



# **IQ 5452**

---

## **Clase 07:**

# **Fundamentos de Cambio Climático**



# Una definición de Clima:

---

“El estado promedio del tiempo”

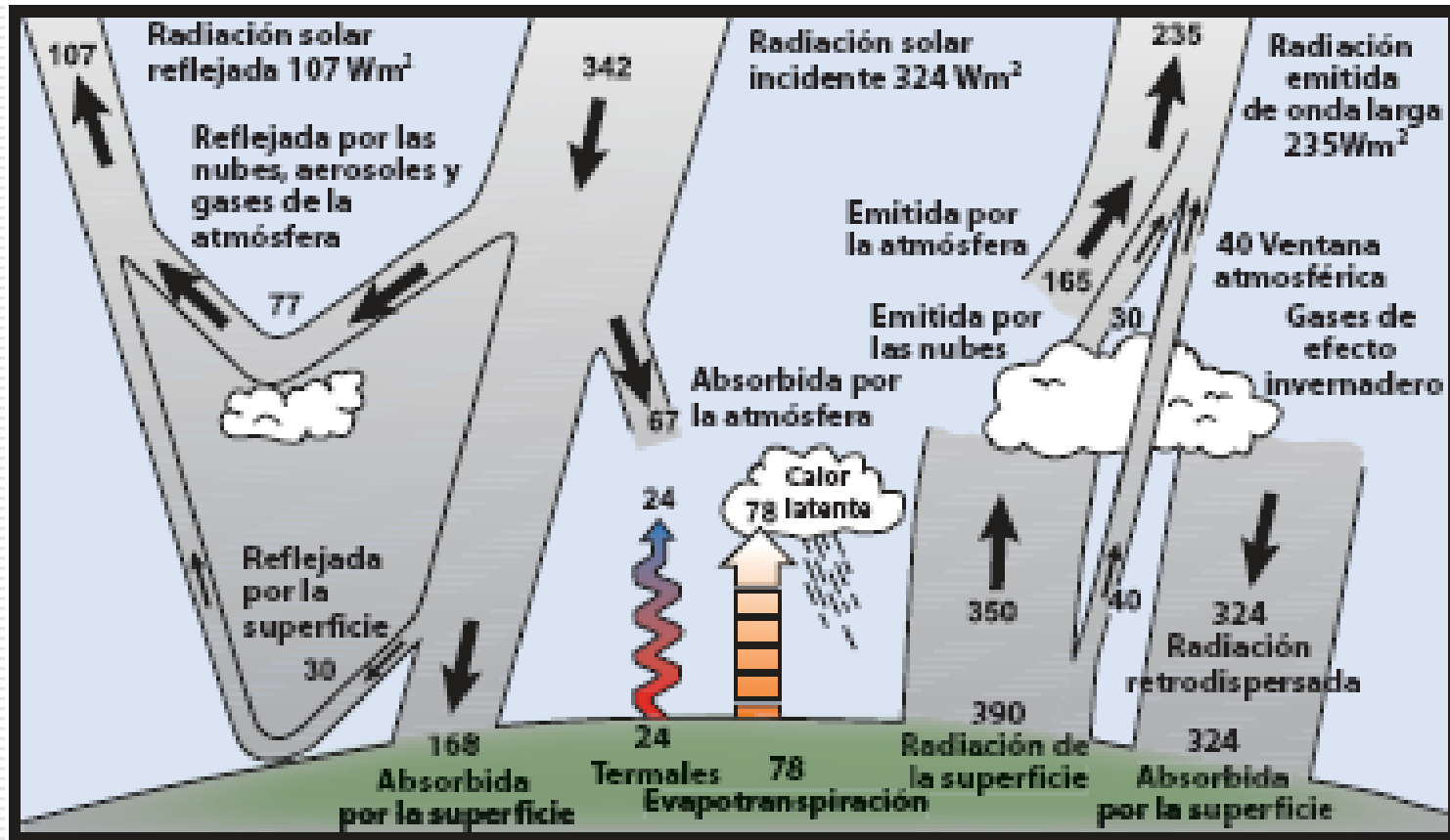
Panel Intergubernamental en Cambio Climático,  
IPCC (2007)

- Descripción estadística del tiempo atmosférico: variables de superficie temperatura, precipitación, viento
- meses hasta millones de años
- variabilidad de las magnitudes





# Equilibrio energético en la atmósfera



Fuente: figura IPCC, PF1.1 Equilibrio anual y mundial de energía



# El Efecto Invernadero en el sistema atmosférico

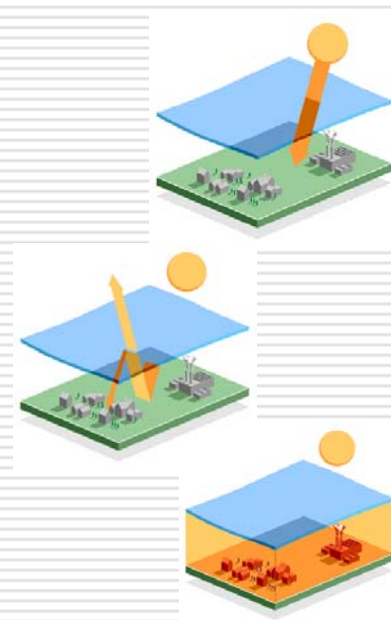
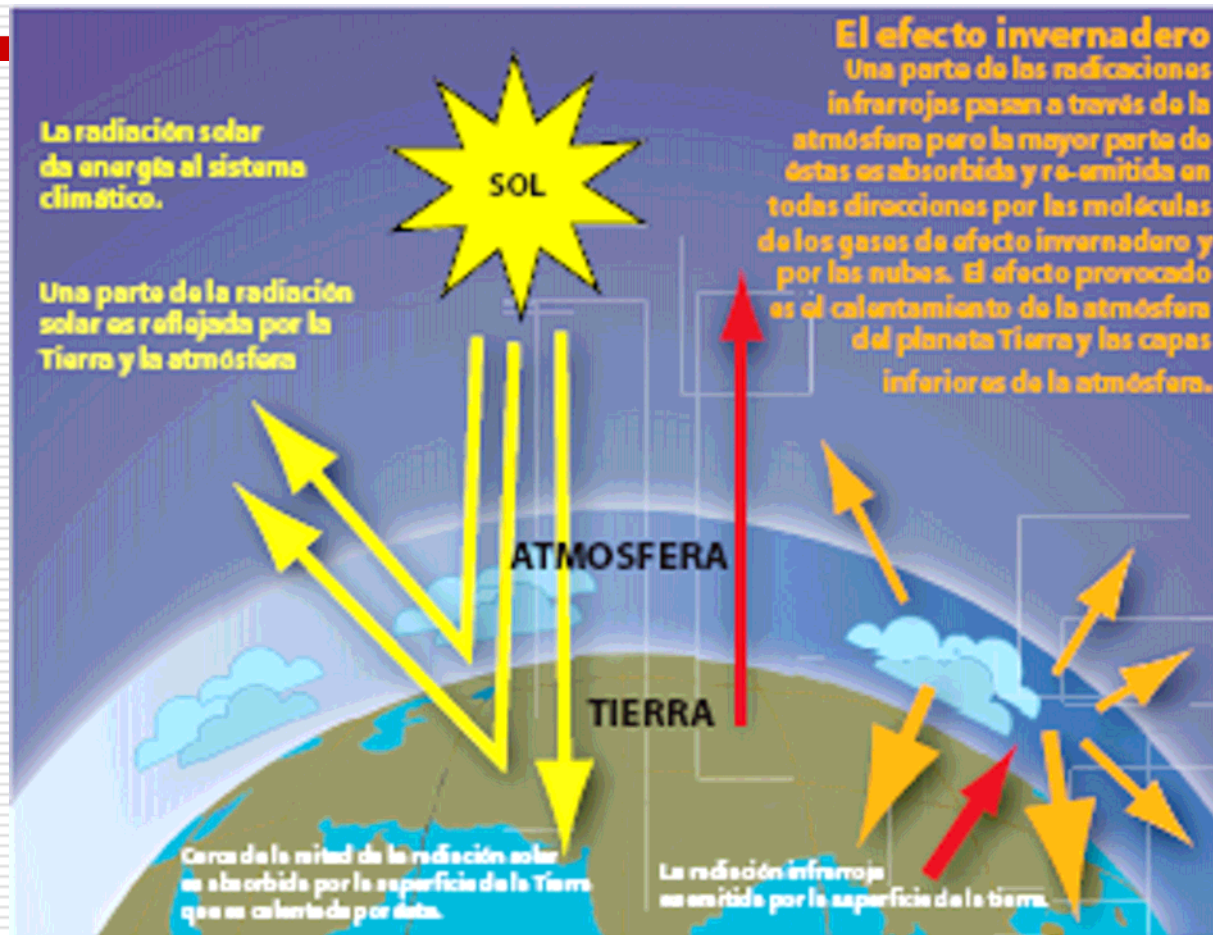


Figura: IPCC, PF1.3, figura 1 Efecto invernadero natural



# Cambio Climático:

*cambio del clima atribuido directa o indirectamente a **actividades humanas** que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la **variabilidad natural** del clima observada durante períodos de tiempo comparables". Se hace pues una distinción entre "cambio climático", atribuible a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera, y "variabilidad del clima", atribuible a causas naturales.*



## Convención de Naciones Unidas en Cambio Climático



# Panel Intergubernamental en Cambio Climático: IPCC

---

*1988*

- Organización Meteorológica Mundial (OMM)



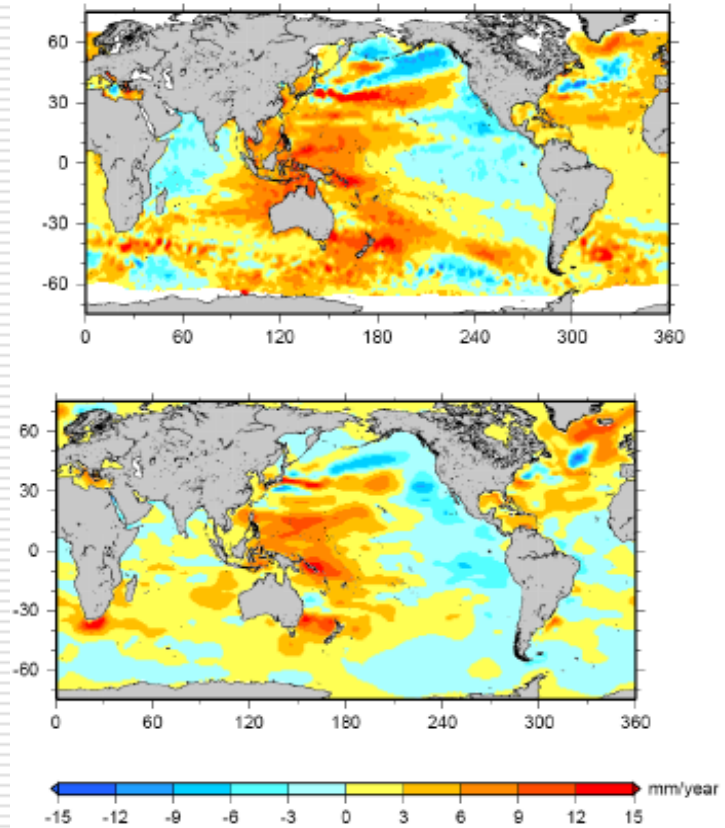
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)





# Mandato del IPCC

*"Analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo"*







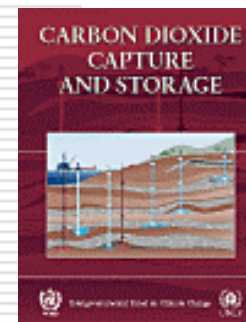
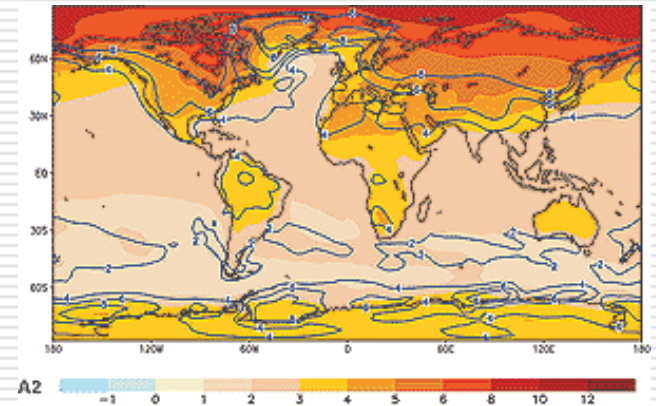
# Implementación del mandato: organización técnica institucional

## Grupos de Trabajo

- ❑ Grupo de Trabajo 1: aspectos científicos del Sistema Climático y el Cambio Climático
- ❑ Grupo de Trabajo 2: impactos, vulnerabilidad y adaptación
- ❑ Grupo de Trabajo 3: mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero

## Fuerza de Tarea

- ❑ Programa del IPCC sobre Inventarios Nacionales de emisiones de GEI



## Guías IPCC para Inventario de GEI (2006)



# Implementación del mandato: *"Reportes de Evaluación"*

---

1er Reporte  
de Evaluación (1990)

2do Reporte  
de Evaluación (1995)

3er Reporte  
de Evaluación (2001)

4to Reporte  
de Evaluación (2007)

Convocatoria a formar la  
Convención Marco de Naciones  
Unidas para el Cambio  
Climático (1992)

Negociación del Protocolo de  
Kyoto (1997)

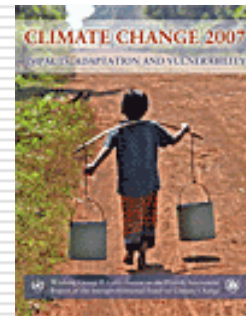
Desarrollo de instrumentos  
para la Convención y el  
Protocolo

Plan de Acción de Bali (2007)



# Reporte de Evaluación del Cambio Climático 2007 (AR4) del IPCC

- Tiempo de trabajo: 5 años
- Autores: aproximadamente 800 de 130 países
- Chile:
  - Dr.Jorge Carrasco, DMC
  - Dr.Gino Casassa, CECS
  - Dr.Luis Cifuentes, PUC
- Países revisores: 113
- Aprobado durante 2007

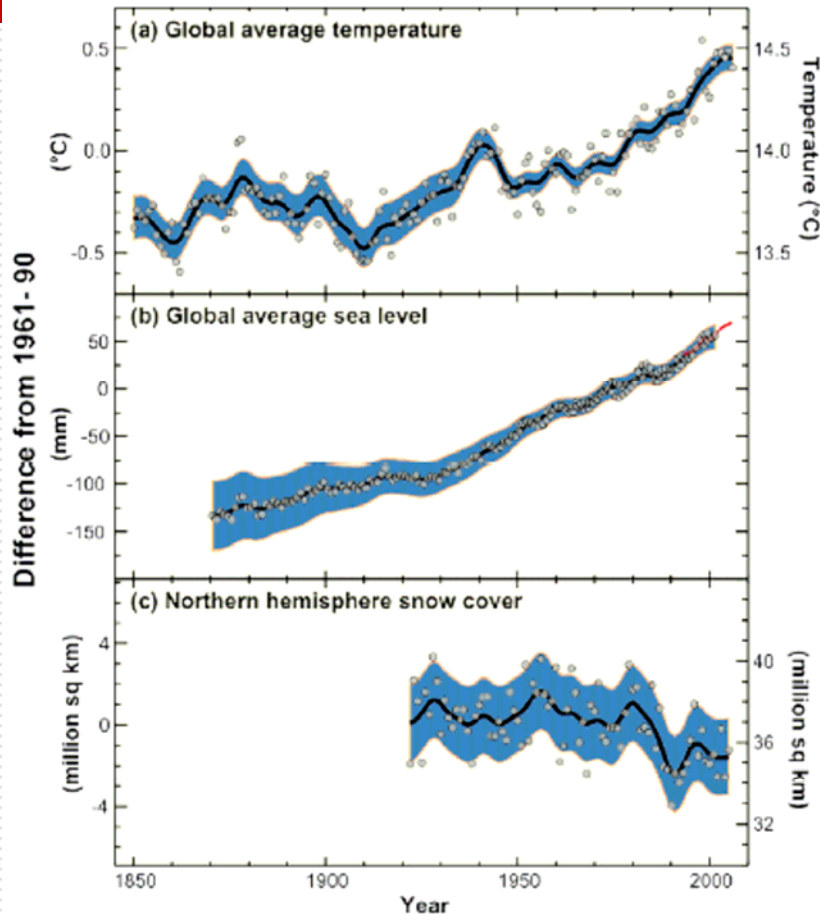


<http://www.ipcc.ch>

# Mensajes Claves del AR4 del IPCC

- *"El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como resulta evidente de observaciones"*

*"La mayoría del aumento observado en la temperatura global es muy probable (>90%) debido al incremento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico"*



T

Nivel del mar

Cobertura de nieve



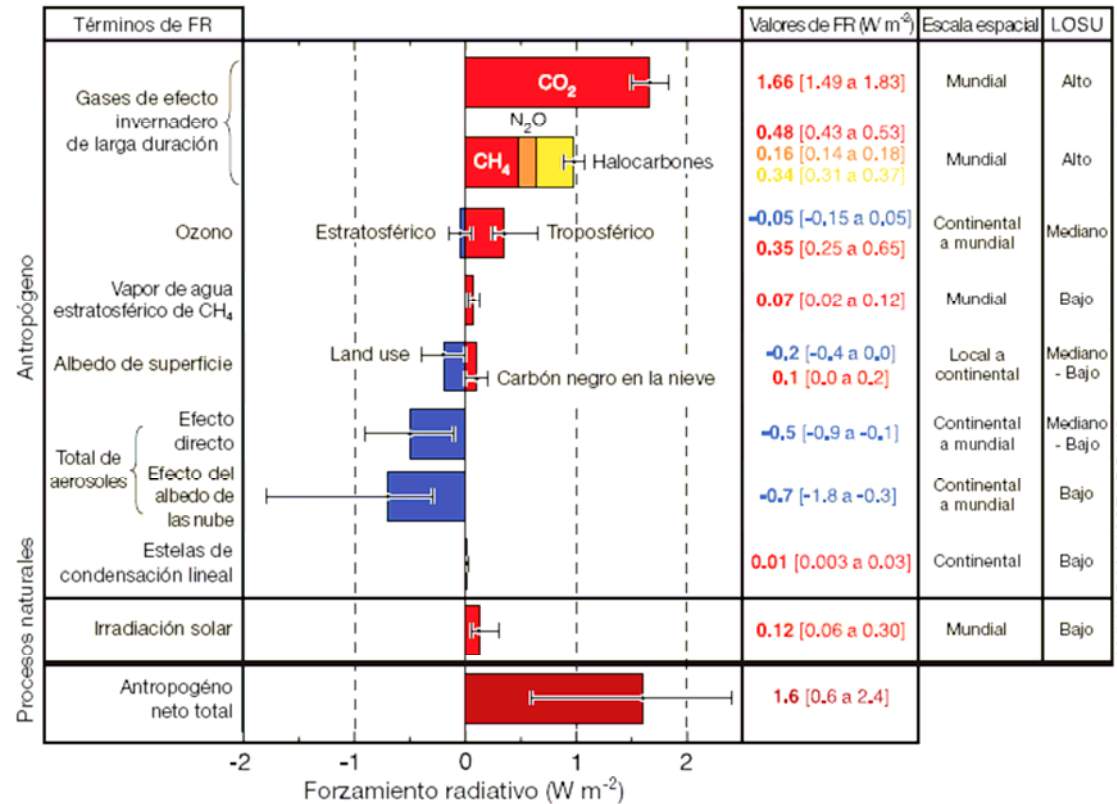
# Cambios en el equilibrio radiativo de la Tierra: causantes naturales y humanos

Radiación solar incidente [órbita terrestre, Sol]

Fracción de radiación solar reflejada (albedo) [envoltura de las nubes, partículas de la atmósfera, vegetación]

Radiación de onda larga emitida desde la Tierra hacia la superficie [cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero]

COMPONENTES DEL FORZAMIENTO RADIATIVO



Fuente: AR4, IPCC (2007)

©IPCC 2007-WG1-AR4



# Cambios proyectados en el clima y sus impactos

---

- Observaciones
- Modelos
- Escenarios (SRES: Familia de escenarios del IPCC)

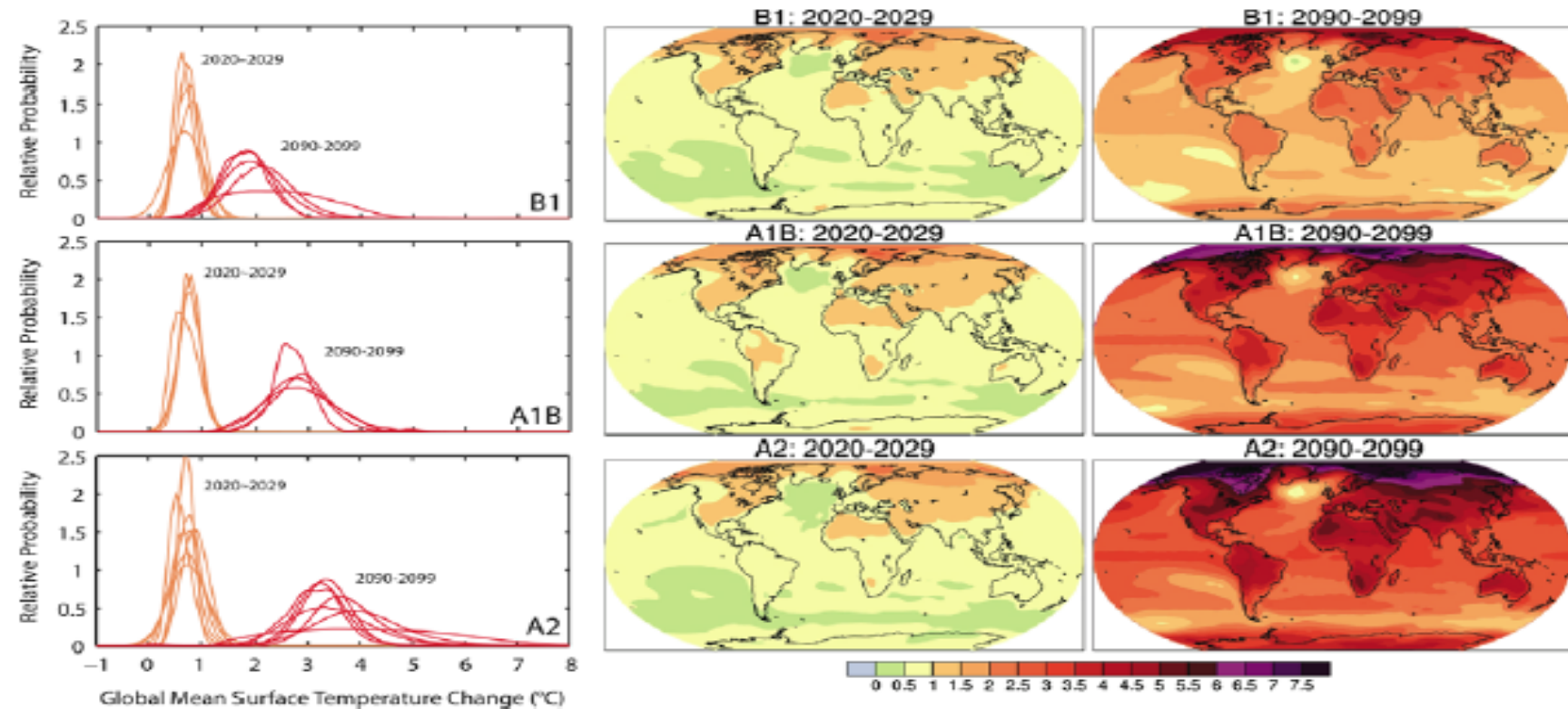
Proyecciones = f(Modelos, Observaciones, Escenarios)



# Proyecciones de Temperatura

## AOGCM Variación espacial

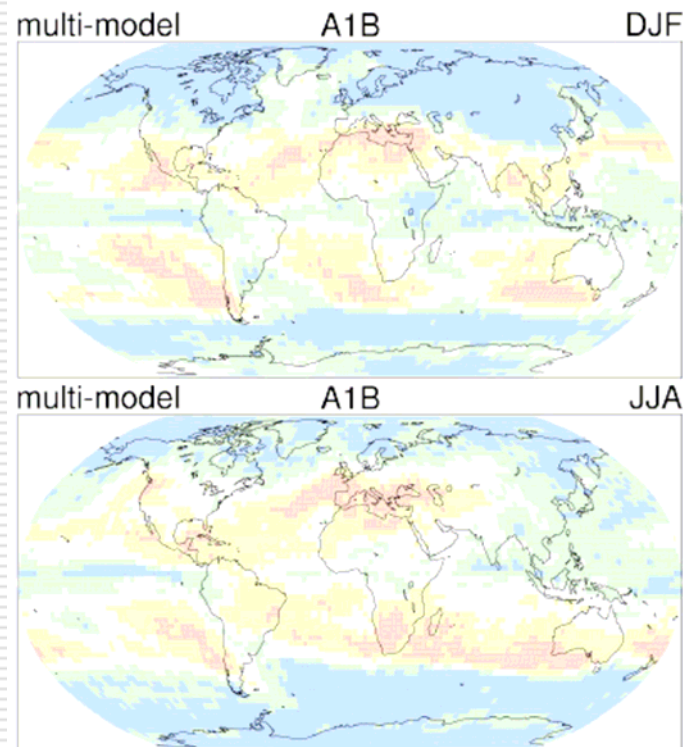
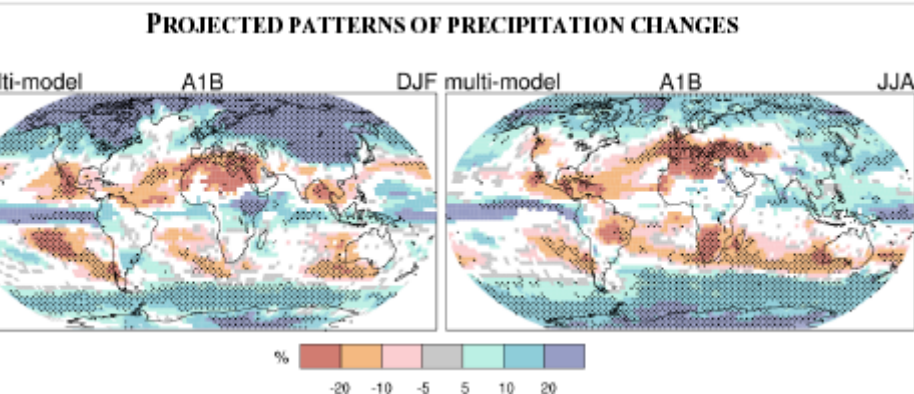
### AOGCM PROJECTIONS OF SURFACE TEMPERATURES



Fuente: AR4, IPCC (2007)

# Proyecciones de precipitación

## Proyecciones globales



Fuente: AR4, IPCC (2007)

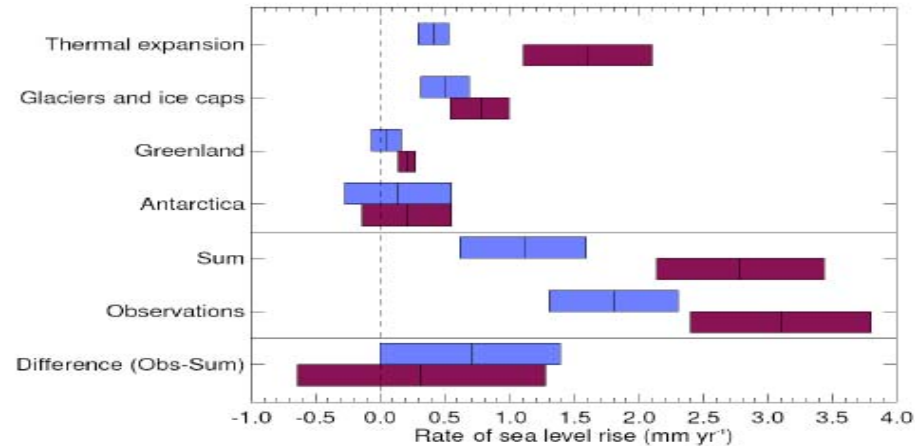




# Cambio en nivel del mar, observado

$$\text{Aumento estimado en nivel del mar} = \text{Expansión térmica del océano} + \text{Derretimiento glaciares} + \text{Groenlandia} + \text{Antártica} + \text{Ártico}$$

Mayor incerteza en resultados



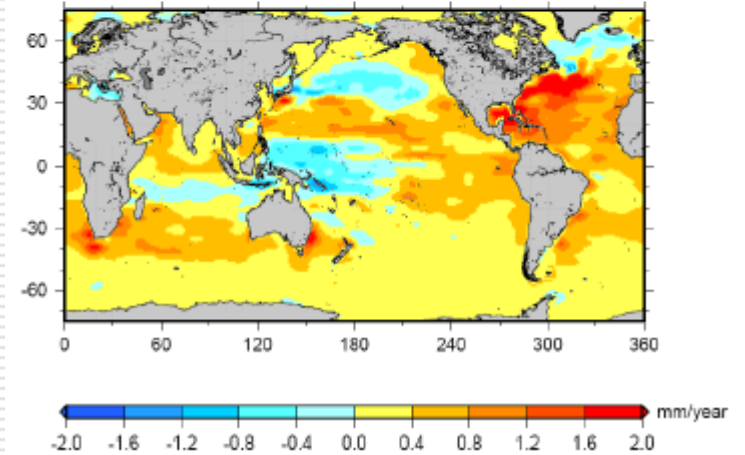
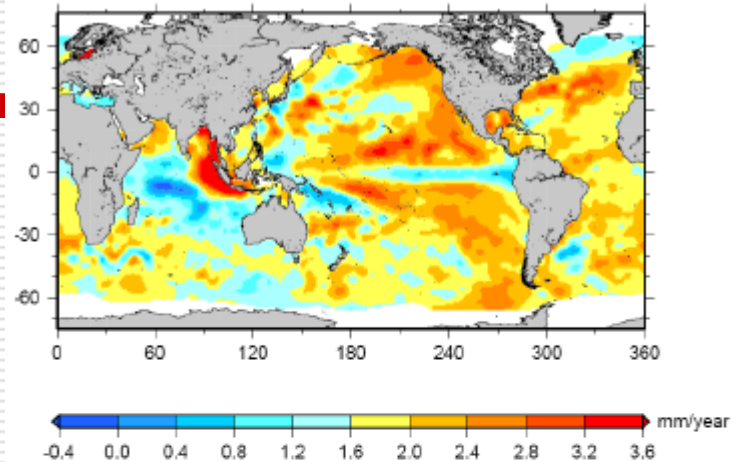
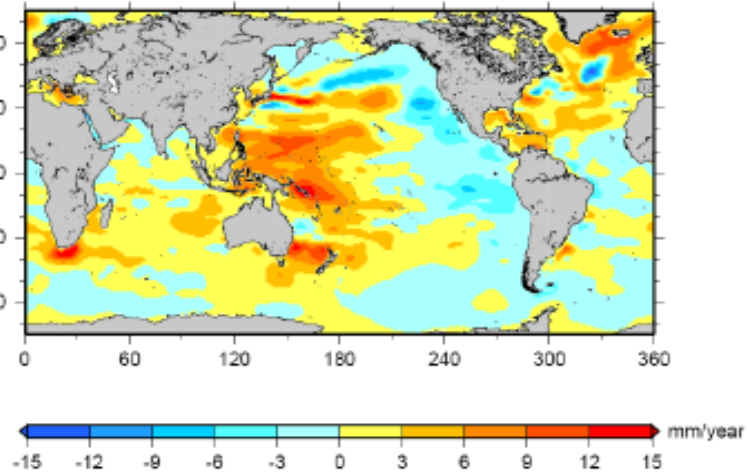
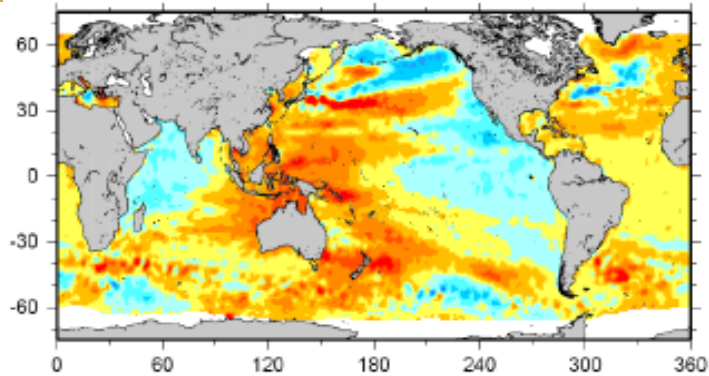


# Cambio en nivel del mar, observado

---

- El nivel del mar aumentó probablemente 17 centímetros en el siglo XX.
- La pérdida de superficie helada en la Antártida y en Groenlandia contribuye al aumento del nivel del mar. En estas regiones algunos glaciares se están derritiendo con mayor rapidez.
- Glaciares y la capa de nieve se están reduciendo tanto en el hemisferio norte como en el sur.

# Cambio en nivel del mar, Observado





# Conclusiones.

---

El IPCC concluye que:

*" Información paleoclimática apoya la interpretación que el calentamiento de los últimos 50 años es inusual en al menos los últimos 1300 años. La última vez que la temperatura de las regiones polares aumentó significativamente por un periodo extendido (cerca de 125mil años atrás), reducciones en el volumen de hielo polar llevó a aumentos en el nivel del mar de 4 a 6m"*



# Cambios en Eventos Extremos

- olas de calor
- sequías
- inundaciones
- huracanes



- Relevante la variabilidad natural: (e Niño, por ejemplo)
- En los últimos 50 años, mayores temperatura en días y noches
- Precipitación más difícil de caracterizar
- Caracterización de huracanes: numero, duracion, intensidad
- Cambios de pequeña escala, dominados por variabilidad natural



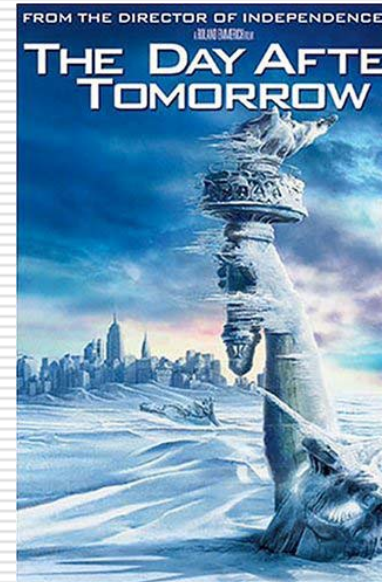
# Cambios abruptos de Gran Escala

Abrupto: si ocurre en un periodo más corto que el de la perturbación que induce el cambio

Gran escala: cambios que superan el rango de la variabilidad natural y un alcance espacial de varios miles de kilómetros cuadrados, hasta una escala global completa

Derretimiento total de Groenlandia ??

Cambios de gran escala en los sistemas de circulación oceánicos (la corriente del Golfo Atlántico) ??

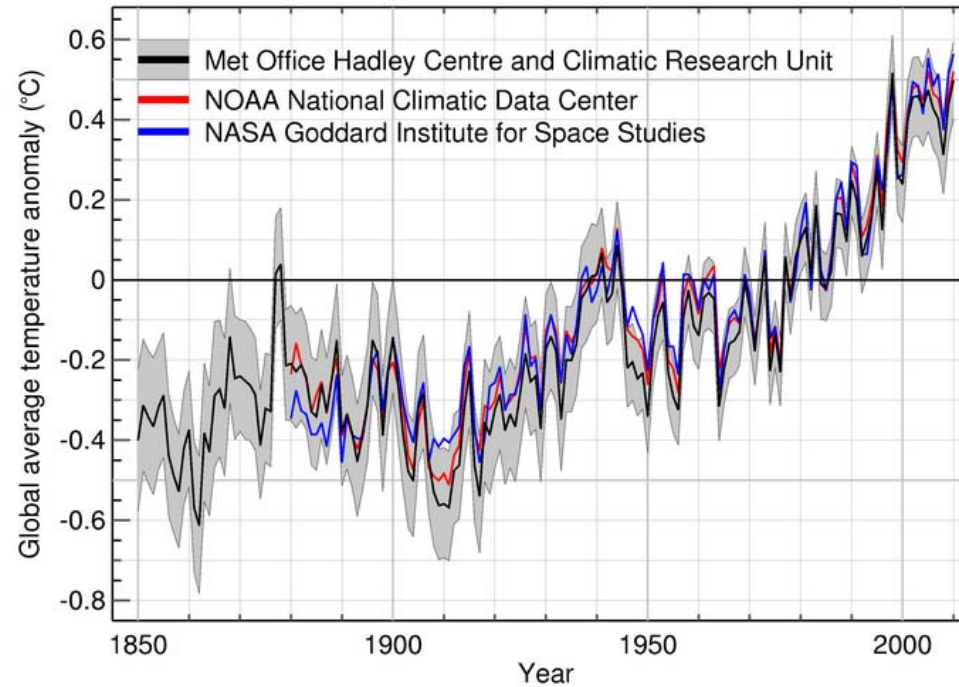


No se consideran probables de ocurrir en el siglo XXI, de acuerdo a las predicciones de los modelos físico-químicos-matemáticos





# ¿Cuán inusual es lo que le está ocurriendo a nuestro Planeta ?



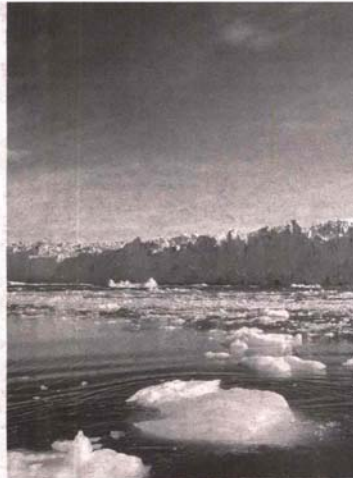
©BANE



# ¿Cuán inusual es lo que le está ocurriendo a nuestro Planeta ?

## Informe de la Nasa advierte aceleración del derretimiento de los polos

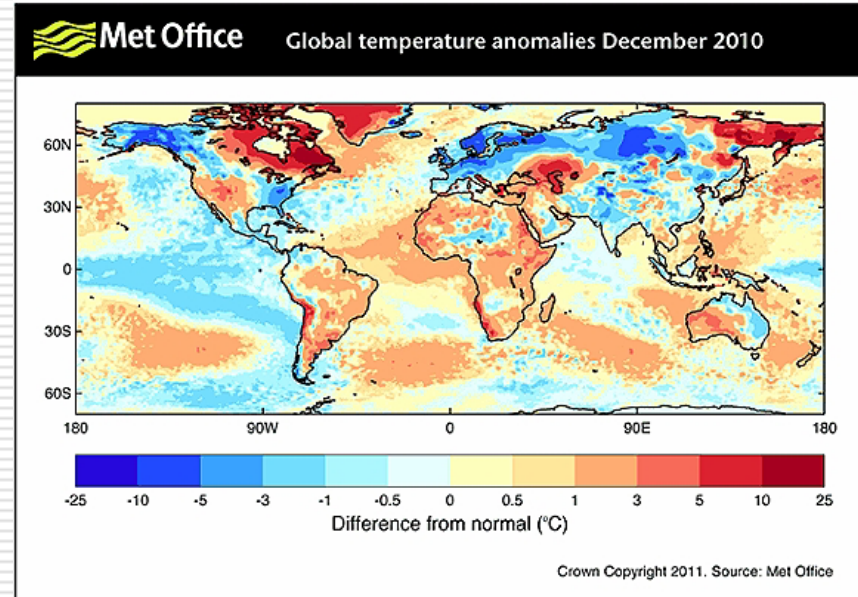
- ▶ Datos de dos décadas muestran que el derretimiento de hielo en la Antártica y Groenlandia aumenta en 36 gigatoneladas cada año.
- ▶ Esto elevaría en 32 cm el nivel del mar hacia 2050, cifra esperada para fin de siglo, y un metro o más para 2100.



▶▶ El mar está fragmentando los bordes de las plataformas de hielo, como ocurre en Groenlandia. CREDITO: NASA

## Últimos 30 años: Glaciares patagónicos se derriten rápidamente

Nunca en los últimos 350 años los glaciares australes de Chile y Argentina se han derretido a la velocidad alcanzada en las tres décadas pasadas. Lo sostiene un estudio de investigadores británicos y suecos publicado el domingo en la revista especializada Nature Geoscience. La investigación, que abarcó 270 de los mayores glaciares de la región, determinó que en los últimos 30 años estas masas heladas han perdido su volumen entre 10 y 100 veces más rápido que lo normal, con lo cual han contribuido anualmente a aumentar el nivel global del mar.







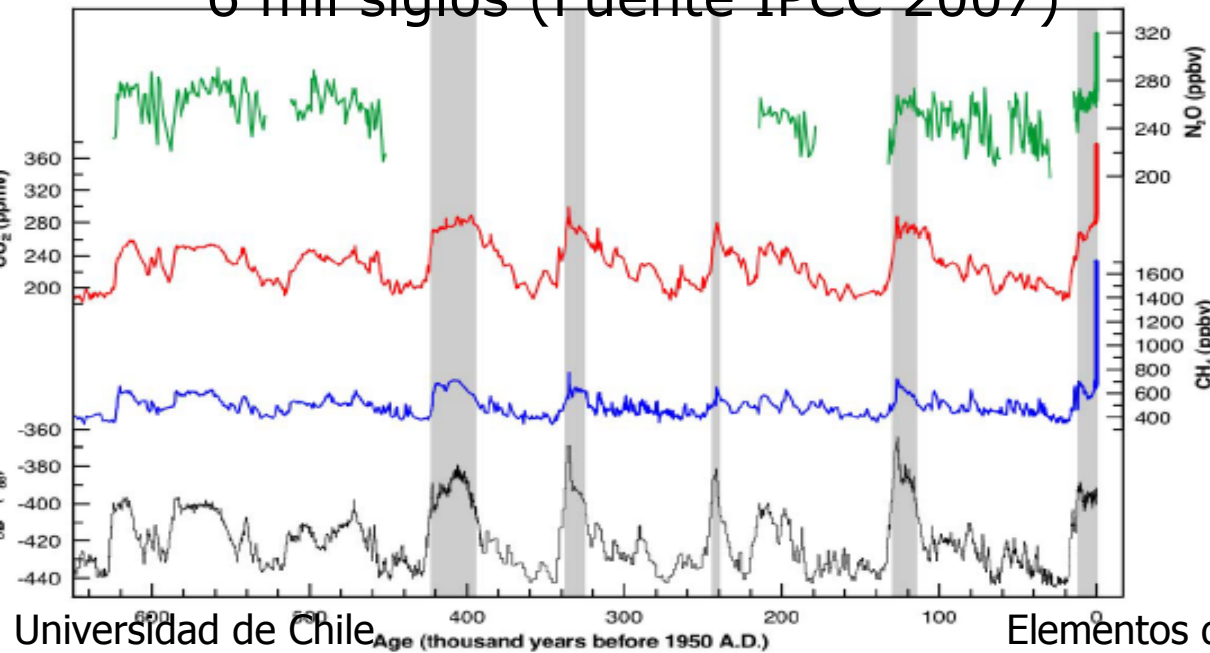
# ¿Cuán inusual es lo que le está ocurriendo a nuestro Planeta ?

Variables: valores absolutos y tasa de su variación

Escalas de espacio: Cambios locales y cambios globales

Escalas de tiempo: variaciones en miles de siglos y en siglos individuales

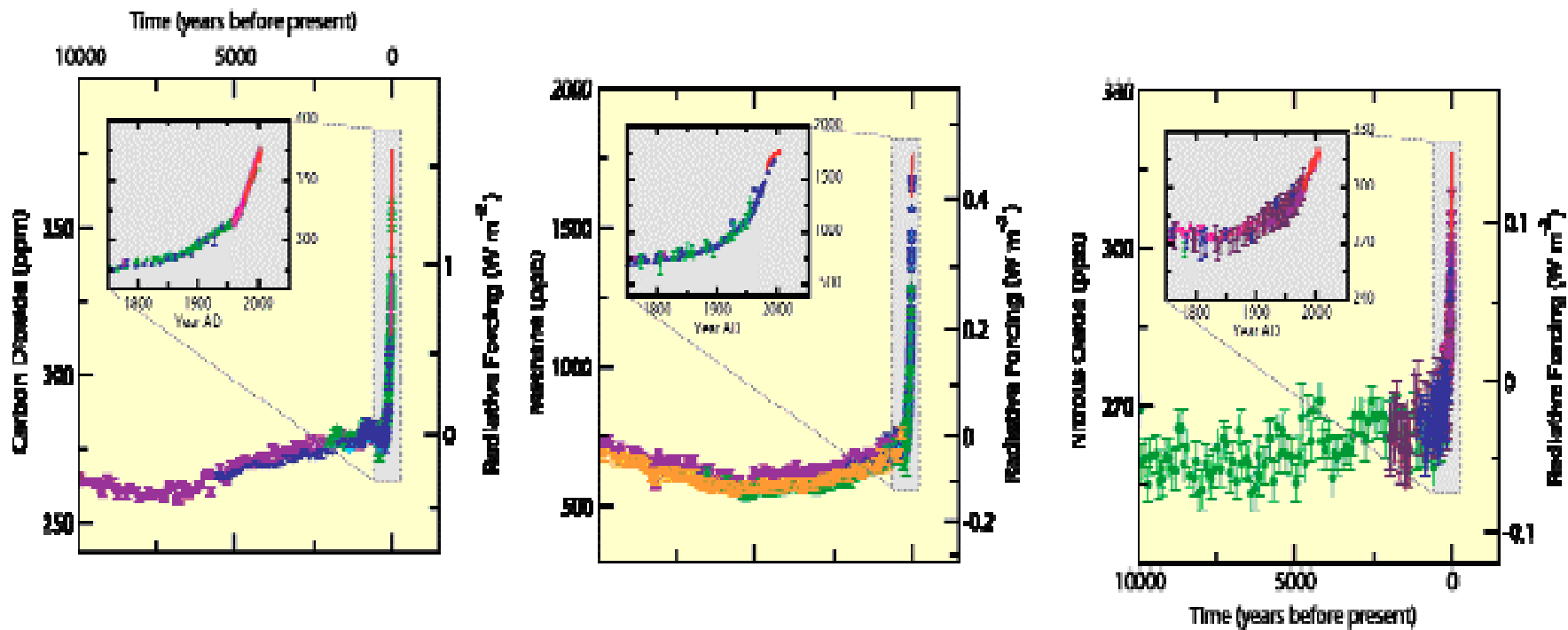
6 mil siglos (Fuente IPCC 2007)



Ultimo millón de años, entre ciclos de glaciación, temperaturas cambiaron entre 4 y 7 C, periodo de 5 mil años

predicciones actuales cambios de 4C en próximos cien años

# Cambios en GEI últimos 10.000 años

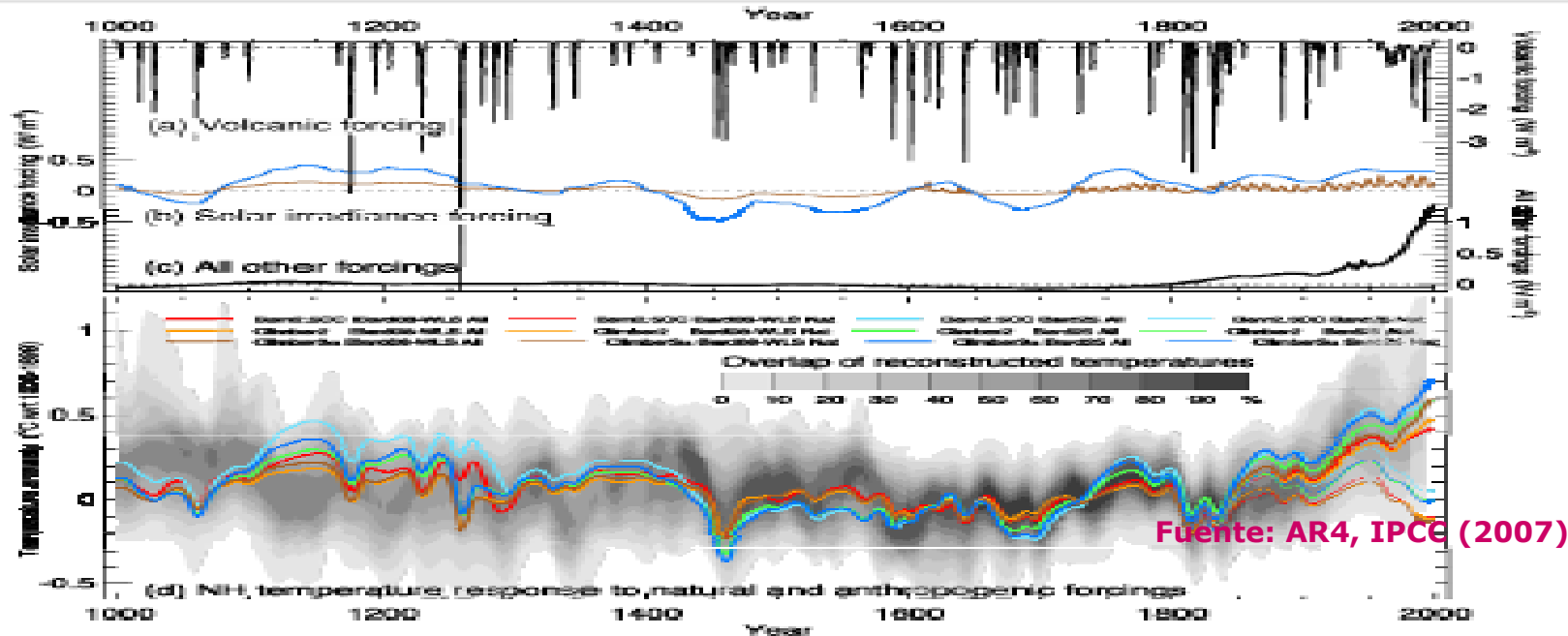


## Forzamiento Radiativo y Concentraciones de GEI

Fuente: AR4, IPCC (2007)

# Temperatura y Forzamientos Naturales

- Relaciones entre forzamientos naturales (actividad volcánica, radiación solar) y variaciones de temperatura en los últimos 1.000 años





# Alguna Nomenclatura del IPCC

---

La adaptabilidad es el grado en que los sistemas pueden ajustarse en respuesta o en previsión a un cambio de las condiciones.

La vulnerabilidad define la medida en que en que el cambio climático puede perjudicar o dañar un sistema; depende no sólo de la sensibilidad del sistema, si no también de su capacidad de adaptación.

En relación al cambio climático, mitigación significa implementar políticas para reducir emisiones de GEI y aumentar los sumideros.



# Vulnerabilidad y Adaptación a los cambios climáticos

- ❑ La vulnerabilidad al cambio climático puede verse incrementada por la presencia de otras tensiones
- ❑ La vulnerabilidad en el futuro no solo depende del cambio climático, sino también de la vías de desarrollo
- ❑ El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático y el cambio climático podría impedir que la capacidad de las naciones logre vías de desarrollo sostenible





# Vulnerabilidad y Adaptación a los cambios climáticos

- Existe un amplio conjunto de opciones de adaptación, pero se necesita una adaptación más amplia que la que está teniendo lugar para reducir la vulnerabilidad al cambio climático futuro. Existen barreras, límites y costes.
- En la actualidad están teniendo lugar algunas adaptaciones al cambio climático observado y al proyectado para el futuro, pero de modo limitado.

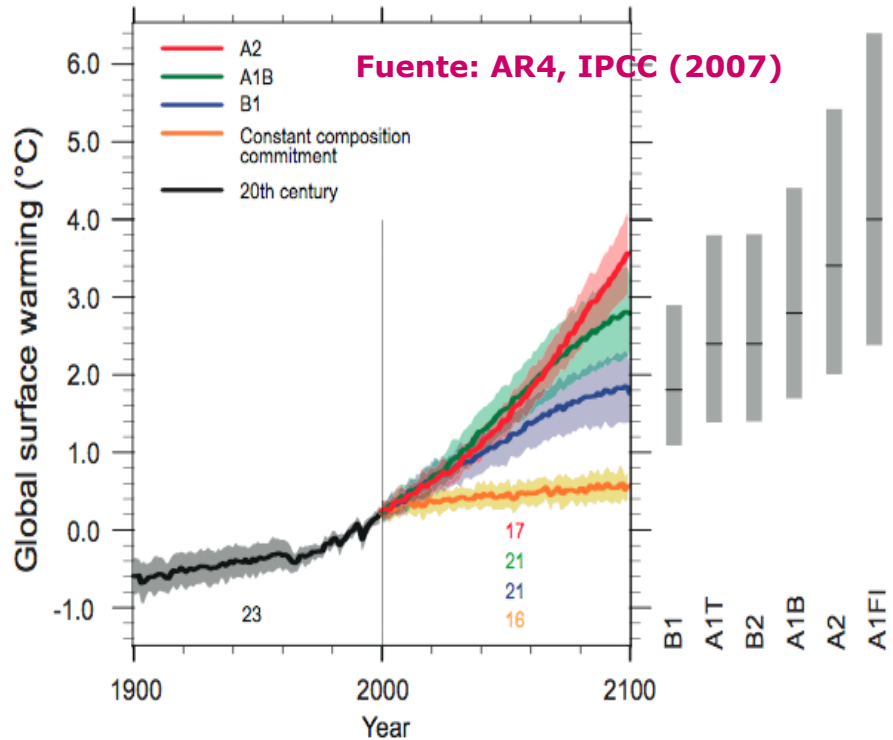






# Mitigación de emisiones

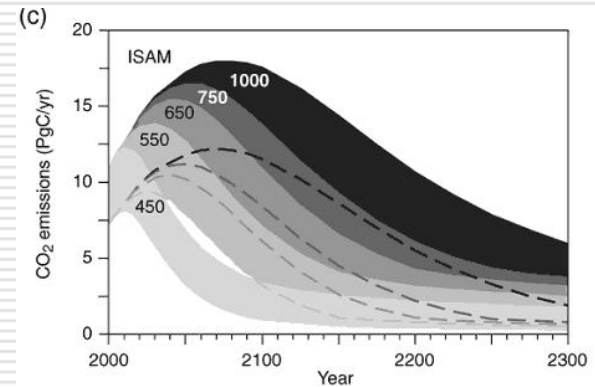
□ Incluso una reducción inmediata y espectacular de las emisiones de gases de invernadero no podría impedir plenamente los efectos del cambio climático.





# Mitigación de emisiones

- A fin de estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, las emisiones tendrían que alcanzar su nivel máximo y luego disminuir. Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización, más rápidamente ocurriría dicho nivel máximo y posterior disminución. Los esfuerzos de mitigación que se lleven a cabo durante las próximas dos o tres décadas producirán un gran impacto.

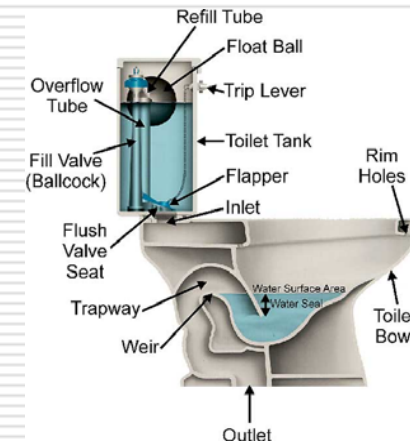






# Adaptación a los cambios climáticos y medidas de Mitigación

- Muchos impactos pueden ser evitados, reducidos o retrasados por mitigación
- Una cartera de medidas de adaptación y de mitigación puede disminuir los riesgos asociados al cambio climático





# Tendencias en emisiones GEI

---

Emisiones de GEI han crecido desde tiempos pre-industriales, con un incremento de 70% entre 1970-2004.

Sector de generación de energía: mayor crecimiento reciente

GEI continuarán creciendo con actuales políticas de mitigación y desarrollo



**Fuente: AR4, IPCC (2007)**



---

# **Información más actualizada acerca del Cambio Climático mundial: Resumen de desarrollos desde el Reporte AR4 del IPCC de 2007. (2° Semestre 2009)**



# **Conclusiones de la Agencia Ambiental Holandesa y su Instituto Meteorológico respecto a información actualizada acerca del Cambio Climático mundial:**

**Título del reporte: Actualización en Ciencia Climática. Resumen de desarrollos desde el Reporte AR4 del IPCC de 2007.  
2° Semestre 2009**

**Documento basado en una evaluación de cerca de 1000 documentos, la mayoría con revisión de pares y revisión externa por expertos. Período 2006 y Septiembre 2009**

**[http://www.ess.wur.nl/UK/newsagenda/news/Policy\\_options\\_to\\_respond\\_to\\_rapid\\_climate\\_change.htm](http://www.ess.wur.nl/UK/newsagenda/news/Policy_options_to_respond_to_rapid_climate_change.htm)**



# Principales resultados presentados en el documento:

---

- El Reporte del IPCC de 2007 aún provee una base científica válida para la toma de decisiones en temas climáticos en el año 2009. No se encuentran razones para dudar acerca de las principales conclusiones del IPCC.
- En algunos casos, existen indicaciones que los impactos climáticos pueden tener impactos más severos, o bien ocurrir más rápido que lo proyectado por el IPCC, lo que refuerza las principales conclusiones respecto al Sistema Climático, Impactos, Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación.



# Principales resultados presentados en el documento:

Aún cuando ha surgido literatura expresando dudas acerca de la influencia humana en el clima global, la gran mayoría de la literatura está de acuerdo con la hipótesis de la influencia humana.

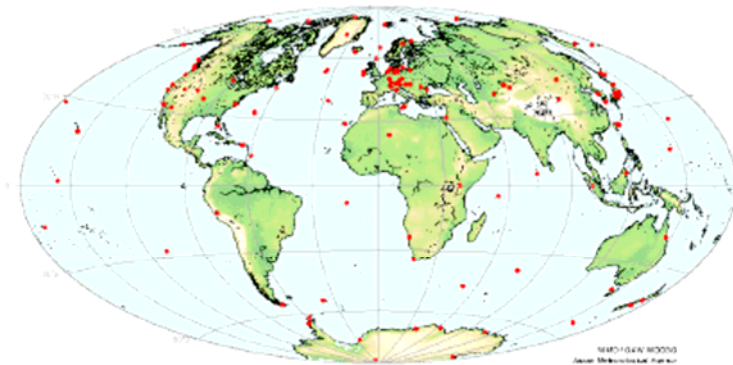


Figure 1. Global locations of GAW observation stations for the main greenhouse gases. These stations comprise the atmospheric chemistry component of the comprehensive GCOS network



# Principales resultados presentados en el Documento:

---

## El Calentamiento Global continúa:

8 de los 10 años más cálidos en el registro histórico han ocurrido entre 2000 y 2008, pero la tasa de aumento ha disminuido en comparación al período 1975-2008.

Groenlandia y la Antártica han perdido más cobertura sólida que lo presentado en el AR4 del IPCC. El Ártico ha disminuido su masa a través de un adelgazamiento, más rápido que lo esperado.



# Principales resultados presentados en el Documento:

---

## El Calentamiento Global continúa:

Es muy improbable que en el período 1950-2005 la radiación solar haya tenido un efecto de calentamiento significativo.

El sol está entrando en una etapa de actividad muy baja, por lo que la influencia humana puede ser contrarrestada en las próximas décadas, pero las proyecciones de largo plazo no cambian.





# Principales resultados presentados en el documento:

---

## Efectos de la variabilidad climática en el cambio climático:

El Niño (1998)  $+0.25^{\circ}\text{C}$

La Niña (2008)  $-0.15^{\circ}\text{C}$

Tendencias se afectan por variabilidad.

Variaciones decadales, efecto relevante.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## **Riesgos de Sobrestimación/Subestimación de la condición futura del Cambio Climático:**

Puede ocurrir que aumentos en temperatura inducidos por el hombre, sean menos rápidos que los anticipados por el IPCC.

Sin embargo, algunos mecanismos del Sistema Climático aún insuficientemente comprendidos, pueden acelerar el calentamiento global.

En el balance, es mayor la opción de subestimación que la de sobreestimación.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## **Emisiones globales de GEI:**

El crecimiento en las emisiones globales de GEI aumentó fuertemente en el periodo 2000-2004, comparado a la década anterior, pero disminuyó después del 2004. En el 2009 se esperan los impactos de la crisis económica en el aumento moderado de las emisiones mundiales de GEI.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## 2008:

Por primera vez en la historia, las emisiones de los países en desarrollo en su conjunto, excluyendo deforestación, son mayor que la de los países industrializados.

**Países en desarrollo 50.3%**  
**Países industrializados 46.6%**  
**Transporte Internacional 3.2%**



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## Mitigación de Emisiones de GEI:

El Estudio del Gobierno Holandés de 2009 reafirma también que desde el punto de vista de la mitigación de emisiones, se puede anular el crecimiento esperado de las emisiones (20-50% de la línea base esperada) en las décadas siguientes. Por ejemplo, reducciones a costos menores a US\$100/ton al año 2030.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## Aumentos de Temperatura:

Para lograr un aumento máximo de 2°C como objetivo, se requiere un “peak” a más tardar el año 2020, un poco más tarde que las estimaciones que indicaban el año 2015 como año más tardío.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

Opciones para responder al CC:

- Reducir emisiones drásticamente
- Remover CO<sub>2</sub> de la atmósfera
- Influir en el balance radiativo atmosférico
- Adaptarse





# Principales resultados presentados en el documento:

---

## Riesgos de Cambios Climáticos Acelerados/Abruptos:

Procesos potencialmente irreversibles por cambios acelerados que no fueron descritos en el AR4

### **“Tipping Points”**

Procesos de baja probabilidad de ocurrencia, pero grandes impactos.



# Principales resultados presentados en el documento:

---

## Recomendaciones del Reporte 2009:

- \* Buscar señales Tempranas de “Tipping Points” climáticos, mejorando los sistemas de monitoreo climático para detectarlos.
- \* Buscar opciones de respuesta para responder a los riesgos del cambio climático acelerado, de manera efectiva y en el tiempo apropiado.