

Características Generales del Clima Planetario y Regional

CI4161 - Hidrología Ambiental
James McPhee & Carolina Meruane

21 de octubre de 2011

Temas

1. Clima planetario.
2. Clima regional.
3. La Oscilación del Sur (ENSO).
4. Cambio climático.

Clima Planetario

El sistema climático y sus componentes

El *clima* es una síntesis del tiempo atmosférico en una región particular, de éste dependen desde los estados de ánimo, pasando por la disponibilidad (precio) de alimentos, del agua y de la energía, hasta la historia de la humanidad, particularmente las grandes migraciones.

El sistema climático y sus componentes

El *clima* es una síntesis del tiempo atmosférico en una región particular, de éste dependen desde los estados de ánimo, pasando por la disponibilidad (precio) de alimentos, del agua y de la energía, hasta la historia de la humanidad, particularmente las grandes migraciones.

Por lo tanto, es muy importante conocer los factores que controlan el clima, sus fluctuaciones y tendencias de largo plazo. En este sentido, el clima presenta variaciones naturales y antropogénicas.

Uno de los grandes desafíos de la ciencia actual es separar en forma inequívoca estas dos componentes.

El sistema climático y sus componentes

Los elementos constitutivos del sistema climático de la tierra son:

- La atmósfera
- Los océanos
- La cobertura helada (criósfera)
- La superficie terrestre (vegetación, tipo de suelo, nieve, agua dulce, arena, entre otros).

La atmósfera

La atmósfera es una capa gaseosa extremadamente delgada. El 90 % de su masa se encuentra por debajo de los 16 kilómetros sobre el nivel del mar (radio terrestre=6400 km).

La atmósfera

La atmósfera es una capa gaseosa extremadamente delgada. El 90 % de su masa se encuentra por debajo de los 16 kilómetros sobre el nivel del mar (radio terrestre=6400 km).

Esta constituida principalmente por Nitrógeno (78.08 %), Oxígeno (20.95 %) y Argón (0.93 %), denominados componentes fijos.

La atmósfera

La atmósfera es una capa gaseosa extremadamente delgada. El 90 % de su masa se encuentra por debajo de los 16 kilómetros sobre el nivel del mar (radio terrestre=6400 km).

Esta constituida principalmente por Nitrógeno (78.08 %), Oxígeno (20.95 %) y Argón (0.93 %), denominados componentes fijos.

Mas otros constituyentes gaseosos variables, que se presentan en una densidad muy baja, como son: anhídrido carbónico, ozono, vapor de agua,entre otros.

El agua

El agua es un elemento clave en el sistema climático (ciclo hidrológico, evaporación, transferencia de energía entre la Tierra y la atmósfera, nubosidad, efecto invernadero, precipitación)

El agua

El agua es un elemento clave en el sistema climático (ciclo hidrológico, evaporación, transferencia de energía entre la Tierra y la atmósfera, nubosidad, efecto invernadero, precipitación)

Así se distribuye:

Océanos: 97 %

Campos de hielos y glaciares: 2.2 %

Contenido en el suelo: 0.71 %

Lagos y ríos: 0.013 %

Atmósfera: 0.0009 %

Los océanos

- Cubren 71 % de la superficie del planeta.
- Profundidad media: 3730 m.
- Gran capacidad para almacenar y liberar calor en escalas de tiempo desde pocos meses a siglos.
- Componentes clave en el ciclo hidrológico, y en los ciclos de algunos componentes de la atmósfera.
- La temperatura disminuye con la profundidad, hasta valores cercanos a 0°C.
- Existe una capa superficial (algunos cientos de metros), bien mezclada por efecto del viento y del oleaje resultante. El límite inferior de esta capa se denomina termoclina.

Contenido de sal como factor dinámico de los movimientos de masas de agua

- Variaciones espaciales de salinidad (varía en el intervalo 33 - 38 g/kg) constituye un factor significativo en el control del movimiento de los océanos. Esto debido a los cambios asociados de densidad del agua.
- En general la salinidad es relativamente baja en la superficie del océano (aporte de agua dulce por precipitación y escorrentía superficial desde el continente).
- La salinidad es relativamente alta en las regiones subtropicales, donde la evaporación excede a la precipitación.

Perfil de temperatura, salinidad y densidad en los fiordos australes del sur Chile

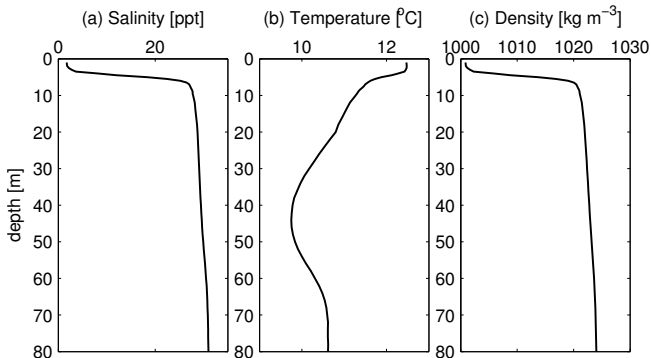


Figura: Perfiles verticales de (a) salinidad, (b) temperatura y (c) densidad, obtenidos de promediar 50 perfiles CTD durante enero de 2008. La densidad fue calculada con la metodología Unesco (1981).

La criósfera

- Cerca del 2 % del total del agua se encuentra en forma de hielo, el que a su vez acumula como el 80 % del agua dulce.
- En forma permanente, la criósfera cubre un 11 % de los continentes, y un 7 % de los océanos.
- La mayor parte de la criósfera se concentra en la Antártica (89 %) y en Groenlandia (8.6 %).
- Relevante para el clima global, por el alto índice de reflexión de la radiación solar.

Los continentes

- Abarcan 30 % del total de la superficie global, repartidos en forma desigual entre ambos Hemisferios.
- Fricción sobre la atmósfera (topografía).
- Alteración significativa de la superficie, por causas antropogénicas.

Distribución espectral de la radiación solar y la radiación terrestre

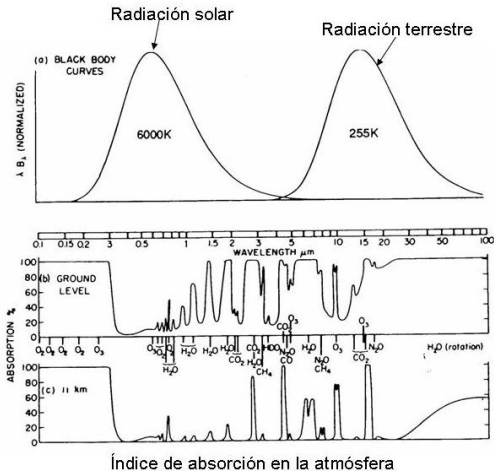


Figura: Radiación solar y terrestre.

Flujo de radiación solar

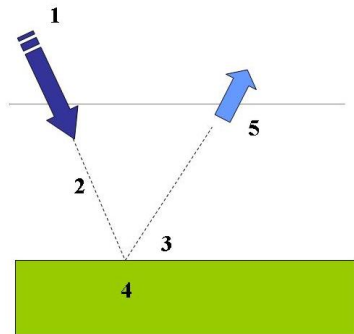


Figura: Radiación solar.

1. Radiación solar en el tope de la atmósfera.
2. Una parte menor se absorbe y otra se dispersa (color azul del cielo)
3. Reflexión en la superficie.
4. Energía absorbida en el suelo.
5. Energía reflejada y dispersada al espacio.

Flujo de radiación terrestre

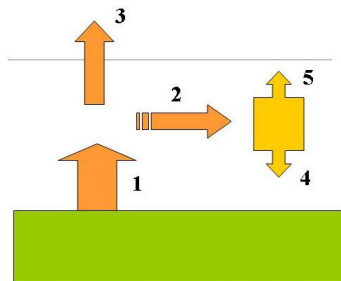


Figura: Radiación infrarroja.

1. Emitido por la superficie, proporcional a la cuarta potencia de la temperatura ($^{\circ}\text{K}$).
2. Absorbido por la atmósfera.
3. Transmitido hacia el espacio exterior.
4. Emitido por la atmósfera hacia la superficie (contraradiación).
5. Emitido por la atmósfera hacia el espacio.

Balance de energía terrestre

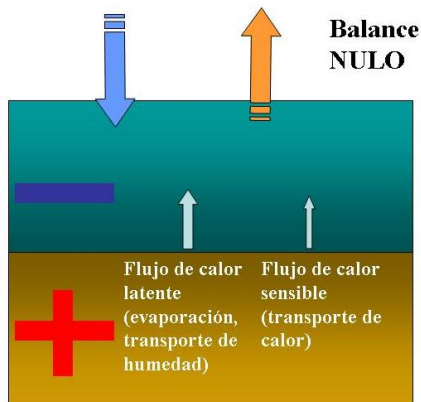
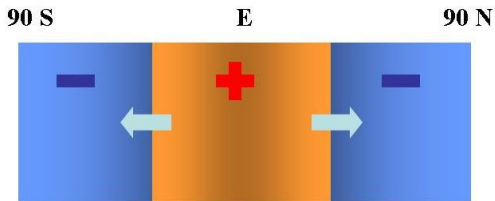


Figura: Desbalance de energía compensado por flujos turbulentos.

El exceso de energía en la superficie terrestre genera flujos turbulentos de humedad y calor que compensan el déficit de energía en la atmósfera.

Balance radiativo planetario: contraste meridional



➡ **Transporte no radiativo de energía,
realizado por la atmósfera y los
océanos**

Figura: Desbalance de energía entre el ecuador y los polos.

⇒ *Circulación general de la atmósfera.*

Celda de Hadley

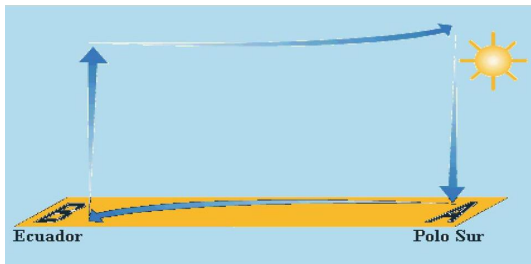


Figura: Esquema primitivo del modelo de circulación meridional.

Sin embargo, un modelo mas realista debe considerar que la Tierra está en rotación.

Modelo de circulación general de la atmósfera

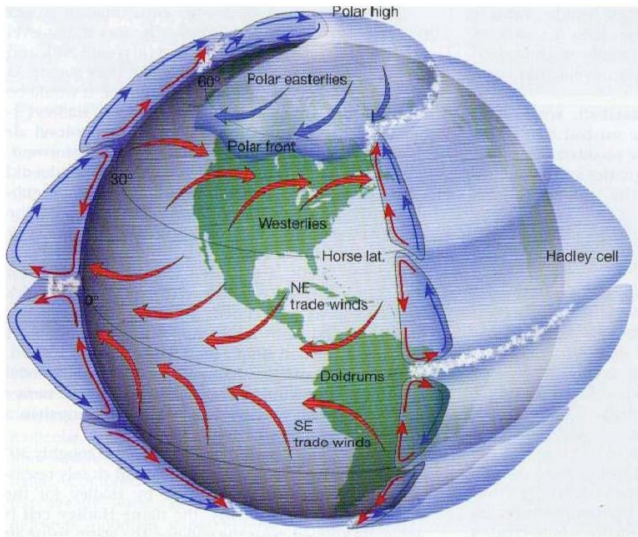


Figura: Esquema de circulación meridional.

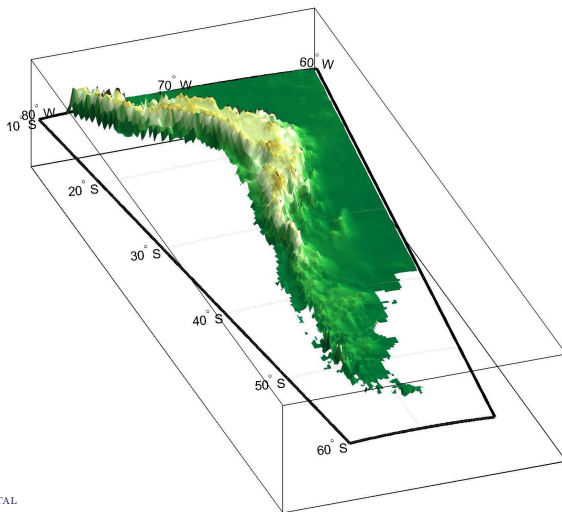
Modelo de circulación general del océano en superficie

Algunas películas.

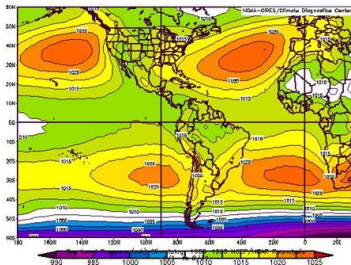
Clima Regional

Características geomorfológicas

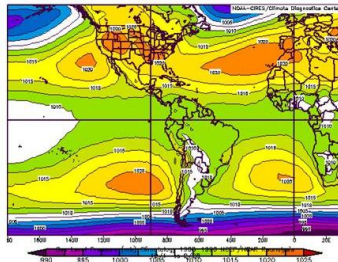
La cordillera de la Costa, los valles transversales y la cordillera de los Andes, constituyen una sucesión de relieves de importancia fundamental en las características climáticas de Chile.



Dinámica del clima regional



Invierno 2004



Verano 2005

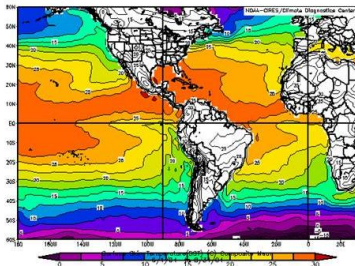
Figura: Anticiclón del Pacífico Suroriental desplazado hacia el norte durante el invierno.

Durante los meses más fríos, las perturbaciones del frente polar, que usualmente afectan a la zona austral, se trasladan hacia el norte y generan irrupciones esporádicas de sistemas de mal tiempo sobre la zona central de Chile. El origen extra-tropical de las perturbaciones frontales y su refuerzo orográfico a barlovento de los Andes, explica la disminución de la precipitación anual media de sur a norte y de cordillera a mar.

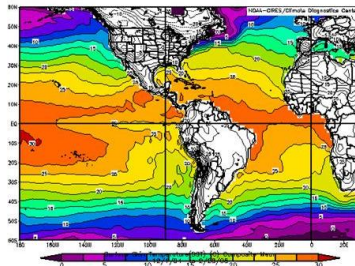
Irrupciones del frente polar

Película.

Afloramiento de aguas frías.



Invierno 2004



verano 2005

Figura: Temperatura superficial del mar (TSM).

En la costa centro y norte de Chile se observan aguas más frías producto de la corriente fría de Humboldt y zonas litorales de surgencia costera, forzadas por vientos del SSW en superficie asociados al anticiclón.

En una zona cercana a la línea ecuatorial (ZCIT) ocurre afloramiento de aguas frías en el oeste y centro del océano pacífico, producto de la convergencia de los vientos alisios en esta zona (vientos del SW en el HS y del NW en el HN).

Efecto Coriolis

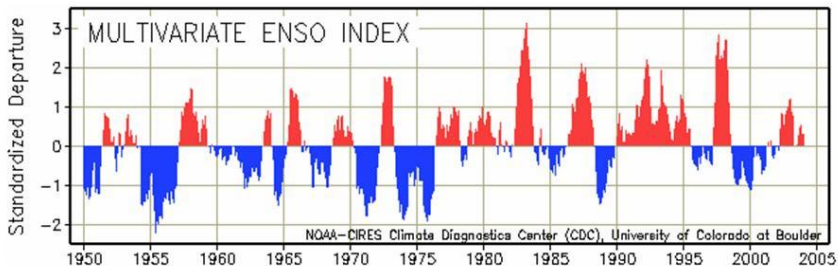
Película.

El Niño, Oscilación del Sur.

Ciclo ENOS

- El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), es uno de los eventos de interacción océano-atmósfera mas importantes. Se desarrolla a escala interanual.
- Consiste en una oscilación entre una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), manifestándose como un calentamiento o enfriamiento de la temperatura superficial del mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental.
- Este ciclo ocasiona una alteración en el régimen de precipitaciones a escala global.

Índice ENSO



Fuente: K. Wolter

Sitio Web: www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html

Figura: Positivo fase cálida (El Niño), negativo fase fría (La Niña).

Celda de Walker en el Pacífico Ecuatorial

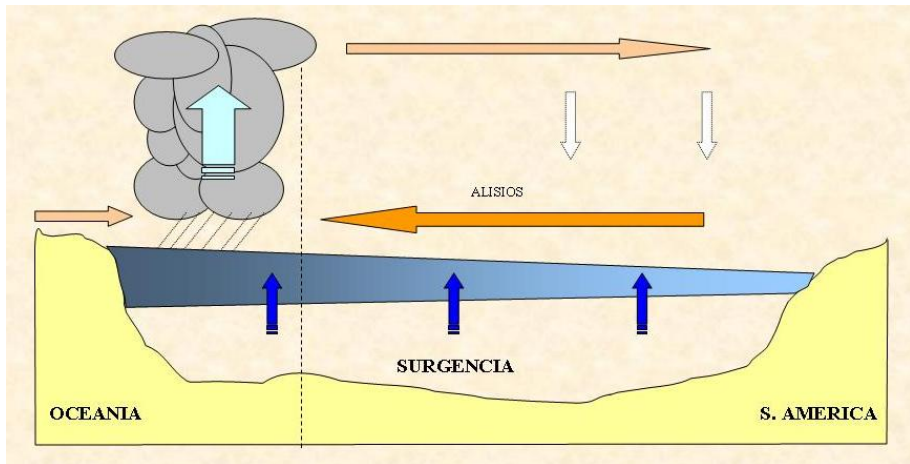
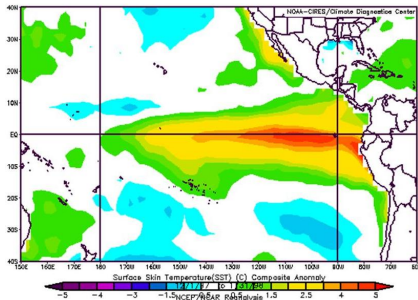


Figura: Modelo de convección, temperatura del mar y surgencia, bajo condiciones medias.

Fase cálida del ciclo ENOS (El Niño)

- Debilitamiento de gran escala de los vientos alisios \Rightarrow debilitamiento de la celda de Walker.
- Calentamiento de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial del este y centro.
- Presiones atmosféricas a nivel del mar mucho más altas de lo normal hacia el noroeste del Pacífico tropical y presiones más bajas hacia sureste del Pacífico tropical \Rightarrow mayor irrupción del frentes en Chile central.

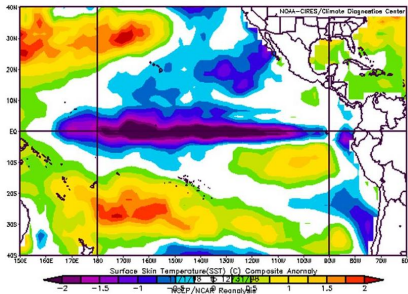
EL NIÑO 1997 – 98: Anomalia de TSM (Dic 1997 – Ene 1998)



Fase fría del ciclo ENOS (La Niña)

- Fortalecimiento de gran escala de los vientos alisios \Rightarrow fortalecimiento de la celda de Walker.
- Enfriamiento de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial del este y centro.
- Presiones atmosféricas a nivel del mar mucho más bajas de lo normal hacia el noroeste del Pacífico tropical y presiones más elevadas hacia sureste del Pacífico tropical \Rightarrow bloqueo atmosférico para el paso de frentes a Chile central.

LA NIÑA 1998–99: Anomalia de TSM (Nov – Dic, 1998)



Impactos climáticos de El Niño

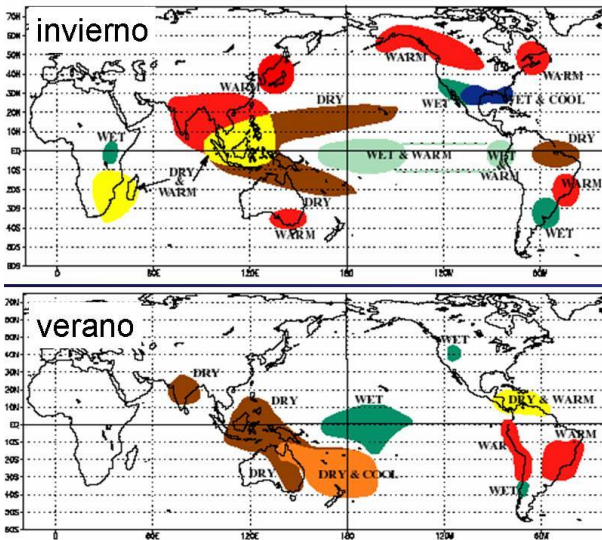


Figura: Anomalías de temperatura y humedad.

Cambio Climático Global (Calentamiento global)

Evolución de la anomalía temperatura promedio anual cerca de la superficie, entre 1860 y 2003

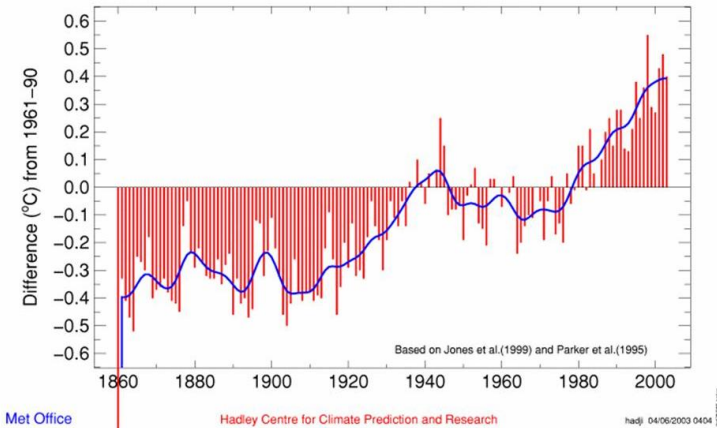


Figura: Tendencia al calentamiento global desde 1980.

Tendencia de la temperatura anual

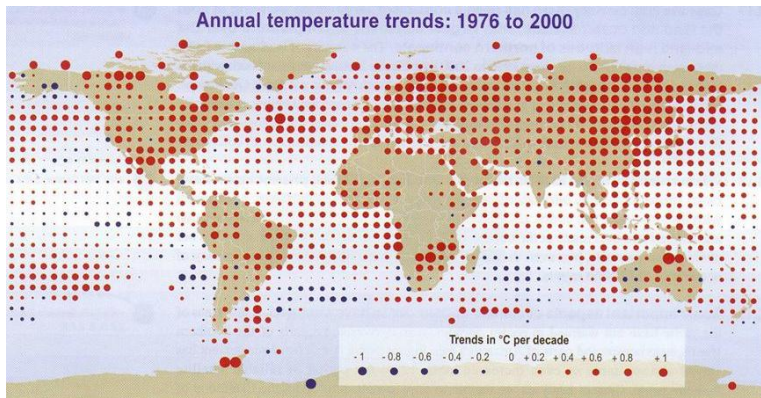
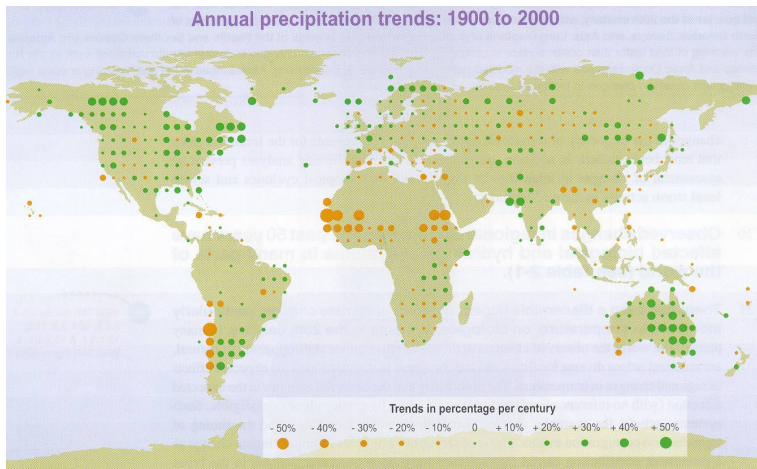


Figura: Tendencia de la temperatura anual 1976-2000 (Informe IPCC).

Tendencia de la precipitación anual



Impacto en la precipitación sobre Chile

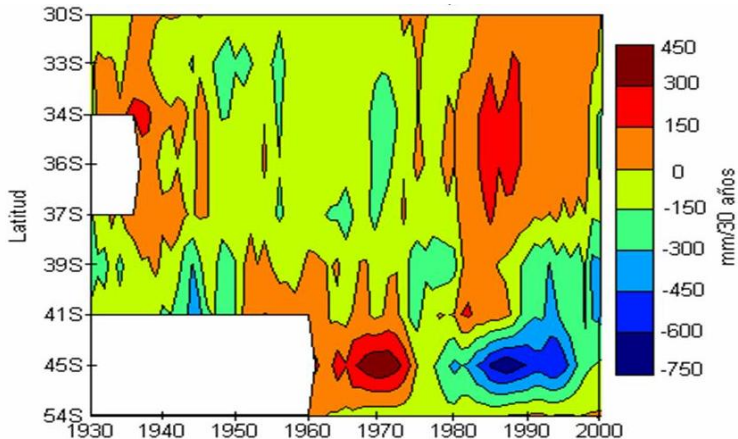


Figura: Tendencia lineal de la precipitación anual (mm/30 años) en periodos móviles de 30 años entre 1930 y 2000 (Quintana y Aceituno, 2006)

Efecto invernadero

- La radiación emitida por la superficie terrestre es mayoritariamente absorbida por algunos gases traza atmosféricos como el vapor de agua, el anhídrido carbónico, el metano, el óxido nitroso, los CFC y el ozono (gases invernaderos).

Efecto invernadero

- La radiación emitida por la superficie terrestre es mayoritariamente absorbida por algunos gases traza atmosféricos como el vapor de agua, el anhídrido carbónico, el metano, el óxido nitroso, los CFC y el ozono (gases invernaderos).
- Un aumento en los gases invernadero \Rightarrow un aumento de la temperatura en niveles cercanos a la superficie planetaria (bajo unos 10 km en la tropósfera).

Efecto invernadero

- La radiación emitida por la superficie terrestre es mayoritariamente absorbida por algunos gases traza atmosféricos como el vapor de agua, el anhídrido carbónico, el metano, el óxido nitroso, los CFC y el ozono (gases invernaderos).
- Un aumento en los gases invernadero \Rightarrow un aumento de la temperatura en niveles cercanos a la superficie planetaria (bajo unos 10 km en la tropósfera).
- Las observaciones de concentraciones de gases invernadero así como las evidencias indirectas de ellas en el pasado indican que ellas han sufrido un aumento considerable y sostenido desde mediados del siglo XIX, dado por el creciente consumo de combustible fósil (anhídrido carbónico y óxidos de nitrógeno), el uso de fertilizantes (óxidos de nitrógeno), el incremento en el cultivo del arroz (metano) y la tecnología moderna (CFC).

Aumento en la concentración de gases invernadero

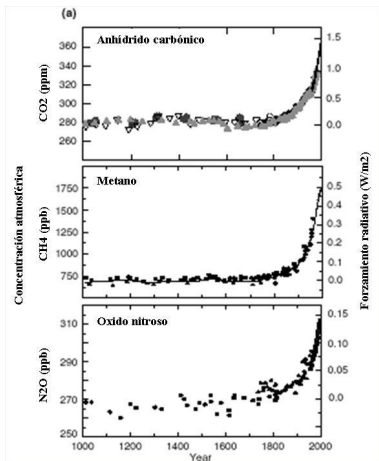
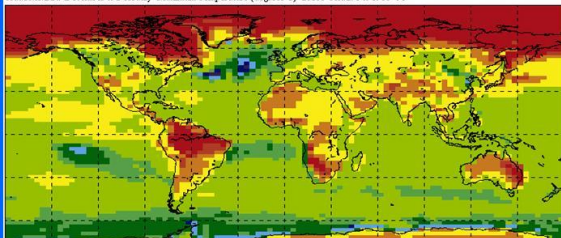


Figura: Evolución de algunos gases invernadero.

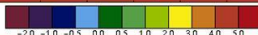
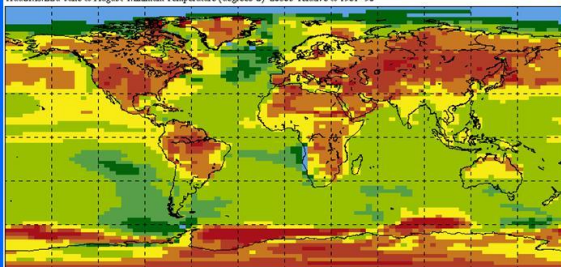
Las concentraciones que habían permanecido invariantes por 800 años han aumentado en forma muy rápida en el último siglo.

Proyecciones a largo plazo de las variaciones en la temperatura con modelos numéricos globales

HadCM3/B2a December to February Maximum Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



HadCM3/B2a June to August Minimum Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



Plotted by the IPCC-DDC

Variaciones en
década de los 2080s
c/r 1961-90

Temp. Max. Verano
en (°C)

SRES B2a

GCM: HadCM3

Variaciones en
década de los 2080s
c/r 1961-90

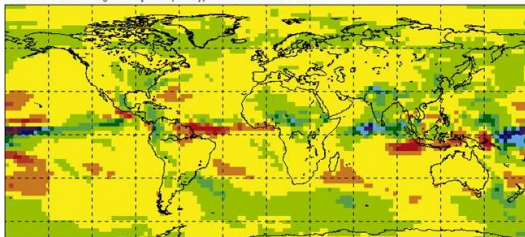
Temp. Min. Invierno
en (°C)

SRES B2a

GCM: HadCM3

Proyecciones a largo plazo de las variaciones en la precipitación con modelos numéricos globales

ECHAM4/B2a June to August Precipitation (mm/day) 2080s relative to 1961-90



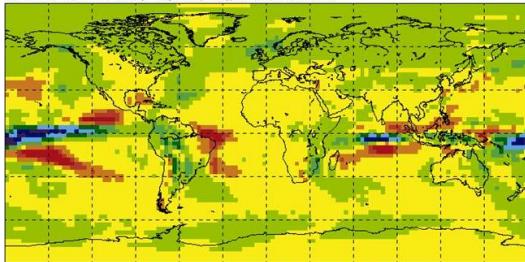
Variaciones en década de los 2080s c/r 1961-90

Precipitación Invierno en (mm/d)

SRES B2a

GCM: ECHAM4

ECHAM4/B2a December to February Precipitation (mm/day) 2080s relative to 1961-90

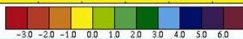


Variaciones en década de los 2080s c/r 1961-90

Precipitación Verano en (mm/d)

SRES B2a

GCM: ECHAM4



Plotted by the IPCC-DDC