

Seminario "Respuestas desde la
comunicación y la educación al
cambio climático"

CENEAM, Valsain, 8 abril 2011

Ciencia y cambio climático: temas candentes

E. Rodríguez Camino



GOBIERNO
DE ESPAÑA

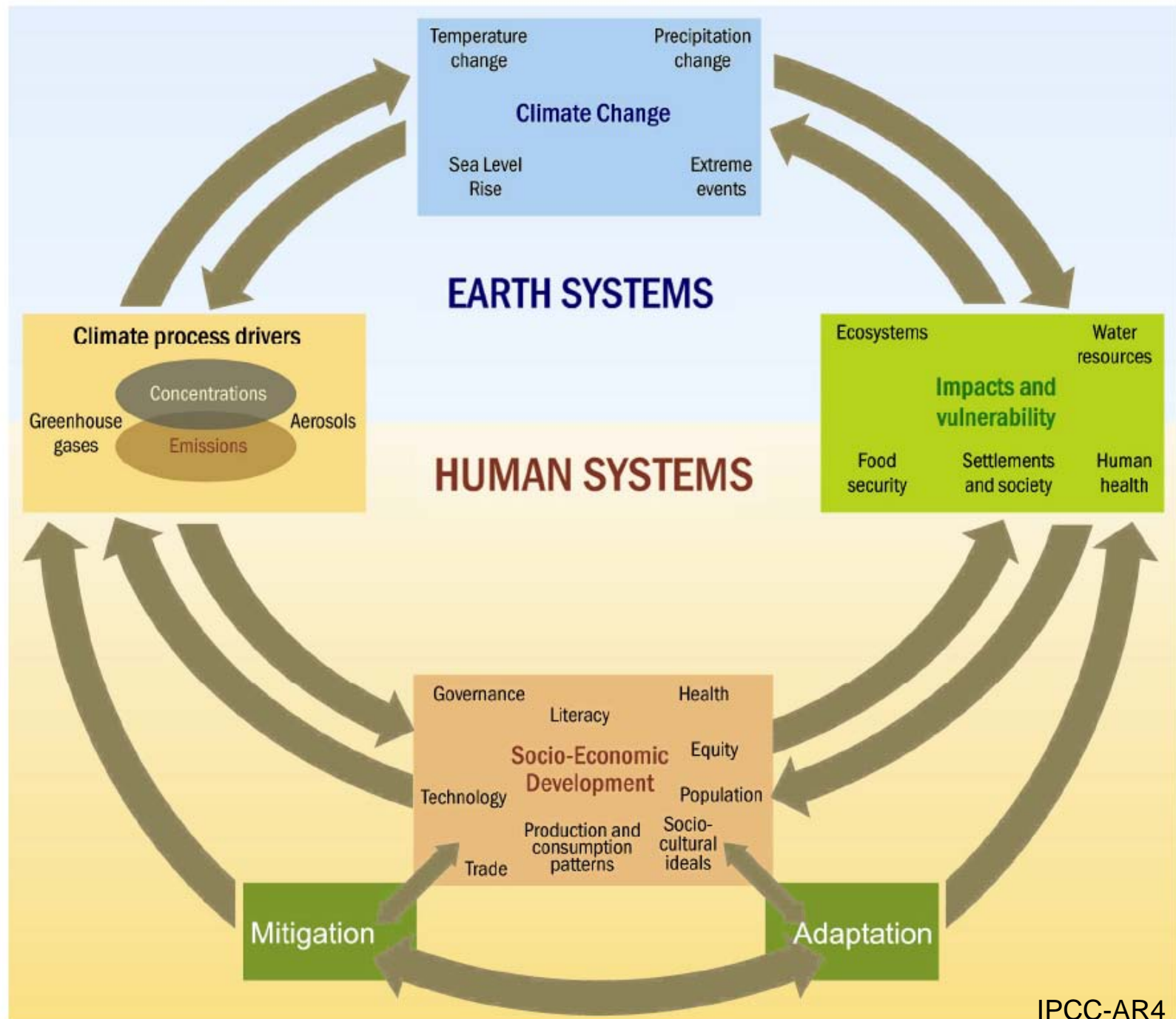
MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO



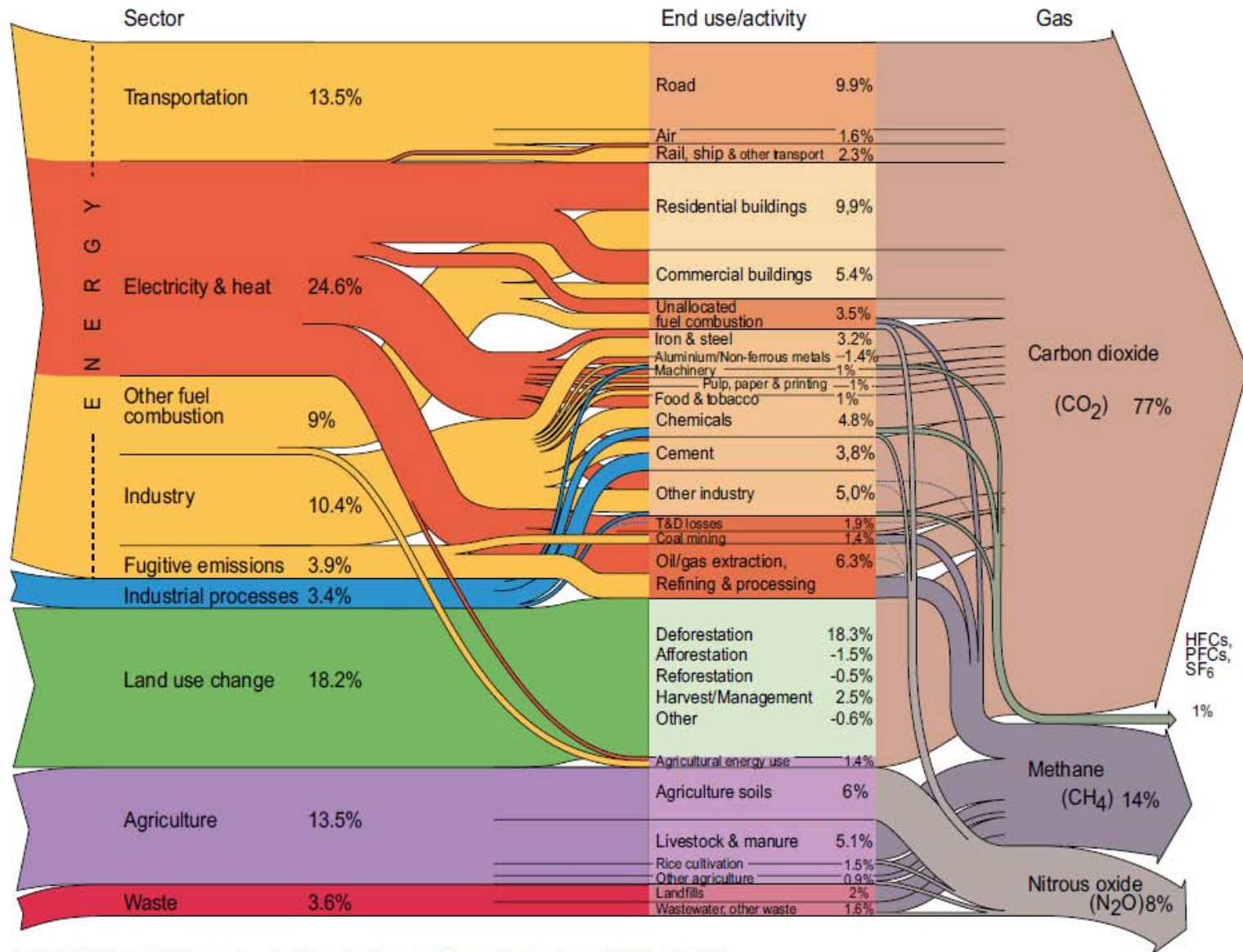
Contenido

- Introducción
- Observación y monitorización del cambio climático
- Inercia del sistema climático: ciencia para la adaptación
- Incertidumbres: tipping points
- Ciencia para las negociaciones internacionales:
 - Escenarios BAU y de estabilización
 - ¿Qué GEI y cómo se comparan?
- Futuro

Schematic framework of anthropogenic climate change drivers, impacts and responses



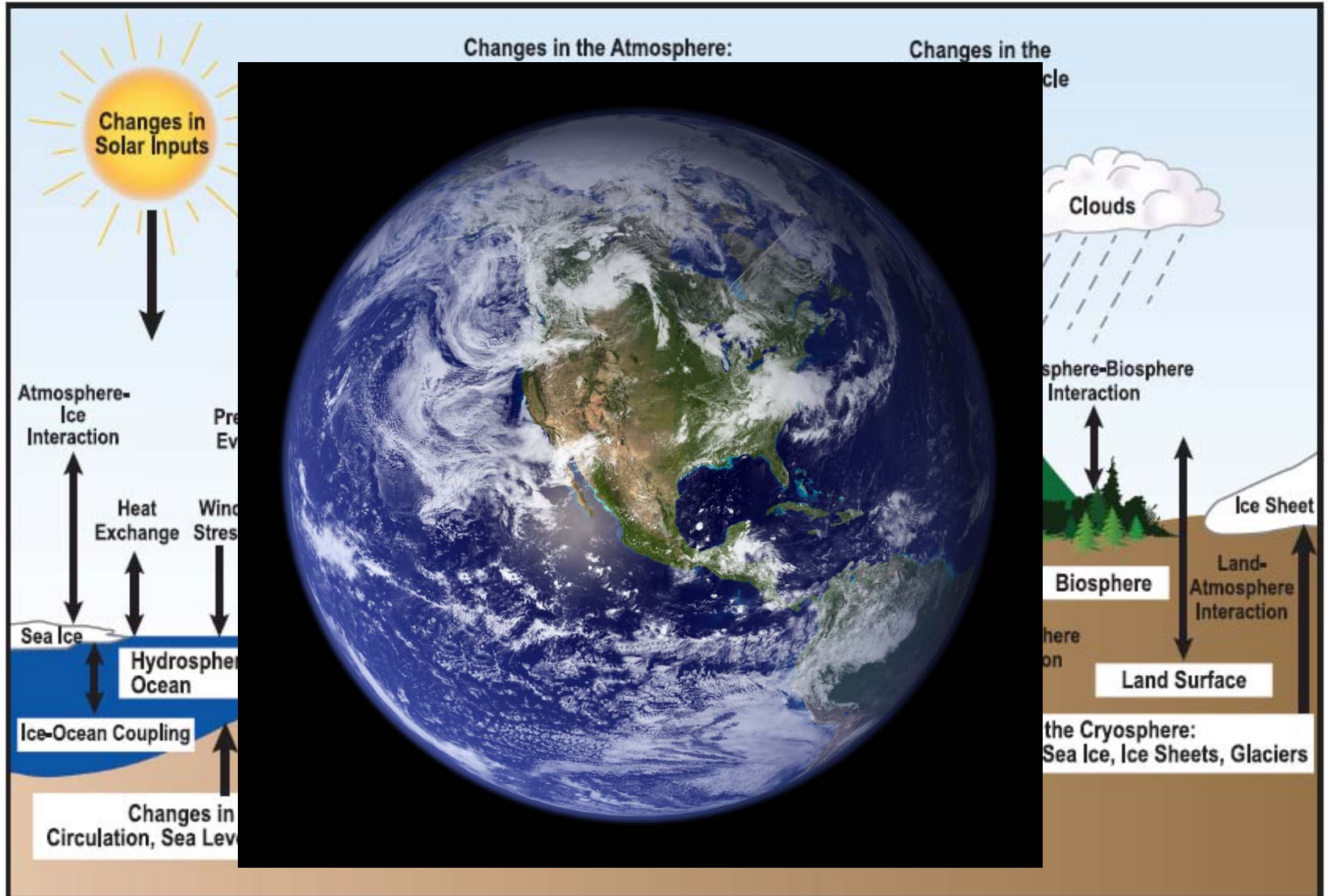
World greenhouse gas emissions by sector



All data is for 2000. All calculations are based on CO₂ equivalents, using 100-year global warming potentials from the IPCC (1996), based on a total global estimate of 41 755 MtCO₂ equivalent. Land use change includes both emissions and absorptions. Dotted lines represent flows of less than 0.1% percent of total GHG emissions.

Source: World Resources Institute, Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, December 2005; Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996 (data for 2000).

Sistema climático

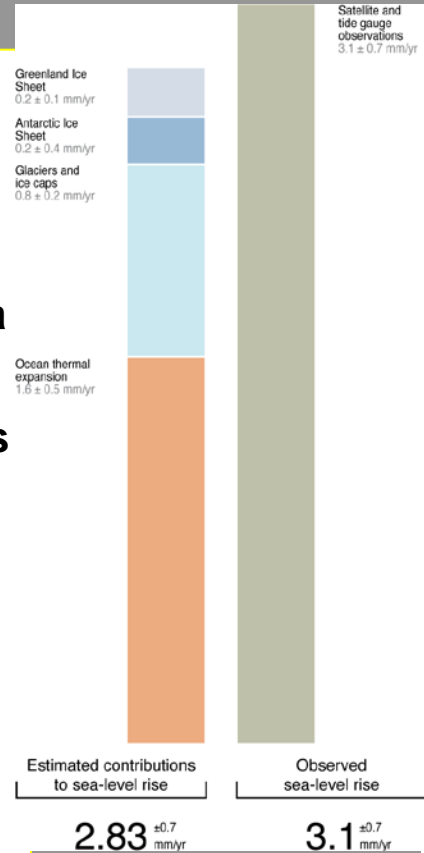


¿Qué CAMBIO CLIMATICO se observa?

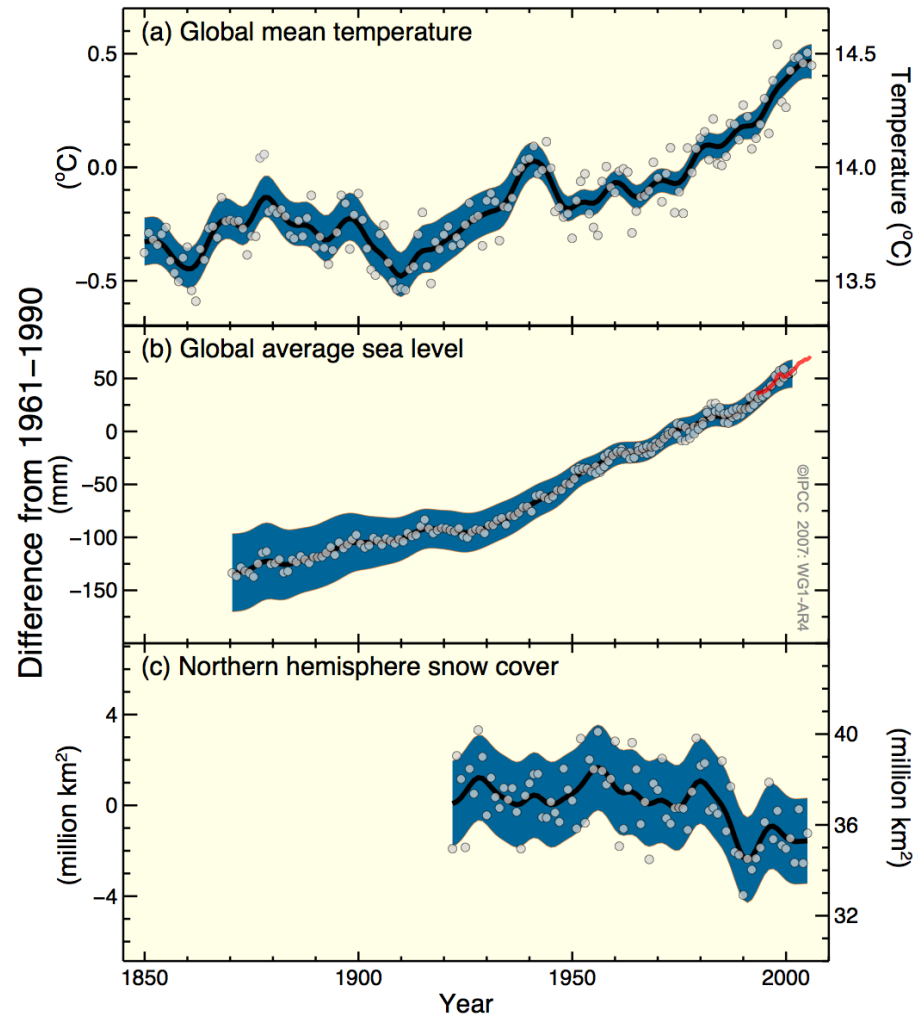
El calentamiento del sistema climático es **inequívoco**,

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*)

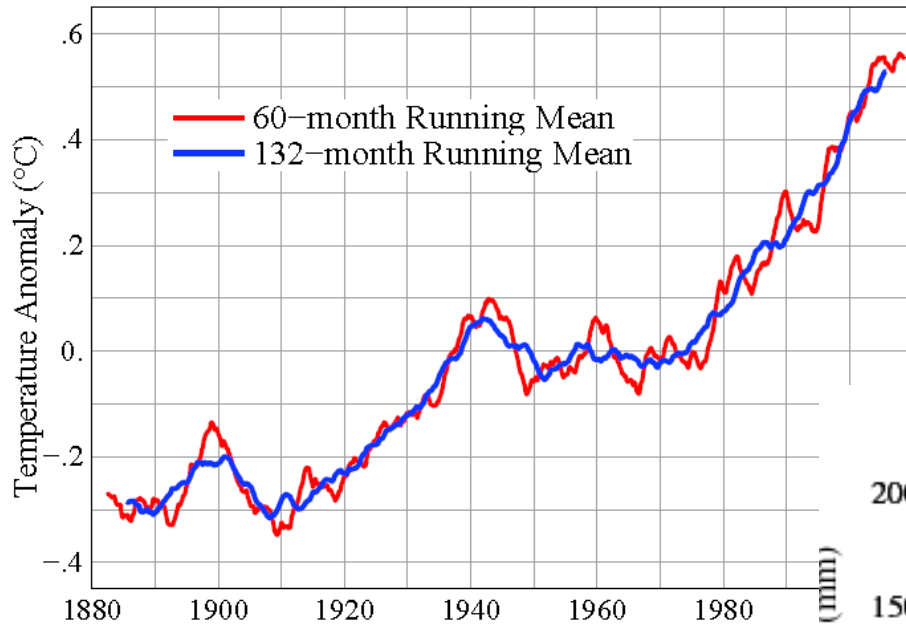


Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover

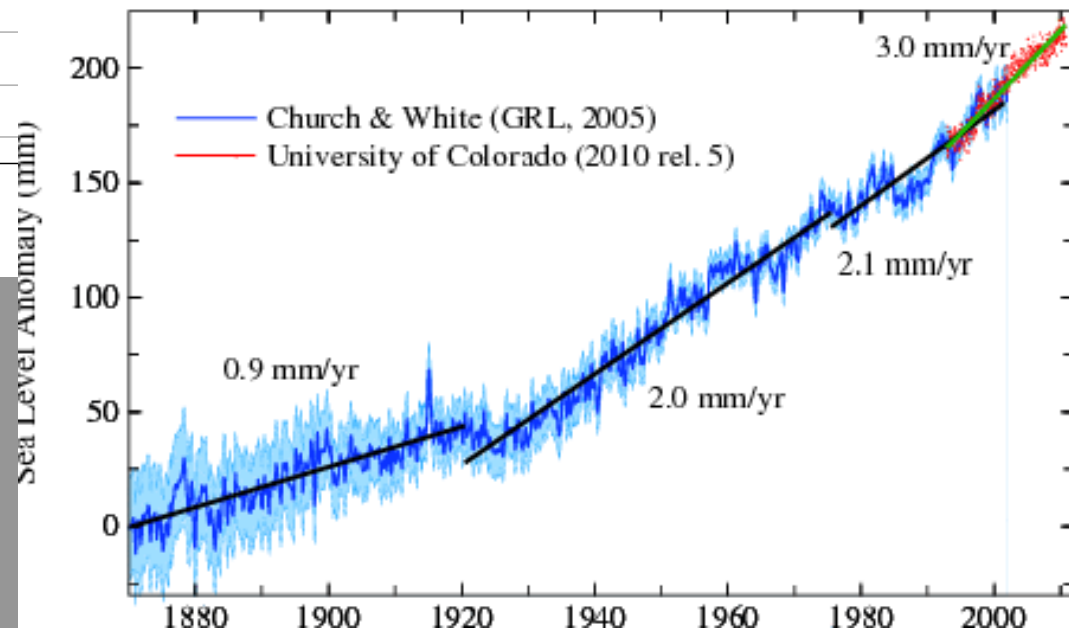


Vigilando el clima (I)

Global Land–Ocean Temperature Index



Global Mean Sea Level Change



Observaciones sobre España

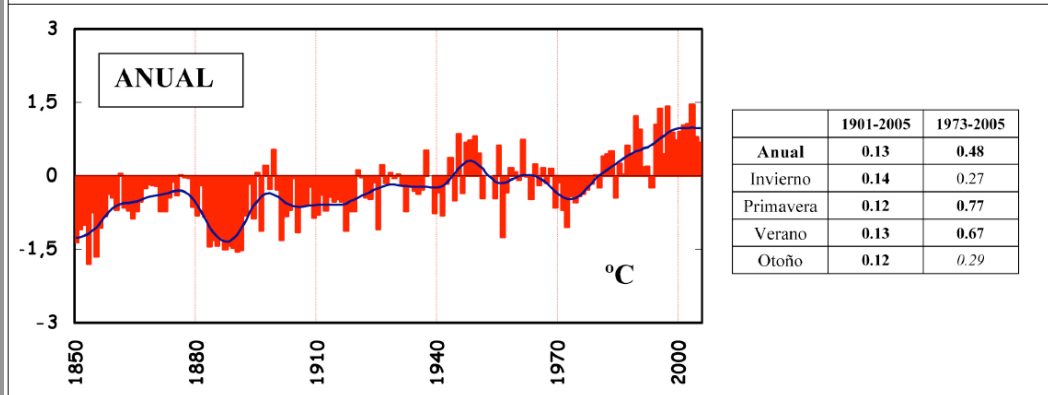
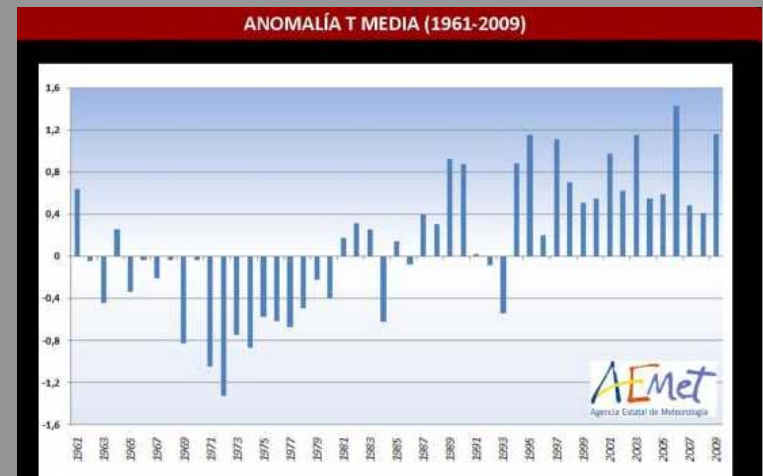
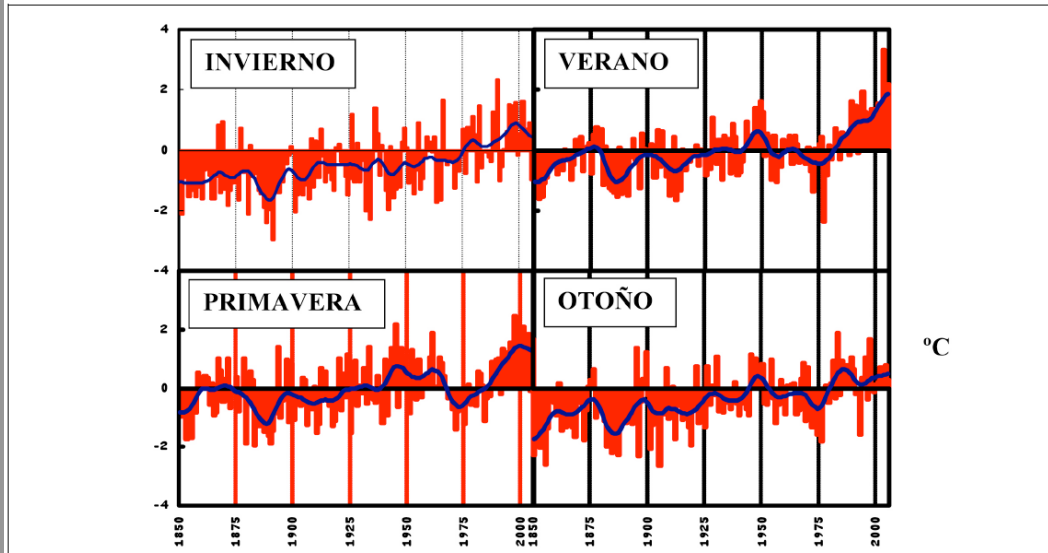
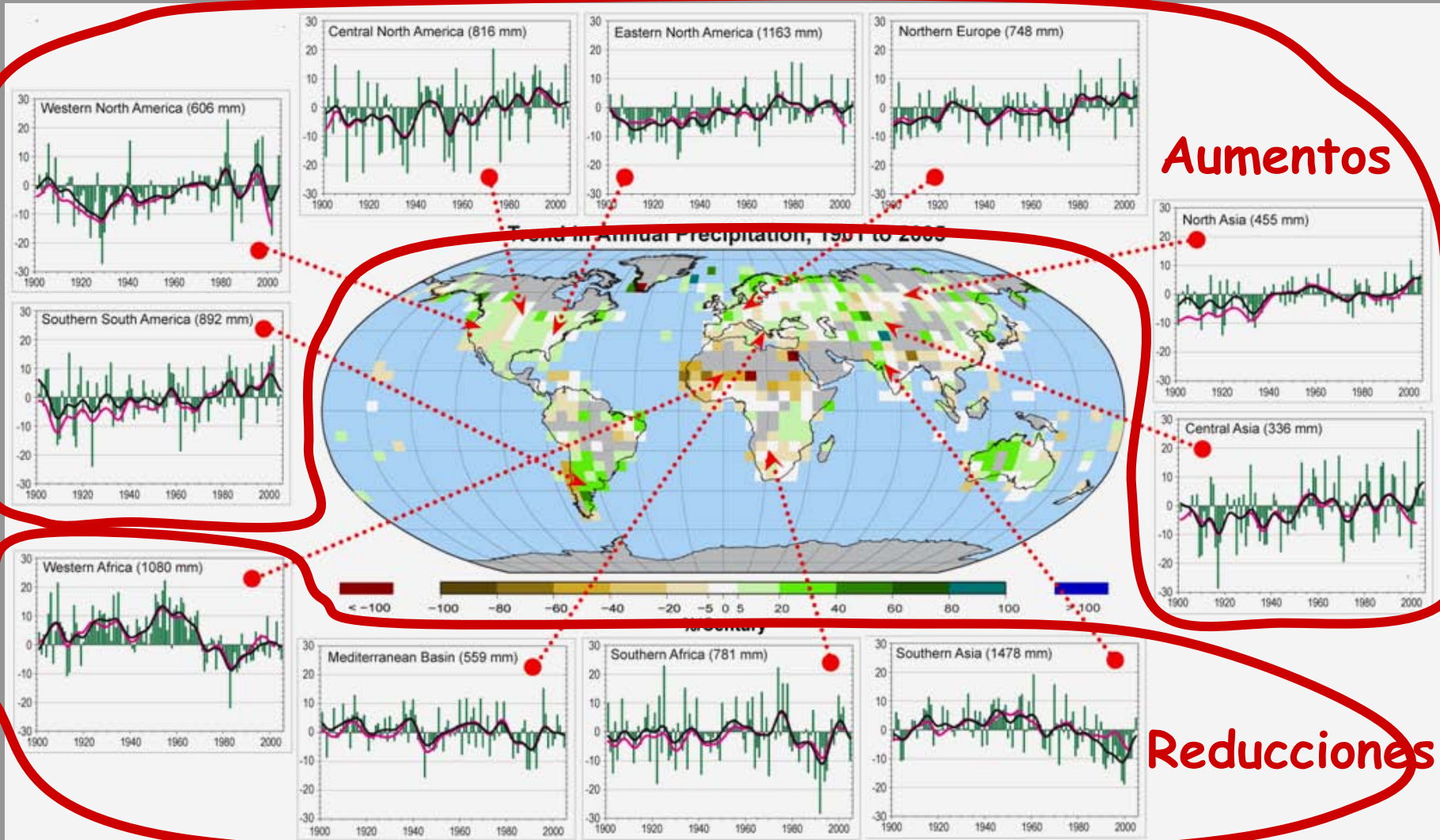


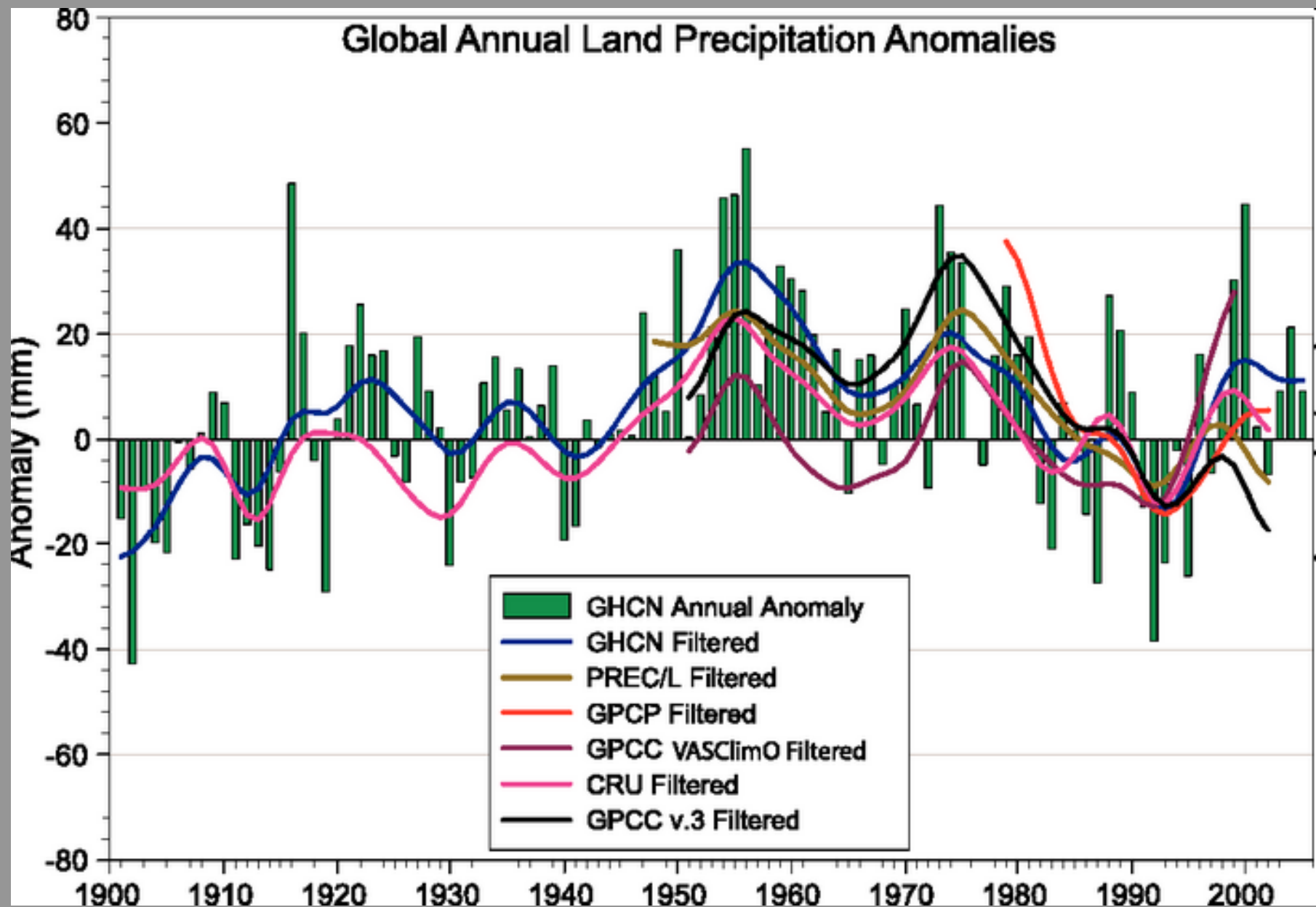
Figura 1. Variaciones anuales (abajo) y estacionales (arriba) en el periodo 1850-2005 de la temperatura media diaria en España, expresada en anomalías (en °C) respecto a la media del periodo 1961-1990 (base de datos SDATS), calculada como un promedio sobre 22 estaciones. La curva en azul representa un filtro gaussiano de 13 años. La tabla indica las tendencias de temperatura (en °C/década) para todo el siglo XX (periodo 1901-2005) y para el periodo reciente de mayor calentamiento (1973-2005); las tendencias en *negrita (itálica)* son significativas con un nivel de confianza del 99 % (95%).

Precipitación sobre tierra cambia significativamente sobre grandes extensiones

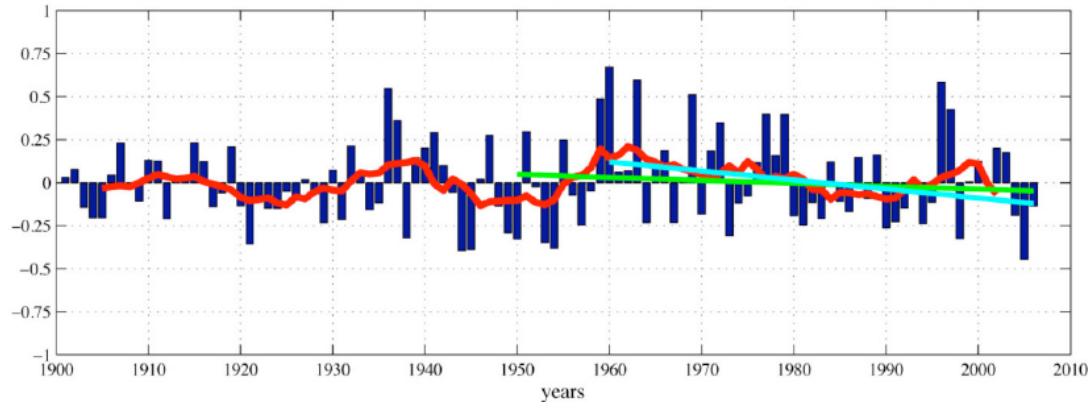


Anomalías anuales suavizadas para precipitación (%) sobre tierra desde 1900 a 2005; otras regiones están dominadas por la variabilidad.

Global Annual Land Precipitation Anomalies

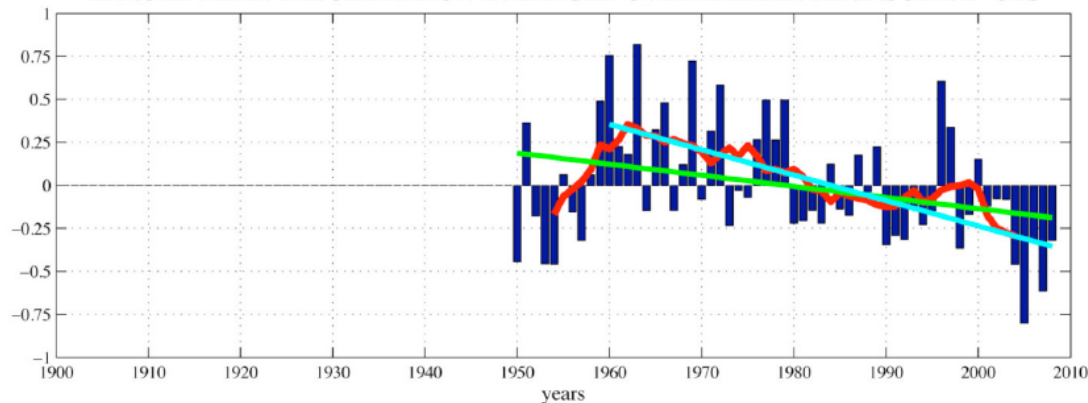


ANNUAL MEAN PRECIPITATION AVERAGED OVER IBERIAN PENINSULA. CRU3



década	media
1900	1.71
1910	1.79
1920	1.61
1930	1.80
1940	1.70
1950	1.70
1960	1.92
1970	1.83
1980	1.67
1990	1.71

ANNUAL MEAN PRECIPITATION AVERAGED OVER IBERIAN PENINSULA. E-OBS



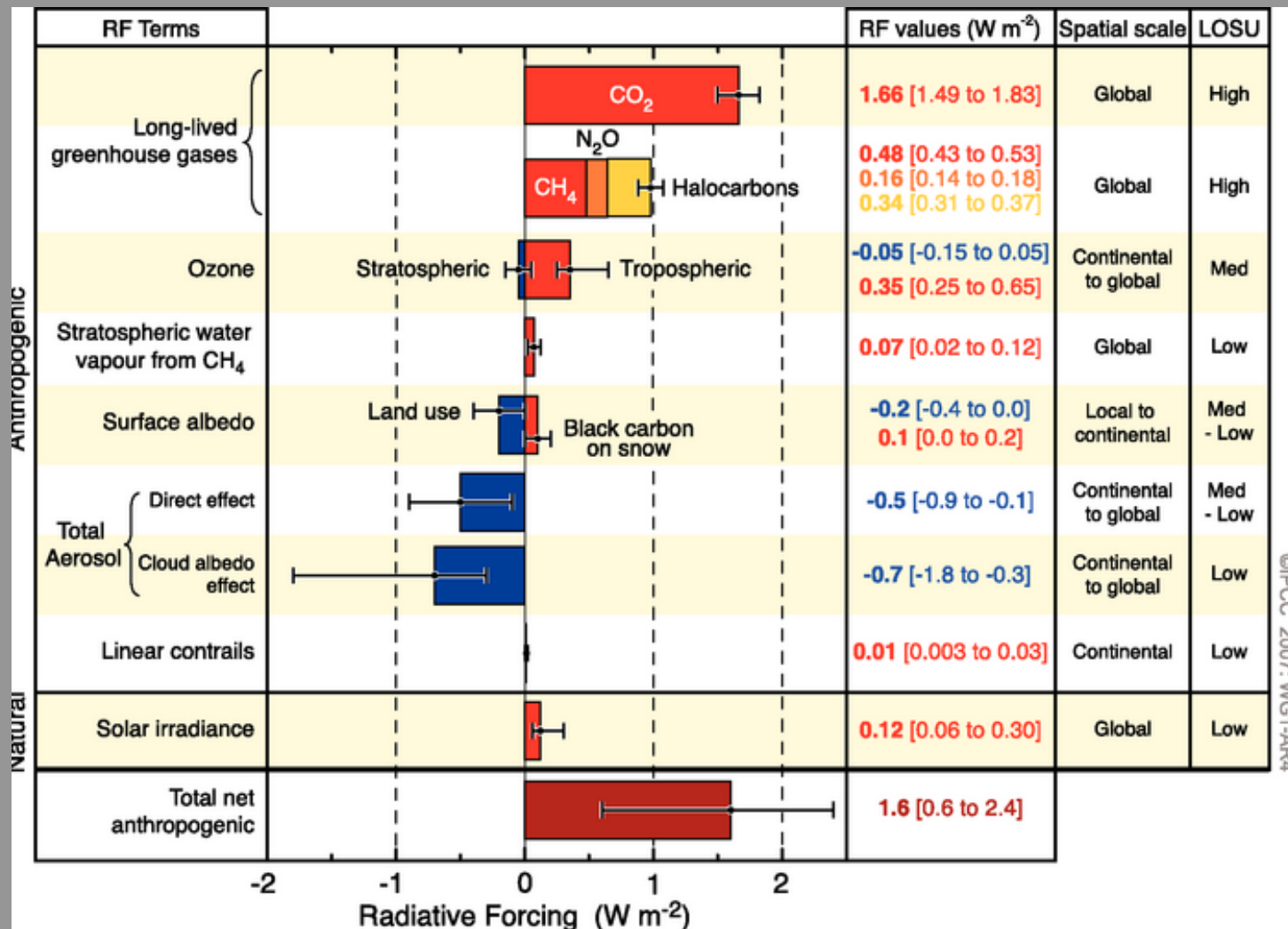
década	media
1950	1.63
1960	2.07
1970	1.93
1980	1.67
1990	1.63
2000-2008	1.44

Figura3. Serie temporal de anomalías de precipitación anual media (mm/día) promediada sobre la PI (región 36°N-43.5°N, 10°W-3°E), utilizando los datos de CRU TS3 (arriba; periodo: 1900-2006) y E-OBS (abajo; periodo: 1950-2008). La curva roja representa una media con ventana móvil de 9 años. Las líneas verdes y azul representan la tendencia lineal para el periodo 1950-2006 (2008 para E-OBS) y 1960-2006 (2008 para E-OBS), respectivamente. Las tablas indican el valor medio de la precipitación absoluta en cada decenio (mm/día). Los sombreados azules (amarillos) indican los decenios más lluviosos (secos). Las tendencias de precipitación anual obtenidas con los datos CRU no son estadísticamente significativas, mientras que las obtenidas con los datos E-OBS lo son con un nivel de confianza del 95% para el periodo 1950-2008 y del 99% para el periodo 1960-2008 (el valor de esta última tendencia es de -0.15 mm/día/década).

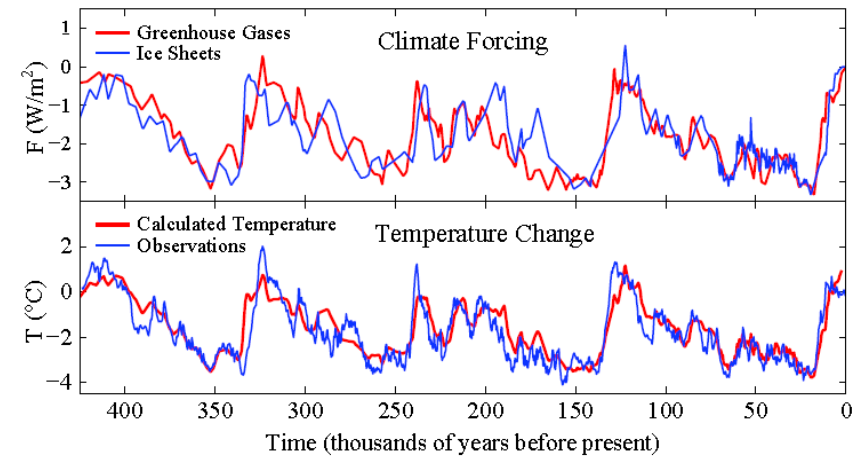
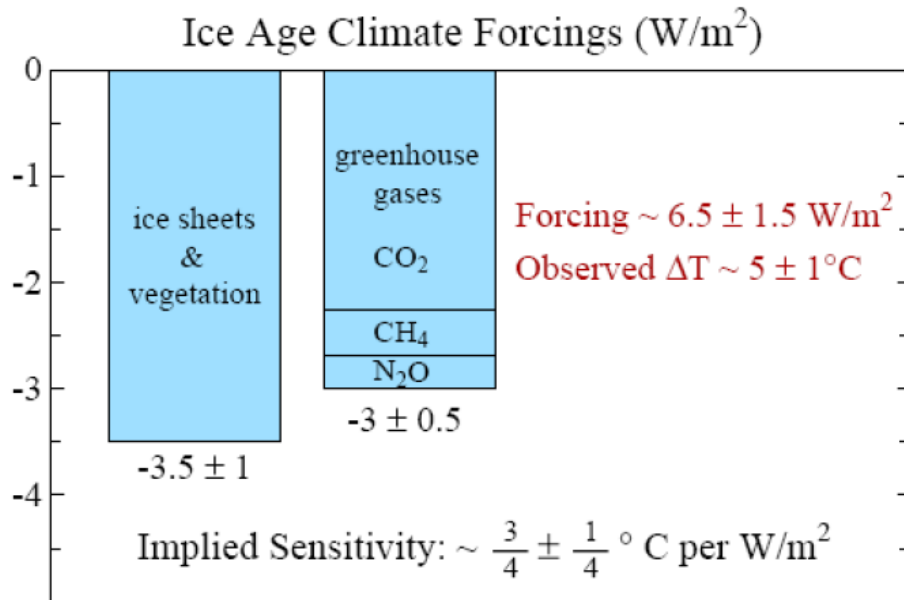
Cambios en precipitación, aumento de sequías

- Significativo **aumento de la precipitación** en las partes orientales de Norte y Sur América, Norte de Europa y Norte y Centro de Asia.
- La **frecuencia de episodios de precipitaciones intensas** ha aumentado sobre la mayoría de las zonas terrestres consistentemente con el calentamiento y el aumento del vapor de agua atmosférico
- **Menos precipitación** en el Sahel, Mediterraneo, Sur de Africa y partes del Sur de Asia.
- **Sequías más intensas y largas** observadas desde los 1970s, especialmente en los trópicos y subtrópicos.

Los forzamientos son los factores que afectan al balance energético y por lo tanto a la temperatura de la Tierra



Forzamiento (GEI+Albedo) → Temperatura



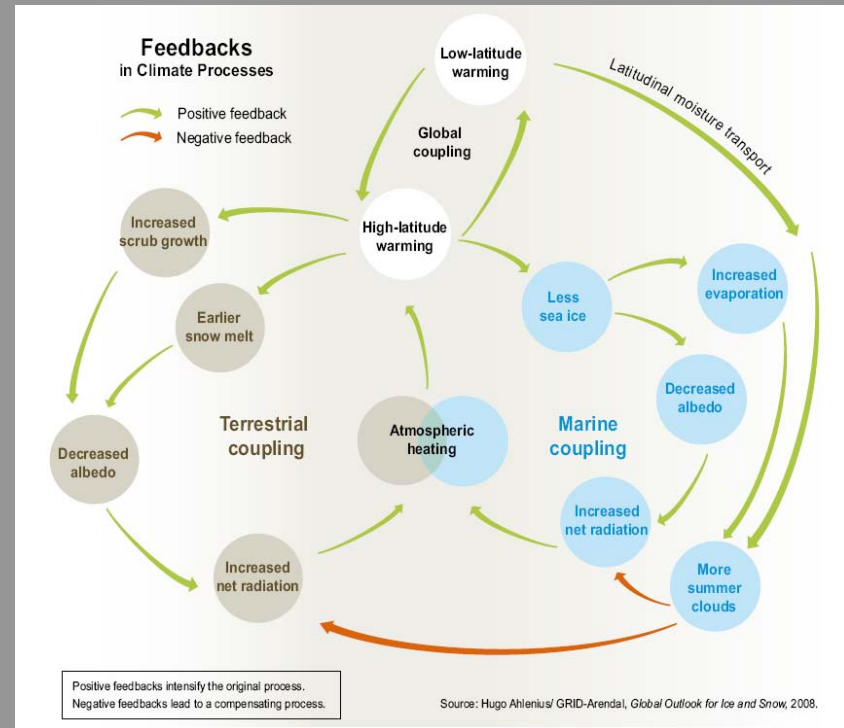
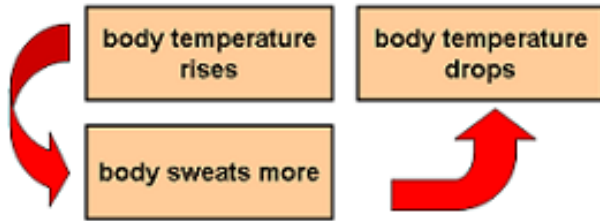
Forzamientos climáticos durante el periodo glacial (20 000 BP), relativo al periodo interglacial presente (preindustrial)

Feedbacks

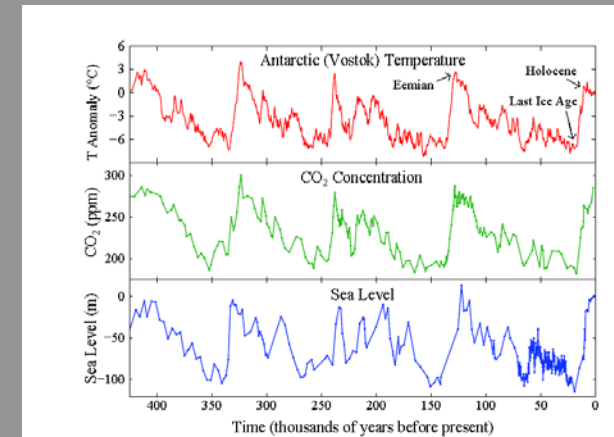
Positive feedback



Negative feedback



Predominan los feedbacks positivos → grandes oscilaciones pasadas



Modelos climáticos

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho a \cos \varphi} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + fv + uv \frac{\tan \varphi}{a} + F_\lambda$$
$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\rho a} \frac{\partial p}{\partial \varphi} - fu - u^2 \frac{\tan \varphi}{a} + F_\varphi$$
$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla \cdot \rho \mathbf{V}$$
$$C_p \frac{d\Theta}{dt} = \frac{\Theta}{T} Q$$
$$p = R\rho T$$

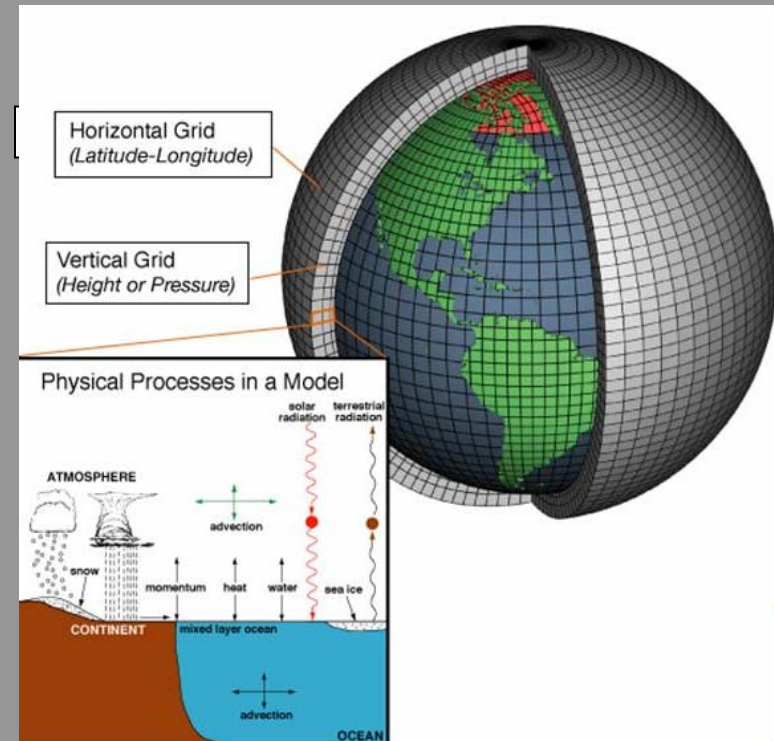
Ecuaciones atmósfera

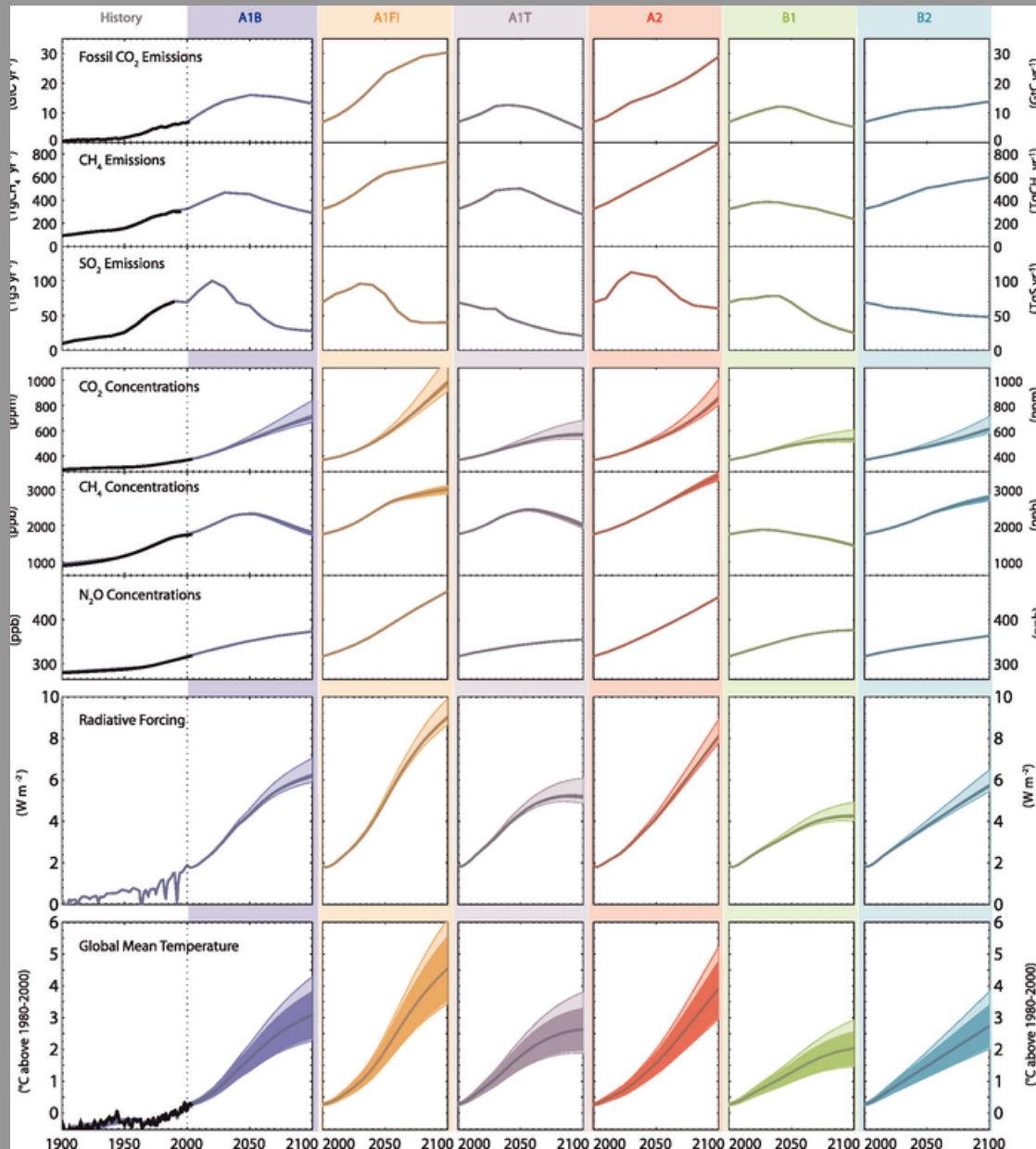


u, v, w, p, ρ, T

Los modelos climáticos son programas informáticos basados en las ecuaciones que describen la evolución de los distintos componentes del sistema climático: atmósfera, océano, hielos, biosfera,

...





Escenarios de emisión SRES (no mitigación)

- The dark shaded areas in the bottom temperature panel represent the mean ± 1 standard deviation for the 19 model tunings. The lighter shaded areas depict the change in this uncertainty range, if carbon cycle feedbacks are assumed to be lower or higher than in the medium setting. Mean projections for mid-range carbon cycle assumptions for the six illustrative SRES scenarios are shown as thick coloured lines.

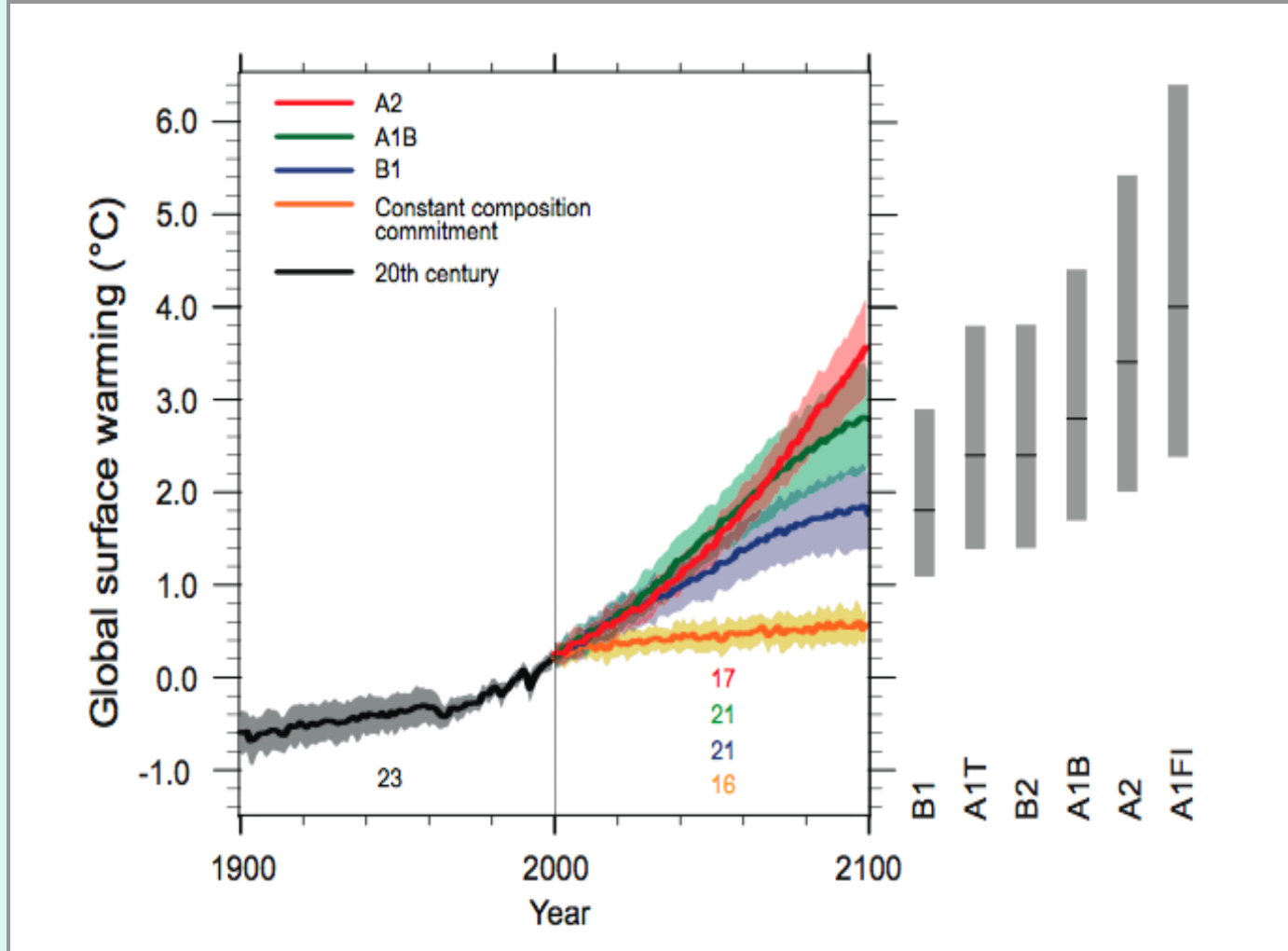
Proyecciones de cambios futuros en el clima

(escenarios sin compromisos políticos!!!)

* 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).

* Generalmente consistente con el rango citado para SRES en TAR pero no directamente comparable

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

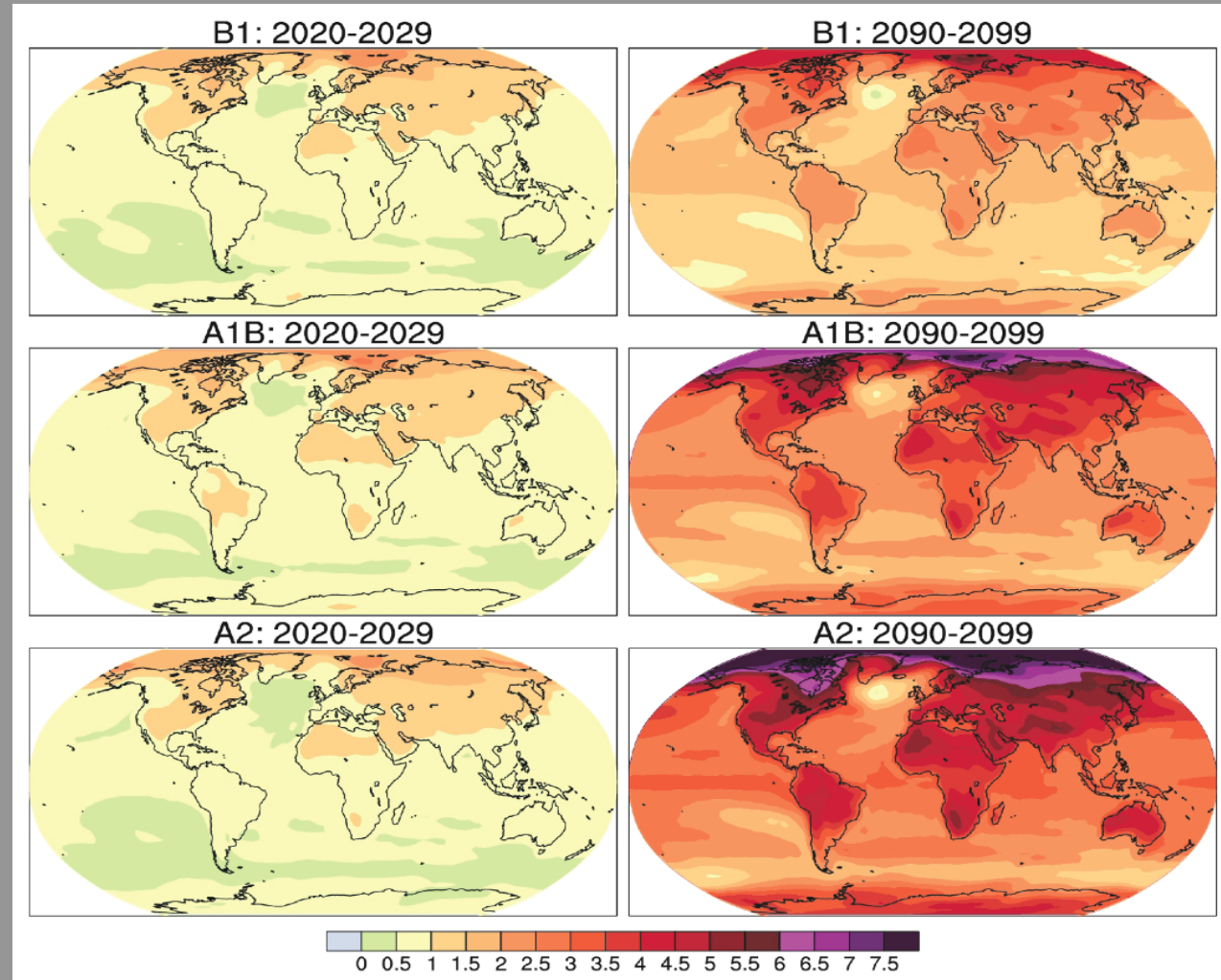


Proyecciones de cambios futuros en el clima

Mayor sobre tierra y en latitudes altas

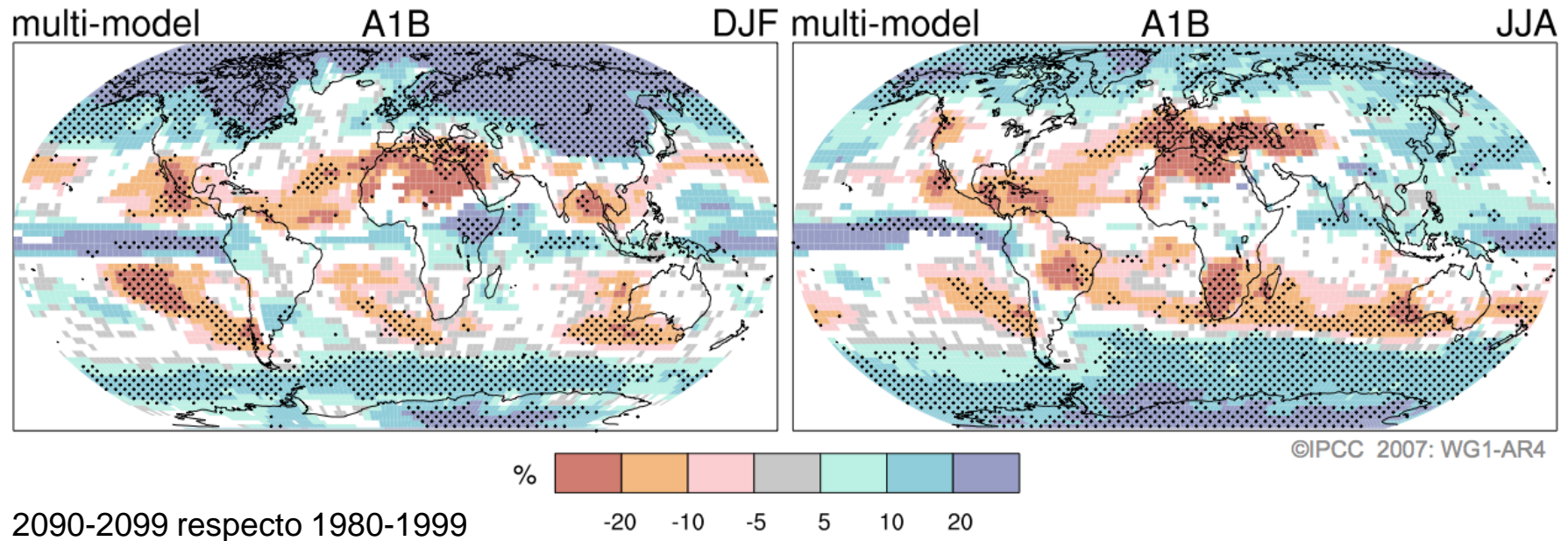
Proyecciones para las próximas décadas son insensibles a la elección del escenario

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



Proyecciones de cambios futuros en el clima

Projected Patterns of Precipitation Changes



(AR4, 2007)

Precipitación **aumenta** muy probablemente in latitudes altas

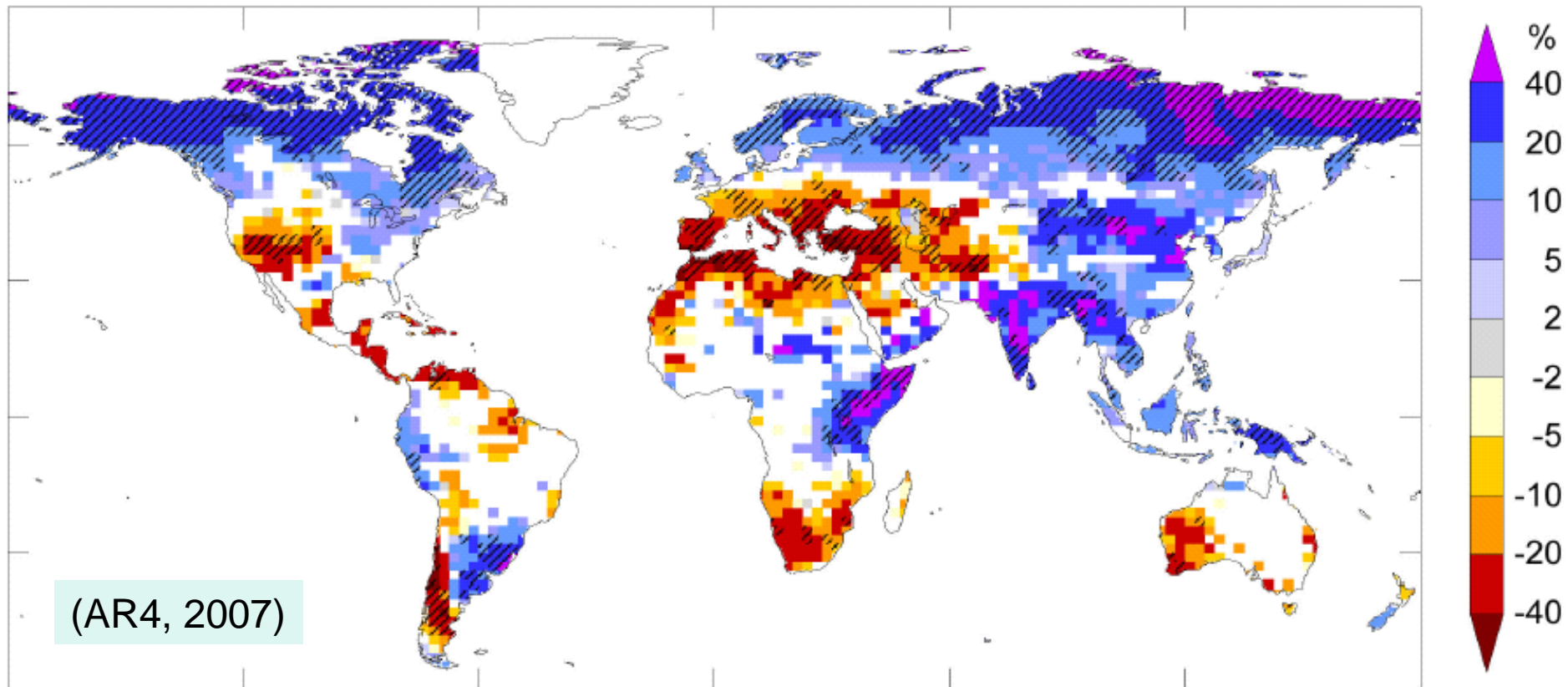
Decrece probablemente en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales

Cambio (%) en escorrentía

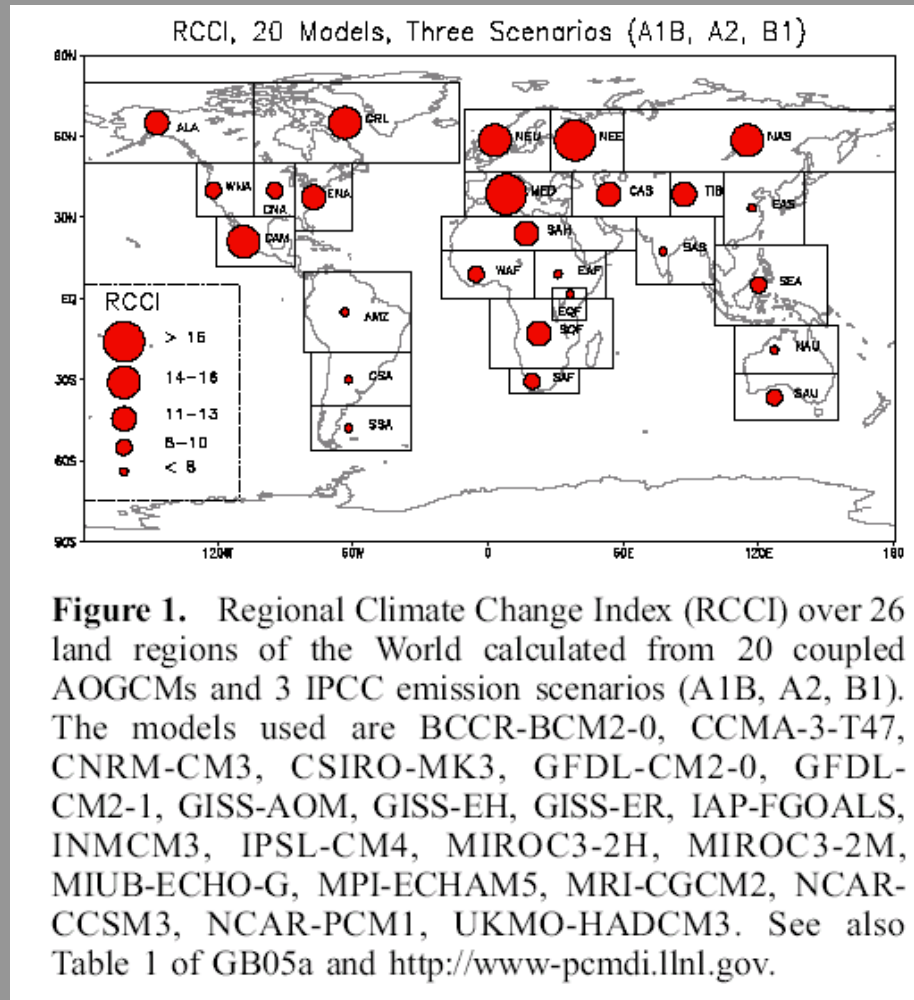
[2090-2099 respecto a 1980-1999]

Ensemble basado en escenario SRES A1B

Projected relative changes in runoff by the end of the 21st century



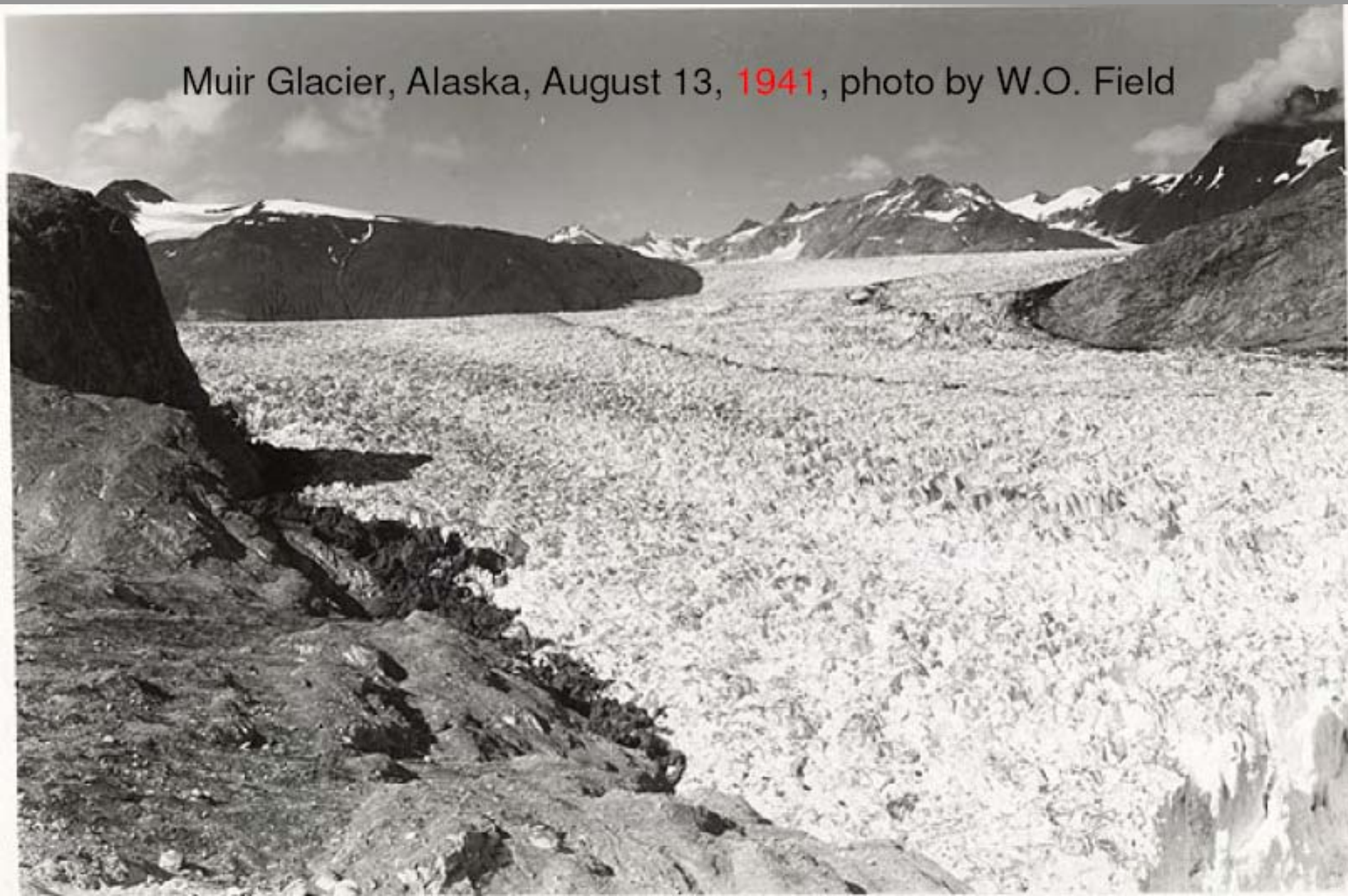
La región Mediterránea parece mostrar una gran respuesta al cc



- RCCI basado en cambio de T, RR y su cambio en variabilidad interanual

(Giorgi, 2006)


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




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





Europe


 Climate change hotspot





 More precipitation

 Less precipitation

 Sea-level rise concerns and affected major cities


Malaria:
 Possible extension by 2050

Permafrost:
 Present permafrost
 Permafrost in 2050


 Negative agricultural changes

 Changes in ecosystems

 Forest fires

 Impact on fisheries

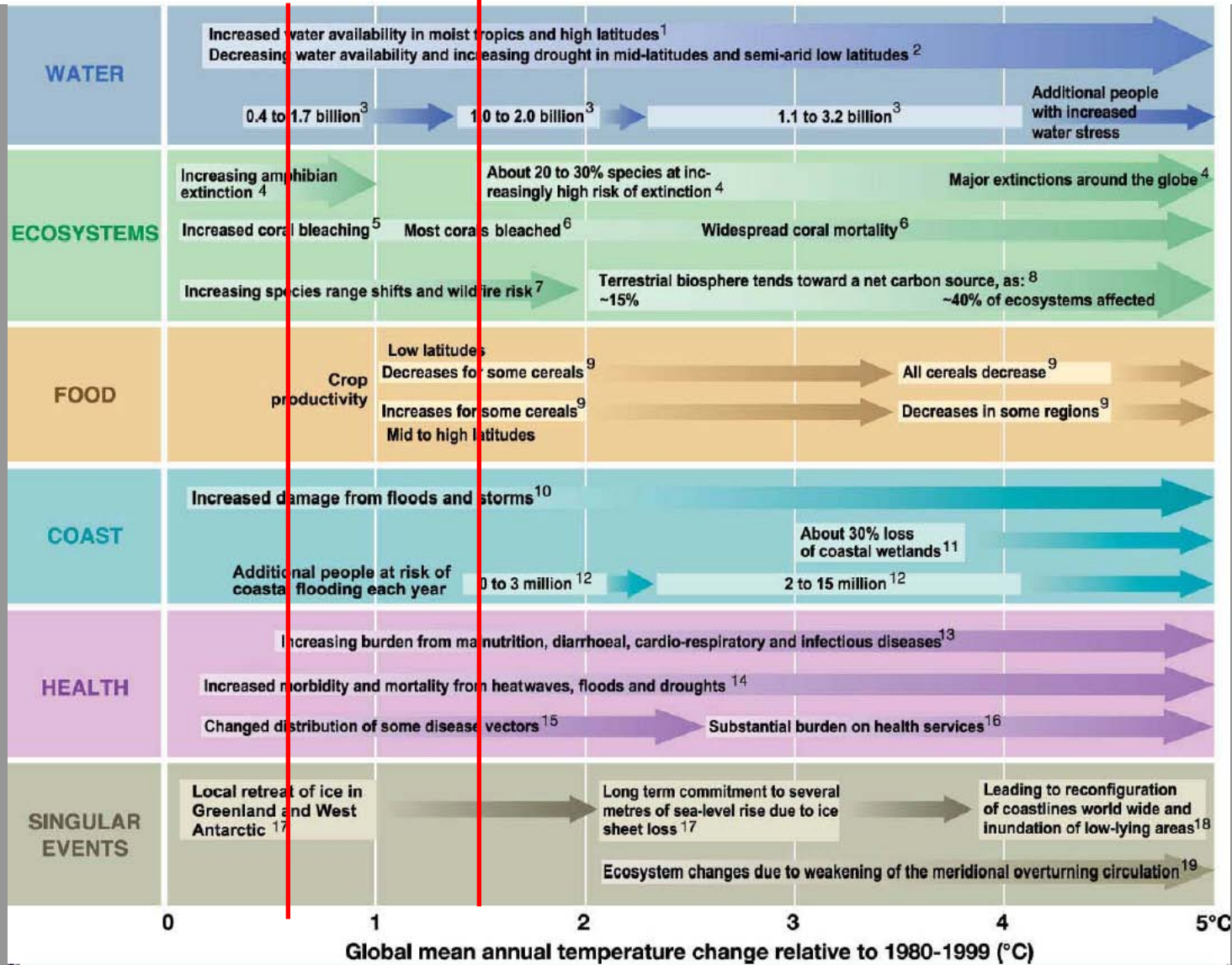
 Impact on mountain regions

 Melting of glaciers

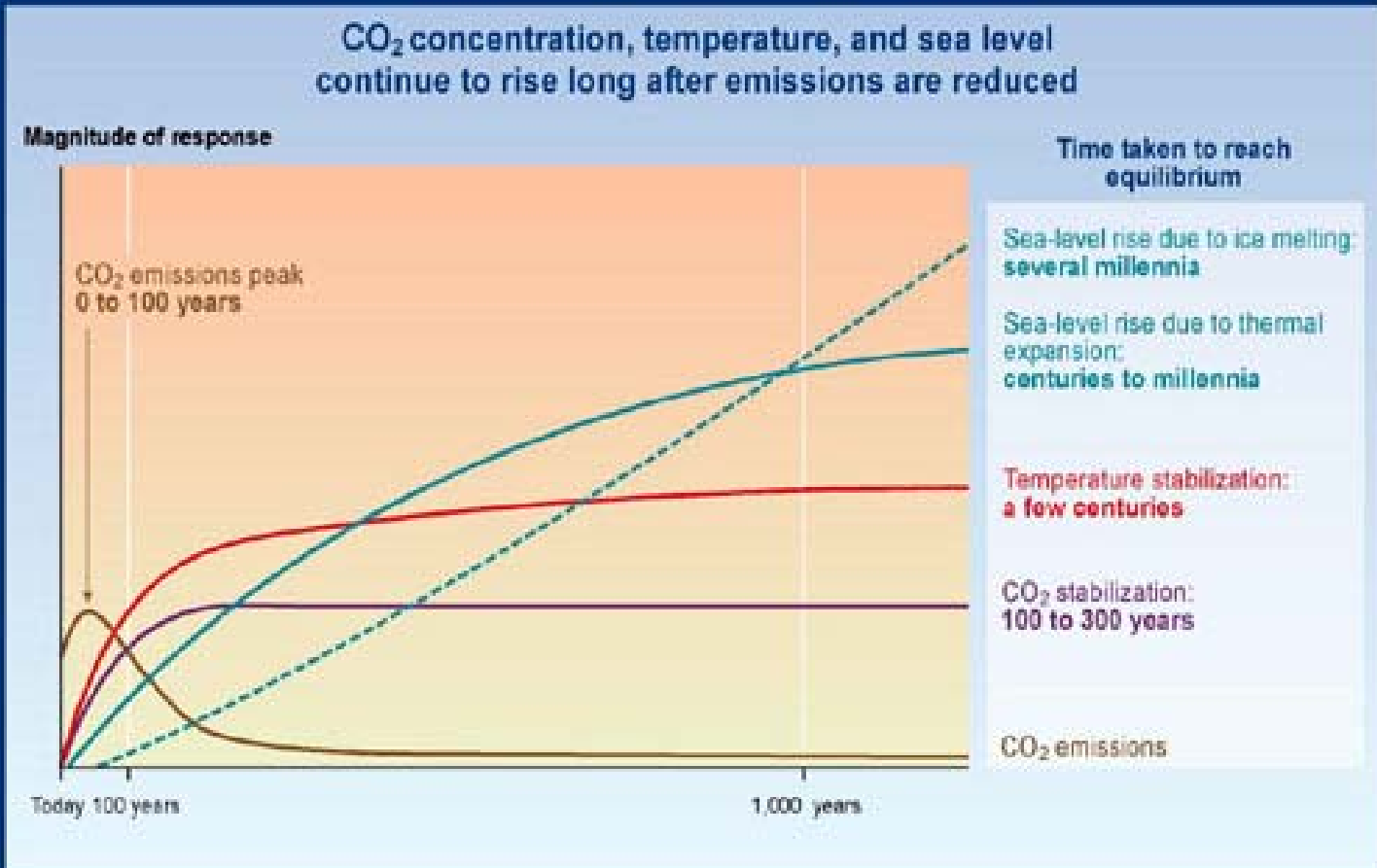
Source: IPCC, 2007; Klein et al., 2002.

Impactos proyectados por sectores

0.6° comprometidos 2.0° (pre-ind.)



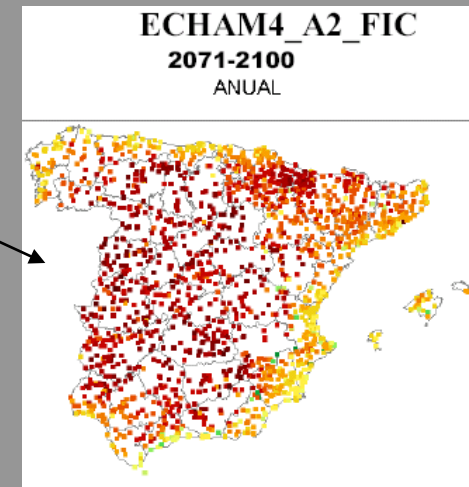
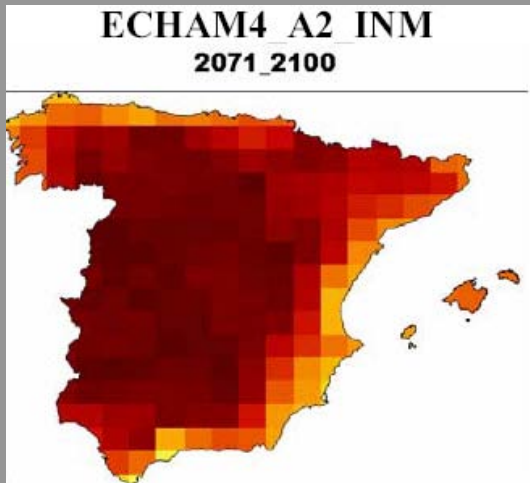
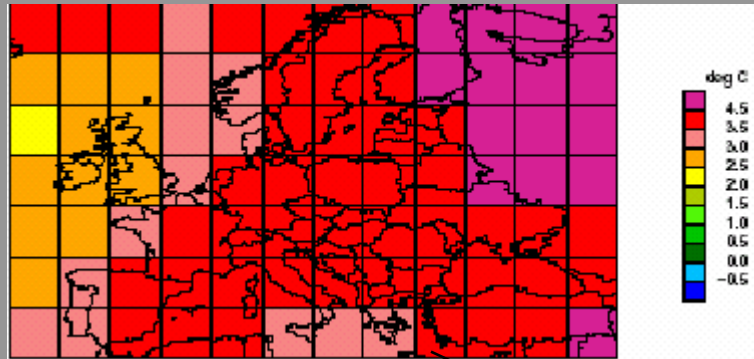
Inercia del sistema climático



SYR - FIGURE 5-2

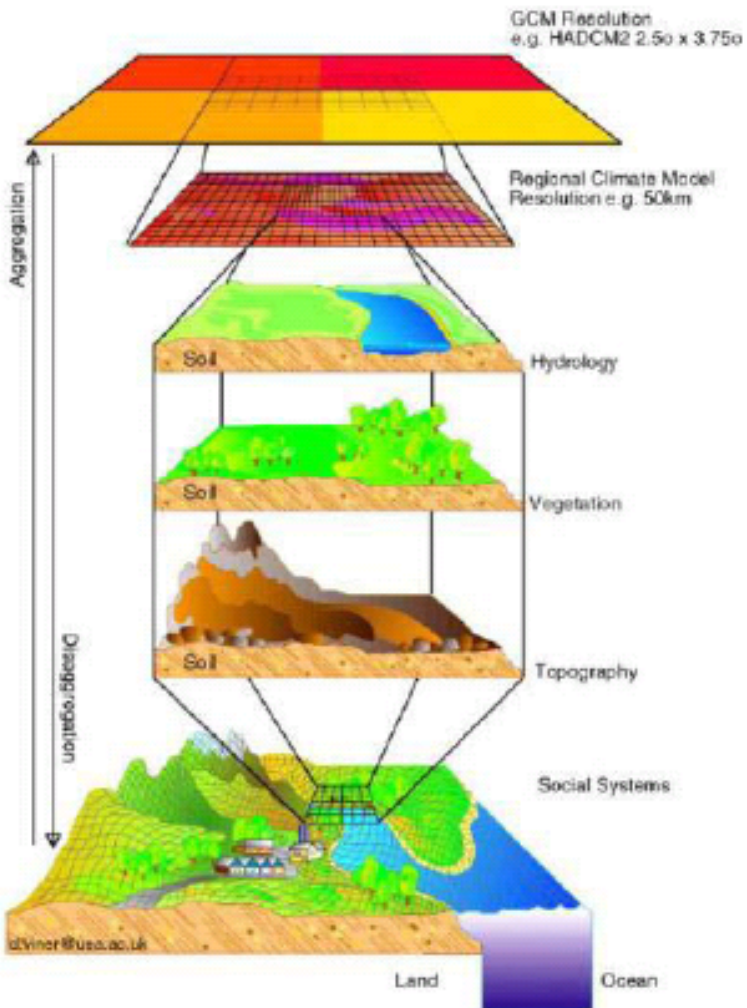
Necesidad de estrategias de adaptación!!

¿Qué necesita la comunidad de impactos al cambio climático?



Proyecciones regionalizadas ajustadas a las necesidades específicas de cada sector (variables, resolución espacial/temporal, alcance, etc) con **estimación de incertidumbres**

¿Qué es la regionalización? (Top-down approach)



* Las proyecciones directas de las variables superficiales a partir de los GCMs es difícil a escala subcontinental y a altas resoluciones temporales.

* Las técnicas de regionalización combinan salidas de GCMs con datos observacionales para mejorar la escala temporal y espacial de las proyecciones de cambio climático.

* Las técnicas de regionalización se conocen y se han aplicado desde los 70s y 80s en PNT:

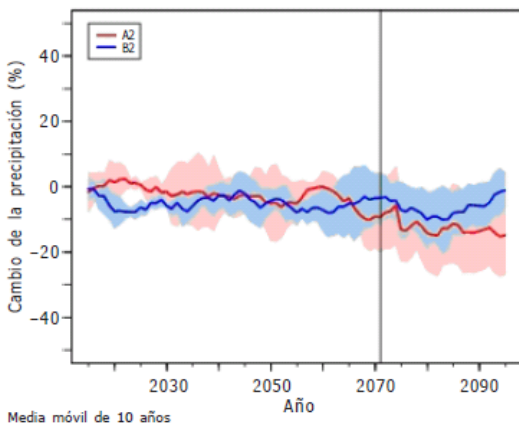
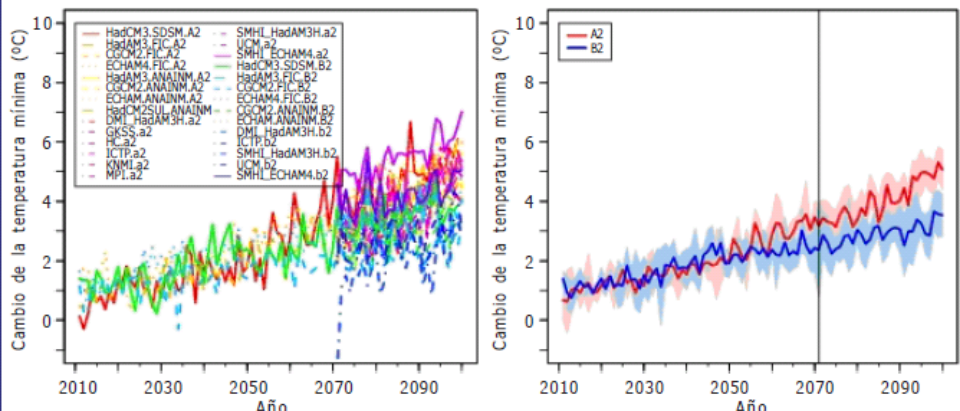
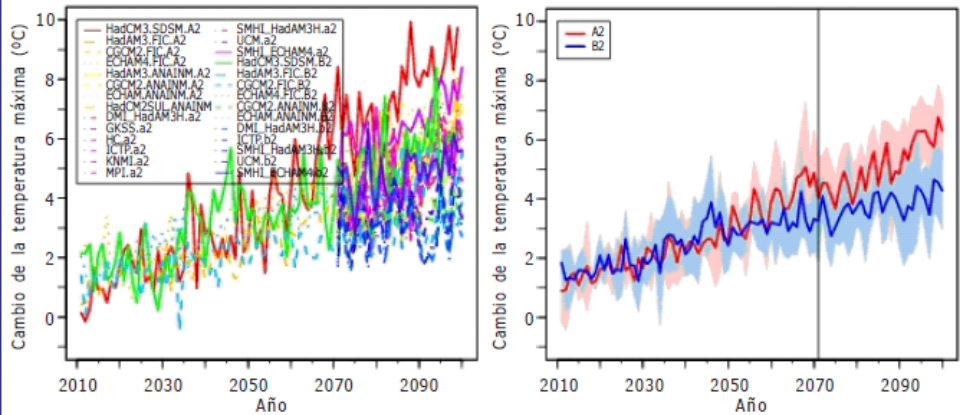
(i) LAMs

(ii) Técnicas de adaptación estadística basadas en regresiones lineales, p.e., MOS, Perfect Prog.

¿Por qué es necesaria la regionalización?

- Variables de sup. adaptadas a características locales.
- Estimar extremos: AOGCMs “suavizan”
- Adaptar res. esp/temp a los modelos de impactos

ARAGON



T max. (°C) (2071-2100) SRES A2, HadAM3, FIC

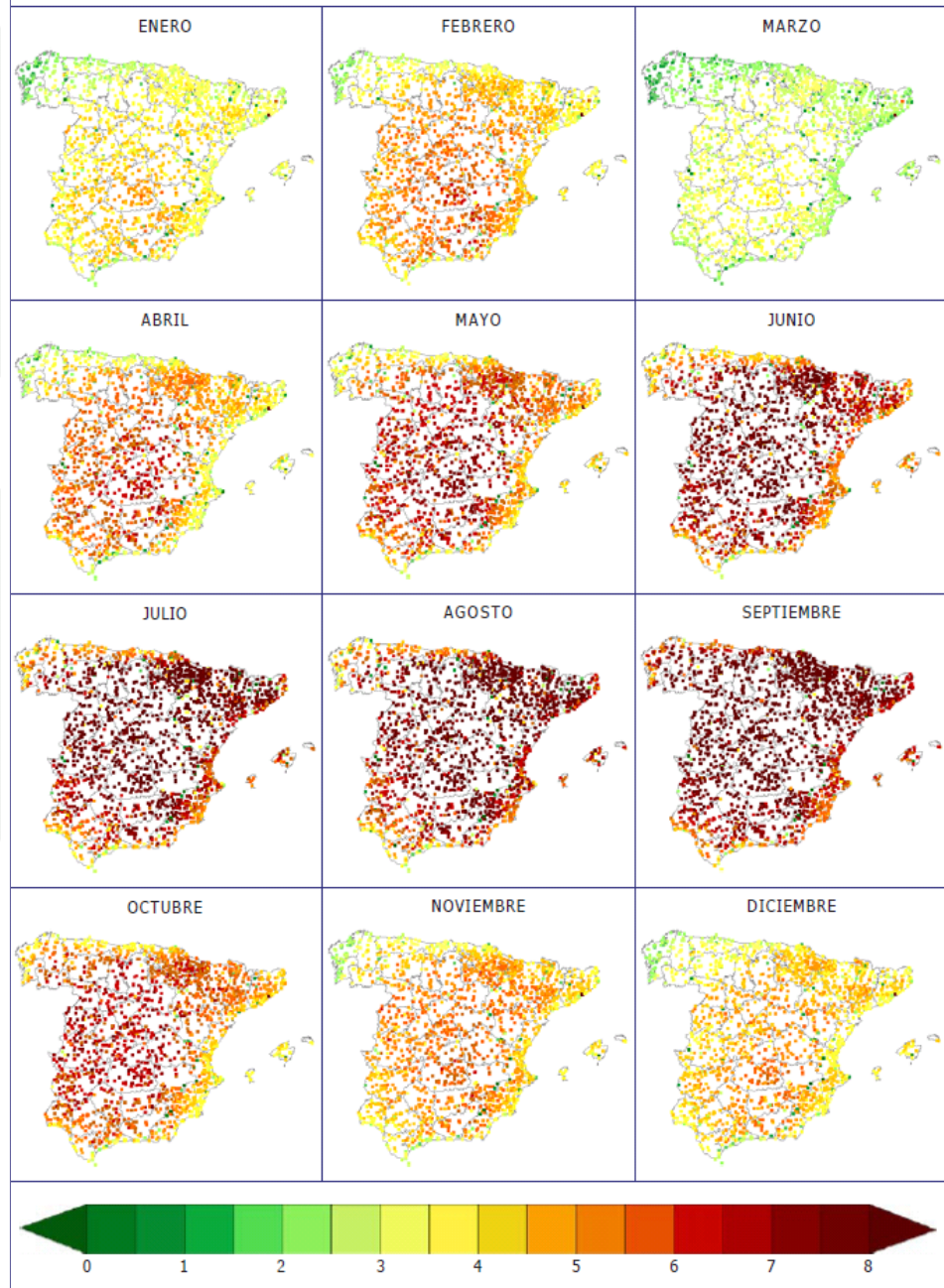


Figura 6.4. Cambio medio mensual de temperatura máxima proyectado para el periodo 2071-2100 respecto al clima actual (1961-1990) por el modelo global HadAM3H y regionalizado con el método de análogos (FIC) para el escenario de emisión A2.

El tiempo

El clima

Datos climatológicos

Cambio climático

- Datos de escenarios
- Proyecciones climáticas

Perfil del contratante

Divulgación

Anuncios

Quiénes somos

Predicción >>>

> Municipios españoles

> Ciudades del Mundo


Sede electrónica@



Inicio > El clima > Cambio climático > Proyecciones climáticas

 Interpretación

Proyecciones climáticas

Proyecciones regionalizadas de cambio climático generadas por el proyecto ENSEMBLES para un escenario de emisiones medio (A1B).

- España peninsular
- Comunidades autónomas peninsulares:

Seleccione la comunidad autónoma peninsular sobre el mapa o utilizando el desplegable inferior.



Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección http://www.pre.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones?opc1=mad Ir Vínculos

Google Buscar Resaltar Antiespía Entrar Correo Mi Yahoo! Y! Respuestas Noticias Cine Música

Google Buscar Marcadores Corrector ortográfico Traducir erodri...



Bienvenido Benvinguts Benvinguts Ongi etorri Welcome Bienvenue

Enlaces | Noticias | Mapa web | Ayuda web | Contactar

Buscar:

- El tiempo
- El clima
 - Datos climatológicos
 - Cambio climático
 - Datos de escenarios
 - Proyecciones climáticas
- Perfil del contratante
- Divulgación
- Anuncios
- Quiénes somos

- Predicción >>>
- Municipios españoles
 - Ciudades del Mundo

Sede electróni@



Inicio > El clima > Cambio climático > Proyecciones climáticas Interpretación

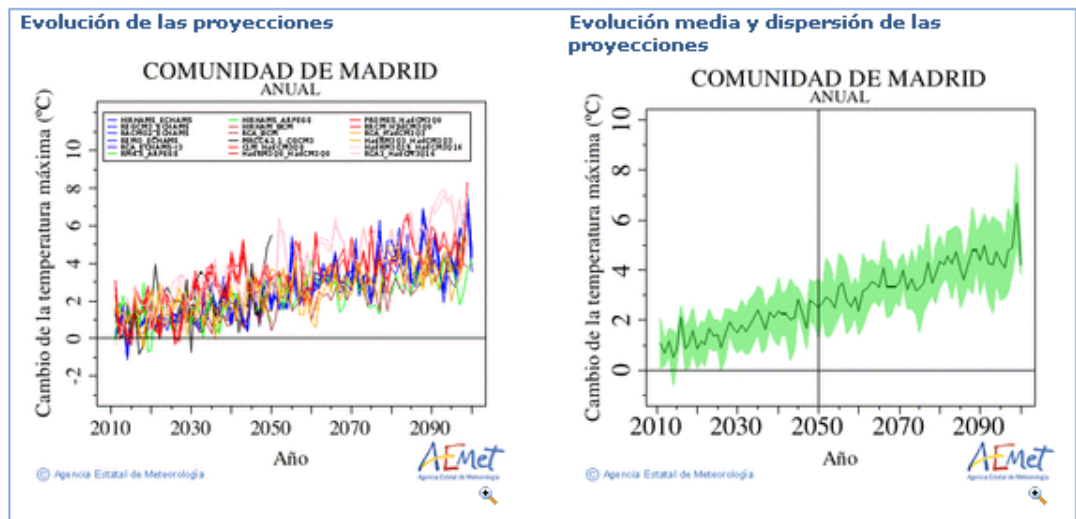
Proyecciones climáticas. Comunidad de Madrid

Proyecciones climáticas

Temperatura máxima | Temperatura mínima | Precipitación

Temperatura máxima: Anual

Periodo:



Seleccione área:

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección http://www.pre.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones?opc1=mad&opc2=P&opc3=Verano Ir Vínculos

Buscar Resaltar Antiespía Entrar Correo My Mi Yahoo! Y! Respuestas Noticias Cine Música

Google Buscar Marcadores Corrector ortográfico Traducir erodri...

- Cambio climático
 - Datos de escenarios
 - Proyecciones climáticas
- Perfil del contratante
- Divulgación
- Anuncios
- Quiénes somos
- Predicción
 - Municipios españoles
 - Ciudades del Mundo

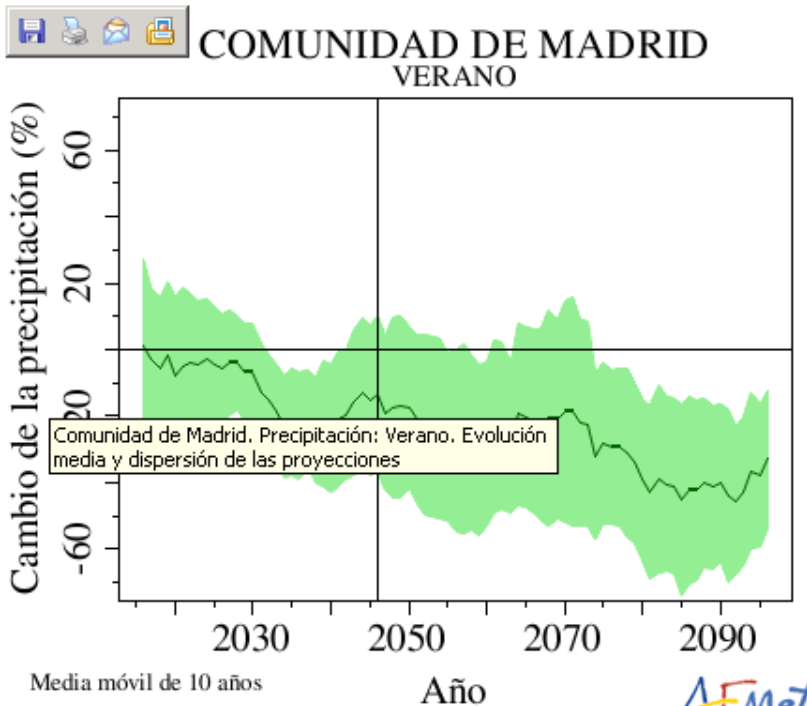


Proyecciones climáticas

Temperatura máxima Temperatura mínima **Precipitación**

Precipitación: Verano. Evolución media y dispersión de las proyecciones

Periodo:



© Agencia Estatal de Meteorología

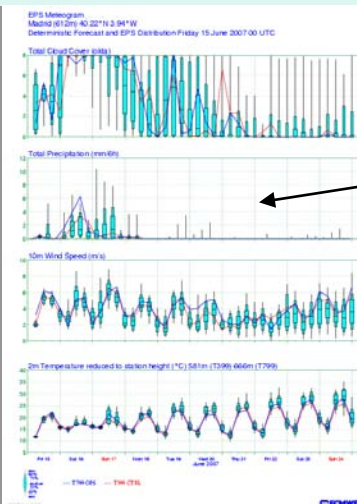


Seleccione área:

Uncertainties in climate change projections

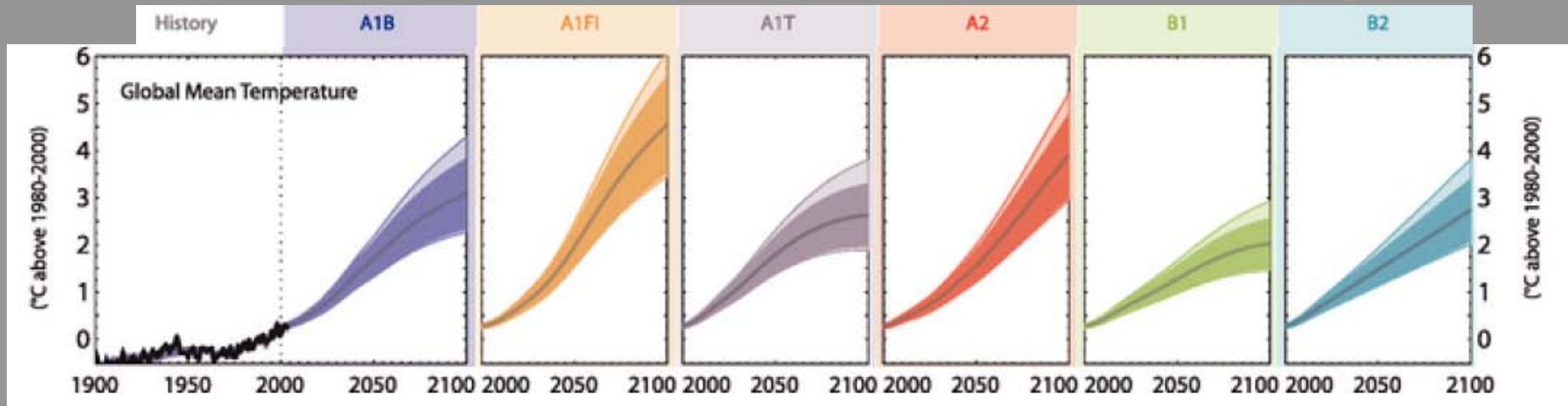
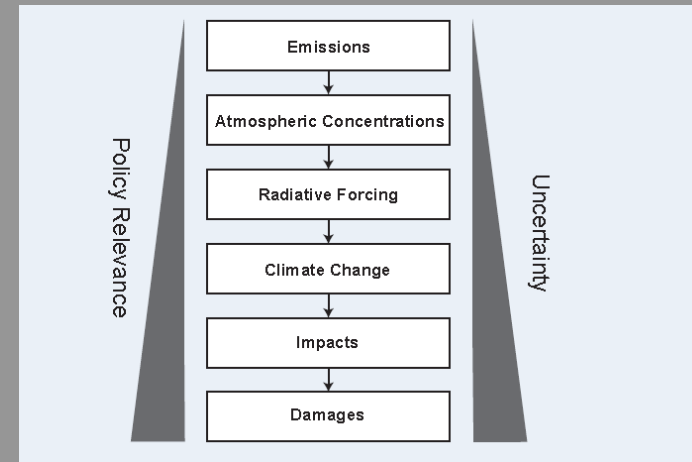
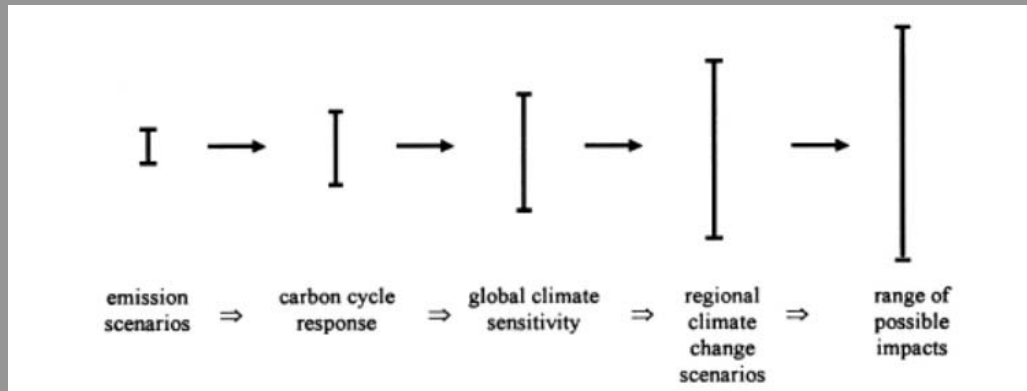
UNCERTAINTY
DOESN'T MEAN
TOTAL LACK OF
KNOWLEDGE!!

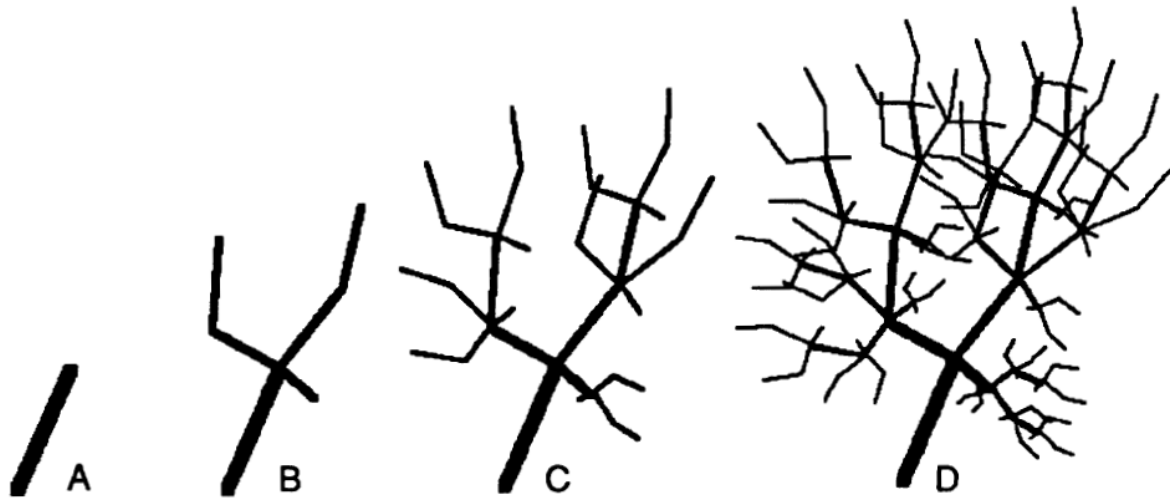
- Natural forcing (sun, volcanoes) ←
- GHG emissions ←
- GHG concentrations ←
- AOGCM differences ←
- Internal variability (IC dependency) ←
- Downscaling techniques ←
- Tipping points



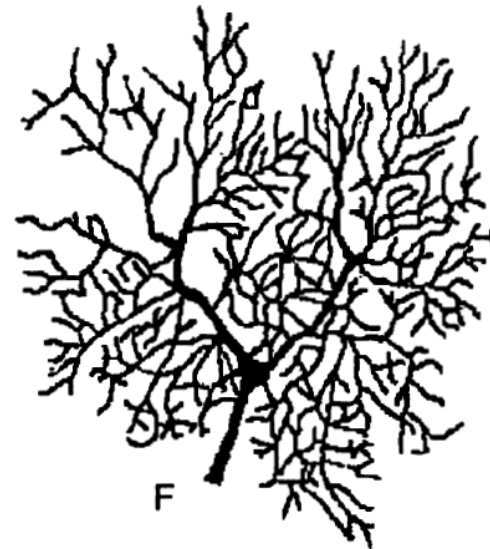
- The uncertainty studies are something relatively new in atmospheric sciences. Only recently uncertainty (probabilistic approach) was introduced in our forecasts/projections
- Dealing with lack of knowledge and uncertainties → a task for risk management

Quantify and communicate uncertainties in climate change information/knowledge



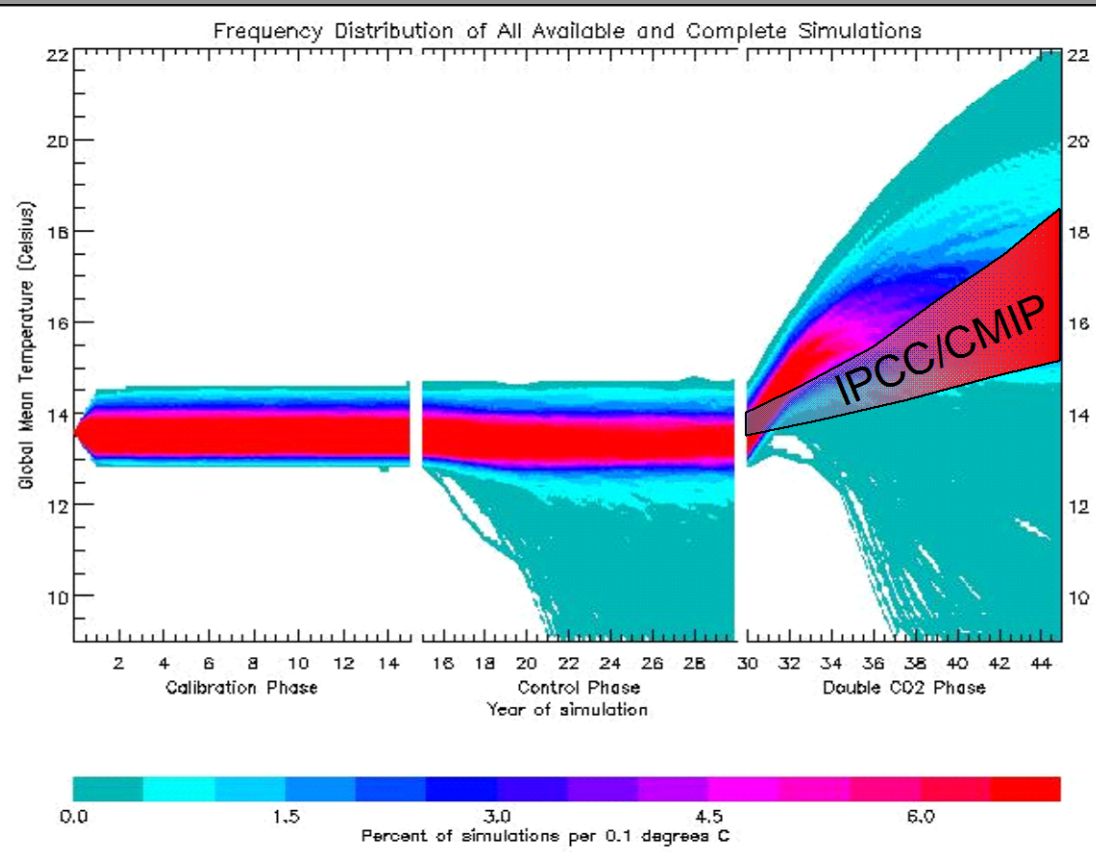


FRACTAL PURKINJE MODEL



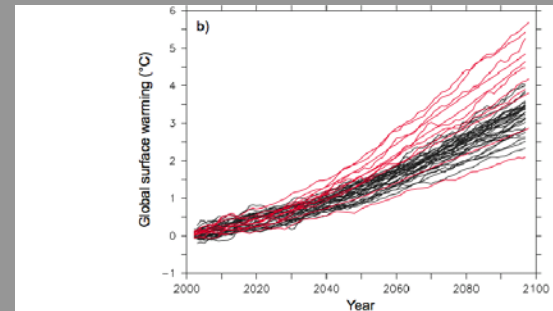
GUINEA PIG PURKINJE CELL

EI IPCC NO explora suficientemente las incertidumbres!! → mega-ensembles

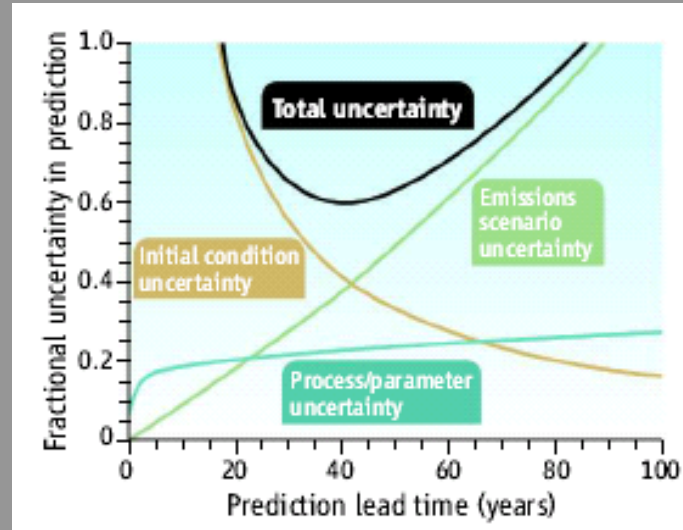


Frequency distribution of global mean temperature response to doubled CO₂ produced by CP.net, compared with the IPCC (2001) range.

Source: Staniforth et al. (2005)

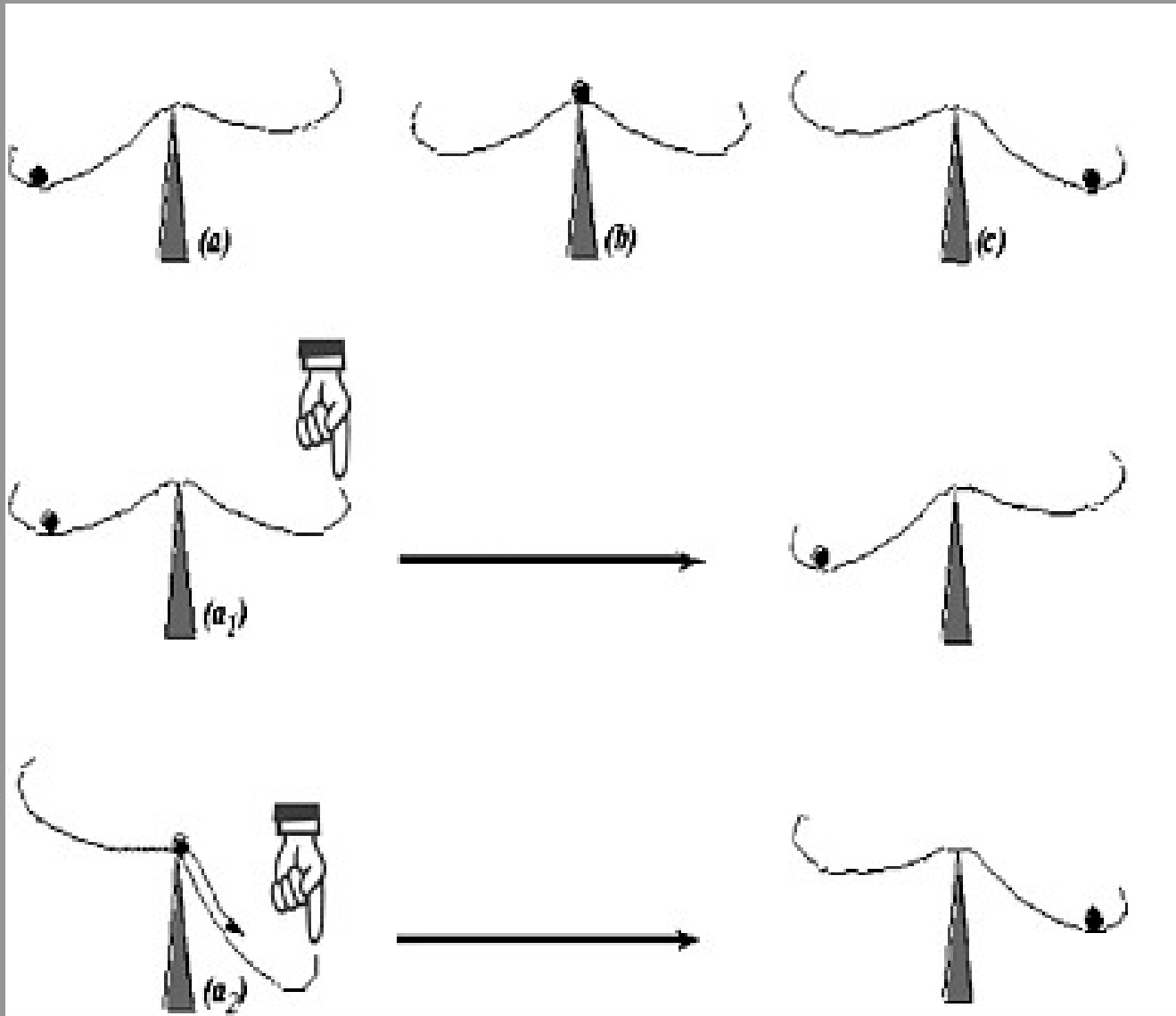


IPCC AR4 Fig. 10.20
 Models with CO₂-only: black lines
 Models with CO₂ plus carbon cycle: colored lines
Adding carbon cycle feedback produces greater uncertainty for larger warming; unclear as to size and nature of carbon cycle feedback



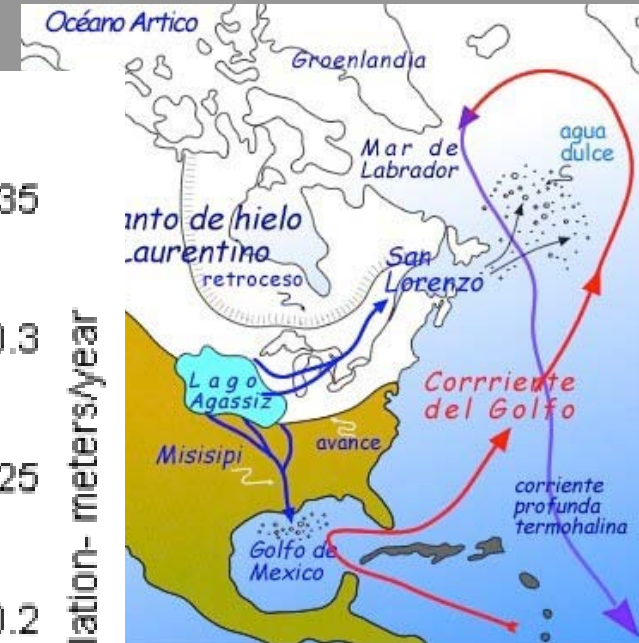
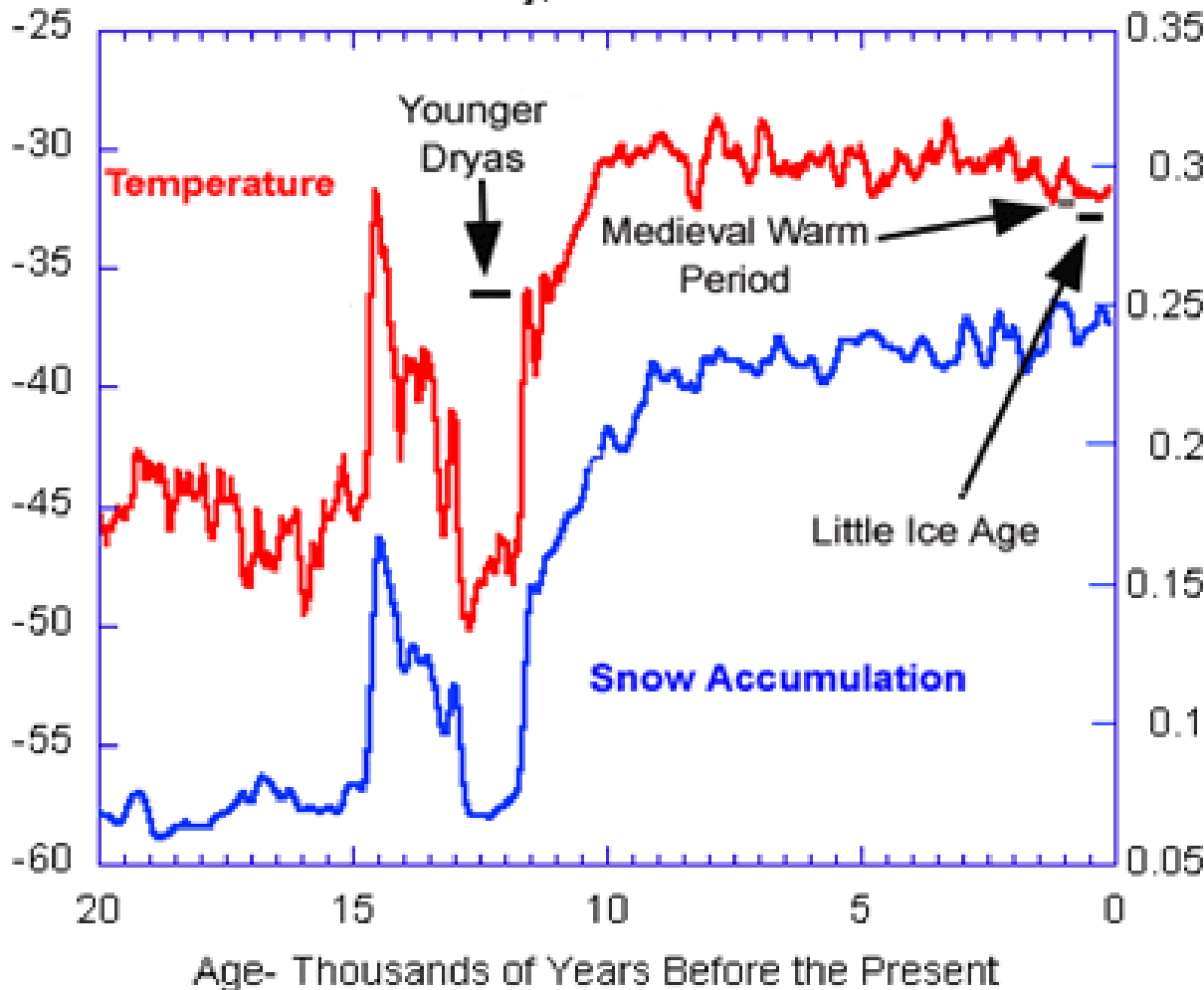
(Cox & Stephenson, 2007)

Analogía del cambio climático abrupto

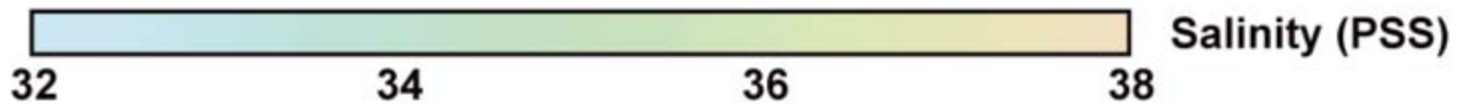
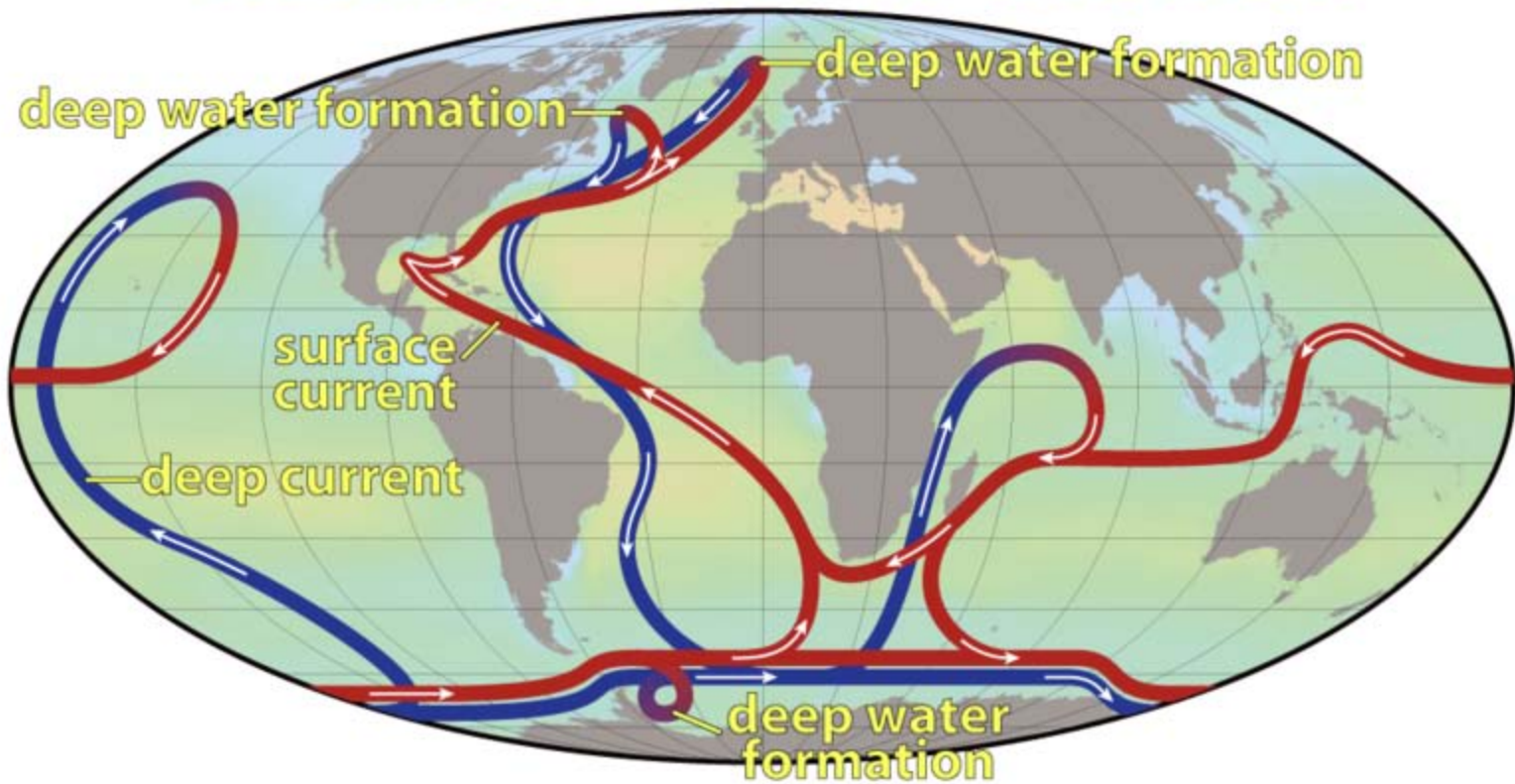


Younger dryas (12 900-11 500 BP)

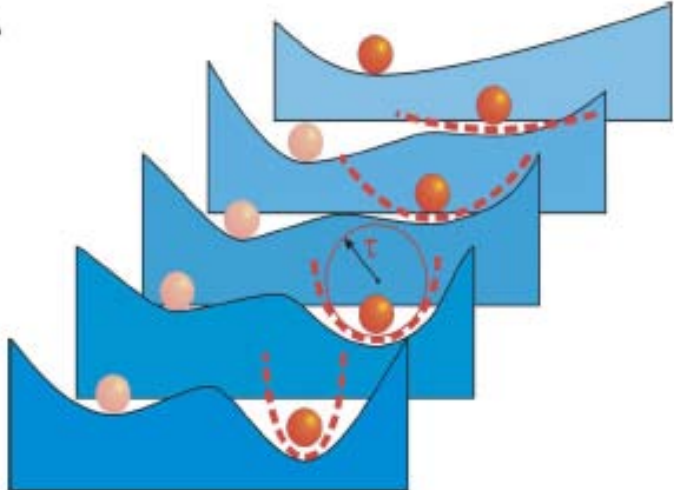
GISP2 Ice Core Temperature and Accumulation Data
Alley, R.B. 2000



Thermohaline Circulation



A

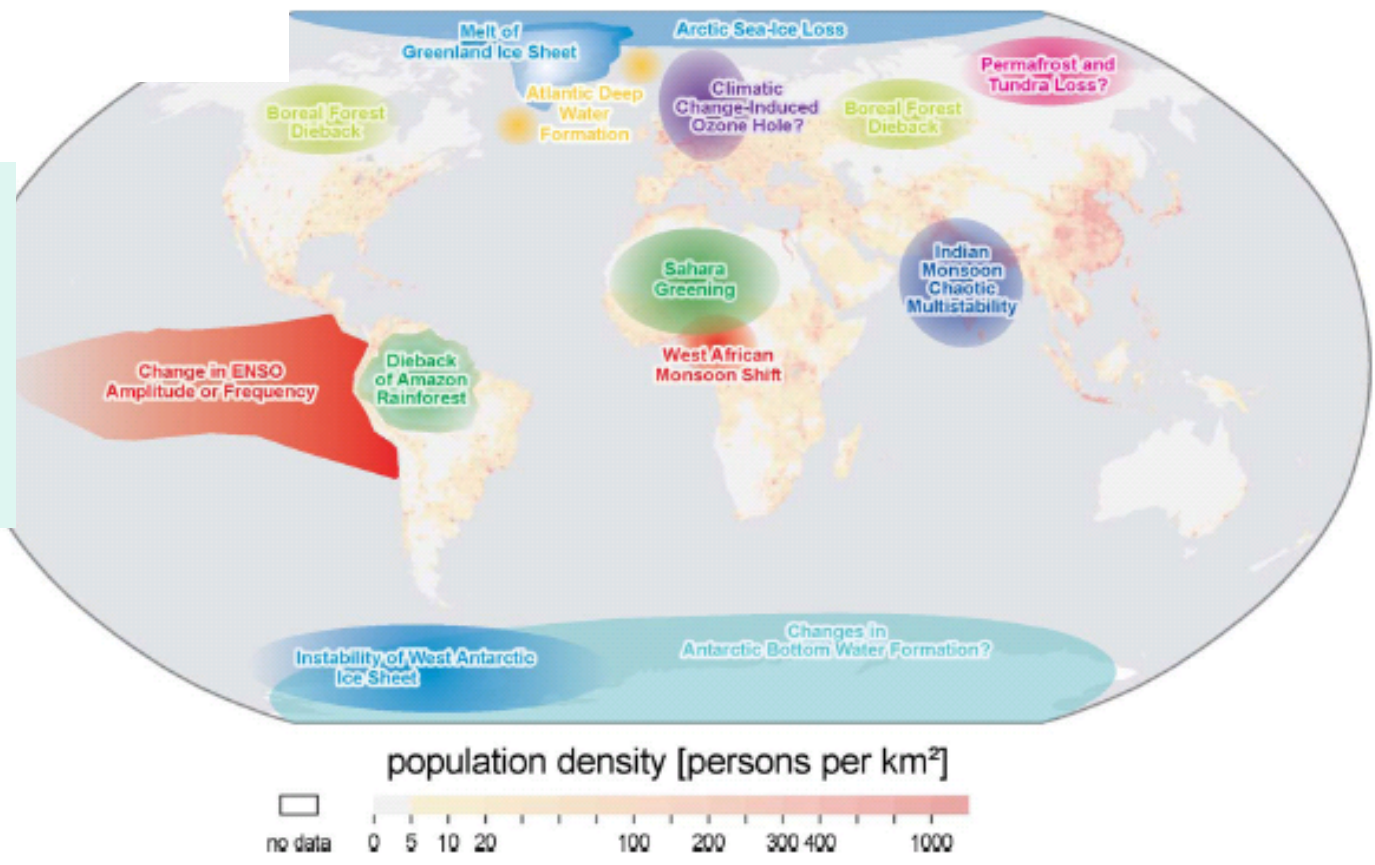


“Tipping points”

sobrepasables este siglo

Small changes can produce big long term effects

Ex.: forced convection!!



(Lenton et al., 2008)

Tipping points (II)

Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), $\dagger p_{crit}$	Global warming**	Transition timescale, $\dagger T$	Key Impacts
Arctic summer sea-ice	Areal extent (-)	Local ΔT_{air} , ocean heat transport	Unidentified [§]	+0.5–2°C	~ 10 yr (rapid)	Amplified warming, ecosystem change
Greenland ice sheet (GIS)	Ice volume (-)	Local ΔT_{air}	+~3°C	+1–2°C	>300 yr (slow)	Sea level +2–7 m
West Antarctic ice sheet (WAIS)	Ice volume (-)	Local ΔT_{air} , or less ΔT_{ocean}	+~5–8°C	+3–5°C	>300 yr (slow)	Sea level +5 m
Atlantic thermohaline circulation (THC)	Overtuning (-)	Freshwater input to N Atlantic	+0.1–0.5 Sv	+3–5°C	~ 100 yr (gradual)	Regional cooling, sea level, ITCZ shift
El Niño–Southern Oscillation (ENSO)	Amplitude (+)	Thermocline depth, sharpness in EEP	Unidentified [§]	+3–6°C	~ 100 yr (gradual)	Drought in SE Asia and elsewhere
Indian summer monsoon (ISM)	Rainfall (-)	Planetary albedo over India	0.5	N/A	~ 1 yr (rapid)	Drought, decreased carrying capacity
Sahara/Sahel and West African monsoon (WAM)	Vegetation fraction (+)	Precipitation	100 mm/yr	+3–5°C	~ 10 yr (rapid)	Increased carrying capacity
Amazon rainforest	Tree fraction (-)	Precipitation, dry season length	1,100 mm/yr	+3–4°C	~ 50 yr (gradual)	Biodiversity loss, decreased rainfall
Boreal forest	Tree fraction (-)	Local ΔT_{air}	+~7°C	+3–5°C	~ 50 yr (gradual)	Biome switch
Antarctic Bottom Water (ΔABW)*	Formation (-)	Precipitation–Evaporation	+100 mm/yr	Unclear [¶]	~ 100 yr (gradual)	Ocean circulation, carbon storage
Tundra*	Tree fraction (+)	Growing degree days above zero	Missing	—	~ 100 yr (gradual)	Amplified warming, biome switch
Permafrost*	Volume (-)	$\Delta T_{permafrost}$	Missing	—	<100 yr (gradual)	CH ₄ and CO ₂ release
Marine methane hydrates*	Hydrate volume (-)	$\Delta T_{sediment}$	Unidentified [§]	Unclear [¶]	10 ³ to 10 ⁶ yr (> T_E)	Amplified global warming
Ocean anoxia*	Ocean anoxia (+)	Phosphorus input to ocean	+~20%	Unclear [¶]	~ 10 ⁴ yr (> T_E)	Marine mass extinction
Arctic ozone*	Column depth (-)	Polar stratospheric cloud formation	195 K	Unclear [¶]	<1 yr (rapid)	Increased UV at surface



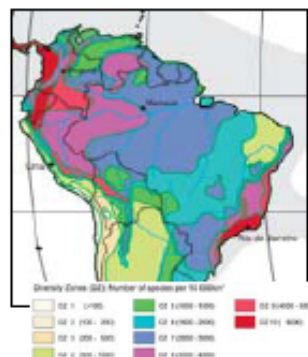
Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), [†] p_{crit}	Global warming ^{††}	Transition timescale, [†] T	Key impacts
Amazon rainforest	Tree fraction (-)	Precipitation, dry season length	1,100 mm/yr	+3–4°C	~50 yr (gradual)	Biodiversity loss, decrease rainfall



Biodiversity Status

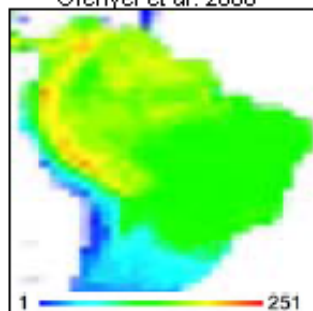
Vascular Plants

Barthlott et al. 2005



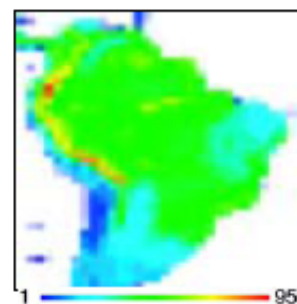
Mammals

Grenyer et al. 2006



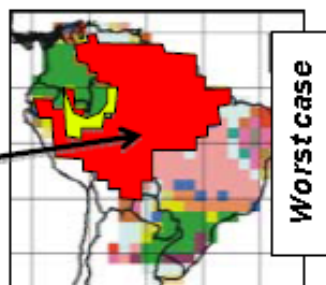
Birds

Grenyer et al. 2006



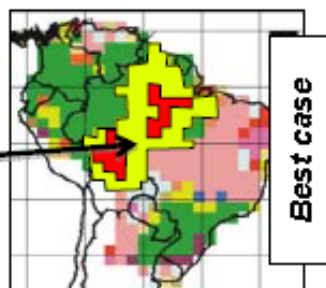
Species Number (/10,000 km²)

Humid Tropical Forest Dieback (⇒red)



2075
Climate Change
≈3.2° C +
50% Deforest +
Fire

Fate of Tropical Forest Uncertain (⇒yellow)



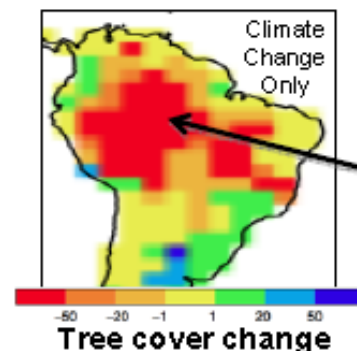
Climate Change
≈1.6° C

World Bank 2010

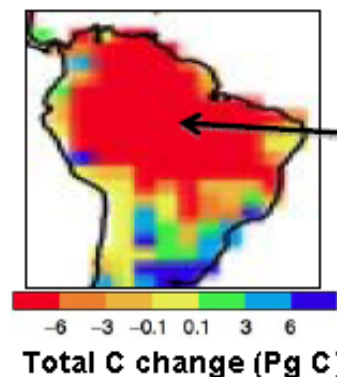
Biome shifts

2099

Tropical Forest Dieback (⇒red)

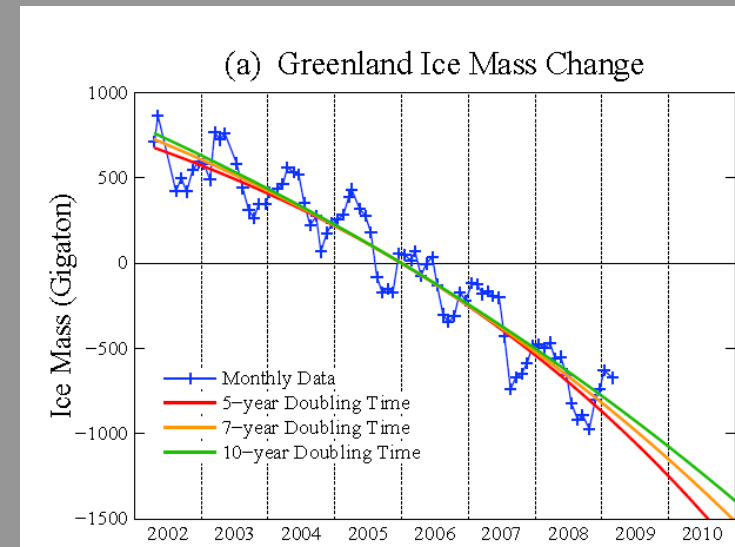
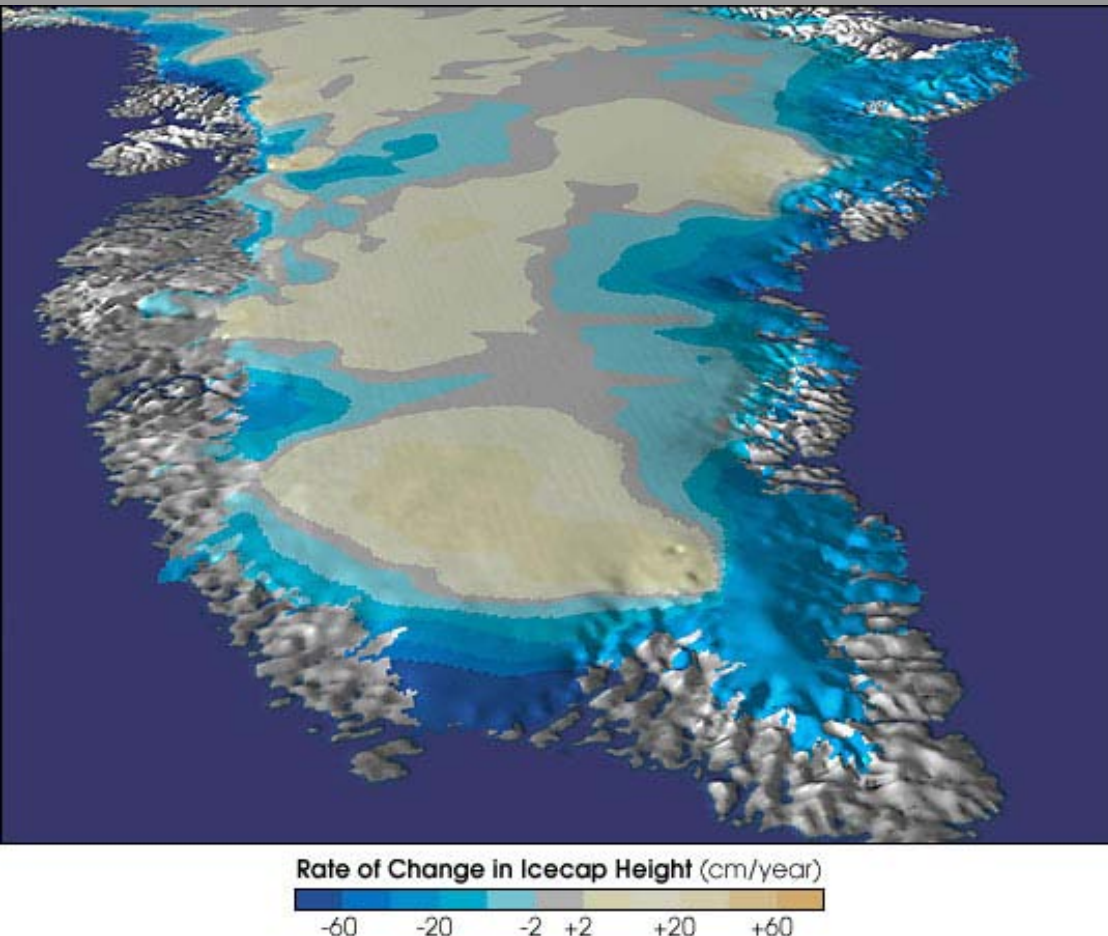


Massive C loss to atmosphere (⇒red)



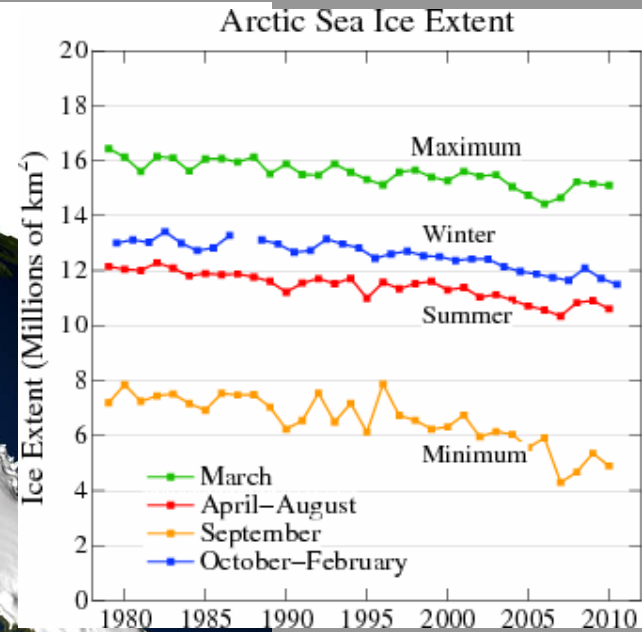
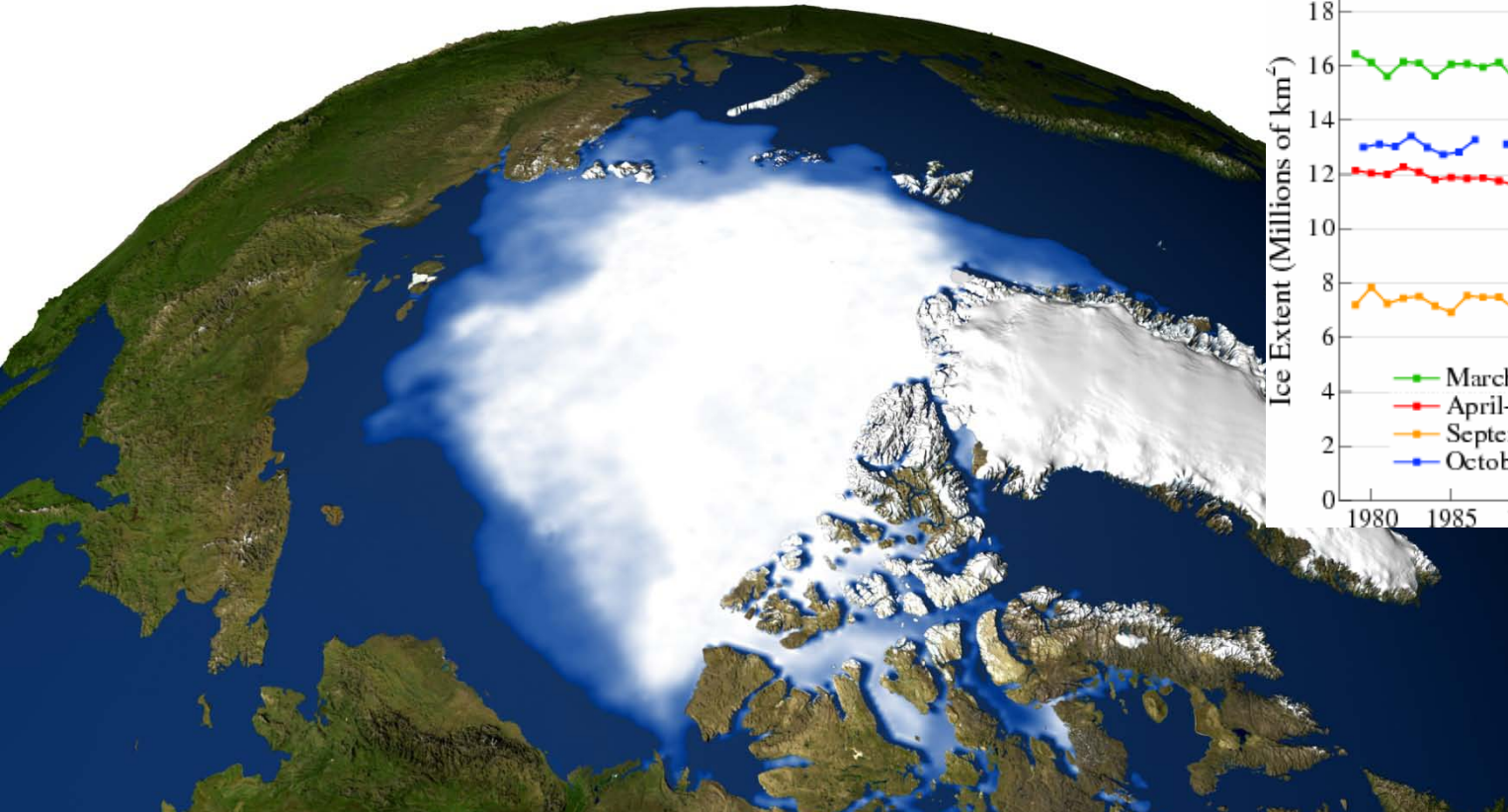
Sitch et al. 2008

Vigilando el clima (III)



Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), p_{crit}	Global warming ^{††}	Transition timescale, τ	Key impacts
Greenland Ice sheet (GIS)	Ice volume (-)	Local ΔT_{air}	$\pm \sim 3^\circ\text{C}$	$+1-2^\circ\text{C}$	>300 yr (slow)	Sea level $+2-7$ m

Vigilando el clima (IV)

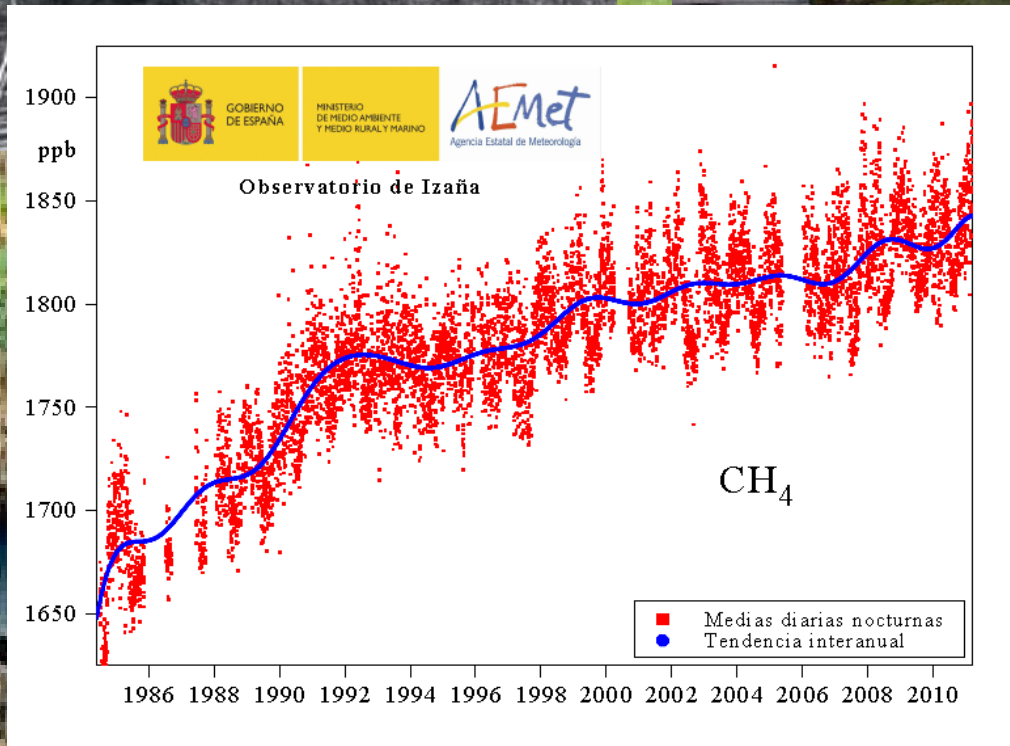


Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), p_{crit}	Global warming ^{††}	Transition timescale, τ	Key impacts
Arctic summer sea-ice	Areal extent (-)	Local ΔT_{air} , ocean heat transport	Unidentified [§]	+0.5–2°C	~10 yr (rapid)	Amplified warming, ecosystem change

Effects of thermokarst on a railway track.
Photo: US Geological Survey



Vigilando el clima (V)



Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), $^{\dagger} p_{crit}$	Global warming ^{††}	Transition timescale, $^{\dagger} T$	Key impacts
Permafrost*	Volume (-)	$\Delta T_{permafrost}$	Missing [‡]	—	<100 yr (gradual)	CH ₄ and CO ₂ release

No todos los “tipping points” muestran la misma sensibilidad e incertidumbre

Sensibilidad alta e incertidumbre pequeña

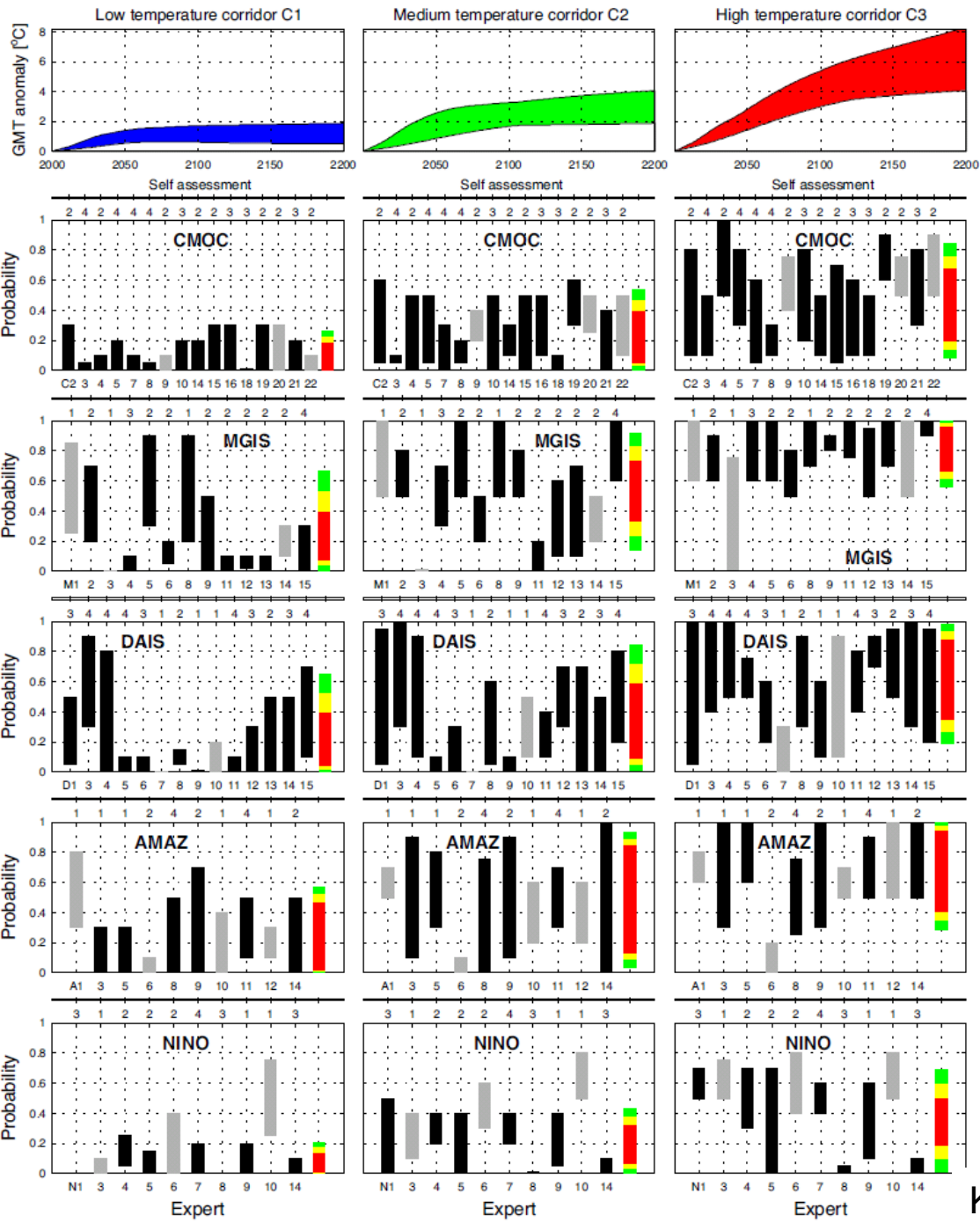
- Hielo marino ártico
- Hielo en Groenlandia

Sensibilidad baja e incertidumbre intermedia

- Circulación termohalina

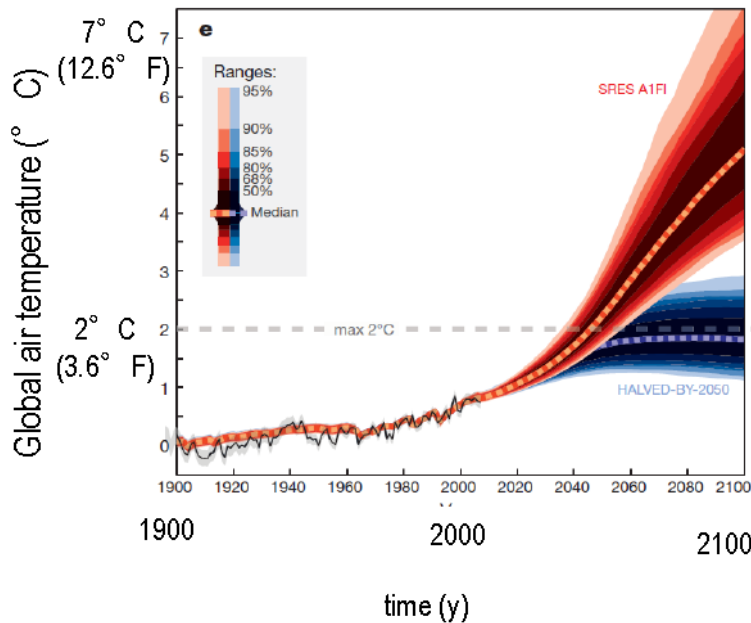
Sensibilidad intermedia y alta incertidumbre → **sorpresas**

- Hielo en Antártida Occ.
- Colapso bosques boreales
- Colapso selva amazónica
- ENSO
- Monzón África Occ.



Are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2° C or 1.5° C?

Emission scenarios consistent with 2° C limit

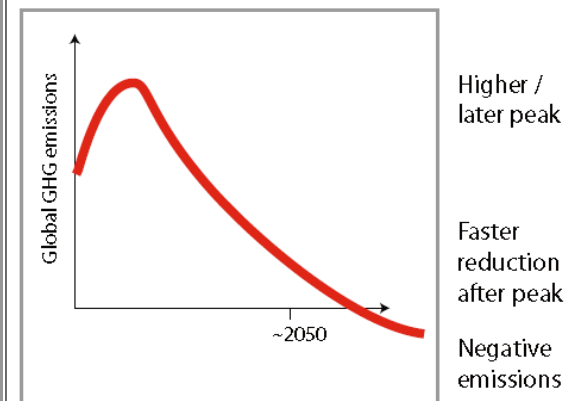
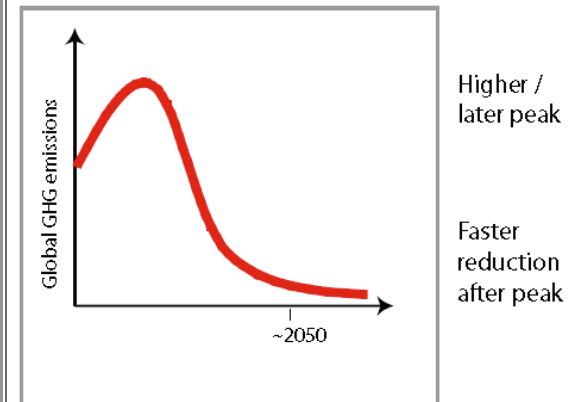
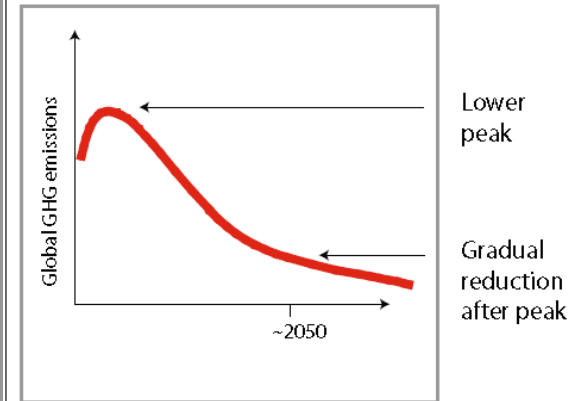


25% probability of exceeding 2° C:

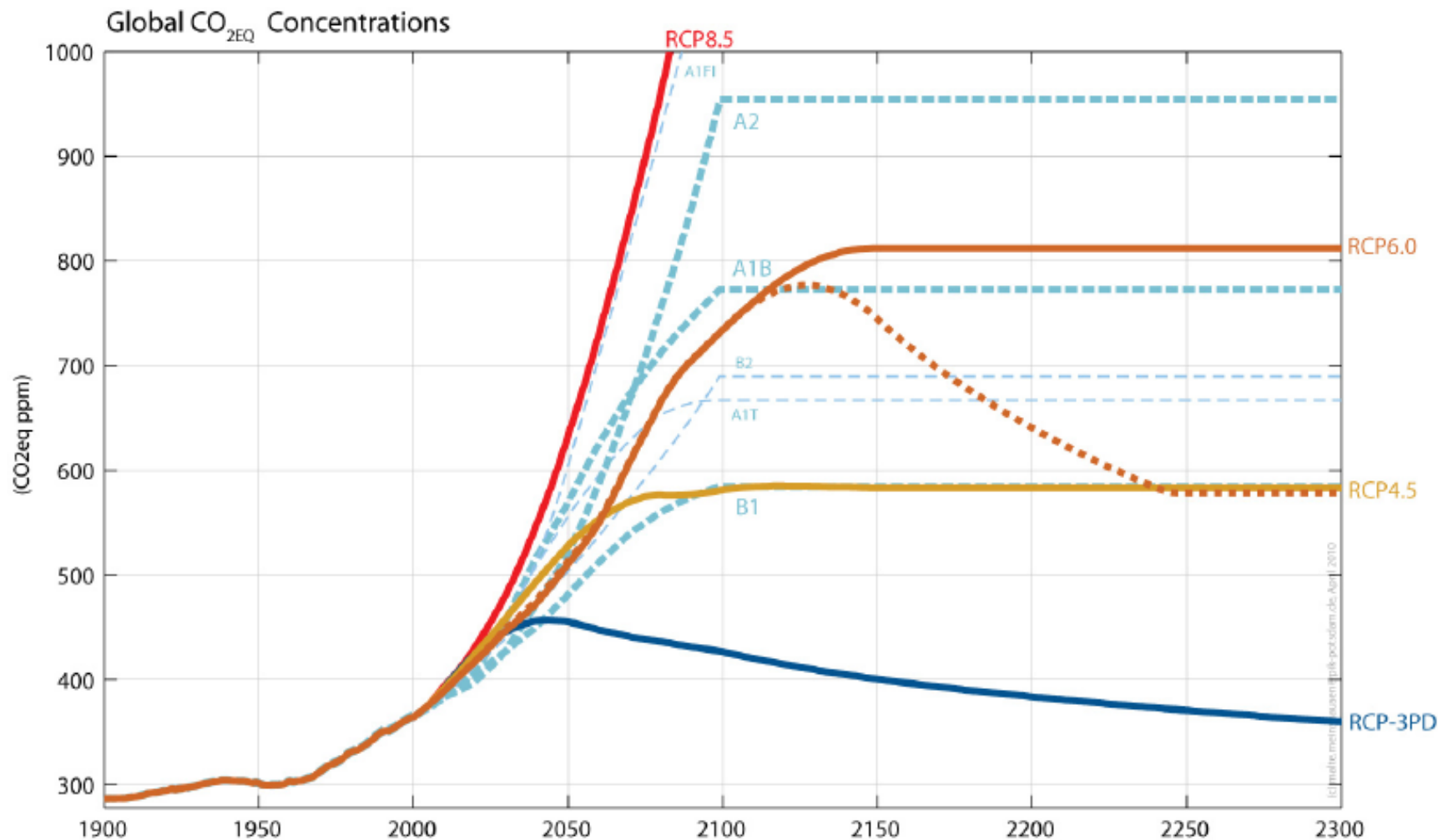
→ no more than 185 PgC (677 billion ton CO₂) emitted until 2050

50% probability of exceeding 2° C:

→ no more than 305 PgC (1120 billion ton CO₂) emitted until 2050



CO₂-eq Concentrations for the RCPs



From Malte Meinshausen

¿Qué GEI y cómo se comparan?



- **Radiative forcing** → Change in net irradiance (in $W\ m^{-2}$) at the tropopause after allowing for stratospheric temperatures to readjust to radiative equilibrium, but with surface and tropospheric temperatures and state held fixed at the unperturbed values.

$$GWP_i = \frac{\int_0^{TH} RF_i(t) dt}{\int_0^{IH} RF_r(t) dt} = \frac{\int_0^{TH} a_i \cdot [C_i(t)] dt}{\int_0^{IH} a_r \cdot [C_r(t)] dt}$$

- **Global Warming Potentials** →
 - Two sets of emissions that are equal in terms of their total GWP-weighted emissions will not be equivalent in terms of the temporal evolution of climate response.
 - Using a 100-year time horizon, the effect of current emissions reductions that contain a significant fraction of short-lived species (e.g., CH_4) will give less temperature reductions towards the end of the time horizon, compared to reductions in CO_2 emissions only.

$$GTP_x^{TH} = \frac{\Delta T_x^H}{\Delta T_r^H}$$

- **Global Temperature Potential** →
 - Alternative approach by comparing global mean temperature change at the end of a given time horizon.
 - Compared to the GWP, the GTP gives equivalent climate response at a chosen time, while putting much less emphasis on near-term climate fluctuations caused by emissions of short-lived species (e.g., CH_4).

¿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 sobre “tipping points”

- La **evolución natural del clima** muestra cambios “**lentos**” (respecto a la escala humana).
- El actual **cambio climático de origen antropogénico** (observado y proyectado) se manifiesta en una escala temporal corta (**decenios, siglos**) → **problemas de adaptación**.
- **Han existido y existirán cambios bruscos** en el sistema climático ligados al traspaso de ciertos umbrales → **sorpresas climáticas**
- Es necesario vigilar (**monitorizar**) el sistema climático y **simular** su evolución de forma más precisa. Algunos saltos bruscos están ligados a procesos que no están suficientemente incorporados en los modelos climáticos.

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

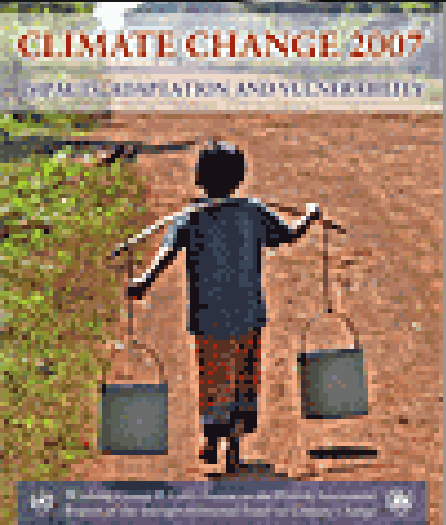
Resumen

- 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**

Bibliografía básica

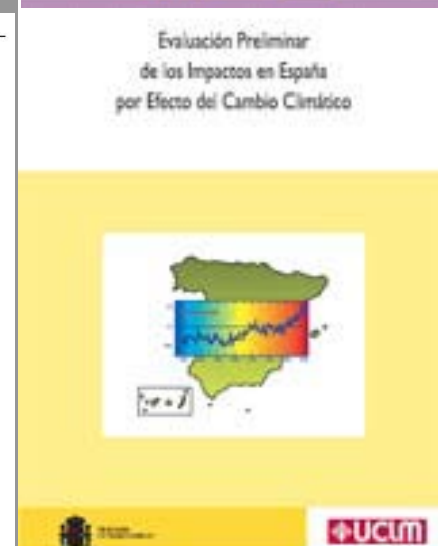
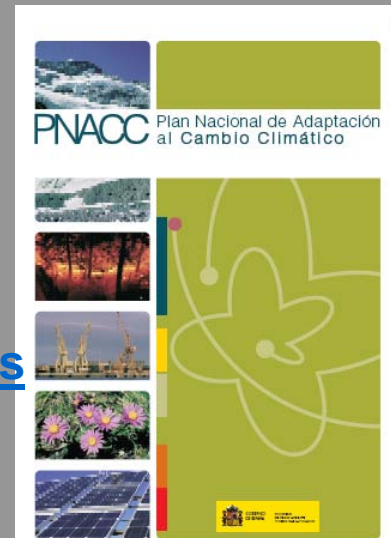
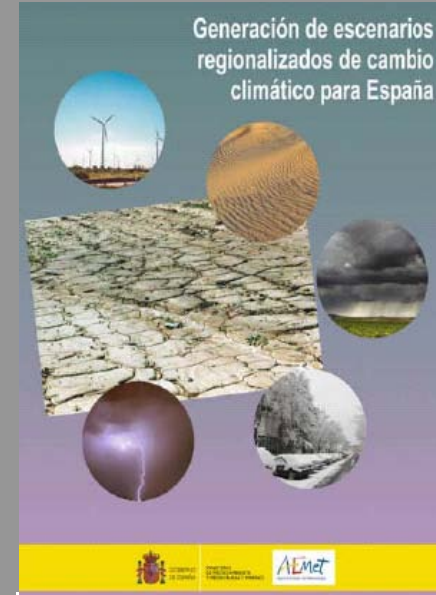


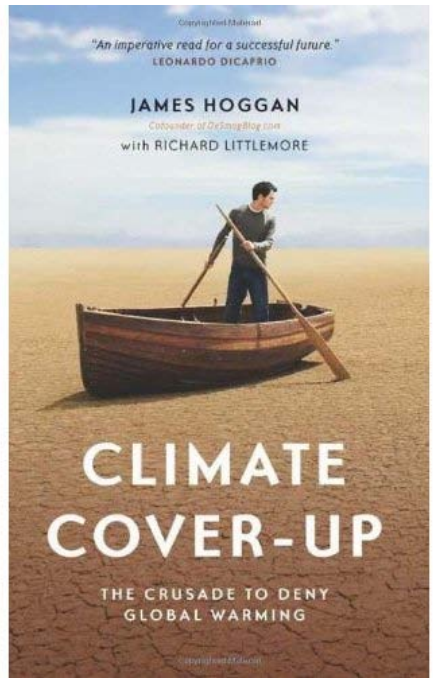
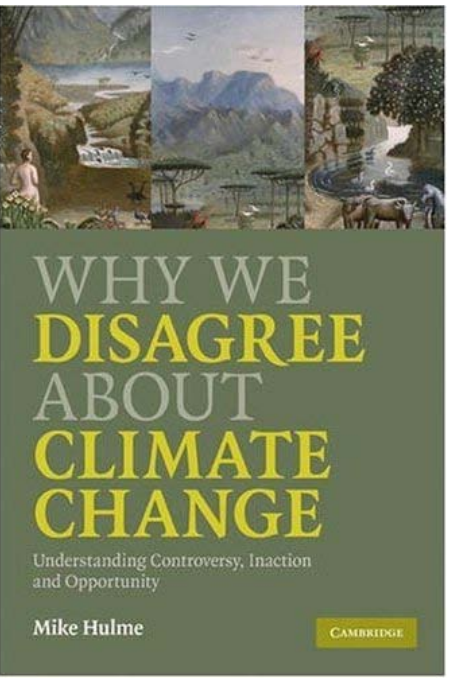
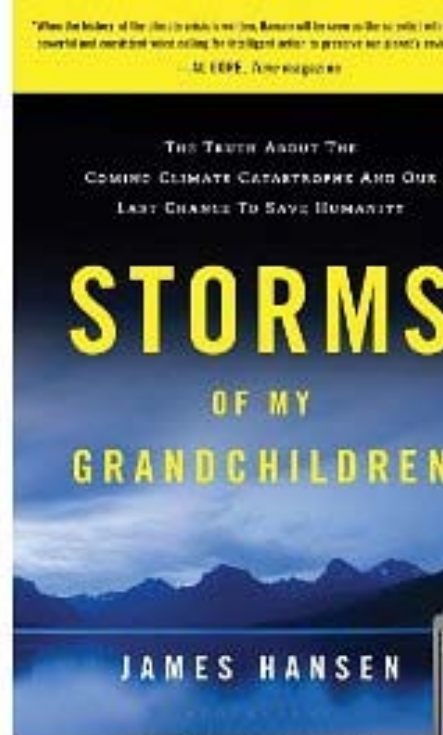
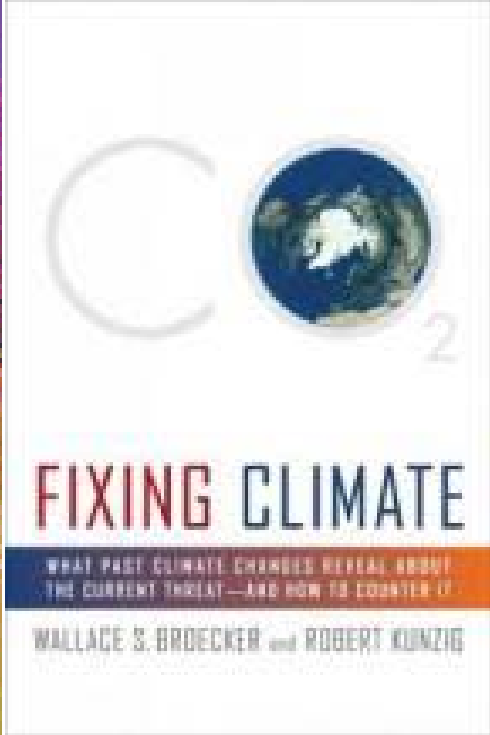
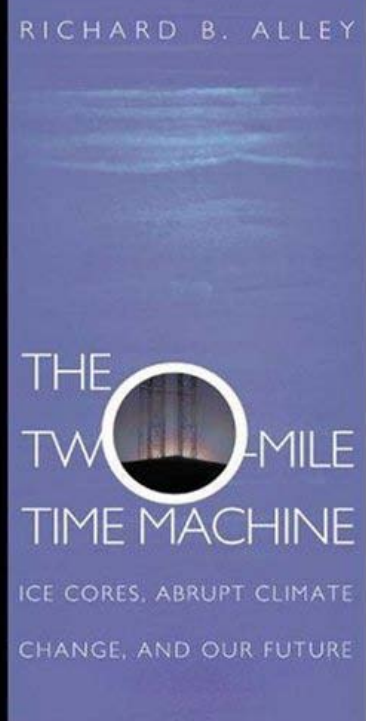
<http://www.ipcc.ch>



<http://www.marm.es>

<http://www.aemet.es>





Algunos libros de divulgación escritos por especialistas sobre el tema



¡Gracias por su atención!