

# Efecto invernadero en la Tierra

- Cambio Climático
- Gases Invernadero y sus emisiones

**Telma Castro**

**Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM**

**[telma@servidor.unam.mx](mailto:telma@servidor.unam.mx)**

*9ª Feria Posgrados, 2008  
WTC, Cd. de México  
13 de Abril, 2008*

# Clima, agua y vida en la Tierra

¿que gobierna el clima de la tierra?

¿Está cambiando el ciclo del agua?

¿cuales son los impactos naturales y humanos en el clima?

¿Se afecta la vida en la Tierra?



# Balance de Radiación

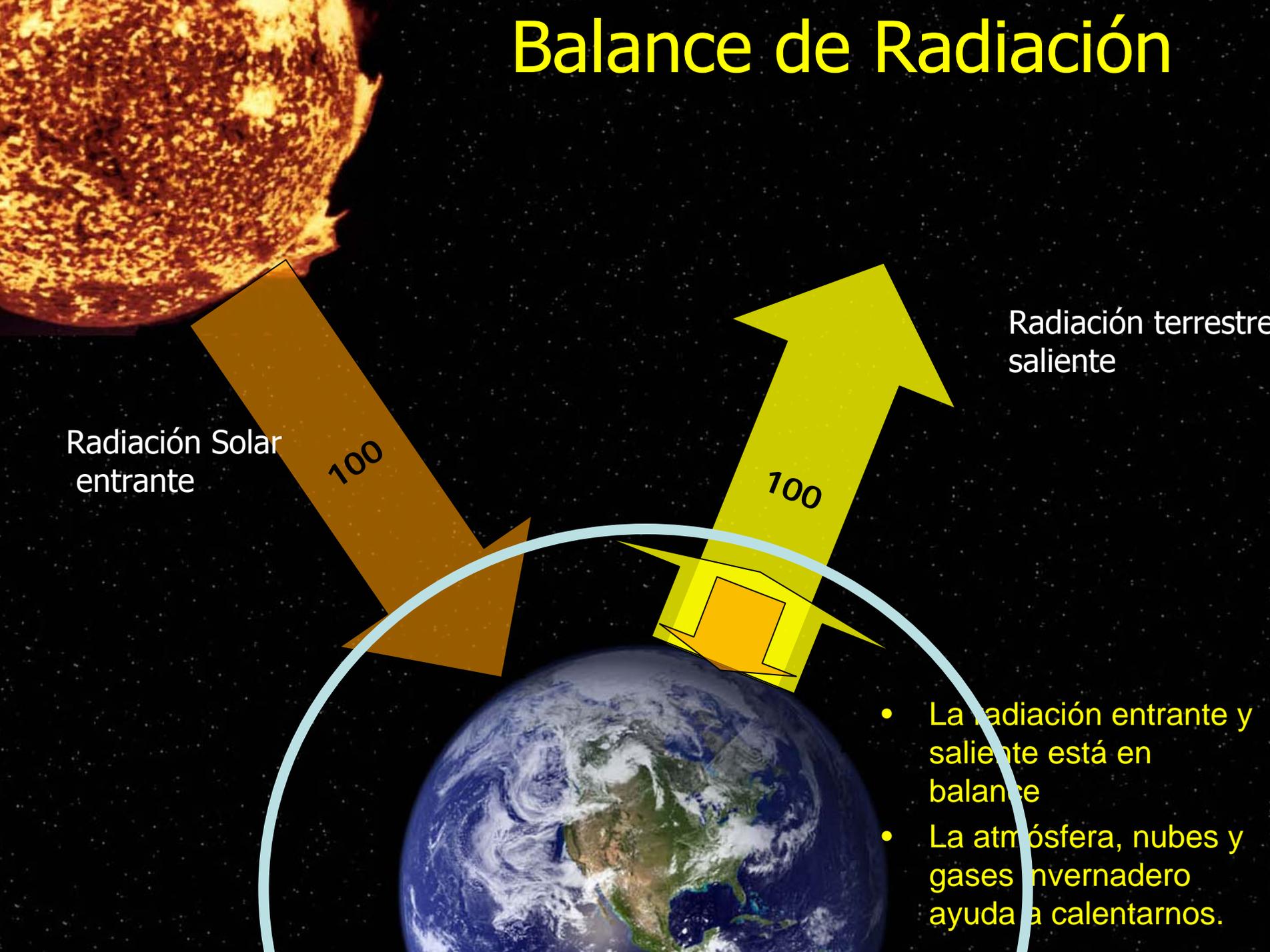
Radiación Solar  
entrante

100

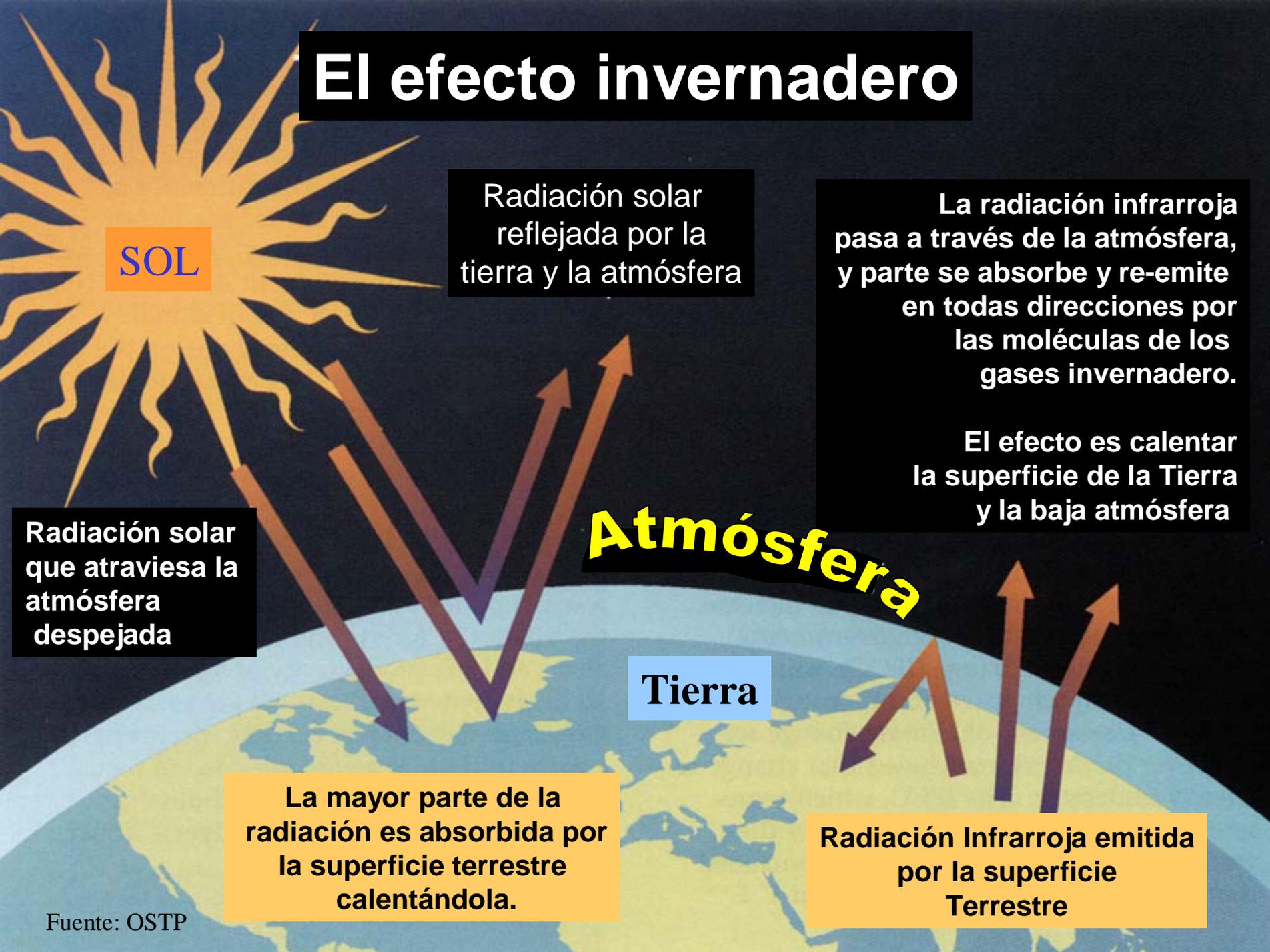
Radiación terrestre  
saliente

100

- La radiación entrante y saliente está en balance
- La atmósfera, nubes y gases invernadero ayuda a calentarnos.



# El efecto invernadero



SOL

Radiación solar  
reflejada por la  
tierra y la atmósfera

La radiación infrarroja  
pasa a través de la atmósfera,  
y parte se absorbe y re-emite  
en todas direcciones por  
las moléculas de los  
gases invernadero.

El efecto es calentar  
la superficie de la Tierra  
y la baja atmósfera

Radiación solar  
que atraviesa la  
atmósfera  
despejada

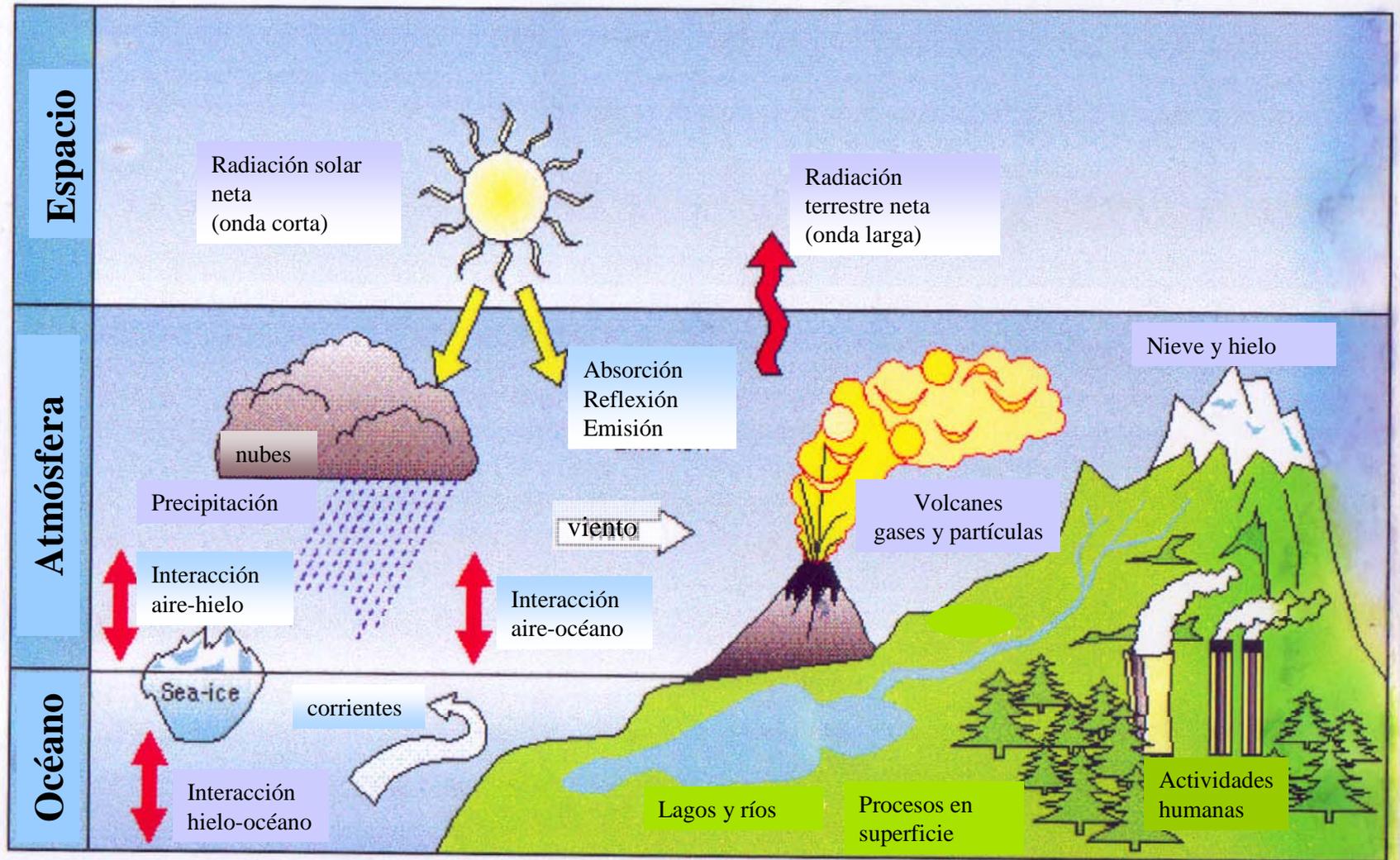
Atmósfera

Tierra

La mayor parte de la  
radiación es absorbida por  
la superficie terrestre  
calentándola.

Radiación Infrarroja emitida  
por la superficie  
Terrestre

# Sistema Climático



**COMPONENTES DEL SISTEMA CLIMATICO**



# Eventos naturales que afectan o han afectado al clima

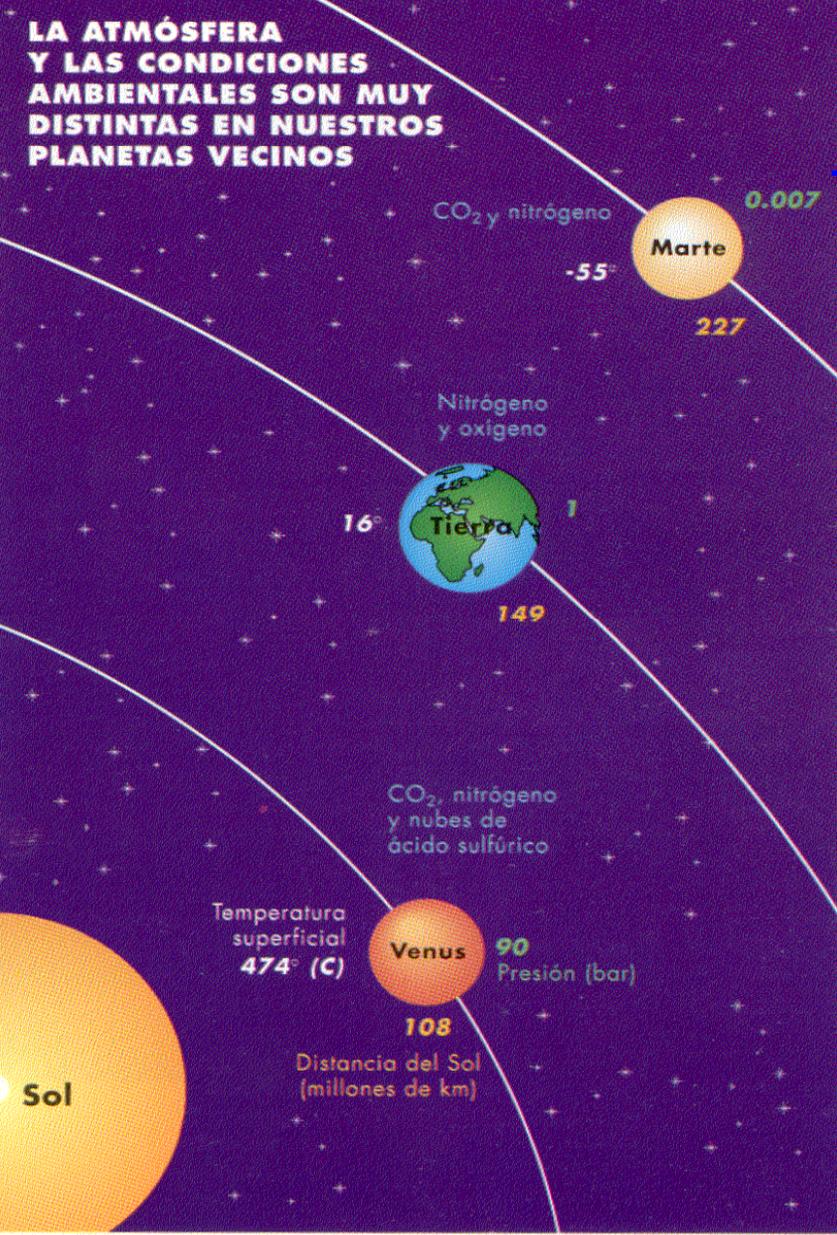
- **Erupciones de los volcanes**
- **Los eventos de El Niño (o la Niña)**
- **Cambios en las cantidades de gases de invernadero (p.ej. hielos de la Antártida desde hace 160 mil años)**
- **Cambios en la distribución de la energía proveniente del sol**



**¿Alguna vez has estado dentro de un invernadero durante un día frío de invierno?** Es posible que haga frío afuera, pero dentro del invernadero hay calor y luz solar en donde florecen plantas. Los invernaderos están hechos de vidrio y están diseñados para mantener el frío afuera.

La atmósfera de algunos planetas tiene la capacidad de atrapar energía al igual que un invernadero. La energía del Sol puede penetrar la atmósfera, pero no toda esta energía puede volver a salir.

**LA ATMÓSFERA Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES SON MUY DISTINTAS EN NUESTROS PLANETAS VECINOS**



# Efecto Invernadero 2

(condiciones de vida)

Planeta	Irradiancia Solar Wm <sup>-2</sup>	albedo	altura radiante (Km)
Marte	589	0.15	1
Tierra	1367	0.30	5.5
Venus	2613	0.75	70

Te= Temp efectiva (relacionada con al altura radiante)  
Ts= Temp superficie (relacionada con el efecto invernadero)

Planeta	Te °C	Ts °C
Marte	-56	-55
Tierra	-18	16
Venus	-41	474

Composición principal de la Atmósfera de:

- Marte y Venus ⇔ CO<sub>2</sub> y Nitrógeno
- Tierra ⇔ Nitrógeno y Oxígeno

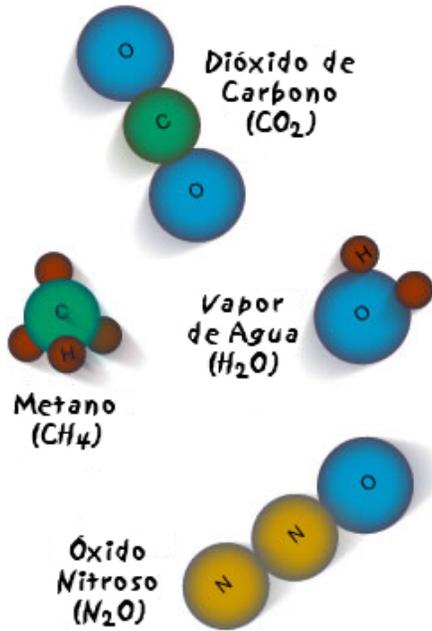
# RESUMEN

**1. ¿Qué es lo que hace que la energía del Sol no pueda escapar de la atmósfera de un planeta?** A diferencia de un invernadero, ¡los planetas no tienen una capa de vidrio sobre ellos!. En cambio, la atmósfera tiene moléculas conocidas como **gases de invernadero**, que absorben el calor. Los gases de invernadero incluyen: **vapor de agua, metano, ozono, óxido nítrico, y bióxido de carbono.**

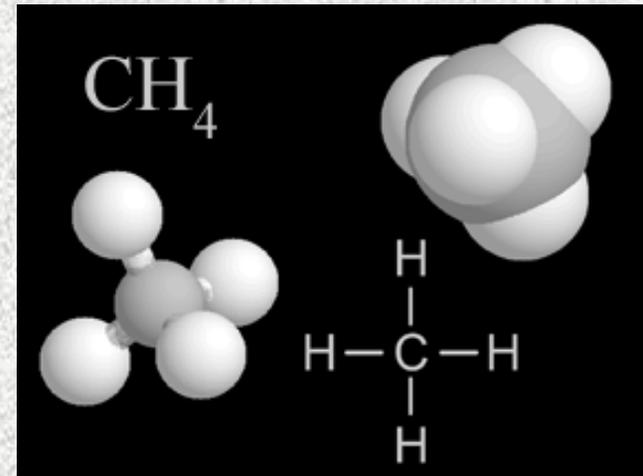
**2.** Una atmósfera que contiene gases de invernadero tiene un poderoso efecto invernadero. Sin ellos la superficie de la **Tierra** sería tan fría como la superficie de **Marte**. Sin embargo, la presencia de concentraciones muy altas gases de invernadero puede hacer que la temperatura aumente fuera de control; como es el caso de la atmósfera de **Venus**.

Actualmente, la cantidad de gases de invernadero en la atmósfera de la Tierra está aumentando e incrementando el efecto invernadero, **calentando de esta manera el planeta.**

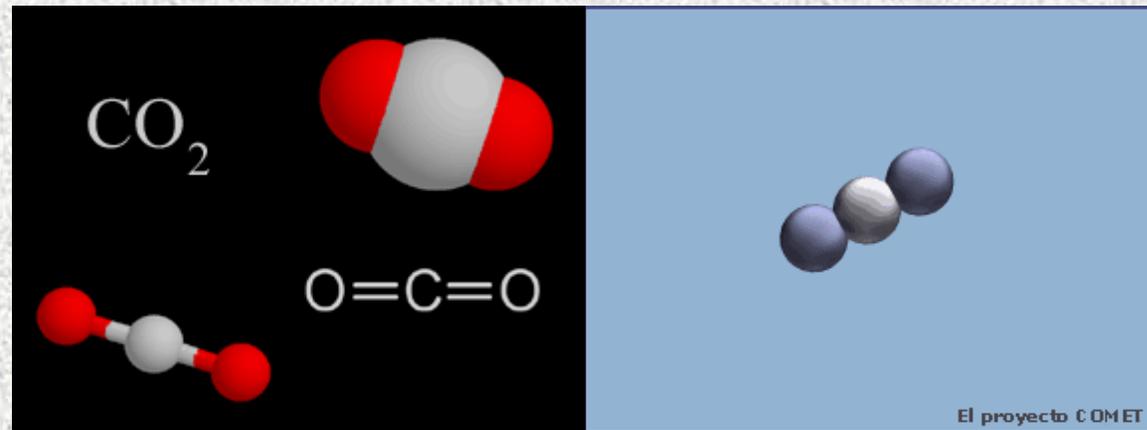
**Gases del Efecto Invernadero**  
*Cómo son las diminutas moléculas:*



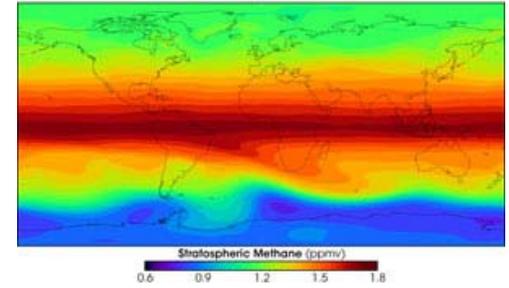
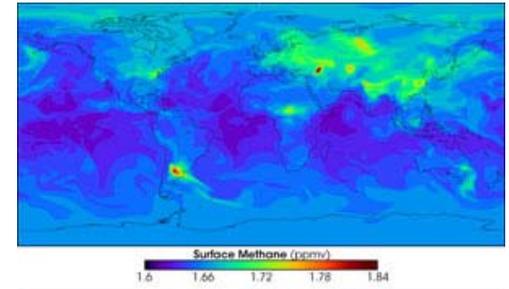
## Metano



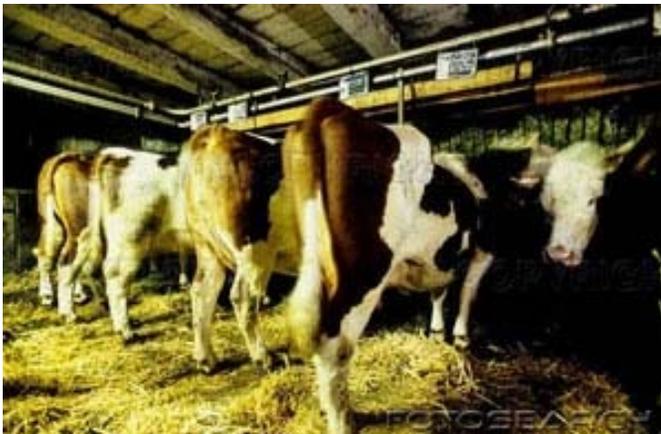
## Dióxido de carbono



# Producción de Metano



ganado



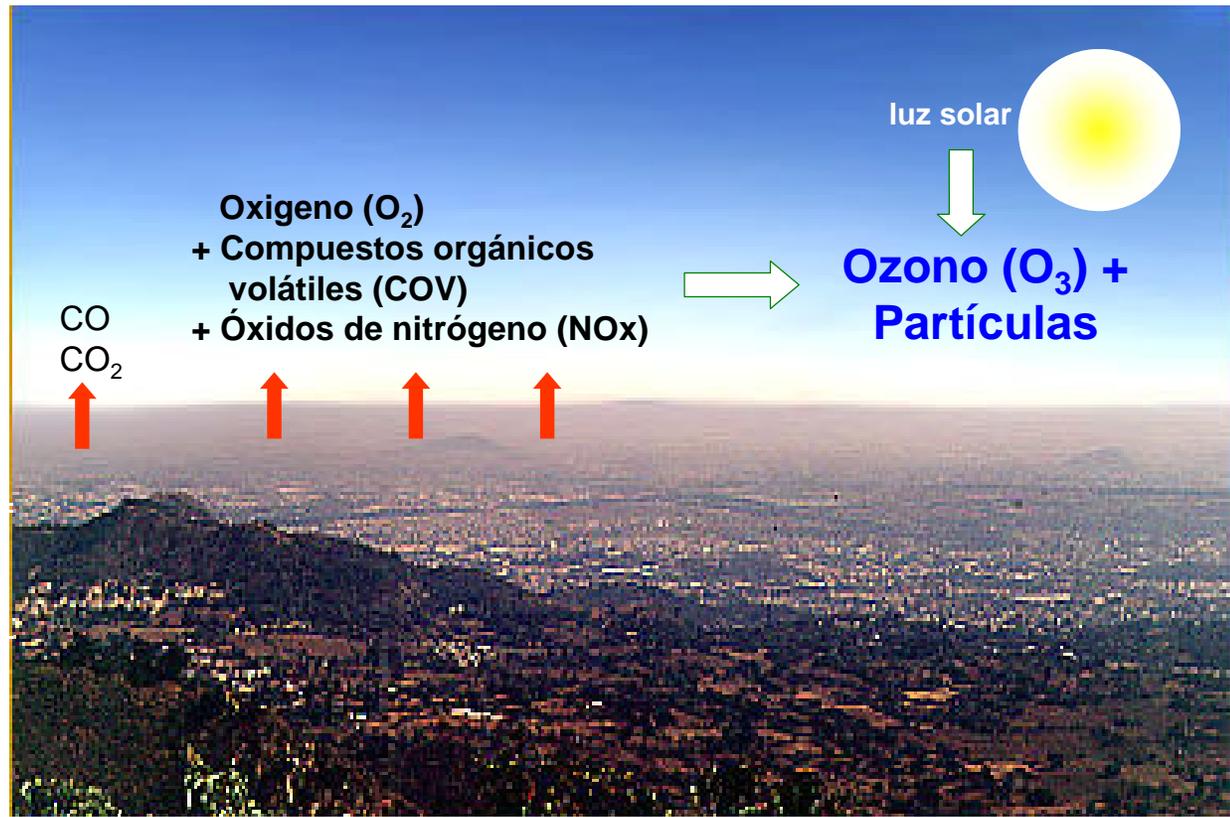
basura



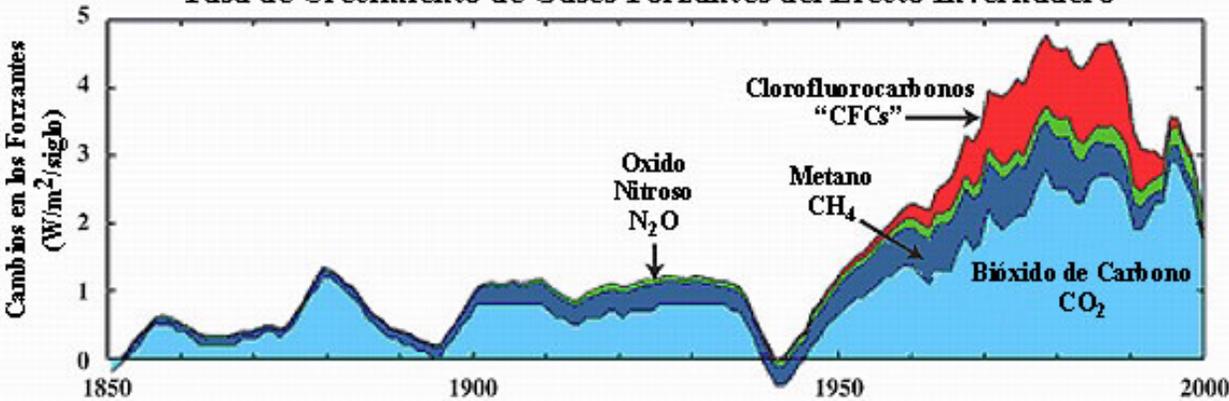
# Producción de CO<sub>2</sub>



# Contaminación de Aire

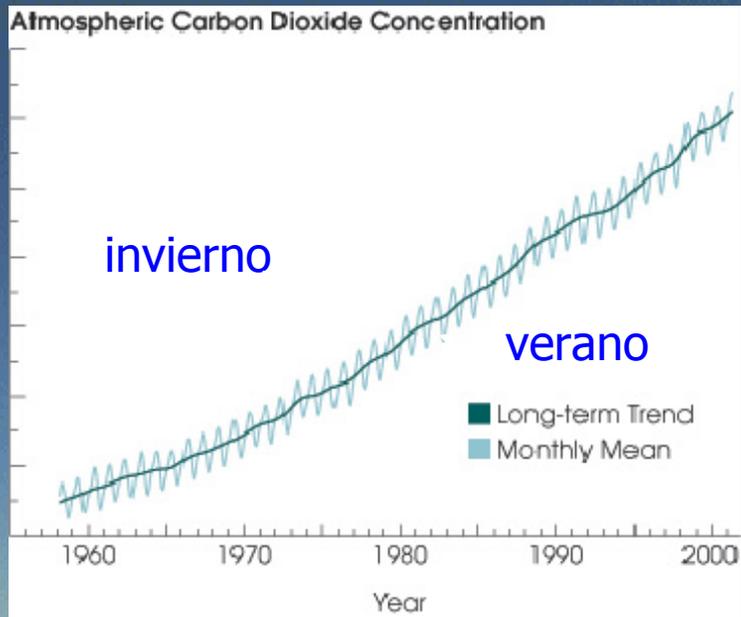


Tasa de Crecimiento de Gases Forzantes del Efecto Invernadero



## Características de los gases invernadero

<b>GAS</b>	<b>FUENTE EMISORA</b>	<b>TIEMPO DE VIDA</b>	<b>CONTRIBUCION AL CALENTAMIENTO (%)</b>
<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>Combustibles fósiles, deforestación, destrucción de suelos</b>	<b>500 años</b>	<b>54</b>
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>Ganado, biomasa, arrozales, escapes de gasolina, minería</b>	<b>7 - 10 años</b>	<b>12</b>
<b>Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	<b>Combustibles fósiles, cultivos, deforestación</b>	<b>140 - 190 años</b>	<b>6</b>
<b>Clorofluorocarbonos (CFC 11,12)</b>	<b>Refrigeración, aire acondicionado, aerosoles, espumas plásticas</b>	<b>65 - 110 años</b>	<b>21</b>
<b>Ozono (O<sub>3</sub>) y otros</b>	<b>Fotoquímicos, automóviles, etc.</b>	<b>horas - días</b>	<b>8</b>



# Gas Invernadero: ¿Que sabemos del CO<sub>2</sub>?

- En el observatorio de Mauna Loa se midió CO<sub>2</sub>
- CO<sub>2</sub> se incrementa cada año
  - Valores altos: N invierno
  - Valores bajos: N verano (cuando los árboles están creciendo)



# Registros del clima desde núcleos de hielo en el Antártico

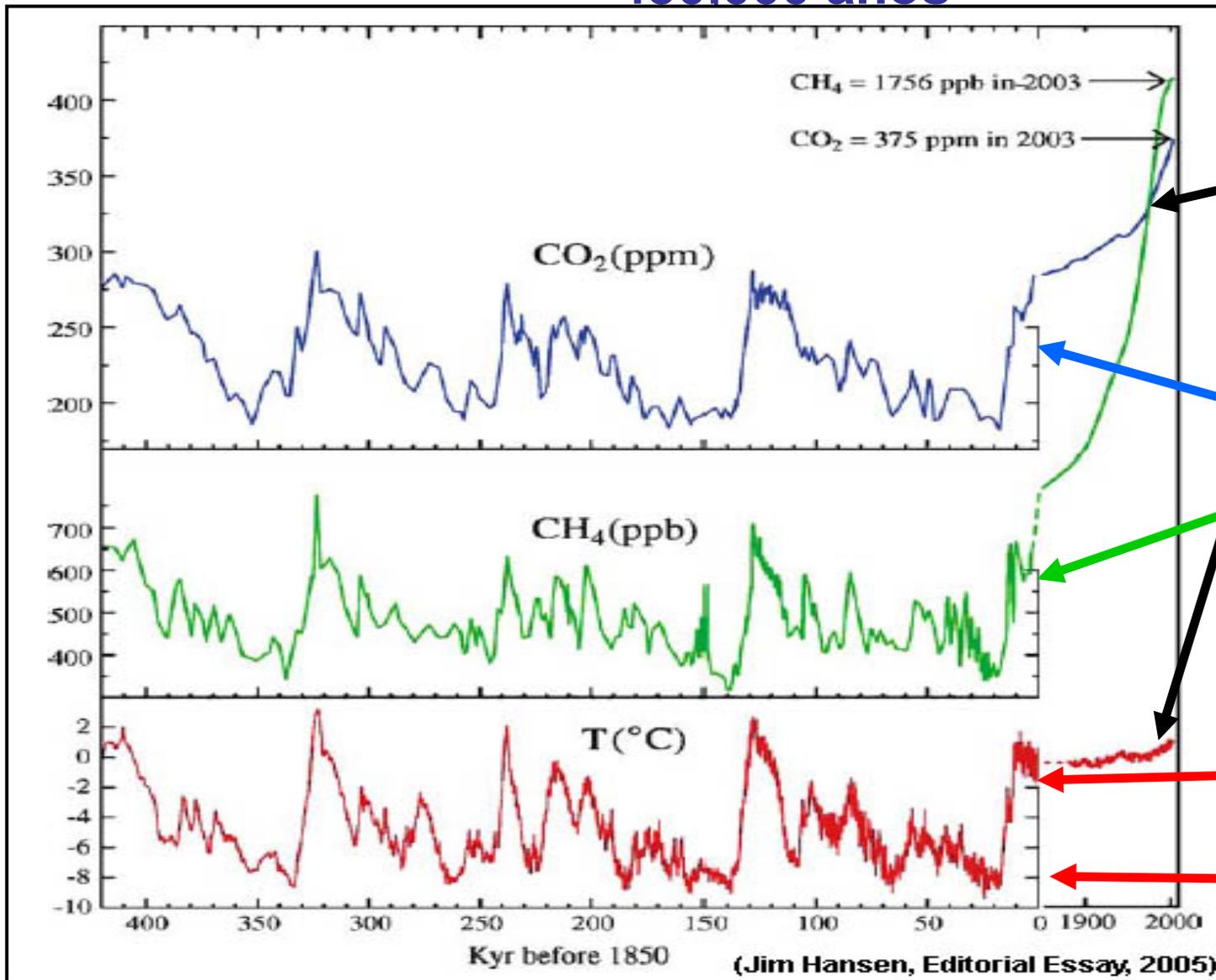
Es posible conocer la historia del clima de la Tierra a través de los núcleos de hielo del Antártico y de Groelandia

- Temperatura de isotopos de oxigeno
- Gases invernadero atrapados en burbujas dentro de los núcleos de hielo

Otras medidas validan estos registros



# Cambios en el clima: variación en los últimos 450.000 años



Últimos 150 años:  
Los GI manejan  
los cambios en la  
temperaturas

Los GI cambian  
en respuesta a  
cambios en  
el clima

Periodos  
cortos de  
calentamiento

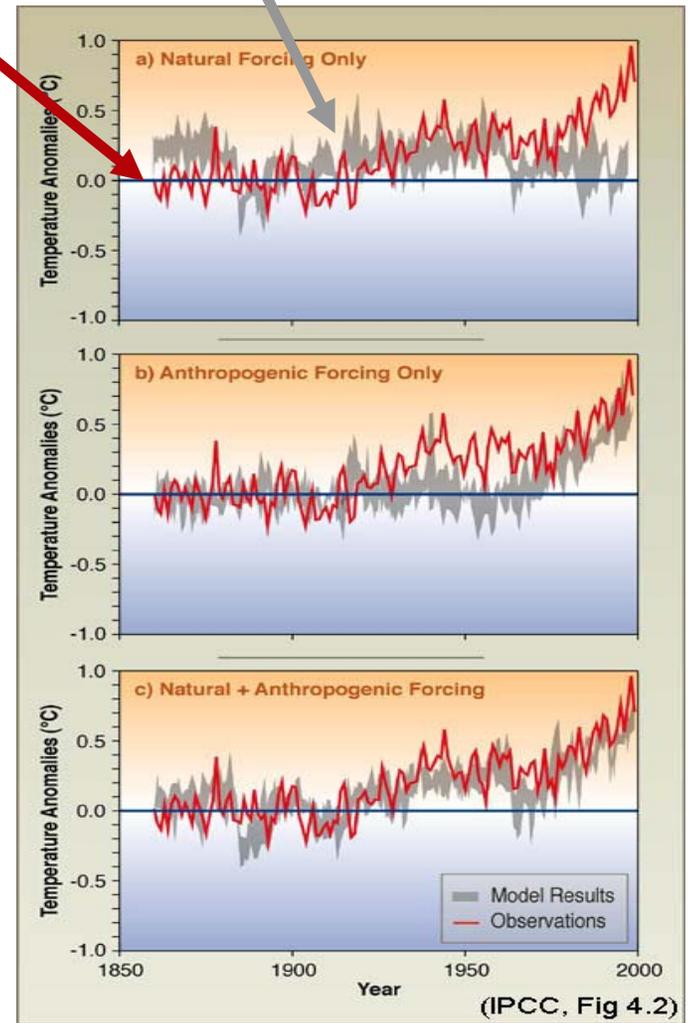
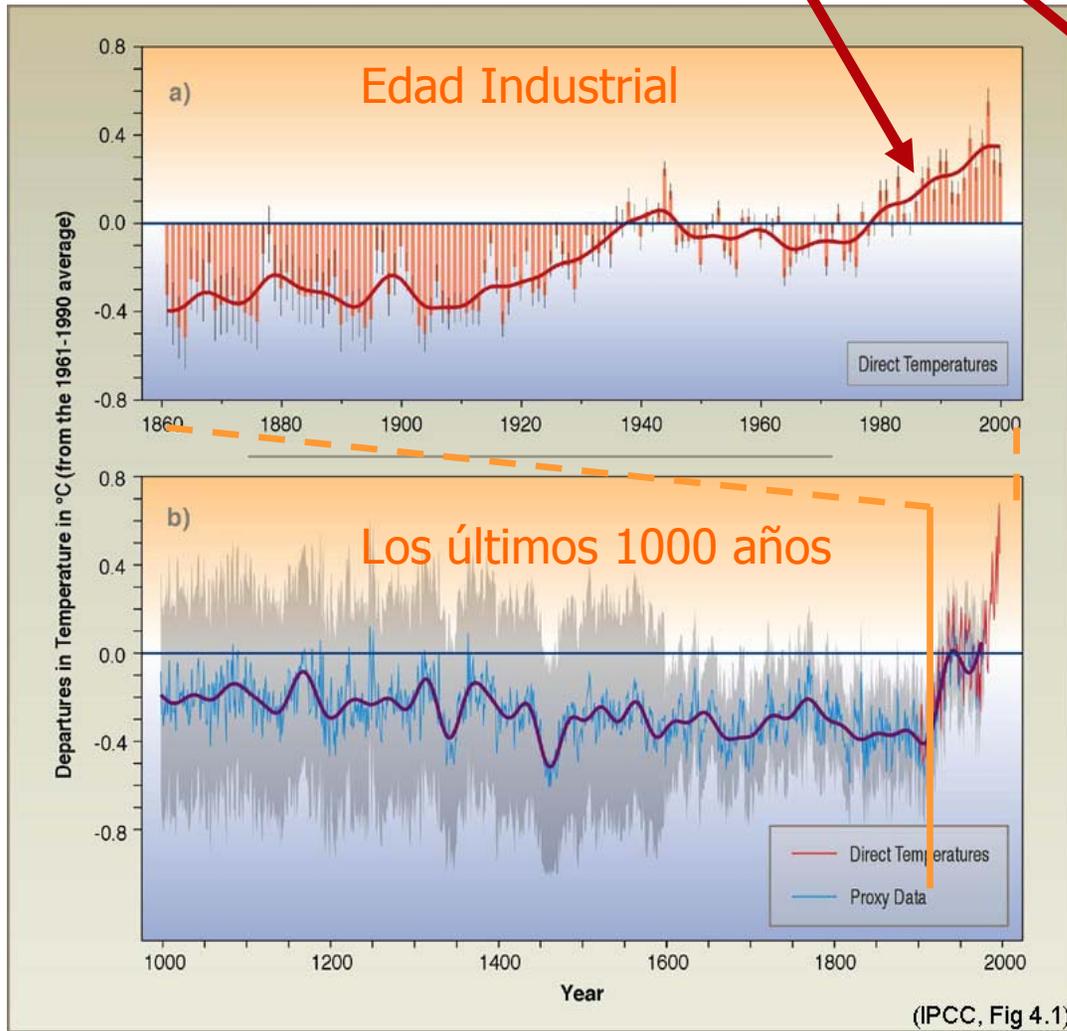
Edad del hielo

Temperaturas, CO<sub>2</sub>, y CH<sub>4</sub> desde núcleos de hielo del Antártico

# Impactos climáticos naturales vs inducido por los humanos

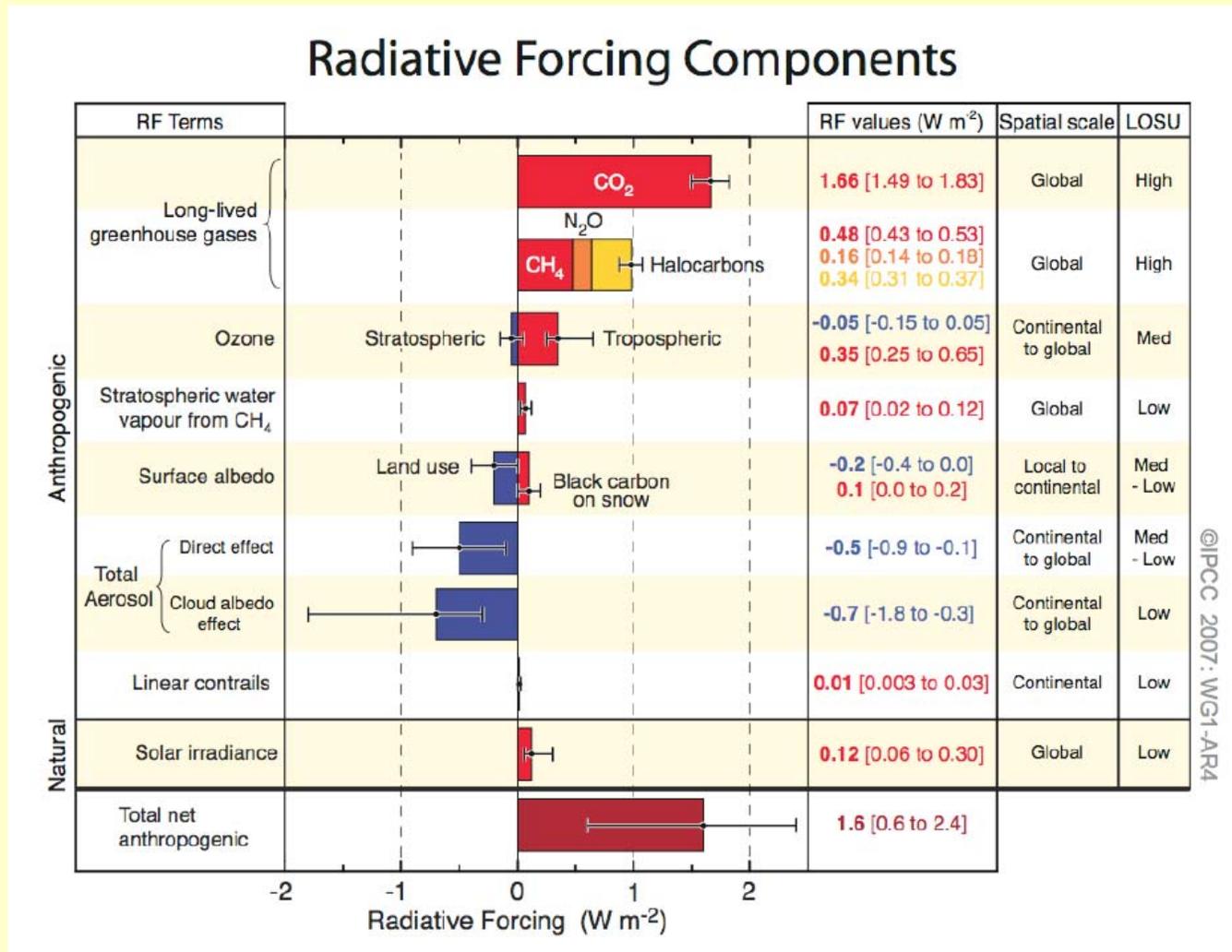
## Cambios del clima (observado)

## Modelos del Clima



Los cambios recientes se deben a efectos naturales y a los inducidos por el hombre

# Componentes del forzamiento radiativo



[RF] = Promedio Global y rangos estimados en 2005 del forzamiento radiativo por emisiones antropogénicas de bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y otros agentes y mecanismos importantes.

[LOSU] = Nivel de conocimiento científico

# Clima en los últimos 450,000 años:

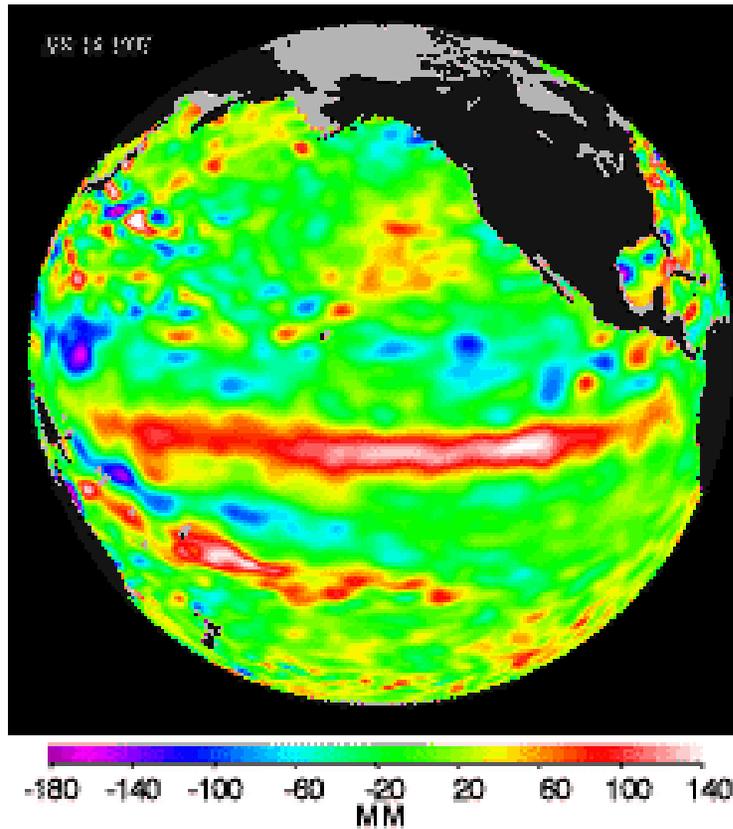
La edad del hielo esta separada por una breve temporada de calentamiento

¿Que hace que el clima cambie?

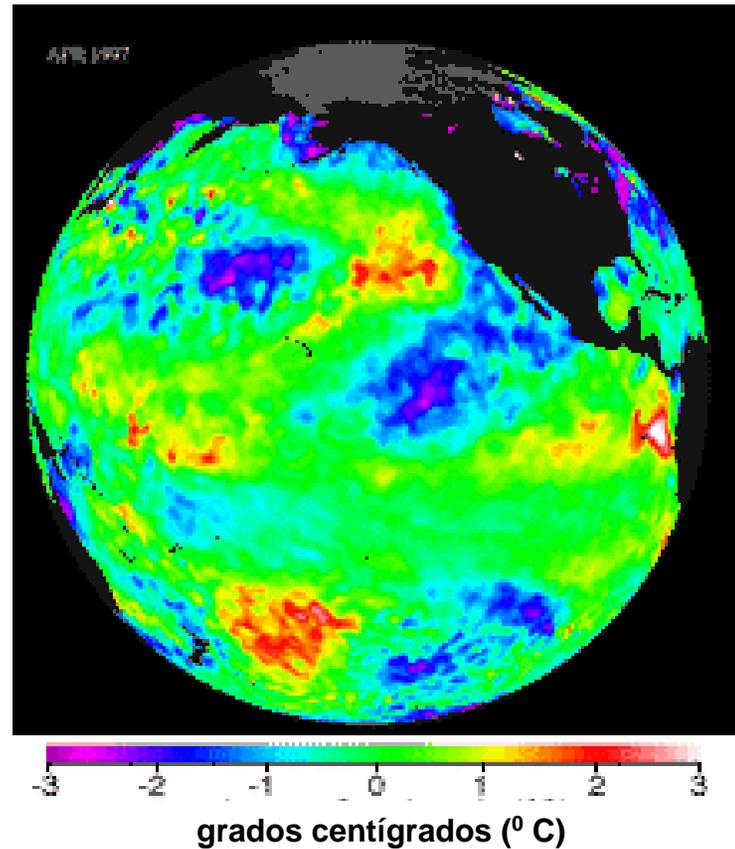
- Ciclos de la orbita Tierra-Sol
  - precesión, nutación ...
- Variabilidad en la circulación de la Tierra
  - Por ejemplo **“el Niño”**
- Gases Invernadero
  - Han estado en reacción con cambios en la temperatura en los últimos 450,000 años
  - Han sido un factor que ha llevado a aumentos en la temperatura desde la era industrial hasta nuestros días.

# El Niño 1997 - 1998

Altura de la superficie del mar



Temperatura de la superficie del mar



*Un posible escenario análogo: Niño más duradero; más intenso?*

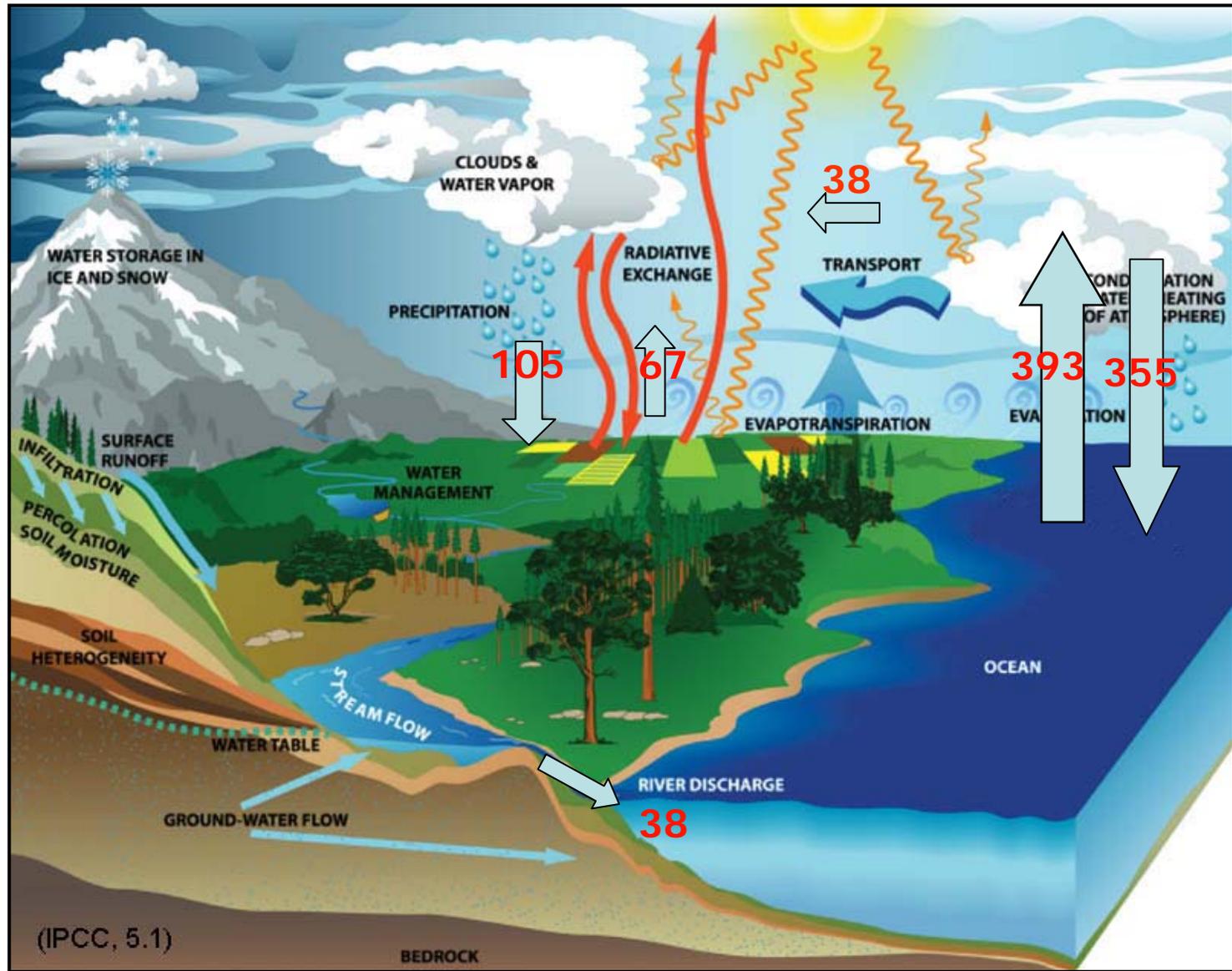
# Contribuciones

## Emisiones de CO2 por procesos industriales



¿Que esta pasando en  
condiciones de Cambio  
Climático?

# Ciclo global del Agua



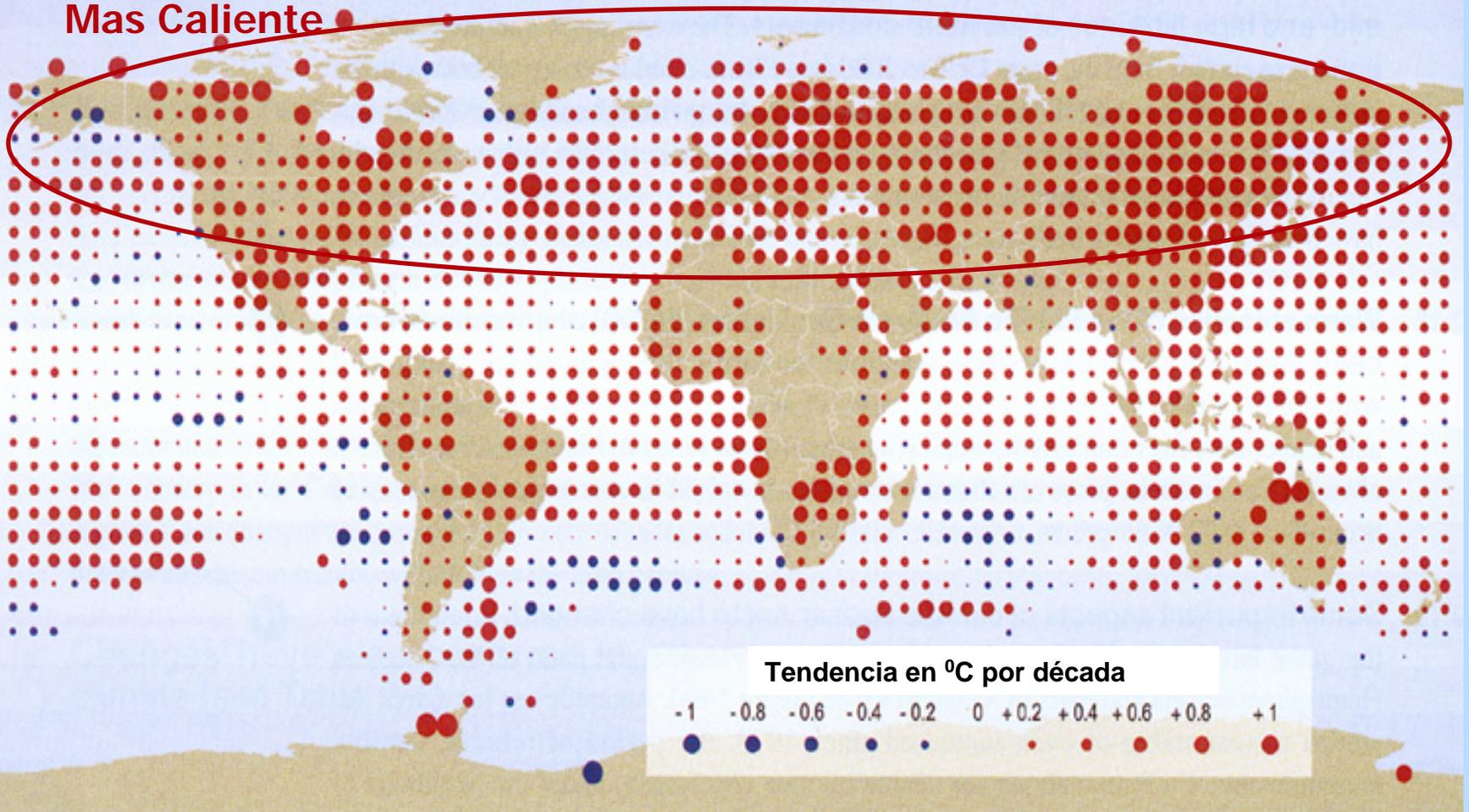
1000  $\text{km}^3/\text{año}$

# Cambio Climático

## Cambio en la Temperatura

Tendencia de la Temperatura Anual: 1976 a 2000

Mas Caliente

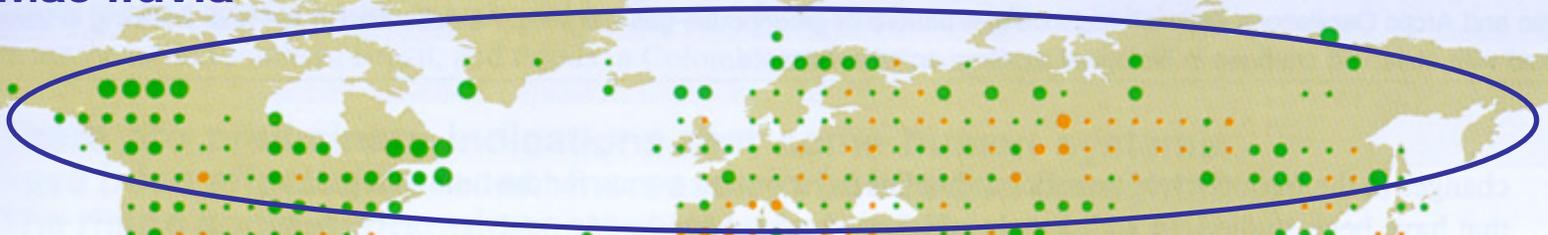


# Cambio Climático

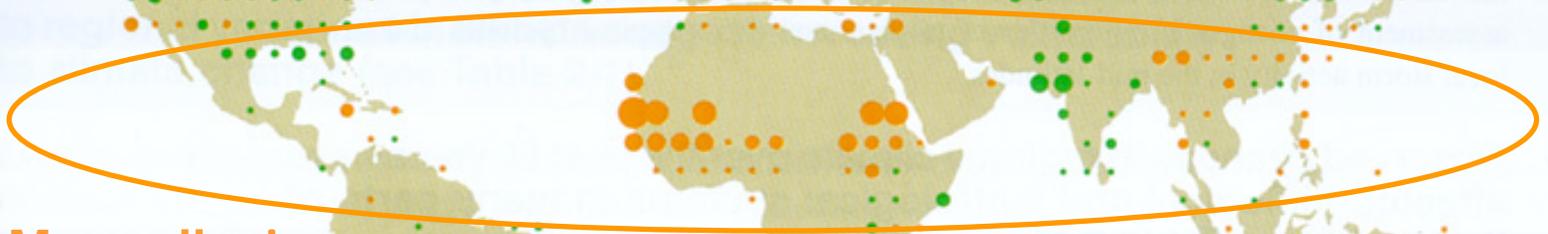
## Precipitación

Tendencia de la Precipitación Anual: 1976 a 2000

Mas lluvia



Menos lluvia



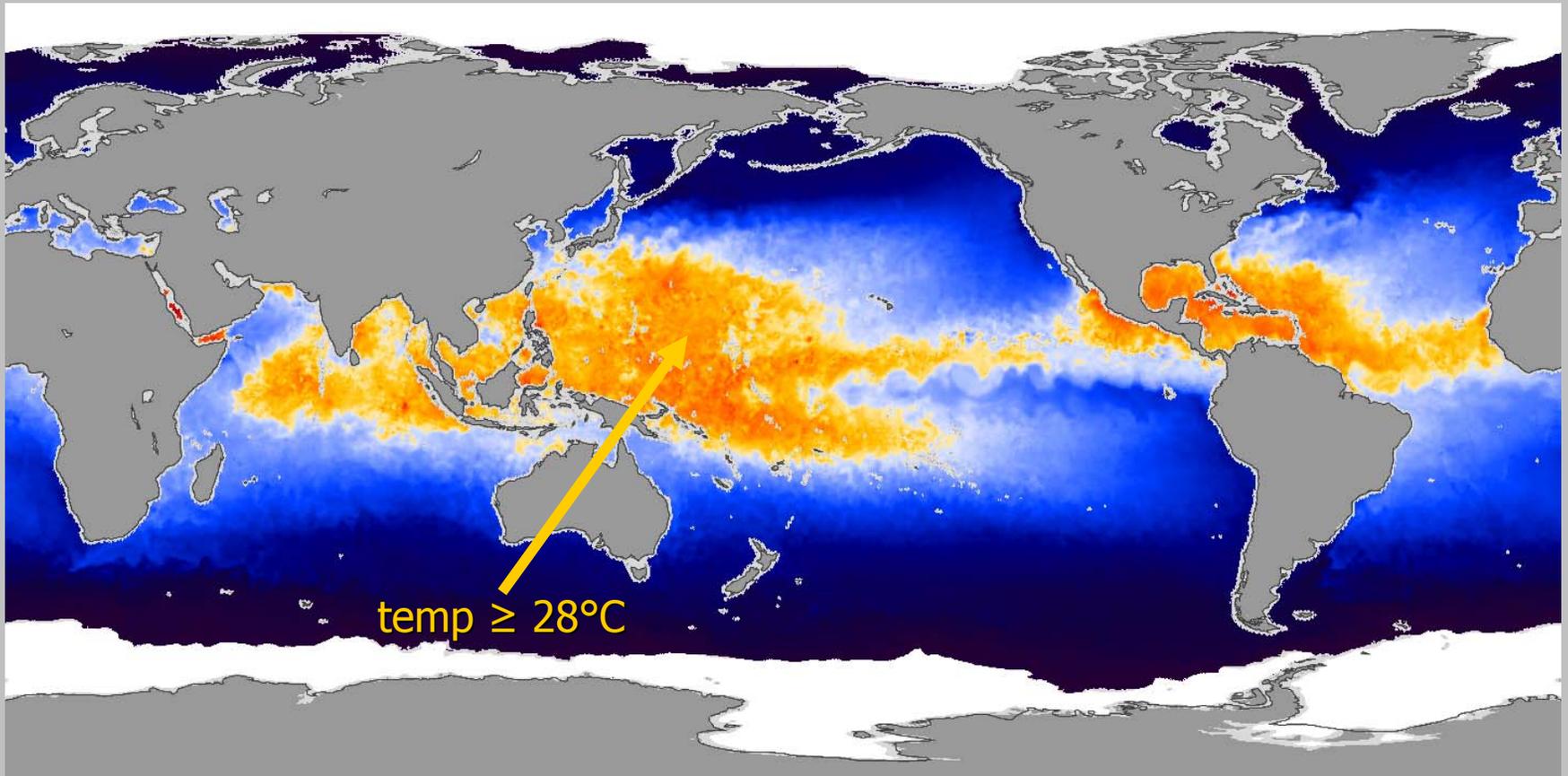
Tendencia en % por siglo



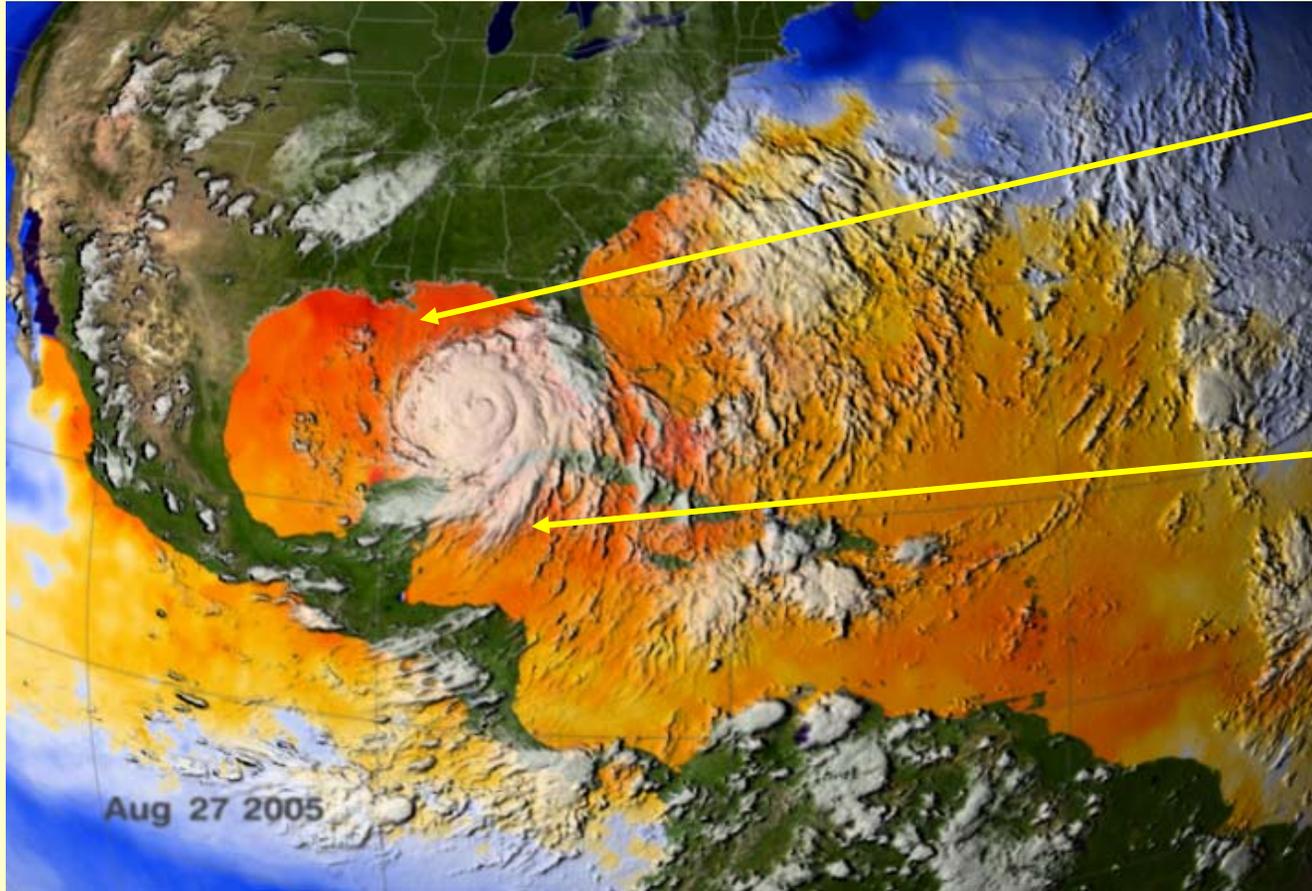
El aumento en la temperatura de la superficie del mar favorece la formación de huracanes

(Septiembre 2005)

El color naranja indica el lugar donde se pueden desarrollar Ciclones tropicales



# Condiciones para Katrina (New Orleans)



En el Norte del Golfo de México el agua de la superficie estaba caliente, esto permitió mantener la fuerza del huracán Katrina

La zona sur del Mar Caribe estuvo mas caliente de lo normal lo que permitió el desarrollo de ciclones tropicales muy intensos durante el verano del 2005



Damnificados del Katrina



# Trayectoria del Huracán Stan



Huracán Stan

MEXICO



# Cambios en el número de huracanes y de su intensidad en un ambiente más caliente

En los últimos 35 años...

Huracanes categoría 1:  
disminución ligera

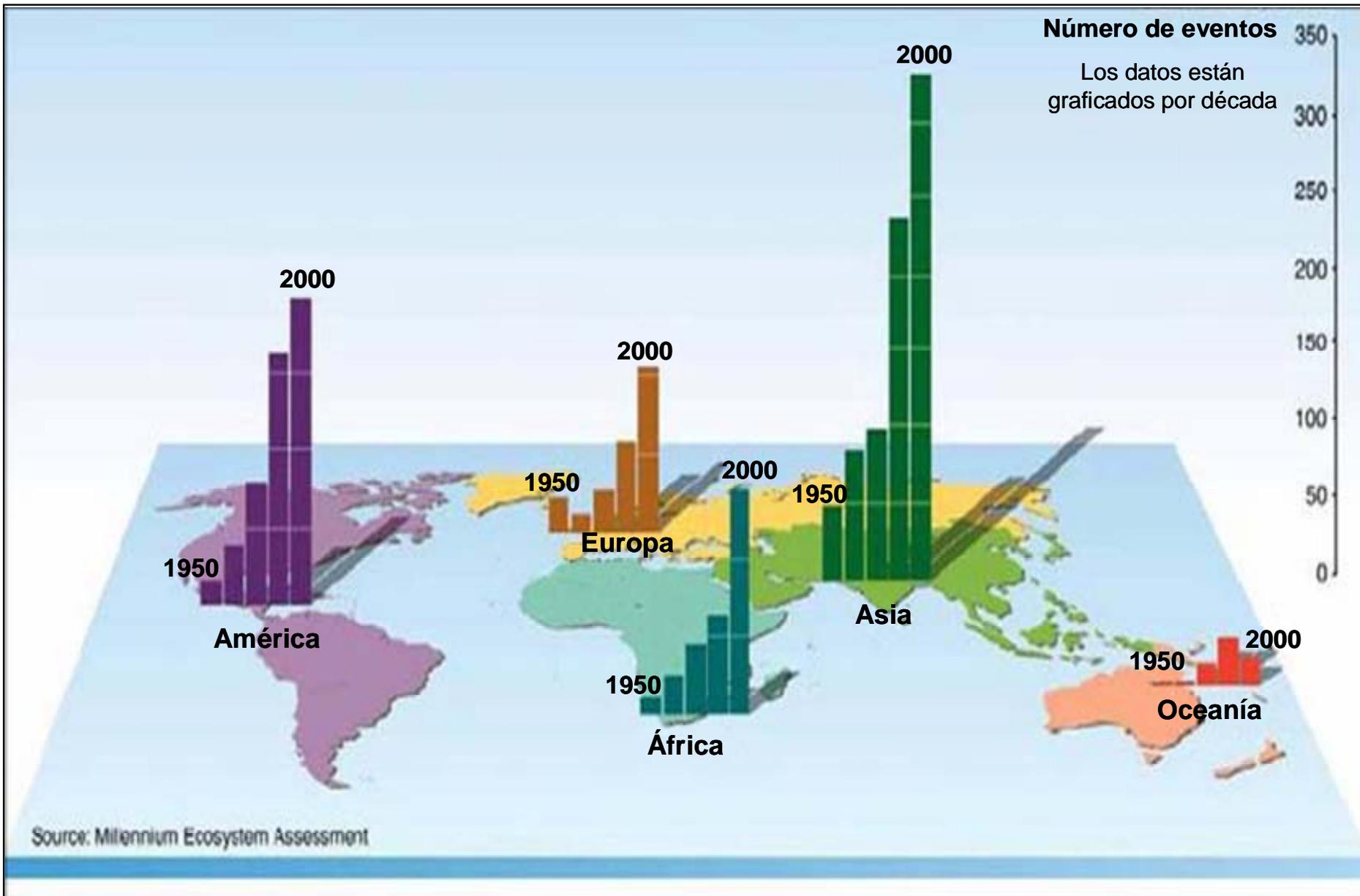
Huracanes categoría 2 y  
3: constante

Huracanes categoría 4 y  
5: CASI EL DOBLE!!

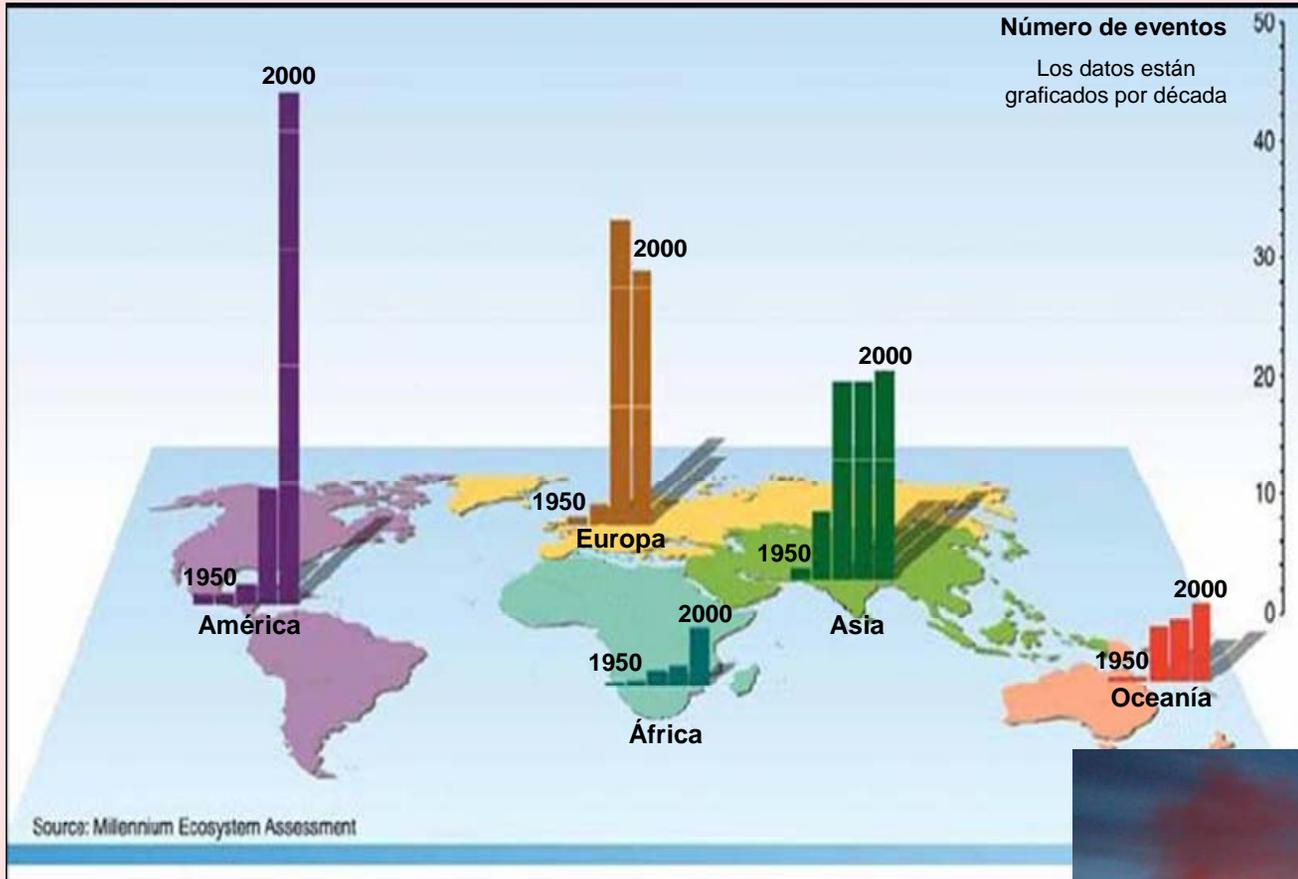
Webster, P., 2005. Science; imagen NOAA



# INUNDACIONES 1950-2000



# INCENDIOS FORESTALES 1950-2000



# Monte Kilimanjaro

1993



2000



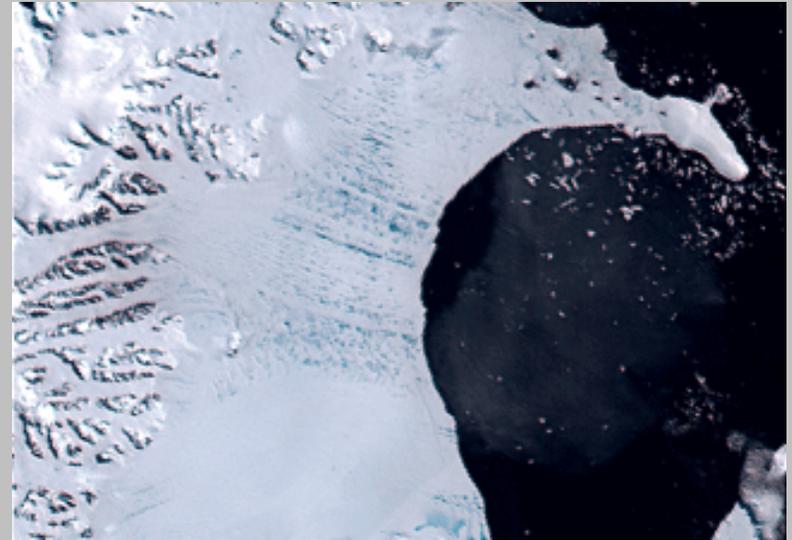
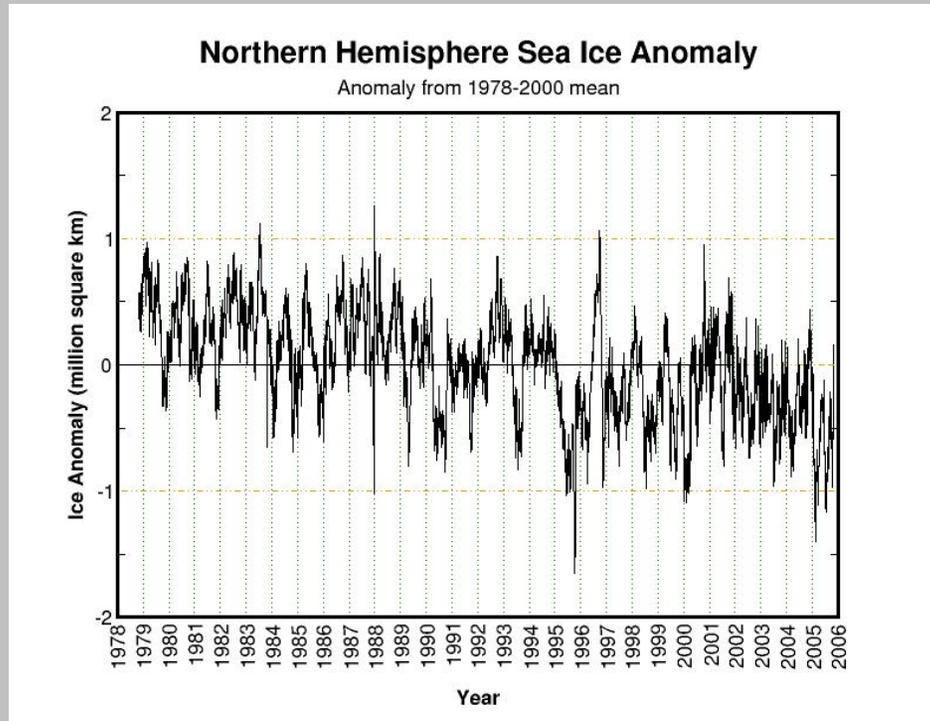
La cima del Monte Kilimanjaro como no se había visto en 11,000 años (Marzo, 2005)

# Upsala



Glaciar Upsala (Patagonia) en 1928 y en 2004

# Cobertura de hielo y glaciares



Larsen B

Febrero 2002, 3,250 km<sup>2</sup>

Esto no pasaba desde hace al menos 10,000 años (la última era glacial)

Aumento de **+10°C en la Antártica** en los últimos 25 años (Queen's University)

# Cambio Climático

¿Que pasa con los ecosistemas?

*Tres ejemplos de impacto:*

Osos Polares

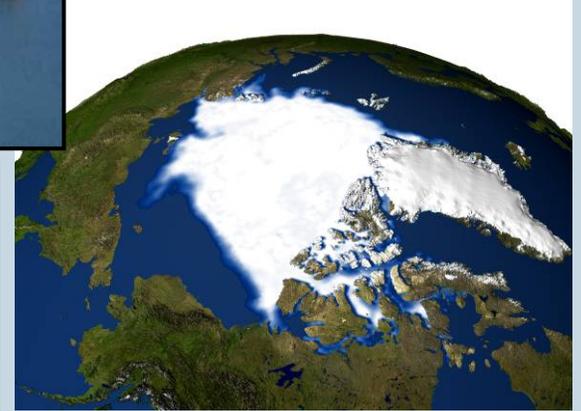
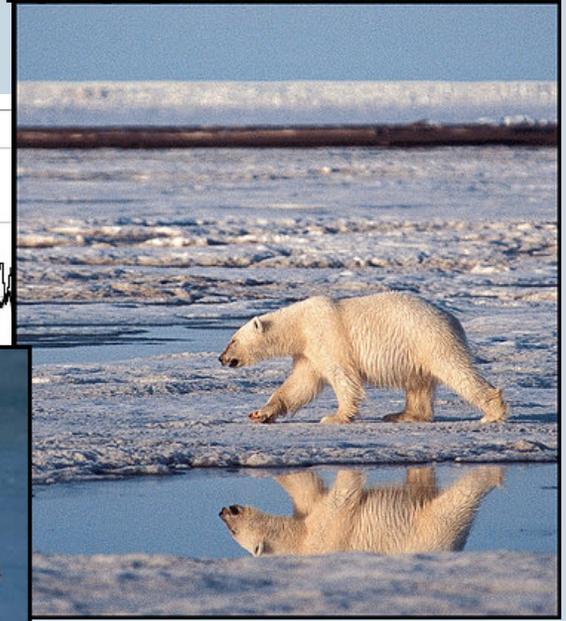
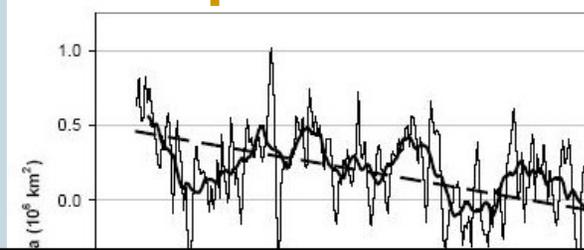
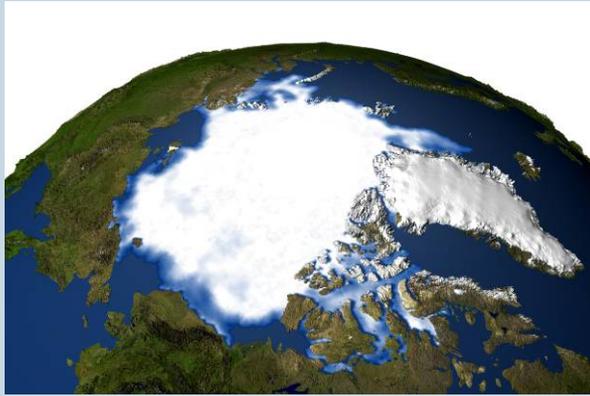
Leones

Humanos

# El ciclo del agua y clima

## El hielo el Ártico a disminuido

### ¿Que pasará con los osos polares?



# El ciclo del agua y el clima

La sequía afecta la disponibilidad de agua para los leones



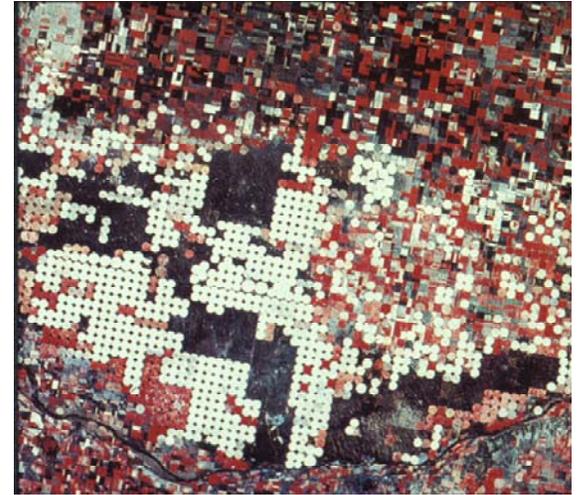
¿Qué pasara para los humanos?

Radio de la tierra: ~ 6400 km  
Espesor de atmósfera: ~100km



# TRANSFORMACIÓN DE LA TIERRA

- $> \frac{1}{2}$  de la superficie terrestre ha sido transformada por las actividades humanas



# PESQUERÍAS

- ~ 75% de las pesquerías globales más grandes se encuentran totalmente explotadas, sobreexplotadas o agotadas
- hace 50 años, era el 5%



# MANGLARES

**50% han sido convertidos en lagunas camaroneras, tierras para agricultura o áreas residenciales**



# SEQUÍAS

**400,000,000 de personas  
viven bajo condiciones de  
sequía extrema**

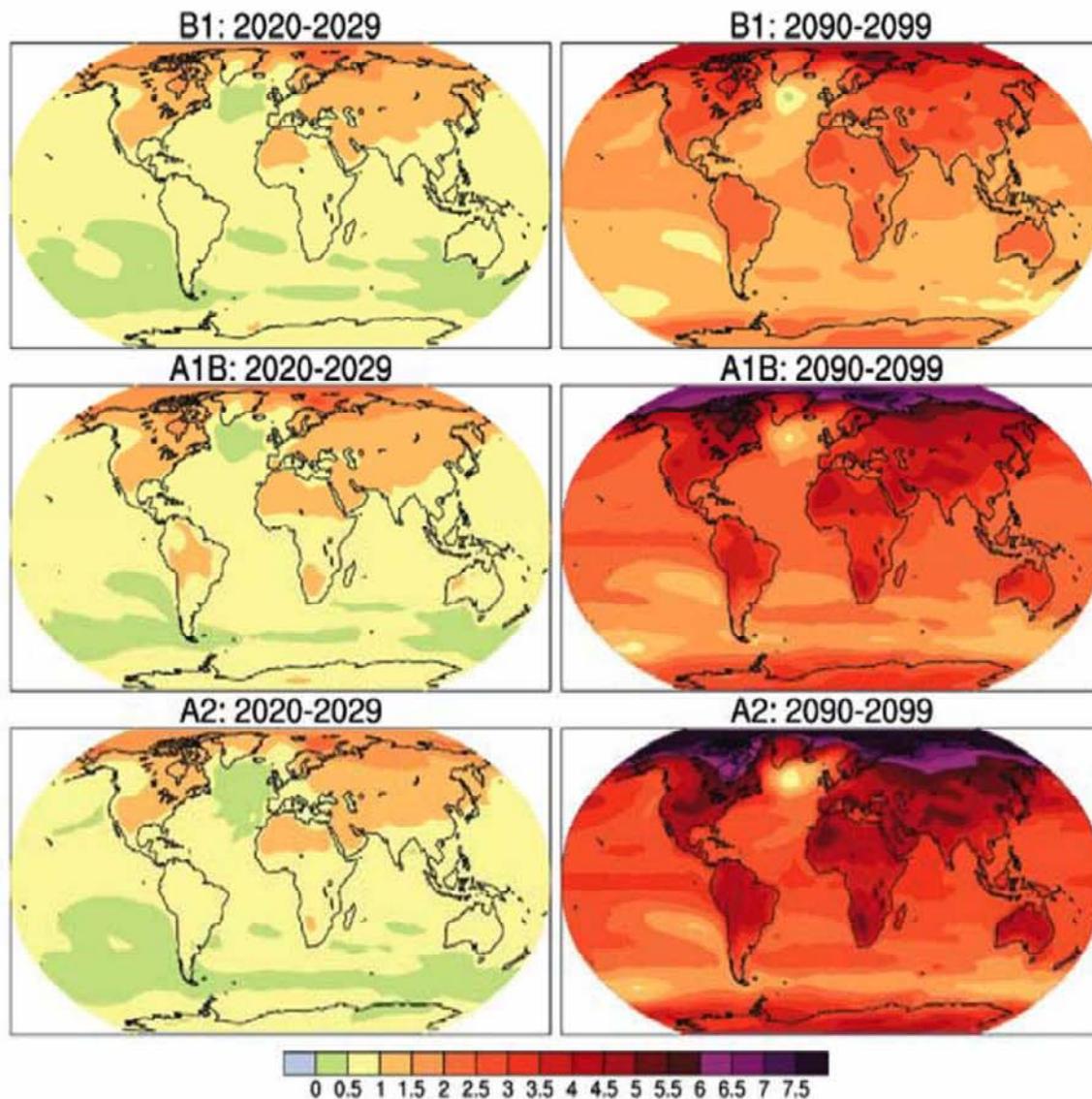
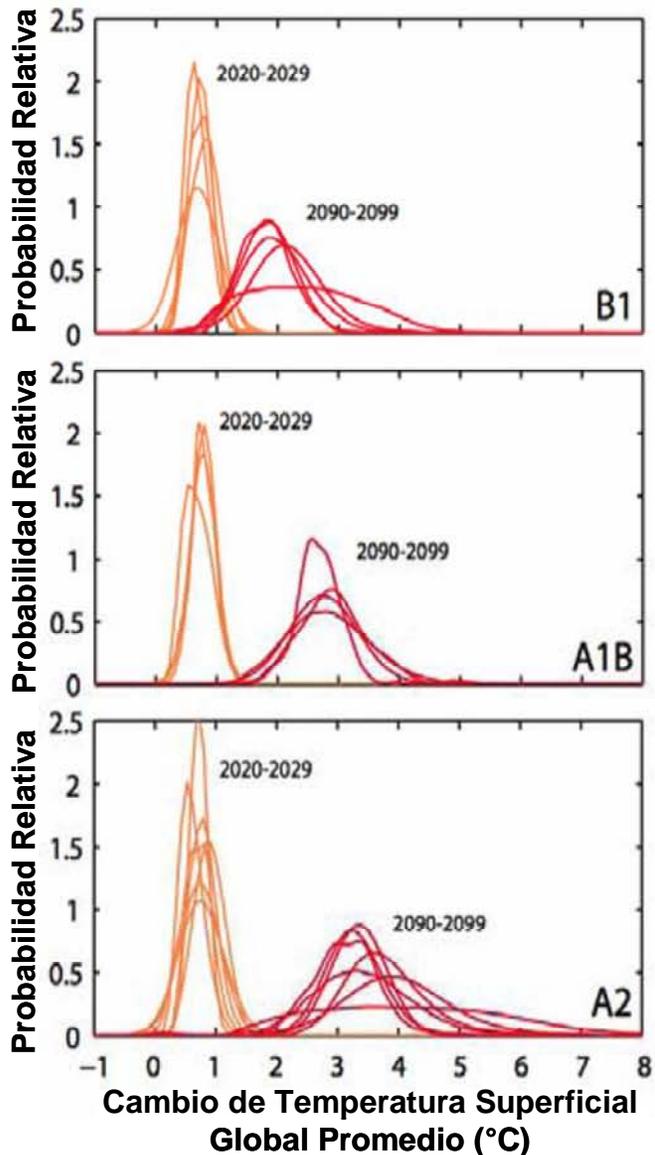
**Tierra considerada “Muy  
Seca” a nivel mundial:**

**15% en 1970**

**30% en 2002**



# Proyecciones de Temperatura Superficial



# Impactos del Cambio Climático

Cambio de temperatura global (referido a la era pre-industrial)



Fuente: Stern Review: The Economics of Climate Change

# ¿que pueden hacer los niños y jóvenes para cuidar la atmósfera y el clima?

## 😊 Ahorrar energía

- \* no tener encendida la TV, la PC y el radio todo el día
- \* cerrar la puerta de refrigerador
- \* apagar la luz de tu cuarto cuando no lo uses
- \* caminar o usar tu bicicleta para viajes cortos

## 😊 Pedir a tus Papás que:

- \* usen el auto solo para cosas indispensables
- \* mantengan en buen estado el auto
- \* cumplan con el programa de verificación vehicular
- \* verifiquen que los recipientes con alcohol, aguarrás, tiner, gasolina, petróleo etc., sean los adecuados y estén bien cerrados

## 😊 No hacer fogatas

## 😊 Cuidar el ambiente (plantas, agua, suelo, animales)

# Construir un mejor presente, única posibilidad de tener un mejor futuro



# Posgrados en al UNAM

*Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra (Ciencias Atmosféricas)*

*Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas (Química Ambiental)*

*Maestría y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Energía)*

*Maestría y Doctorado en Ciencias Biológicas*



# Características Principales del Posgrado en Ciencias:

- Maestría y Doctorado en Ciencias
- Se enfatiza el desarrollo de habilidades para realizar investigación
- Participan varias sedes:  
Ciudad Universitaria D.F.,  
Temixco, Morelos  
Juriquilla, Querétaro  
Hermosillo, Sonora

- Las decisiones académicas se toman por el Comité Académico del Posgrado
- Sistema tutorial
- Alta flexibilidad: no hay materias obligatorias ni optativas y se pueden tomar materias de otros Posgrados de la UNAM o aún de otras instituciones
- Trabajo multidisciplinario
- La mayor oferta en Latinoamérica
- Pertenecen al Padrón de Excelencia de CONACYT

# Actividades Estudiantiles

- Trabajo de campo, de laboratorio y en observatorios, estaciones y talleres
- Asistencia a congresos nacionales e internacionales
- Estancias académicas en Universidades extranjeras (seis meses a un año)
- Visitas frecuentes de investigadores nacionales y extranjeros para dar seminarios, cursos y asesorías a estudiantes

# INFRAESTRUCTURA



- Laboratorios y talleres
- Observatorios y estaciones
- PC's , estaciones de trabajo
- Software especializado
- Cursos por videoconferencias
- Areas dedicadas al Posgrado en cada sede
- Biblioteca con miles de libros y revistas



# Programa

- **Maestría**

Dos años: Primeros dos (o tres) semestres cursos y últimos dos semestres investigación, escritura de tesis y graduación

- **Doctorado**

Cuatro años: Primeros tres semestres bases para la investigación que se desarrollará y examen de candidatura. Cinco semestres restantes, investigación, redacción de tesis y graduación

# BECAS

- UNAM (para estudiantes extranjeros, promedio igual o mayor a 8.5 en estudios previos), Relaciones Exteriores, OEA, ONU, IPGH, etc.
- CONACYT (estudiantes nacionales, promedio igual o mayor a 8.00 en estudios previos)
- Página:  
<http://www.geofisica.unam.mx/posgrado>

# Entidades Académicas participantes:

- Facultad de Ciencias
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Estudios Superiores (Cuautitlan)
- Facultad de Química
- Centro de Ciencias de la Atmósfera
- Centro de Geociencias
- Centro de Investigación en Energía
- Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico.
- Instituto de Geofísica
- Instituto de Geología
- Instituto de Geografía
- IIMAS

# Requisitos de ingreso:

- Haber cubierto el 100% de los créditos de licenciatura afín;
- Promedio mínimo de 8.0;
- Presentar y aprobar exámenes de conocimiento y de aptitudes
- Demostrar la comprensión de idioma distinto al español (o del español si no es la lengua materna);
- Presentarse a entrevista con el subcomité de admisión;
- Recibir del comité académico dictamen aprobatorio de suficiencia académica.

# Ingreso a la Maestría en Ciencias de la Tierra

Registro y recepción de documentos completos (~ abril)

Exámenes de admisión (~ finales de mayo)

1. Ciencias de la Tierra
2. Física
3. Matemáticas
4. Química

Entrevista de los candidatos por parte del Comité de Admisión

Inicio de ciclo escolar (~ agosto)

# Orientaciones o campos de conocimiento:

## **BIOLOGÍA**

- **En Biología Experimental**
- **En Biología Ambiental:** ecología; manejo y conservación de recursos naturales; impacto ambiental; contaminación ambiental.
- **En Sistemática**

## **QUÍMICA**

- Química analítica, **ambiental** y de alimentos
- Química inorgánica, nuclear y de materiales
- Química orgánica
- Fisicoquímica.

# Orientaciones o campos de conocimiento:

## **INGENIERÍA**

- **Ingeniería ambiental**
- Ingeniería eléctrica
- Ingeniería en sistemas
- Ingeniería petrolera y de gas natural
- Ingeniería civil
- Ingeniería mecánica
- Ingeniería química
- **Energía**

## **CIENCIAS DE LA TIERRA**

- Geofísica de la tierra sólida
- Aguas subterráneas, exploración y modelación
- Geología
- **Ciencias atmosféricas**, espaciales y planetarias

## Agradecimientos:

- Quim. Ma. Isabel Saavedra por su ayuda en la búsqueda y organización de material. [sisabel@atmosfera.unam.mx](mailto:sisabel@atmosfera.unam.mx)
- Dr. Michel Grutter y Gustavo Mateos por proporcionar la información y material del posgrado en Ciencias de la Tierra. [grutter@servidor.unam.mx](mailto:grutter@servidor.unam.mx)
- Lic. Francisco Estrada por su ayuda en la organización del material del IPCC [feporra@atmosfera.unam.mx](mailto:feporra@atmosfera.unam.mx)
- Dirección General de Estudios de Posgrado, UNAM. Información sobre los diferentes posgrados que se ofrecen en la UNAM [www.posgrado.unam.mx](http://www.posgrado.unam.mx)