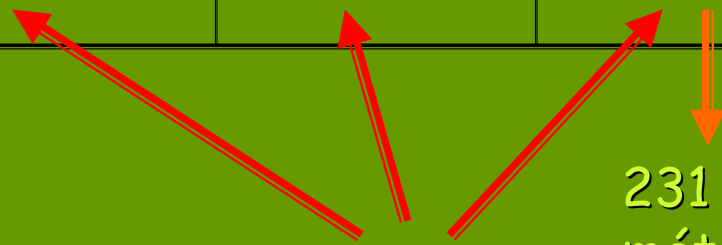
Rignot et al, 2006, Science

Masa Glaciar	Área de drenage 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

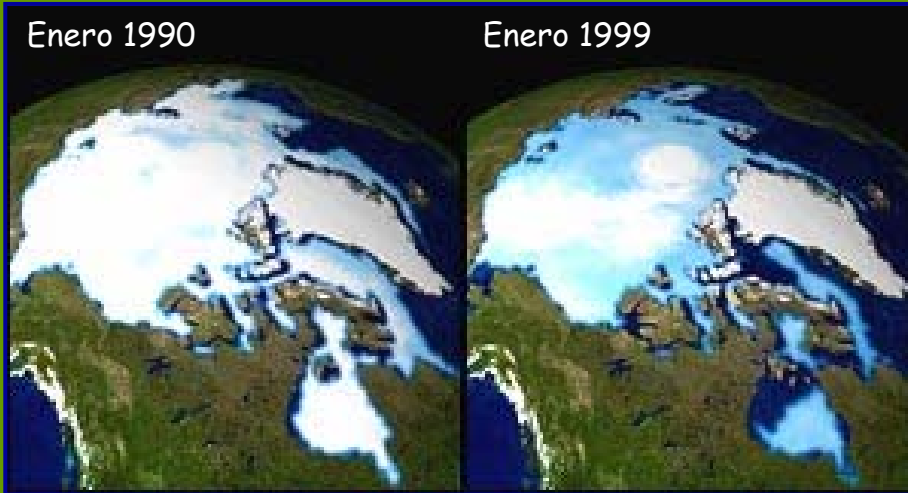
231 ± por métodos gravimétricos

Los datos con métodos diferentes





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



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.*

Una parte muy importante de la población mundial vive en zonas urbanas, más del 50 % con una densidad de población muy elevada.





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



# Escenarios de transgresión del nivel del mar para Bangladesh

## Potential impact of sea-level rise on Bangladesh



Today

Total population: 112 Million

Total land area: 134,000 km<sup>2</sup>

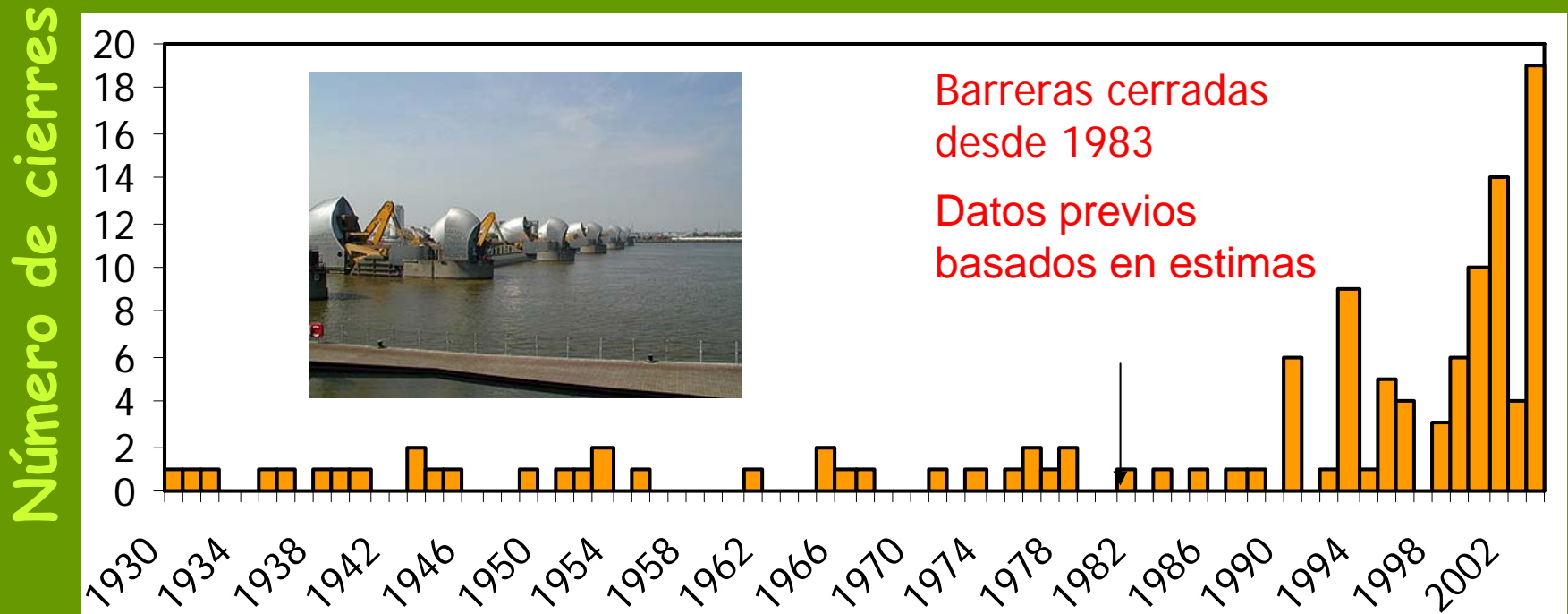


1.5 m - Impact

Total population affected: 17 Million (15%)

Total land area affected: 22,000 km<sup>2</sup> (16%)

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->

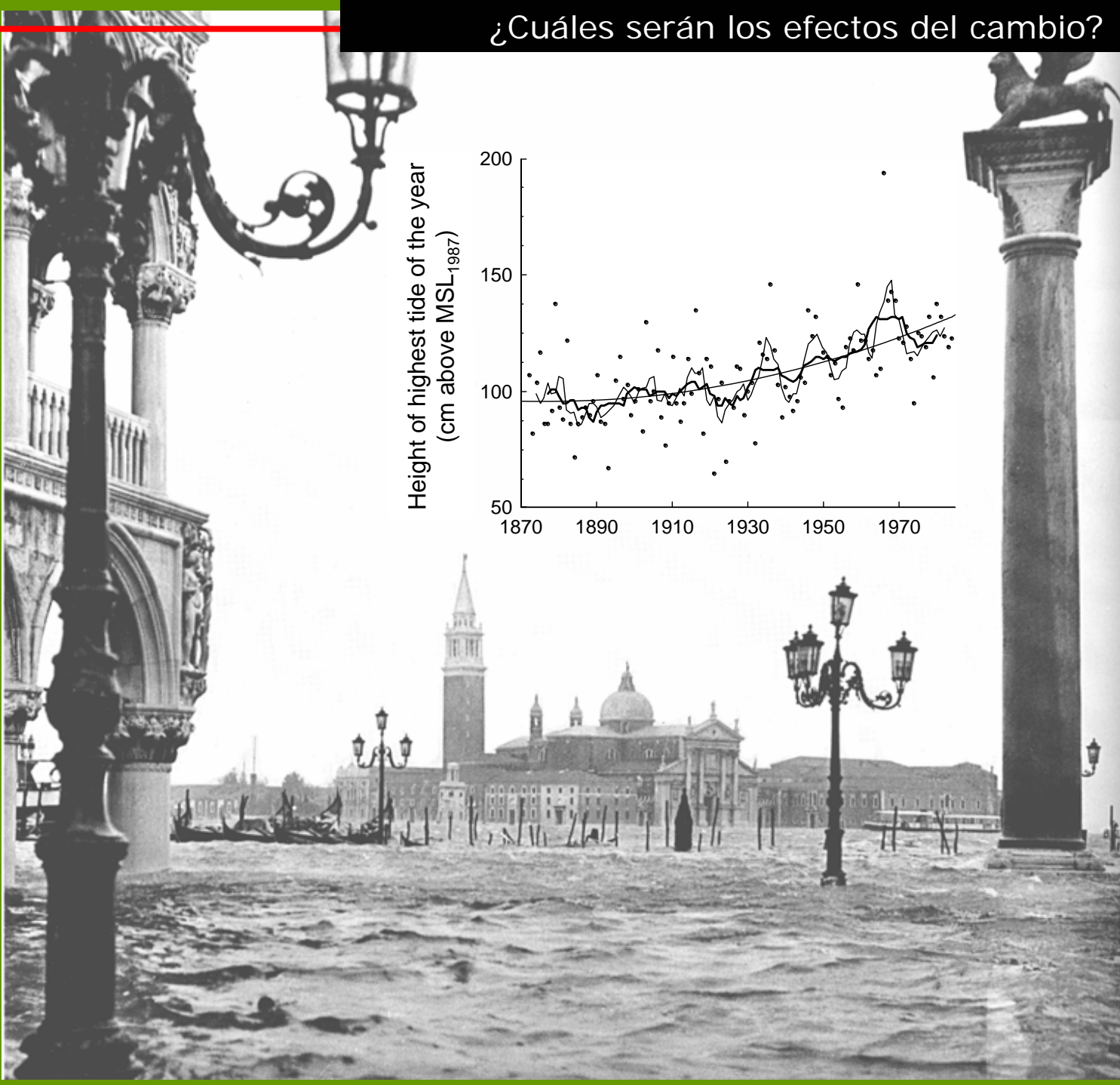
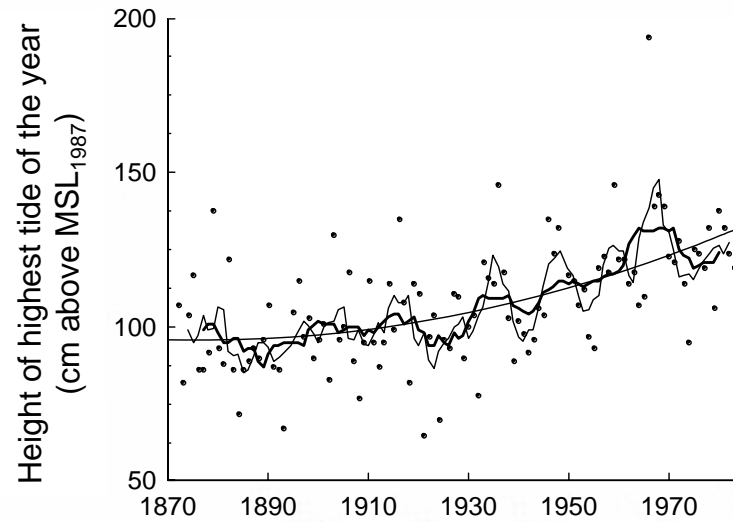
[agency.gov.uk/commondata/103601/i2\\_flood\\_c4\\_dt.xls](http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/103601/i2_flood_c4_dt.xls)



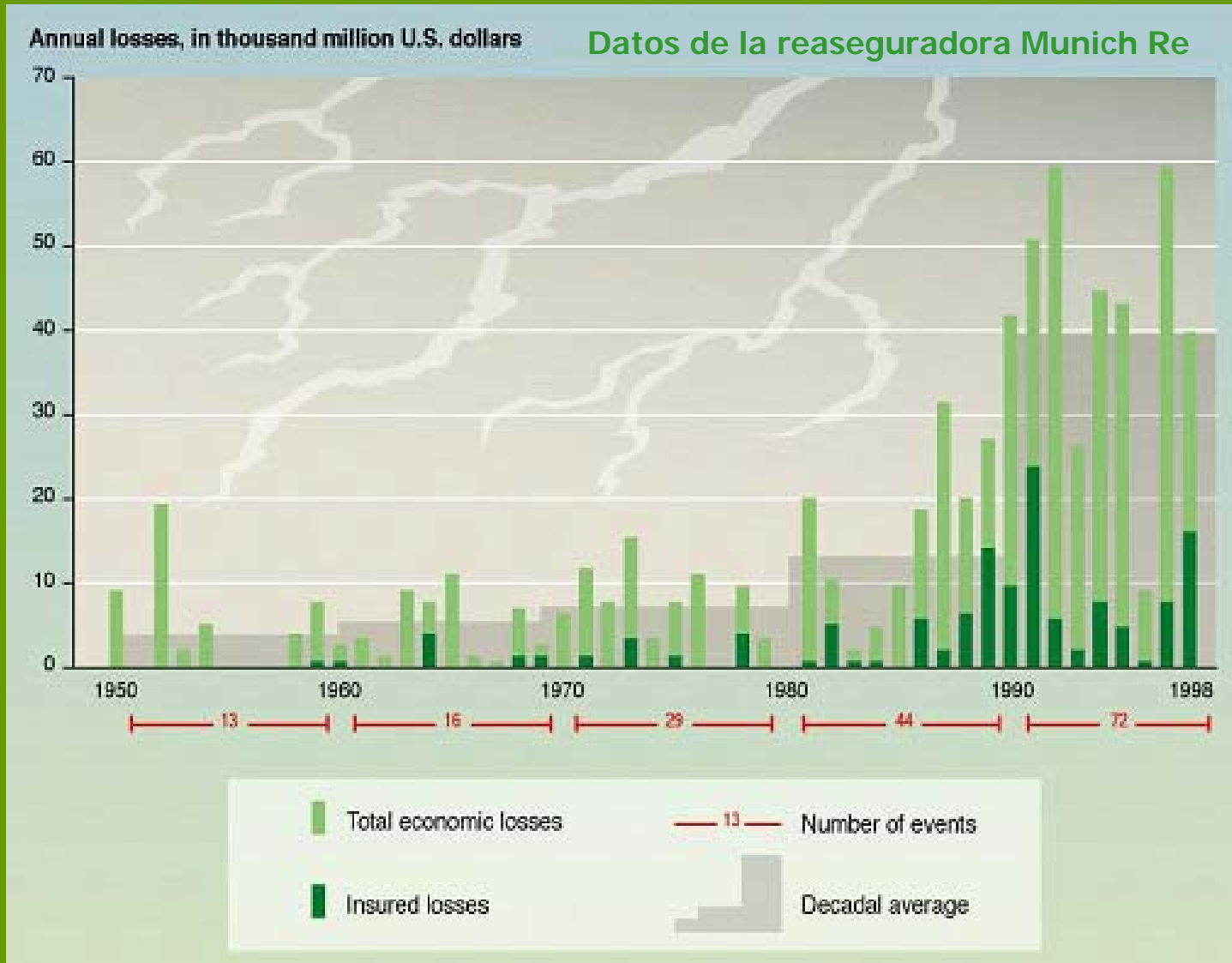
La elevación del nivel del mar afectará a muchas costas con substrato blando. La costa de Huelva está en franco retroceso



# ¿Cuáles serán los efectos del cambio?



# Los daños económicos relacionados con el clima se han incrementado

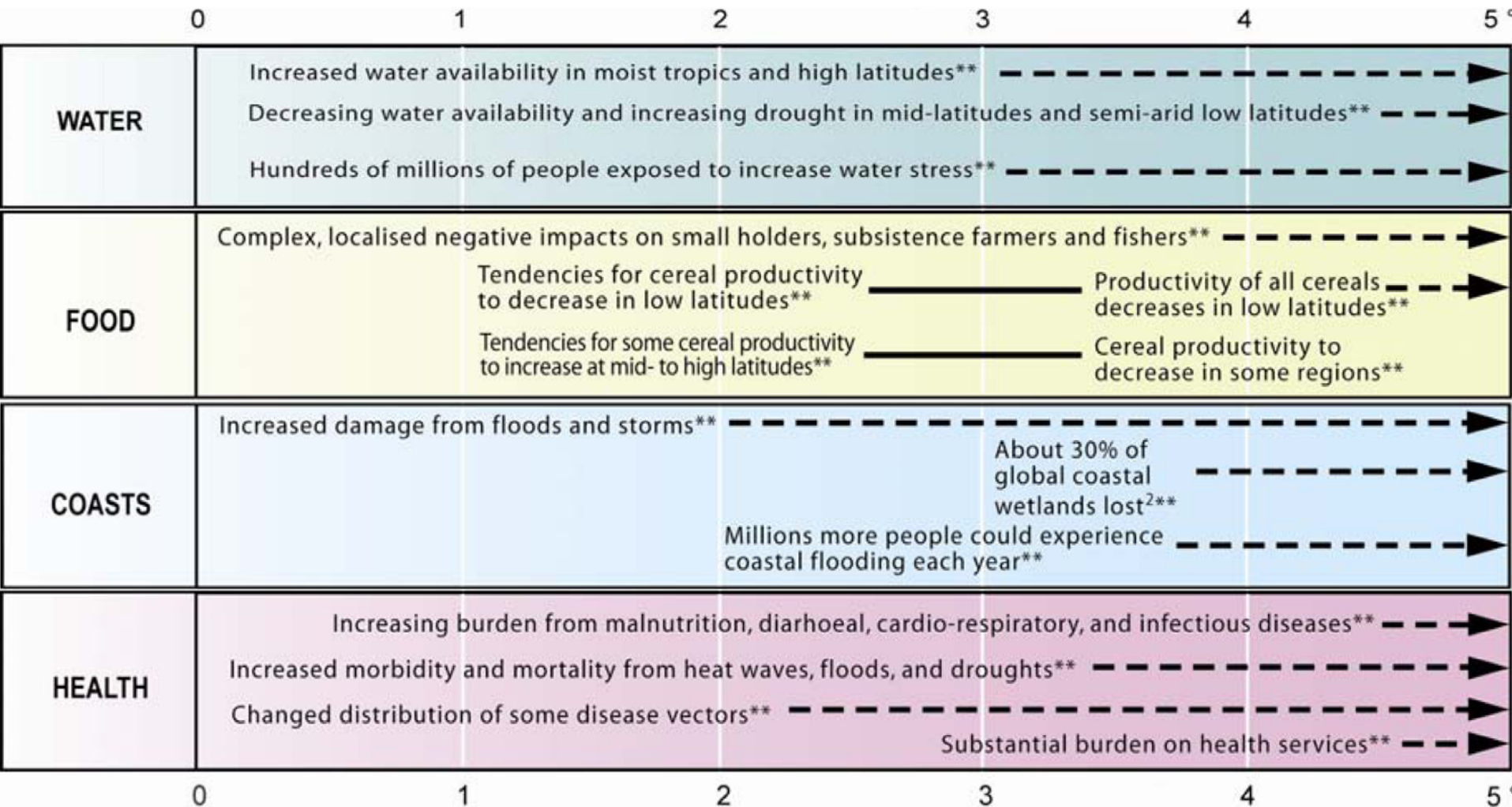




## Impactos clave como función del incremento de la temperatura global

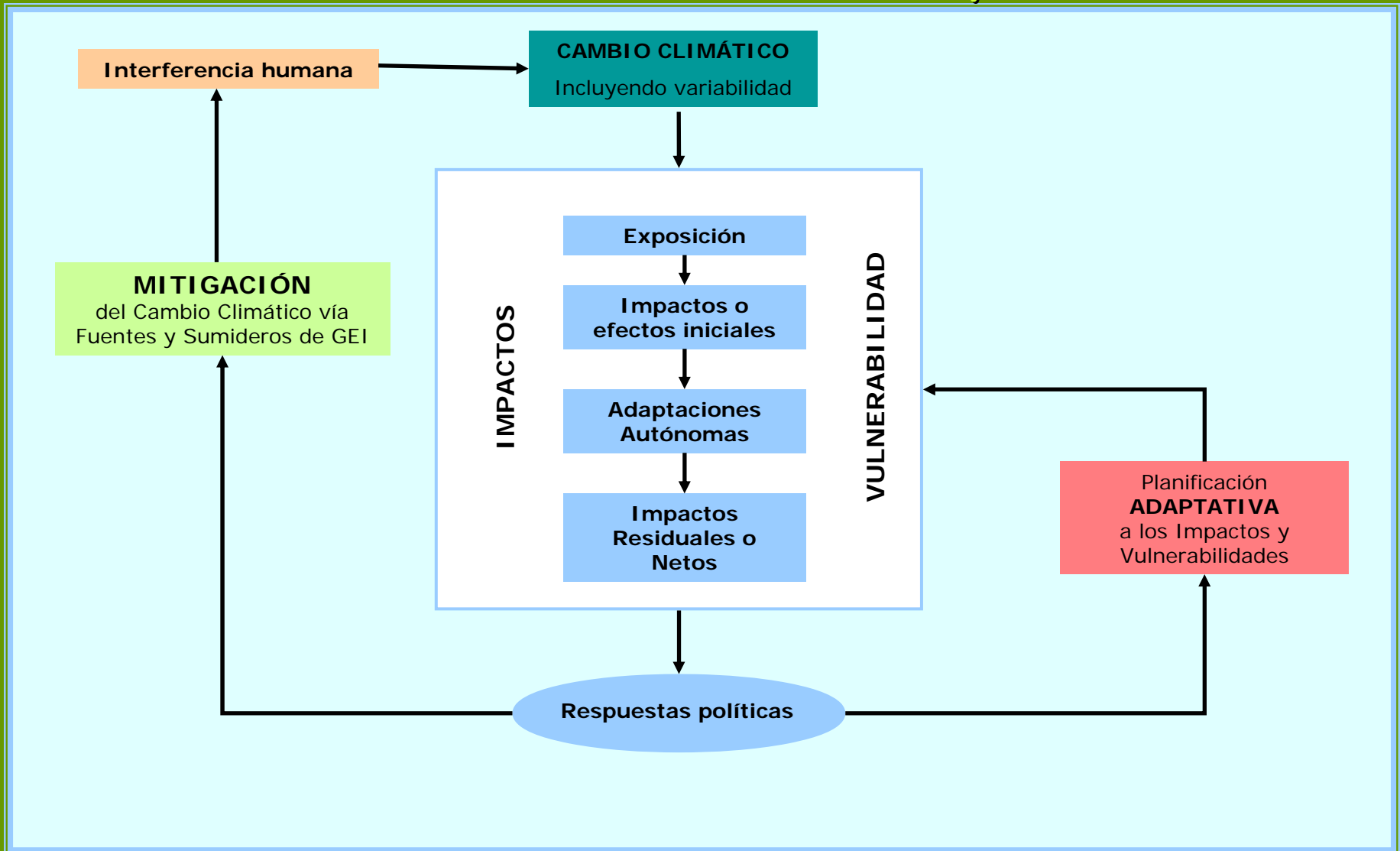
Los impactos variarán con la extensión de la adaptación, la tasa de incremento de la temperatura y la organización socioeconómica

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

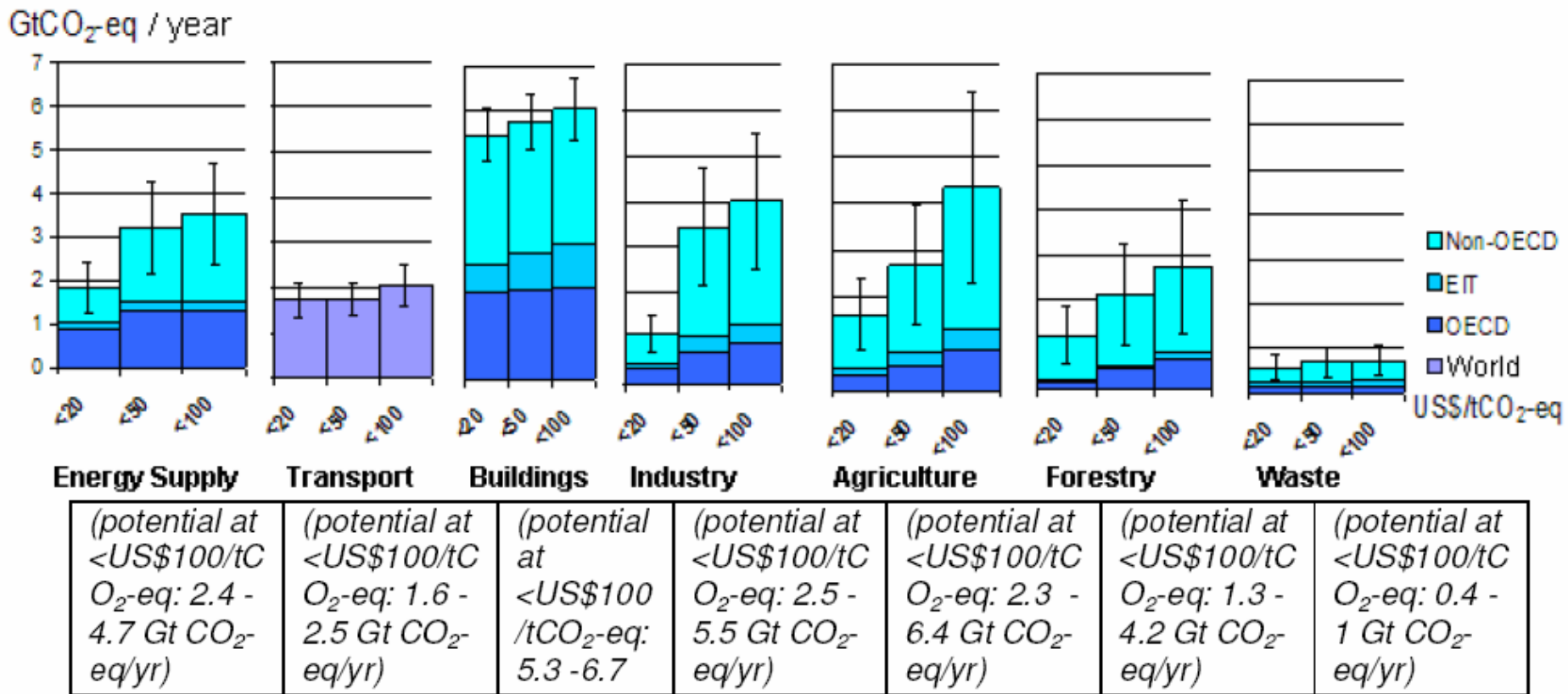




# Las posibilidades de respuesta humana necesitan de una cadena de conocimientos y acciones



**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.**



# SISTEMA ENERGETICO ACTUAL

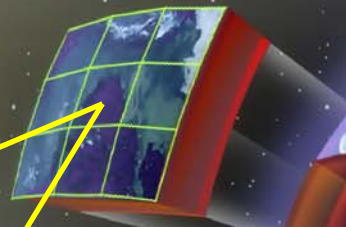
Energías Primarias, 11 Gtep  
España, 145,8 Mtep

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

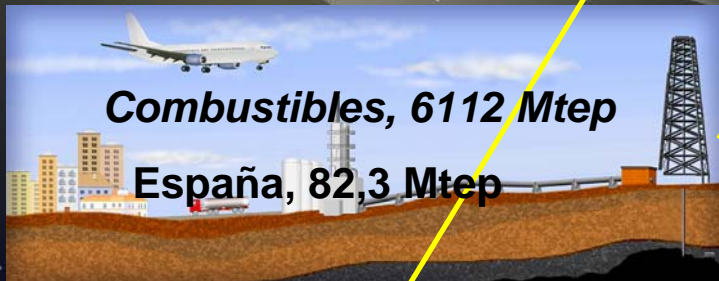


**Renovables: 2 Gtep (18 %) España, 8,8 Mtep (6,1 %)**

De Valeriano Ruiz



**Rendimiento: 3 %**



**Combustibles, 6112 Mtep**  
España, 82,3 Mtep



**Electricidad, 1175 Mtep**  
España, 20,8 Mtep



**Consumo: calor, frío, luz, etc.**

**Combustibles fósiles: 75,8 %**

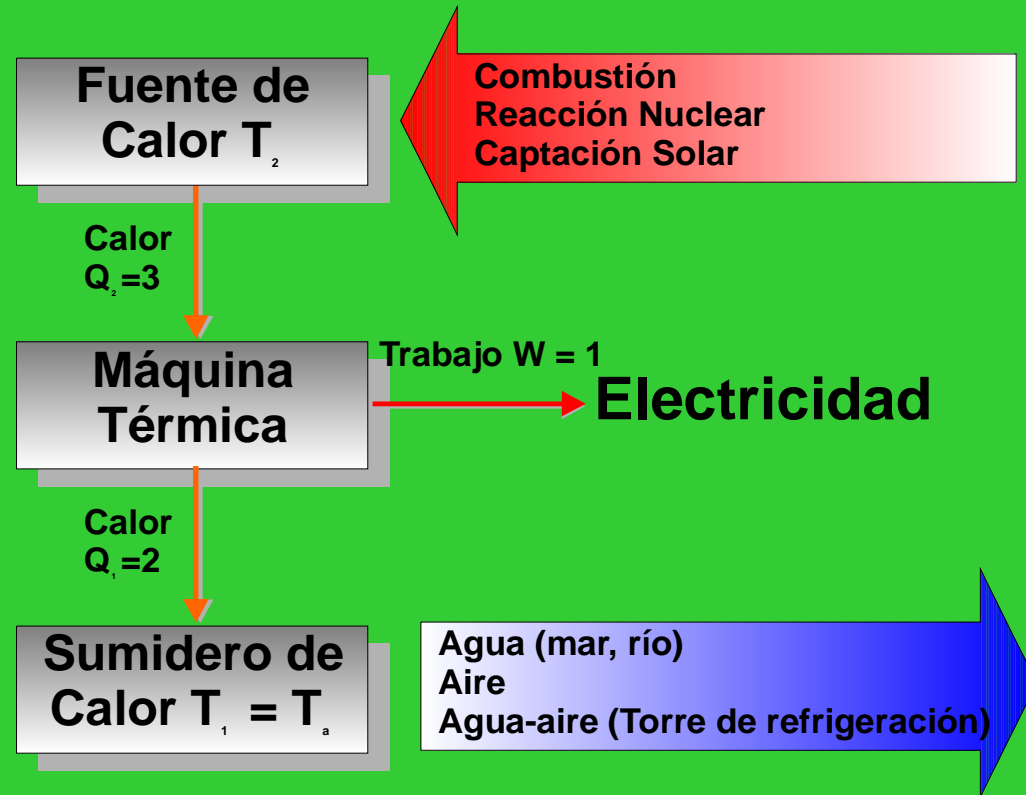


**6,2 %**

**Energías Intermedias**

# Consumo de electricidad

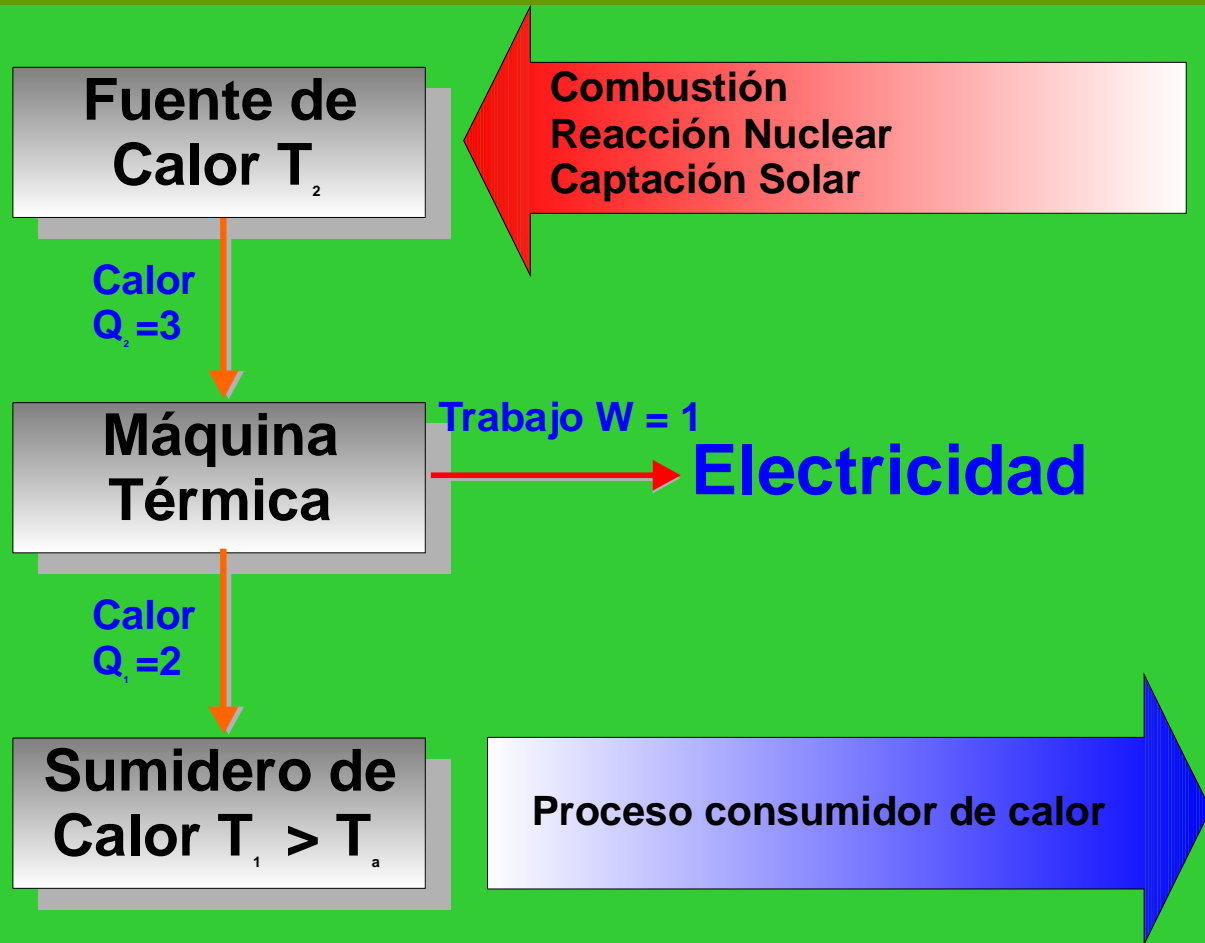
De Valeriano Ruiz



*Esquema de central termoeléctrica*



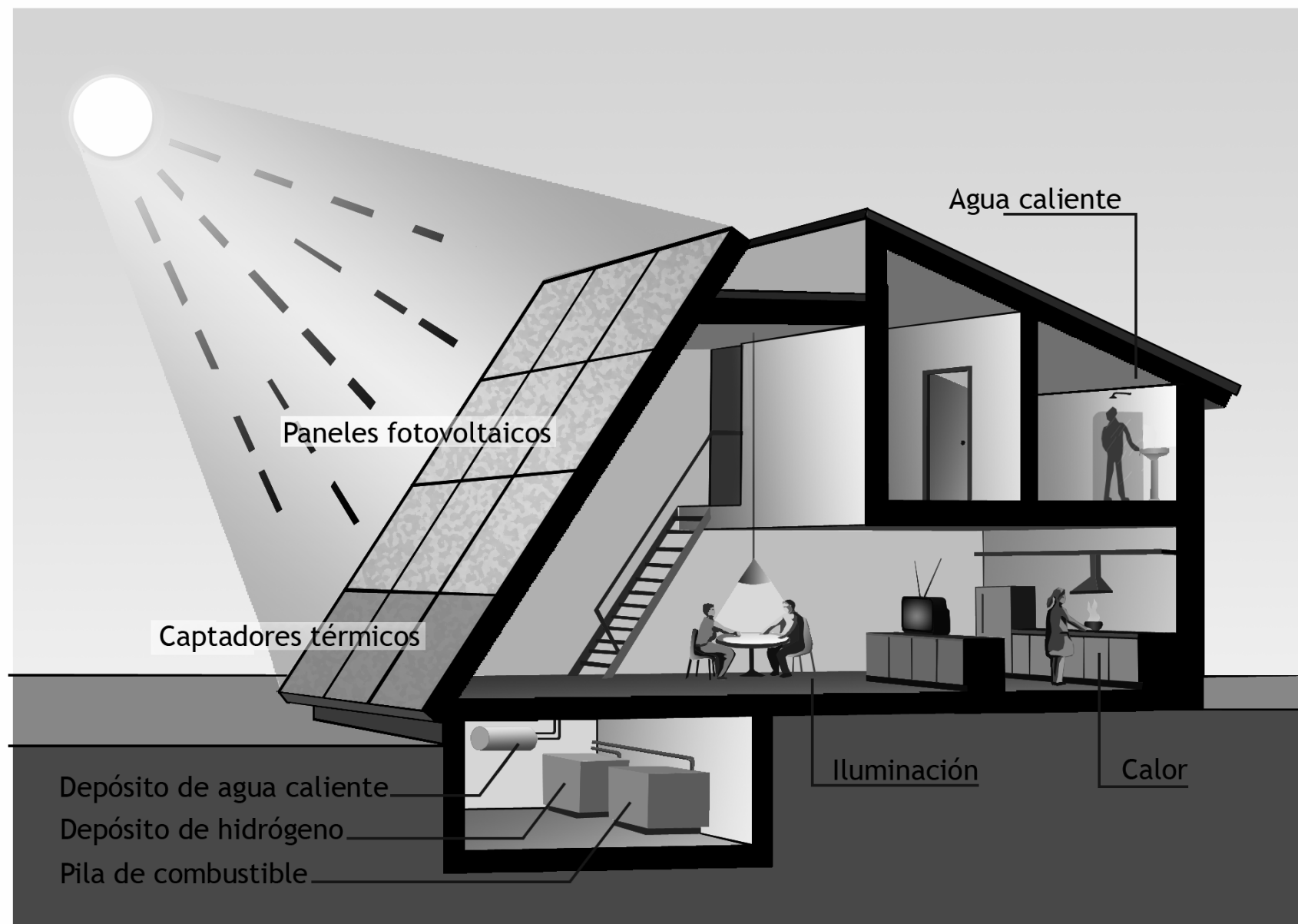
# Forma eficiente de generar electricidad



*Esquema de cogeneración*

# gCMBIO DE MODELO DEL SISTEMA ENERGETICO

De Valeriano Ruiz



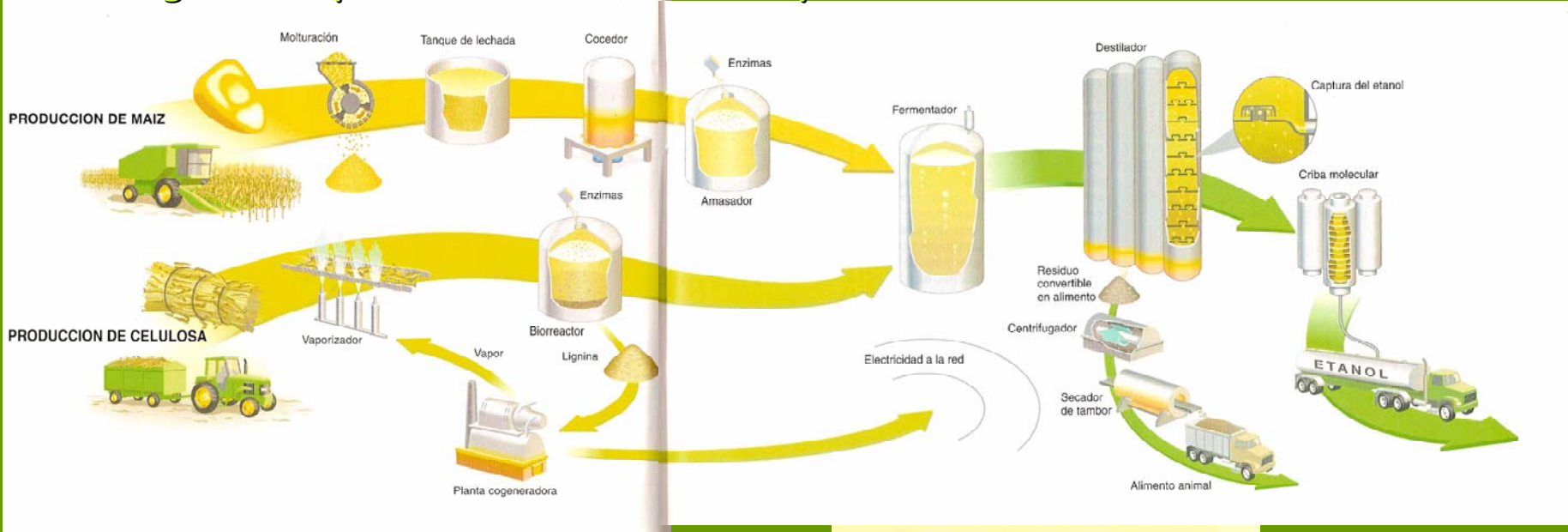
Los criterios de urbanización, desplazamientos para el trabajo u otras no se deben de olvidar nunca

¿Para que queremos tanta luz por la noche?

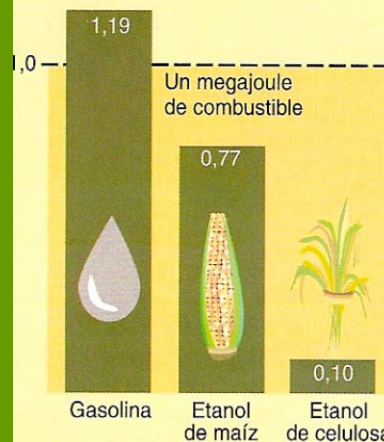
Consume energía, despista a los animales voladores nocturnos y no nos deja contemplar el cielo



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.



Megajoules de energía fósil necesarios para producir un megajoule de combustible



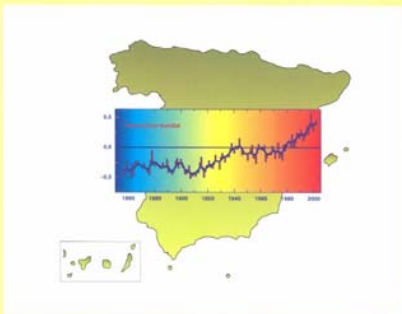
¿Podemos hacer algo para reducir los impactos?



**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. Todos, individuos, empresas, gobiernos debemos trabajar para conseguirlo

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



[http://www.ipcc.ch/pub/  
un/syrspanish/q1to9.pdf](http://www.ipcc.ch/pub/un/syrspanish/q1to9.pdf)

Infórmense y actúen

Muchas Gracias

