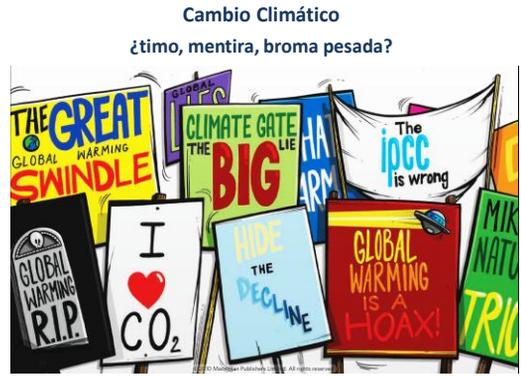


CAMBIO CLIMÁTICO

Ricardo Anadón
Catedrático Honorario de Ecología
Universidad de Oviedo



<http://opr.princeton.edu/popclock/>



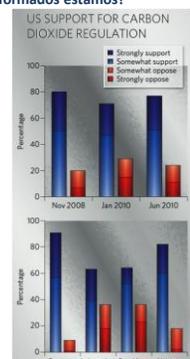
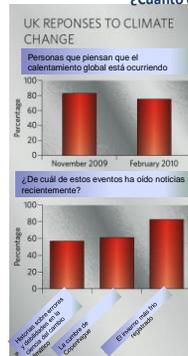
Cambio Climático
¿timo, mentira, broma pesada?

Nature, 1 julio 2010

¿Por qué hablar del Cambio Climático?

- Por que es uno de los problemas más importantes, si no el más importante, que tiene la Humanidad hoy en día
- Por que nos afectará a todos, a todos los ecosistemas y especies
- Por que todos somos en parte responsables del cambio
- Por que la información sesgada y a veces contradictoria sobre el papel de los humanos y del propio cambio pueden influir en el comportamiento de las personas

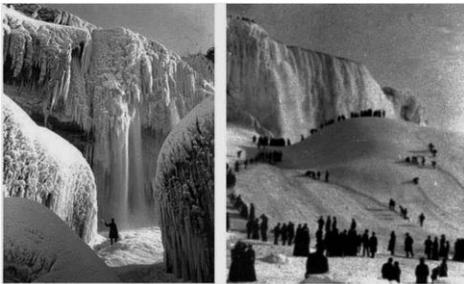
¿Nos sentimos influenciados por el acontecer reciente?
¿Nuestra respuesta depende de nuestra idiosincrasia?
¿Cuanto de informados estamos?



Nature, julio 2010

Recordar de forma correcta el Clima pasado es complicado

En 1911 se congelaron las cataratas del Niágara
Estime usted mismo CUÁNTO FRIO y durante CUÁNTO TIEMPO lo hizo ¡ESO ES FRIO!

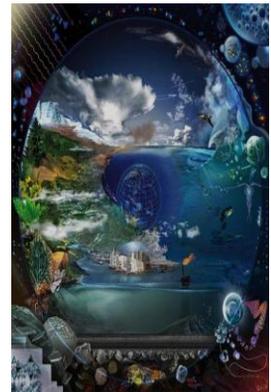


Conviene tener precauciones cuando se trata de recordar el pasado, y pensar como era el clima de entonces

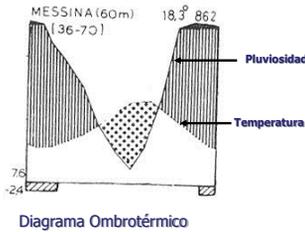
Hansen et al, 2010

Esquema de la Clase

1. ¿Existe Cambio Climático?
2. ¿Se debe a la actividad humana?
3. ¿Que procesos lo causa?
4. ¿Cómo se proyecta el cambio en el futuro?
5. ¿Se nota en Asturias?
6. ¿Qué se espera para el futuro en Asturias?



Un clima depende en gran medida de la temperatura y la pluviosidad, pero también de otras variables: viento, estacionalidad de ocurrencia.
¿ Que queremos decir cuando afirmamos que cambia el clima ?
 Se expresa como la media de que cambia el clima ?



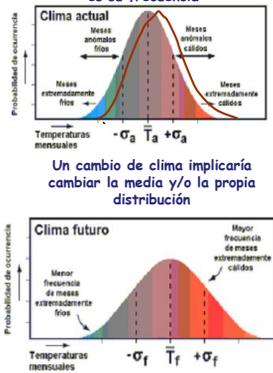
Manifiesta coherencia geográfica



Quando necesitamos varios años es por que la temperatura y la pluviosidad cambian cada año

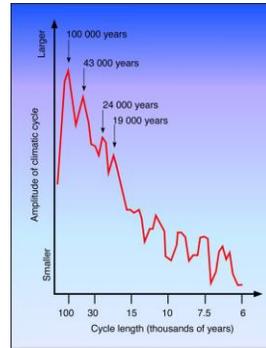
Castro et al, 2005

El número de años con una temperatura es su frecuencia



NATURAL CLIMATE VARIABILITY

CHANGES OCCURS WITH DIFFERENT PERIODS AND DIFFERENT INTENSITY

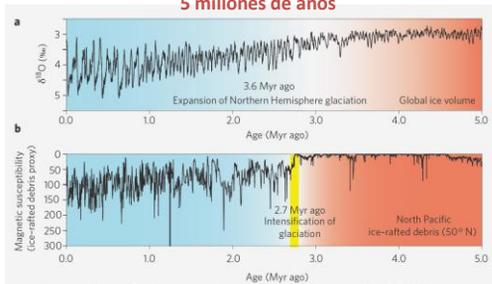


A spectrum of climatic variations over the last 500 000 years. The graph shows the importance of the climatic cycles of 100 000 years (eccentricity); 43 000 years (obliquity) and 24 000 and 19 000 years (precession of the location of perihelion). The curve is constructed from an isotopic record of two Indian Ocean cores (reproduced from Imbrie and Imbrie (1979) by permission of Macmillan, London and Basingstoke)

McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

1. ¿ Existe Cambio Climático?

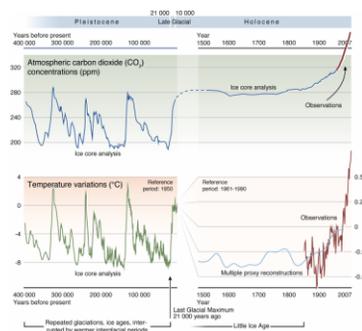
Cambio climático en los últimos 5 millones de años



Los cambios están documentados a través del volumen global de hielo reconstruido como:

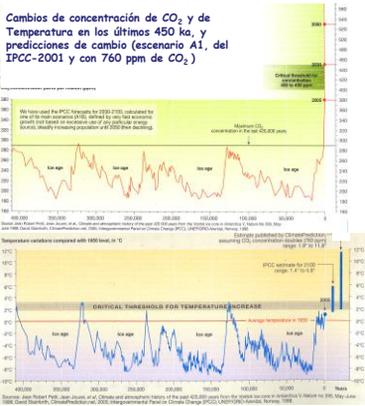
- a Proporción del isótopo 18 del oxígeno en conchas de foraminíferos bénticos
- b Materiales transportados por el hielo en el Pacífico Norte

Temperature and Carbon dioxide are related



Cycles in CO₂ and in temperature during Pleistocene and Holocene are due to natural drivers. Changes in solar cycles are in the origin of warm and cool periods, plus the balances in the carbon cycle

Topic 2



En los últimos 450000 años, la temperatura ha cambiado, Lo ha hecho de forma paralela a los cambios de concentración de CO₂.

Su origen son ciclos astronómicos y de la inclinación del eje de rotación de la Tierra (Ciclos de Milankovic)

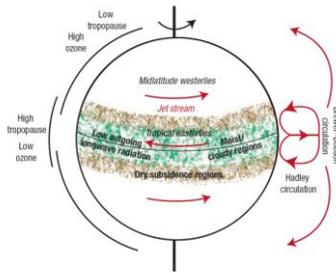
Estos Cambios Generaron Modificaciones importantes del Paisaje



El Mediterráneo se rellenó en solo dos años generando una gran cicatriz en la parte mediterránea de Gibraltar

García-Castellanos et al, 2009

¿Expansión de la zona tropical?

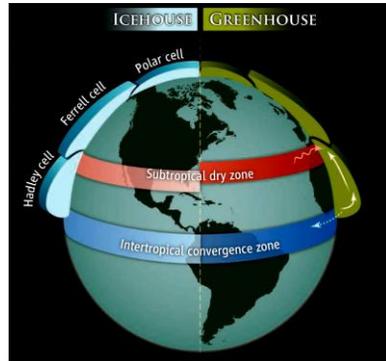


Sedell et al, 2007

¿Que características definen los Trópicos?

La estructura atmosférica, la circulación, y las características hidrológicas mostradas en el diagrama de la Tierra se han movido hacia los polos en décadas recientes, indicando una amplificación del cinturón Tropical y de la circulación de Hadley.

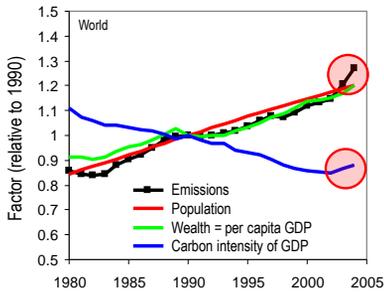
Desplazamiento del frente subtropical como resultado del calentamiento terrestre



La estructura atmosférica, la circulación, y las características hidrológicas mostradas en el diagrama de la Tierra se han movido hacia los polos en décadas recientes, indicando una amplificación del cinturón Tropical y de la circulación de Hadley.

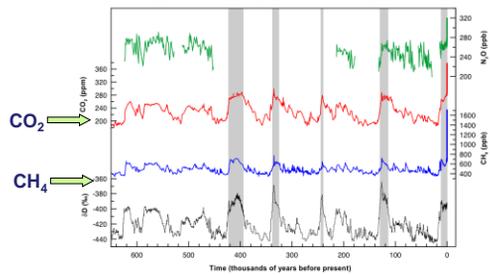
Bowen, 2011

Drivers of Anthropogenic Emissions

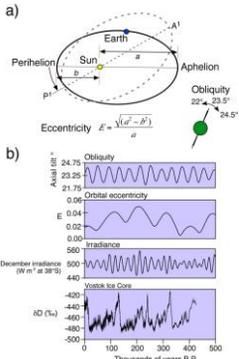


Raupach et al 2007, PNAS

Datos glaciales- interglaciales de testigos de hielo



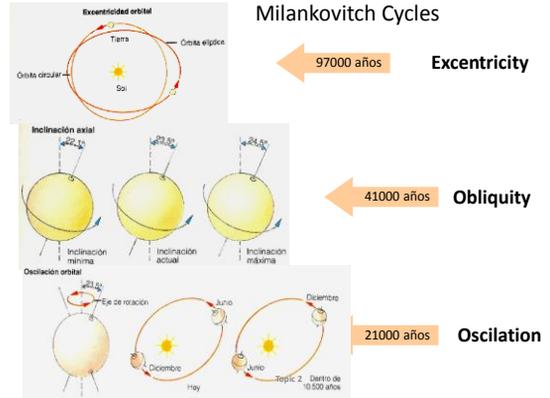
La concentración atmosférica de CO₂ y CH₄ en 2005 excede de lejos al rango natural en los últimos 650,000 años



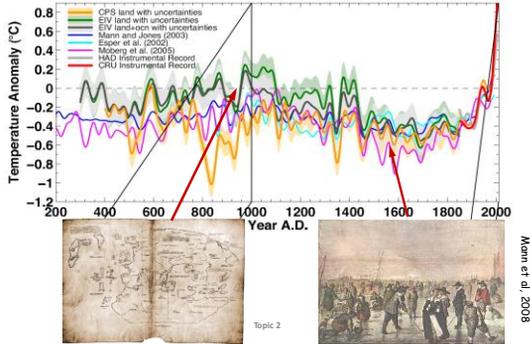
Schematic diagram showing the variations in the three orbital components: obliquity (axial tilt), orbital eccentricity and precession of perihelion. (b) Variations in these three components over the last 500 000 years together with δD proxy temperature record from the Vostok Ice Core (cf. Figure 1.11)

McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

Topic 2



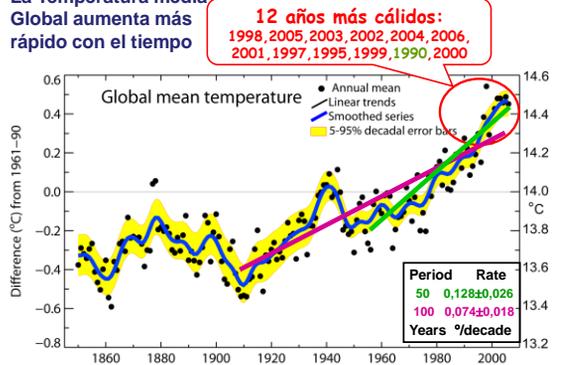
Reconstrucción de los cambios de temperature en los últimos 2000 años, con modificaciones recientes de origen antrópico
Northern Hemisphere Temperature Reconstruction



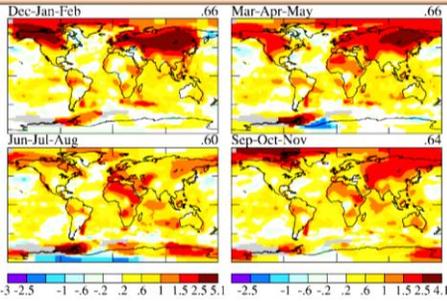
Mann et al., 2008

Topic 2

La Temperatura media Global aumenta más rápido con el tiempo

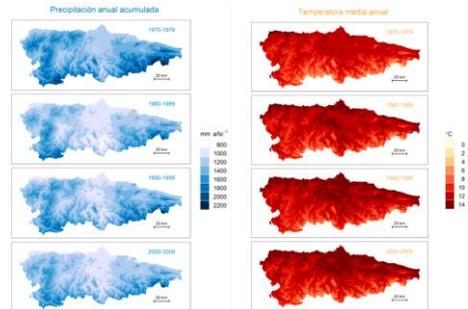


Si observamos los cambios de Temperatura Superficial (°C) en la Tierra entre 2050-2009, nos daremos cuenta de lo intensidad de los cambios producidos y su distribución geográfica



e12. Global maps 4 season temperature anomaly trends (°C) for period 1950-2009. Hansen et al., 2010

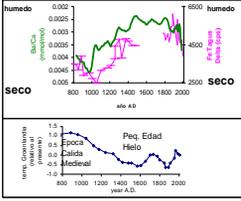
Variación espacial en la precipitación anual acumulada (mm año⁻¹) y en la temperatura media anual (°C) durante las últimas décadas (1970-2009)



Tobaoda y Anadón, en prep.

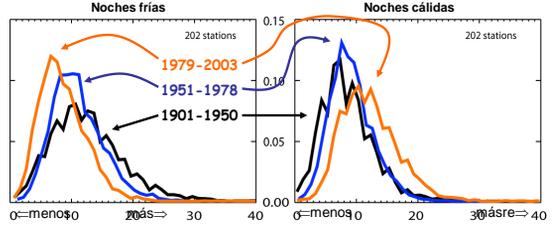
PRECIPITACIÓN QUE ESTÁ PASANDO

Los registros paleoclimáticos de los últimos 2.000 años en Asturias, indican que han sido más secos los periodos cálidos -como el Periodo Cálido Medieval- y han sido más lluviosos los periodos más fríos -como la Pequeña Edad del Hielo. En algunas localidades de Asturias se aprecia un descenso significativo de la precipitación anual en el intervalo 1961-2007



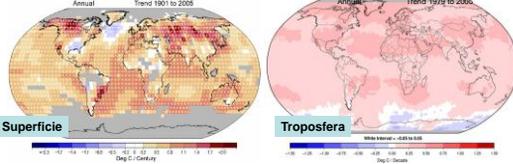
25

Las noches cálidas se incrementan las noches frías disminuyen



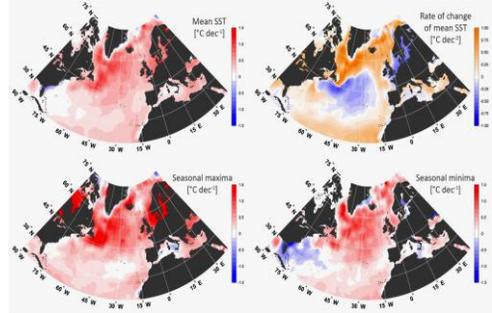
Frecuencia de ocurrencia de temperaturas frías o cálidas en 202 estaciones globales para 3 periodos de tiempo: 1901 a 1950 (negro), 1951 a 1978 (azul) y 1979 a 2003 (naranja).

Calentamiento generalizado observado

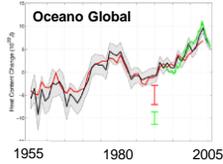


El calentamiento superficial en los últimos 20 años ha sido muy elevado, pero ocurre de manera diferencial en partes del océano. Incremento anual

(ajuste lineal de la temperatura superficial del mar calculada con datos del satélite AVHRR entre 1985 y 2005)

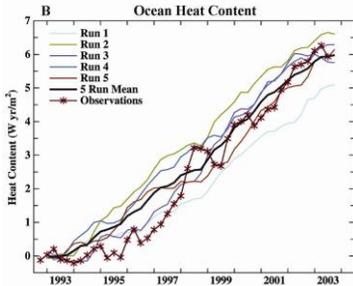


González Tibundúa y Anselón, 2007



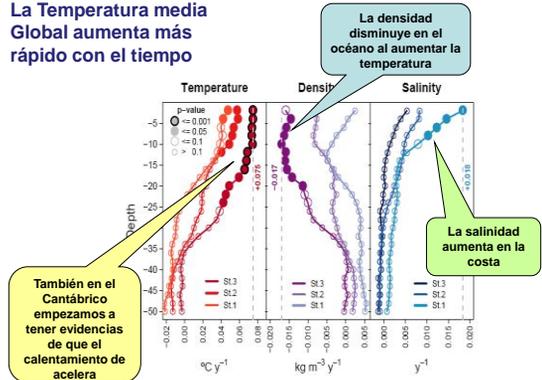
- Extermadamente improbable sin forzamiento externo
- Muy improbable debido sólo a las causas naturales conocidas

Ganancia de calor en los 750 metros superiores de los océanos mundiales.



Hansen et al., 2005.

La Temperatura media Global aumenta más rápido con el tiempo



También en el Cantábrico empezamos a tener evidencias de que el calentamiento de acelera

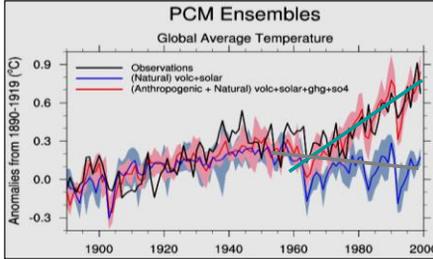
La densidad disminuye en el océano al aumentar la temperatura

La salinidad aumenta en la costa

2. ¿Se debe a la actividad humana?

Los cambios observados son consistentes con:

- Respuestas esperadas a los forzamientos
- inconsistentes con explicaciones alternativas



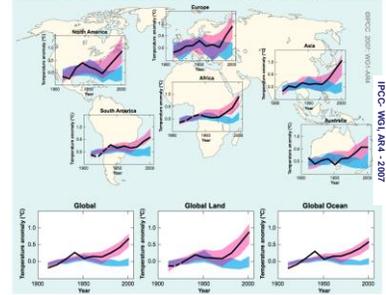
Todos los forzamientos
Solar + volcánicos

Source: Jerry Meehl, National Center for Atmospheric Research

Comparación de los cambios observados a escala global y continental de la temperatura superficial con los resultados simulados por modelos climáticos usando forzamientos naturales antropogénicos. Se muestran las medias decadales de las observaciones para el periodo 1906-2005 (línea negra) dibujada en el centro de la media correspondiente entre 1901-1950. Las líneas son a trazos cuando la cobertura espacial es menor del 50%. Las bandas azules muestran el rango 5-95% para 19 simulaciones provenientes de 5 modelos climáticos usando sólo el forzamiento natural debido a la actividad solar y los volcanes. Las bandas rosas muestran el rango 5-95% para 58 simulaciones provenientes de 14 modelos climáticos usando forzamientos naturales y antropogénicos.

Comprensión y Atribución del Cambio Climático

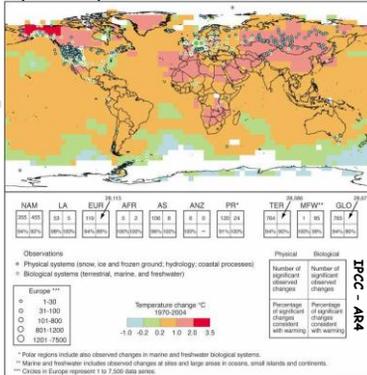
Cambio de temperatura Continental y Global



Cambios en los sistemas físicos y biológicos y de la temperatura superficial 1970-2004

El análisis de 765 series de datos físicos y 28671 de datos biológicos con más de 20 años de duración recolectados en todo el mundo indican que:

- ✓ el 94 % de los datos físicos
- ✓ el 90 % de los datos biológicos



Se ajustan a las predicciones basadas en Cambio Climático

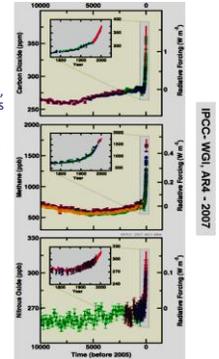
Cambios en la concentración de Gases de Efecto Invernadero de testigos de hielo y datos modernos

Concentración atmosférica de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico en los últimos 10,000 años (paneles grandes) y desde 1750 (paneles interiores). Las medidas provienen de testigos de hielo (símbolos con colores diferentes de estudios distintos) y muestras atmosféricas (líneas rojas). Los correspondientes fuerzas radiativas se muestran en el eje derecho de los paneles grandes.

Las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O

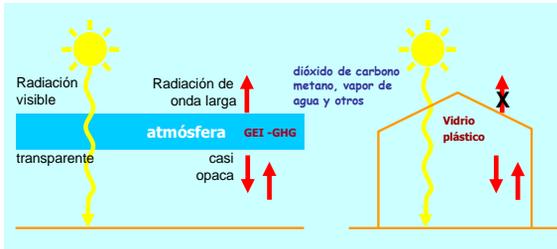
Exceden mucho el valor pre-industrial -Se incrementa de forma marcada desde 1850 debido a actividades humanas

Variación relativamente pequeña antes de la era industrial

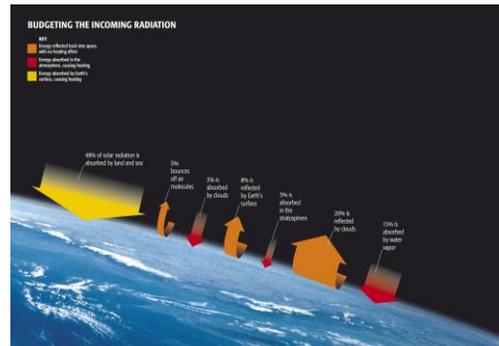


Efecto Invernadero

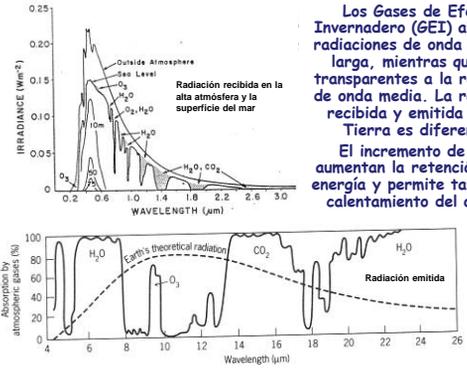
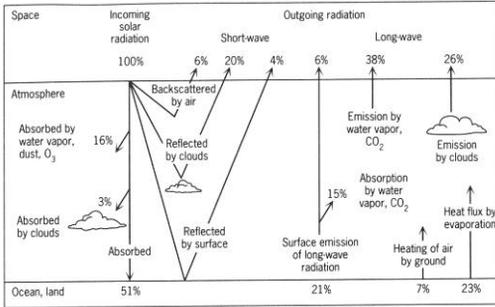
Radiación solar



¿Es siempre desfavorable el efecto invernadero?

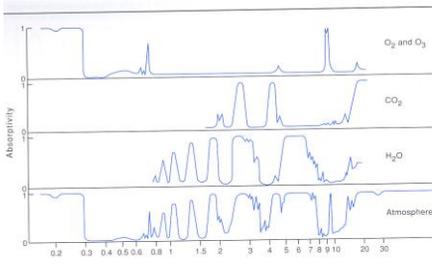


El balance de energía en la Tierra depende de muchos mecanismos, de los que se han detectado cambios en la absorción por parte de GEI

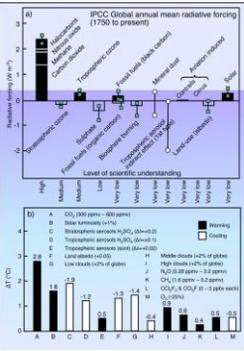
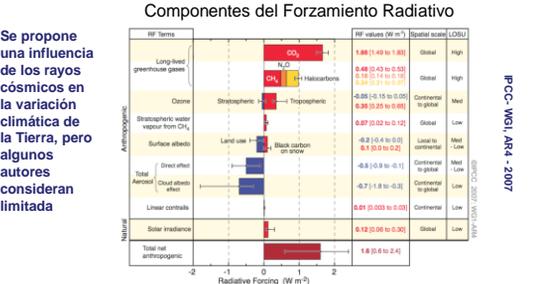


Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) absorben radiaciones de onda media y larga, mientras que son transparentes a la radiación de onda media. La radiación recibida y emitida por la Tierra es diferente. El incremento de GEI aumentan la retención de la energía y permite también el calentamiento del océano

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) absorben radiaciones de onda media y larga, mientras que son transparentes a la radiación de onda media. La radiación recibida y emitida por la Tierra es diferente. El incremento de GEI aumentan la retención de la energía y permite también el calentamiento del océano

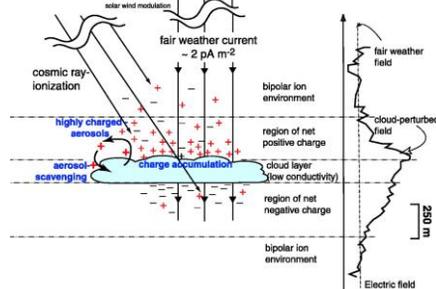


Estimas del forzamiento radiativo medio global (RF) en 2005 del dióxido de carbono antropogénico (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) y otros agentes y mecanismos importantes, conjuntamente con la extensión geográfica típica (escala espacial) del forzamiento y el nivel evaluado de incertidumbre científica (LOSU). También se muestran la fuerza radiativa antropogénica y su rango. Esto requiere considerar las incertidumbres asimétricas estimadas de los términos componentes, y no puede ser obtenidos por simple adición. Los factores de forzamiento adicionales no incluidos aquí se considera que tienen un LOSU muy bajo. Los aerosoles volcánicos constituyen un forzamiento natural adicional pero no se incluye en la figura debido a su naturaleza episódica. Los rangos para condensaciones lineares no incluye otros posibles efectos de la aviación o la nubosidad.



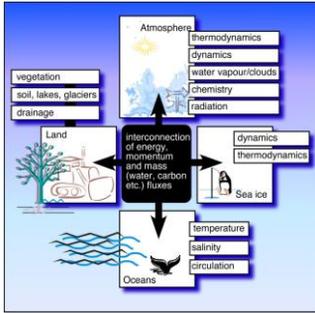
McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

Los rayos cósmicos actuarían incrementando la formación de iones en la cercanía de nubes y contribuirían a la formación de partículas de hielo. Incrementarían el albedo



Carlshaw et al., 2002

¿Como se proyecta el Clima en el futuro?: Usando Modelos

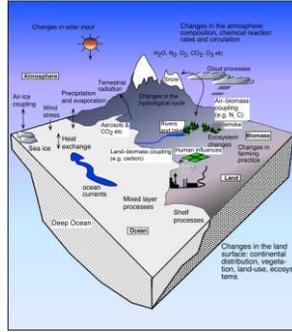


Modern coupled ocean atmosphere models are constructed as modular components connected by a coupler (black), a program that transfers fluxes between the model components. In recent years, significant effort has been devoted to formal software design and the development of portable 'plug compatible' climate sub models, meaning that development can focus on model physics rather than on operational and computational aspects of the model

McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

Topic 2

¿Como se proyecta el Clima en el futuro?: Usando Modelos



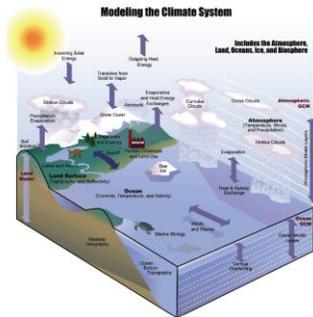
A schematic illustration of the components and interactions in the climate system (modified from Houghton *et al.*, 1996)

McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

Topic 2

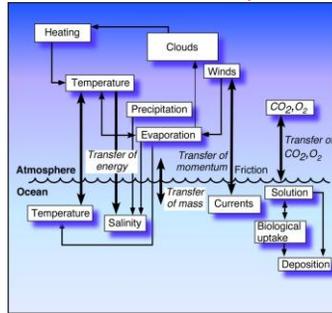
Componentes del sistema climático y las interacciones entre ellos, incluyendo el componente humano. Todos estos componentes tiene que modelarse como un sistema acoplado que incluye a los océanos, atmósfera, tierra, superficie terrestre, criosfera y biosfera

AOGCM, Modelos de Circulación General Integrados Atmosférica y Océano



Karl y Trenberth, Science 2003

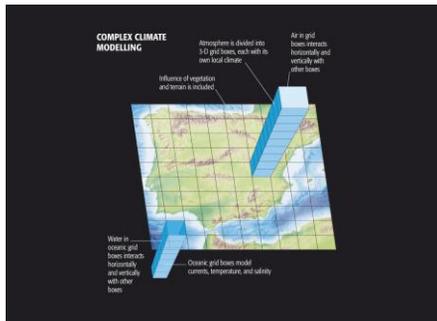
Los Modelos son sistemas de ecuaciones que reflejan las interacciones entre los diferentes componentes del sistema climático



A representation of the major coupling mechanisms between the atmosphere and ocean subsystems. The relative importance of these coupling mechanisms varies with latitude. The feedback between atmospheric temperature and oceanic salinity is interesting because it is strong only in the sense of the atmosphere forcing the ocean

McGuffie and Henderson-Sellers, 2005

Topic 2



© 2005 Pearson Education, Inc.

Modelos: La escala espacial usada afecta a las proyecciones

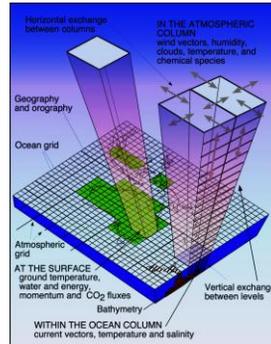
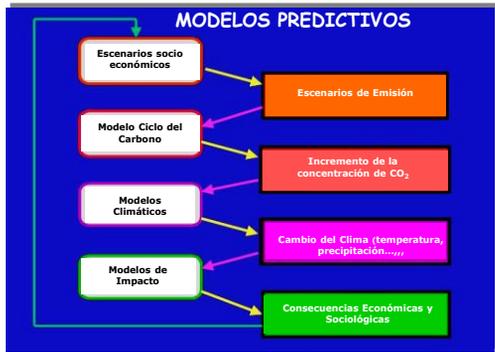


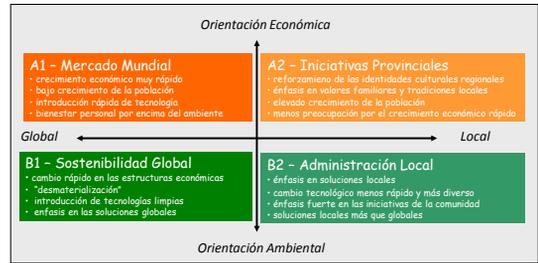
Ilustración de las características básicas de los modelos climáticos tridimensionales, mostrando la manera en que la atmósfera y el océano son descompuestos en columnas. La atmósfera y el océano se modelan como un juego de columnas distribuidas sobre la superficie de la Tierra que interactúan. La escala a la que se resuelven modelos de la atmósfera y el océano son de forma usual diferentes

McGuffie y Henderson-Sellers, 2005

3. ¿Cómo se proyecta el cambio en el futuro?



Características de las familias de Escenarios Socio Económicos SRES generados por el IPCC



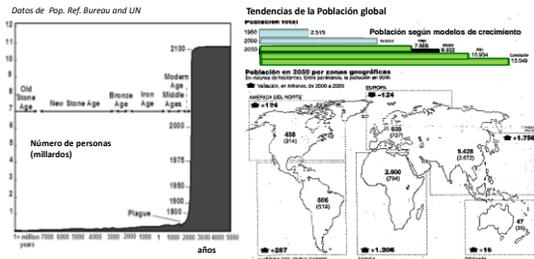
Raupach et al, 2005, The Global Carbon Cycle

La Población Humana en el futuro

Ya somos 6,907,146,650 millones de personas

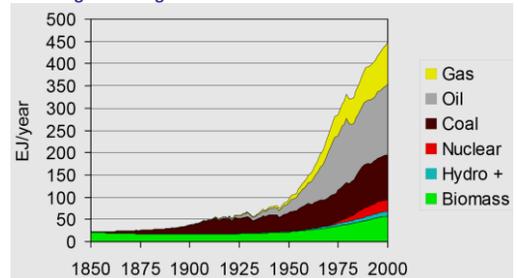
According to the **International Programs Center**, U.S. Census Bureau, the total population of the World, projected to 18/03/11 a las 18:00 UTC (EST+5)

Casi 90 millones de personas más por año



la población se incrementará entre 2 y 6 millones de personas en el 2050!
UN SÓLO PLANETA Y MUCHA GENTE
La demanda de recursos y del uso de energía *per capita* se incrementa

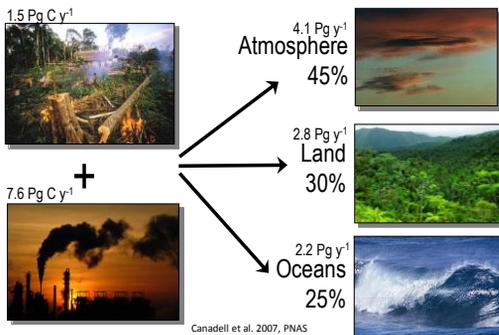
La causa más importante: más de 150 años de incremento de gasto energético derivado de combustibles fósiles



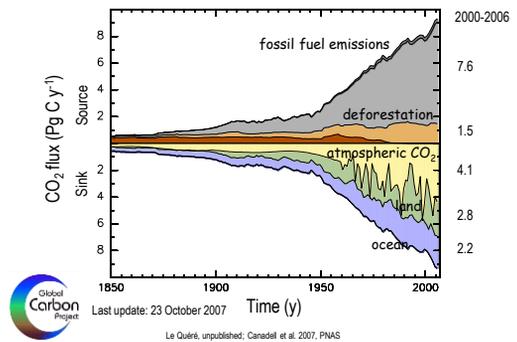
El incremento de 20 veces en el uso mundial de energía en este periodo proviene del carbón (1850-1950) y el petróleo y gas (1950-2000)

La máquina de vapor se desarrolló desde 1600 hasta 1790, con la contribución de muchos inventores

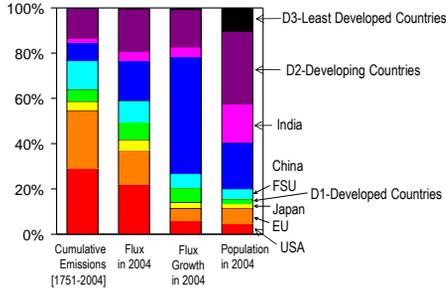
Destino de las Emisiones Antropogénicas de CO₂ (2000-2006)



Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)

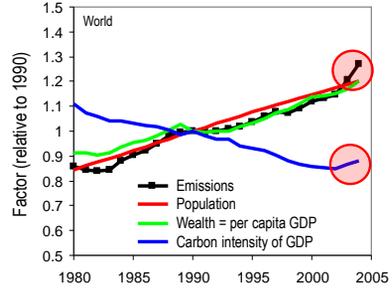


Anthropogenic C Emissions: Regional Contributions



Raupach et al. 2007, PNAS

Drivers of Anthropogenic Emissions



Raupach et al. 2007, PNAS

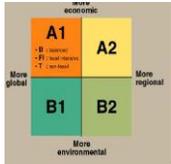
A1: Un mundo en crecimiento económico rápido y con introducción rápida de tecnologías nuevas y más eficientes

A2: Un mundo muy heterogéneo con énfasis en los valores familiares y las tradiciones locales

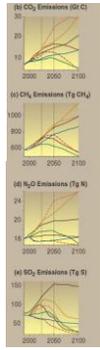
B1: Un mundo de "desmaterialización" e introducción de tecnologías limpias

B2: Un mundo con énfasis en las soluciones locales para la sostenibilidad económica y ambiental

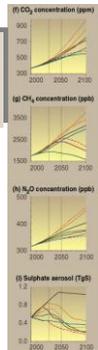
IS92a escenario "economía actual" (1992)



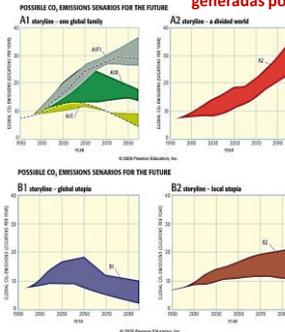
emisiones



concentraciones



Evolución de las Emisiones proyectadas para diferentes familias de SRES (Escenarios de Emisión) generadas por el IPCC

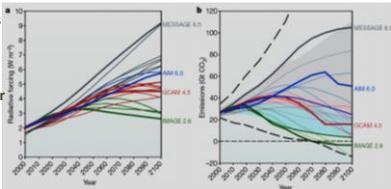


Estos Escenarios fueron generados hacia 1987 y utilizados en las proyecciones de los modelos climáticos hasta la actualidad

Los valores máximos de emisión rondarían los 40 Gt año de CO₂

RUTAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRACIONES RCP Nuevos escenarios propuestos

Ante las discrepancias ya detectadas entre los anteriores SRES y la realidad se está procediendo a generar nuevos escenarios, ahora Rutas representativas.

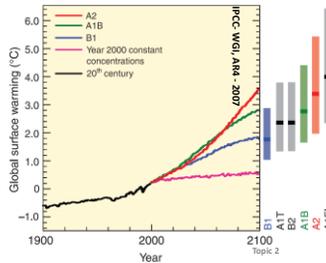


En estas se considera que se podrían alcanzar las 100 Gt año CO₂

a, Cambios en Fuerza radiativa en relación a las condiciones pre-industriales. Líneas gruesas coloreadas muestran los 4 RCP; líneas finas muestran los escenarios individuales de los aproximadamente 30 candidatos a RCP, escenarios que proveen información de todos los aspectos clave que afectan a la Fuerza Radiativa y el amplio juego de ellos analizado por el Grupo de Trabajo III del IPCC durante la redacción del AR4. b, Emisiones de CO₂ por Energía e Industria en los RCP candidatos. Se presenta el rango y los valores máximos y mínimos de emisiones en la literatura post-SRES (Curva gruesa discontinua) y percentiles and 10 a 90 (área sombreada). El área sombreada de azul corresponde a los escenarios con mitigación; El área sombreada de gris corresponde a los escenarios de referencia; el área sombreada de rosa representa el solapamiento entre ambos escenarios.

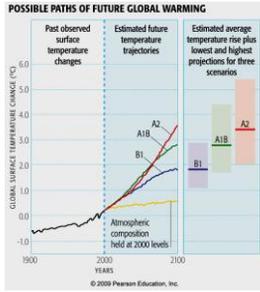
Incrementos de la Temperatura Global con diferentes SRES

Las líneas continuas representan las medias globales de multi-modelos del calentamiento superficial (relativo a 1980-99) para los escenarios A2, A1B y B1, mostrados como continuación de las simulaciones para el siglo 20. El sombreado denota el rango de máximos/una desviación estándar de medias anuales obtenidas con modelos individuales. El número de pruebas de AOGCMs para un determinado de tiempo y escenario se indica por los números coloreados en la parte inferior de la figura. La línea naranja indica el experimento en el que la concentración de GEI permanecieron constantes en el valor de 2000. Las barras grises a la derecha indican la mejor estimación (línea continua en cada barra) y el rango posible evaluado para los 6 escenarios SRES. La evaluación de la mejor estimación y rangos posibles de las barras grises incluye los AOGCMs en la parte izquierda de la figura, así como los resultados así como de un conjunto de modelos independientes y restricciones derivadas de observaciones.



- * Last time T was 2°C above 1900 level was 130,000 yr BP, with sea level 4-6 m higher than today
- * Last time T was 3°C above 1900 level was ~30 million yr BP, with sea level 20-30 m higher than today

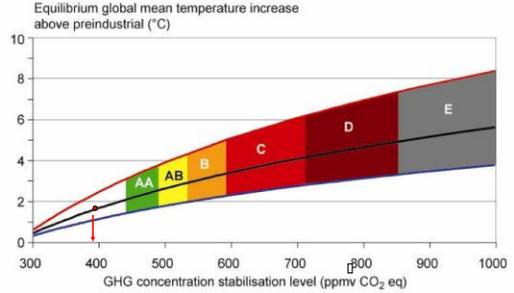
Note: Shaded bands denote 1 standard deviation from mean in ensembles of model runs



Resulting temperature trajectories as predicted by the 23 different state-of-the-art climate model simulations used in the AR4 IPCC report

Topic 2

Concentración de GHG Atmosféricos en estabilización vs Temperatura de Equilibrio sobre la preindustrial (C°)



Letras mayúsculas deben ser cambios de AA, AB etc en 1 hasta Vi; ppmv (eje x) debe ser cambiado a ppb; estabilización en estabilización]

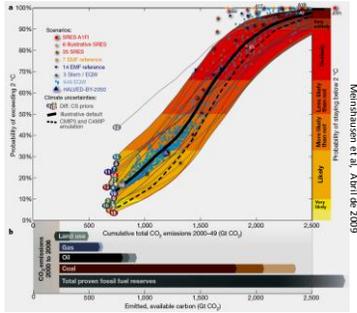
Topic 2

IPCC - AR4

IF WE WANT TO HAVE A SMOOTH LANDING, OUR OPTIONS ARE ESSENTIALLY EXHAUSTED. WE HAVE TO BEND DOWN OUR EMISSIONS BY 2020 (Meinhausen, 2009)

Probabilidad de que se sobrepasen 2 C° de calentamiento vs emisiones de CO₂ en la primera mitad del siglo XXI.

- a, Escenarios Individuales
- b, Emisiones totales de CO₂ ya emitidas entre 2000 y 2006 (area gris) y las que se pueden alcanzar quemando las reservas actuales de combustibles fósiles, y de cambios de uso de la tierra

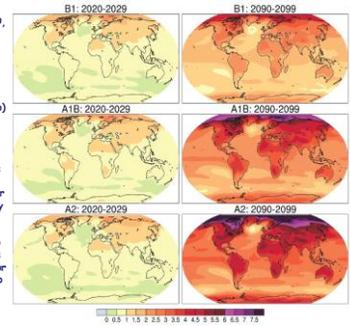


Meinhausen et al, Abril de 2009

63

Proyecciones de AOGCM de la Temperatura superficial

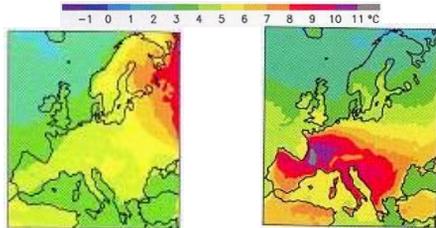
Cambios proyectados de la temperatura superficial para el comienzo y el fin del siglo 21 relativos al periodo 1960-1999. Las figuras del centro y la derecha muestran las proyecciones medias de los Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model average projections para los escenarios SRES B1 (arriba), A1B (en medio) and A2 (abajo) promediados las décadas 2020-2029 (centro) y 2090-2099 (derecha). El panel izquierdo muestra las incertidumbres correspondientes como probabilidad relativa del calentamiento global estimado por los diferentes estudios AOGCM y EMICs en los mismos periodos. Algunos estudios presentan resultados sólo para un conjunto de los escenarios SRES, o para varias versiones de un modelo. Por tanto, la diferencia en el número de curvas, mostradas en la figura de la izquierda, se debe sólo a diferencias en la disponibilidad de resultados,



IPCC - WGI, AR4 - 2007

The Regional Climate Models (RCM) were developed as downscaling of GCM

The RCM projections results in an increase of Temperature changes. Also shown differences between winter and summer time, as well as northern and southern contrasted responses

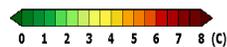
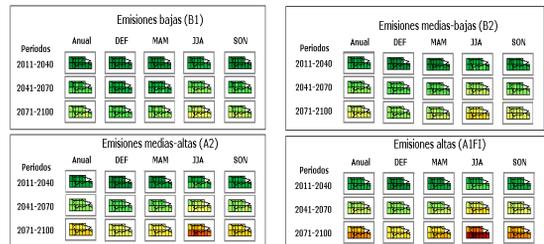


Calculated for the RCAO-E2 scenario relative to control (1960-1990 average) RCM SweClim

Rummukainen et al, 2004

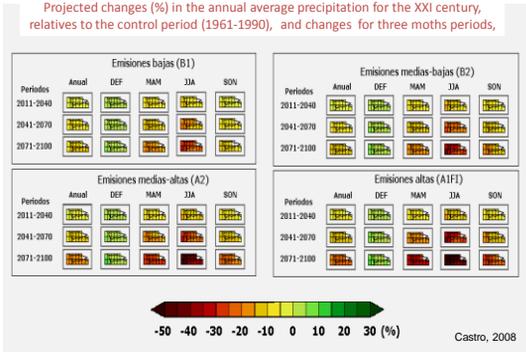
These RCM projections could be used to predict impacts and vulnerabilities Example from Asturias: RCM from project PRUDENCE

Annual average surface temperatures projected changes for the XXI century, relatives to the control period (1961-1990), and changes for three moths periods,

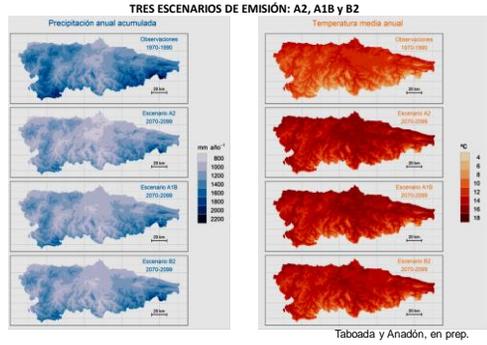


Castro, 2008

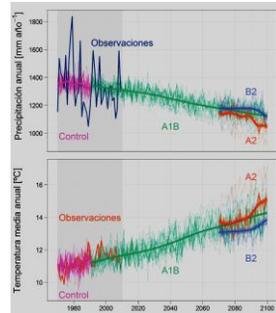
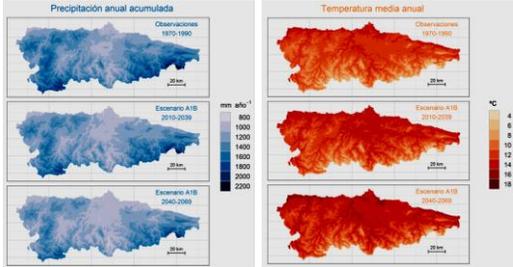
These RCM projections could be used to predict impacts and vulnerabilities



Proyecciones para la precipitación anual acumulada (mm año⁻¹) y la temperatura media anual (°C) para el período 2070-2099

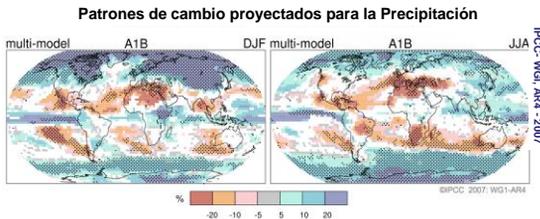


Proyecciones para la precipitación anual acumulada (mm año⁻¹) y la temperatura media anual (°C) para los períodos 2010-2039 y 2040-2069



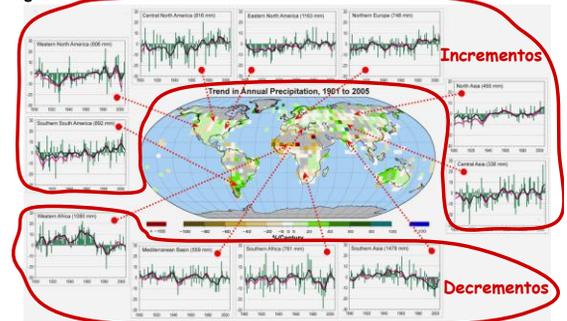
Proyecciones para la precipitación anual acumulada (mm año⁻¹) y la temperatura media anual (°C)
Las proyecciones se basan en el promedio de 23 experimentos realizados como parte del proyecto ENSEMBLES para el escenario A1B (1970–2100), y de 12 y 7 experimentos PRUDENCE para los escenarios A2 y B2, respectivamente (1960–1990 y 2070–2099)

Cambios relativos en la precipitación (en porcentaje) para el período 2090–2099, relativo a 1980–1999. Los valores son medias multi-modelo basados en el escenario SRES A1B para Diciembre a Febrero (izquierda) y Junio a Agosto (derecha). Áreas blancas cuando menos del 66% de los modelos concuerdan en el signo de cambio y áreas punteadas cuando más del 90% de los modelos concuerdan en el signo del cambio

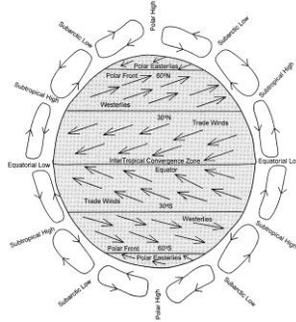
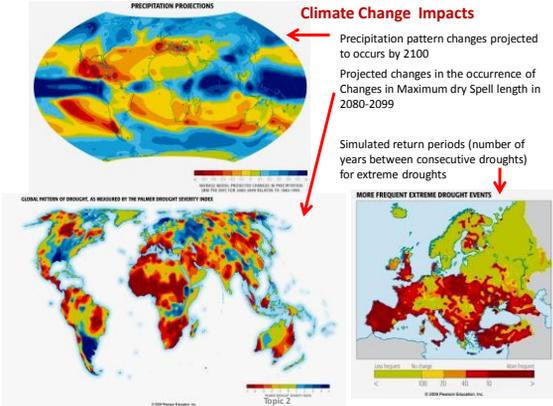


La precipitación sobre la tierra ha cambiado significativamente sobre extensas áreas

IPCC- WGI, AR4 - 2007

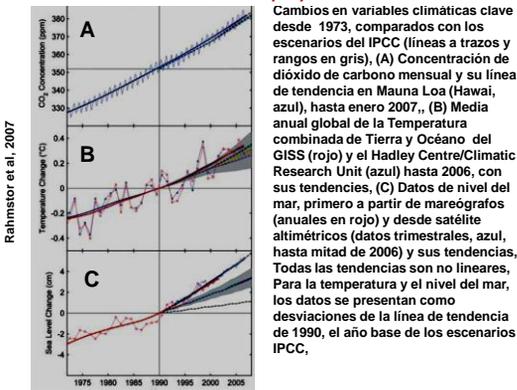


Anomalías anuales suavizadas para precipitación (%) sobre tierra desde 1900 to 2005; en otras regiones domina la variabilidad,

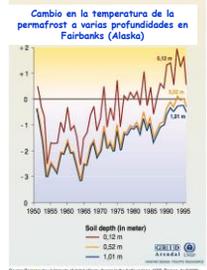
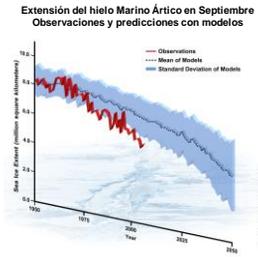


El incremento de evaporación y la mayor capacidad de la atmósfera para acumular vapor de agua, incrementará el transporte de agua por la atmósfera. Su distribución dependerá de otra propiedad e la atmósfera provocada por el calentamiento, su densidad. Se han producido y se prevén cambios en la distribución de altas y bajas presiones, y por tanto de los vientos, su intensidad, dirección y su estacionalidad.

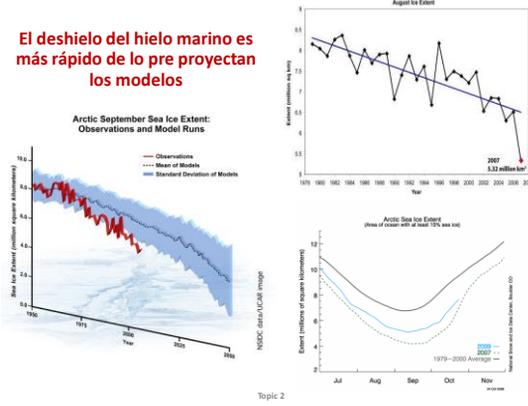
¿Se acertó en la proyecciones?



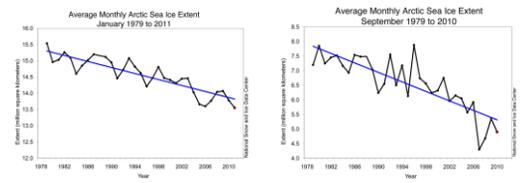
No se debe olvidar la existencia de otros riesgos: Deshielo más rápido de lo modelado; aportaciones masivas de GEI a la atmósfera provenientes de suelos ahora helados (suelos yedema de Siberia); acidificación del mar que limitará la captación por el océano del CO₂ y dificultará la calcificación de organismos marinos; incremento del nivel del mar hasta 3 o 4 en este siglo. No se pueden descartar disrupciones climáticas bruscas



El deshielo del hielo marino es más rápido de lo que proyectan los modelos



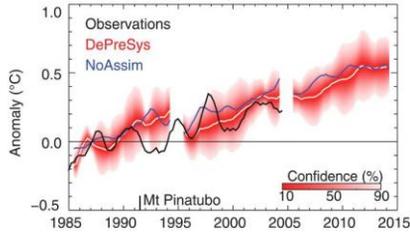
La pérdida de cubierta de hielo del océano Ártico, de Groenlandia y de la Antártida, además de la dilatación térmica está elevando el nivel del mar de manera acelerada



La Extensión del Hielo Ártico desde 1979 hasta la actualidad muestra un descenso que se hace más acusado la última década: 3.3% por década en Enero 11.2% por década en Septiembre.

National Snow and Ice Data Center

Fig. 4. Globally averaged annual mean surface temperature anomaly (relative to 1979-2001) forecast by DePreSys starting from June 2005



Globally averaged annual mean surface temperature anomaly (relative to 1979-2001) forecast by DePreSys starting from June 2005. The CI (red shading) is diagnosed from the standard deviation of the DePreSys ensemble, assuming a t distribution centered on the ensemble mean (white curve). Also shown are DePreSys and ensemble mean NoAssim (blue curves) hindcasts starting from June 1985 and June 1995, together with observations from HadCRUT3v-OA (black curve). Rolling annual mean values are plotted seasonally from March, June, September, and December. The mean bias as a function of lead time was computed from those DePreSys hindcasts that were unaffected by Mount Pinatubo (SOM text) and removed from the DePreSys forecast (but not the hindcasts).

Published by **Science** **Smith et al., Science 317, 796-799 (2007)**

Parte del exceso antropogénico de CO₂ atmosférico queda distribuido entre los reservorios más accesibles de nuestro planeta, siendo los océanos el sumidero mayoritario (Sabine et al., 2004). A medida que el CO₂ se disuelve en el agua de mar, aumenta la concentración de iones bicarbonato y de protones (H⁺) y, por tanto, en un aumento de la acidez marina. Los balances de masa indican que, en el año 2000, los océanos deberían haberse acidificado en 0,1 unidades de pH respecto a épocas preindustriales (Fig. 1; Brewer, 1997; Wolf-Gladrow et al., 1999; Caldeira and Wickett, 2003).

- 1 Deshielo de la permafrost del norte de Asia, y liberación del carbono orgánico retenido en los suelos yedoma
- 2 Descenso de la captación de CO₂ por el océano al disminuir el pH del agua.

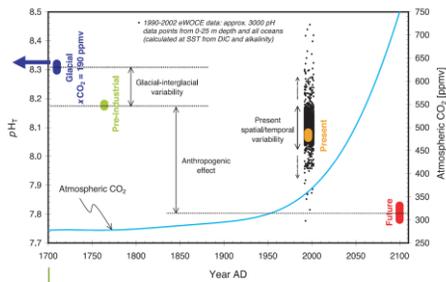
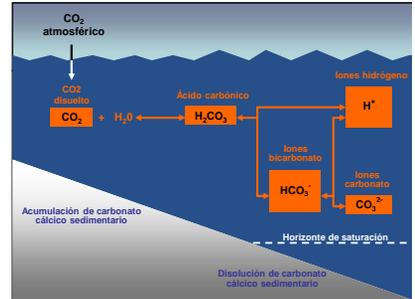


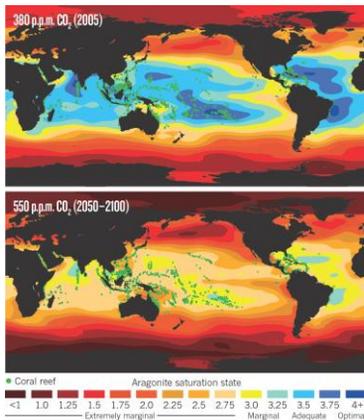
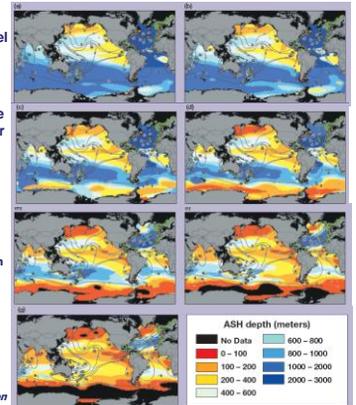
Figure 2. Present (1990-2002) surface seawater pH_s values from all oceans (3000 data points from the upper 25 m, pH_s were calculated from measured dissolved inorganic carbon and alkalinity). The majority of the data fall into a rather narrow pH range of 8.1 ± 0.1. Also shown are typical pH ranges of glacial, pre-industrial, present, and future (year 2100) surface seawaters resulting from the observed and predicted increase in atmospheric CO₂ levels (blue line with exponential increase) as obtained by simple scenario calculation. Figure prepared by Arne Körzinger on the basis of WMOCE data (Schlitzer, 2000). From IMBER (in prep).

- 1 Deshielo de la permafrost del norte de Asia, y liberación del carbono orgánico retenido en los suelos yedoma
- 2 Descenso de la captación de CO₂ por el océano al disminuir el pH del agua.

Profundidad del horizonte de saturación de aragonito ASH durante el presente siglo
Las zonas negras que aparecen en el océano austral en las figuras e-g y en el Pacífico norte en g indican que ASH llegó a la superficie.
Profundidad proyectada de ASH

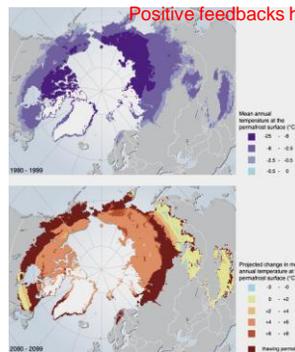
- 1995; pCO₂=278
- 2020; pCO₂=365
- 2040; pCO₂=513
- 2060; pCO₂=594
- 2099; pCO₂=684
- 2099; pCO₂=788

 pCO₂ en ppm
 Guinotte et al, 2006, *Front Ecol Environ*



Models suggest that rising levels of atmospheric carbon dioxide will reduce the oceans' saturation state of aragonite, a mineral in the shells of marine organisms. That will make it harder — and in some areas impossible — for creatures to build their shells.

Positive feedbacks has been detected



Permafrost of the Northern Hemisphere contain 950 billion tonnes (best estimation) of Carbon

Siberian Shelf alone contain 1400 billion tonnes (best estimation) of methane as clathrate (gas hydrate).

Modelled permafrost temperatures (mean annual temperature at the permafrost surface) for the Northern Hemisphere (Arctic), derived by applying climate conditions to a spatially distributed permafrost model

Source : Permafrost Laboratory of the Geophysical Institute University of Alaska Fairbanks

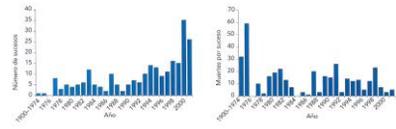
Positive feedbacks has been detected



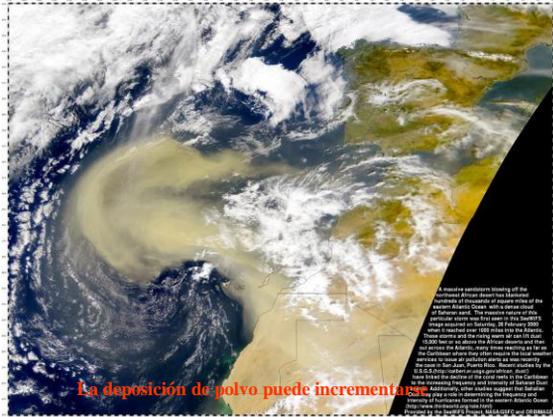
Melting permafrost in yedoma soils of Eurasia and Siberian Shelf permit the rapid respiration of the organic matter now preserved from the last glacial period. Several hundred Gigatons of CO₂ and methane could be emitted

Zimov et al, 2006

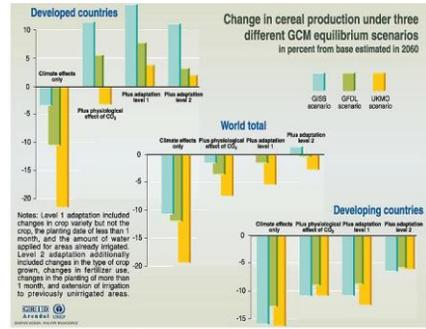
Las inundaciones se han incrementado en Europa, en parte por cambios en la pluviosidad, y en parte debido a modificaciones del territorio



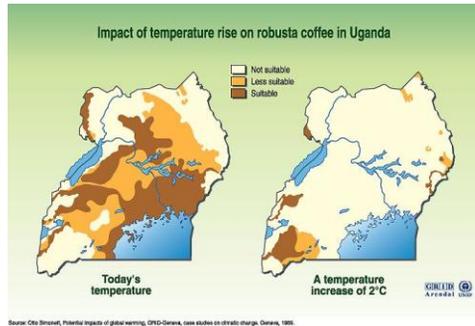
Nota: Por inundaciones se entienden riadas, desbordamientos de ríos y mareas tormentosas en Europa (1970-2010). Fuente: OMS, 2003a.



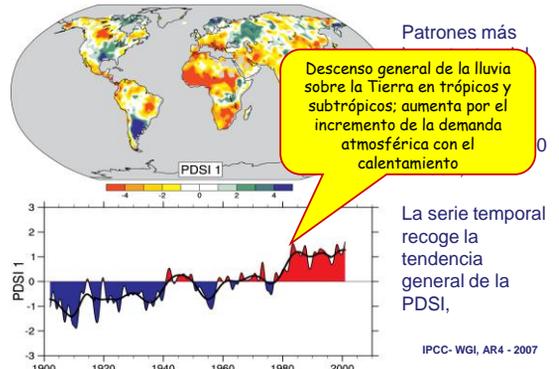
EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD



EFFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD

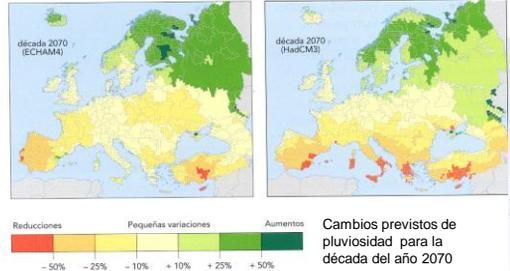


Source: Otto-Blumenst, Potential impacts of global warming, GRID-Geneva, case studies on climate change, Geneva, 1998.





EL PORCENTAJE DE AGUA USADA SE TRIPLICA EN MUCHOS PAISES

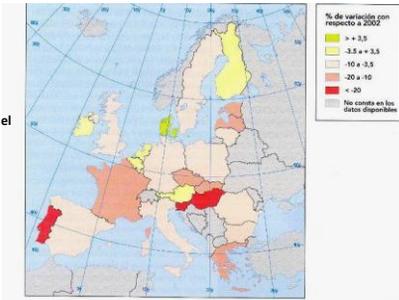


Cambios previstos de pluviosidad para la década del año 2070

Nota: Dos modelos climáticos diferentes (ECHAM4 y HadCM3).
 Fuente: Lehner et al., 2001.

Los cambios apreciados en 2003 respecto a 2002 en la producción de las cosechas da una idea del cambio posible

En 2003 se produjo una ola de calor en el sur y el centro de Europa



Fuente: Proyecto MARS (Monitoring agriculture with remote sensing unit) del Centro Común de Investigación (CCI), 2003.



Los cambios climáticos afectaran a la distribución de cultivos y de variedades de muchas especies cultivadas, como el cultivo de la vid

National Geographic, 2007

CLIMA Y CULTIVO

QUÉ ESTÁ PASANDO QUÉ PUEDE PASAR

- En los últimos 30 años se ha detectado en el área costera de Asturias un aumento de la temperatura, especialmente de marzo a agosto, acompañada de una disminución de las precipitaciones en los meses de abril a junio. El mes más seco se ha adelantado de septiembre a junio.
- Se ha producido un aumento en la duración del periodo de estrés hídrico para las plantaciones de manzano en primavera-verano.
- Las condiciones de sequía también han afectado a otros cultivos tradicionales como el maíz o la faba.
- Los modelos de potencialidad agrícola prevén descensos de los cultivos asociados a incrementos de temperatura y descensos de la precipitación inferiores a los proyectados con los modelos climáticos.
- La fertilización orgánica puede ser una respuesta adaptativa y de mitigación del cambio dado que contribuye a la retención de carbono orgánico en el suelo y favorece la retención de humedad del mismo.
- La diversificación productiva y los métodos agroecológicos pueden contribuir a la adaptación al cambio climático.

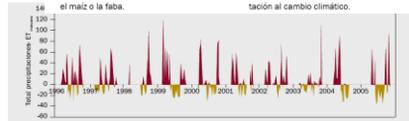
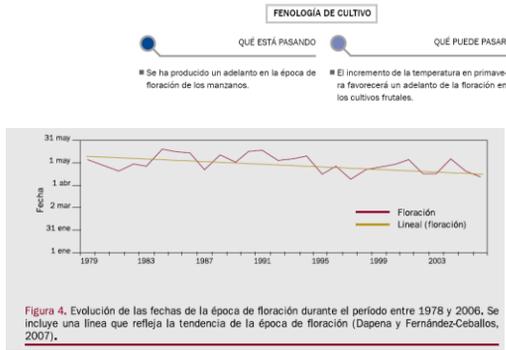


Figura 3. Balance hídrico teórico de los manzanos (precipitaciones-T_{max}) en los meses de marzo a octubre durante la década 1995-05. Las zonas en gris indican épocas en el que el balance es positivo, por lo que el cultivo dispone de agua suficiente para su correcto desarrollo fenológico, mientras que las zonas en amarillo indican épocas en las que el balance es negativo y se produce una situación de estrés hídrico. (Dapena y Fernández-Caballero, 2006).

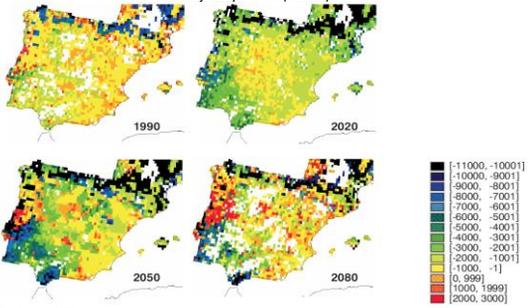


12/05/2011

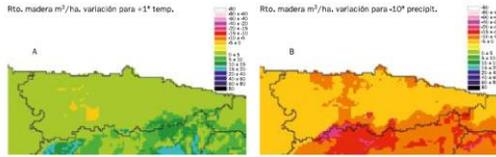
97

Cambios en la Producción Forestal

Estimación de Producción neta del ecosistema en los bosques de la Península Ibérica. Los mapas representan la situación en los años 1990, 2020, 2050 y 2080. En el proyecto ATEAM se está utilizando el modelo GOTILWA+ para simular el crecimiento de los bosques europeos bajo diferentes escenarios socioeconómicos de cambio climático definidos por el IPCC (HadCM3)



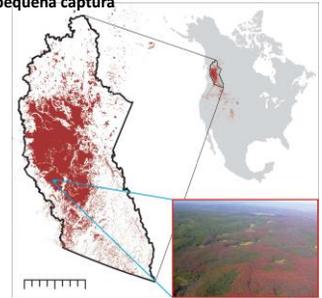
Cambios Climáticos pueden estar detrás de explosiones poblacionales de plagas, como los Scolitinae que producen la muerte masiva de pinos en Canadá. Genera emisión de CO₂ de los bosque, en vez de una pequeña captura



12/05/2011

99

Geographic extent of mountain pine beetle outbreak in North America. a, Extent (dark red) of mountain pine beetle. b, The study area includes 98% of the current outbreak area. c, A photograph taken in 2006 showing an example of recent mortality: pine trees turn red in the first year after beetle kill, and grey in subsequent years. Photo credit: Joan Westfall, Entopath Management Ltd.

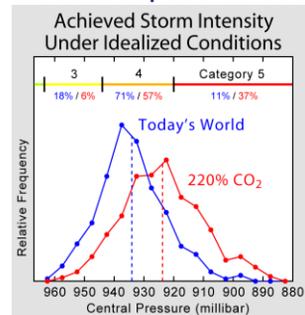


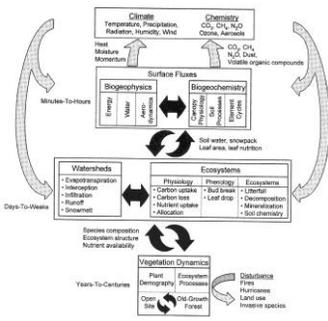
Cambio en el número y porcentaje de huracanes y tifones de categorías 4 y 5 entre dos periodos de 15 años 1975-1989 y 1990-2004 para diferentes cuencas oceánicas

	Periodo			
	1975-1989		1990-2004	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Océano Pacífico Este	36	25	49	35
Océano Pacífico Oeste	85	25	116	41
Atlántico Norte	16	20	25	25
Pacífico Sudoeste	10	12	22	28
Indico Norte	1	8	7	25
Indico Sur	23	18	50	34

Webster et al, 2005 Science

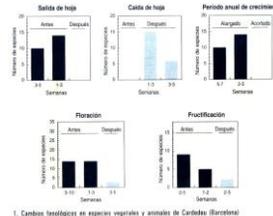
Cambio en el porcentaje de huracanes y tifones la categorías 3, 4 y 5 en el mundo actual y en uno con concentración de CO₂ 220 % del actual, y frecuencia de su presión atmosférica





Aspectos generales de la climatología ecológica mostrando procesos biogeoquímicos y biogeoquímicos por los cuales los paisajes terrestres afectan a la meteorología y el clima, los procesos ecológico e hidrológicos que gobiernan estos; y las relaciones entre los procesos componentes

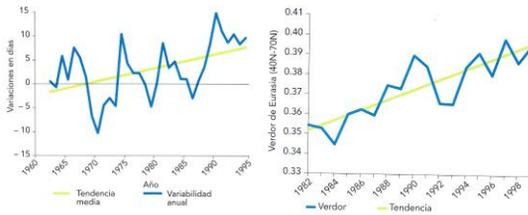
Los cambios están afectando a fenología, y afectarán a las relaciones entre especie y por ello a los ecosistemas



Peñuelas, 2005



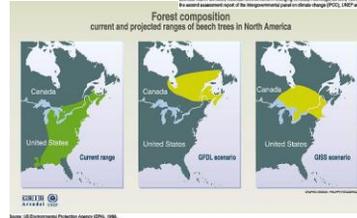
Se producirán cambios como los ya observados en la aparición de hojas o en la intensidad del color (verdor) en la vegetación entre el 40° y el 70° N



Nota: Datos observados por la red International Phenological Gardens en Europa, salvo Francia, la Península Ibérica, Italia central y meridional y Grecia.
Fuente: Menzel, 2002; Menzel y Fabian, 1999.

Nota: El verdor es una medida de la productividad de las plantas. Se determina mediante teleobservación.
Fuente: Zhou et al., 2001.

son previsibles cambios en la distribución de especies y ecosistemas



Distribución actual y proyectada de las hayas de Norte América, según las previsiones de dos modelos climáticos



Un reciente trabajo analiza estos cambios en la vegetación como velocidad del cambio de la temperatura en cada gran BIOMA de la Tierra

Histogramas de la velocidad del cambio de la temperatura en cada bioma.

Este es nuestro BIOMA. Según estos datos cambia a 0,35 km por año
Loarie et al., 2010



Wullschlegel y Strahl, 2010



Wullschlegler y Strahl, 2010



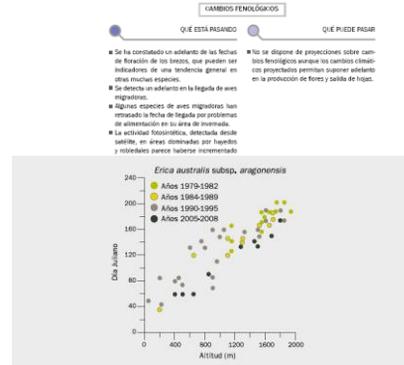
EN LAS CAMARAS A CIELO ABIERTO del Experimento sobre Reacción y Ajuste a la Temperatura se someten a caldeo durante todo el año árboles jóvenes y de tamaño limitado.

Wullschlegler y Strahl, 2010

Algunas de las nuevas especies de plantas de origen mediterráneo detectadas en Asturias



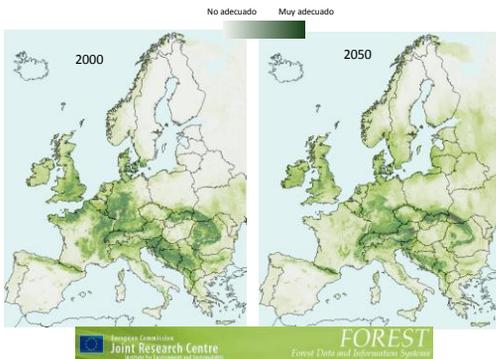
Figura 1. Plantas de distribución mediterránea presentes en los últimos tiempos en Asturias: 1. *Scythium hispanicum* L.; 2. *Allium triquetrum* L.; 3. *Santolina rosmarinifolia* L.; 4. *Lavatera obvia* L.; 5. *Spartina versicolor* Faber; 6. *Echinopsia colona* (L.) Link.; 7. *Trifolium temerosum* L.; 8. *Solanum tuberosum* Mill.; 9. *Dianthus*; 10. *Senecio malleolatus* Faber; 11. *Trifolium cheiri* L. (Dici.)



12/05/2011

112

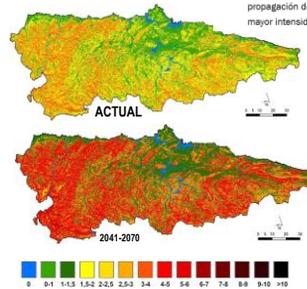
Mapa de adecuación de habitat del Haya



INCENDIOS FORESTALES

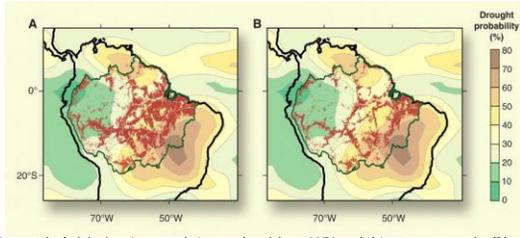
QUÉ PUEDE PASAR

Dadas las proyecciones climáticas se debe esperar un incremento del riesgo por incendios forestales, especialmente una más rápida propagación de los que se inicien e incendios de mayor intensidad.



114

Solapamiento entre Deforestación y Cambio de Clima



Potencial pérdida de cobertura de bosque (pardo) en 2050 en (A) business as usual y (B) escenario con incremento de gobernanza, superpuestos a la probabilidad de sequías sustanciales, que se definen como un >20% reducción en la precipitación de la época seca al final del siglo 21.

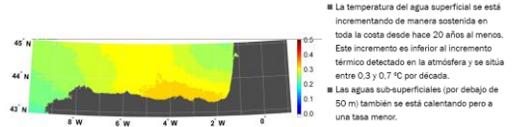
The dry season is defined as from December to February (south of the equator) and from June to August (north of the equator). Precipitation scenarios are from mid-range (A1B) global greenhouse gas emissions scenarios, from the 21 climate models employed in IPCC AR4.

Published by AAAS

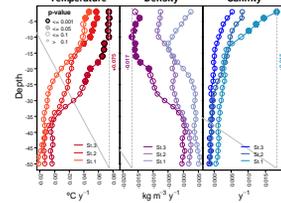
Malhi et al., Science 319, 169-172 (2008)

TEMPERATURA

QUÉ ESTÁ PASANDO



La temperatura del agua superficial se está incrementando de manera sostenida en toda la costa desde hace 20 años al menos. Este incremento es inferior al incremento térmico detectado en la atmósfera y se sitúa entre 0.3 y 0.7 °C por década. Las aguas subsuperficiales (por debajo de 50 m) también se está calentando pero a una tasa menor.



116

ESTRATIFICACIÓN

QUÉ ESTÁ PASANDO

QUÉ PUEDE PASAR

Se detecta una tendencia al aumento del periodo de estratificación, fundamentalmente de origen térmico, en los últimos 20 años, aumentando unos 20 días por década. Algunos estudios muestran un incremento de las zonas de oligotrofia subtropicales, que dependiendo de la intensidad del calentamiento, podría llegar a afectar a Asturias a largo plazo.

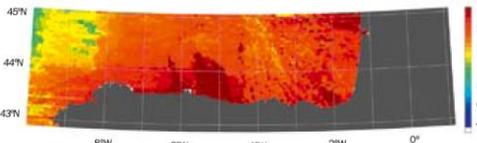


Figura 5. Aumento del periodo de estratificación en días por década obtenido a partir de datos de satélite (González-Toboada y Anadón, 2008).

12/05/2011

117

AFLORAMIENTOS

QUÉ ESTÁ PASANDO

QUÉ PUEDE PASAR

Se han detectado cambios en la estacionalidad de los periodos de afloramiento, con reducción de la frecuencia e intensidad en el periodo estival. No se dispone de proyecciones sobre cambios en los afloramientos.

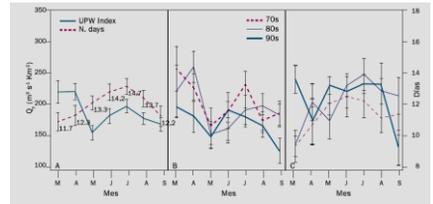
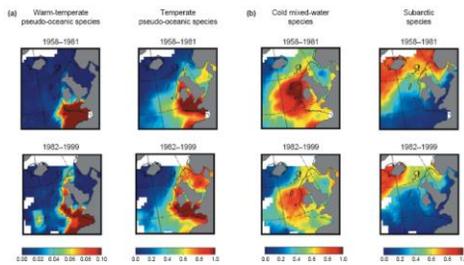


Figura 6. A: Valor medio y desviación estándar del transporte de Ekman positivo (intensidad de afloramiento) y número de días de valores positivos por mes (frecuencia de afloramiento) desde Marzo a Septiembre (1969-2003); B: Intensidad del afloramiento en las tres últimas décadas del siglo XX; C: Número de días con afloramiento por década (Llope et al. 2006).

12/05/2011

118



Desplazamiento hacia el norte de las comunidades de zooplancton en el Atlántico Noroeste

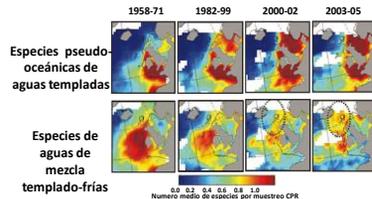
El análisis de las asociaciones de copépodos calanoides revela un desplazamiento de 1000 km hacia el norte de las especies de aguas templadas en los últimos 40 años

Beaugrand et al., Nature 2001

ESPECIES INVASORAS

QUÉ ESTÁ PASANDO

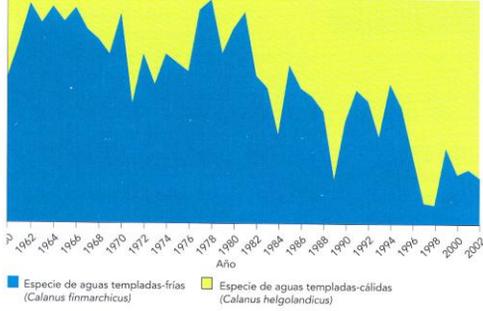
Se viene detectando la aparición o incremento de la abundancia de especies típicas de aguas templado-cálidas y subtropicales, antes muy poco frecuentes. Se han citado especies de peces, crustáceos, moluscos. Se ha demostrado en estudios en todo el Atlántico Norte una aceleración de los cambios desde comienzos de este siglo.



Cambios biogeográficos en las agrupaciones de copépodos del Atlántico norte a lo largo de 5 décadas

120

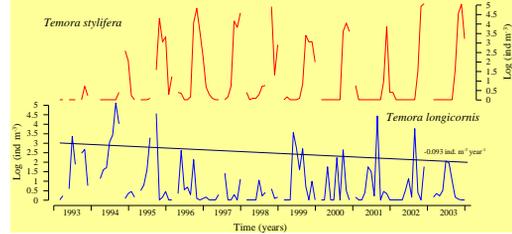
Los cambios en la composición del zooplancton, las presas de muchas larvas de peces, pueden afectar a su reclutamiento,



Fuente: Edwards, SAHFOS, 2003.

Los cambios de distribución o de abundancia se pueden producir de formas muy diferentes

En el Golfo de Vizcaya la especie de *Temora* de la especie cálida templada se ha incrementado muy rápido, mientras decrece lentamente la abundancia de la especie mas frecuente



(Llope et al. 2004)

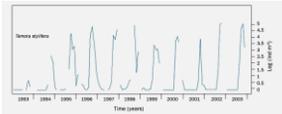


Figura 17. Abundancia de *Temora stylifera* en la Estación 2 de la RADIAL de Cullères, en la que esta especie era ocasional y de muy baja abundancia (Llope et al. 2004).

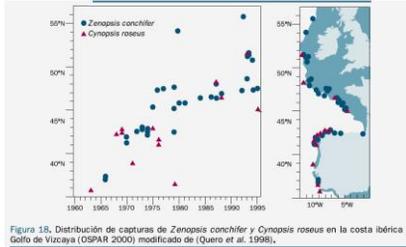


Figura 18. Distribución de capturas de *Zenopsis conchifer* y *Cynosops roseus* en la costa ibérica y Golfo de Vizcaya (OSPAR 2000) modificado de (Quero et al. 1998).

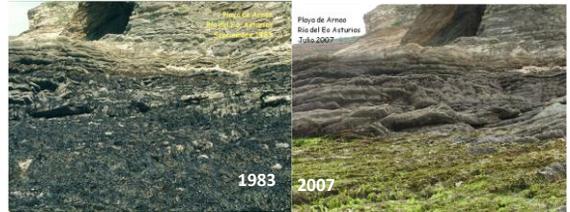
12/05/2011

123

COMUNIDADES

QUÉ ESTÁ PASANDO

- Se han detectado cambios importantes en las comunidades de macroalgas en la costa de Asturias en los últimos 25 años.
- Se ha detectado una reducción importante de la biomasa de especies de algas de aguas templado-frías como *Fucales* y *Laminariales* en la última década que afecta a la organización de los ecosistemas costeros.



124

Dos imágenes de la Concha de Artedo, en la que se aprecia la desaparición de *Himantalia elongata* y *Chondrus*, y la aparición de *Bifurcaria*, *Codium* y *Corallina*



Cortesía de J.M. Rico, 2009

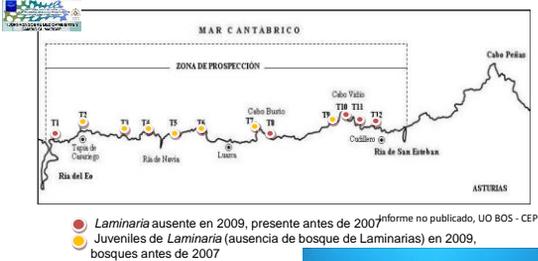
125

Las Laminariales también se han reducido de forma importante en la última década, p.e. *Saccorhiza polyschides*



12/05/2011

Foto cortesía de C. Fernández: 126



Los cambios han sido dramáticos en los bosques de *Laminaria*. La influencia de su desaparición sobre el resto de las especies debe ser estudiada de inmediato, por que ahora es totalmente desconocida. Puede ser importante para especies y recursos costeros



Lógicamente las especies explotadas están sujetas a los cambios ambientales y muestran tendencias que se pueden asociar al cambio climático. Influencia la economía y el comportamiento de las poblaciones costeras.

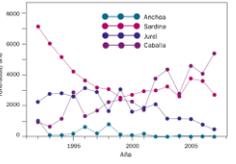


Figura 21. Serie temporal de descargas de peces pelágicos en puertos de Asturias (Estadísticas del CEP).

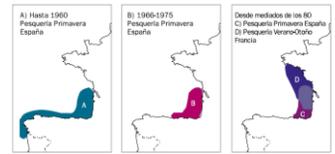
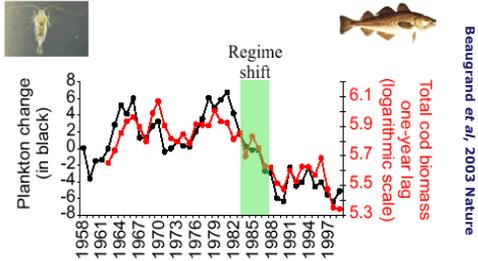


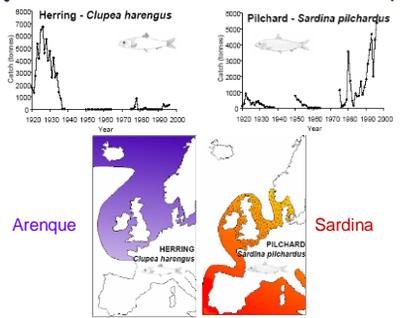
Figura 22. Áreas en las que la pesquería de la anchoa se desarrollaba en diferentes periodos de tiempo (ICES 2004; modificado por Villanar).

Los cambios en la composición del zooplancton, las presas de muchas larvas de peces, pueden afectar a su reclutamiento,

El caso del bacalao en el Mar del Norte, El cambio más importante para el bacalao consistió en la reducción de su presa, el copépodo *Calanus finmarchicus* (en la foto)

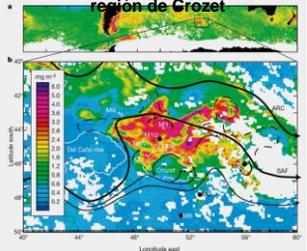


Otro ejemplo, distribución general das especies explotadas de peces pelágicos. Cambios en los desembarcos en el puerto de Plymouth, reflejo de los cambios de distribución de las especies



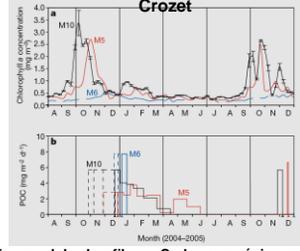
Hawkins, 2005

Experimento de enriquecimiento con Hierro Efecto sobre la clorofila a en la región de Crozet



A, Clorofila a en Octubre para el conjunto del Océano Sur, mostrando la localización de Crozet. El color indica concentración como en b) B Imágenes SeaWiFS/MODIS de la Clorofila a para el día octavo de periodo de floración, 23-30 October 2004. Líneas sólidas y discontinua muestran la media y la circulación del giro respectivamente, con el Frente sub-Antártico (SAF) y la Corriente Circumpolar Antártica Pollard et al 2009

Experimento de enriquecimiento con Hierro Efecto sobre la clorofila a en la región de Crozet

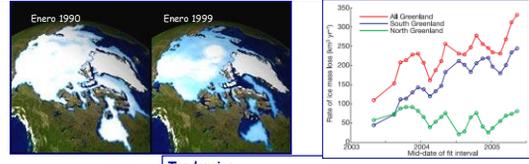


Serie Temporal de clorofila a y Carbono orgánico particulado (POC) A, Clorofila a, obtenida para cada día de imágenes SeaWiFS/MODIS para cada localidad B, POC (línea sólida) obtenida de trampas de sedimento Pollard et al 2009 profundas en cada localidad

El deshielo del océano no eleva el nivel del mar, pero si lo provoca el deshielo de glaciares



La cubierta de hielo esta disminuyendo de forma acelerada



Extensión del hielo en el océano Ártico

- Tendencias**
- Descenso de un 20% en la extensión del hielo marino desde 1970
 - Adelgazamiento del hielo en 2m entre 1960s y 1990s
 - Cambio desde hielo de muchos años a hielo anual
- Expectativas**
- Incremento de la temperatura de 2 a 10°C en 2100
 - Ártico libre de hielo en el verano antes del 2100
 - cambios en los patrones de circulación, en la productividad primaria y en las comunidades polares

e.g., Johannessen et al. 2004; ACTA 2005; Francis et al. 2005; Macdonald et al. 2005

Cambios en la Pérdida de masa del casquete polar de Groenlandia 10 años

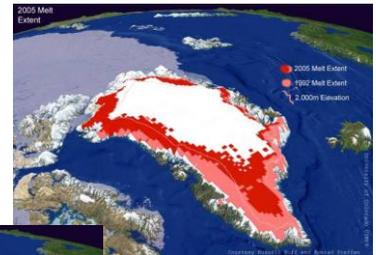
Masa Glaciar	Área de drenaje km²	Balance Masas km³/año		
		1996	2000	2005
Oeste	521350	-21,7	-40,6	-47,0
Total	1209280	-56 ± 30	-92 ± 30	-167 ± 40
Total + BMS		-91 ± 31	-138 ± 31	-224 ± 41

Rignot et al., 2006, Science

BMS Balance Masas por Superficie
Los datos con métodos diferentes resultan coherentes

231 ± por métodos gravimétricos

El deshielo de Groenlandia se incrementó en extensión e intensidad en el 2005



También se detectaron por primera vez algunas zonas con deshielo en este año

Steffen y Huff, Univ. Colorado en Boulder



Lakes on the western flank of the Greenland Ice Sheet. The nearest lake is roughly 1500 m across and 10 m deep. Meltwater from these lakes can drain catastrophically into the ice sheet, causing brief but strong local disturbance of the ice flow. More important, these drainage events establish a meltwater pathway from surface to bed. Inland migration of this phenomenon might thaw now-frozen regions of the ice-sheet bed and speed up flow. The wing of a De Havilland Twin Otter occupies the top of the frame.
CREDIT: IAN JOUGHIN/UNIVERSITY OF WASHINGTON

Aspecto de campos de hielo en Groenlandia con deshielo muy activo

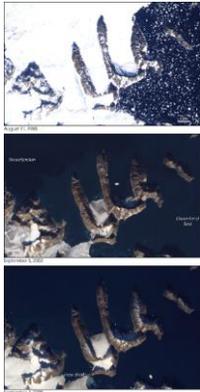


Hansen, Scientific American, Marzo 2004

Deshielo de el casquete helado de Groenlandia



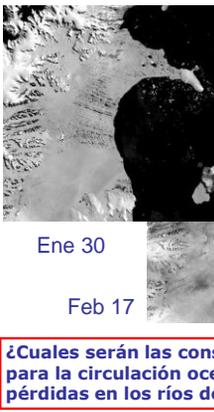
Greenland's ice cap, pictured here in a photo by US clothing retailer and research patron Gary Comer, serves as a vast climate-change archive



La desaparición de la cubierta de hielo en el Ártico está dejando al descubierto nuevos rasgos geográficos, como las islas de la foto

http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php?img_id=17664

Hay indicios de deshielo en la Antártida, pero por ahora su contribución es pequeña. Se acaba de demostrar que la velocidad de los glaciares de la Península Antártica se aceleró en los últimos años



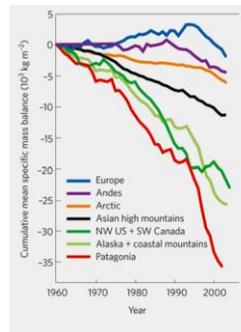
Desintegración de la plataforma de hielo Larsen B - 2002

Mar 04

Ene 30

Feb 17

¿Cuales serán las consecuencias para la circulación oceánica y las pérdidas en los ríos de hielo?



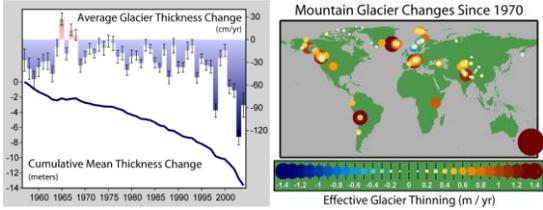
Middle of the pack. Himalayan glaciers are losing mass faster than European glaciers but slower than those in Alaska.



John Shroder and colleagues hiking along the Chandra River valley on the way to the Choto Shigri glacier in the Indian Himalayas.

Adaptado de Copland et al. 2009

El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles



Un caso muy bien documentado



US Geological Survey, 2007

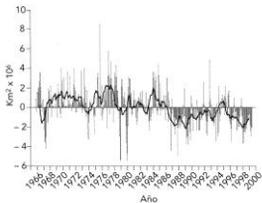
El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles



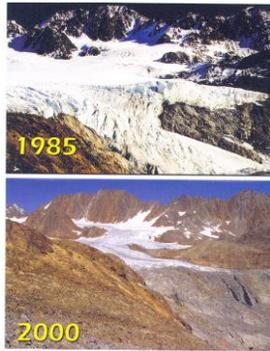
La Mer de Glace (Chamonix, MontBlanc) primavera 2010

En Europa también se detecta la pérdida de glaciares

La superficie cubierta de hielo o nieve se ha reducido en el Hemisferio Norte



Nota: Las desviaciones se refieren a una media de 30 años. Medias acumuladas de 12 meses (curva de trazo continuo). Fuente: IPCC, 2001a.



Glaciar de Vernagt (Austria) Fuente: Weber, BADW/KfG; 1985, 2000.



EL GLACIAR UPSALA EN 1928... Esto era el aspecto que presentaba el glaciar Upsala, en la Patagonia argentina, en 1928. En la imagen se aprecia la lengua de hielo que formaba el glaciar. La fotografía es una composición de tres tomas consecutivas.

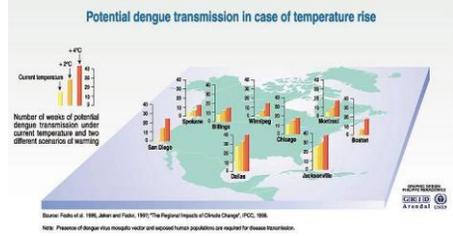
... Y EN 2004. Esto es el aspecto del glaciar Upsala hace unos días. La fotografía muestra, según la organización ecologista Greenpeace, el alarmante grado de deshielo de los glaciares causado por el calentamiento global.

El deshielo de Glaciares es uno de los problemas más preocupante, y afecta a los océanos, En algunos casos los cambio son claramente perceptibles

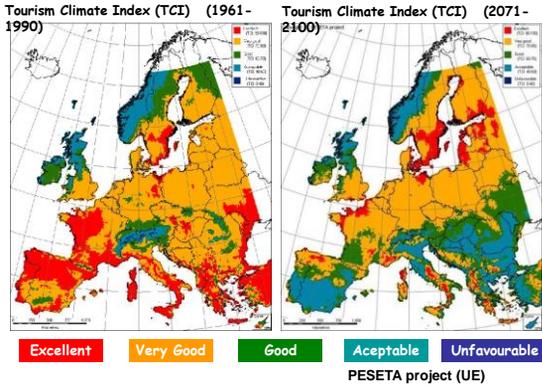


Caption: Muir Glacier.
Credit: National Snow and Ice Data Center
Citation: NSIDC/WDC for Glaciology, Boulder, Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology.

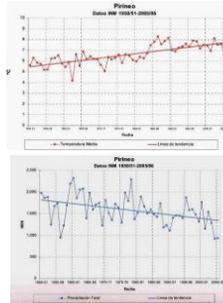
Un componente importante del efecto del cambio global es la posibilidad de defecciones sobre la salud
Dispersión de enfermedades o incremento de la mortalidad



A2 Scenario



Algunos sectores y actividades relacionadas con el ocio y el aire libre parecen estar afectadas, como el turismo de invierno

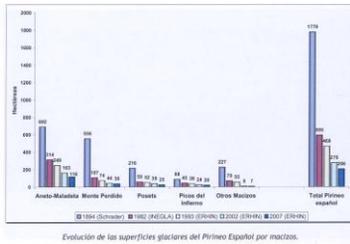


La evolución reciente de temperatura y pluviosidad concuerdan con las proyecciones derivadas de los modelos de Cambio Climático

El resultado: cada vez habrá menos nieve, durante menos tiempo y a mayor altitud. Pero no dejarán de existir las fluctuaciones anuales

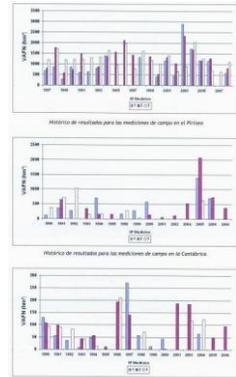
Fuente: MMA

El balance en los glaciares de menor innivación y mayor temperatura es su reducción, muy acelerada en los glaciares de la Península, y en general de todo el mundo menos parte de la Antártida

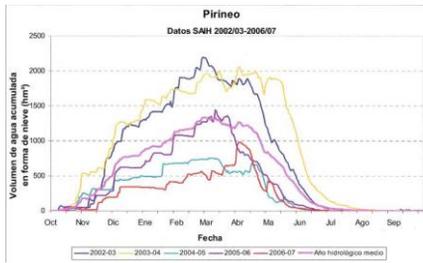


Los datos disponibles de nieve en las montañas no son largos, y todavía no permiten sacar conclusiones sobre el cambio futuro

Se mide en tres fechas: octubre-Noviembre, Enero-Febrero y Abril-Mayo



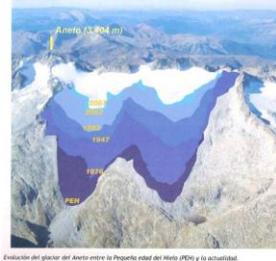
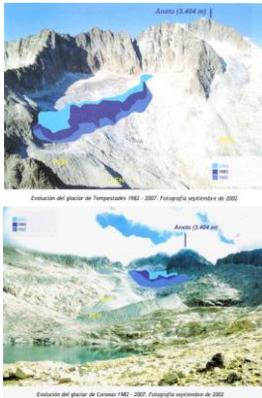
Los últimos años si que han presentado anomalías negativas de nieve acumulada. Los modelos proyectan esa misma tendencia



12/05/2011

157

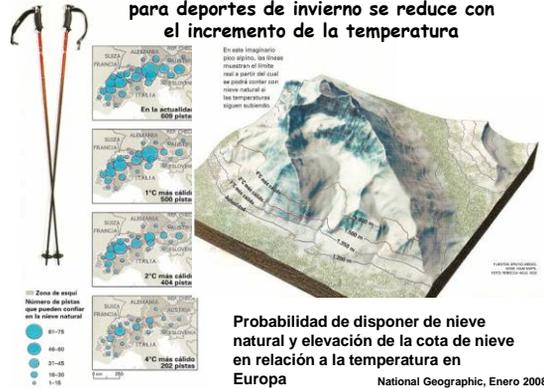
Algunos sucesos que eran relativamente frecuentes no se observan en la actualidad



La pérdida de superficie se está controlando en Pirineos. En pocas décadas habrán desaparecido los últimos vestigios de la época fría

Arenillas et al (MAMAMRYM), 2008

Las probabilidades de disponer de nieve para deportes de invierno se reduce con el incremento de la temperatura



Probabilidad de disponer de nieve natural y elevación de la cota de nieve en relación a la temperatura en Europa
National Geographic, Enero 2008

El nivel del mar es uno de los problemas preocupantes. Incluso en España puede tener muy severas consecuencias

El nivel del mar era entre 4 y 6 metros superior al actual hace 120000 años, durante un periodo en el que la concentración de CO₂ era inferior al actual, 290 ppmv



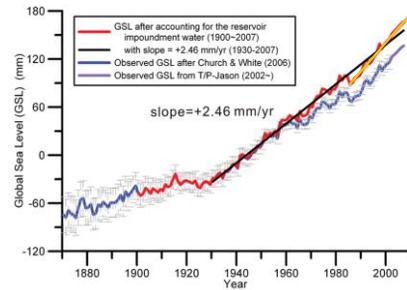
Últimas estimaciones sobre incremento del nivel del mar en relación a la concentración de CO₂. Muestra un panorama preocupante, dado que afectará a muchas zonas bajas de la Tierra

AR4, IPCC 2007

CO ₂ concentration at stabilization (2055 = 375 ppm)	CO ₂ -equivalent Concentration at stabilization including CH ₄ and aerosols (2055 = 375 ppm)	Global average sea level rise above pre-industrial at equilibrium from thermal expansion only (m)	Number of persons at risk
ppm	ppm	metres	
350 - 400	445 - 490	0.4 - 1.4	6
400 - 440	490 - 535	0.5 - 1.7	18
440 - 485	535 - 590	0.6 - 1.9	21
485 - 570	590 - 710	0.6 - 2.4	118
570 - 660	710 - 855	0.8 - 2.9	9
660 - 790	855 - 1130	1.0 - 3.7	5

2

Fig. 4. The blue curve with error bar is the observed GSL history ([1, 25]; zero level is arbitrary), with a purple segment from altimetry data (23) spliced on for the past few years after adjusting a vertical offset



B. F. Chao et al., Science 320, 212-214 (2008)

Published by AAAS



Las zonas bajas, sobre todo Megadeltas pueden verse seriamente afectadas

NIVEL DEL MAR

QUE ESTÁ PASANDO QUE PUEDE PASAR

El nivel del mar se está elevando unos 3 mm anuales, y se ha acelerado en las últimas 2 décadas.

Los modelos disponibles predicen una elevación acelerada del nivel del mar, que será más intensa en función del calentamiento atmosférico (abstención de glaciares) y de la dilatación térmica.
 Las proyecciones de los modelos predicen un incremento significativo de la cota de inundación y un retroceso de la línea de costa, más apreciable en las costas de perfil más plano.
 El retroceso de la línea de costa será acusado en playas encajadas y en las puntales de la desembocadura de los ríos.

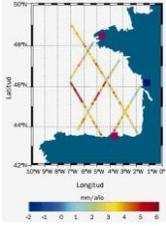
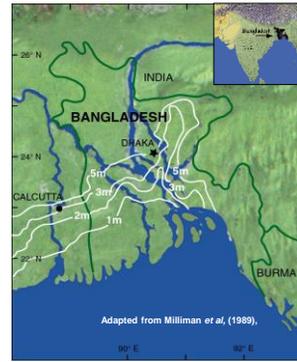


Figura 7. A: Tendencias calculadas de elevación del nivel del mar para el período entre cada año y el año final de los registros (2001). El último valor utiliza 10 años (Marcos et al. 2006). B: Tendencias en el nivel del mar computado en cada bin de los recorridos del TOPEX en el Golfo de Vizcaya entre 1993 y 2002 (Marcos et al. 2007).

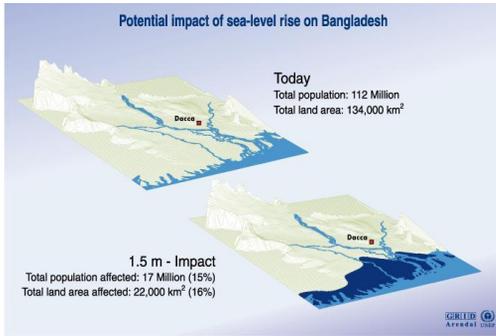
12/05/2011

Climas, 2009 163

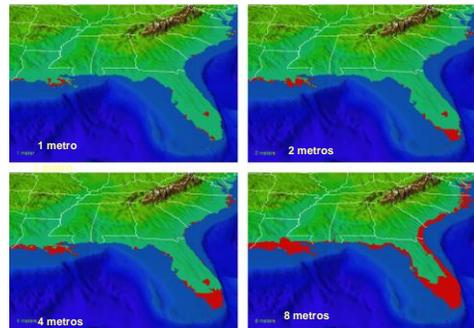


Adapted from Milliman et al. (1989).

Controlar el cambio climático y una de sus secuelas, la elevación del nivel del mar, reduciría su impacto
 Sea Level Rise



Source: UNEP/GRID Geneva, University of Dacca, JPO Murty, The World Bank, World Resources Institute, Washington D.C.



Las actividades de protección se incrementan anualmente
 Ejemplo: EL número de veces que se cierran las barreras de protección del Támesis

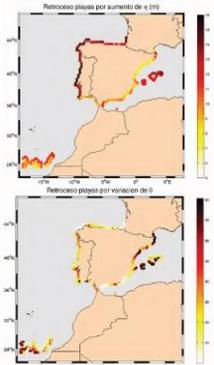
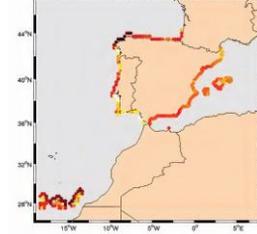


UK Environment Agency http://www.environment-agency.gov.uk/commodata/103601/12_flood_c4_dt.xls

Barreras de Rotterdam

Sea level rise could affect to many low areas with soft substrate. Many areas of the Iberian Peninsula could be damaged in the future. Adaptative actions must be activated

Variación total de la cota de inundación, m



5. Variación neta de la cota de inundación a lo largo del litoral español.

6.7 Retroceso de las playas por aumento de 0,5 m y 1 m del nivel del mar por aumento de la elevación del lago, centro de energía

Impactos en la costa española por efecto del Cambio Climático, MMA 2006

¿LA PERDIDA DE ARENA EN PLAYAS PUEDE ASOCIARSE A LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR



La respuesta sería sí, pero asociada a otros factores causales como: cambios en las tormentas (ya detectado), descenso en los aportes de sedimentos por la existencia de presas, entre otros)

¿LA PERDIDA DE ARENA EN PLAYAS PUEDE ASOCIARSE A LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR? En otros países y regiones también se han detectado cambios importantes



Foto, cortesía de Juan José Iglesias

EFFECTOS APRECIABLES EN ALGUNAS COSTAS

Lamentablemente, creo que mi alarmismo está justificado, si tenemos en cuenta que conocemos esto desde hace 14 años y cuando estuvimos aquí, un año después de Mich, vimos hasta donde había llegado el mar y los destrozos producidos, pero había vuelto "a su sitio" y tormentas siempre las hubo y causaban daños, pero no había este avance tan rápido que ahora hay.

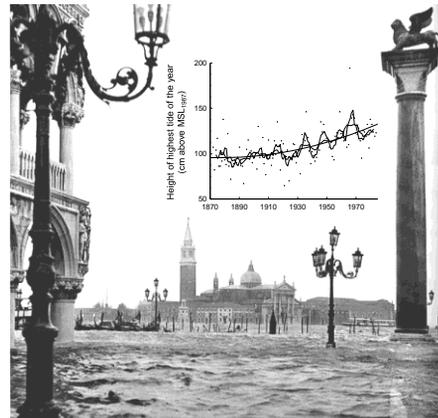
Juan José Iglesias, Enero de 2008 Cahuita (Costa Rica)



Figure S2. Coastal erosion on Muostoh island, SE Laptev Sea. Several such locations were sampled as part of the ISSS-08 program.

Semiletov y Gustafsson, 2009

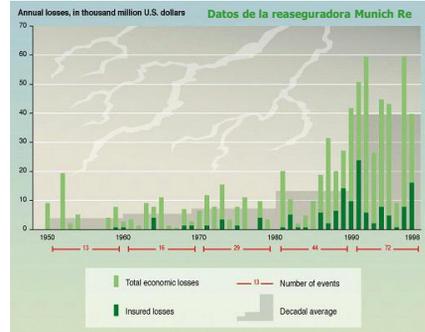
La elevación del nivel del mar afectará a muchas costas con substrato blando, La costa de Huelva está en franco retroceso





Restauración de playas, S, Vicente de Montalt' (El Maresme)

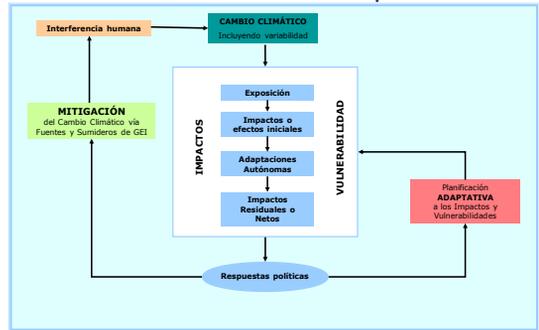
Los daños económicos relacionados con el clima se han incrementado



¿PODEMOS HACER ALGO PARA REDUCIR LOS IMPACTOS ?

- Mitigar las causas del cambio
- Adaptarse para disminuir la vulnerabilidad
- Necesitamos predecir mejor los efectos del cambio
- Necesitamos planificar la actividad humana para minimizar los efectos del cambio

Las posibilidades de respuesta humana necesitan de una cadena de conocimientos y acciones



Fuentes energéticas y su duración estimada

Carbón	249 años	CO ₂	Calentamiento Global
Petróleo	56 años	CO ₂	Calentamiento Global
Gas	43 años	CO ₂	Calentamiento Global
Fisión	65 años	Residuos radioactivos	miles años

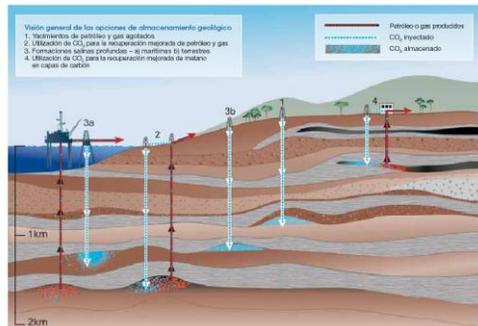
Fuentes energéticas alternativas

eólica, fotovoltaica, solar-térmica, mareal, geotérmica, biomasa-residuos, con desarrollo potencial, Potencialmente podrían contribuir a una disminución en la tasa de calentamiento, dado que no emiten GEI

Fuentes energéticas posibles

Fusión (H y He) y Fisión del torio, en un futuro de 50 años

Sumideros Geológicos



Planta Sleipner (Mar Noruega) de producción de gas y petróleo con separación e inyección de CO₂



También tenemos que tomar decisiones que supongan una adaptación a nuevos escenarios. Un ejemplo de decisión ¿Incrementar los diques? ¿No construir en zonas anegables? ¿Dejar que parte del territorio se pueda inundar y construir nuevas ciudades y huertos flotantes?

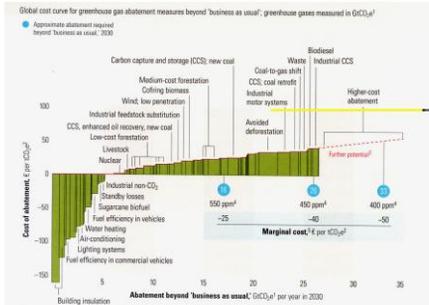


Zonas anegadas de Holanda en las graves inundaciones de 1953



Solución tomada ante este hecho, construir diques para evitar las inundaciones. En 2002 estuvieron a 40 cm de ser rebasadas

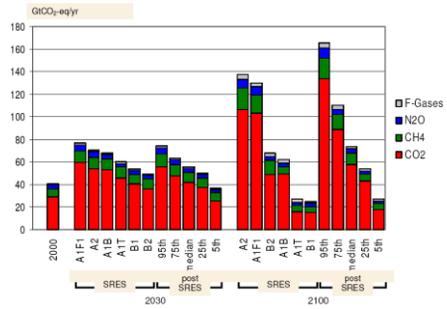
Curva de costes de reducción de emisiones de GEI



*GtCO_{2e} = gigaton of carbon dioxide equivalent; "business as usual" based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.
 **CO_{2e} = ton of carbon dioxide equivalent.
 *Measure costing more than \$2.5 per ton above the focus of this study.
 *Assumes conversion of all greenhouse gases (recalculated into CO₂ equivalents; ppm = parts per million.
 *Marginal cost of avoiding emissions of a ton of CO₂ equivalent in each abatement scenario.

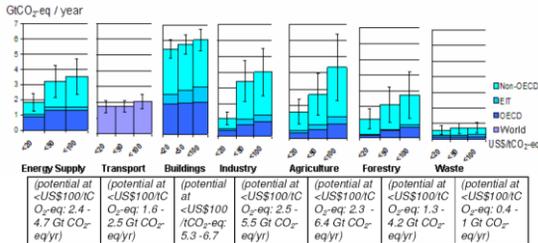
Enkvist et al., 2007. Mackinsey Quarterly

Emisiones Globales de GEI para 2000 y línea de base de emisiones proyectada para 2030 y 2100 a partir de los SRES IPCC y la literatura post-SRES. La figura provee las emisiones para seis escenarios SRES ilustrativos. También provee la distribución de frecuencias de las emisiones en escenarios de emisión en post-SRES (percentiles: 5%, 25%, mediana, 75%, 95%)



IPCC - AR4

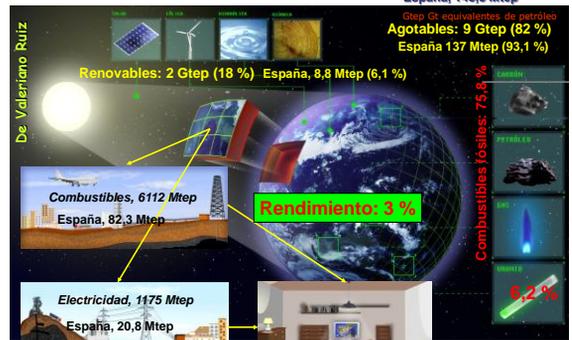
Potencial económico sectorial estimado de mitigación global para diferentes regiones como función del precio del carbono (CO₂-eq) en 2030 en estudios bottom-up, comparados con las líneas de base respectivas asumidas en el sector de evaluación,



IPCC - AR4

SISTEMA ENERGETICO ACTUAL

Energías Primarias, 11 Gtep
 España, 145,8 Mtep

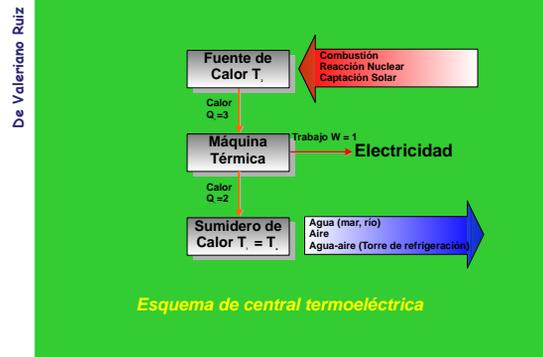


Energías Intermedias

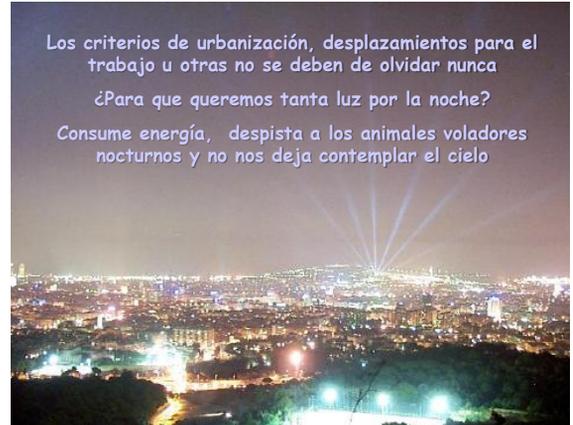
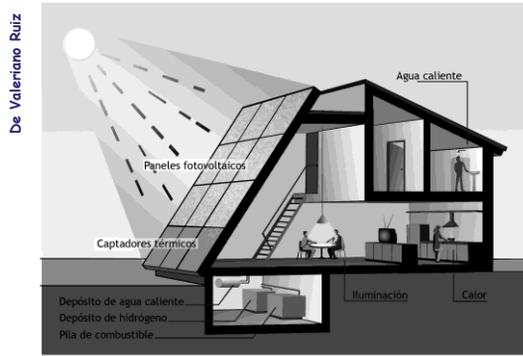
Consumo: calor, frío, luz, etc,



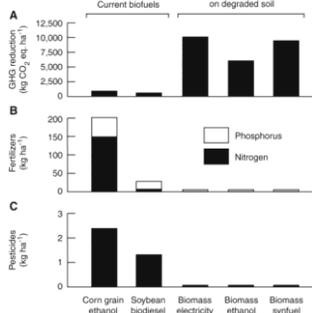
Consumo de electricidad



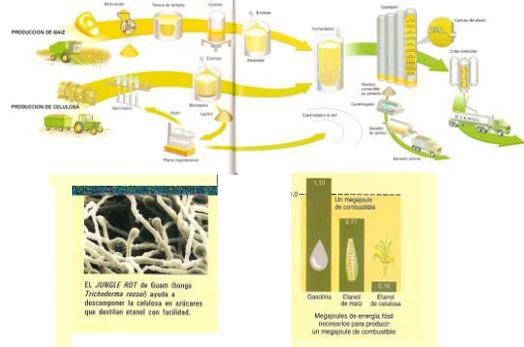
CAMBIO DE MODELO DEL SISTEMA ENERGETICO

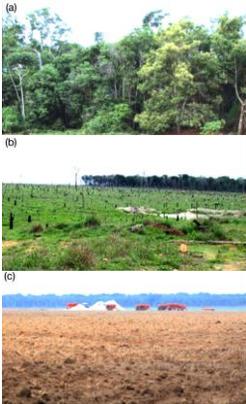


Efectos ambientales de fuentes bioenergéticas,
(A) Reducción de GEI para el ciclo completo de producción de biofuel para combustión, relativa a las emisiones producidas por los combustibles fósiles a los que los biofuel sustituirían. Las tasas de aplicación de **(B)** fertilizantes y **(C)** pesticidas
 Son medias para los cultivos de maíz y soja en U.S.A.
 Para la transformación de la biomasa de LHM, las tasas de aplicación están basadas en medidas experimentales,



Algunas de las alternativas no son tan maravillosas como muchas veces se presentan. La eficiencia de ahorro es baja, y pueden generar problemas en nuestro aprovisionamiento de alimentos





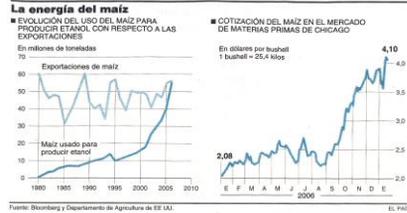
Land conversion at the southern Amazonian agroindustrial frontier. (a) Transitional cerrado/lowland Amazonian rainforest is first cleared to provide (b) pasture for extensive cattle ranching, and eventually converted to (c) arable land

Schiesari et al, 2011

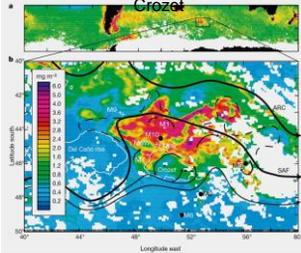
Ya se están produciendo algunas tensiones, económicas y sociales, por el uso alimentario o energético de recursos. La ONU ya ha alertado sobre el problema

¿Comida o combustible?

La apuesta de EE UU por los biocarburantes pone en guardia al mercado alimentario



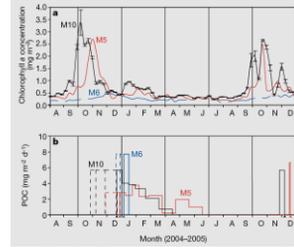
Experimento de enriquecimiento con Hierro
Efecto sobre la clorofila a en la región de Crozet



A. Clorofila a en Octubre para el conjunto del Océano Sur, mostrando la localización de Crozet. El color indica concentración como en b
B. Imágen SeaWiFS/MODIS de la Clorofila a para el día octavo de periodo de floración, 23-30 October 2004. Líneas sólidas y discontinua muestran la media y la circulación del giro respectivamente, con el Frente sub-Antártico Front (SAF) y la Corriente Circumpolar Antártica

Pollard et al 2009

Experimento de enriquecimiento con Hierro
Efecto sobre la clorofila a en la región de Crozet



Serie Temporal de clorofila a y Carbono orgánico particulado (POC)
A. Clorofila a, obtenida para cada día de imágenes SeaWiFS/MODIS para cada localidad
B. POC (línea sólida) obtenida de trampas de sedimento profundas en cada localidad

Pollard et al 2009



PORESAS de sol más brillantes después (derecha) que antes (izquierda) de la erupción del Volcán Pinatubo en 1991

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera

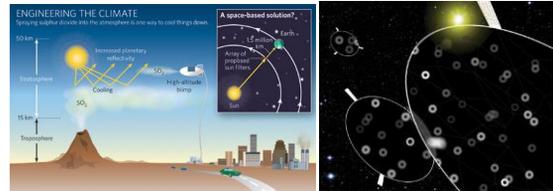


El dióxido de azufre inyectado por el Volcán Pinatubo en la estratosfera actuó como un filtro de los rayos solares



La polución atmosférica también reduce el efecto del Sol en la atmósfera

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera



Injectar dióxido de azufre en la estratosfera es una de las opciones. Lo podrían hacer también aviones con combustible con azufre

Billones de placas suspendidas en la estratosfera podrían actuar como escudo de la Tierra frente a los rayos solares

¿Cuanto reduciría las emisiones del Protocolo Kioto?



Data Sources: United States Department of Energy, Energy Information Administration, International Energy Outlook, 1998 and 1999.

El Edificio para responder al Cambio Climático está en Construcción, pero la ciencia sólo es la base sobre la que sustentar la respuesta



La respuesta que se debe dar es urgente:

Unos deben proponer soluciones y tomar decisiones
 Otros debemos mejorar los conocimientos y las proyecciones sobre el Cambio de Clima y sus impactos y diseminarlos en la Sociedad

200



Dibujo de Frank Miller, Copyright 1974 Des Moines Register & Tribune Co.

Las crisis económicas no son una panacea y desde luego no son la solución. Pero se pueden y deben aprovechar para rediseñar el futuro.

La historia no debe repetirse

Estoy satisfecho: «Se ha superado la crisis del petróleo y todo vuelve a la normalidad».

ODUM: Ambiente Energía y Sociedad. 1971

Se puede obtener información sobre los cambios detectados en Asturias y proyecciones futuras en el libro cuya portada se presenta

Se puede obtener el pdf completo en:

http://ria.asturias.es/RIA/bitstream/123456789/365/1/LIBRO%20COMPLETO_baja.pdf

