

Valladolid, 14 mayo 2009

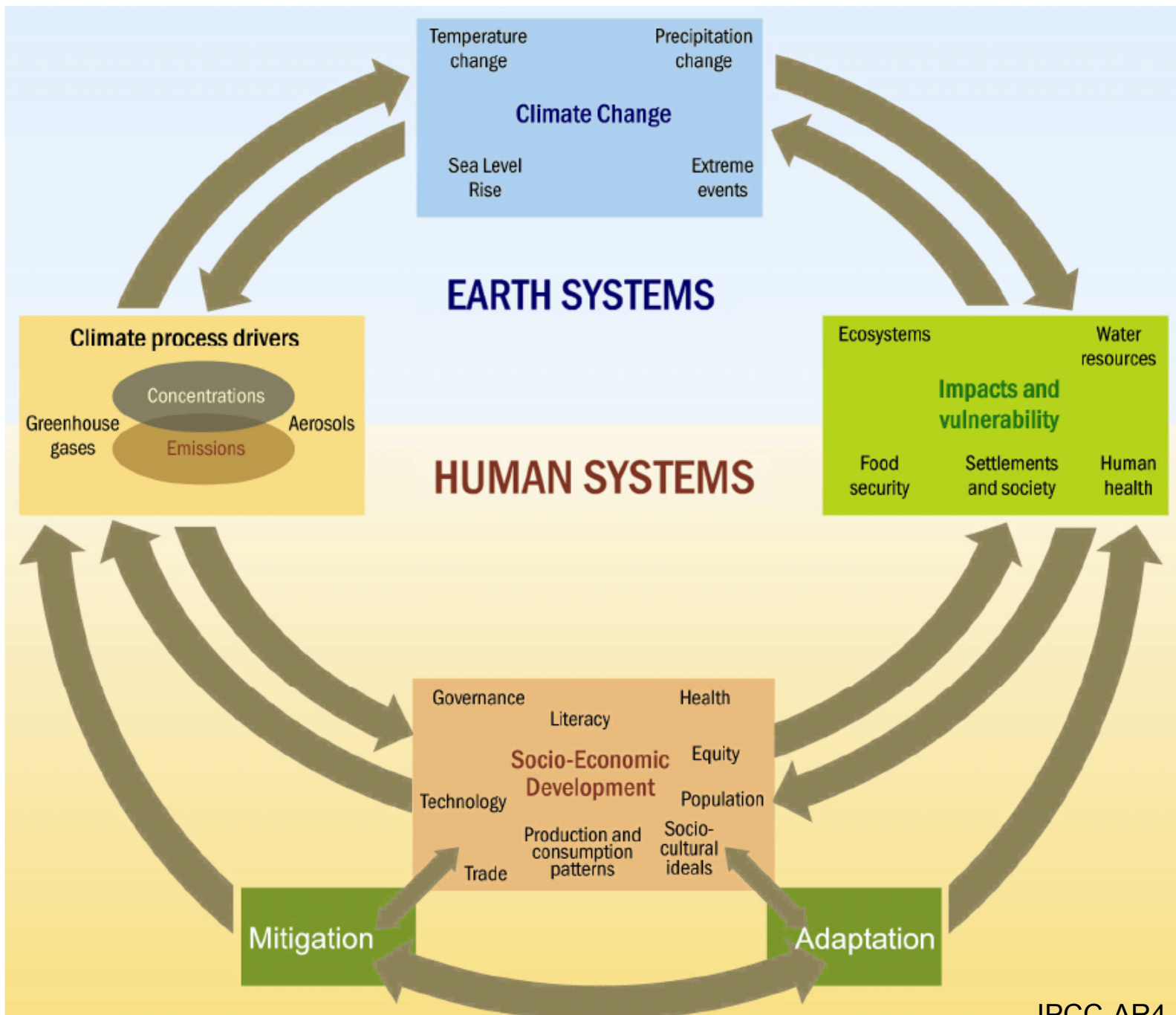
# **Cambio climático: observaciones, proyecciones, causas y efectos**

E. Rodríguez Camino, AEMET

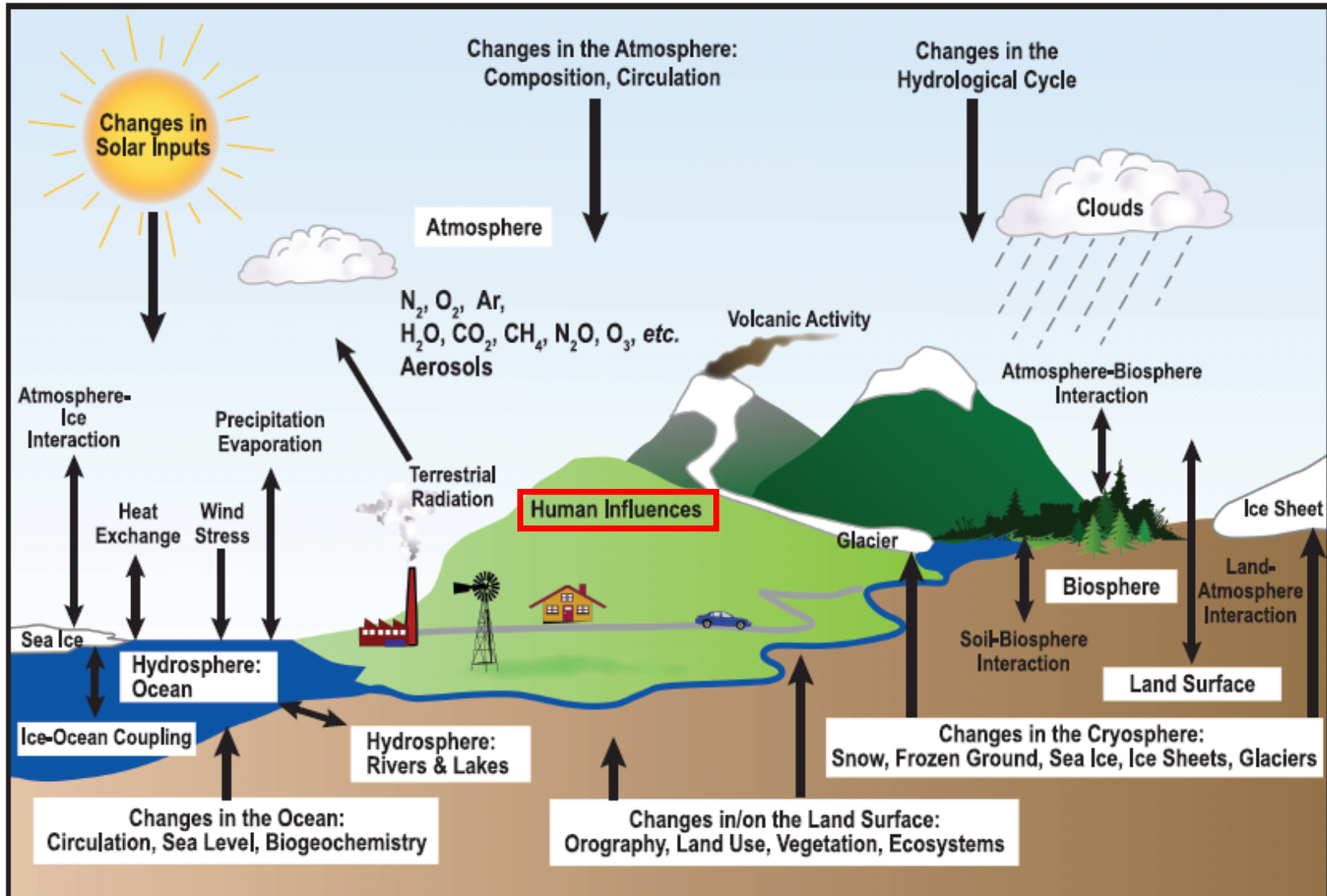
## **Contenido**

- **Introducción**
- **¿Qué cambio climático se observa?**
- **¿Qué efectos tiene y tendrá el cambio climático?**
- **¿Cuáles son las causas del cambio climático?**
- **¿Qué proyecciones podemos esperar para el futuro?**
- **¿Qué incertidumbres existen relativas al cambio climático?**
- **Conclusiones, reflexiones y perspectivas**

Schematic framework of anthropogenic climate change drivers, impacts and responses



# Sistema climático

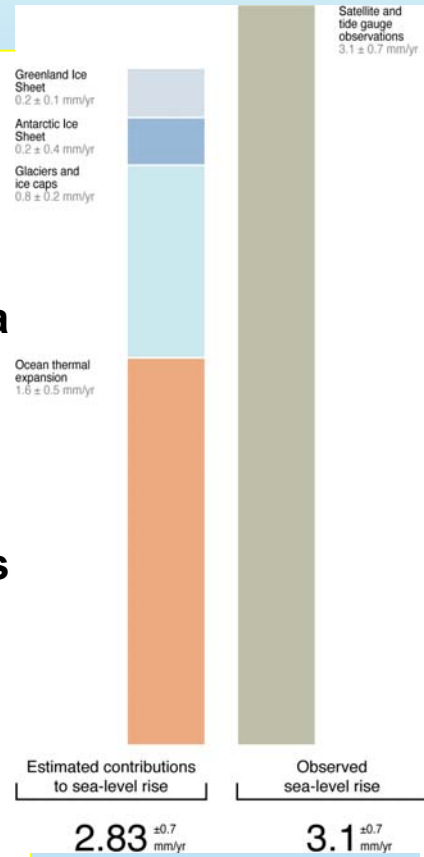


# ¿Qué CAMBIO CLIMÁTICO se observa?

El **calentamiento** del sistema climático es **inequívoco**,

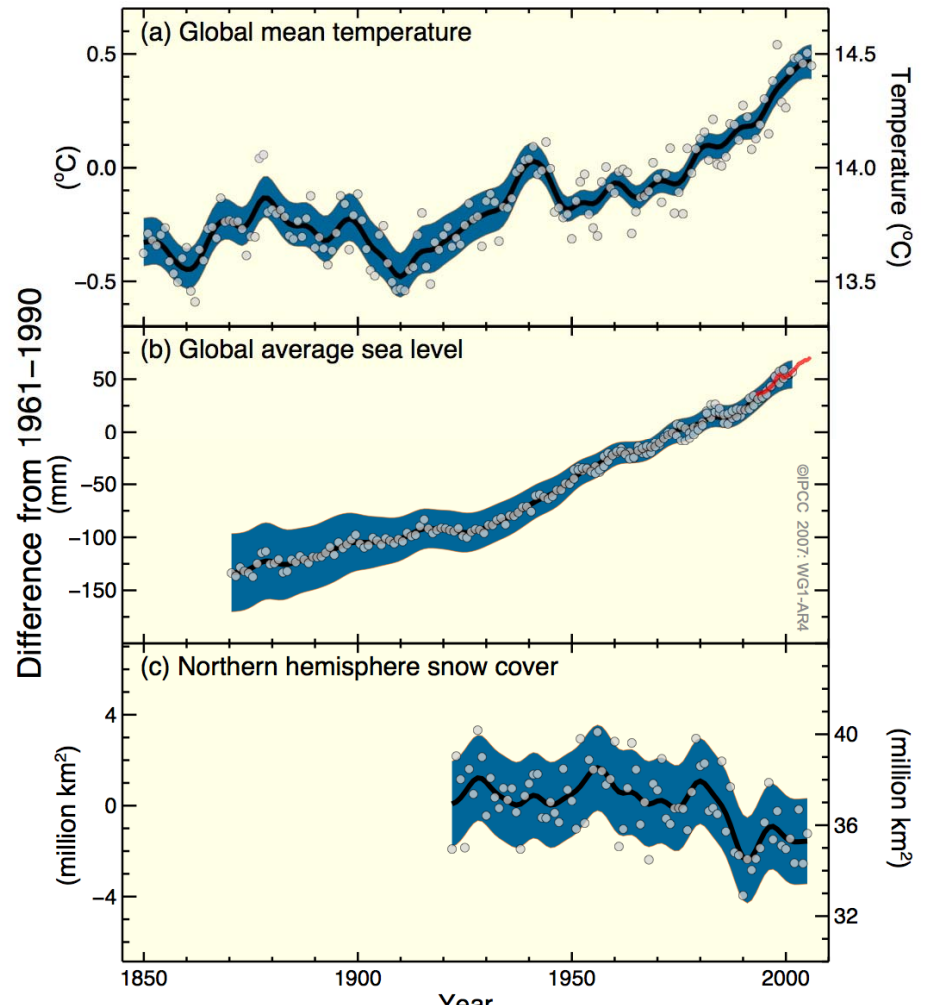
tal y como se evidencia de las observaciones del incremento de las temperaturas globales medias del aire y del océano, de la fusión de las nieves y hielos y de la elevación global del nivel medio del mar

(IPCC-AR4 *dixit*)



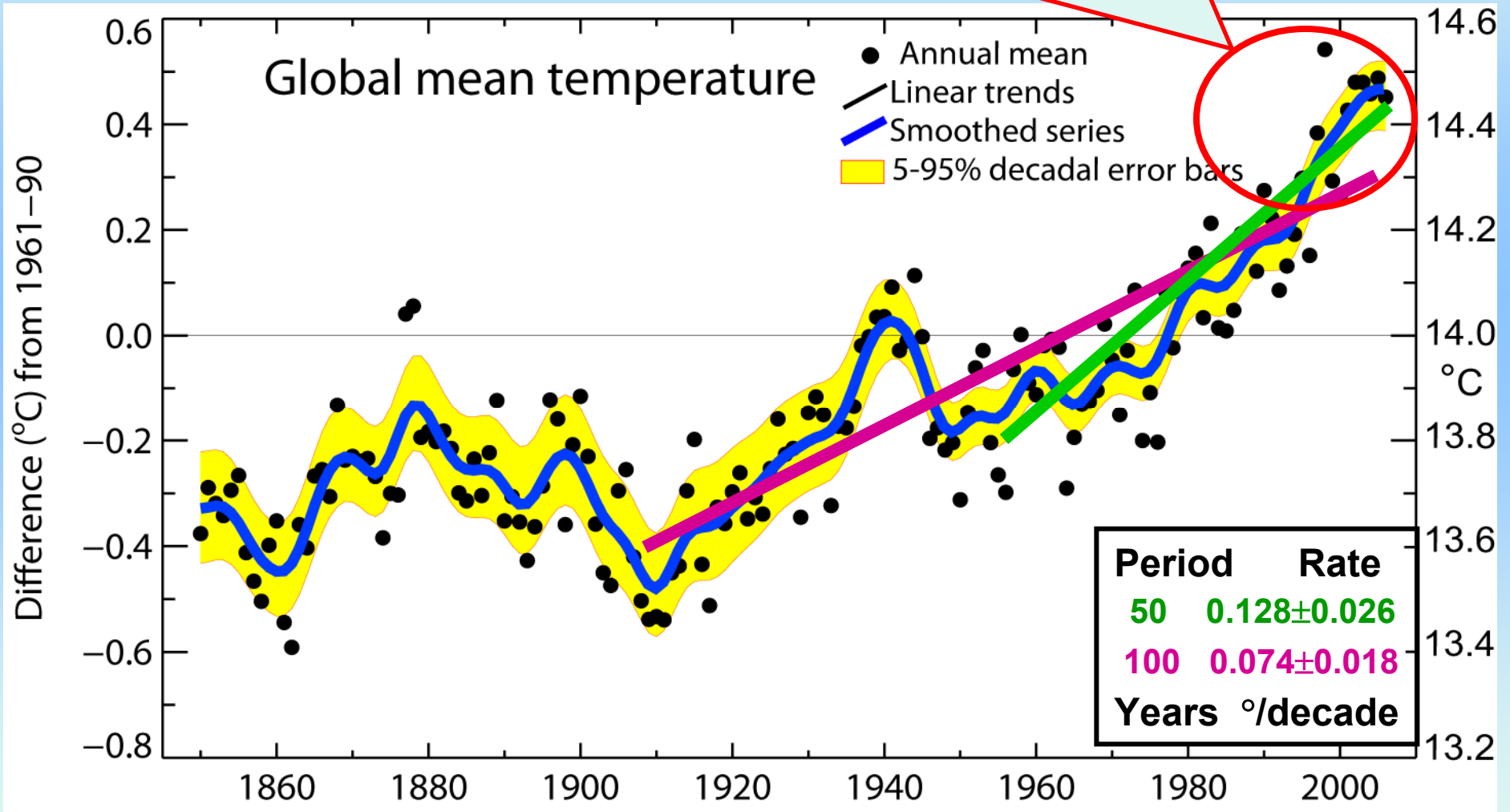
Museo de (Valladolid,

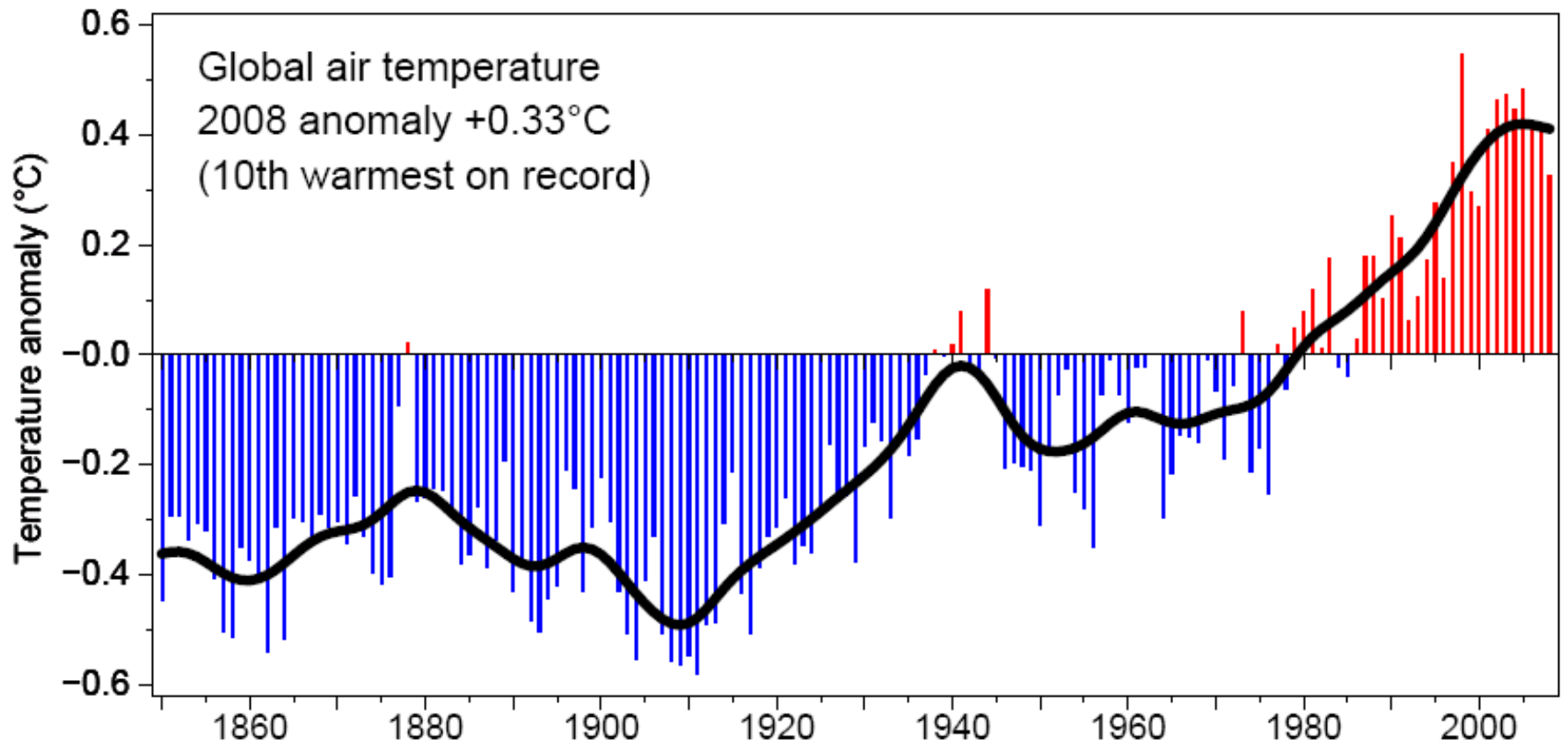
Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



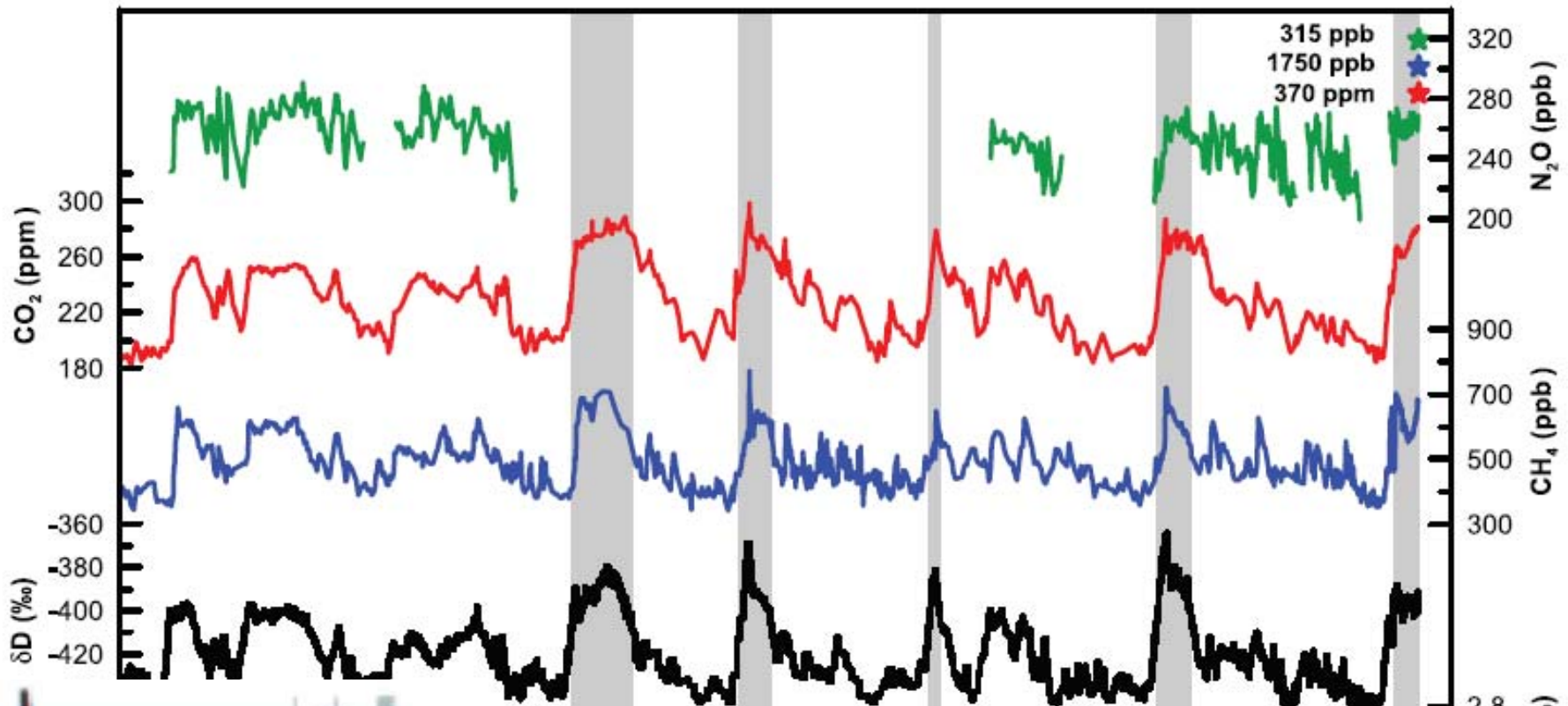
# Temperaturas globales y sequía de primavera

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





# EL CLIMA ESTÁ EN PERMANENTE EVOLUCIÓN!!



**Todo cambia, nada permanece.**

**“No podemos bañarnos dos veces en el mismo río”.**

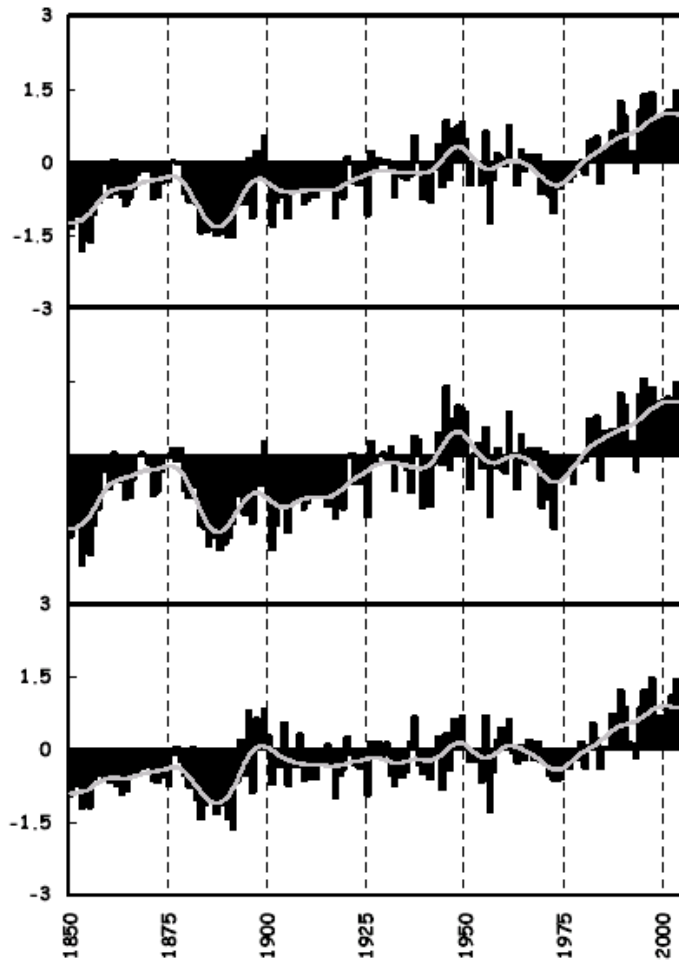


**Heráclito de Éfeso (siglo V. a.C)**

# Cambio de temperaturas en España

Tabla 2.1.- Tendencias anuales y estacionales de las temperaturas diarias (en °C/década) junto a sus intervalos de confianza al 95% calculadas para diversos periodos. En negrita (italica) coeficientes significativos al 1% (5%).

Brunet et al. 2006



Periodos	1850-2005	1901-2005	1901-1949	1950-1972	1973-2005
<b>Temperaturas medias diarias</b>					
Anual	0.10 (0.08/0.12)	0.13 (0.10/0.16)	0.22 (0.11/0.31)	-0.19 (-0.53/0.12)	<b>0.48</b> (0.36/0.66)
Invierno	0.10 (0.07/0.14)	0.14 (0.08/0.20)	0.10 (-0.08/0.32)	0.11 (-0.58/0.68)	0.27 (-0.09/0.56)
Primavera	0.08 (0.05/0.12)	0.12 (0.06/0.17)	0.25 (0.06/0.43)	-0.52 (-1.03/0.05)	<b>0.77</b> (0.54/0.97)
Verano	0.09 (0.06/0.11)	0.13 (0.08/0.18)	0.23 (0.07/0.38)	-0.29 (-0.71/0.13)	0.67 (0.41/0.92)
Otoño	0.10 (0.07/0.13)	0.12 (0.08/0.17)	0.26 (0.09/0.42)	-0.08 (-0.57/0.53)	0.29 (0.02/0.58)
<b>Temperaturas máximas diarias</b>					
Anual	0.11 (0.09/0.14)	0.17 (0.13/0.21)	0.37 (0.25/0.46)	-0.28 (-0.74/0.16)	0.51 (0.34/0.66)
Invierno	0.12 (0.09/0.15)	0.16 (0.10/0.21)	0.18 (-0.02/0.36)	-0.04 (-0.61/0.62)	0.35 (0.06/0.60)
Primavera	0.11 (0.06/0.15)	0.17 (0.11/0.23)	0.37 (0.16/0.60)	-0.62 (-1.38/0.09)	0.82 (0.53/1.15)
Verano	0.10 (0.06/0.13)	0.18 (0.12/0.24)	0.44 (0.27/0.64)	-0.30 (-0.88/0.17)	0.73 (0.43/1.04)
Otoño	0.12 (0.09/0.15)	0.17 (0.10/0.22)	0.44 (0.26/0.64)	-0.12 (-0.84/0.70)	0.13 (-0.17/0.47)
<b>Temperaturas mínimas diarias</b>					
Anual	0.08 (0.06/0.10)	0.09 (0.06/0.12)	0.08 (-0.02/0.18)	-0.13 (-0.51/0.14)	0.47 (0.31/0.65)
Invierno	0.09 (0.06/0.13)	0.12 (0.05/0.19)	0.06 (-0.15/0.24)	0.15 (-0.56/0.78)	0.06 (-0.28/0.62)
Primavera	0.07 (0.04/0.09)	0.08 (0.03/0.13)	0.15 (0.01/0.31)	-0.19 (-0.72/0.29)	0.66 (0.46/0.84)
Verano	0.08 (0.05/0.10)	0.09 (0.04/0.13)	0.00 (-0.13/0.14)	-0.26 (-0.60/0.08)	0.62 (0.38/0.93)
Otoño	0.08 (0.05/0.11)	0.08 (0.04/0.13)	0.09 (-0.06/0.25)	-0.13 (-0.41/0.33)	0.43 (0.18/0.77)

# ¿Qué efectos tiene y tendrá el cambio climático?

Muir Glacier, Alaska, August 13, 1941, photo by W.O. Field

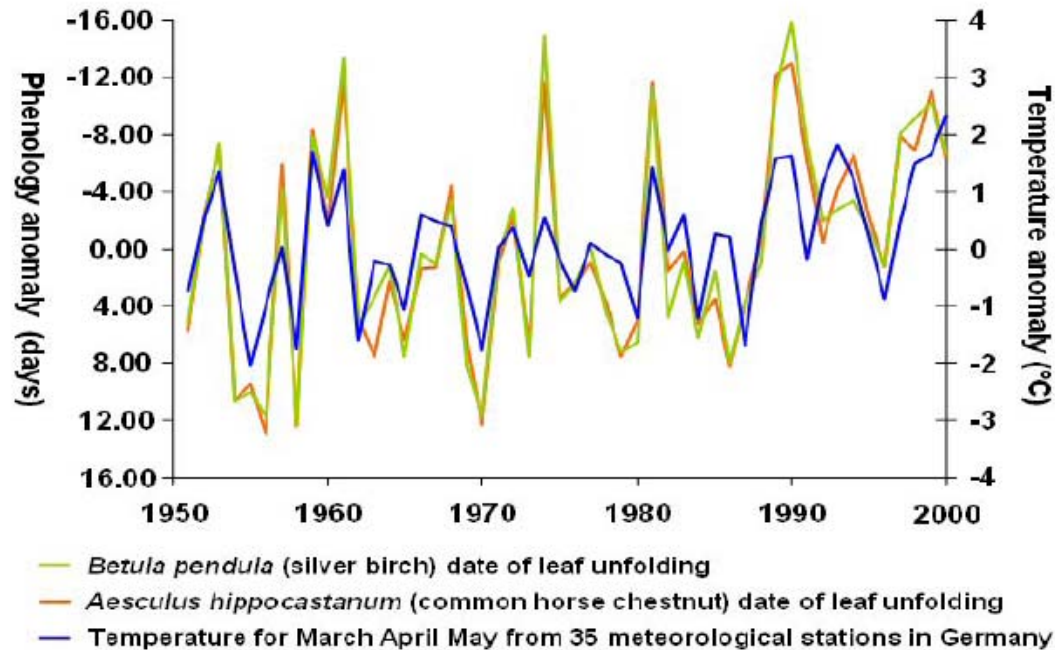


Muir Glacier, Alaska, August 31, 2004, photo by B.F. Molnia

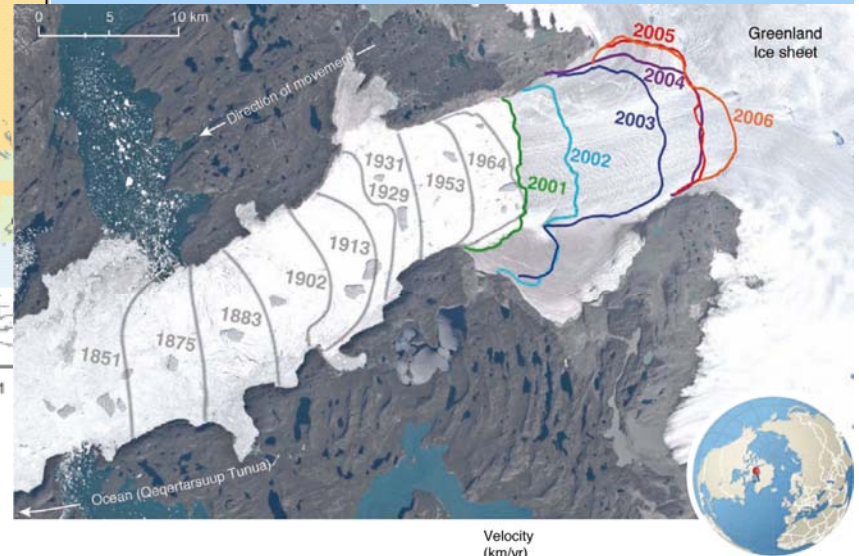
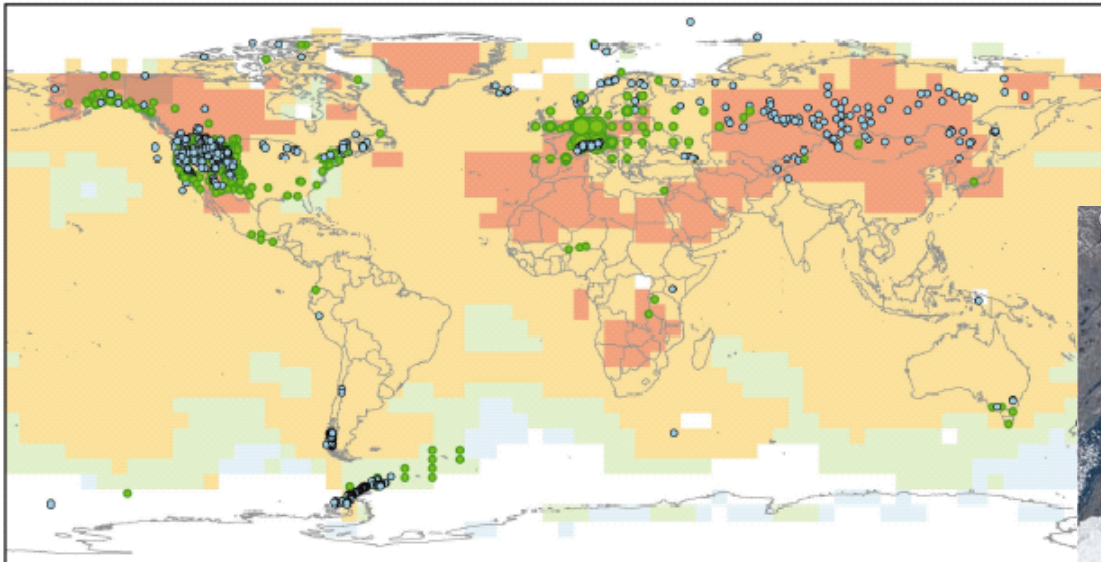


(Valladolid, 14/05/2009)

# Leaf unfolding dates in Europe (Ch 1)



# Cambios en sistemas físicos y biológicos y temperatura en superficie 1970-2004

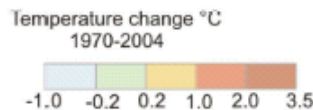


<b>NAM</b>	<b>LA</b>	<b>EUR</b> 28,115	<b>AFR</b>	<b>AS</b>	<b>ANZ</b>	<b>PR*</b>	<b>TER</b> 28,586	<b>MFW**</b>	<b>GLO</b> 28,671
355 455	53 5	119	5 2	106 8	6 0	120 24	764	1 85	765
94% 92%	98% 100%	94% 89%	100% 100%	96% 100%	100% -	91% 100%	94% 90%	100% 99%	94% 90%

## Observations

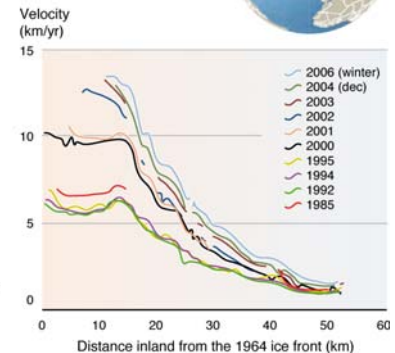
- Physical systems (cryosphere, hydrology, coastal processes)
- Biological systems (marine, freshwater, and terrestrial)

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



Physical	Biological
# significant observed changes	# significant observed changes
% of significant changes consistent with warming	% of significant changes consistent with warming

Figure 6A.6: Landsat satellite image of Jakobshavn Isbrae and its fjord, showing locations of the calving ice front in years from 1851 to 2006. The glacier extends through the Illulisat Icefjord, surrounded by mountains. Icebergs calve off from the main glacier, pile up and block the fjord before being released into Qeqertarsuup Tunua (Disko) Bay and Davis Strait. The whiter areas in the fjord are piled-up icebergs and the "real" glacier ends where the greyish striped section ends – showing that this image is from 2001. The graph shows glacier-velocity profiles for 1985 to 2006. During this period Jakobshavn Isbrae, already the world's fastest glacier, doubled its speed to almost 14 km per year<sup>28,29</sup> after rapid thinning and break up of its floating ice tongue<sup>1</sup>.



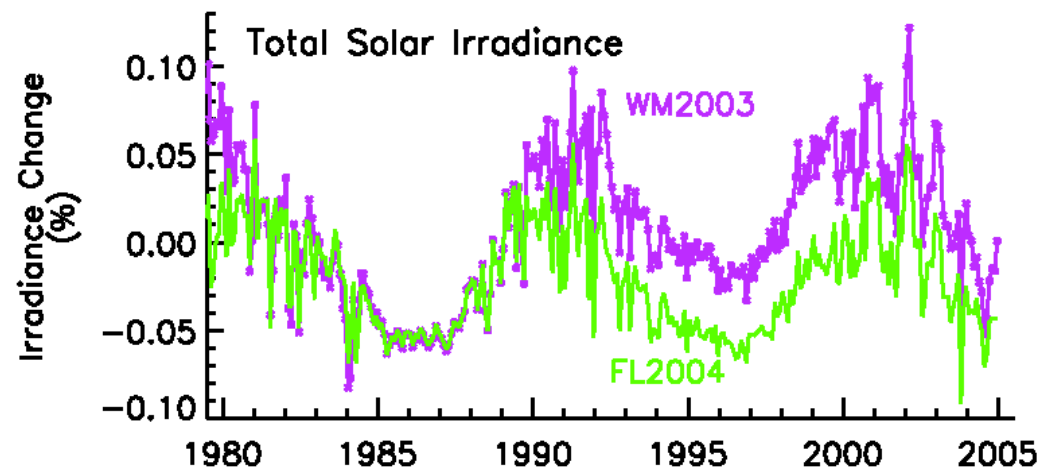
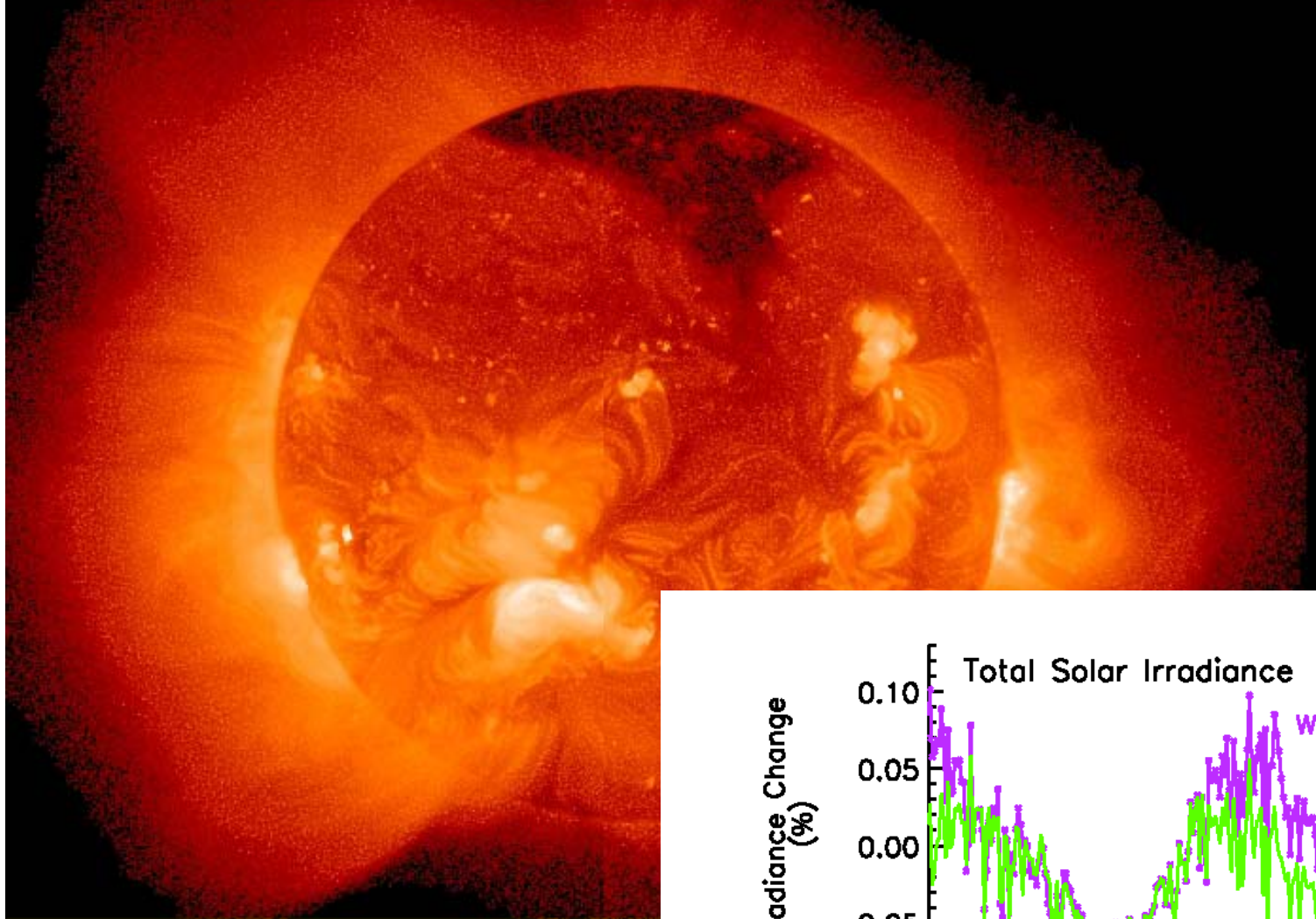
Sources: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio. Historic calving front locations courtesy of Anker Weidick and Ole Bennike. Source: based on Howatt and others 2007

\* 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,

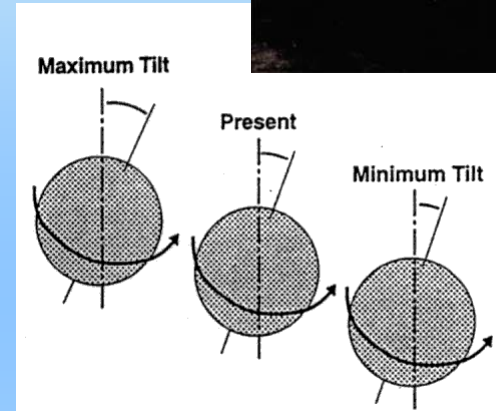
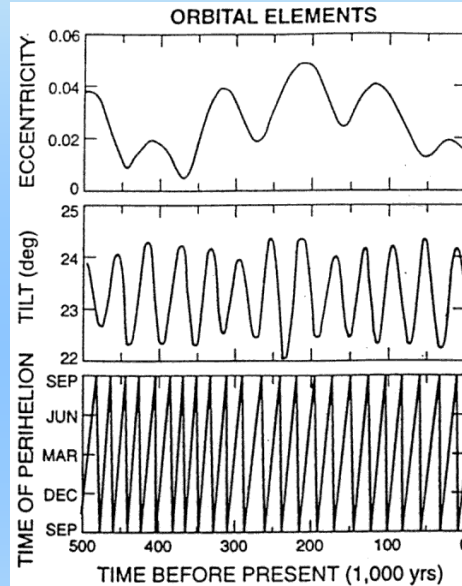
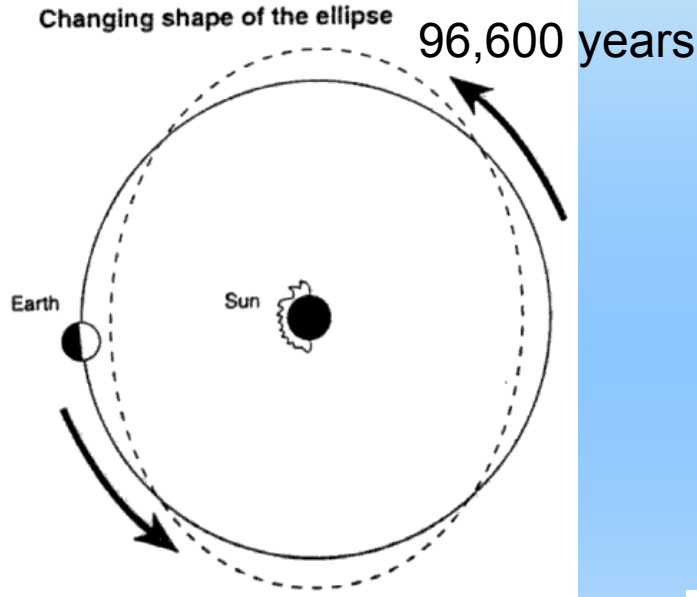
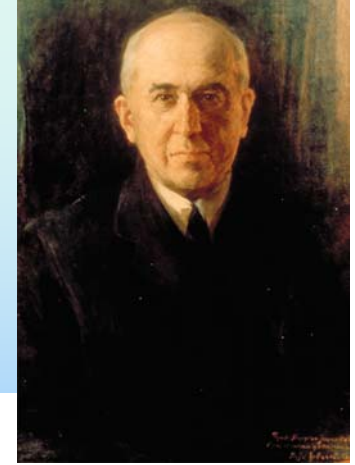
\*\*\* Circles in Europe represent 1 to 7500 data series

# ¿Cuáles son las causas del cambio climático?



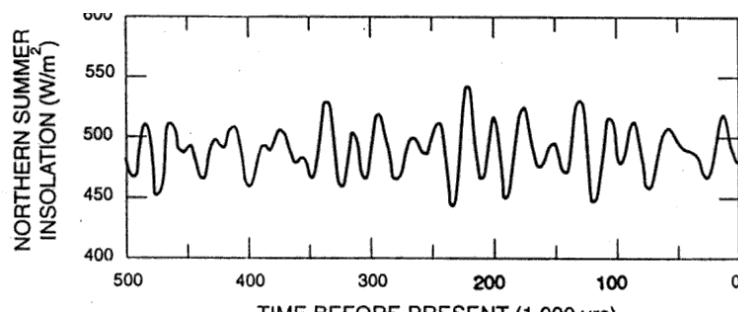
**Figure 2.16.** Percentage change in monthly values of the total solar irradiance composites of Willson and Mordvinov (2003; WM2003, violet symbols and line) and Fröhlich and Lean (2004; FL2004, green solid line).

# NATURAL FORCING OF THE CLIMATE SYSTEM: Milankovitch's cycles

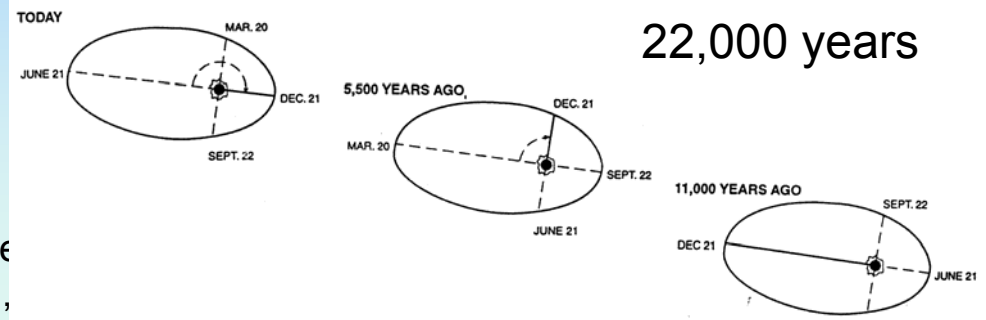


22° to 24.5°, over 41,000 years

Variations in insolation (in watts per square meter) determined from the variation in Earth's orbital elements (Barron, 1994, figure 13).



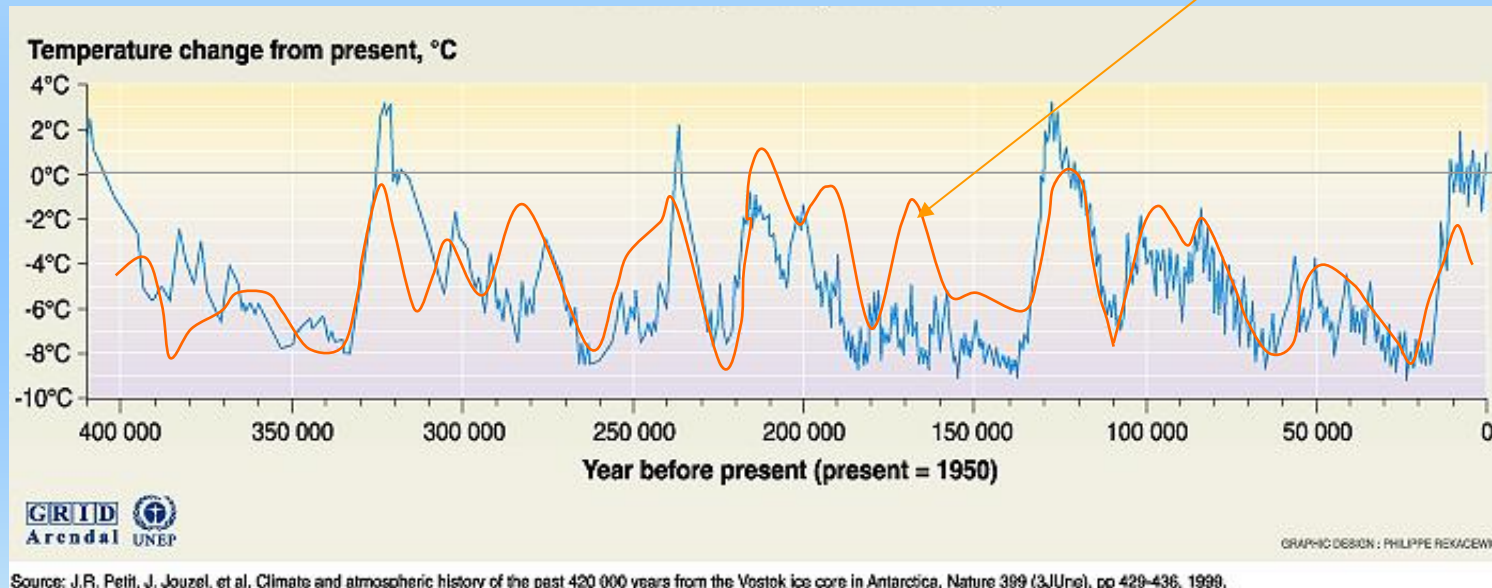
Variations in Earth's orbital elements, eccentricity, tilt (obliquity), and time of perihelion (precession of the equinoxes) computed for the last 500,000 years with a computer program written by Tamara Ledley and Starley Thompson (Barron, 1994, figure 12).

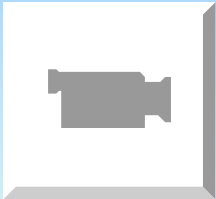


22,000 years

Museo de (Valladolid,

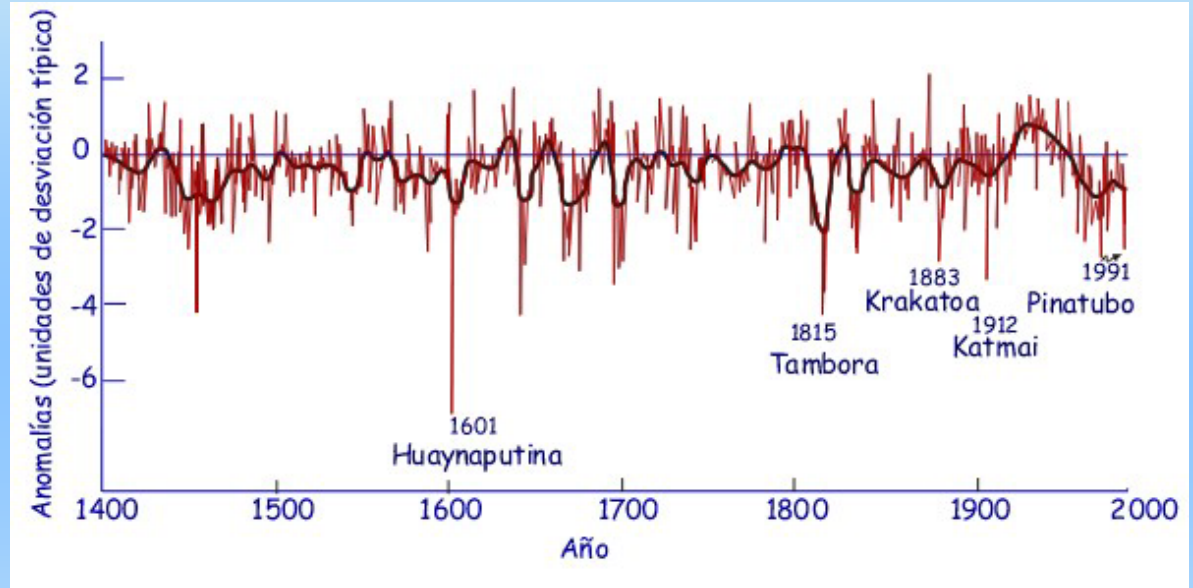
## Insolation according to Milankovitch parameters





Museo de la Ciencia  
(Valladolid, 14/05/2009)

# FORZAMIENTO NATURAL DEL SISTEMA CLIMATICO: VOLCANES



Source: Briffa K. et al., 1998, Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over the past 600 years, Nature, 393, 450-456

# AUMENTO CONTINUO CO2

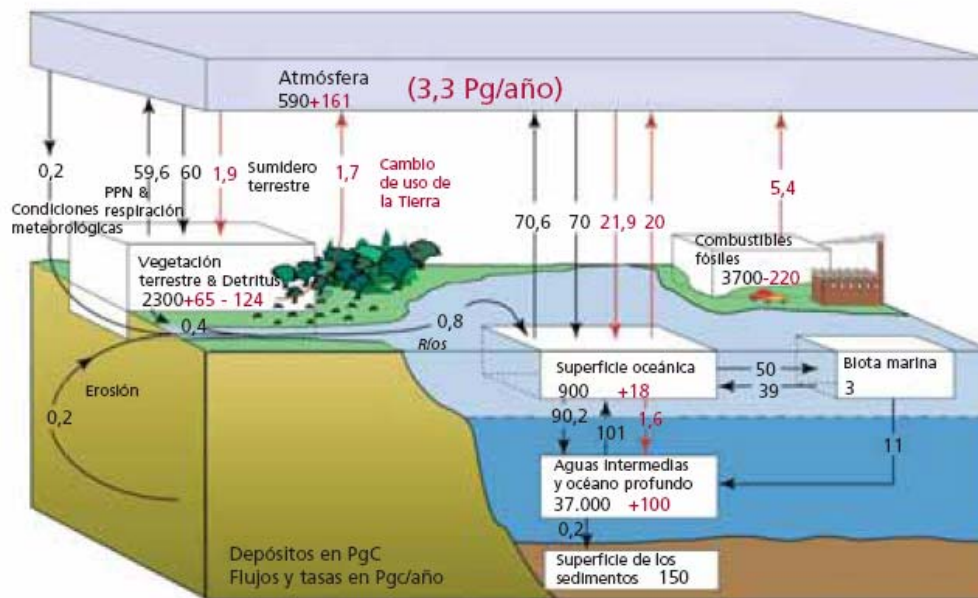
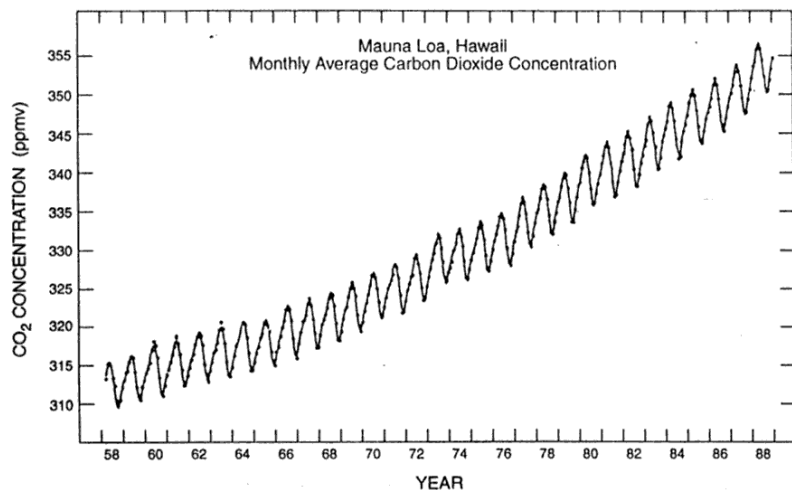
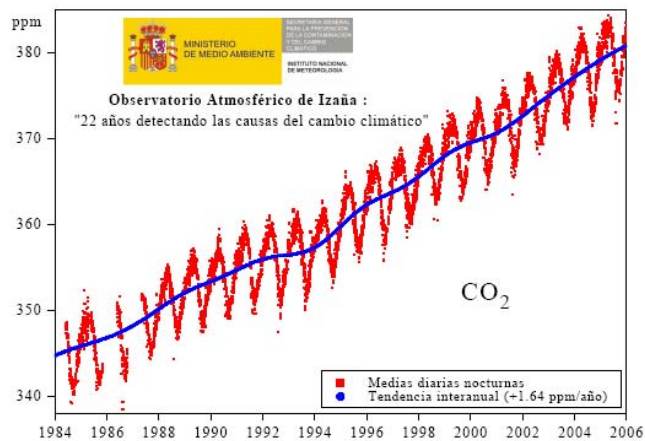


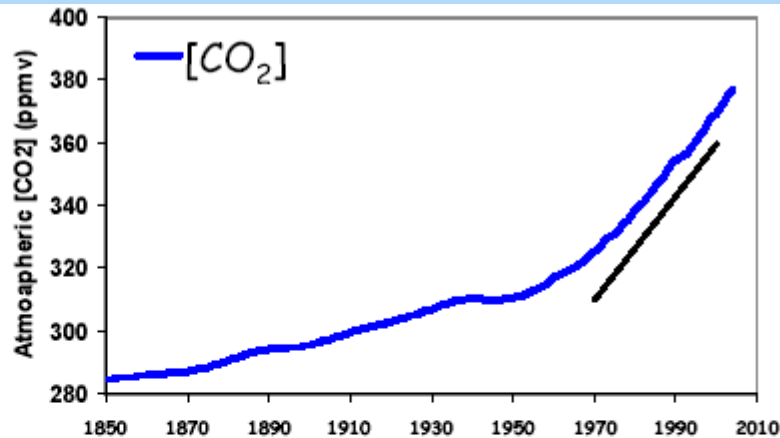
Figura 4.4. Los flujos (representados por flechas) están en Pg ( $10^{15}$  g) C año<sup>-1</sup> y los reservorios (representados por cajas) en Pg C. Las flechas y cifras en negro representan el ciclo natural y las flechas y cifras en rojo representan la alteración de los flujos y reservorios por la actividad humana.  
Fuente: Sarmiento y Gruber, 2002.



Museo de la Perturbación del ciclo del carbono!!  
(Valladolid, 14/05/2009)

# Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera

Year 2007  
Atmospheric CO<sub>2</sub>  
concentration:  
**382.6 ppm**  
35% above pre-industrial

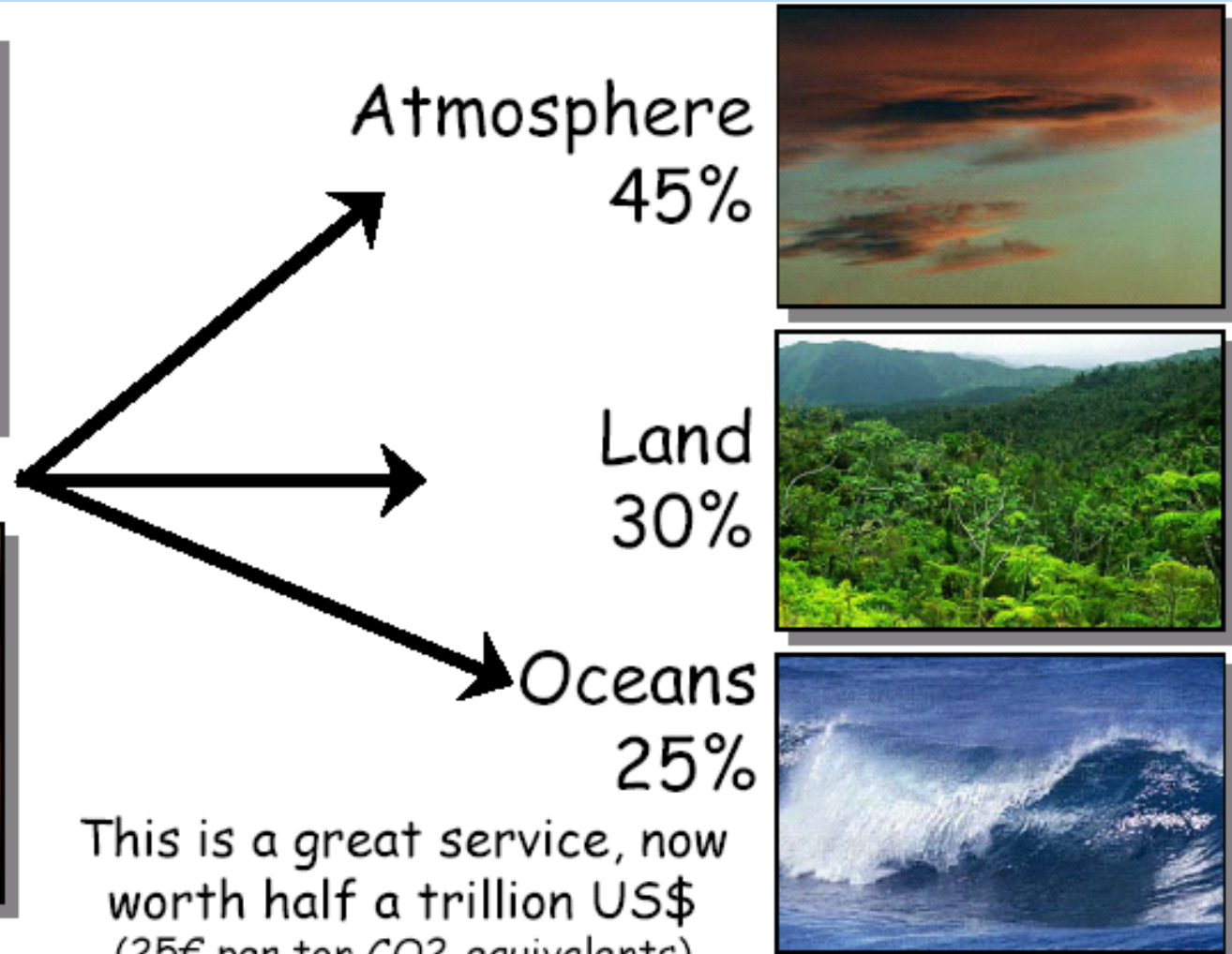


1970 - 1979:	1.3 ppm y <sup>-1</sup>
1980 - 1989:	1.6 ppm y <sup>-1</sup>
1990 - 1999:	1.5 ppm y <sup>-1</sup>
2000 - 2006:	<b>1.9 ppm y<sup>-1</sup></b>

# Destino de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> (2000-2006)



+



Atmosphere  
45%



Land  
30%



Oceans  
25%



This is a great service, now worth half a trillion US\$ (25€ per ton CO<sub>2</sub>-equivalents)

# Modelos numéricos para clima

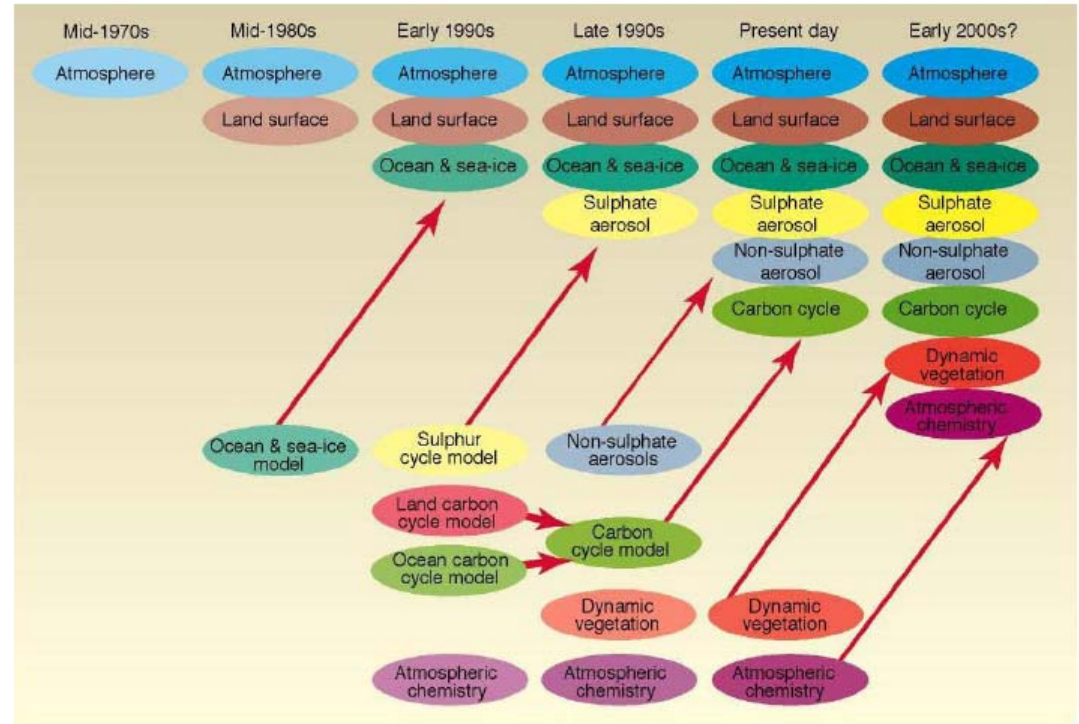
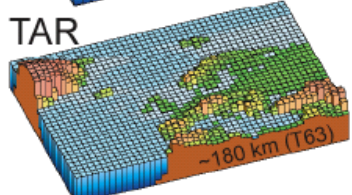
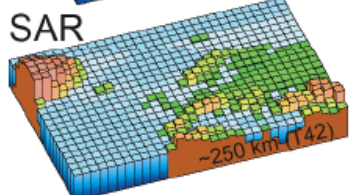
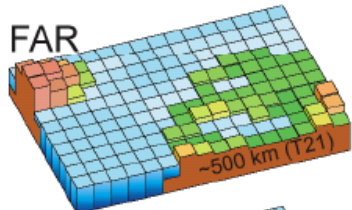
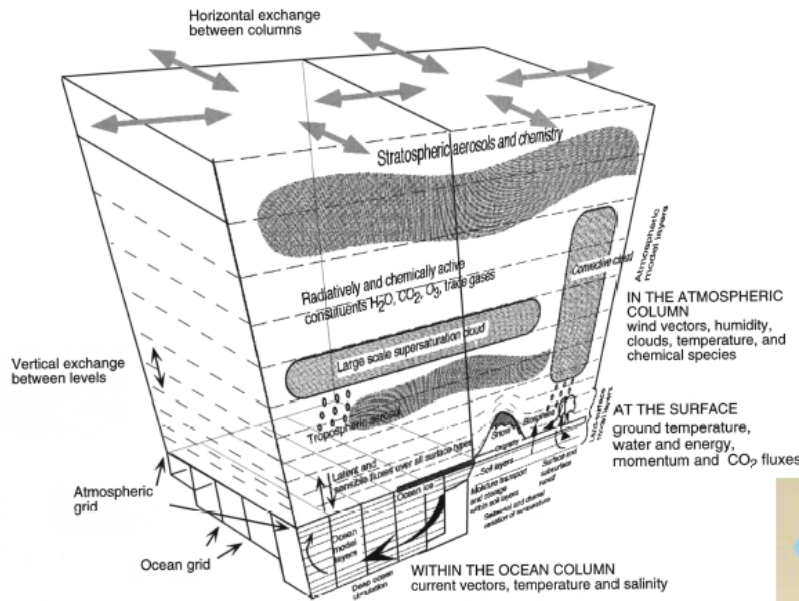
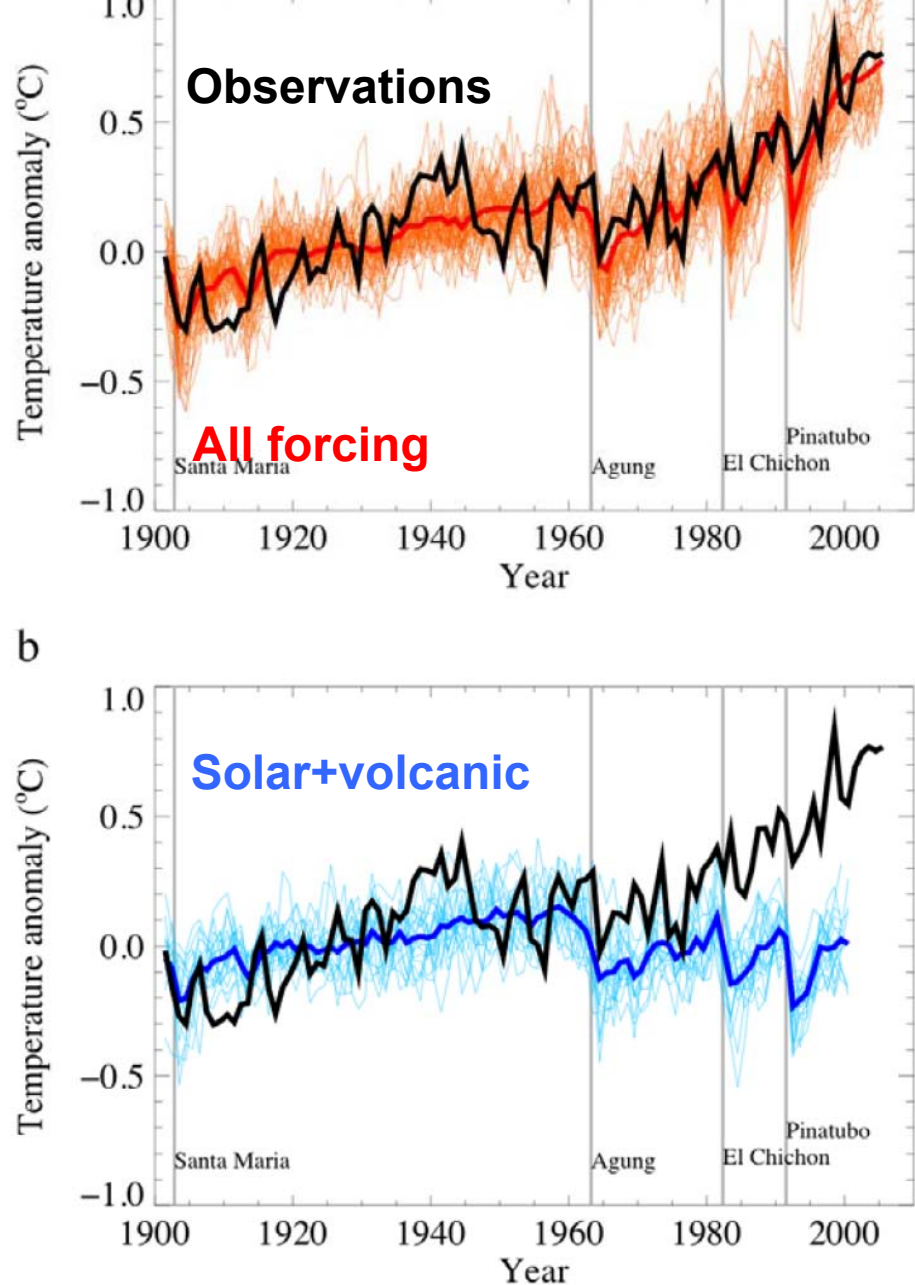


Fig. 2.- Componentes del sistema climático que se han ido añadiendo en la formulación de los AOGCMs, desde los modelos puramente atmosféricos que se utilizaban en los años 70 a los de última generación que constan de ocho componentes fuertemente acoplados entre sí (fuente: IPCC, 2001).

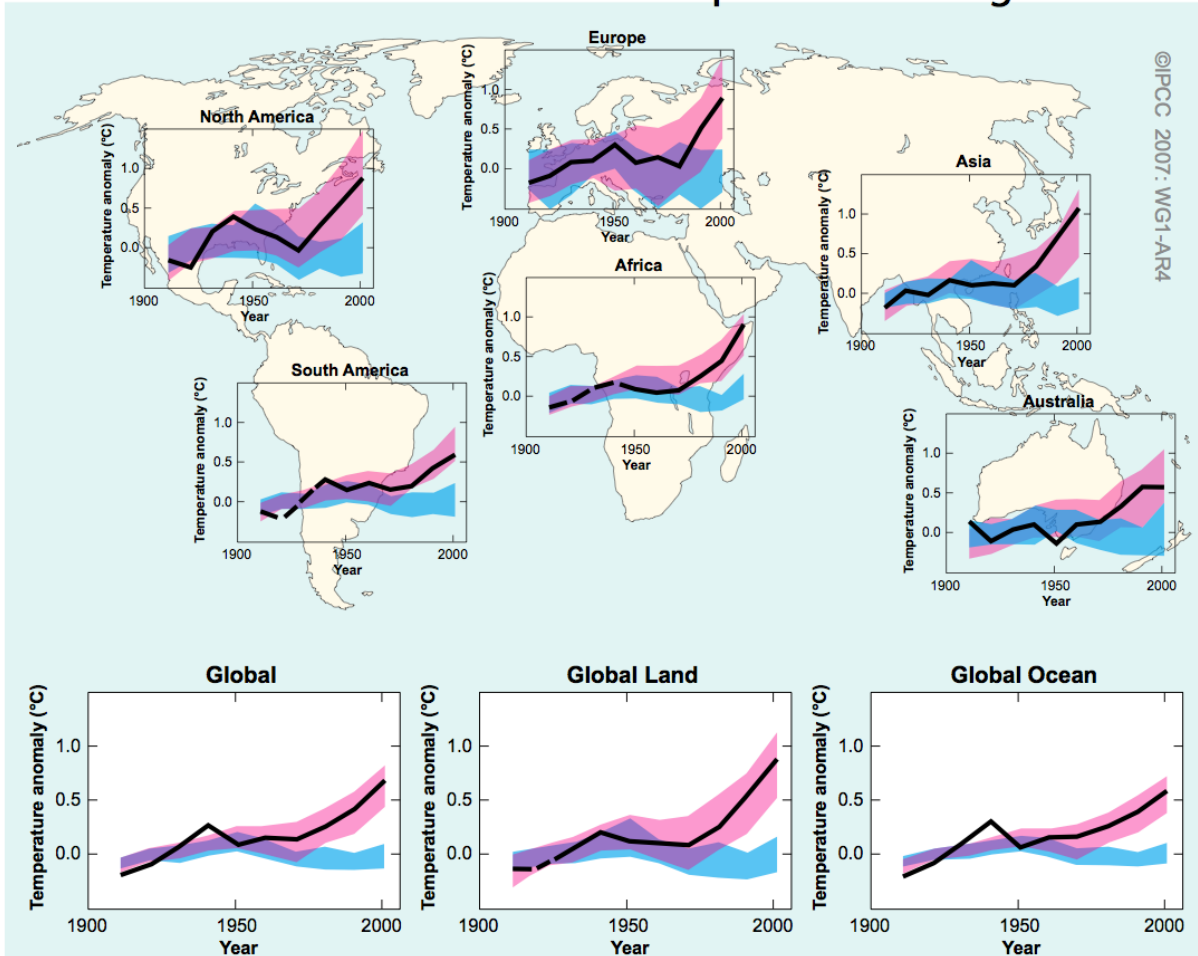
# Atribucion: causas del calentamiento global

- Son los cambios observados consistentes con
  - Respuestas esperadas a forzamientos
  - Inconsistentes con las explicaciones alternativas



# Comprensión y atribución del cambio climático

## Global and Continental Temperature Change



**CAMBIO CLIMATICO  
MUY  
PROBABLEMENTE  
(90%) DE ORIGEN  
ANTROPOGENICO  
(AR4)**

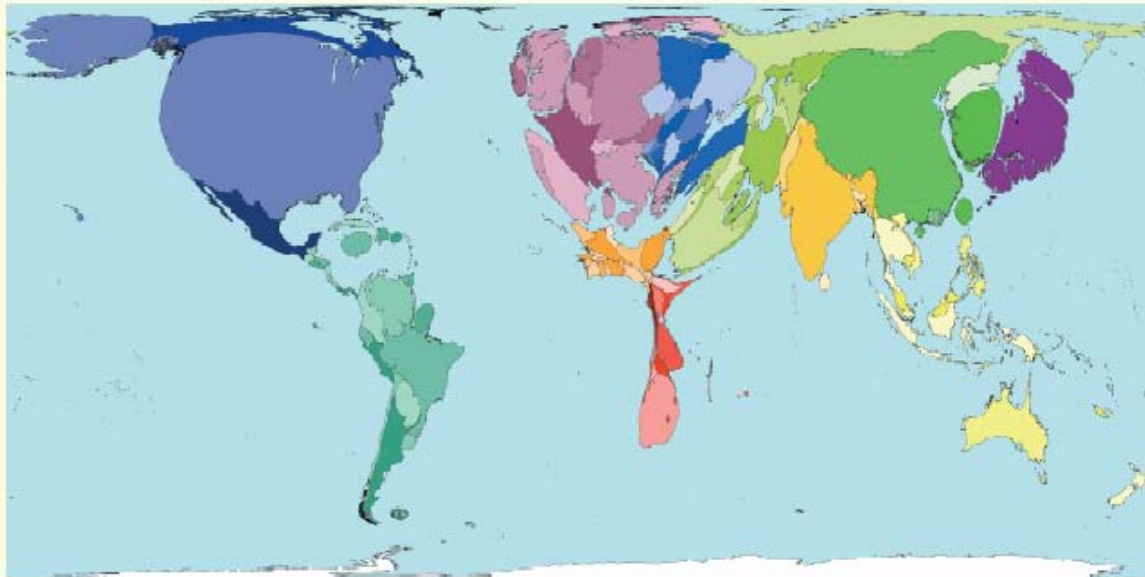
**FIGURE SPM-4.** Comparison of observed continental- and global-scale changes in surface temperature with results simulated by climate models using natural and anthropogenic forcings. Decadal averages of observations are shown for the period 1906–2005 (black line) plotted against the centre of the decade and relative to the corresponding average for 1901–1950. Lines are dashed where spatial coverage is less than 50%. Blue shaded bands show the 5–95% range for 19 simulations from 5 climate models using only the natural forcings due to solar activity and volcanoes. Red shaded bands show the 5–95% range for 58 simulations from 14 climate models using both natural and anthropogenic forcings. {FAQ 9.2, Figure 1}



# ¿Quién es el principal responsable del cambio climático?

## Greenhouse Gases

The University of Sheffield  The Leverhulme Trust  Geographical Institute  
Produced by the SASI group (Sheffield) and Mark Newman (Michigan)



Greenhouse gases trap heat in the earth's atmosphere, causing it to warm up. The greenhouse gases shown here are carbon dioxide, methane and nitrous oxide. These gases account for 98% of the greenhouse effect. Other greenhouse gases, not shown here, are various fluorocarbons and sulphur hexafluoride.

The territories that emit the most greenhouse gases are the United States, China, the Russian Federation and Japan. However, the most emissions per person are in Qatar: equivalent to 86 tonnes of carbon dioxide per year. Qatar has significant oil and gas reserves, and in 2002 was populated by 600,000 people.

Territory size shows the proportion, by their global warming potential, of all greenhouse gas emissions that come from there.



### Technical notes

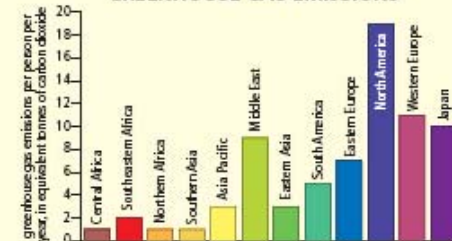
- Data are from the United Nations Statistics Division, 2005.
- \*Greenhouse gases measured in equivalent tonnes of carbon dioxide based on global warming potential. Niue recorded as 0 in source data.
- See website for further information.

### MOST AND LEAST GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Rank	Territory	Value	Rank	Territory	Value
1	Qatar	86	191	Mozambique	0.18
2	Jamaica	45	192	Eritrea	0.18
3	Bahrain	37	193	Madagascar	0.18
4	Kuwait	27	194	United Republic Tanzania	0.18
5	Luxembourg	27	195	Liberia	0.16
6	Australia	27	196	Sierra Leone	0.12
7	Brunei Darussalam	26	197	Nepal	0.11
8	Paraguay	25	198	Afghanistan	0.05
9	United Arab Emirates	25	199	Marshall Islands	0.05
10	United States	23	200	Niue	0.00

tonnes of greenhouse gases emitted per person per year in 2002\*

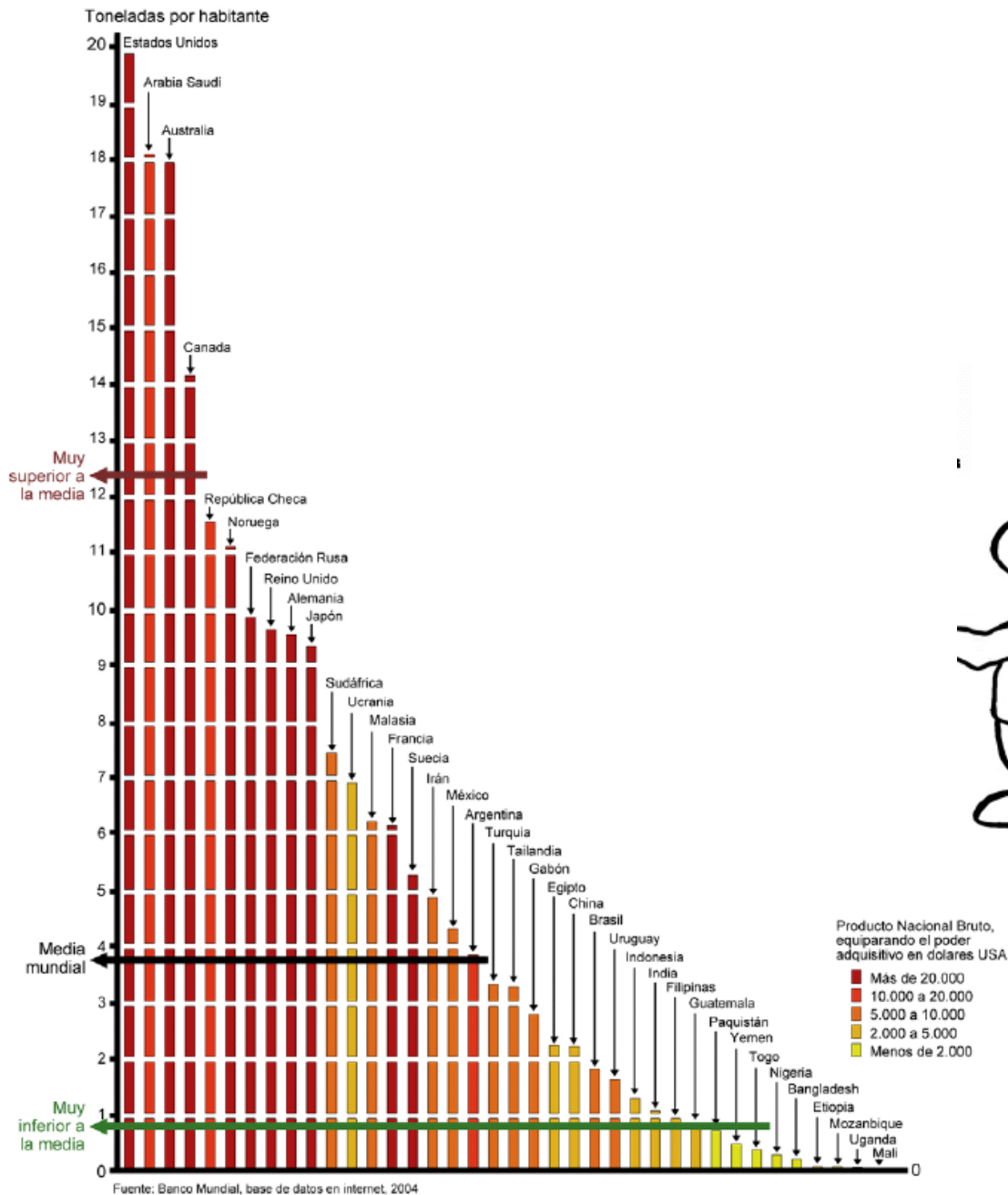
### GREENHOUSE GAS EMISSIONS



*“Now during high tides, the water comes right across the ground, where the houses are, and it never happened before ...”*

Elia Taitua, 2002

# Emisiones de CO<sub>2</sub> en 2002



Es muy difícil imaginar cuánto es una tonelada de CO<sub>2</sub>, ¿me pones un ejemplo?



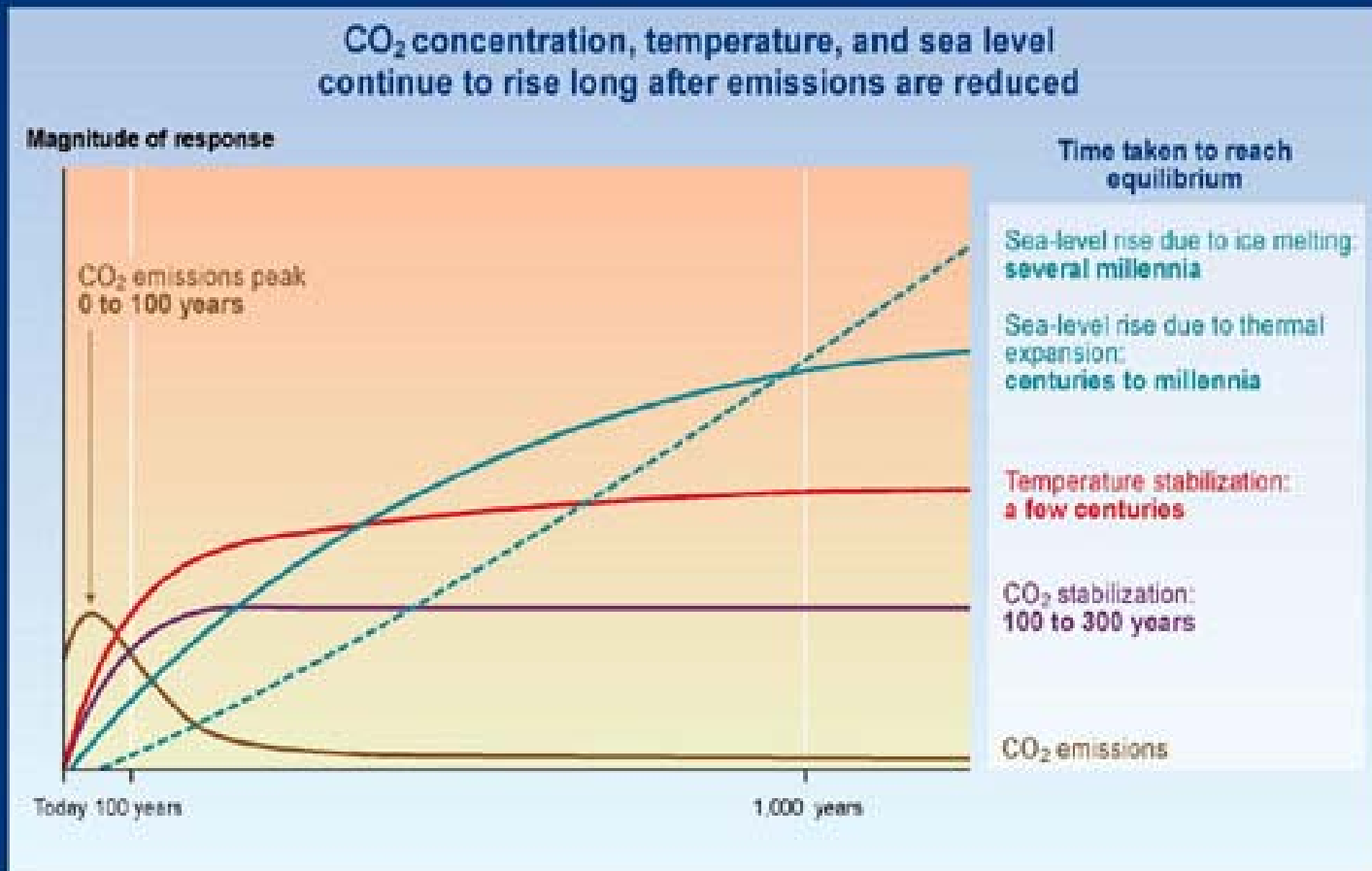
En un viaje en avión de Madrid a Londres las emisiones por persona (viaje de ida y vuelta) son de casi una tonelada de CO<sub>2</sub>. En coche, emitimos aproximadamente una tonelada de CO<sub>2</sub> por cada 5000 Km recorridos. Una tonelada de CO<sub>2</sub> es por otra parte, la emisión anual media de una persona en países como Mozambique.



Calcula tus emisiones de CO<sub>2</sub>:

<http://www.ceroco2.org/>

# Inercia del sistema climático



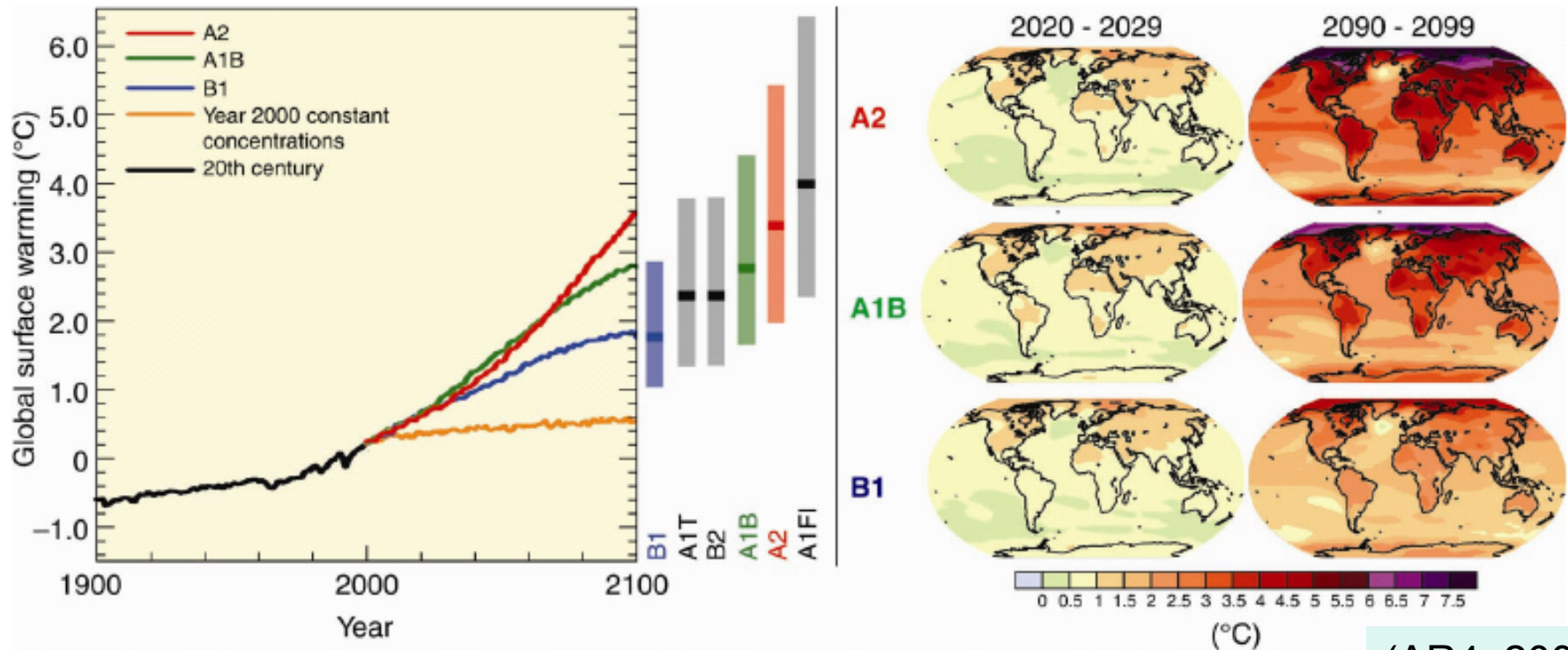
SYR - FIGURE 5-2

**Necesidad de estrategias de adaptación!!**

# **¿Qué proyecciones podemos esperar para el futuro?**

# Proyecciones de cambios futuros en el clima

Atmosphere-Ocean General Circulation Model projections of surface warming



(AR4, 2007)

\* Mejor estimación para escenario bajo (B1) es 1.8°C (rango probable 1.1-2.9°C), y para escenario alto (A1FI) es 4.0°C (rango probable 2.4-6.4°C).

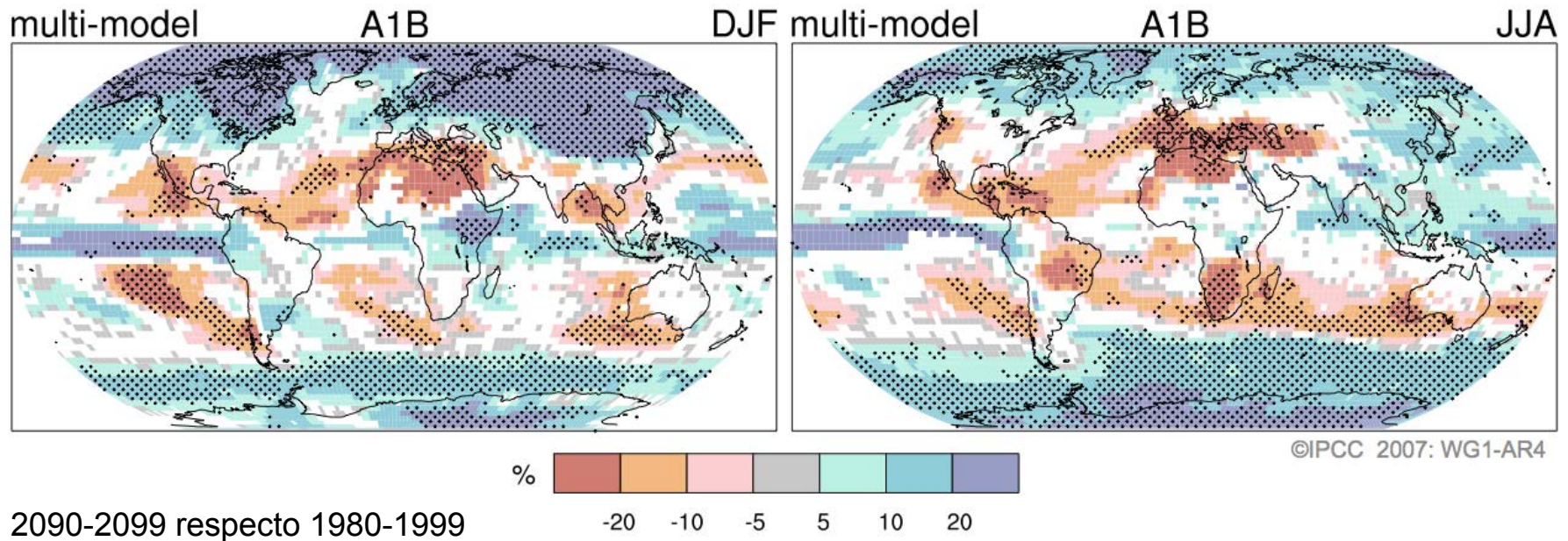
\* Dos próximas décadas aprox. 0.2°/década para muchos de los SRES

\* Proyecciones para las próximas décadas son insensibles a la elección del escenario

\* Proyecciones a largo plazo dependen del escenario y de la sensibilidad de los modelos climáticos

# Más/menos lluvia en latitudes altas/bajas

## Projected Patterns of Precipitation Changes



(AR4, 2007)

Precipitación **umenta** muy probablemente in latitudes altas

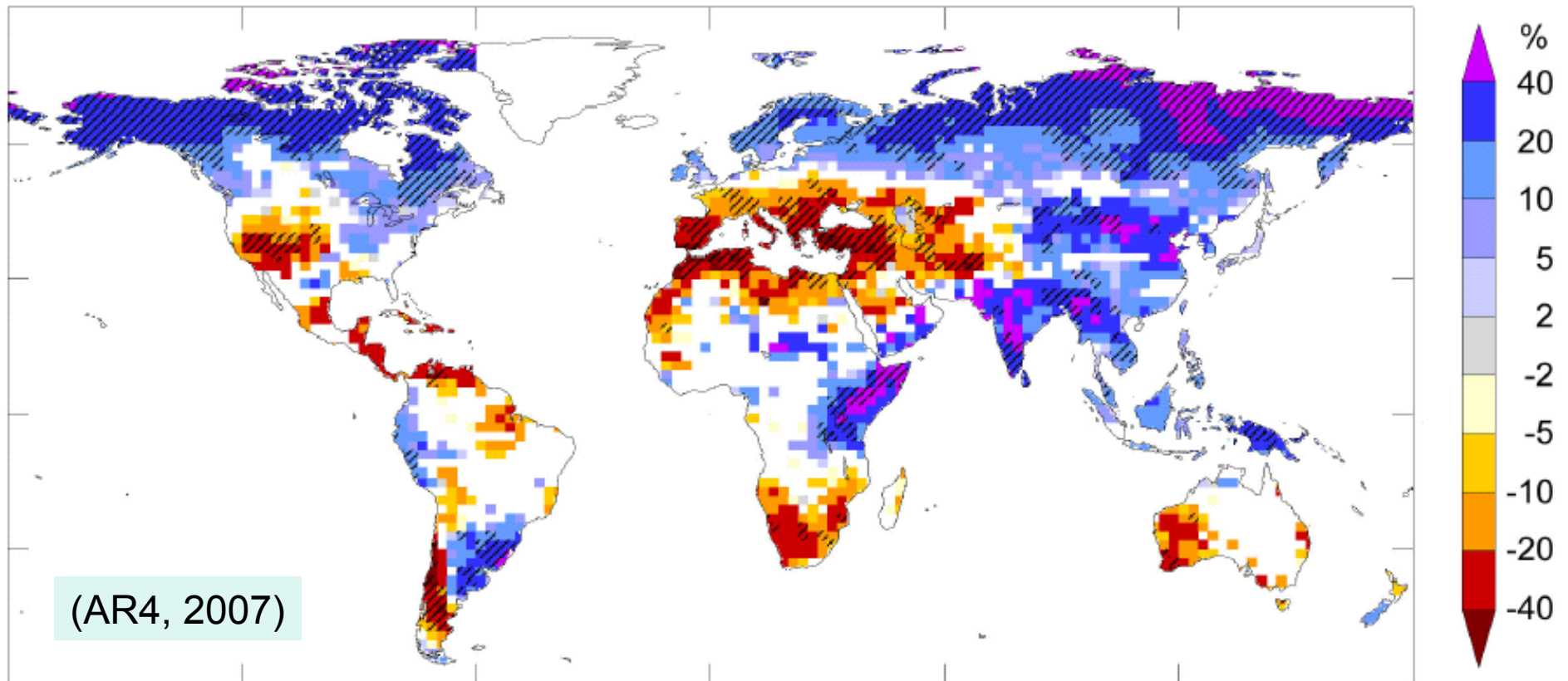
**Decrece** probablemente en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales

# Cambio (%) en escorrentía

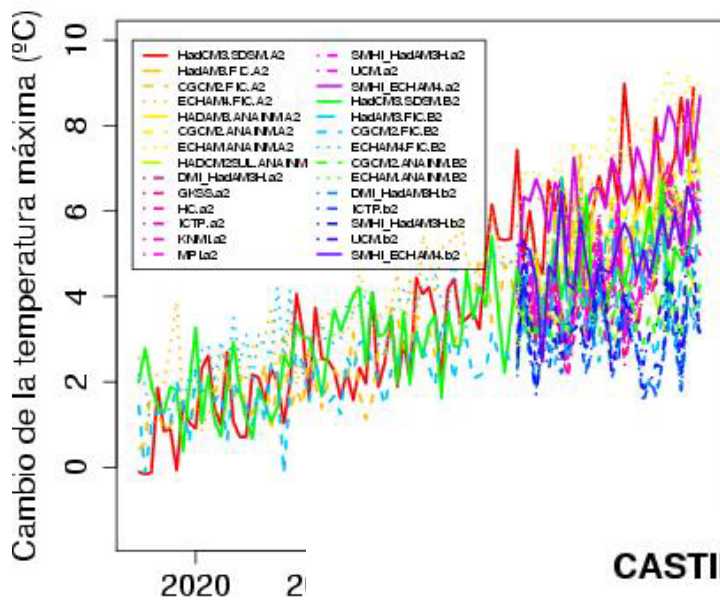
[2090-2099 respecto a 1980-1999]

Ensemble basado en escenario SRES A1B

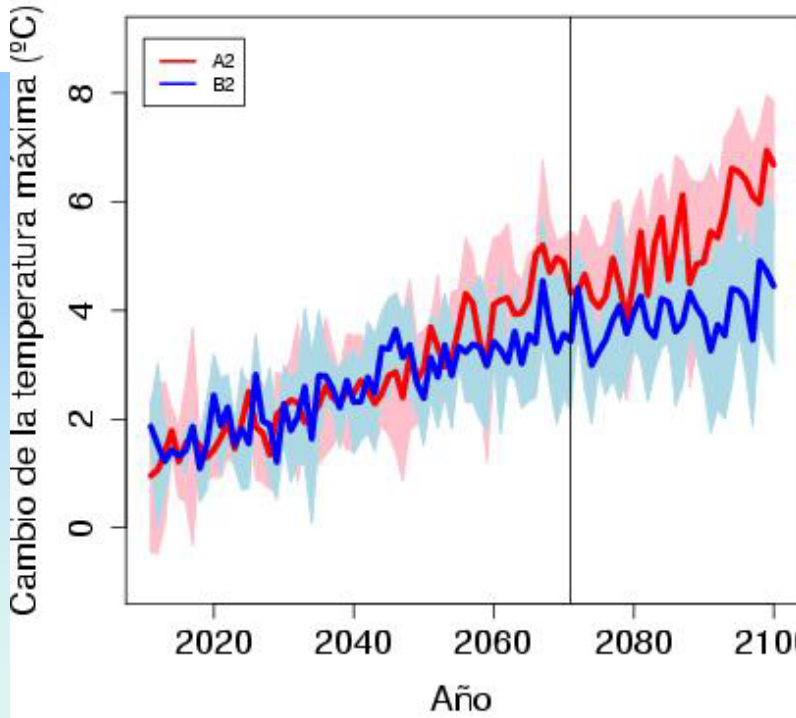
Projected relative changes in runoff by the end of the 21<sup>st</sup> century



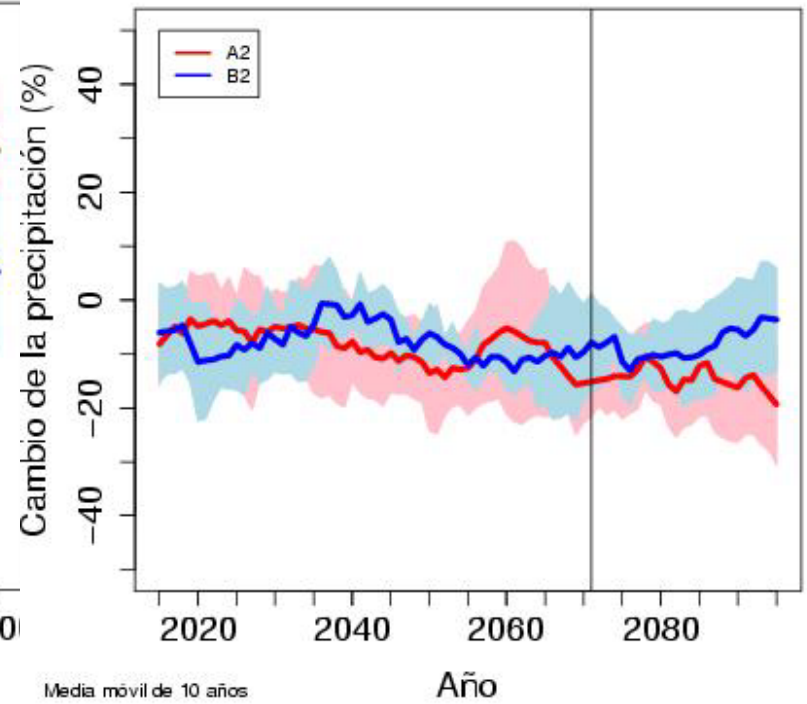
# CASTILLA-LEON



# CASTILLA-LEON



# CASTILLA LEON

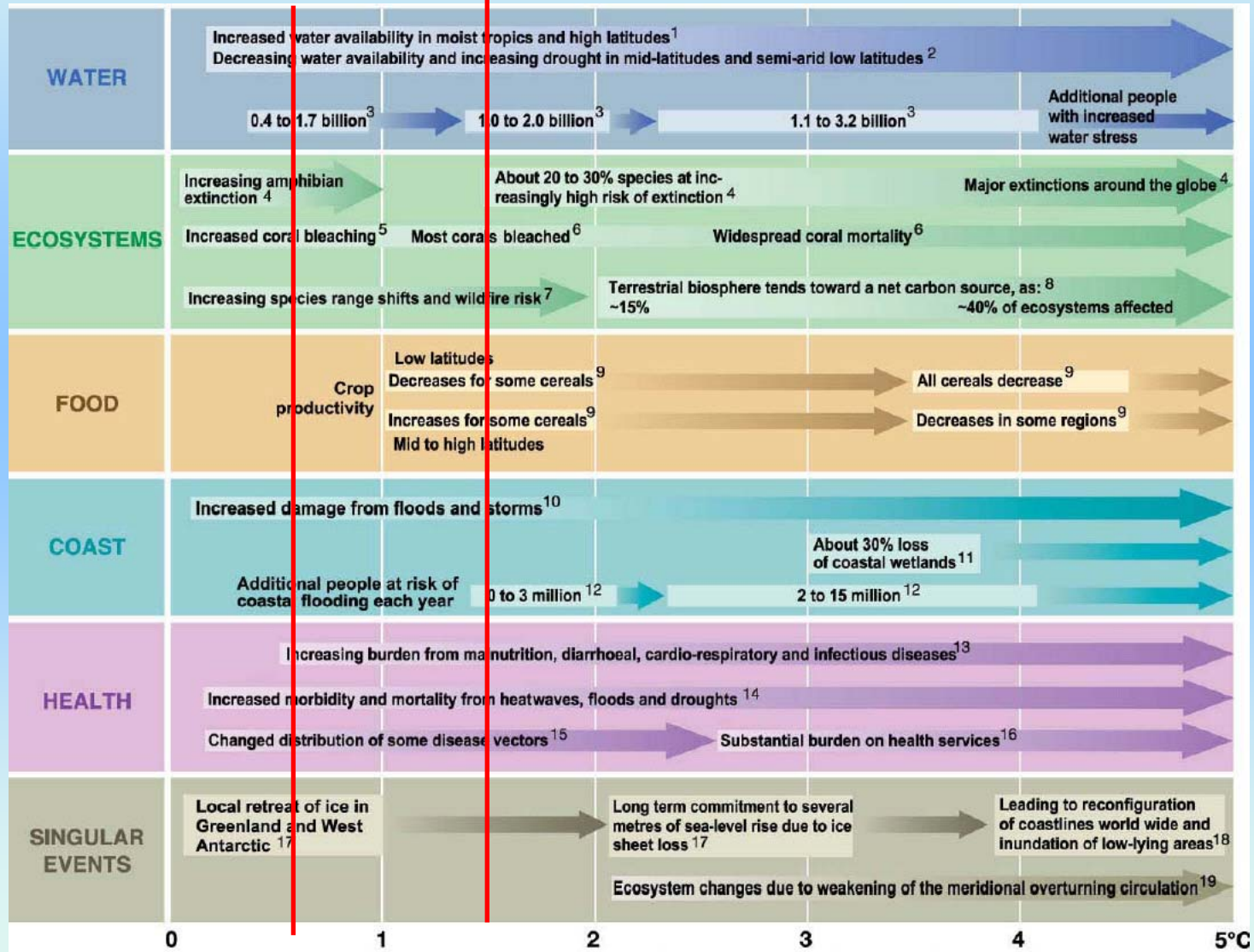


Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España

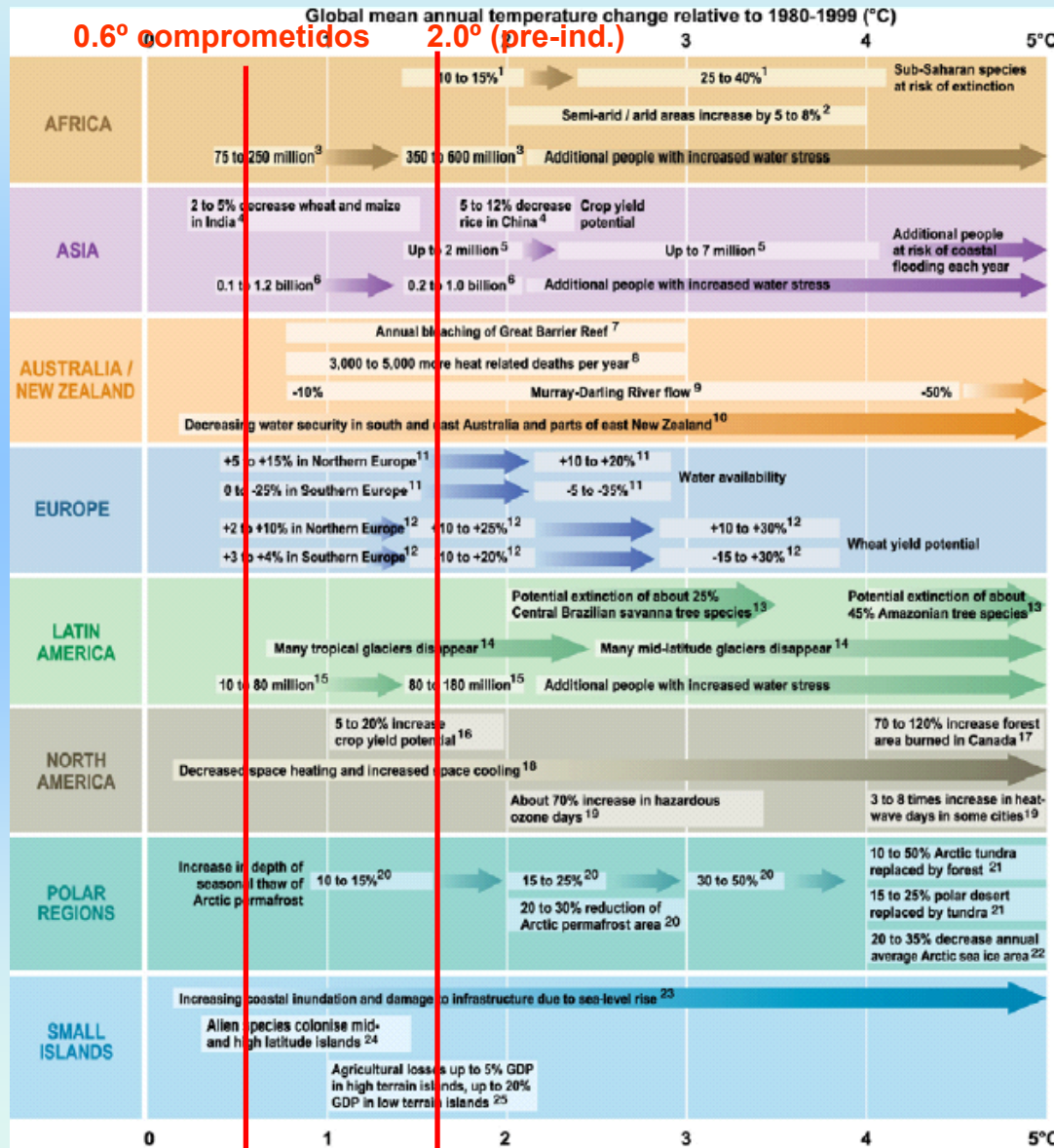


# Impactos proyectados por sectores

0.6° comprometidos 2.0° (pre-ind.)



# Impactos proyectados por regiones



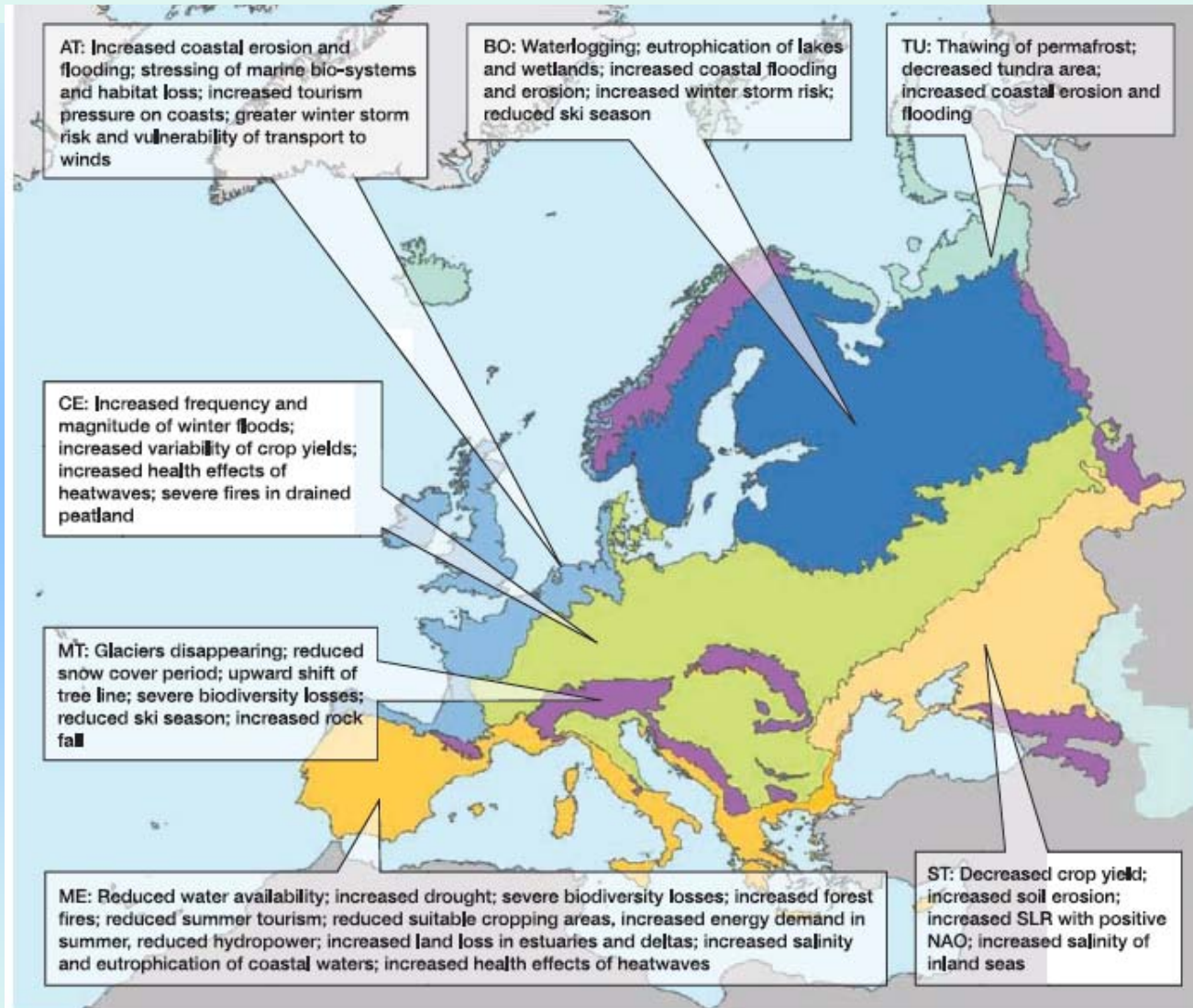
# Algunos sistemas y sectores son muy vulnerables

- Algunos ecosistemas:
  - Barreras de coral; regiones de hielos marinos
  - Tundra, bosques boreales, montañas y regiones Mediterraneas
- Regiones costeras bajas, manglares y zonas inundadas marinas
- Recursos hídricos en latitudes medias y trópicos secos
- Agricultura en bajas latitudes
- Salud humana donde la capacidad de adaptación es baja

# Algunas regiones resultarán más afectadas que otras

- El Ártico
- Africa Sub-Sahariana
- Islas pequeñas
- Megadeltas asiáticos

# VULNERABILIDADES CLAVE



**Figure 12.3.** Key vulnerabilities of European systems and sectors to climate change during the 21st century for the main biogeographic regions of Europe (EEA, 2004a): TU: Tundra, pale turquoise. BO: Boreal, dark blue. AT: Atlantic, light blue. CE: Central, green; includes the Pannonian Region. MT: Mountains, purple. ME: Mediterranean, orange; includes the Black Sea region. ST: Steppe, cream. SLR: sea-level rise. NAO: North Atlantic Oscillation. Copyright EEA, Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu>

# Differences between Northern and Southern Europe



## North



Growths of forests  
(first 30 years?)



Increase in water  
availability



Increase in crop  
availability  
(first thirty years)



## South



Increased frequency  
of forest fires



Reduction of water  
availability  
(bis 2070er ca.  $\downarrow$ 1/3)

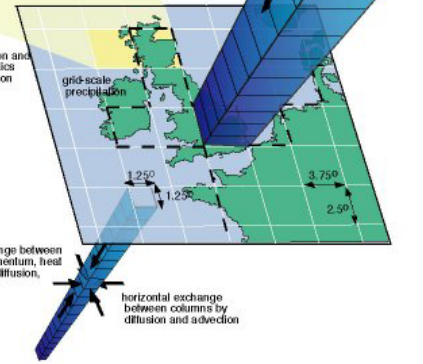
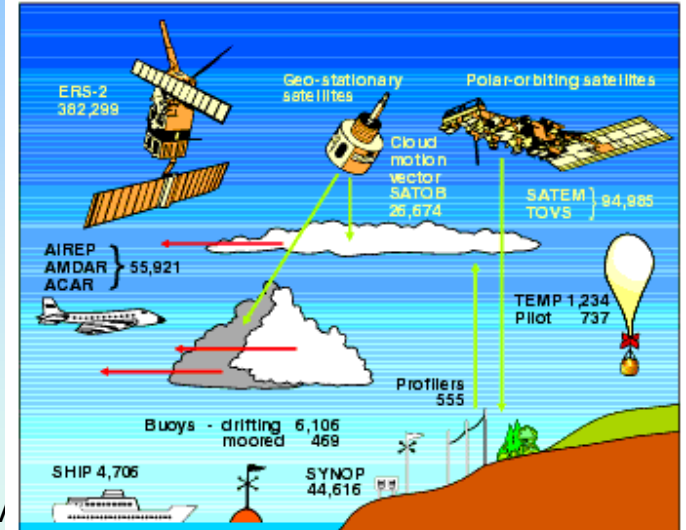
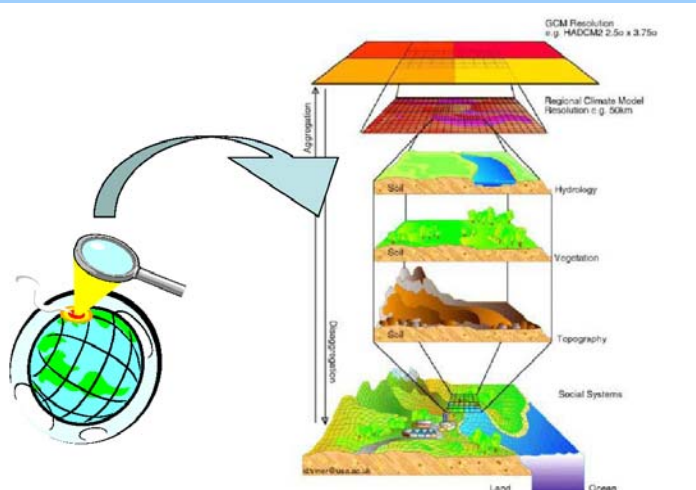
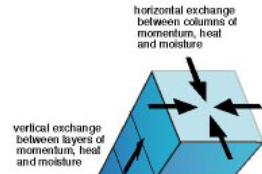
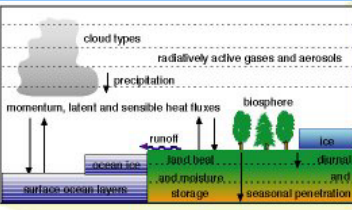
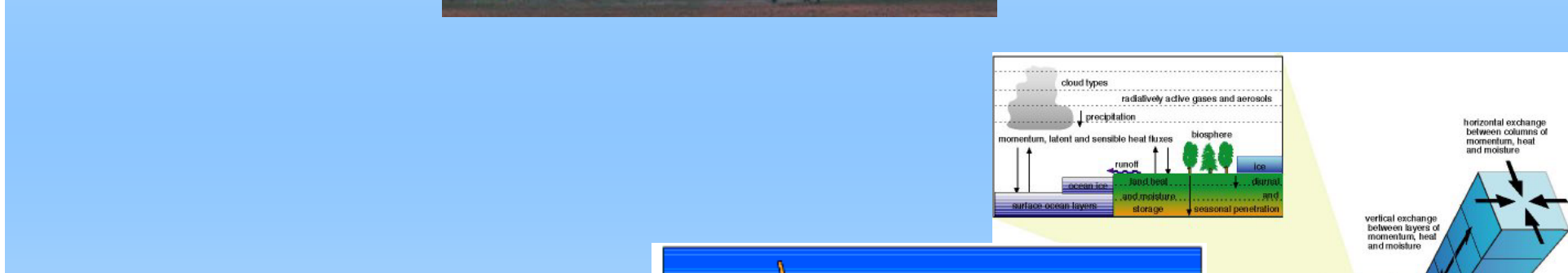
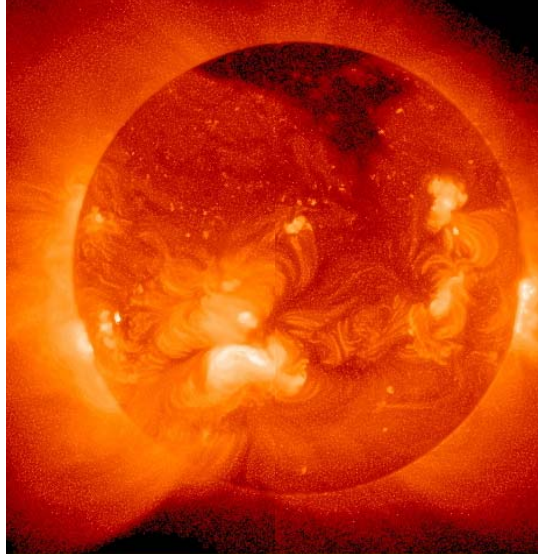


Reduction in crop  
availability



From Chapter 12, IPCC, 2007

# **¿Qué incertidumbres existen relativas al cambio climático?**



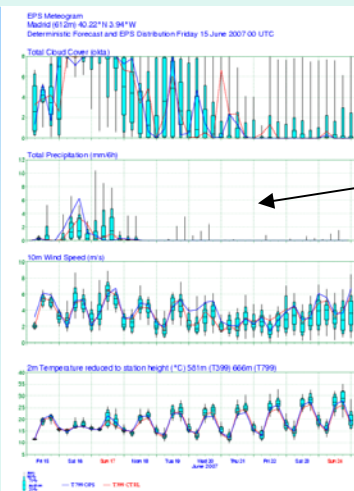
(v)

# Uncertainties in climate change projections

- Natural forcing (sun, volcanoes) ←
- GHG emissions ←
- GHG concentrations ←
- AOGCM differences ←
- Internal variability (IC dependency) ←
- Downscaling techniques ←
- Tipping points

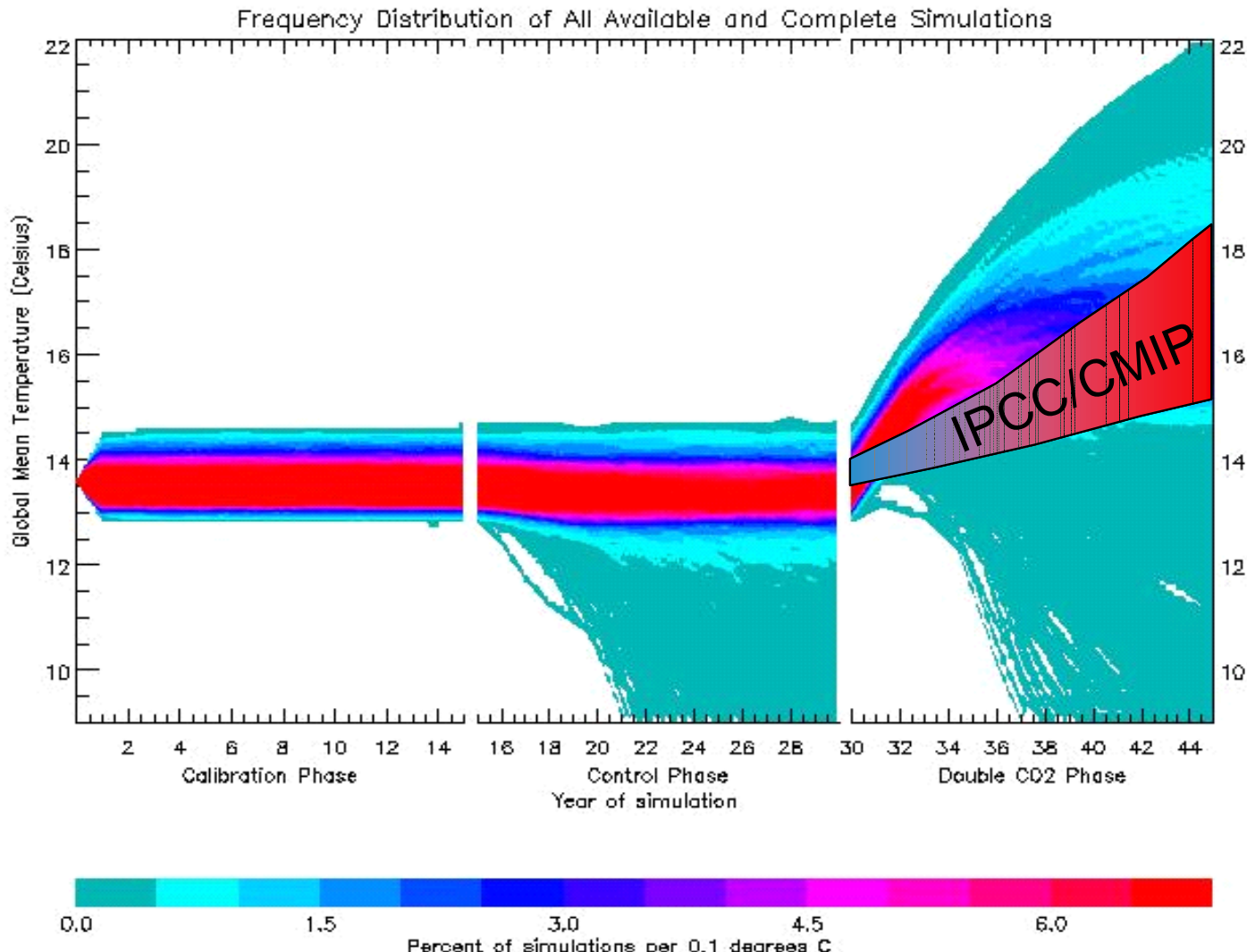
UNCERTAINTY  
DOESN'T MEAN  
TOTAL LACK OF  
KNOWLEDGE!!

- The uncertainty studies are something relatively new in atmospheric sciences. Only recently uncertainty (probabilistic approach) was introduced in our forecasts/projections
- Dealing with lack of knowledge and uncertainties → a task for risk management



Museo de la  
(Valladolid, 14

# IPCC does not sufficiently explore uncertainties!! → mega-ensembles

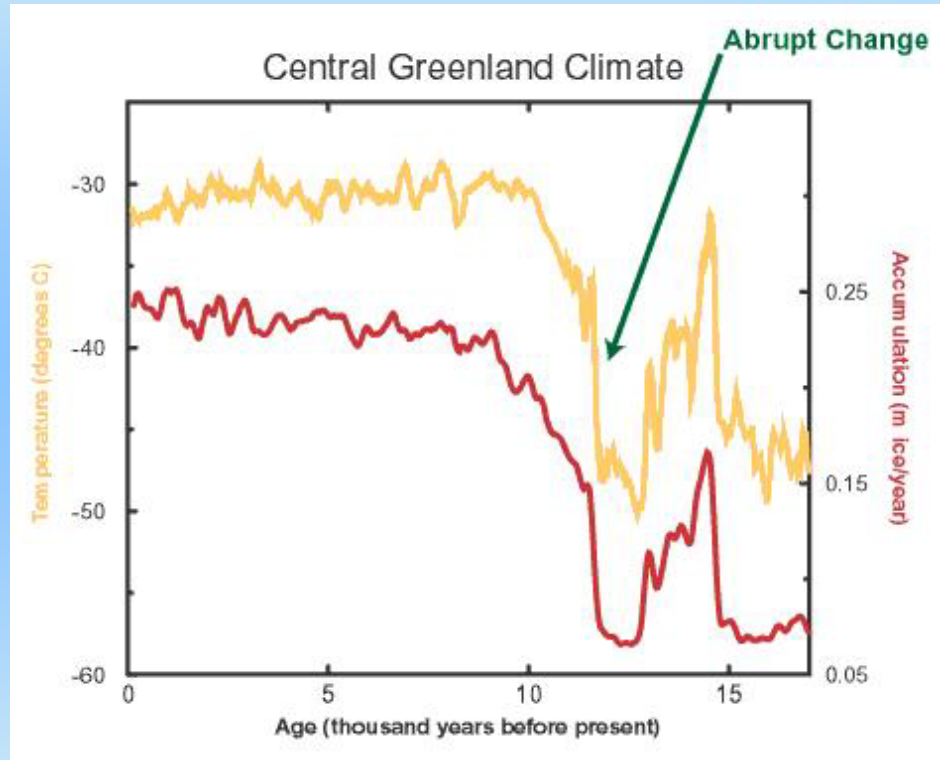


Frequency distribution of global mean temperature response to doubled CO<sub>2</sub> produced by CP.net, compared with the IPCC (2001) range.

Source: Staniforth et al. (2005)

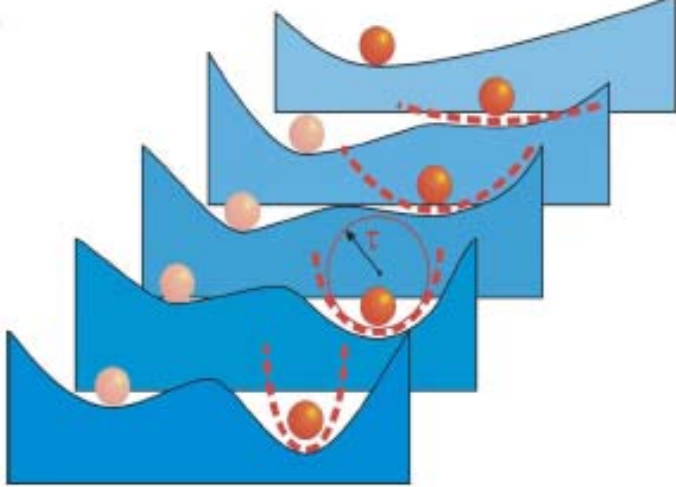
# PALEOCLIMATIC PERSPECTIVE

- An example of an abrupt climate change event is the Younger Dryas (~12,000 years ago), a period of abrupt cooling that interrupted a general warming trend as Earth emerged from the last Ice Age.



Source: [Abrupt Climate Change; Inevitable Surprises](#)

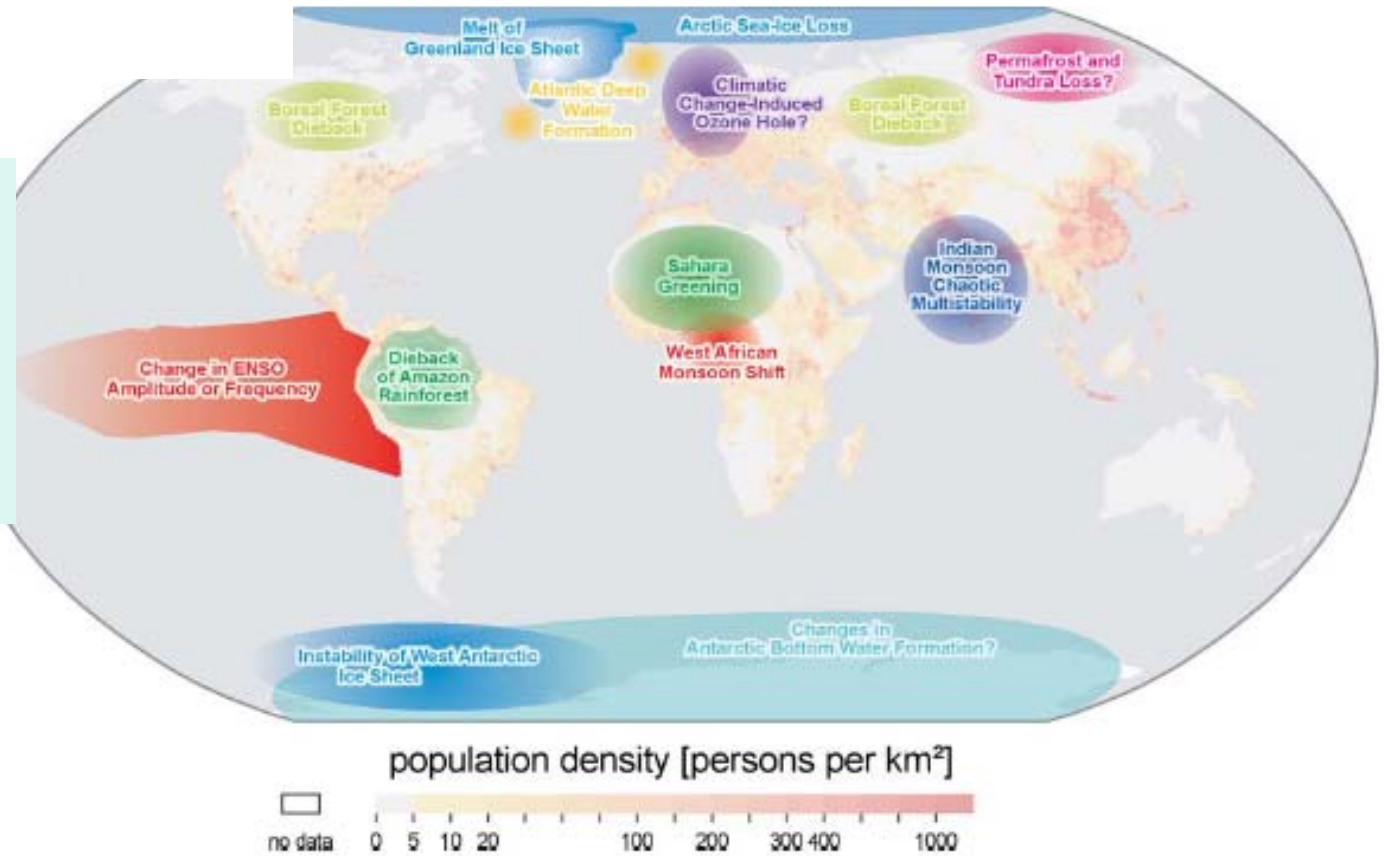
A



# “Tipping points”:

Small changes can produce big long term effects

Ex.: forced convection!!

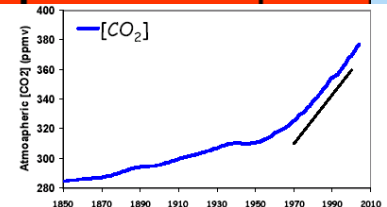


# **Conclusiones, reflexiones y perspectivas**

# ¿A qué nivel deben estabilizarse los GEI en la atmósfera para no comprometer serías interferencias en el sistema climático y no comprometer la paz y seguridad?

Category	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>	Peaking year for CO <sub>2</sub> emissions <sup>(a, c)</sup>	Change in global CO <sub>2</sub> emissions in 2050 (% of 2000 emissions) <sup>(a, c)</sup>	Global average temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity <sup>(d)</sup> . <sup>(e)</sup>	Global average sea level rise above pre-industrial at equilibrium from thermal expansion only <sup>(f)</sup>	Number of assessed scenarios
	ppm	ppm	Year	Percent	°C	metres	
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 to -50	2.0 – 2.4	0.4 – 1.4	6
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 to -30	2.4 – 2.8	0.5 – 1.7	18
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 to +5	2.8 – 3.2	0.6 – 1.9	21
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 to +60	3.2 – 4.0	0.6 – 2.4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 to +85	4.0 – 4.9	0.8 – 2.9	9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 to +140	4.9 – 6.1	1.0 – 3.7	5

Year 2007  
Atmospheric CO<sub>2</sub>  
concentration:  
**382.6 ppm**  
35% above pre-industrial



1970 - 1979: 1.3 ppm y<sup>-1</sup>  
1980 - 1989: 1.6 ppm y<sup>-1</sup>  
1990 - 1999: 1.5 ppm y<sup>-1</sup>  
2000 - 2006: **1.9 ppm y<sup>-1</sup>**

# Costes de la mitigación

- Los costes macroeconómicos de la mitigación crecen generalmente con la exigencia del nivel de estabilización
- En 2050, los costes macroeconómicos globales medios para estabilización entre 710-445 ppm CO<sub>2</sub>-eq están entre +1% y -5% del PIB
- El PIB anual global se reducirá menos de 0.12%

# Equity Issues

- **Africa by 2020:**
  - Between 75 & 250 million people projected to be exposed increased water stress
  - In some countries, yields from rain-fed agriculture would be reduced by 50%
- **Asia by 2050s:**
  - Freshwater availability is projected to decrease
  - Coastal areas, especially heavily-populated mega delta regions will be greatest risk from sea flooding
- **Small Island States:**
  - Sea Level rise is expected to exacerbate inundation, storm surge, erosion and other coastal hazards threatening vital infrastructure
  - By mid-century reduced water resources in many small island states



WMO

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)



UNEP

# ¿Qué podemos hacer? (I)

- Inercia del sistema climático → algunos cambios son inevitables → **actuación sobre los efectos**  
→ **ADAPTACION**
- El calentamiento se produce por emisiones GEI → a más emisiones, mayor calentamiento → **actuación sobre las causas** → **MITIGACION**  
(cambio modelo energético, usos de suelo (deforestación), demografía, desarrollo sostenible, ...)
- Mejorar el conocimiento del sistema climático:  
**INVESTIGACION**

# ¿Qué podemos hacer? (II)

- **Actuación a diferentes niveles:** gobiernos, ciudades, individuos
- Aumentar el nivel de **concienciación del problema** → Influencia en la acción de individuos, ciudades, gobiernos.
- El problema del cambio climático está íntimamente **ligado a otros problemas** de la humanidad en su conjunto:
  - pobreza (demografía),
  - desarrollo sostenible,
  - modelo energético,
  - patrones de producción y consumo,
  - comercio
  - etc

# Conclusiones

- Calentamiento **INEQUIVOCO** del sistema climático
- Muchos sistemas naturales **YA** están siendo afectados
- Calentamiento observado muy probablemente (90%) por aumento **antropogénico de GEI**
- Comprensión más sistemática del **ritmo y magnitud de los impactos** según la magnitud del calentamiento
- Identificados los sectores y regiones más **vulnerables**
- La inercia del sistema climático hace que algunos efectos duren siglos y milenios → **ADAPTACION**
- Capacidad de adaptación relacionada con **DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL** e irregularmente distribuida entre y dentro de las sociedades
- Evidencias de un gran potencial de **MITIGACION** de las emisiones de GEI con un amplio abanico de tecnologías de mitigación comercialmente disponibles ahora y en el plazo medio, suponiendo que los adecuados incentivos se ponen en marcha
- La **ACCIÓN EN EL CORTO PLAZO ES FUNDAMENTAL** para lograr objetivos de estabilización en plazos largos
- Relación biunívoca entre **CAMBIO CLIMATICO** y **DESARROLLO SOSTENIBLE** → **MARCO INTEGRADO** para el problema del cambio climático

# Resumen

- Existe un **inequívoco calentamiento del sistema climático que continuará** en mayor o menor medida dependiendo de las emisiones futuras de GEI
- Gran potencial de **adaptación y mitigación → acción urgente**

**Los impactos del cambio climático recaen desproporcionadamente sobre los países en desarrollo y sobre la población pobre**

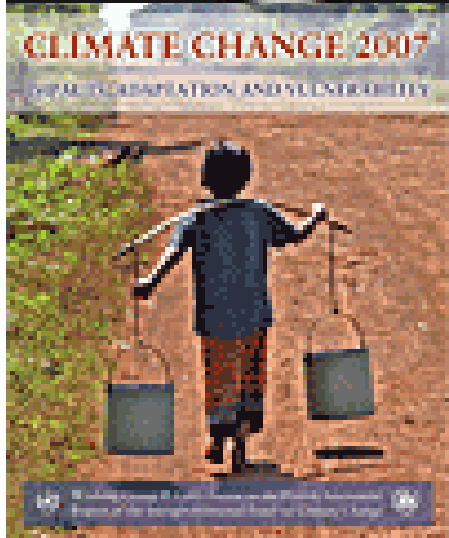


(Valladolid, 14/05/2009)

# Bibliografía básica



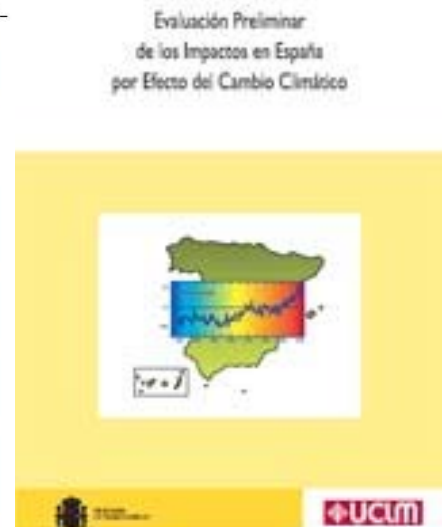
<http://www.ipcc.ch>



<http://www.marm.es>

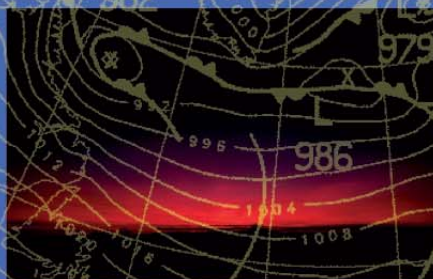
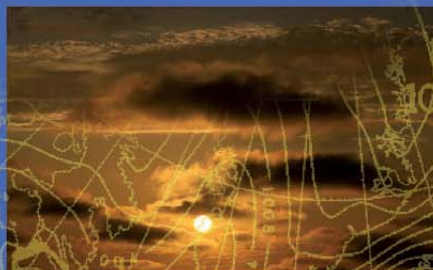
Museo de la Ciencia  
(Valladolid, 14/05/2007)

<http://www.aemet.es>



## Ciclo de Conferencias de la exposición

### La Meteorología a través del tiempo



#### Jueves, 14 de mayo

Cambio climático:  
observaciones, proyecciones, causas y efectos.  
**Ernesto Rodríguez Cañillo**  
Jefe del Área de Evaluación y Modelización del Clima de  
AEMET

#### Jueves, 21 de mayo

Inicios de la predicción científica del tiempo  
en la primera mitad del siglo XX: de Bjerknes a  
Richardson y Charney.  
**Manuel Lezama**  
Jefe del Servicio de Relaciones Internacionales de  
AEMET

#### Jueves, 28 de mayo

La predicción meteorológica: técnicas y herramientas.  
**Ramón Elías Rodríguez**  
Jefe del Departamento de Producción de AEMET

Auditorio del  
Museo de la Ciencia. 19.15 h.

Entrada libre hasta completar el aforo

MUSEO DE LA CIENCIA DE VALLADOLID  
AVDA. SALAMANCA, S/N  
Tlfno. Información: 983 144 300  
[www.museocienciavalladolid.es](http://www.museocienciavalladolid.es)