

VII CONFERENCIA ATLANTICA DE MEDIO AMBIENTE
Fuerteventura, 20 de abril de 2007

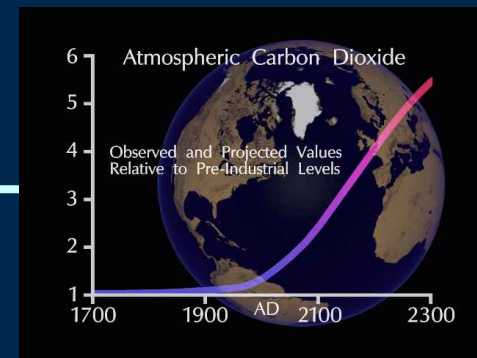


El cambio climático en Canarias: síntesis y límites del conocimiento actual

Luis Balairón (*)

**(*) Jefe del Servicio Variabilidad y Predicción del Clima – INM
Grupo Expertos Cambio Climático N.Unidas (1989-2003)**

Elementos clave



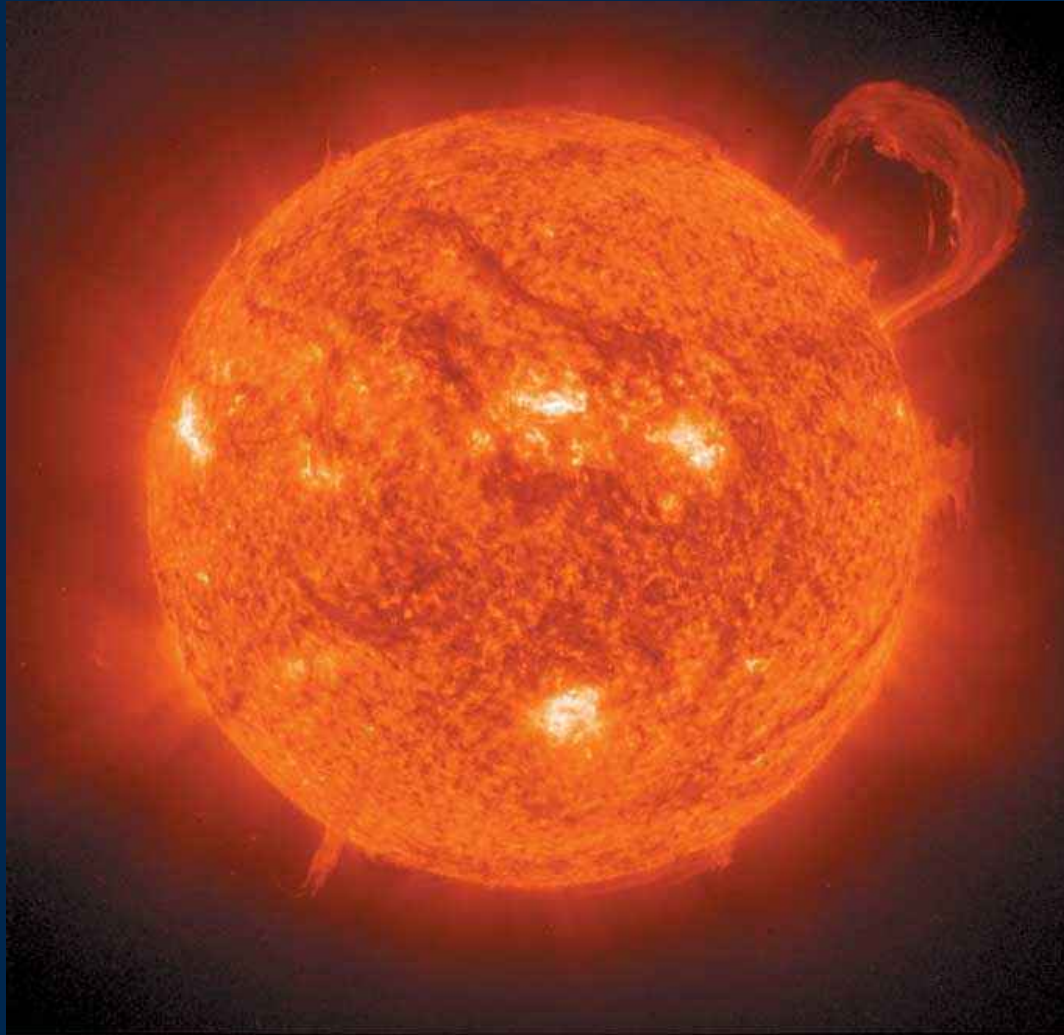
□ CAUSAS DE LOS CAMBIOS LIMÁTICOS

➤ FORZAMIENTOS RADIATIVOS ("Forcings")

□ RESULTADOS DEL IPCC.2007

□ CAMBIOS CLIMÁTICOS EN CANARIAS

La Energía entrante procede del Sol



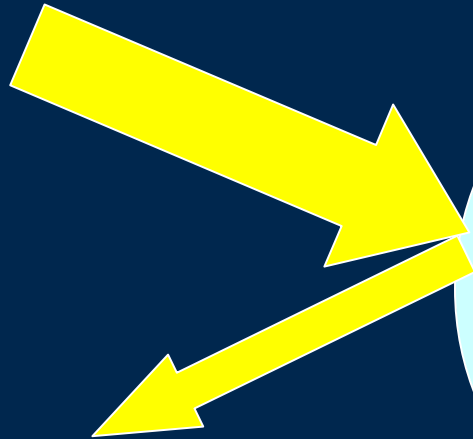
Fuente: Proyecto SOHO . ESA and NASA.

FORZAMIENTOS radiativos: Alteraciones del balance global de radiación en W/m^2 (medido en la tropopausa). En el equilibrio el forzamiento radiativo es cero.



Son la CAUSA primera de todo Cambio Climático

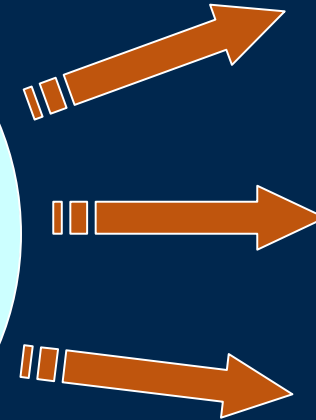
**RADIACION SOLAR
RECIBIDA ($340 W/m^2$)**



**RADIACION SOLAR
REFLEJADA ($100 W/m^2$)**



**RADIACION TERRESTRE
EMITIDA ($240 W/m^2$)**



Las causas de los cambios de clima



□ Causas externas (*)

- Variaciones en los parámetros orbitales (ciclos de Milankovitch)
- Variaciones en la irradiancia solar (ciclos solares)
- Meteoritos (presencia de aerosoles)

□ Causas internas (*)

- Vulcanismo
- Aerosoles de origen diverso:
 - Volcánicos
 - Naturales no volcánicos
 - Producidos por la actividad humana
- Cambios en la superficie terrestre:
 - Desertización / Desertificación
 - Deforestación
 - Cambios de albedo
 - Origen natural
 - Cambios en Usos del suelo

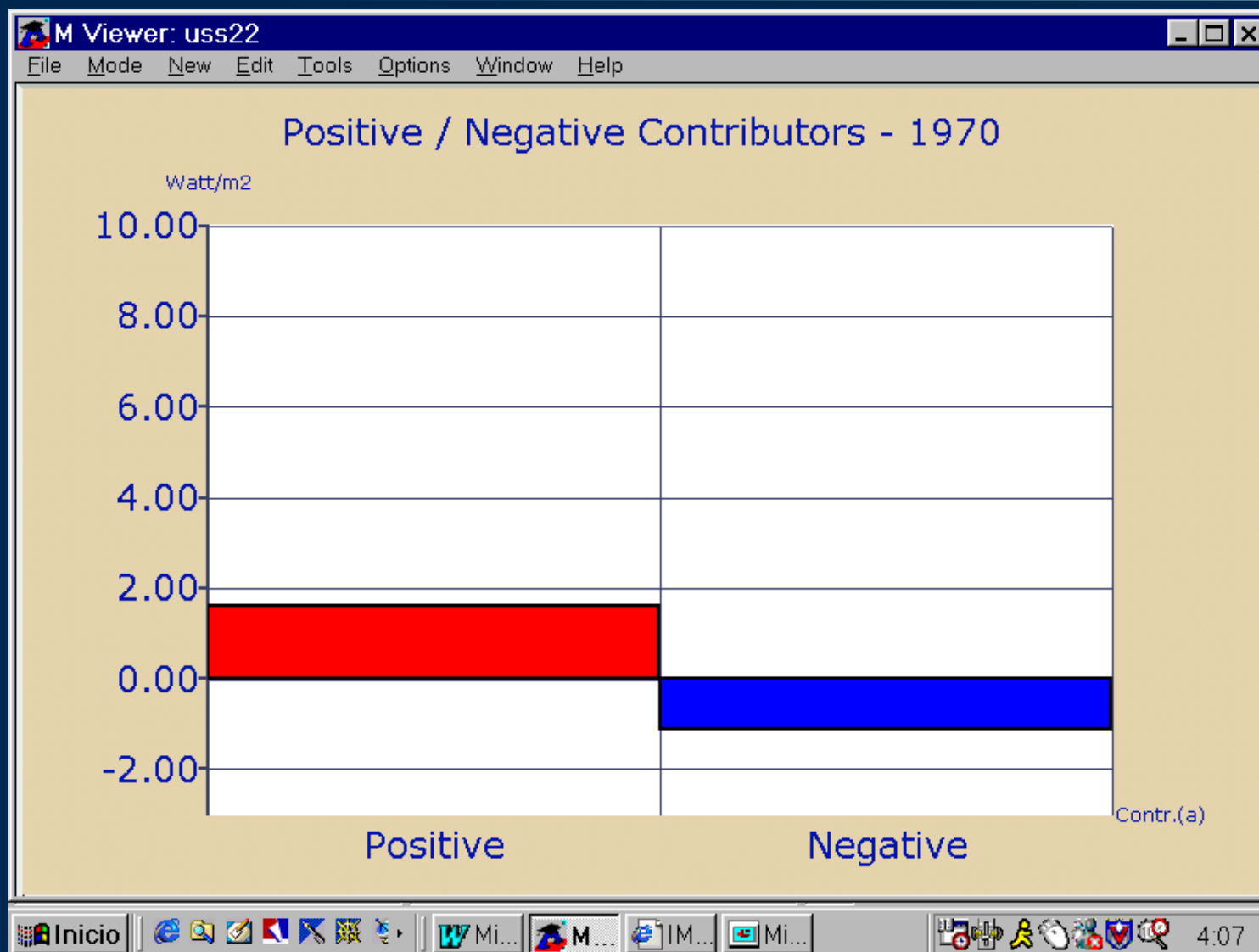
□ Causas internas (**)

- Cambios en la concentración de gases de "efecto invernadero":
 - Origen natural volcánico y no volcánico
 - Producidos por actividades humanas

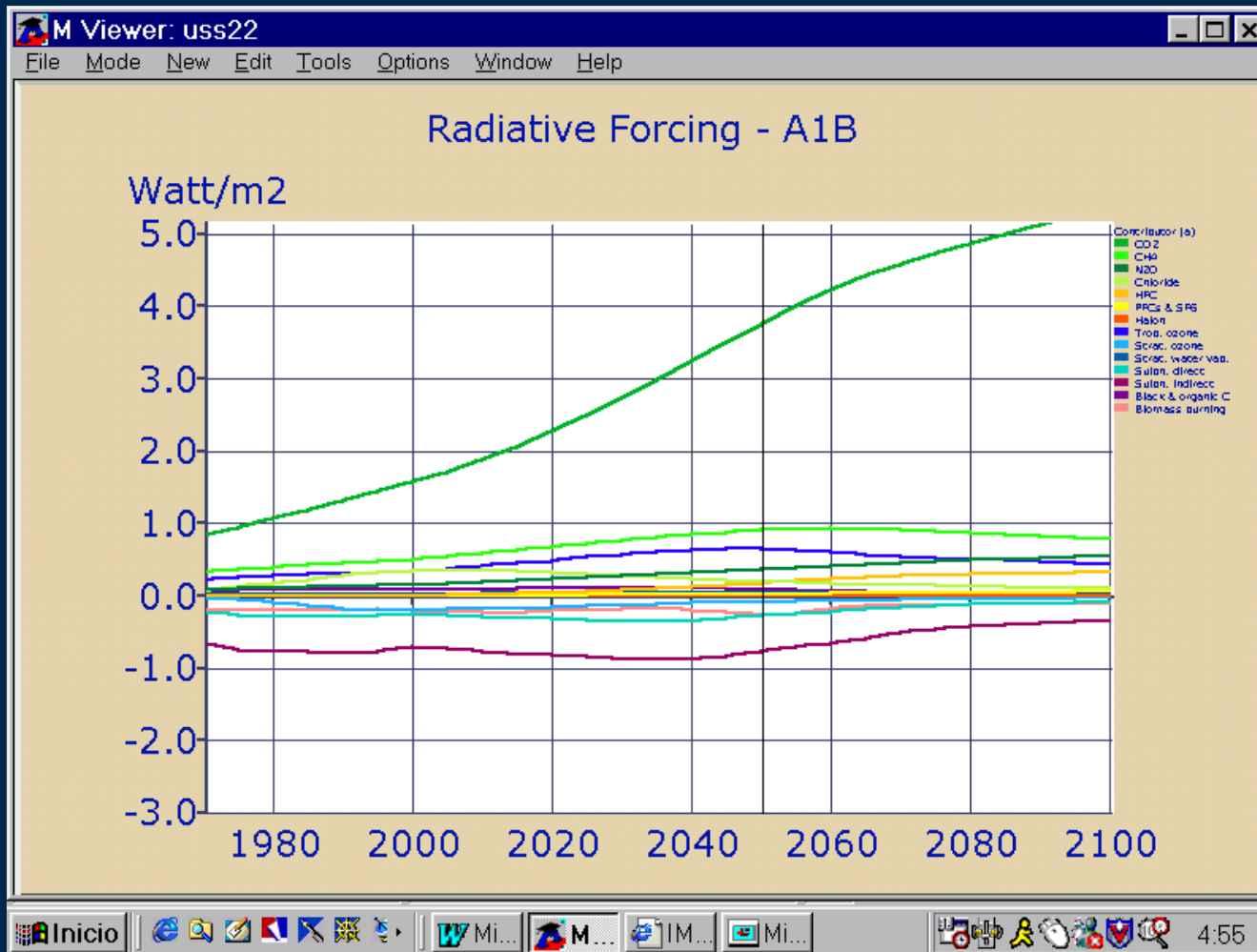
(*)Afectan a la energía entrante –Solar-

(**) Afectan a la energía saliente IR –infrarroja-

Ejemplo de balance anual de forzamientos Modelo IMAGE2 (IIASA-Alcamos, Austria)

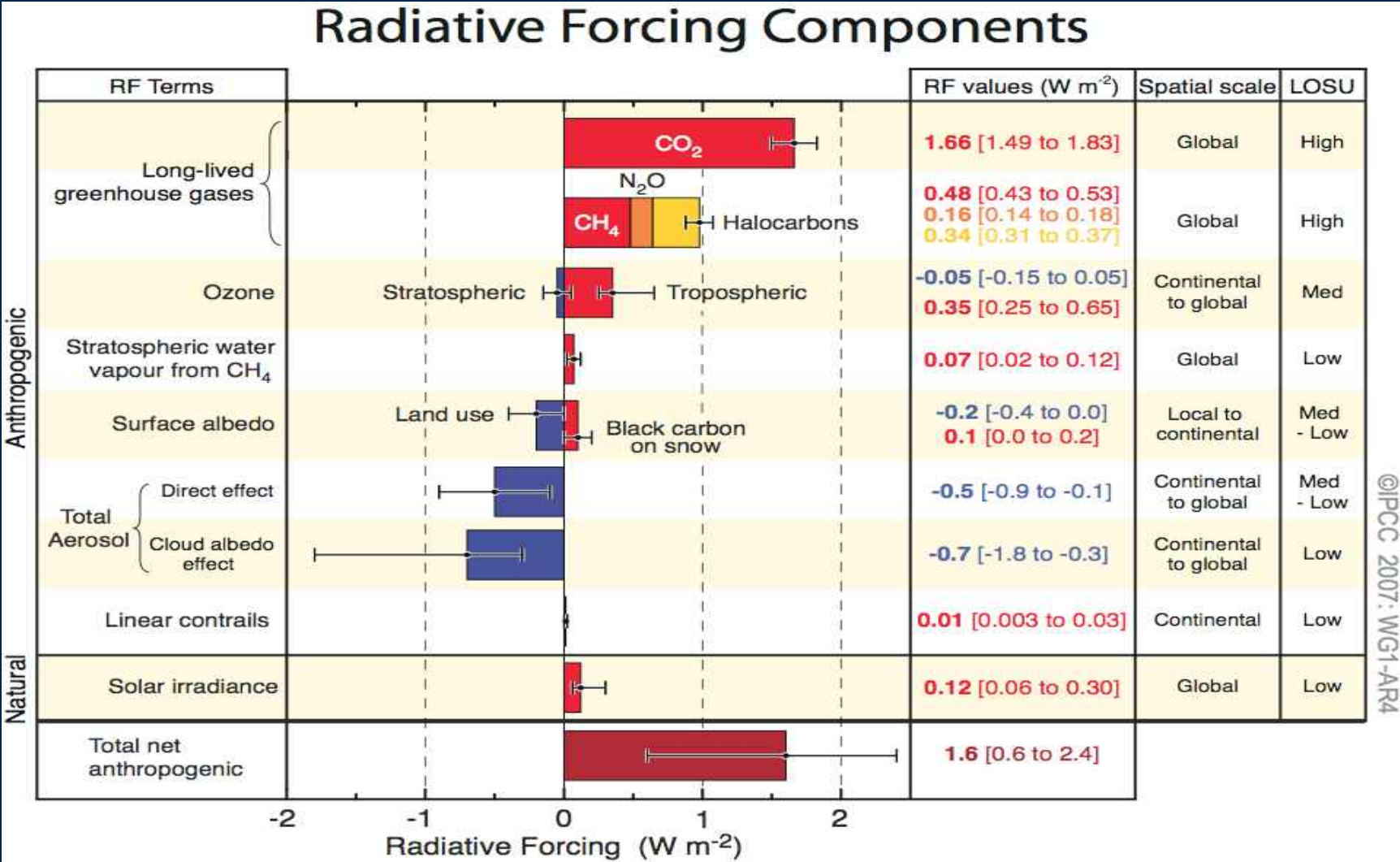


Fundamento de los acuerdos internacionales: El forzamiento del CO2 domina al resto de los forzamientos con el paso del tiempo





Global-average radiative forcing estimates and ranges

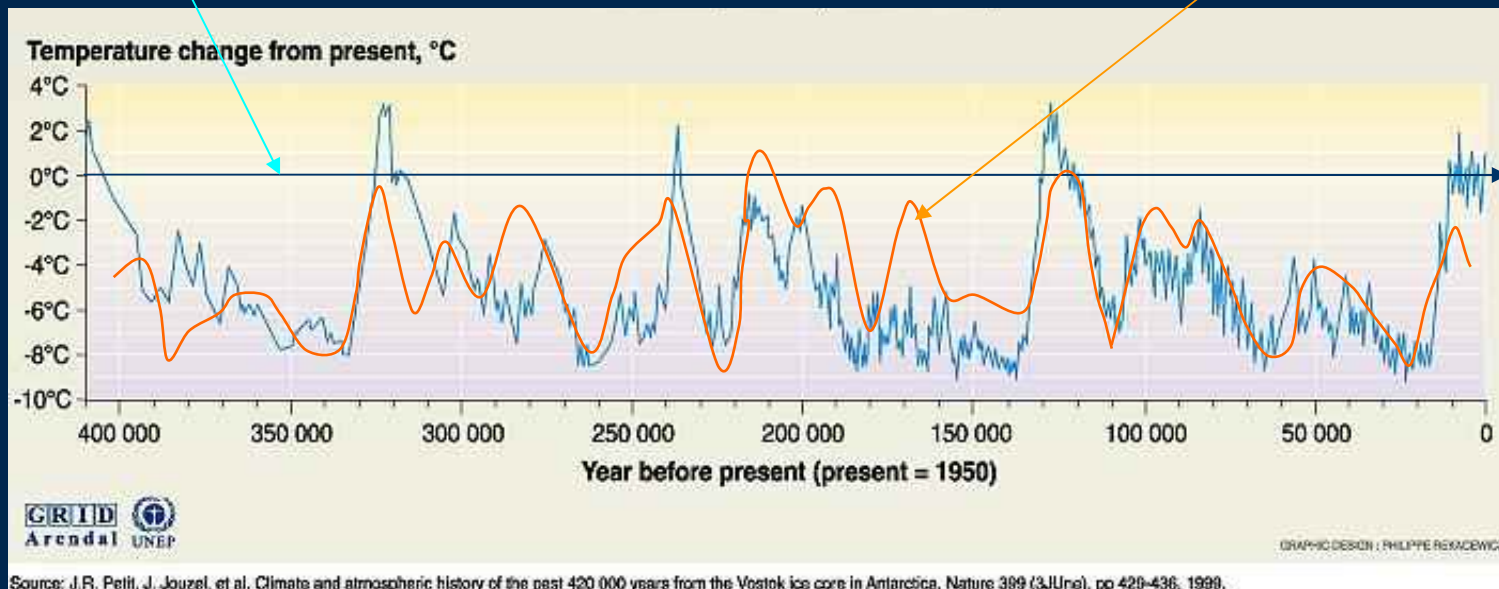


El clima del pasado: Concentraciones de CO_2 y cambios de temperatura desde hace 400.000 años



Media 1961-90

Insolación según parámetros astronómicos (Milankovitch)

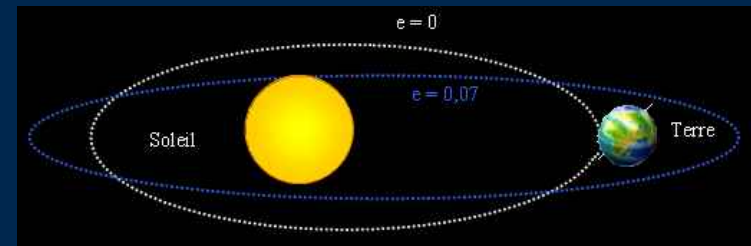


Fuente: UNEP –IPCC (Petit-Jouzel)

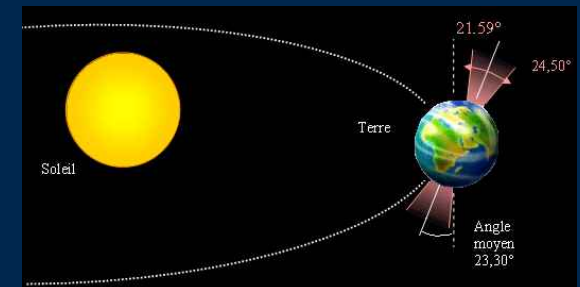
PARÁMETROS ORBITALES DE MILANKOVITCH: Justifican la alternancia en el cuaternario de las glaciaciones e interglaciaciones



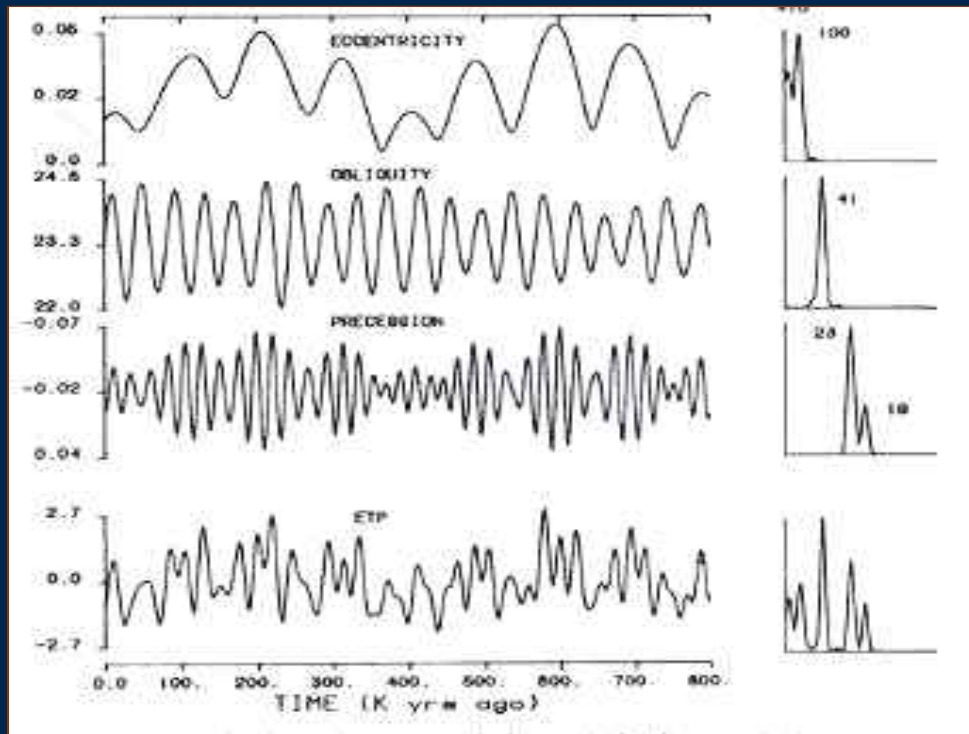
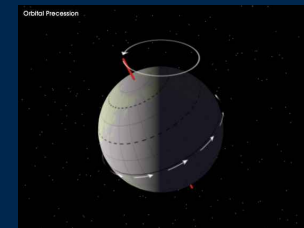
EXCENTRICIDAD: 100.000 años



INCLINACIÓN: 40.000 años

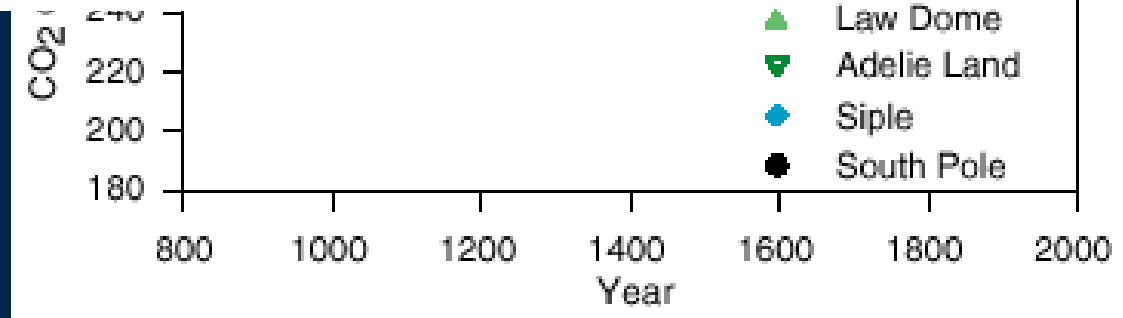
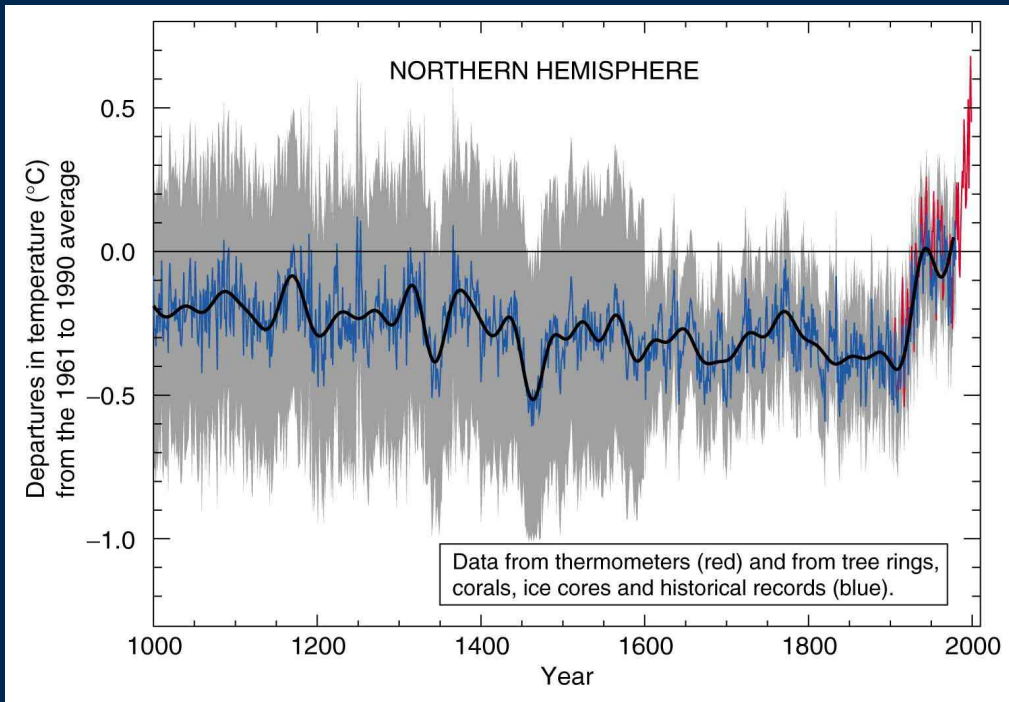


PRECESIÓN: 20.000 años



(Actualización de Berger, 1987)

Cambios de temperatura en superficie y de dióxido de carbono en los últimos 1000 años



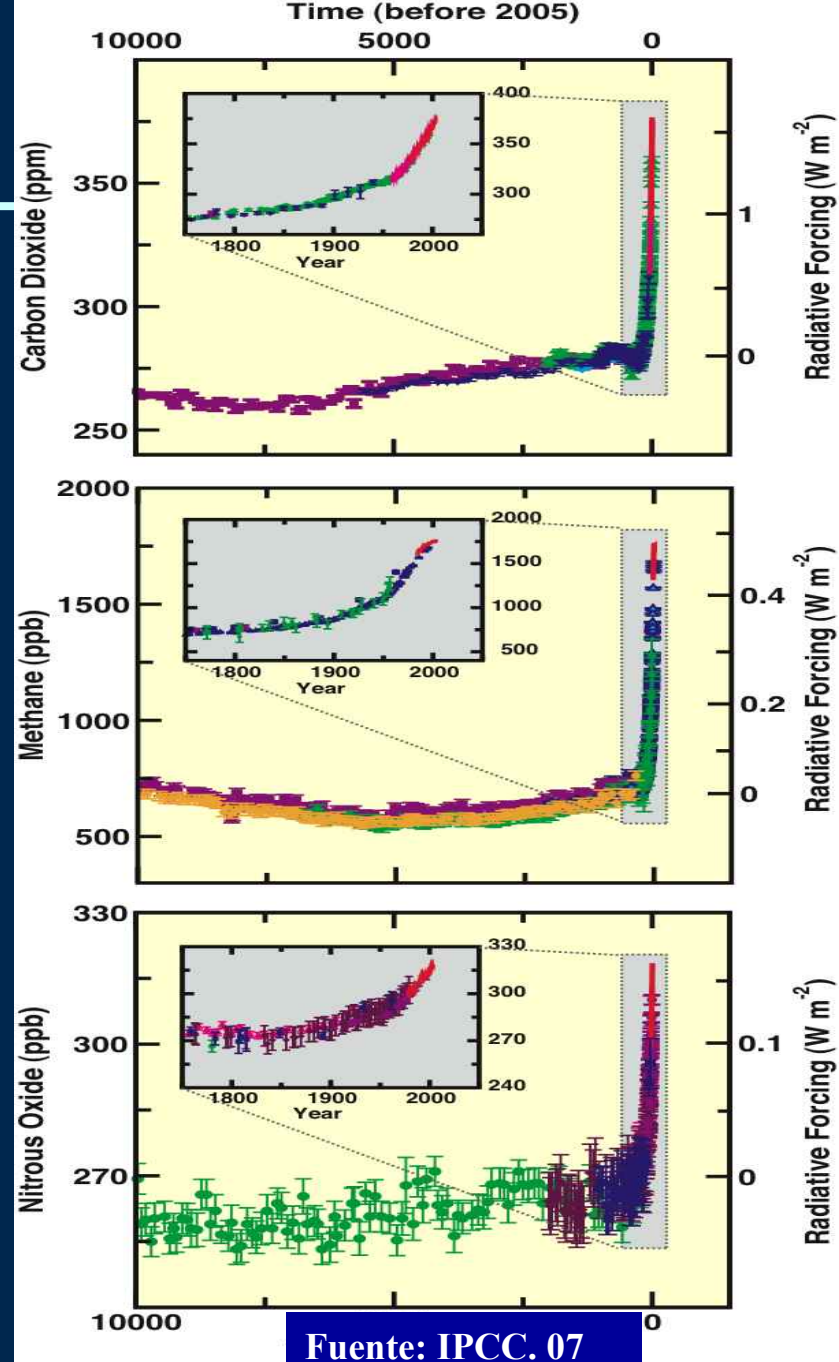
Fuente: IPCC. 01

Human and Natural Drivers of Climate Change

CO₂, CH₄ and N₂O Concentrations

- far exceed pre-industrial values
- increased markedly since 1750 due to human activities

Relatively little variation before the industrial era



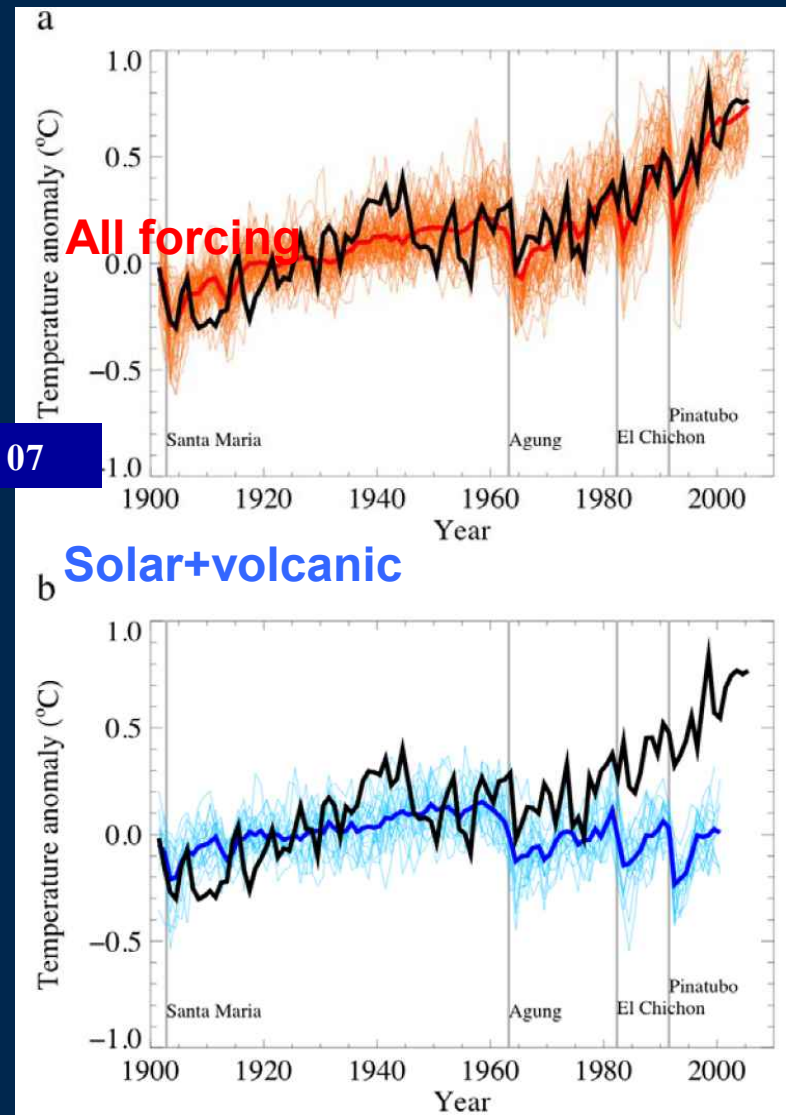
Detección y atribución del cambio observado



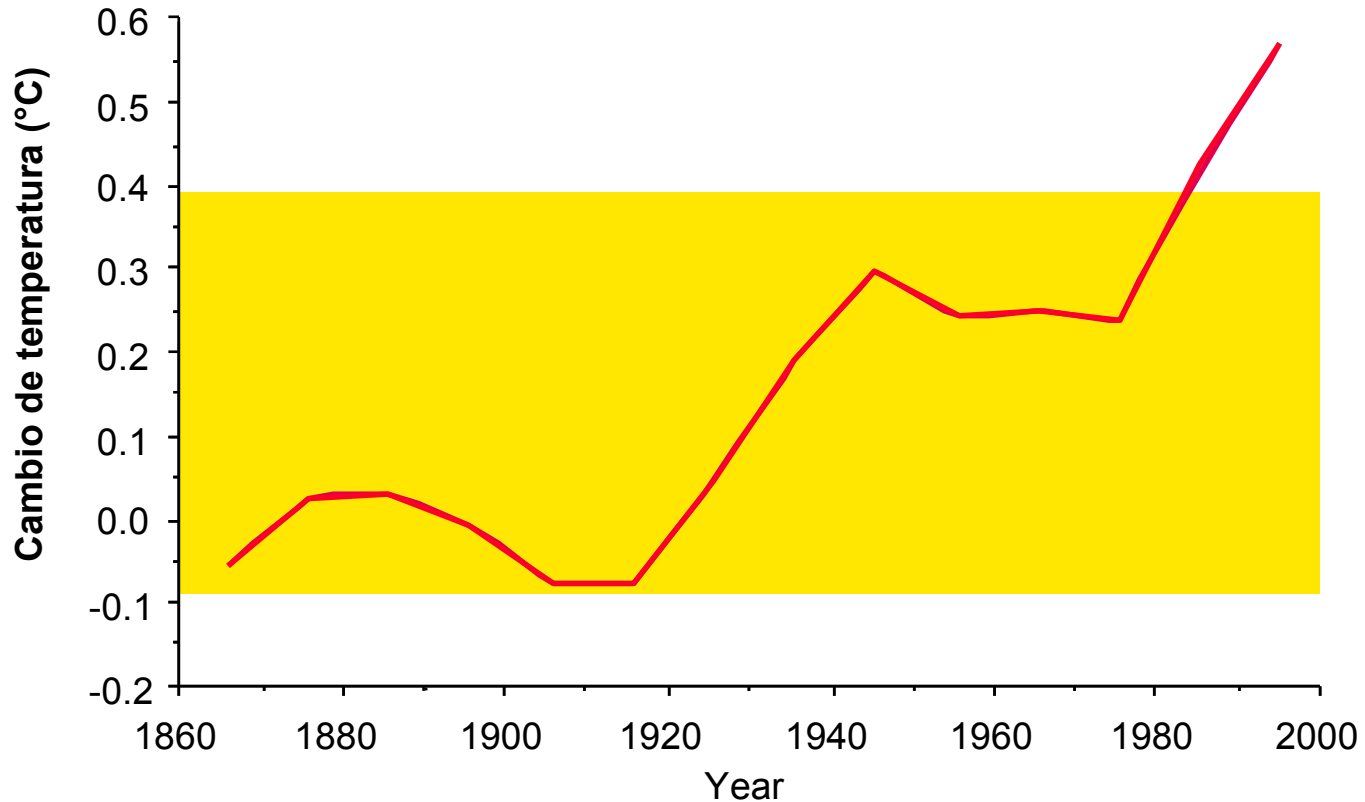
Es consistente con la respuesta a todos los forzamientos

Es inconsistente con otras explicaciones alternativas

Fuente: IPCC. 07



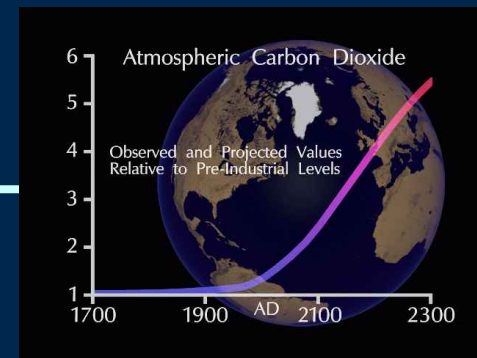
El cambio climático es un Riesgo debido a un experimento involuntario de la humanidad



Hadley Centre for Climate Prediction and Research

The Met.Office

Elementos clave



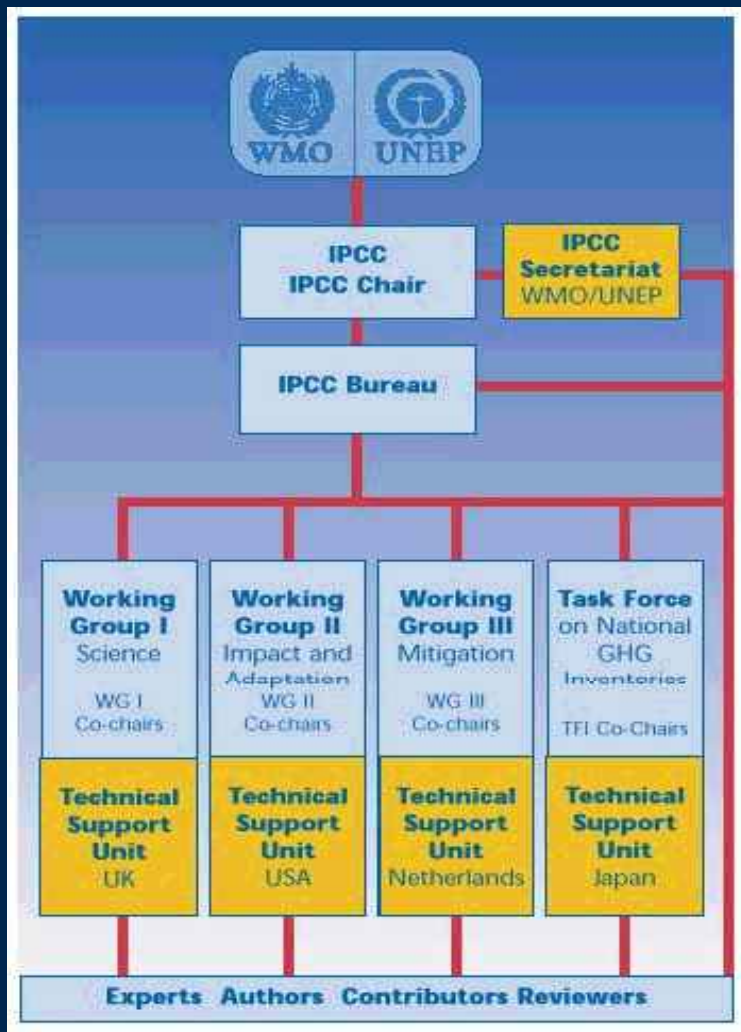
□ CAUSAS DE LOS CAMBIOS LIMÁTICOS

➤ FORZAMIENTOS RADIATIVOS ("Forcings")

□ RESULTADOS DEL IPCC.2007

□ CAMBIOS CLIMÁTICOS EN CANARIAS

CAMBIO CLIMÁTICO 2007: Fundamentos de las ciencias físicas



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Climate Change 2007: The Physical Science Basis

Summary for Policymakers

Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007.

Note:

Text, tables and figures given here are final but subject to copy-editing.

Corrections made as of February 5th, 2007

Drafting Authors:

Richard Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Annan Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Marno Heimann, Bruce Hewitson, Brian Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lokmann, Martin Manning, Taroh Matsumo, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Deke Qiu, Graciela Raga, Venkateshwar Ramaswamy, Jawan Ran, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

Draft Contributing Authors:

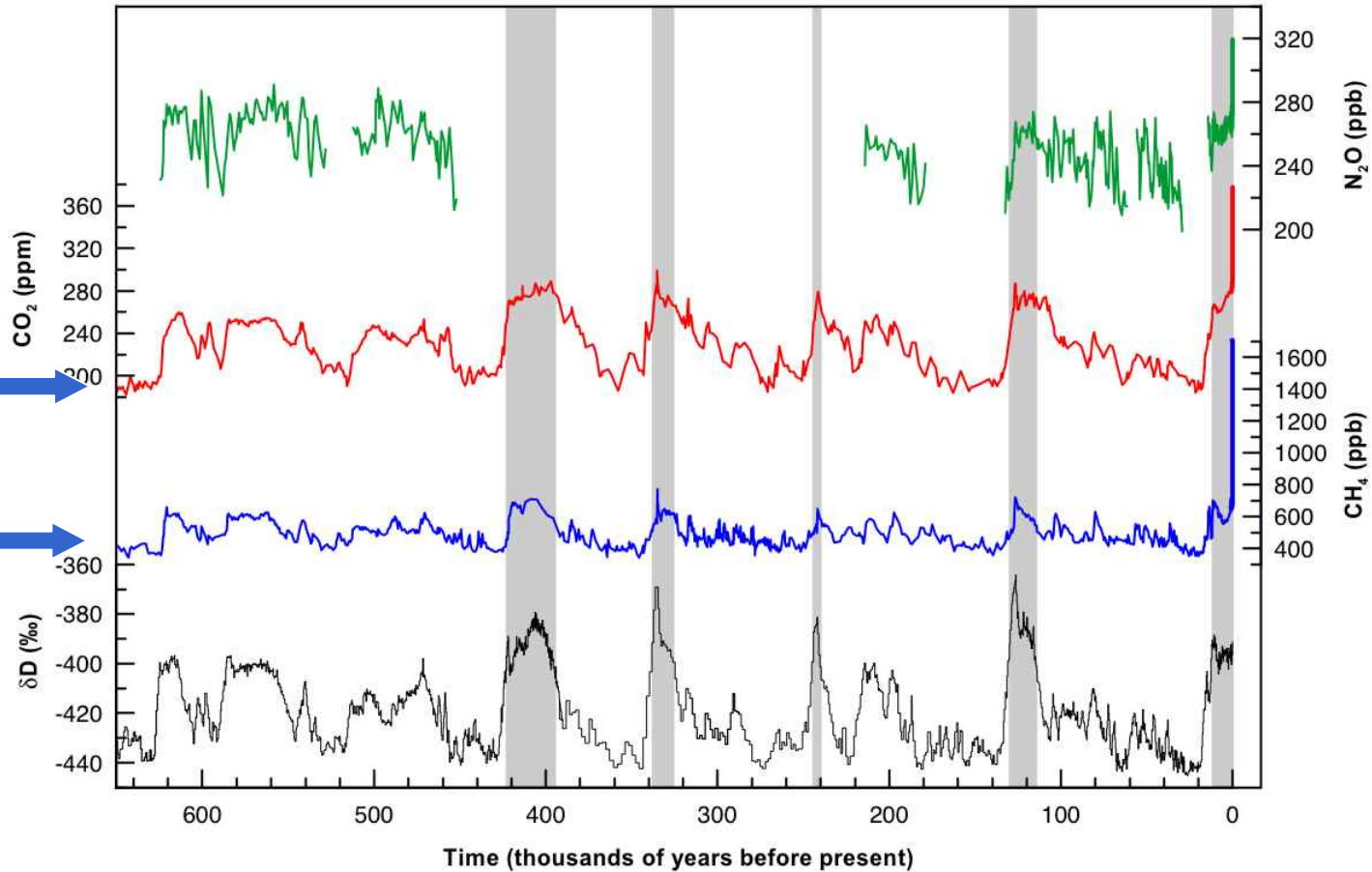
Julia Arblaster, Guy Brasseur, Jens Heesvelberg Christensen, Kenneth Desman, David W. Fahey, Piers Forster, Eyustein Jansen, Philip D. Jones, Reto Knutti, Harve Le Treut, Peter Lemke, Gerald Mechl, Philip Moore, David Randall, Dairin A. Stoa, Kevin E. Trenberth, Jürgen Willebrand, Francis Zwiers

Glacial-Interglacial Ice Core Data



CO₂

CH₄



The atmospheric concentration of CO₂ and CH₄ in 2005 exceeds by far the natural range of the last 650,000 years

Direct Observations of Recent Climate Change

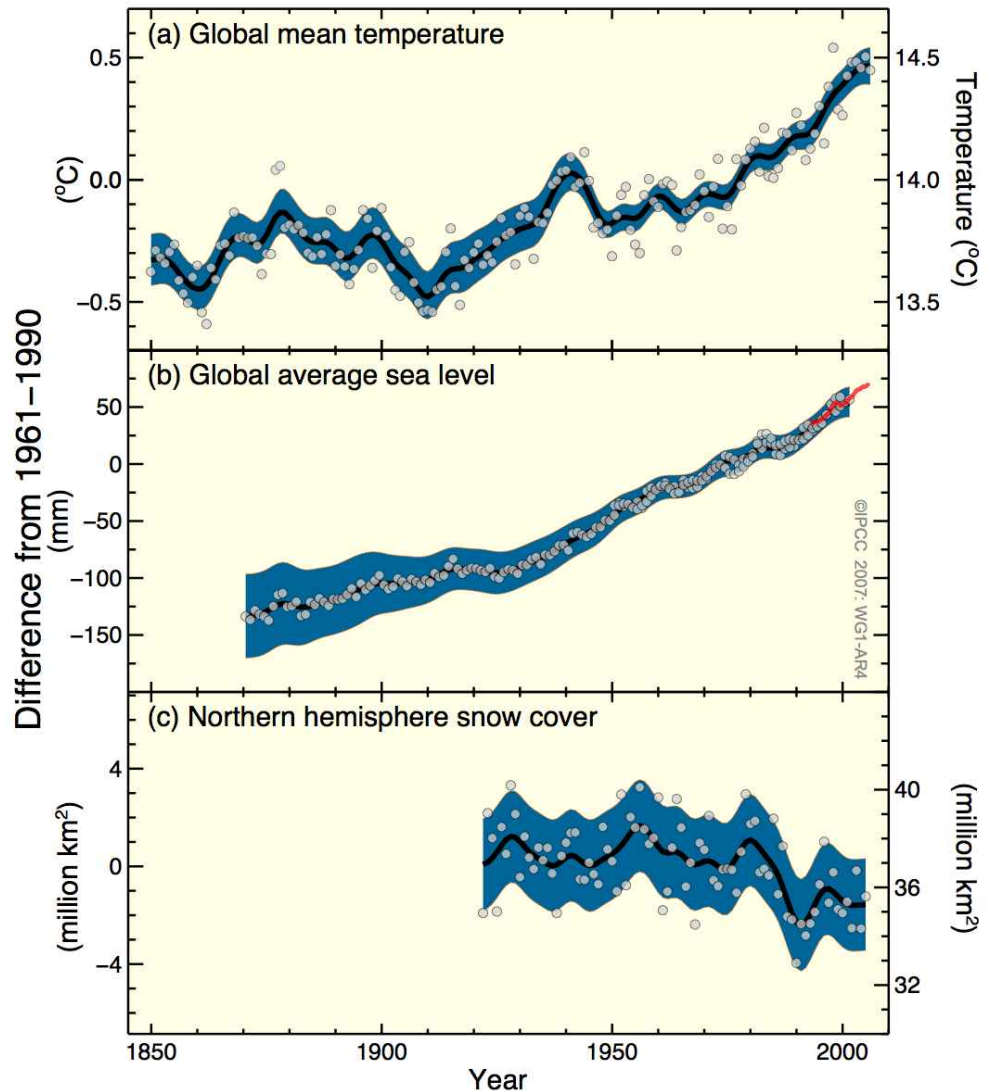


Global mean temperature

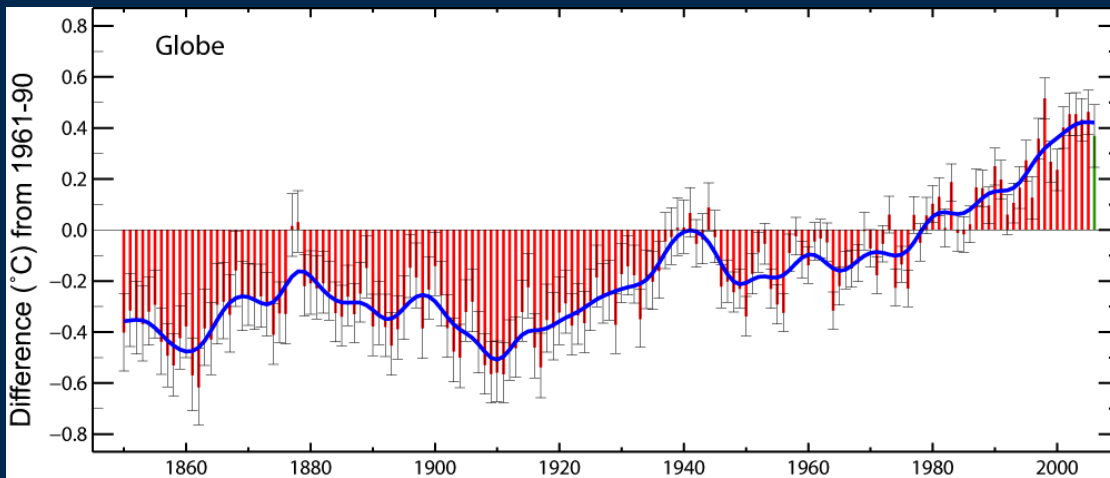
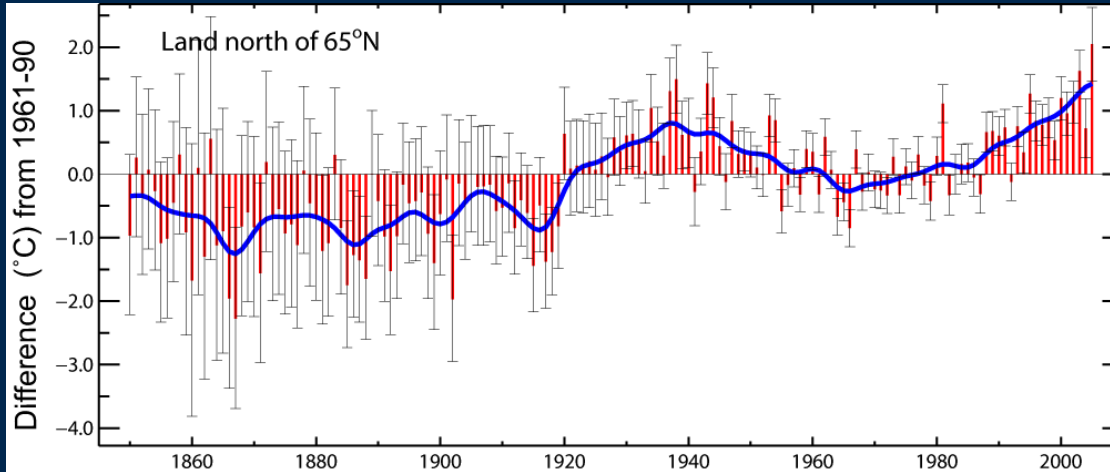
Global average sea level

Northern hemisphere snow cover

Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



Arctic vs Global annual temperature anomalies (°C)

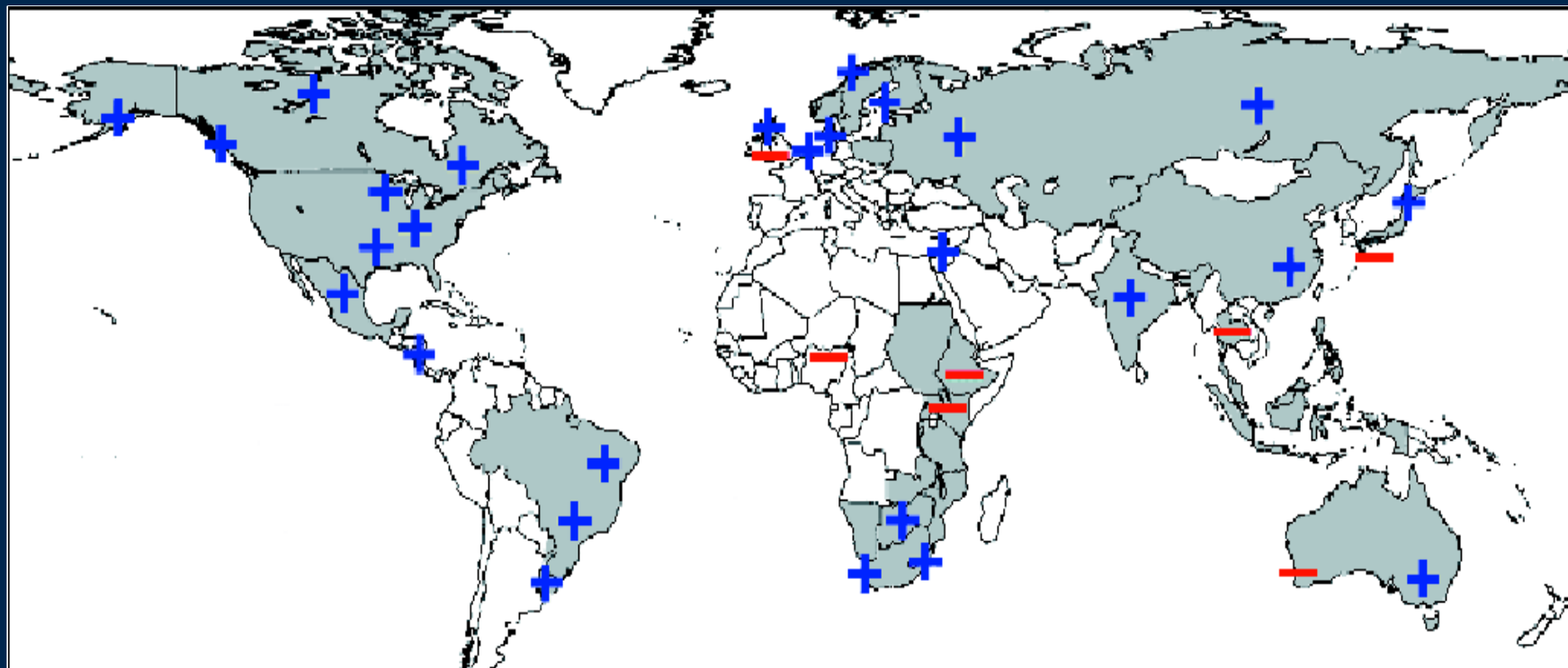


Warming in the Arctic is **double** that for the globe from 19th to 21st century and from late 1960s to present.

Warmth 1925 to 1950 in Arctic was not as widespread as recent global warmth.

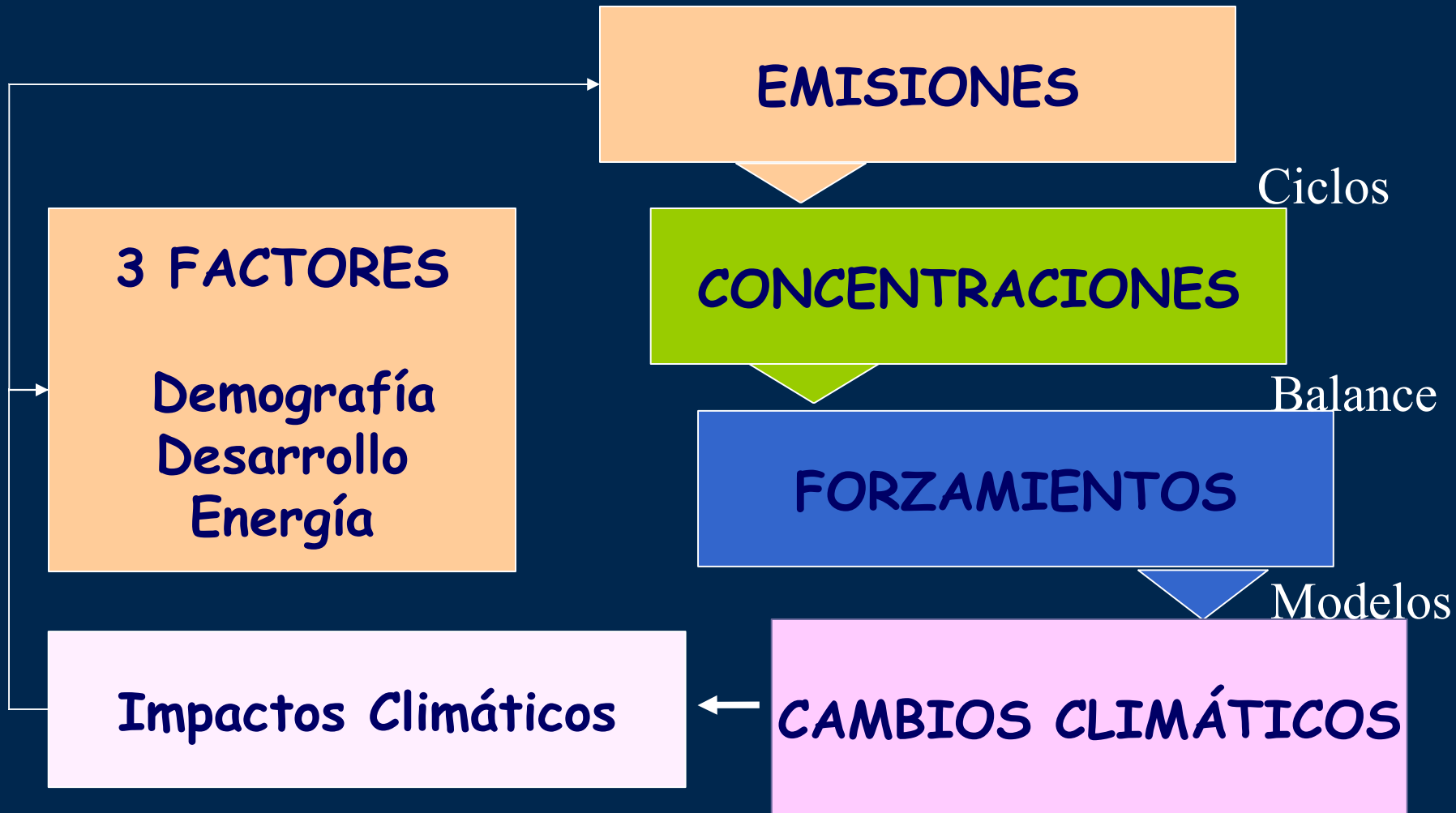
Note different scales

Proportion of heavy rainfalls: increasing in most land areas



Regions of disproportionate changes in heavy (95th) and very heavy (99th) precipitation

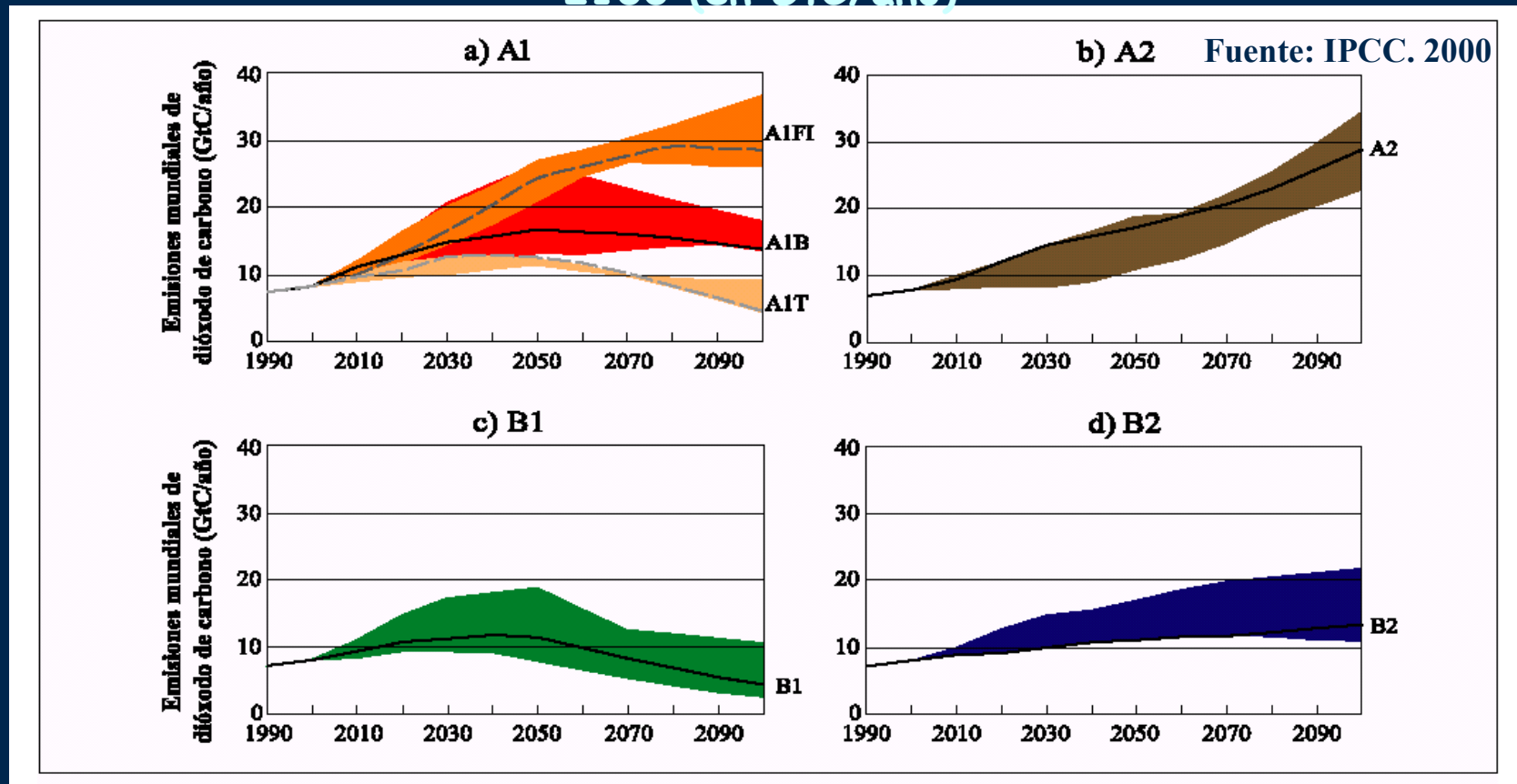
OBTENCIÓN de Escenarios Climáticos (IPCC, 2001)



ESCENARIOS DE EMISIONES: SRES / IPCC.2000



Emisiones anuales totales de CO₂ procedentes de todas las fuentes (energía, industria y cambio en el uso de tierras) entre 1990 y 2100 (en GtC/año)



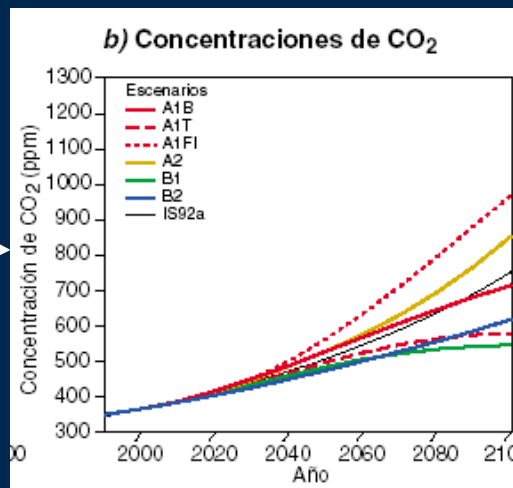
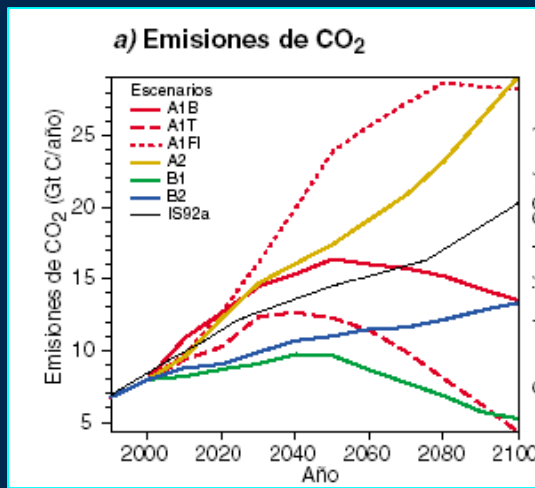
Escenarios



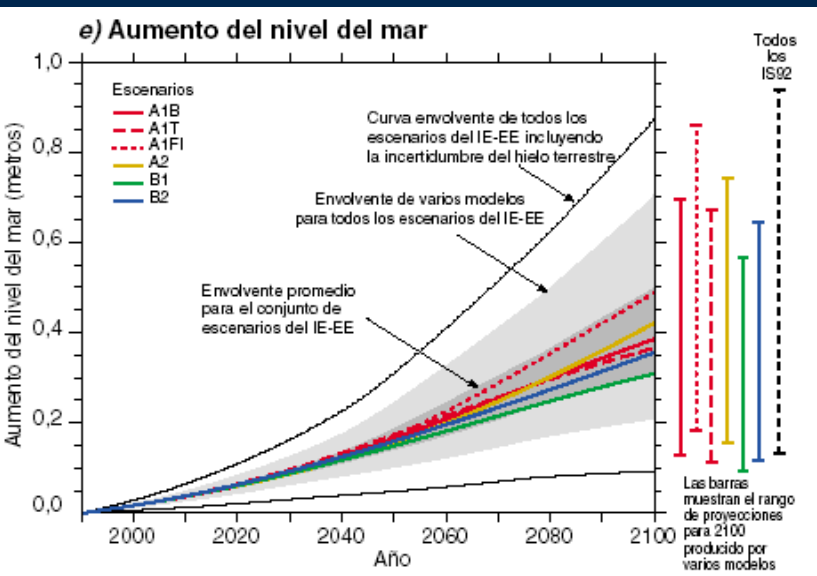
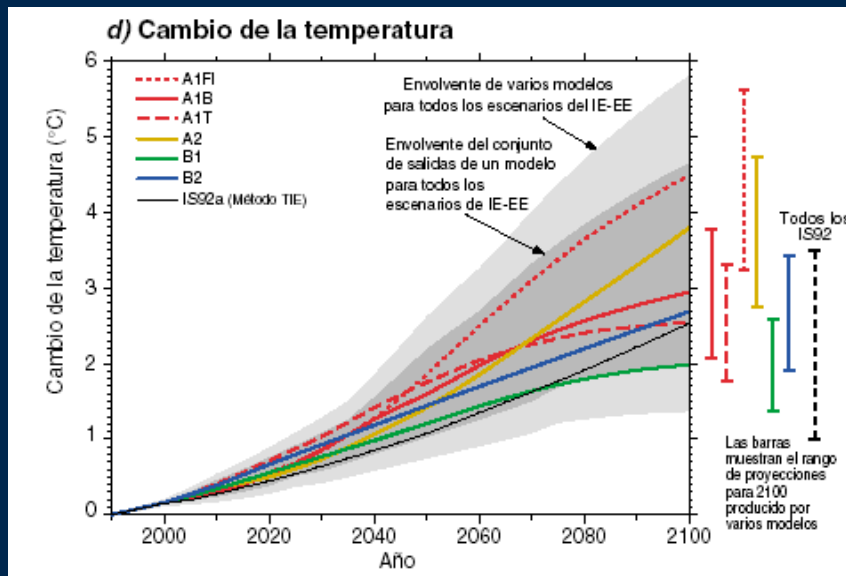
Escenario	Población	Economía	Medio ambiente	Equidad	Tecnología	Mundialización
A1FI						
A1B						
A1T						
B1						
A2						
B2						

Figura RT-1: Dirección cualitativa de los escenarios del IE-EE para diferentes indicadores.

El Clima del siglo XXI: "Cadena" de Escenarios hasta 2100:



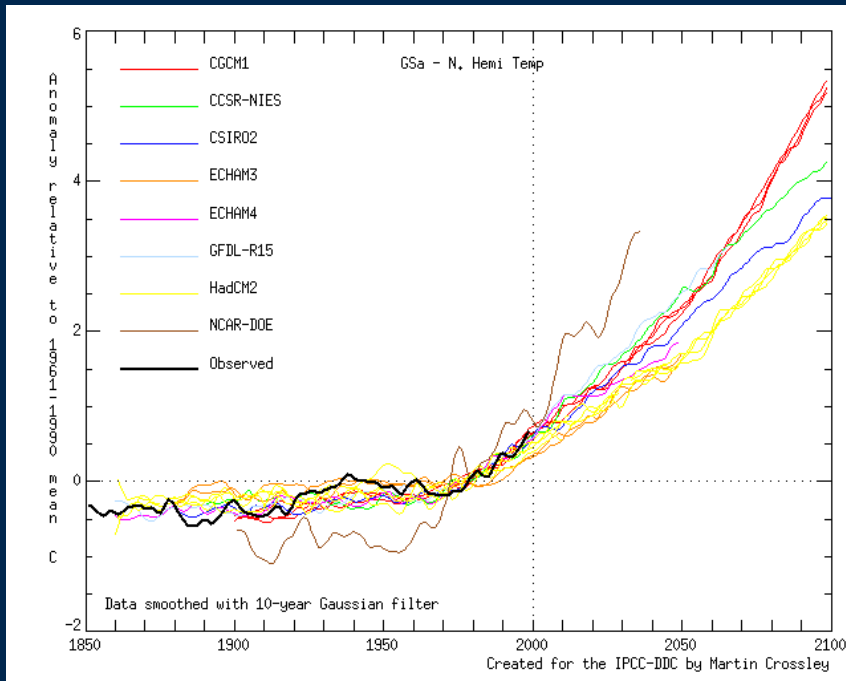
**Forzamientos:
Con aerosoles**



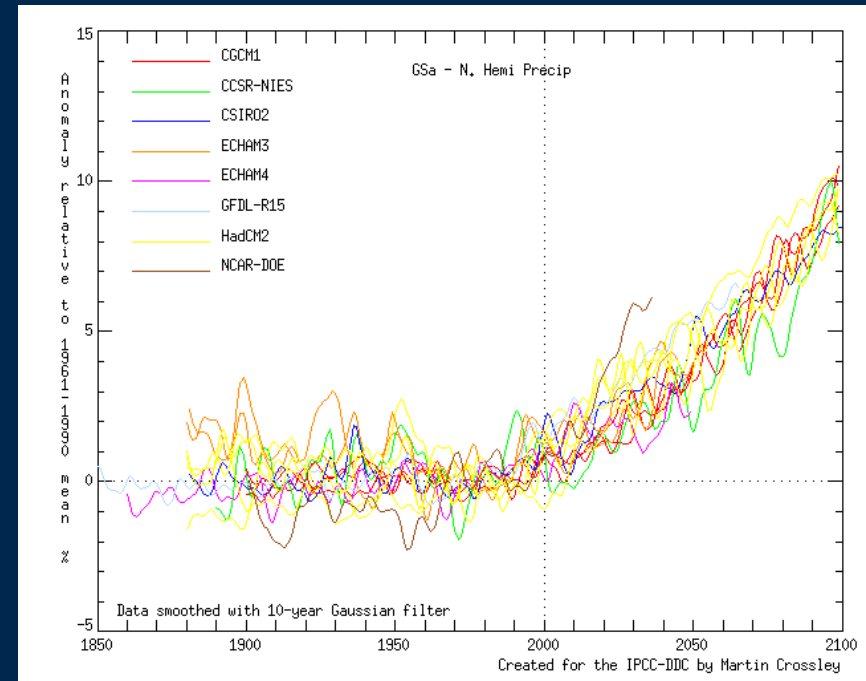
Fuente: IPCC-2001

Comparación entre observaciones y simulaciones de cambios de precipitación y temperatura en el H.Norte

Cambio de la Temperatura



Cambio de la precipitación



← Observado y simulado → ← Simulado →

(Escenarios con Gases EI + Aerosoles / 9 experimentos DDC-IPCC)



- ❑ La temperatura en superficie puede crecer entre 1,4 °C y 5,8 °C
- ❑ El nivel del mar puede crecer entre 9 cm y 88 cm
- ❑ Cambios en los patrones de precipitación mundial y retroceso de los hielos

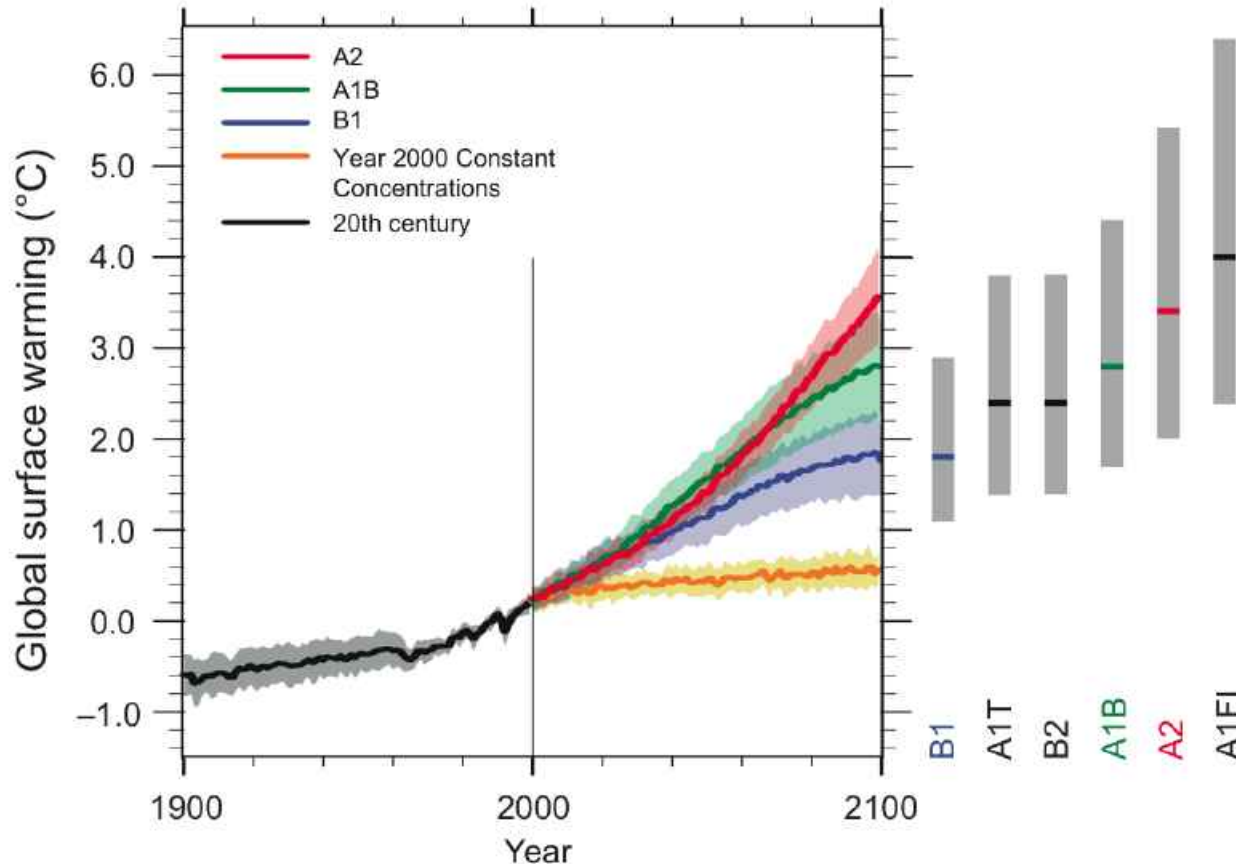
IPCC 2007 - 4AR wg1: Escenarios de calentamiento



Summary for Policymakers

IPCC WGI Fourth Assessment Report

Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



IPCC 2007 - 4AR wg1: Aumentos de la temperatura y del nivel del mar para 2090-99



Table SPM-3. Projected globally averaged surface warming and sea level rise at the end of the 21st century. {10.5, 10.6, Table 10.7}

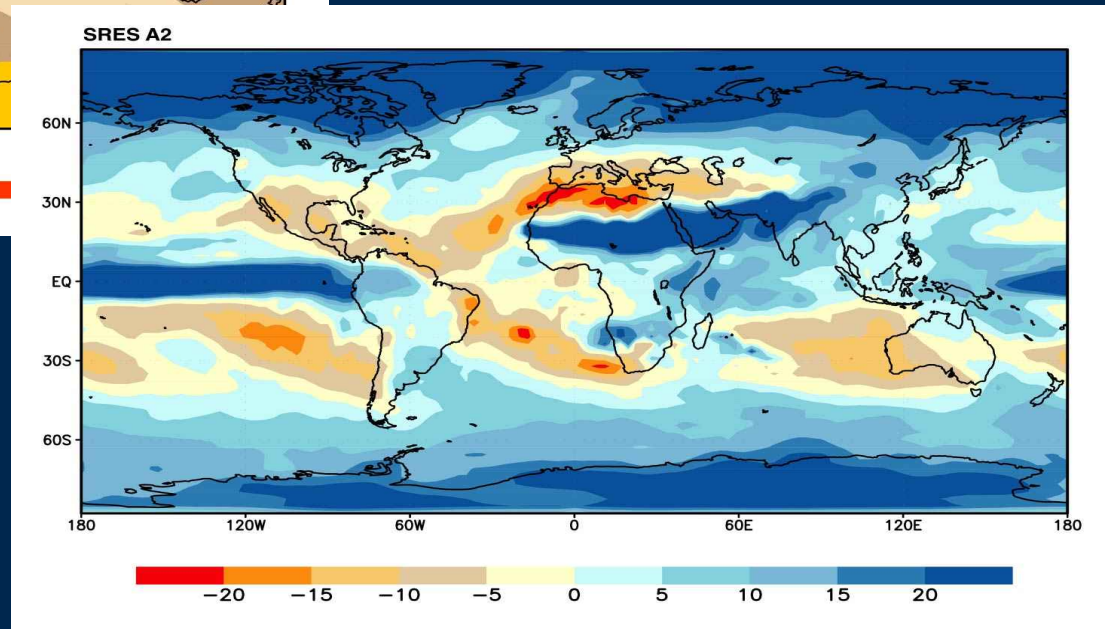
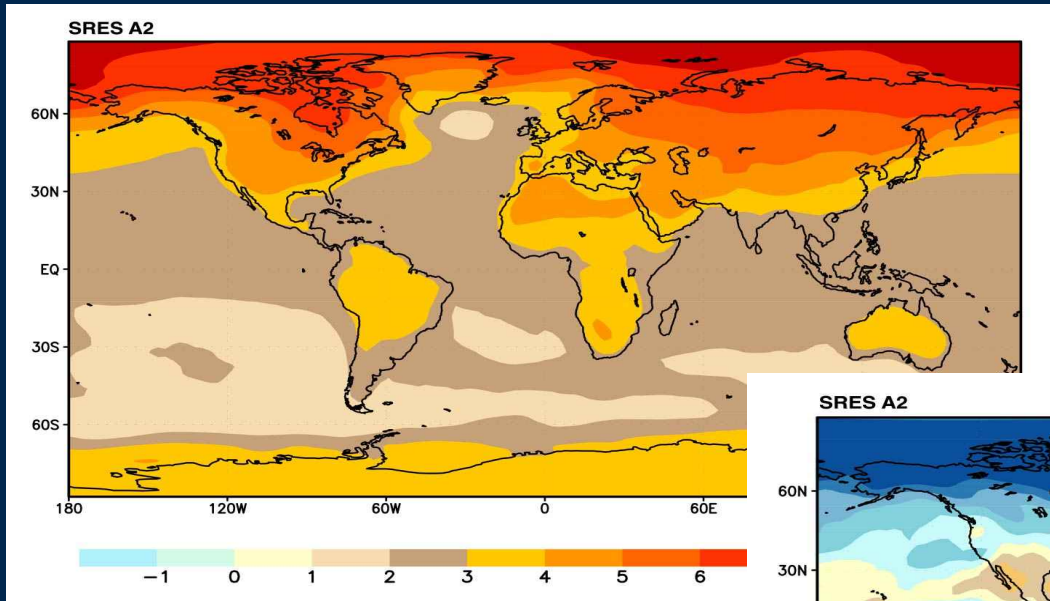
Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	<i>Likely</i> range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^b	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Table notes:

^a These estimates are assessed from a hierarchy of models that encompass a simple climate model, several Earth Models of Intermediate Complexity (EMICs), and a large number of Atmosphere-Ocean Global Circulation Models (AOGCMs).

^b Year 2000 constant composition is derived from AOGCMs only.

Distribución espacial de los cambios (2071 respecto a 1990: IPCC.2001)



Cambios medio de las precipitaciones anuales (l/m^2)

IPCC 2007 - 4AR wg1: patrones de cambios de la precipitación en los escenarios SRES



Projected Patterns of Precipitation Changes

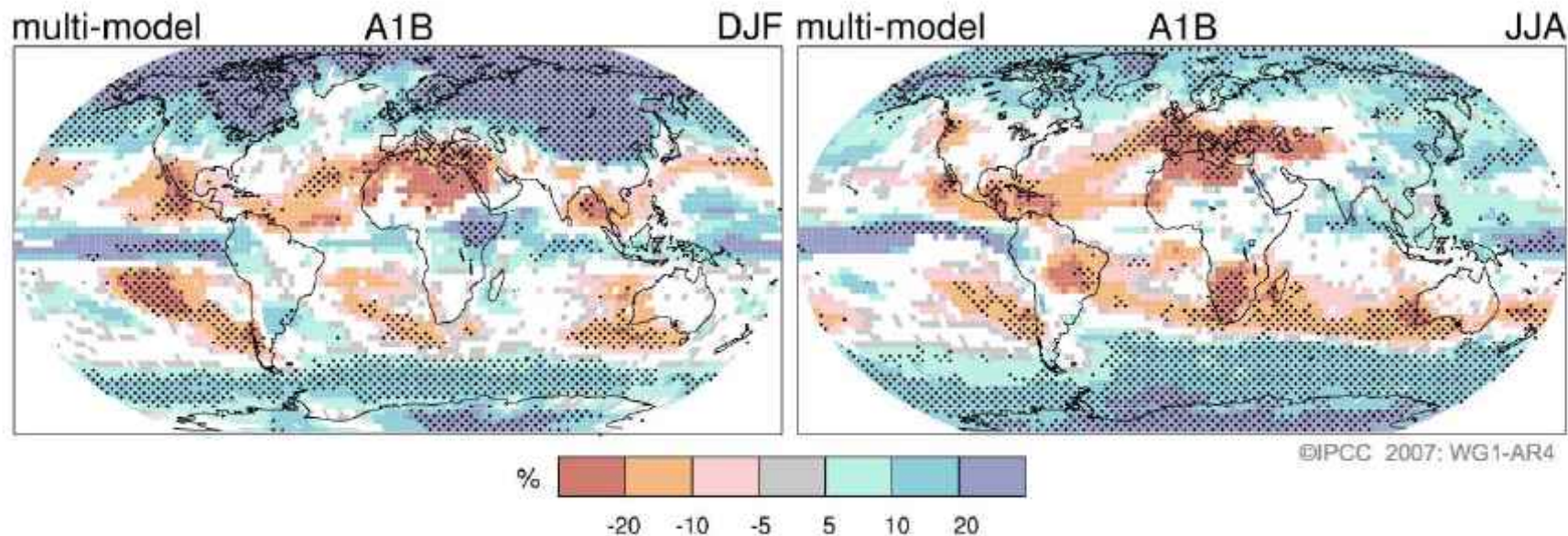
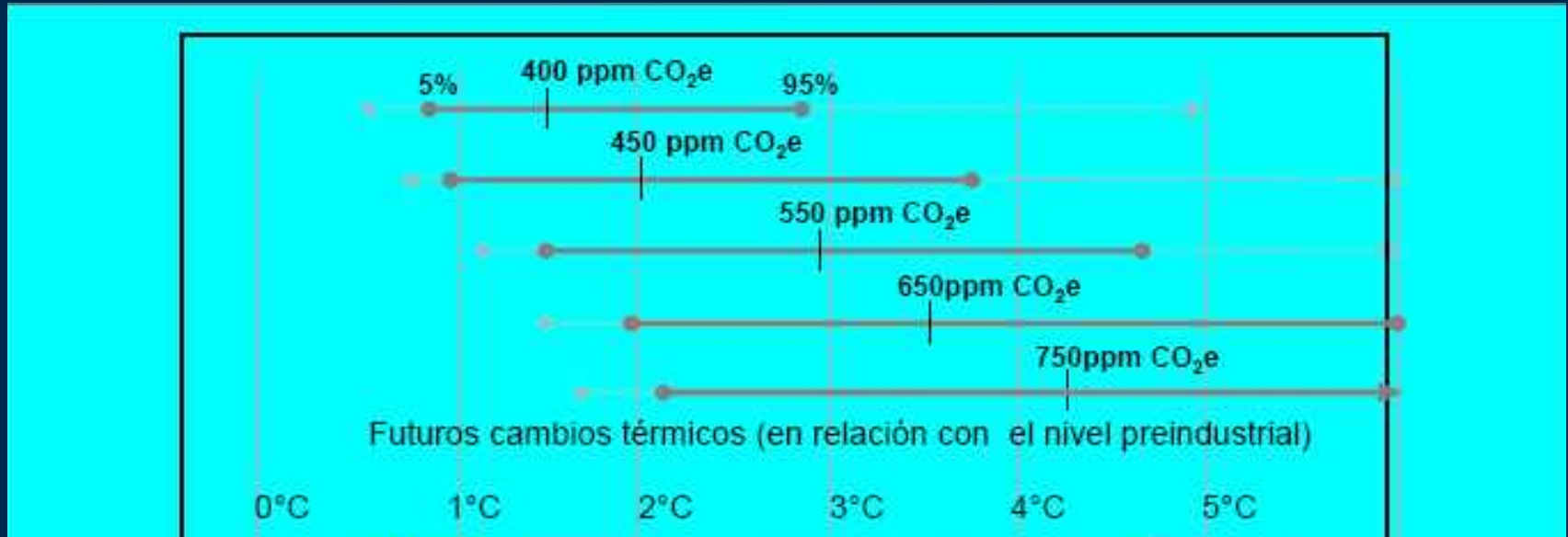
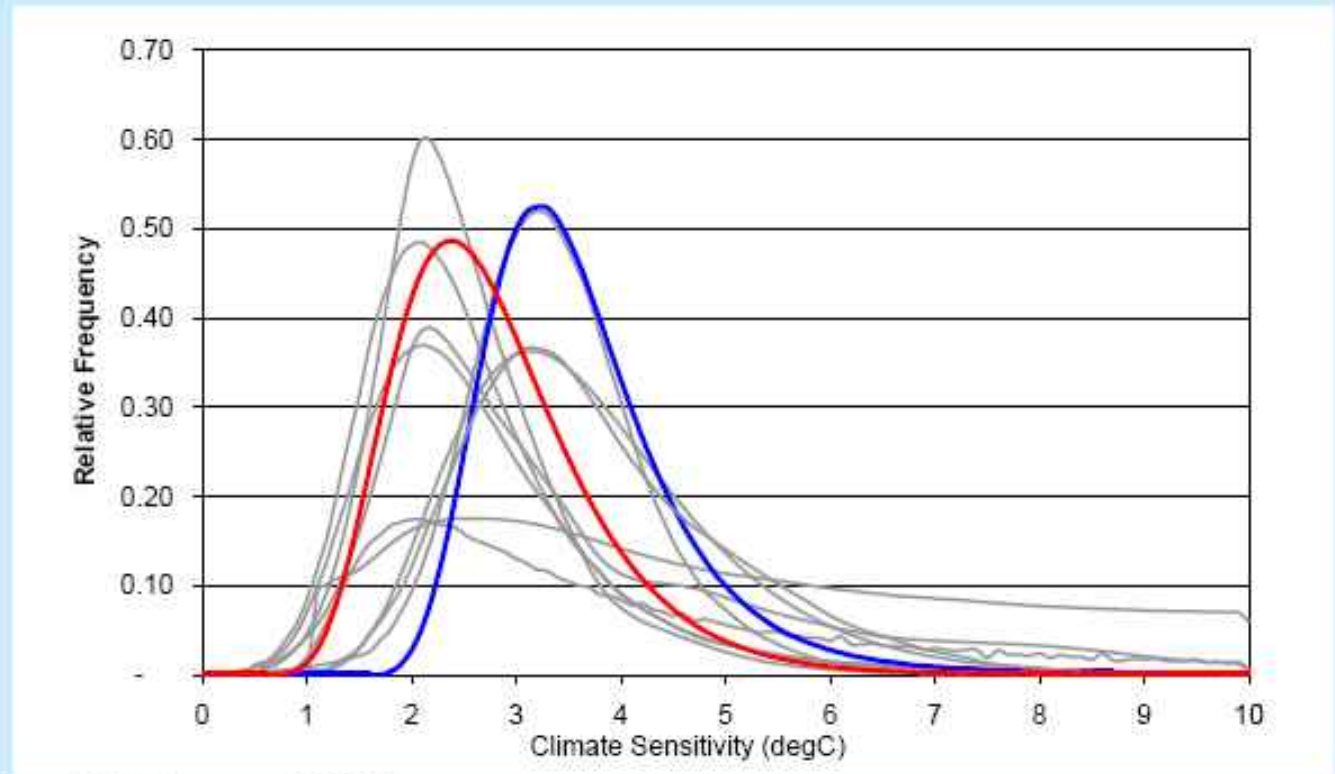


FIGURE SPM-7. Relative changes in precipitation (in percent) for the period 2090–2099, relative to 1980–1999. Values are multi-model averages based on the SRES A1B scenario for December to February (left) and June to August (right). White areas are where less than 66% of the models agree in the sign of the change and stippled areas are where more than 90% of the models agree in the sign of the change. {Figure 10.9}

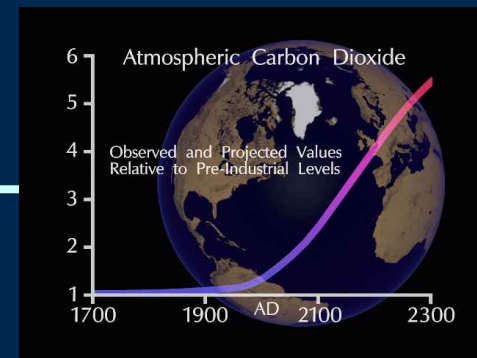
El informe STERN





Source: Reproduced from Meinhausen (2006)

Elementos clave



□ CAUSAS DE LOS CAMBIOS LIMÁTICOS

➤ FORZAMIENTOS RADIATIVOS ("Forcings")

□ RESULTADOS DEL IPCC.2007

□ CAMBIOS CLIMÁTICOS EN CANARIAS



Exposición
Felix Rodriguez de la Fuente

Enero.2007



El clima y sus efectos



Las proyecciones mostradas **A** y **B** se basan en dos escenarios hipotéticos creados por el **IPCC** (Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático)

Modelo utilizado: CCCma (Centro Canadiense de Modelización y Análisis del Clima)



El clima y sus efectos

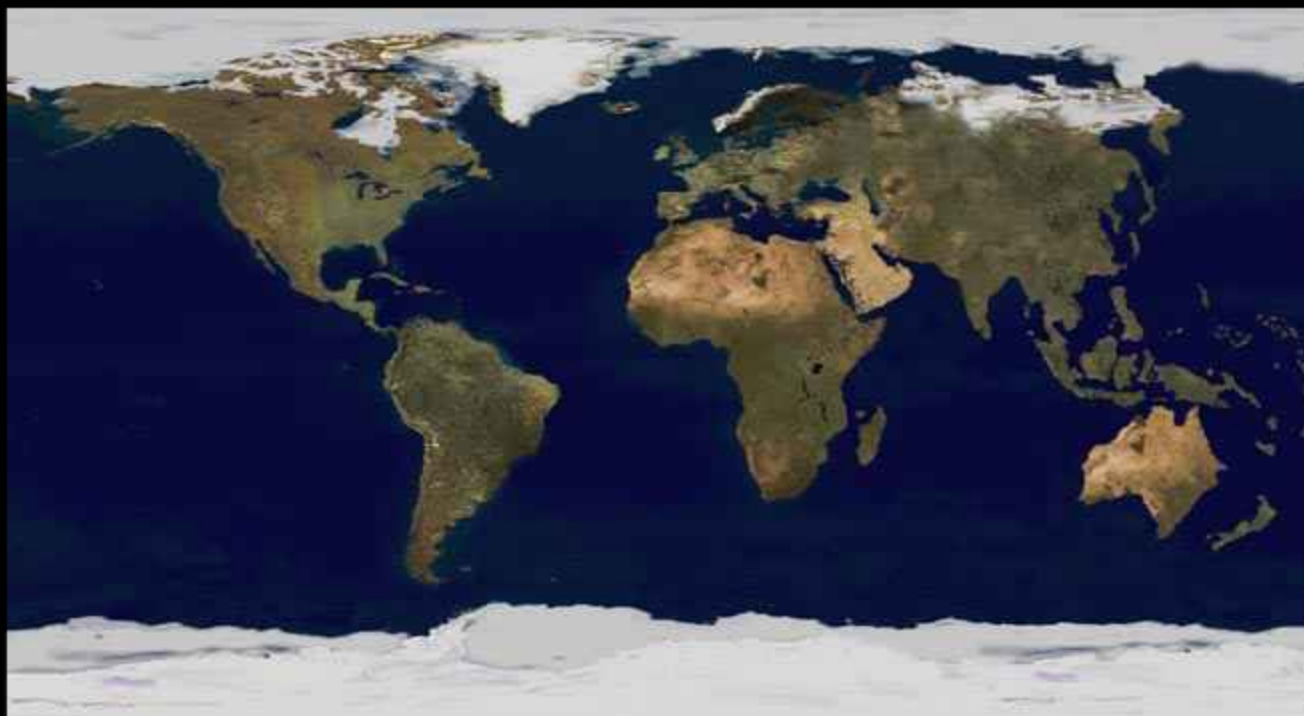


Escenario A : Emisiones muy altas

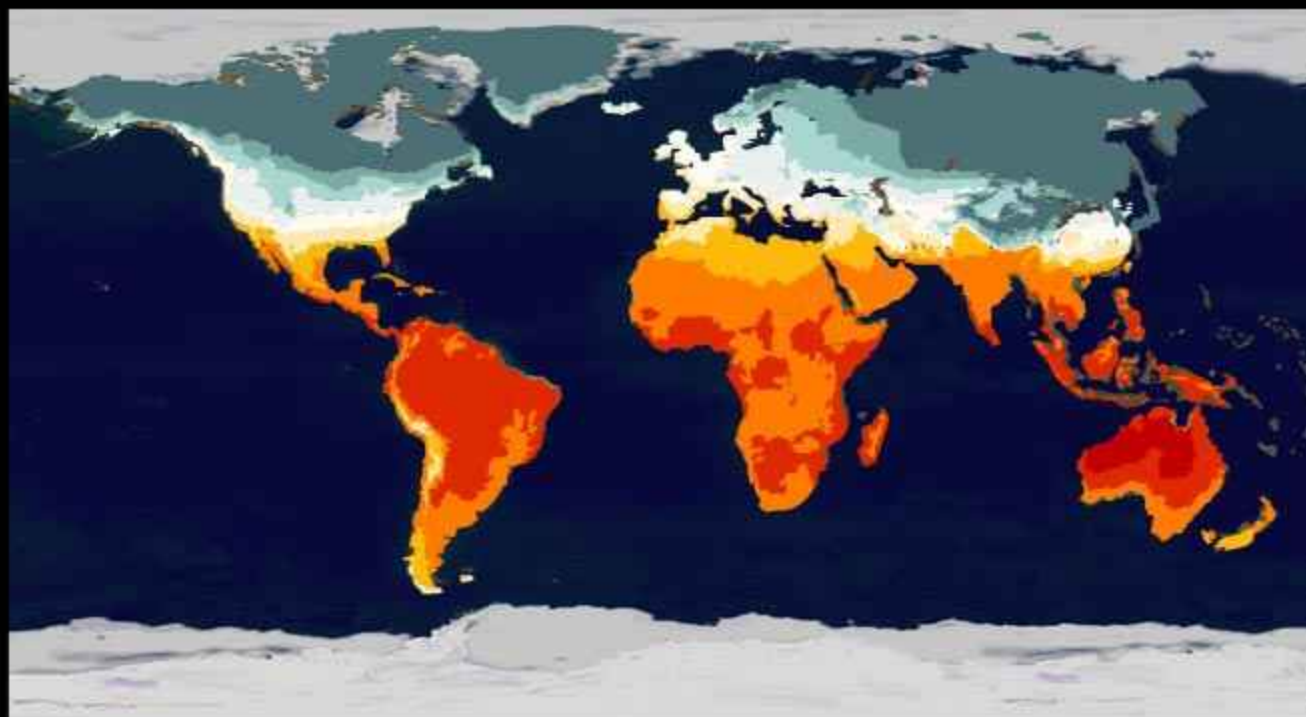
Corresponde a un futuro que no pone freno al actual crecimiento, desarrollo y uso de la energía

Escenario B : Emisiones moderadas

Corresponde a un futuro más sostenible que plantea soluciones económicas con criterios ambientales



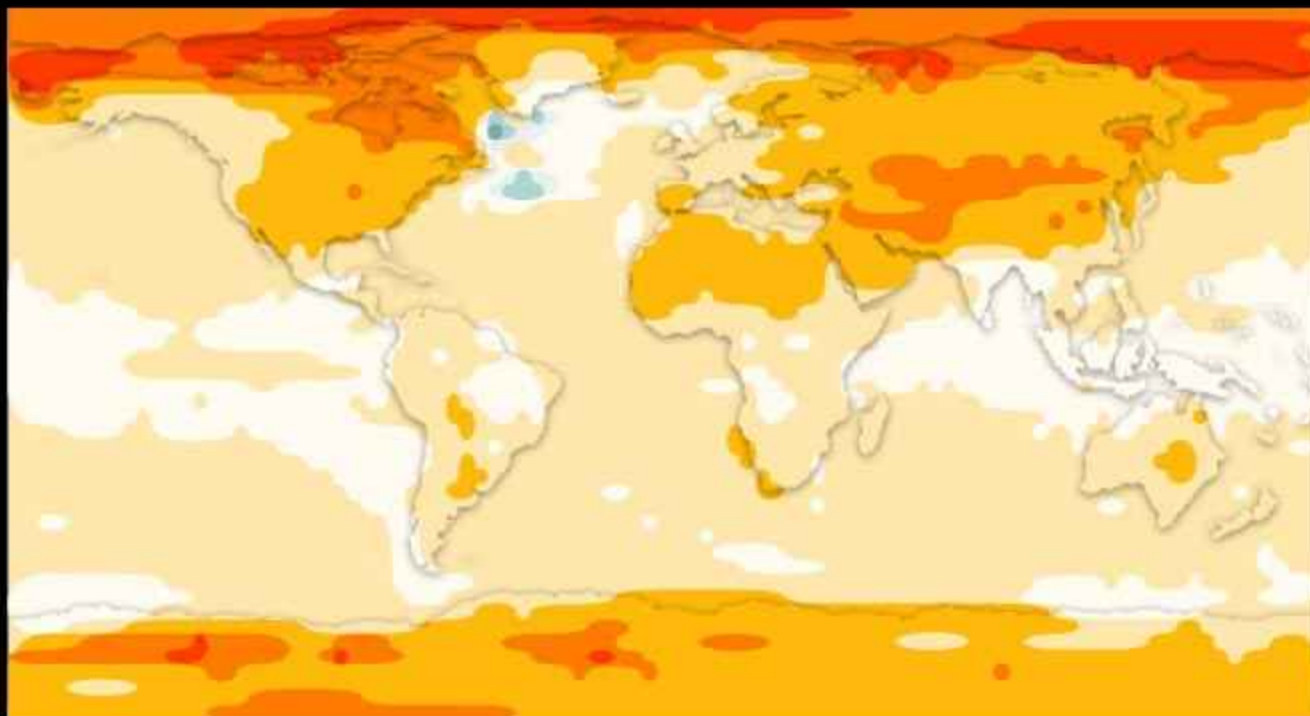
Los cambios mostrados corresponden a promedios de 30 años, tomando como años centrales de cada período los años **2020**, **2050** y **2080**, para dos variables básicas del clima: la **temperatura** anual media del aire en superficie y la **precipitación** anual media



Temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



Todos los cambios están referidos al periodo **1961-1990**, que representa el **clima actual**

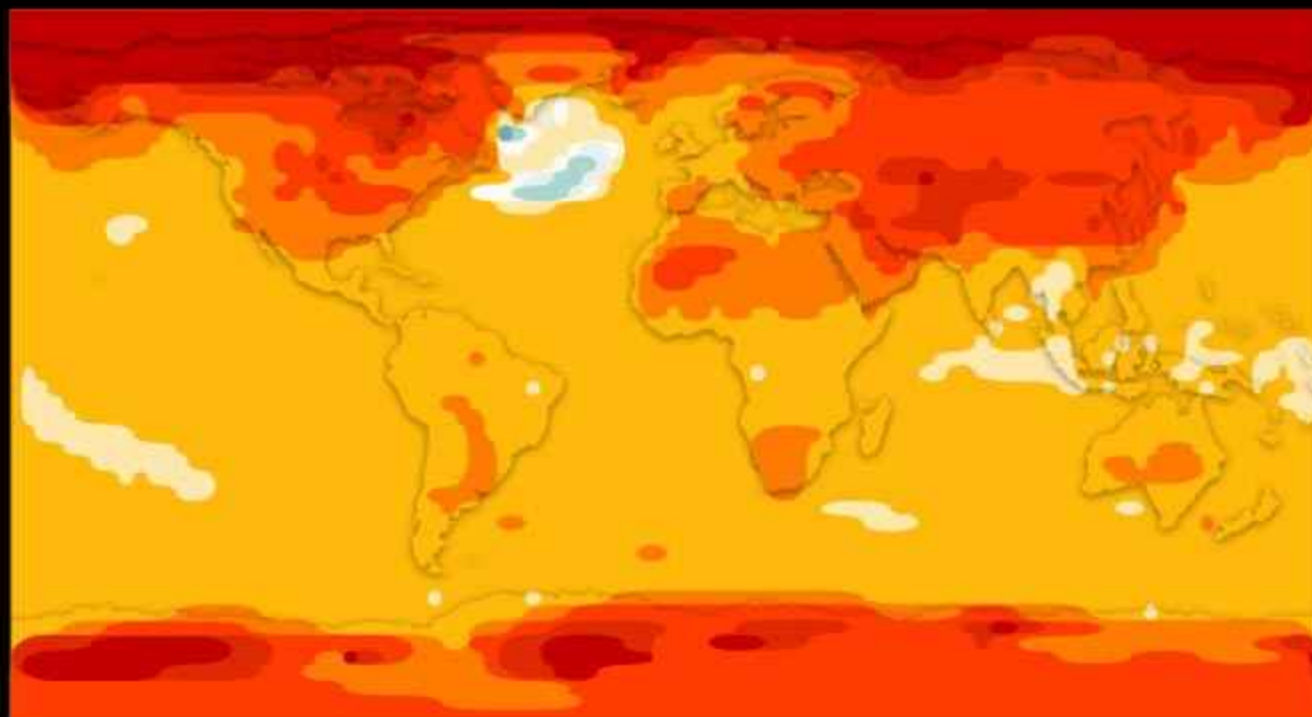


Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



A: Emisiones muy altas

2020

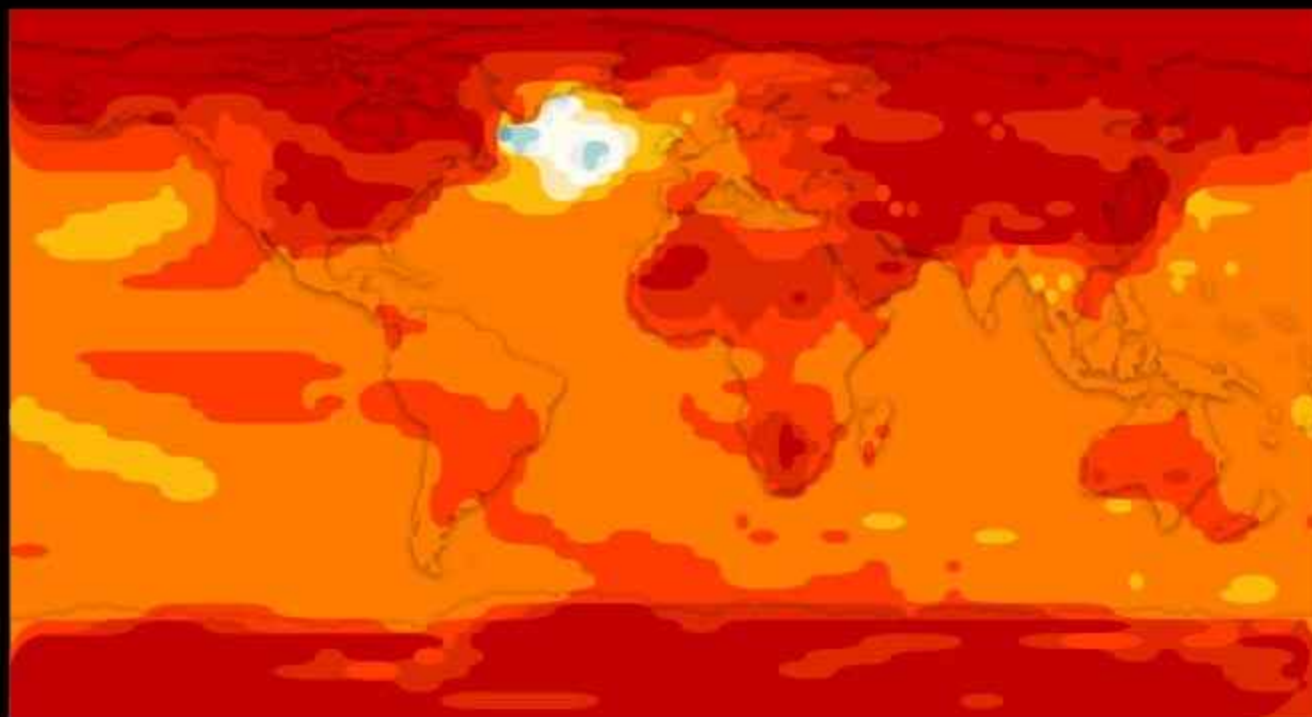


Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



A: Emisiones muy altas

2050



Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



-2

-1

-0.5

0

0.5

1

2

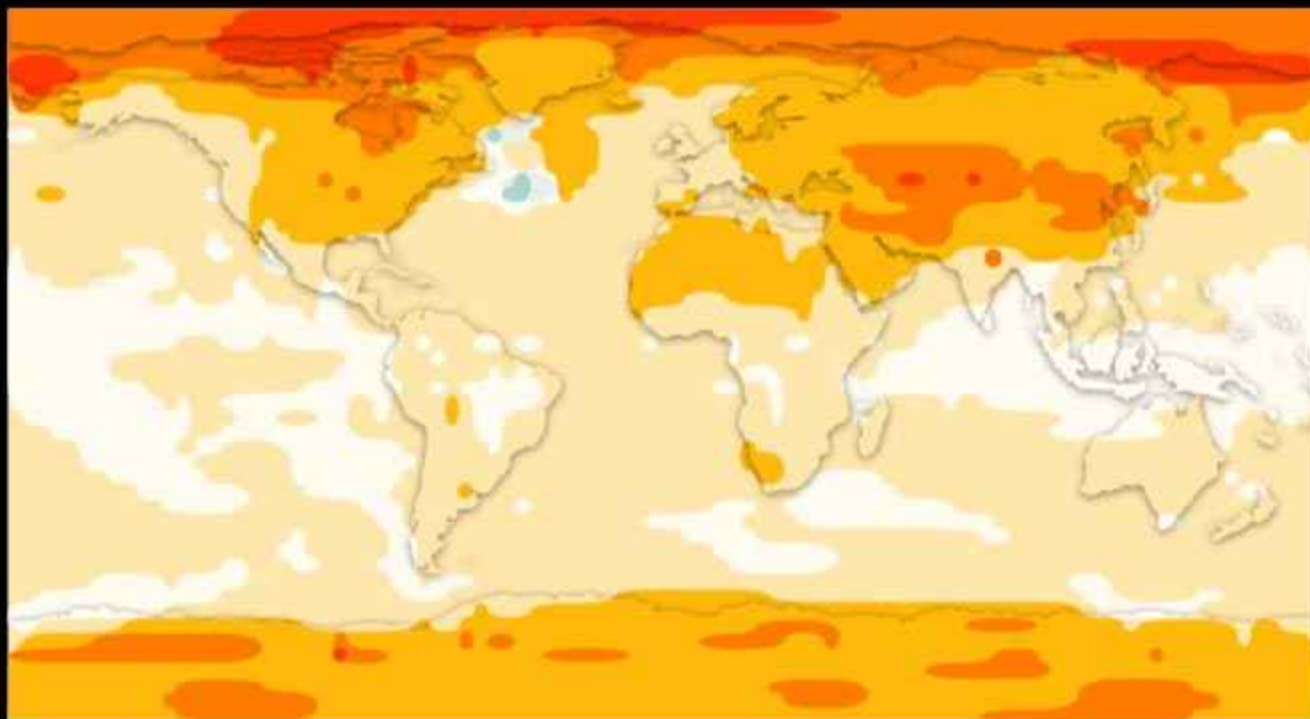
3

4

5

A: Emisiones muy altas

2080



Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



-2

-1

-0.5

0

0.5

1

2

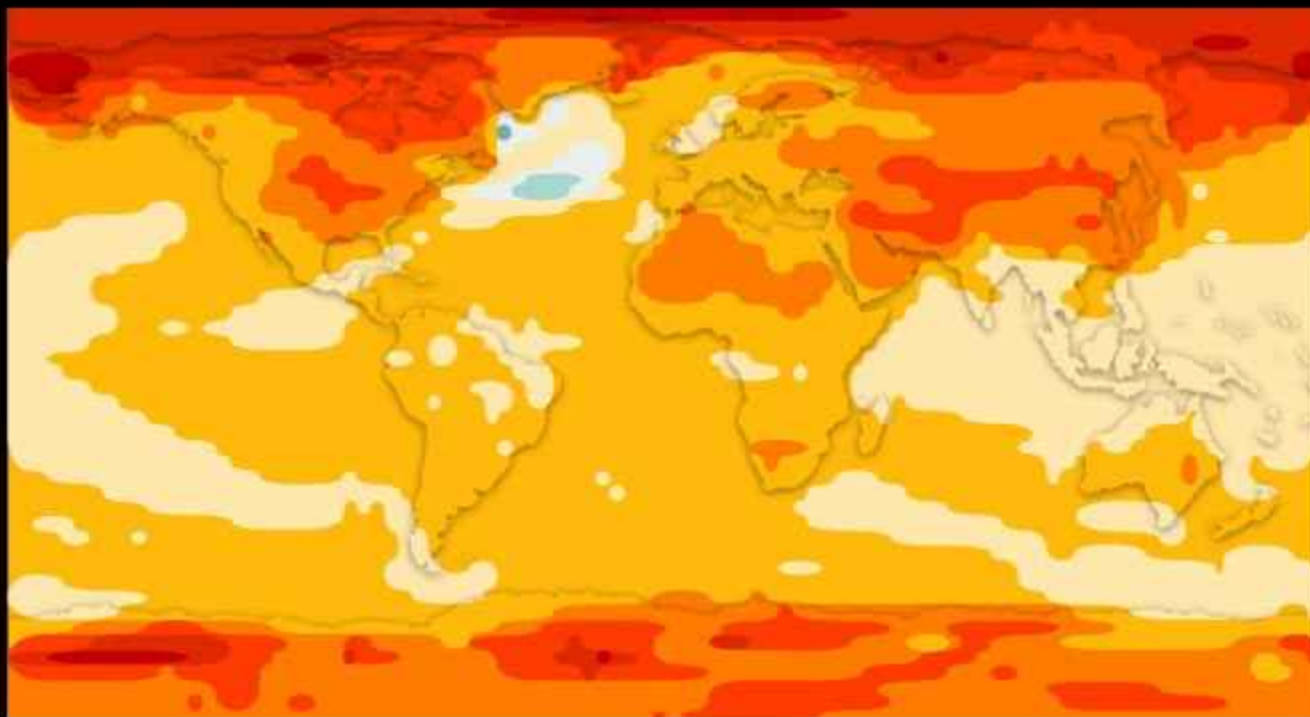
3

4

5

B: Emisiones moderadas

2020



Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



-2

-1

-0.5

0

0.5

1

2

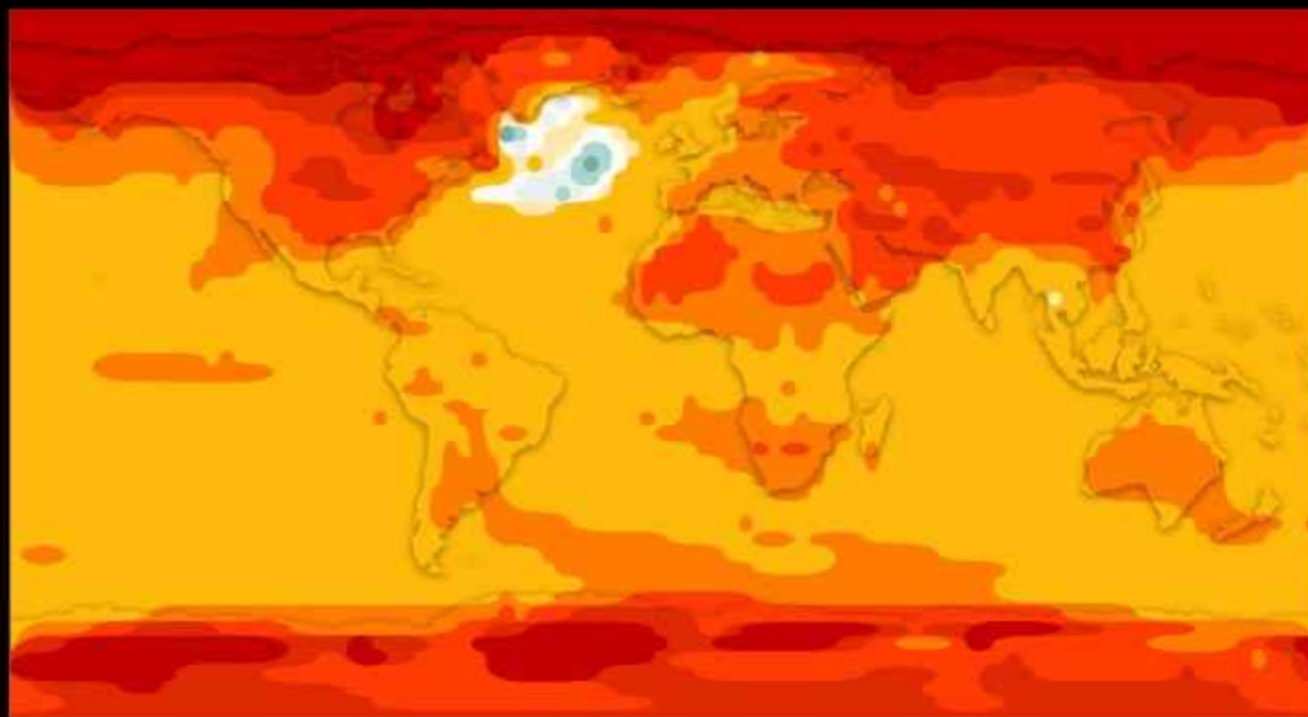
3

4

5

B: Emisiones moderadas

2050



Cambio en la temperatura media anual del aire en superficie (en °C)



-2

-1

-0.5

0

0.5

1

2

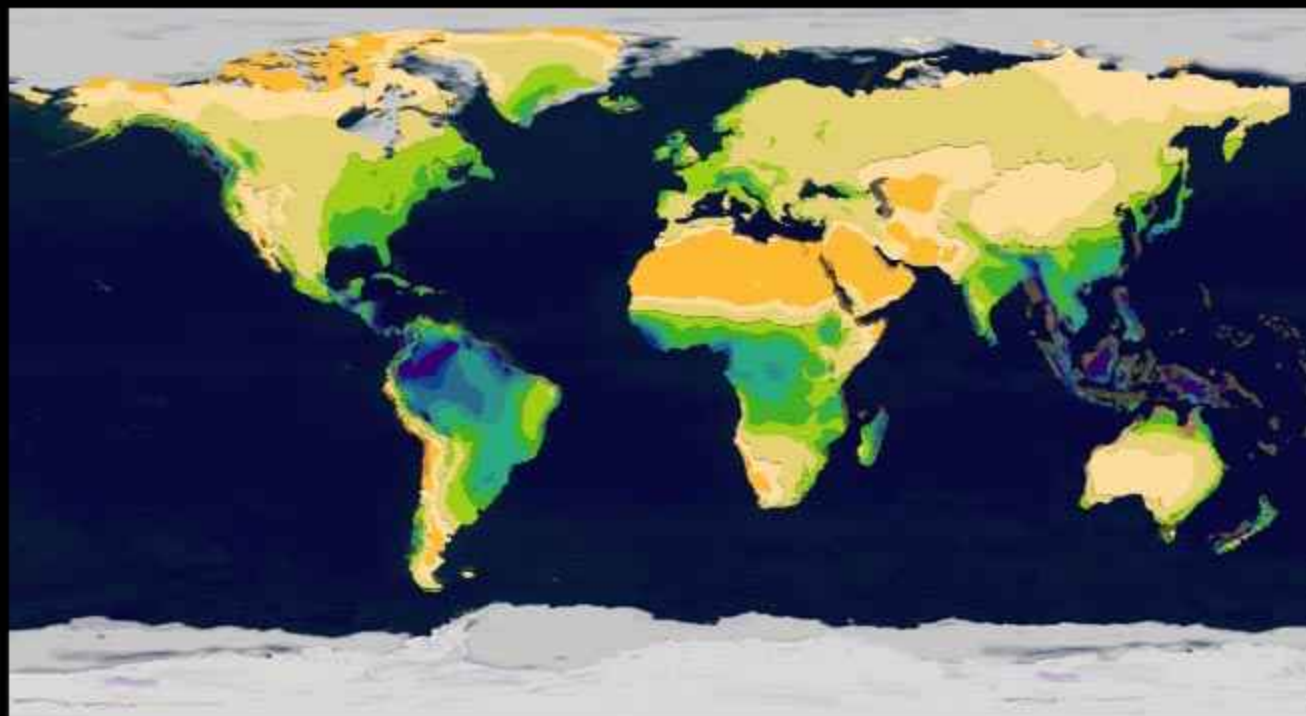
3

4

5

B: Emisiones moderadas

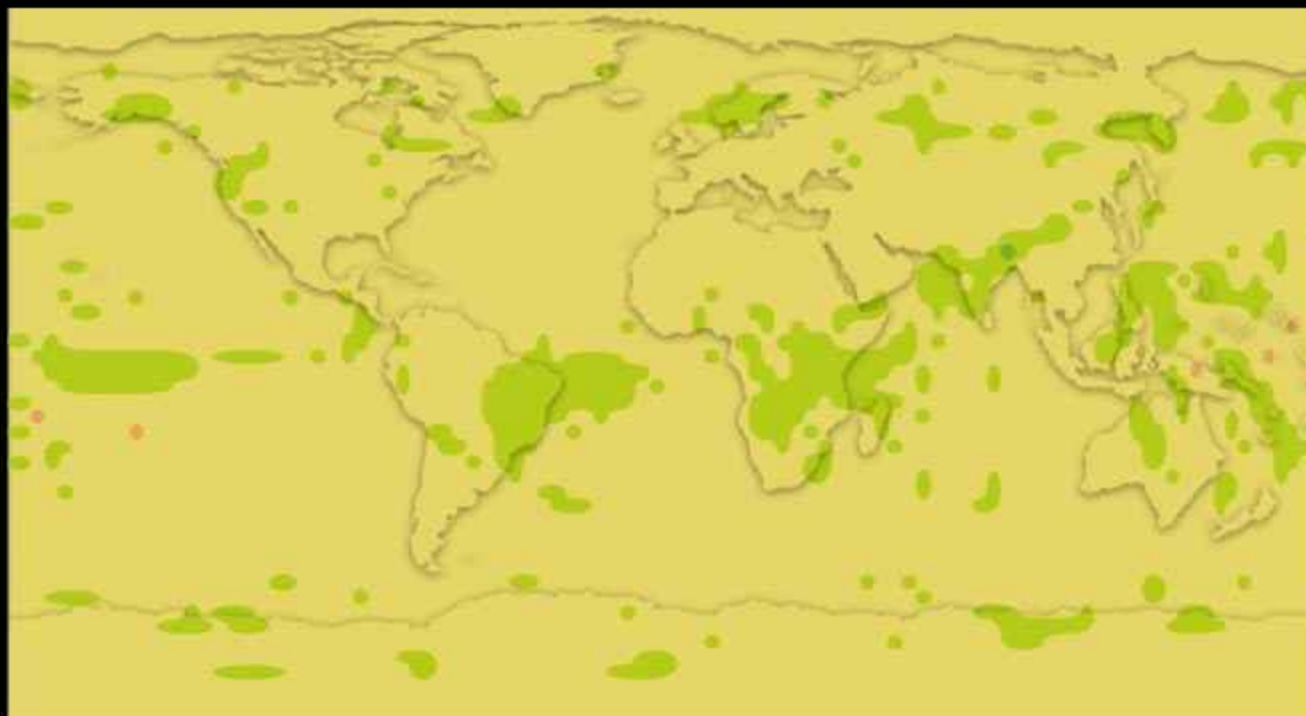
2080



Precipitación media anual (en litros por metro cuadrado y día)



Todos los cambios están referidos al periodo 1961-1990, que representa el clima actual

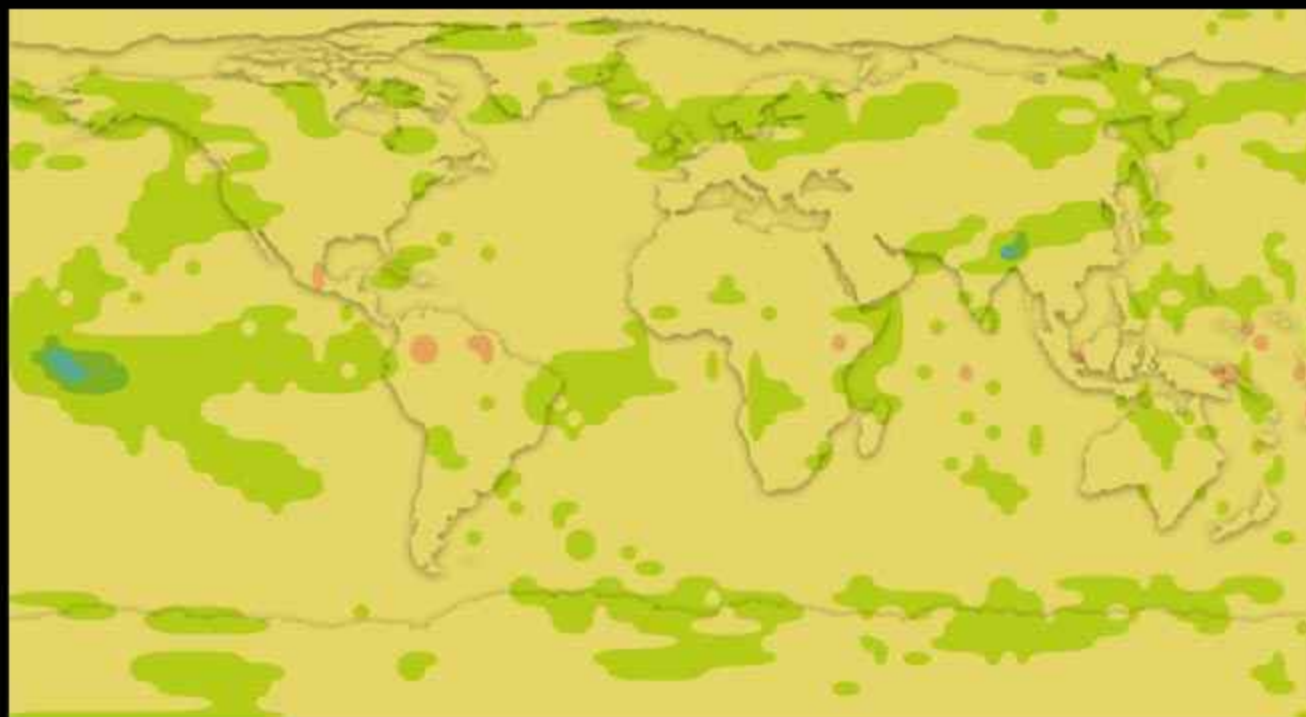


Cambio en la precipitación media anual (en %)



A: Emisiones muy altas

2020

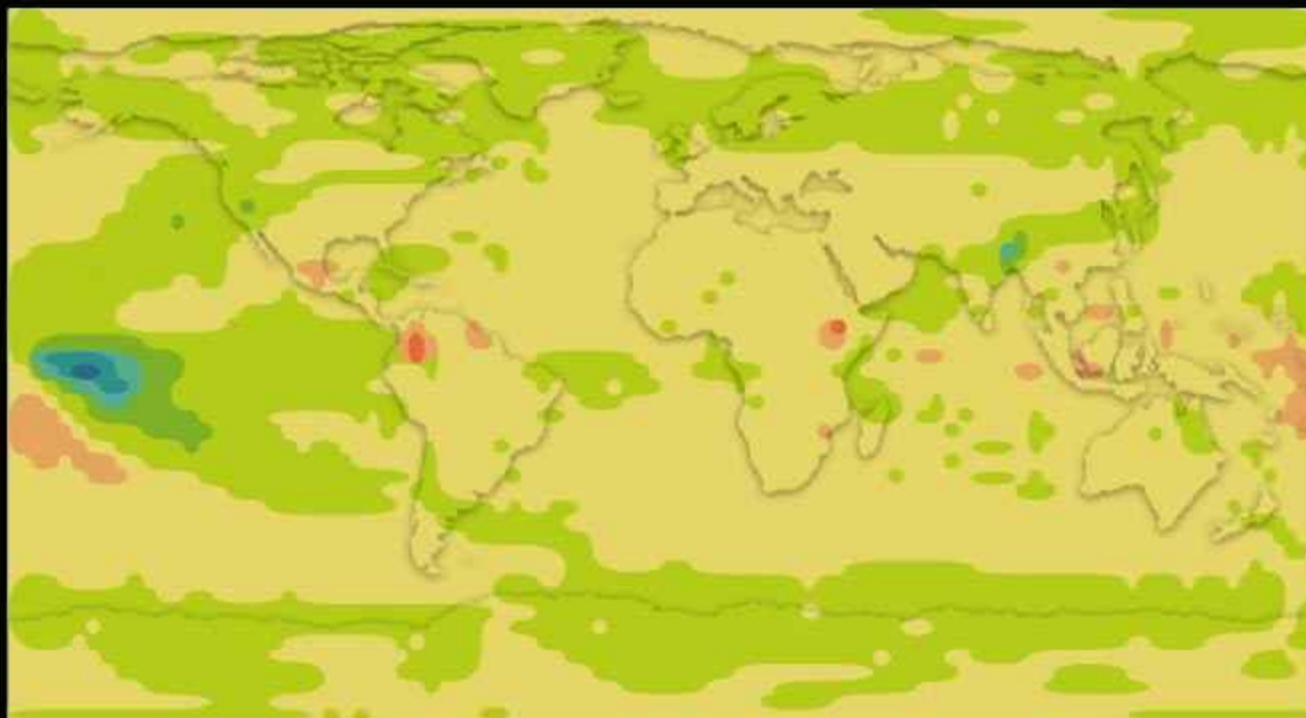


Cambio en la precipitación media anual (en %)



A: Emisiones muy altas

2050

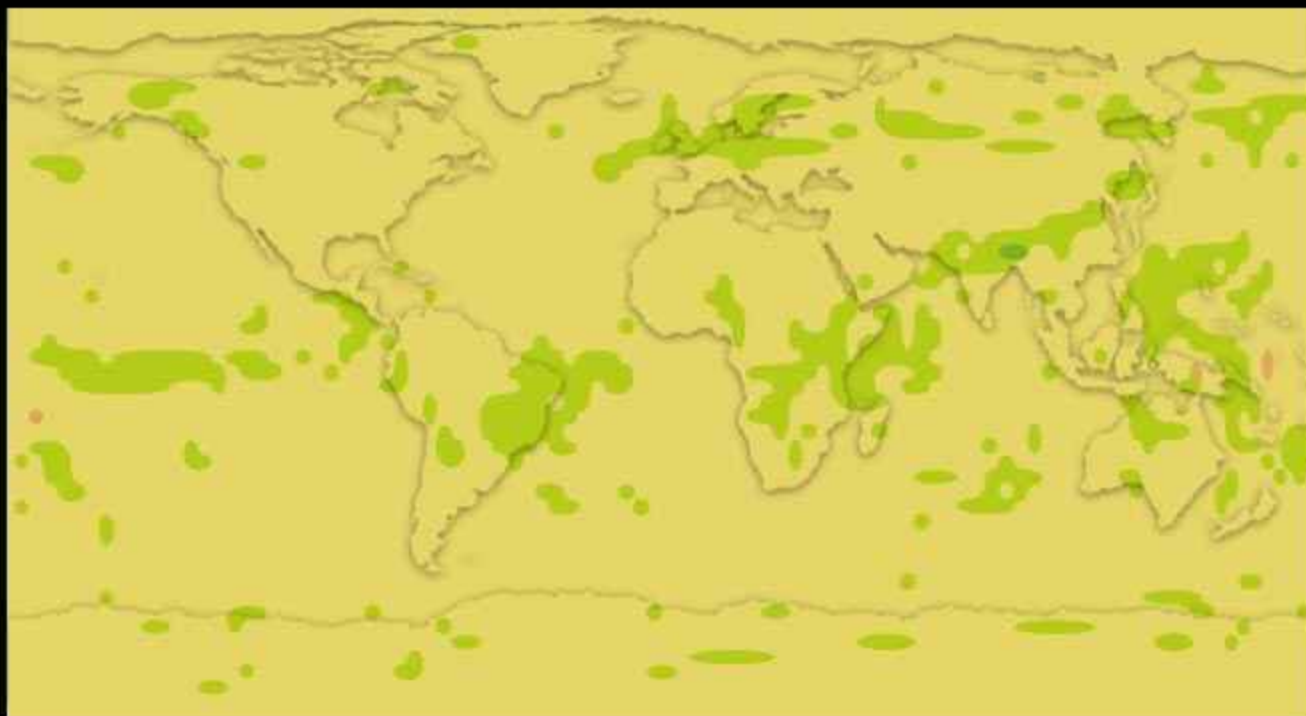


Cambio en la precipitación media anual (en %)



A: Emisiones muy altas

2080

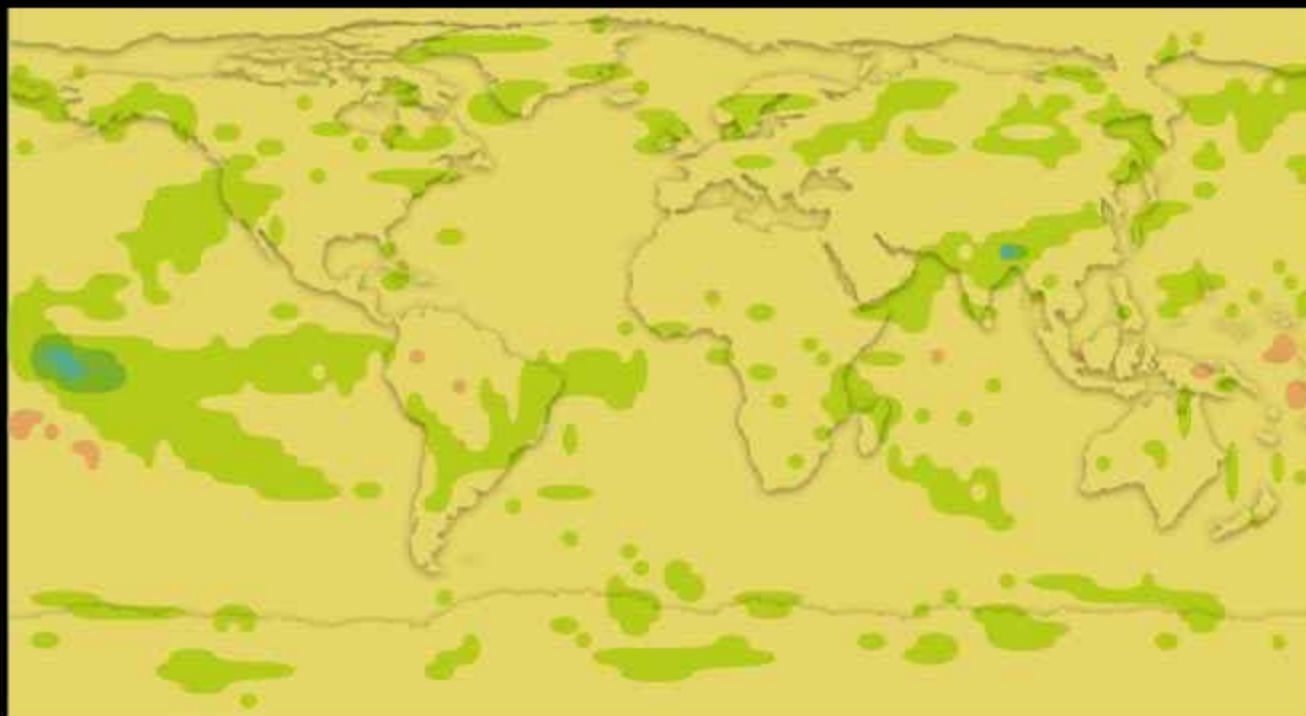


Cambio en la precipitación media anual (en %)



B: Emisiones moderadas

2020

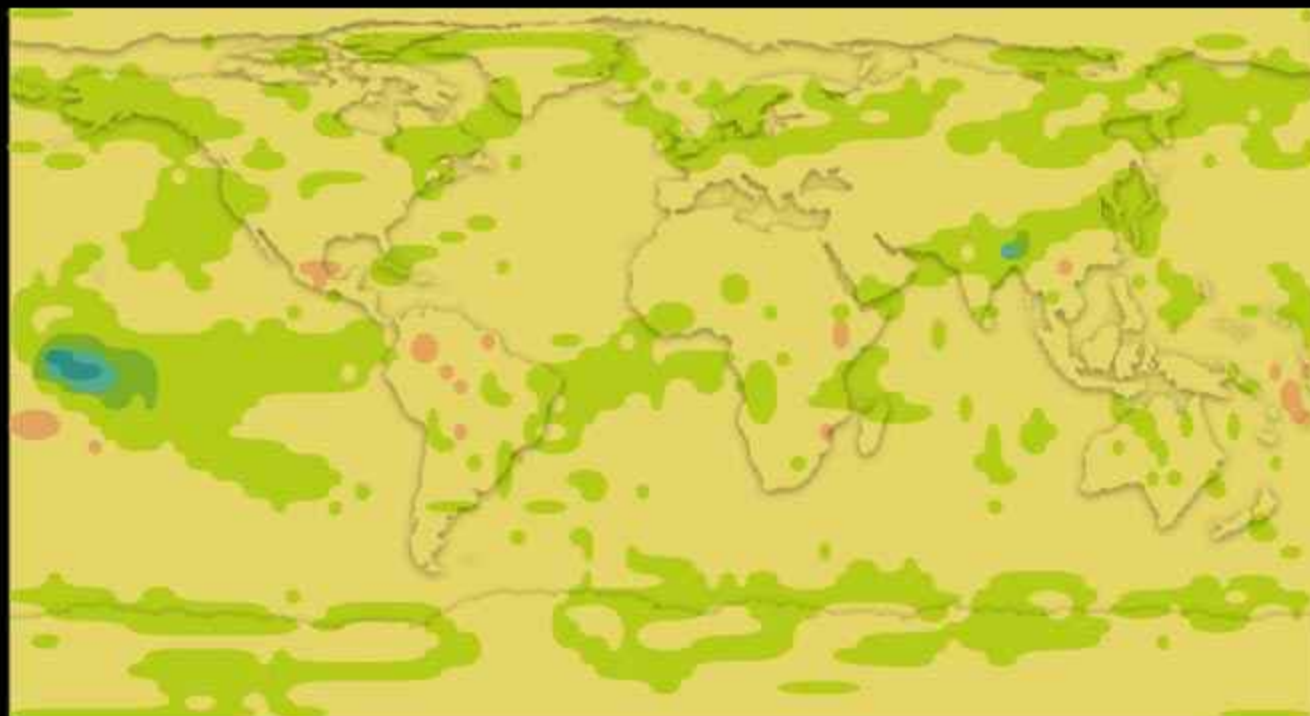


Cambio en la precipitación media anual (en %)



B: Emisiones moderadas

2050



Cambio en la precipitación media anual (en %)

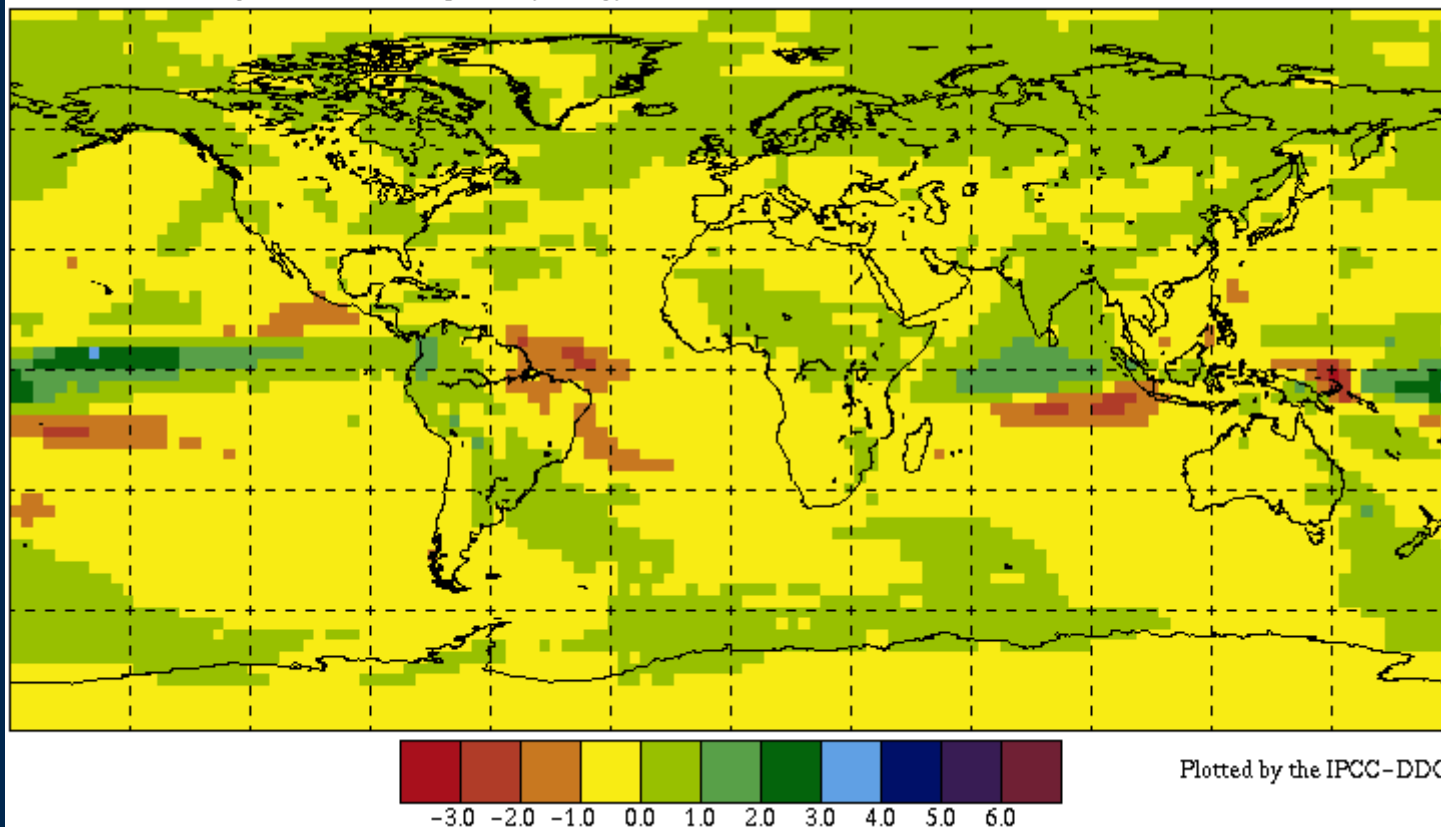


B: Emisiones moderadas

2080

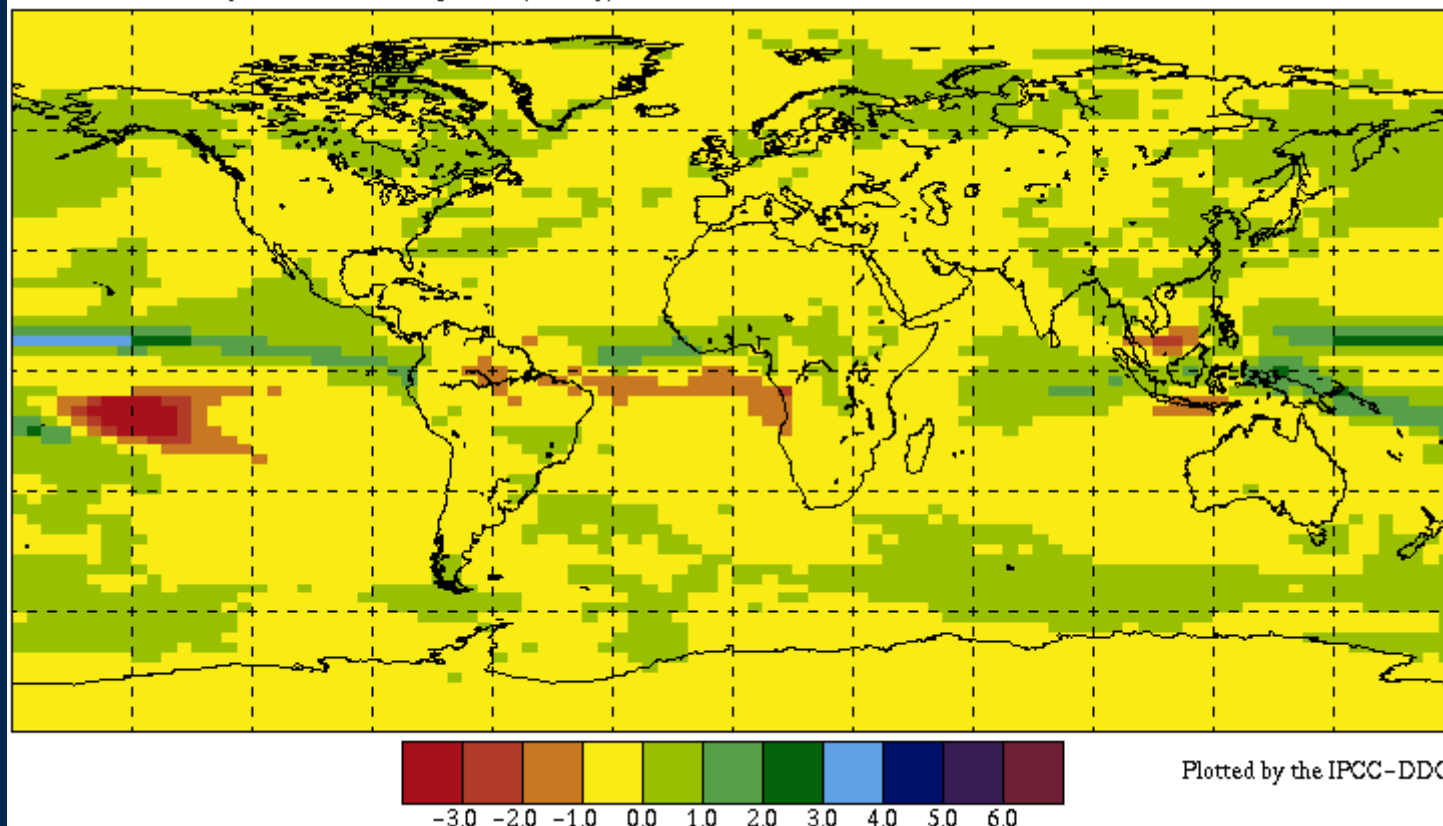


ECHAM4/B2a January to December Precipitation (mm/day) 2050s relative to 1961-90



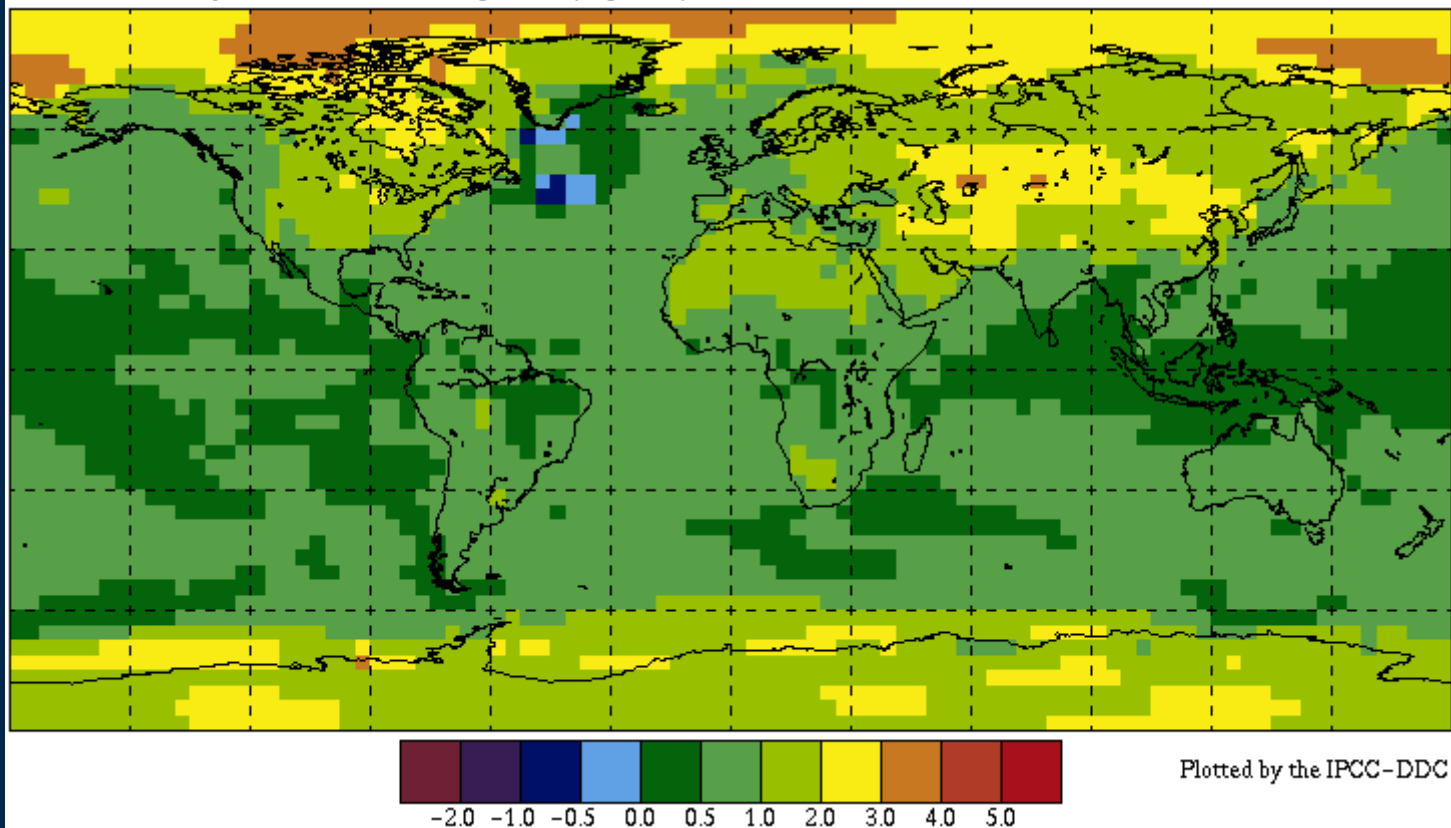


HadCM3/B2a January to December Precipitation (mm/day) 2050s relative to 1961-90



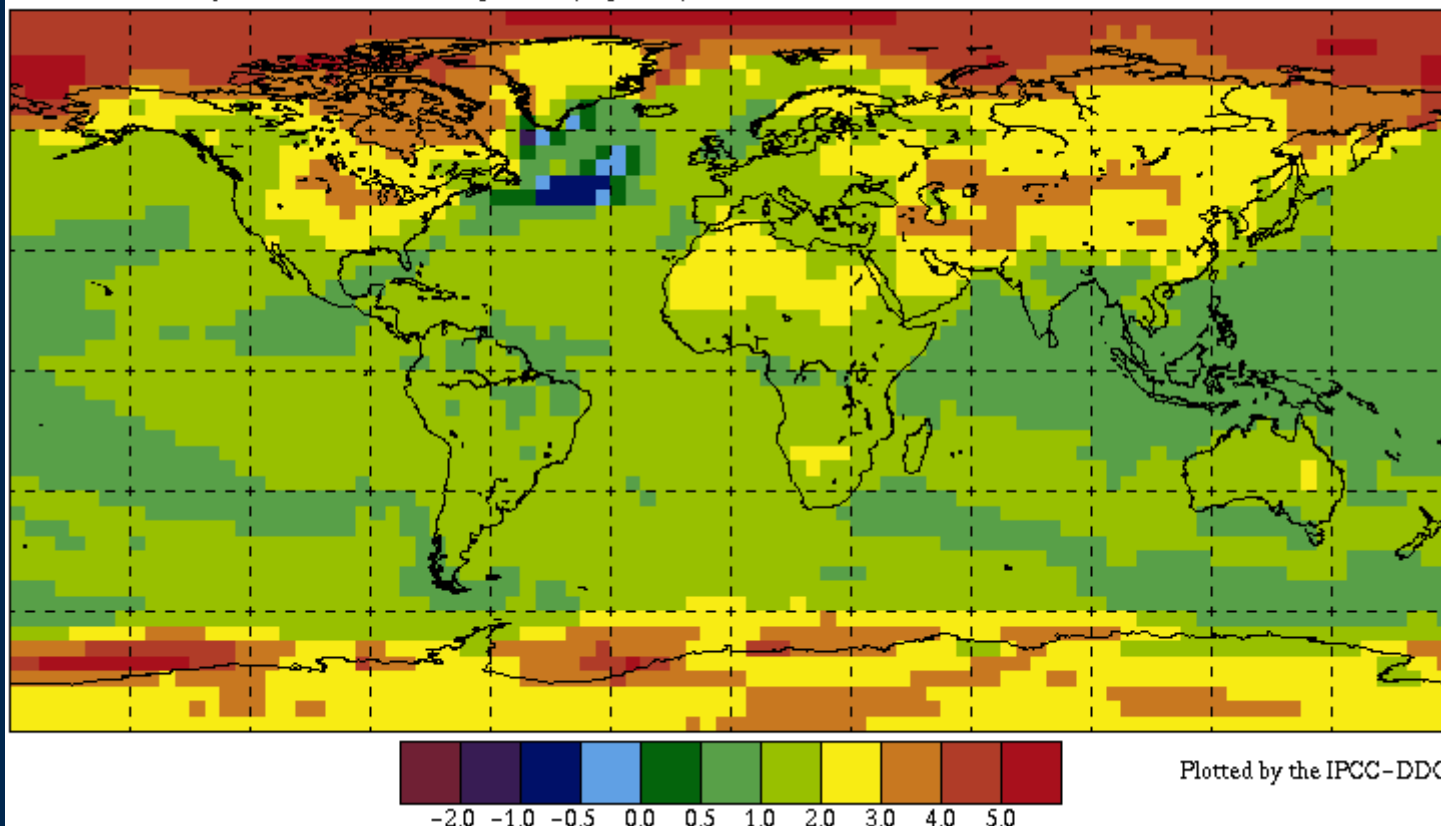


CCCma/B2a January to December Mean Temperature (degrees C) 2020s relative to 1961-90



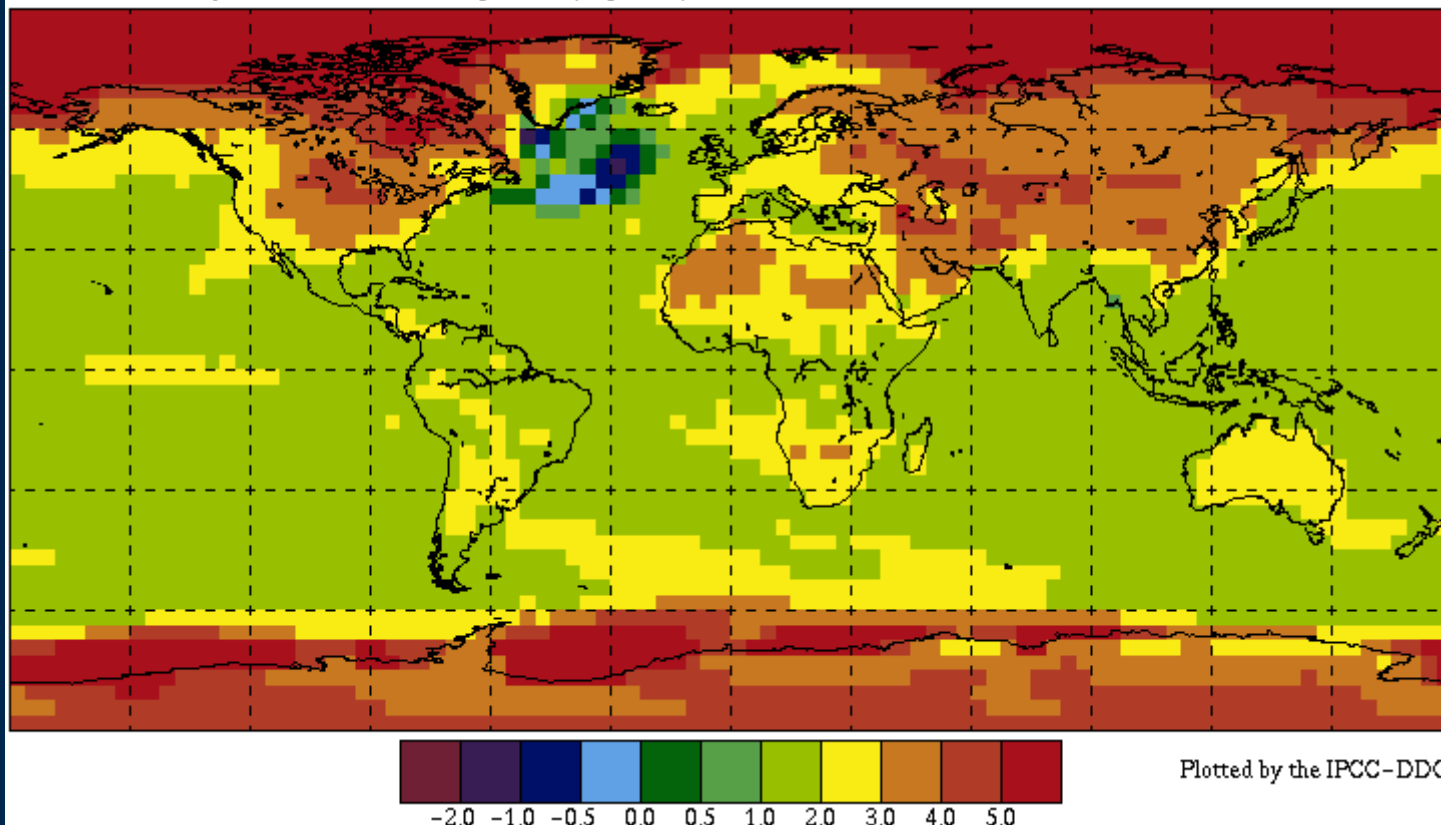


CCCma/B2a January to December Mean Temperature (degrees C) 2050s relative to 1961-90

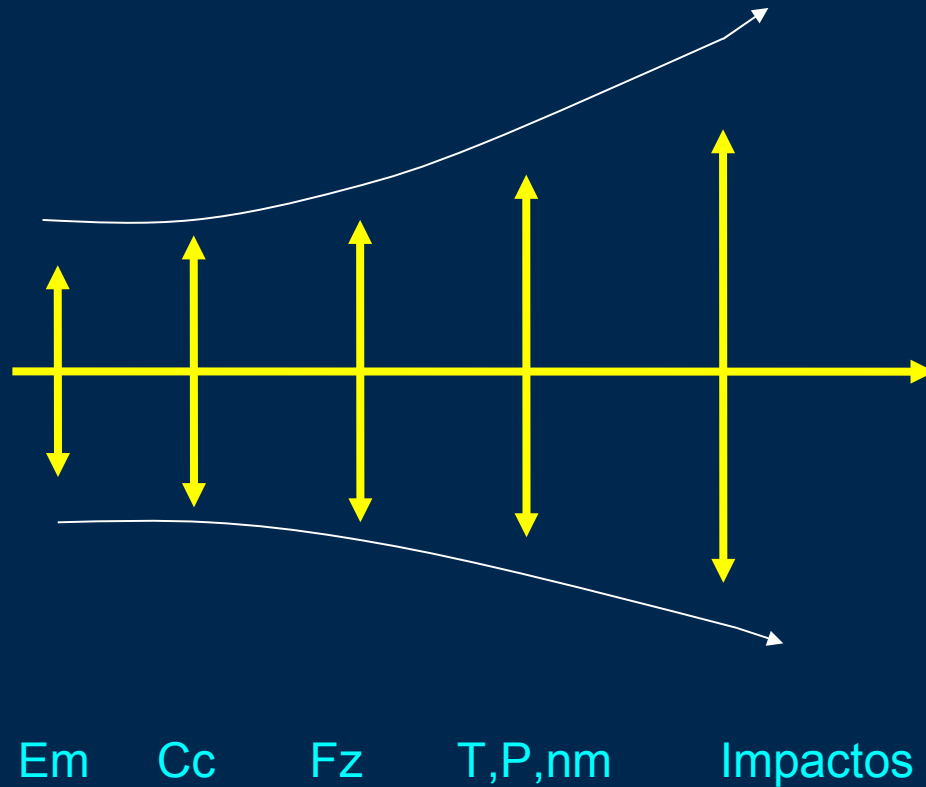




CCCma/B2a January to December Mean Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



Propagación de la incertidumbre



IPCC 2007 - 4AR wg1: Tendencias recientes



Table SPM-2. Recent trends, assessment of human influence on the trend, and projections for extreme weather events for which there is an observed late 20th century trend. {Tables 3.7, 3.8, 9.4, Sections 3.8, 5.5, 9.7, 11.2-11.9}

Phenomenon ^a and direction of trend	Likelihood that trend occurred in late 20th century (typically post 1960)	Likelihood of a human contribution to observed trend ^b	Likelihood of future trends based on projections for 21st century using SRES scenarios
Warmer and fewer cold days and nights over most land areas	<i>Very likely</i> ^c	<i>Likely</i> ^d	<i>Virtually certain</i> ^d
Warmer and more frequent hot days and nights over most land areas	<i>Very likely</i> ^e	<i>Likely (nights)</i> ^d	<i>Virtually certain</i> ^d
Warm spells / heat waves. Frequency increases over most land areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Very likely</i>
Heavy precipitation events. Frequency (or proportion of total rainfall from heavy falls) increases over most areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Very likely</i>
Area affected by droughts increases	<i>Likely</i> in many regions since 1970s	<i>More likely than not</i>	<i>Likely</i>
Intense tropical cyclone activity increases	<i>Likely</i> in some regions since 1970	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Likely</i>
Increased incidence of extreme high sea level (excludes tsunamis) ^g	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^{f, h}	<i>Likely</i> ⁱ

Table notes:

^a See Table 3.7 for further details regarding definitions.

^b See Table TS-4, Box TS.3.4 and Table 9.4.

^c Decreased frequency of cold days and nights (coldest 10%).

^d Warming of the most extreme days and nights each year.

^e Increased frequency of hot days and nights (hottest 10%).

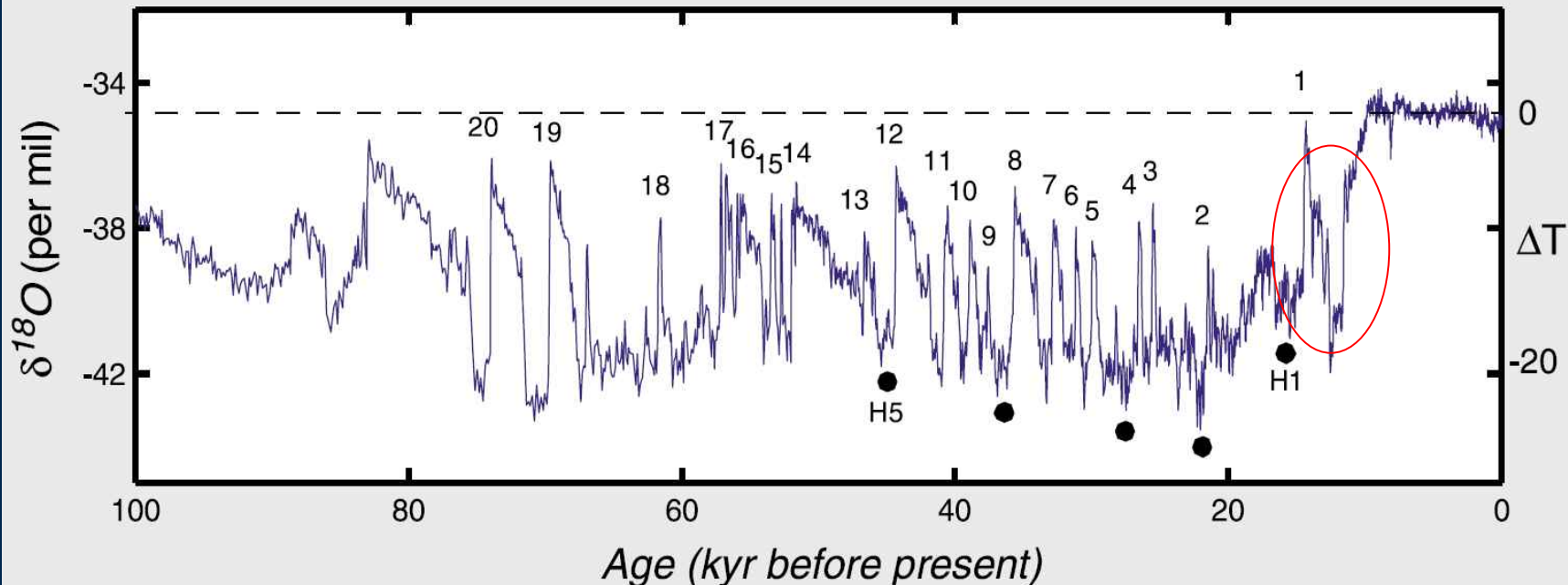
^f Magnitude of anthropogenic contributions not assessed. Attribution for these phenomena based on expert judgement rather than formal attribution studies.

^g Extreme high sea level depends on average sea level and on regional weather systems. It is defined here as the highest 1% of hourly values of observed sea level at a station for a given reference period.

^h Changes in observed extreme high sea level closely follow the changes in average sea level {5.5.2.6}. It is *very likely* that anthropogenic activity contributed to a rise in average sea level. {9.5.2}

ⁱ In all scenarios, the projected global average sea level at 2100 is higher than in the reference period {10.6}. The effect of changes in regional weather systems on sea level extremes has not been assessed.

Eventos cálidos Dansgaard-Oeschger (DO) y eventos fríos Henrich (H) durante la última glaciación



Record of $\delta^{18}\text{O}$ (per mil, scale on left) from the Greenland Ice Sheet Project (GRIP) ice core, a proxy for atmospheric temperature over Greenland (approximate temperature range, in $^{\circ}\text{C}$ relative to Holocene average, is given on the right), showing the relatively stable Holocene climate in Greenland during the past 10 000 years and Dansgaard-Oeschger (D/O) warm events (numbered) during the preceding colder glacial climate.

Source: Ganopolski and Rahmstorf (2001) *Nature* 409:153-158.

5 conclusiones esenciales



- ❑ Cualquier cambio climático es una respuesta de adaptación del planeta como sistema global, ante una alteración del balance de radiaciones entrante y saliente
 - Forzamientos radiativos.

- ❑ El carácter no lineal de las interacciones y procesos existentes, amplifica la respuesta inicial debida a la intensificación del efecto de invernadero por la acción humana
 - El Sistema Climático y las retroalimentaciones

- ❑ Los impactos en las Islas Canarias más preocupantes, evaluables en la actualidad, están relacionados con los cambios de temperatura
 - Es esencial sustituir la idea de "predicciones" por la de probabilidad de RIESGO (probabilidad x efecto)

Referencias



Convención Marco C.Climático
<http://unfccc.int/>

Interg.Panel on Cl.Change-IPCC
<http://www.ipcc.ch>

**Agencia Internacional de la
Energía**<http://www.iea.org/>

http://visibleearth.nasa.gov/images/1438/earth_lights.jpg