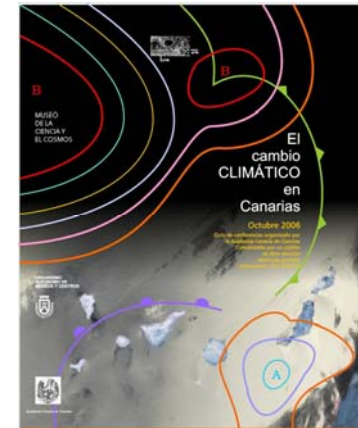




MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE



EL CAMBIO CLIMÁTICO EN CANARIAS

Ciclo de conferencias organizadas por la Academia Canaria de Ciencias

Evolución futura del Clima Canario

Emilio Cuevas

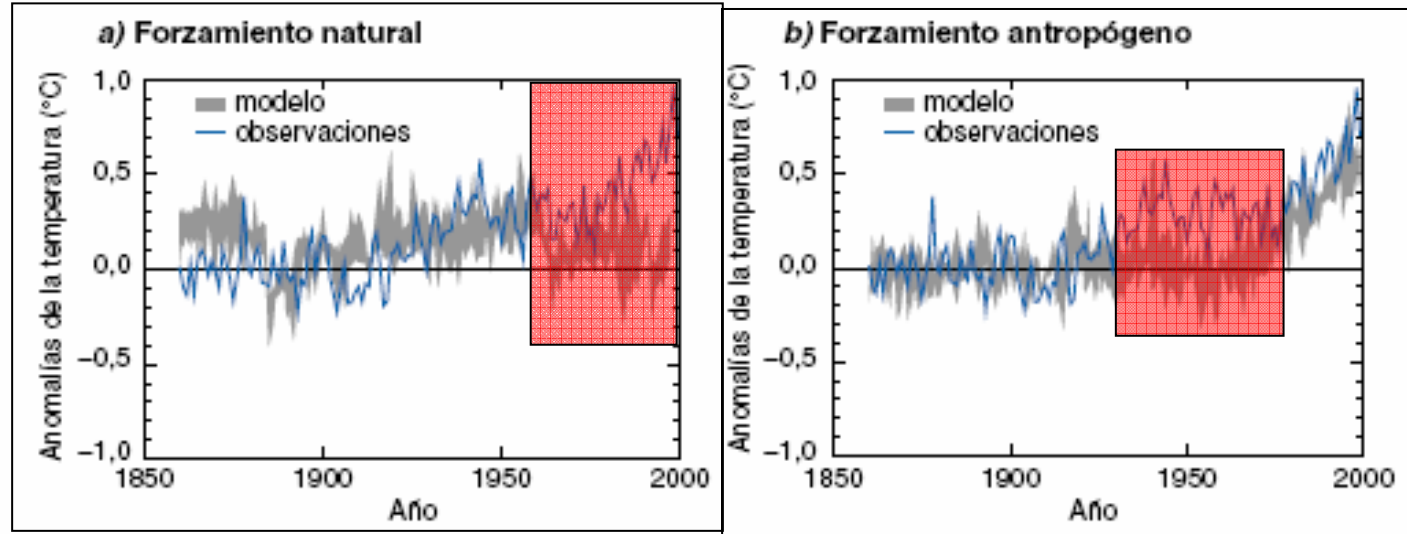
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
Observatorio Atmosférico de Izaña

Museo de la Ciencia y del Cosmos, La Laguna
20 de octubre de 2006

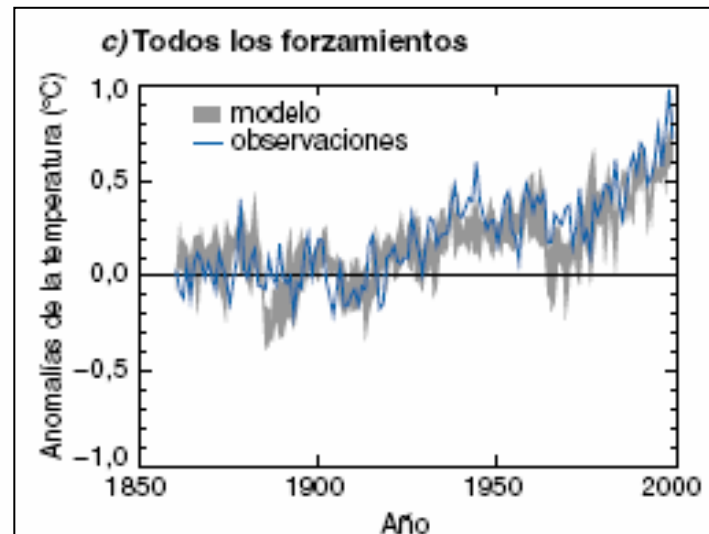


¿ Cambio climático ? (1)

Temperaturas medias mundiales anuales simuladas



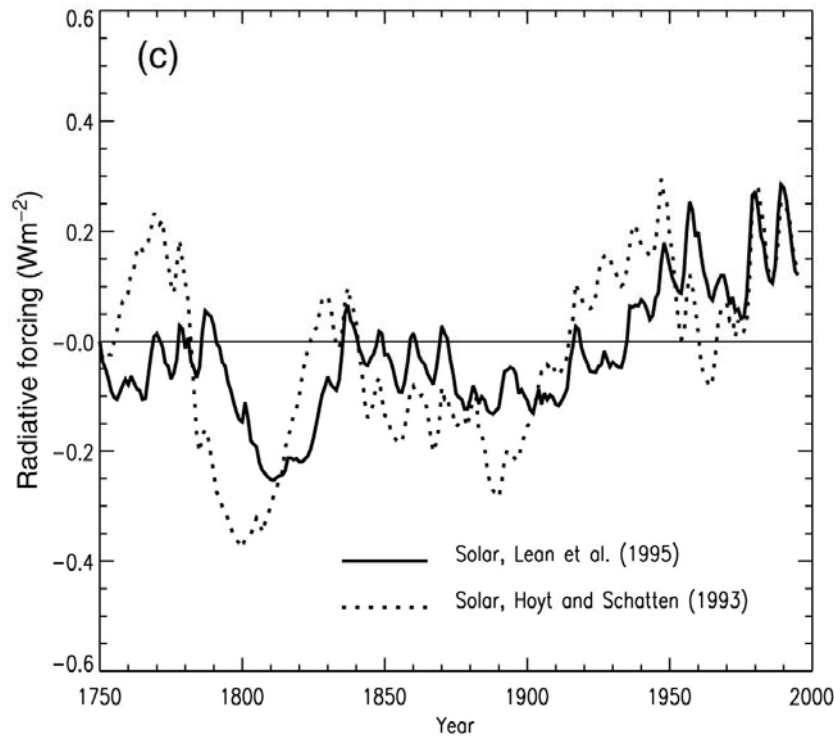
Estos resultados muestran que los forzamientos incluidos son suficientes para explicar los cambios observados, pero no excluyen la posibilidad de que hayan intervenido también otros forzamientos.



IPCC, 2001



¿ Cambio climático ? (2)



Variaciones estimadas de la irradiancia solar entre 1750 y 2000

Nature **443**, 161-166(14 September 2006)

Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate

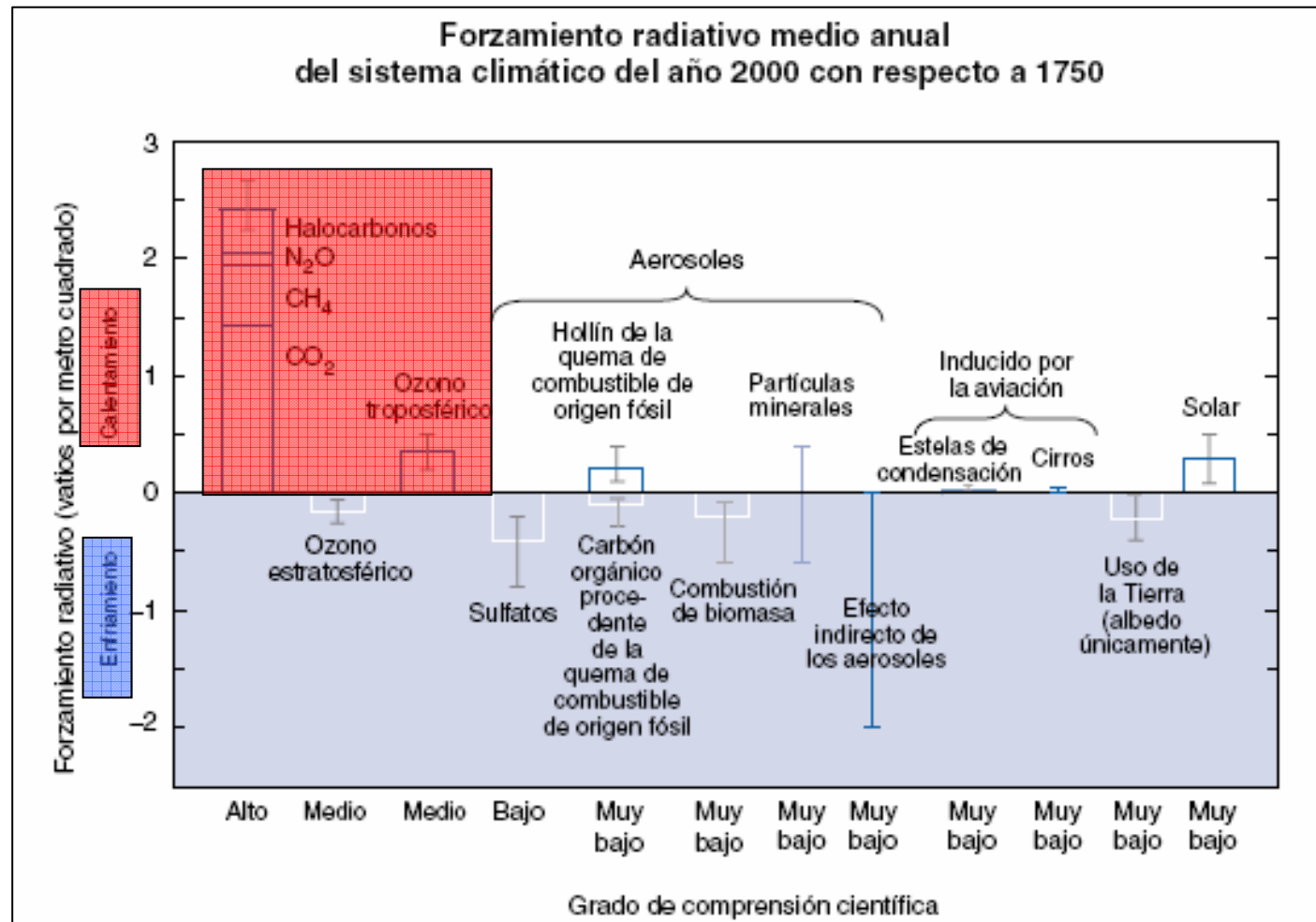
P. Foukal, C. Fröhlich, H. Spruit and T. M. L. Wigley

“The variations measured from spacecraft since 1978 are too small to have contributed appreciably to accelerated global warming over the past 30 years”

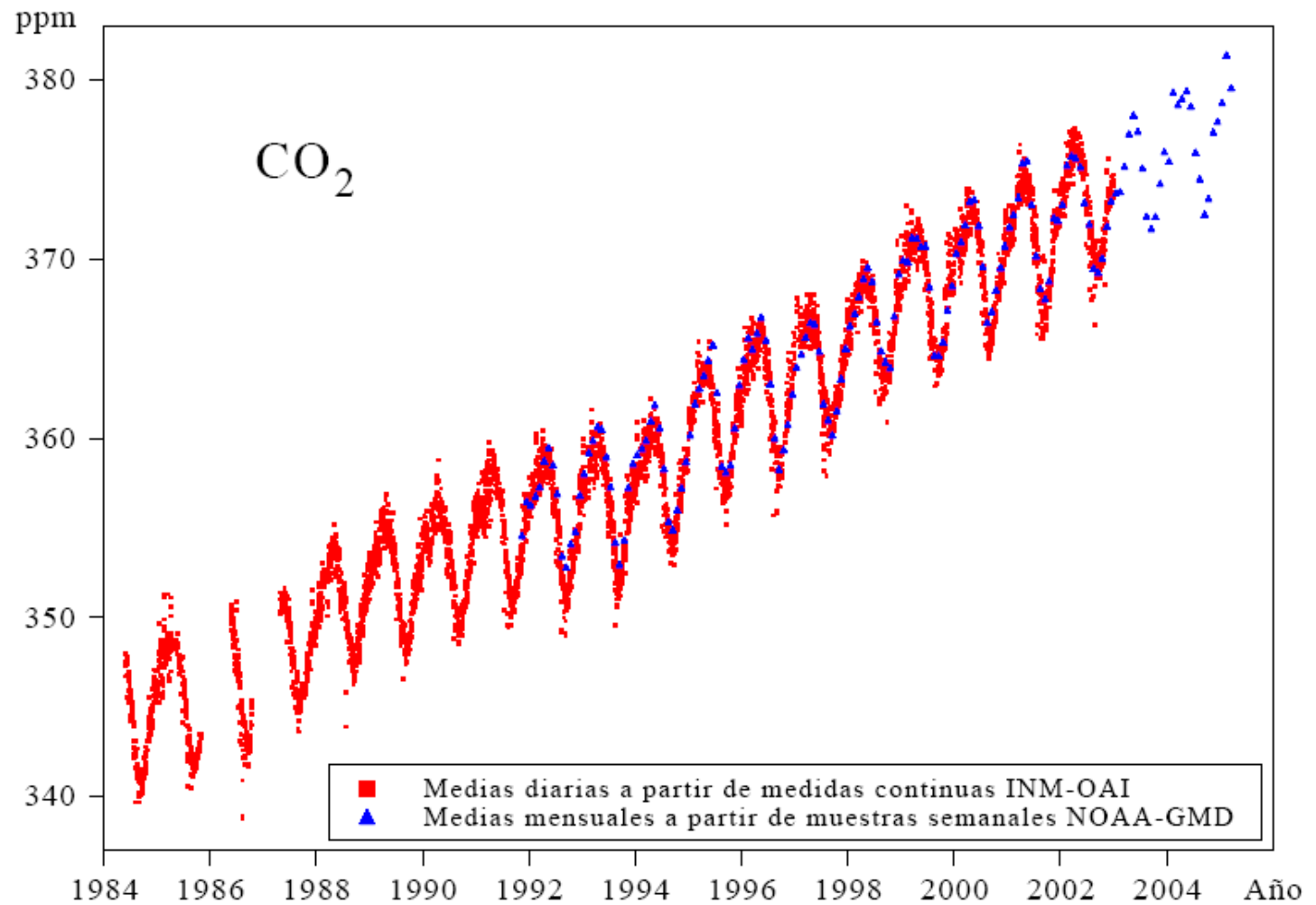
Desde 1978 las emisiones del sol han variado solo un 0.07%



¿ Cambio climático ? (3)



¿ Cambio climático ? (4)



+1.5% / año

A.J. Gómez-Peláez
Observatorio Atmosférico de Izaña (INM)



¿ Cambio climático ? (5)

Svante Arrhenius (1859-1927) fue el primer científico que determinó la importancia potencial del dióxido de carbono (CO₂) en el clima. Ya en **1896** propuso que la **temperatura de la Tierra** era **controlada** por las propiedades radiativas del **CO₂** (y el vapor de agua). Arrhenius propuso que la continua combustión de carbón podría incrementar la concentración de este gas, calentando así la Tierra.

En 1938 **George Callendar** obtuvo la primera evidencia del **incremento de CO₂ en la atmósfera**.

Dos décadas más tarde, **en 1957, Charles Keeling** inicia un proyecto de medida continua y precisa del **CO₂ atmosférico**, germen de la actual red de vigilancia de este gas a nivel mundial.



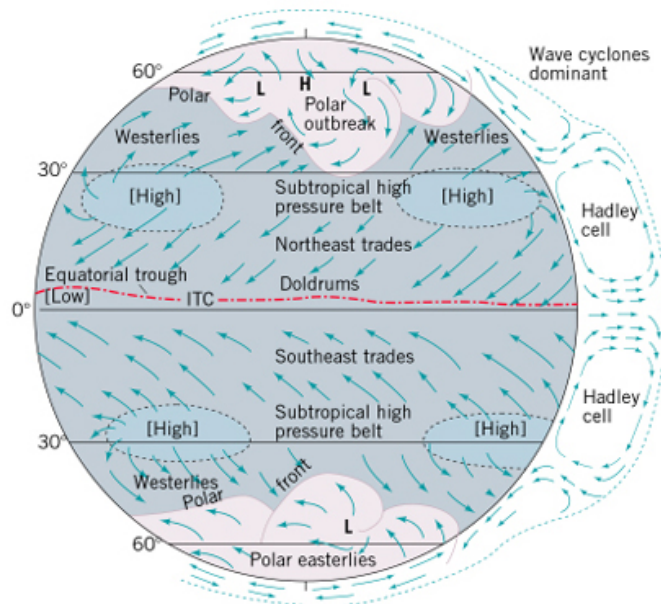
¿ Cambio climático ? (6)

Las concentraciones de gases atmosféricos de efecto invernadero y su forzamiento radiativo siguen aumentando como consecuencia de la actividad humana:

- La concentración atmosférica de dióxido de carbono (**CO₂**) ha **aumentado en un 31 % desde 1750**. La concentración actual de CO₂ no se había superado en los últimos **420.000 años** y es probable que tampoco en los últimos **20 millones de años**. El ritmo actual de crecimiento no tiene precedentes, al menos en los últimos 20.000 años
- Unas **¾ partes de las emisiones antropogénicas de CO₂** en la atmósfera durante los últimos 20 años se deben a la **quema de combustibles de origen fósil**. El resto se debe principalmente a cambios en el uso de la tierra, especialmente la deforestación
- **Los océanos y la tierra** actualmente **captan juntos la mitad de las emisiones antropogénicas de CO₂**.

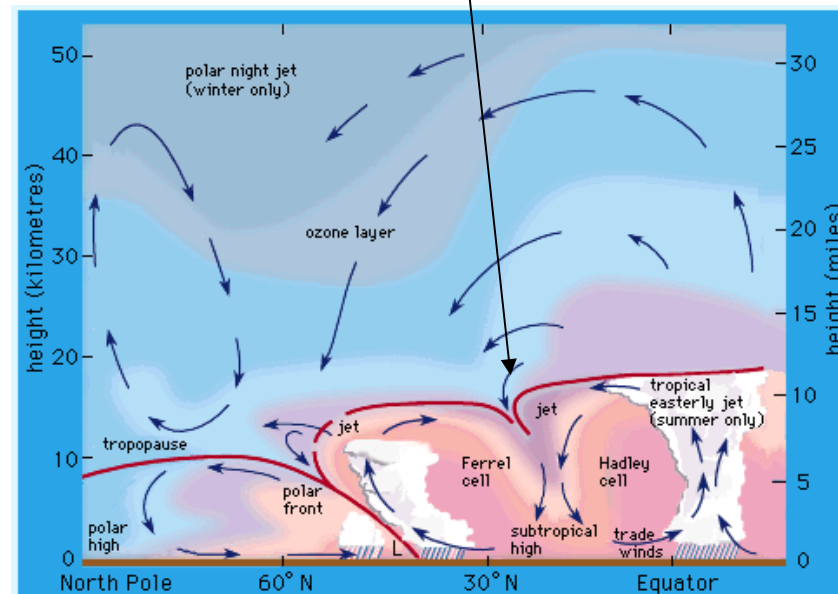


Elementos que modulan el clima en Canarias (1)



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

Rama descendente de la célula de Hadley

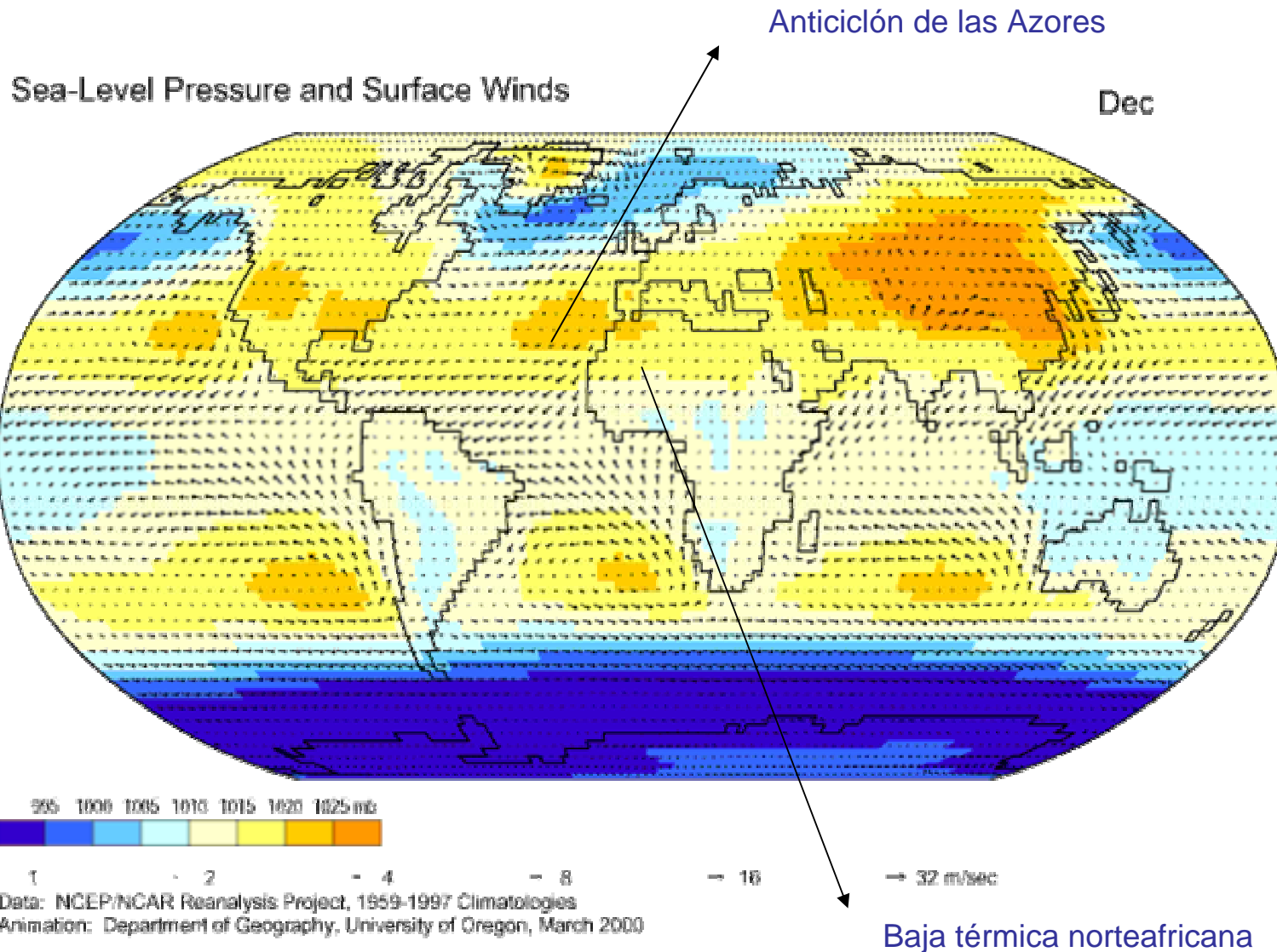


©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.



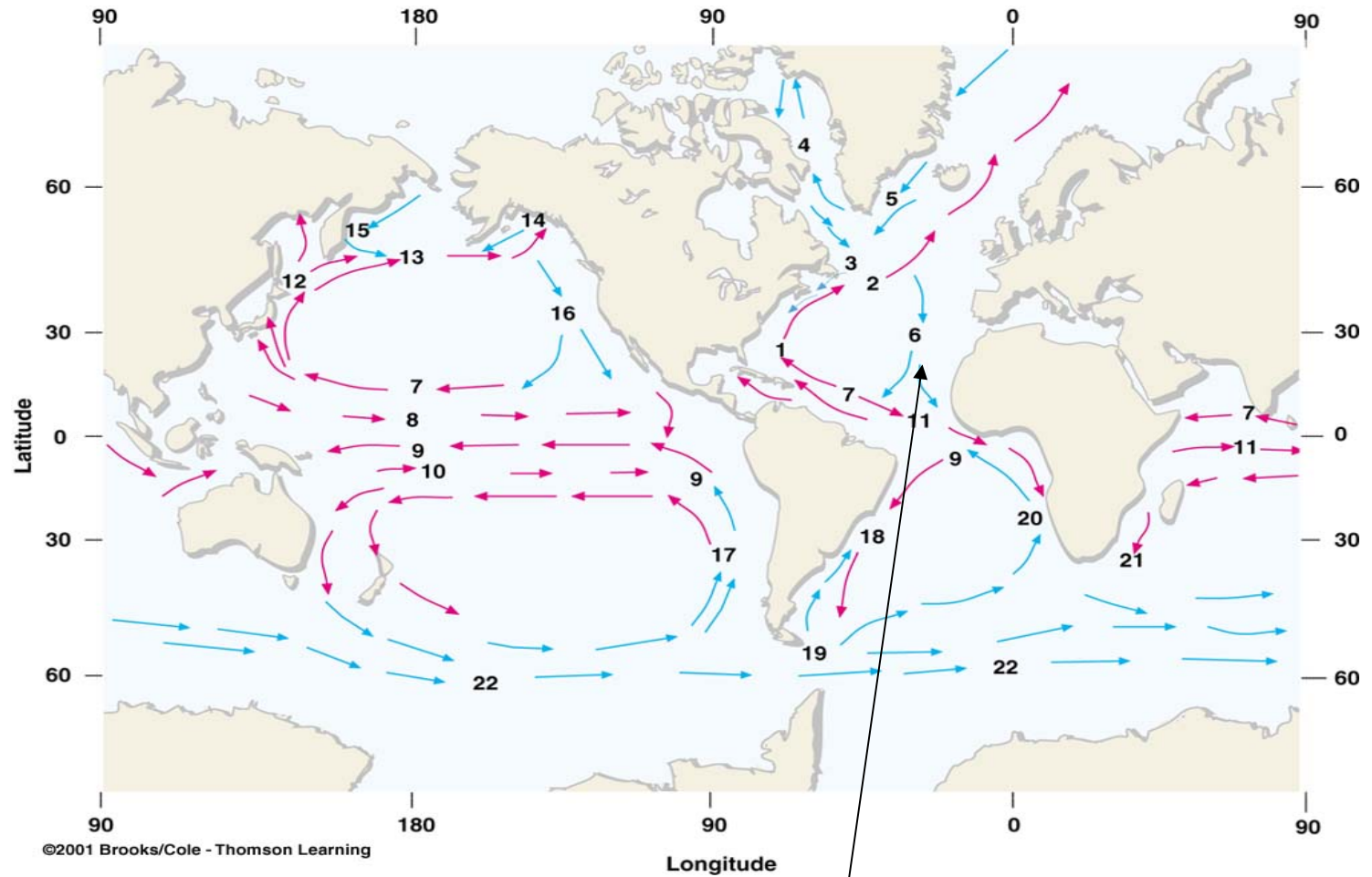
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Elementos que modulan el clima en Canarias (2)





Elementos que modulan el clima en Canarias (3)

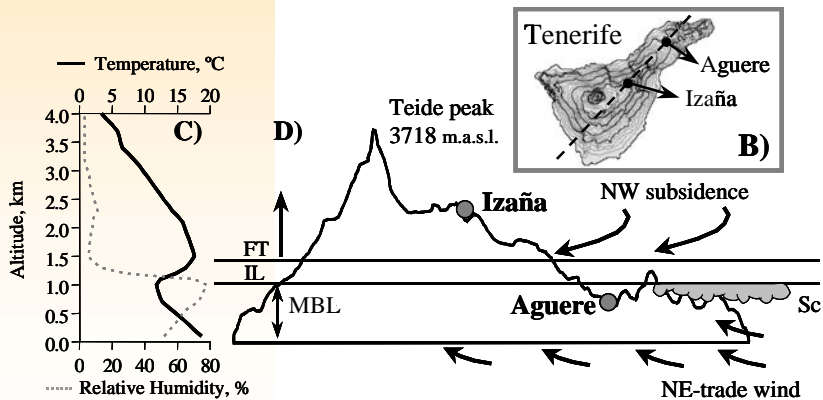
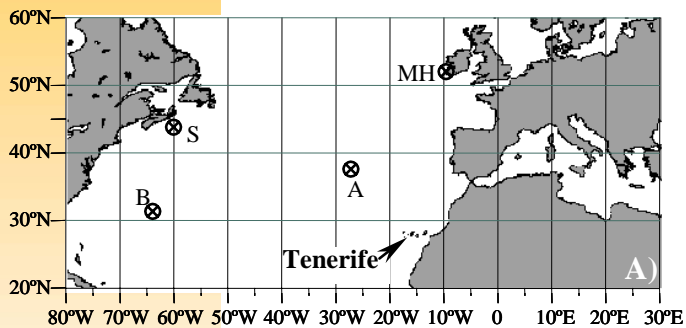
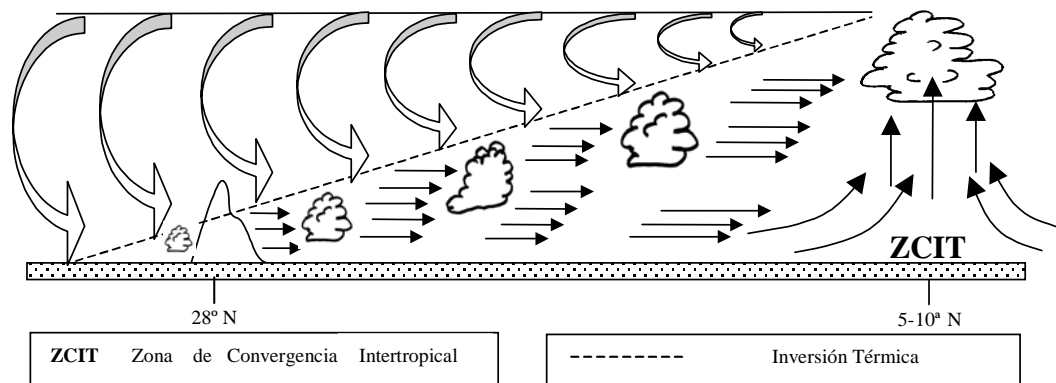


Corriente de Canarias



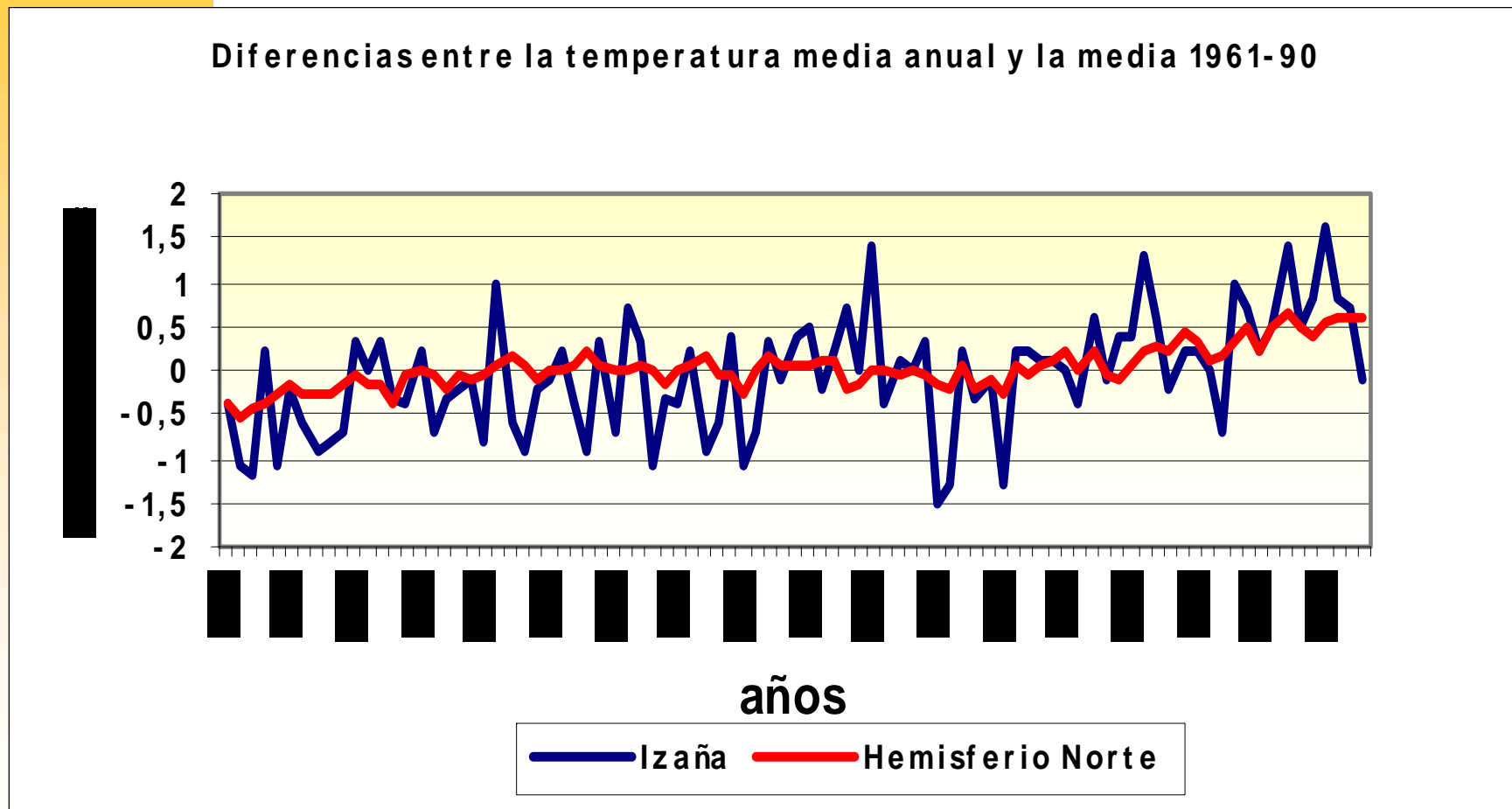
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Elementos que modulan el clima en Canarias (4)



Indicios de cambio climático en Canarias (1)

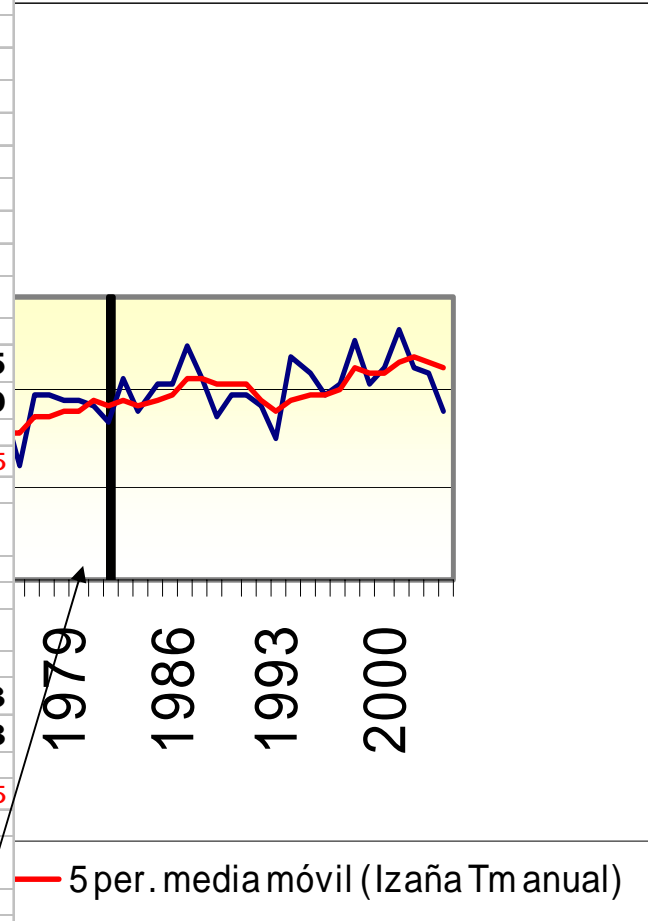
Izaña, 2360 m s.n.m



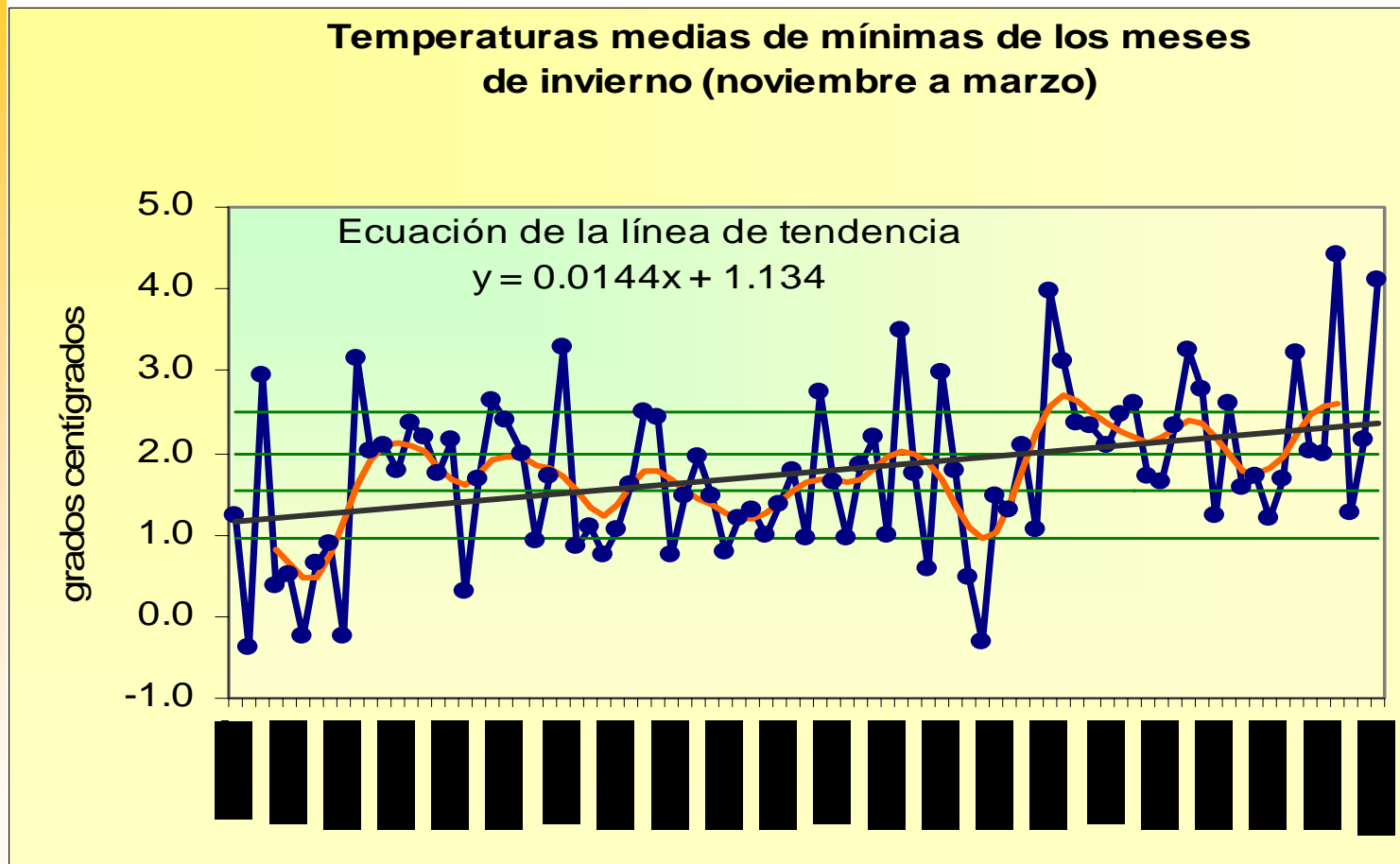


Indicios de cambio climático en Canarias (2)

ESTADÍSTICAS MUESTRA		Izaña 1957-2005
Nº Observaciones	48	
Media	10	
Mediana	10	
Varianza	0	
Máximo	11	
Mínimo	8	
Mann-Kendall		
VALOR ESTADÍSTICO $T(t)$		3,075
$P(T)$		0,002103314549499
TENDENCIA AL NIVEL DE SIGNIFICACION		0,05
TENDENCIA POSITIVA		
Spearman		
VALOR ESTADÍSTICO $T(r_s)$		2,893
$P(T)$		0,003819094615518
TENDENCIA AL NIVEL DE SIGNIFICACION		0,05
TENDENCIA POSITIVA		
Test de Pettitt		
Año		1982
Valor		9
$u(t)$		-0,7274
Nivel de significación unilateral		0,00352395



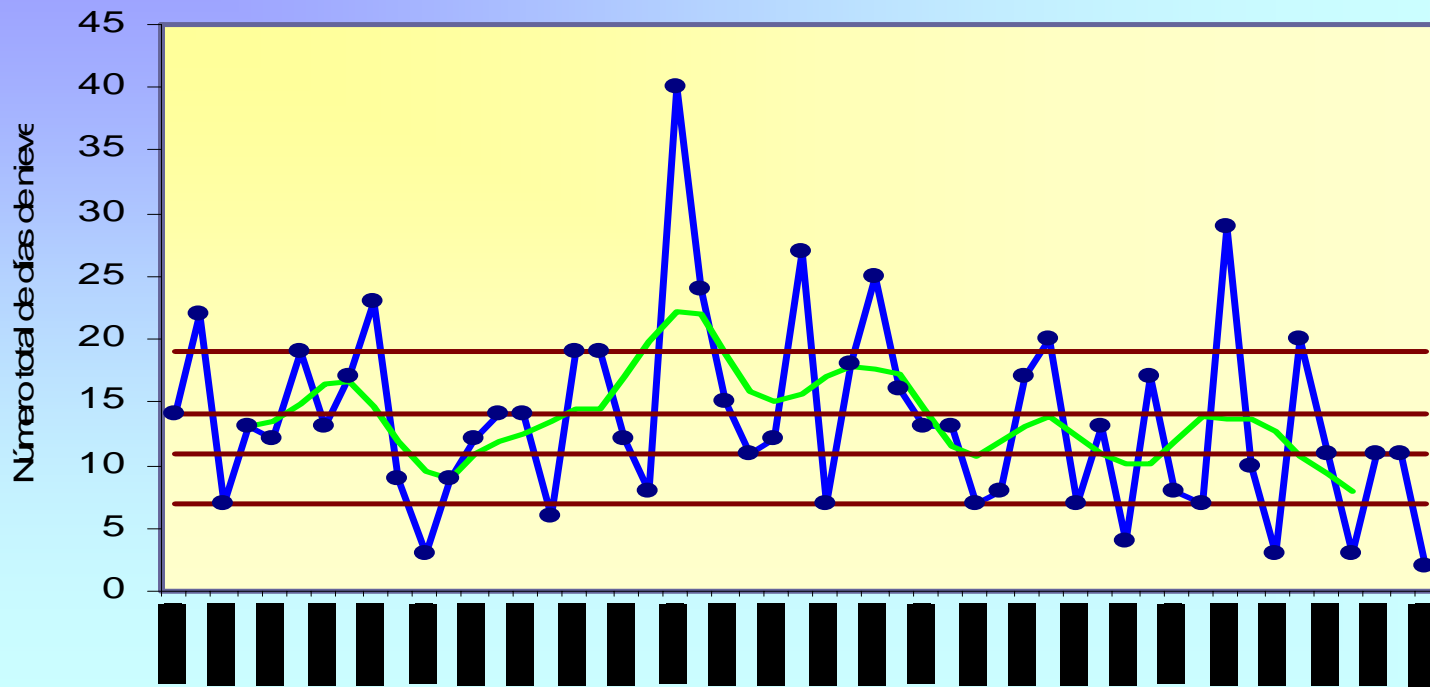
Indicios de cambio climático en Canarias (3)





Indicios de cambio climático en Canarias (4)

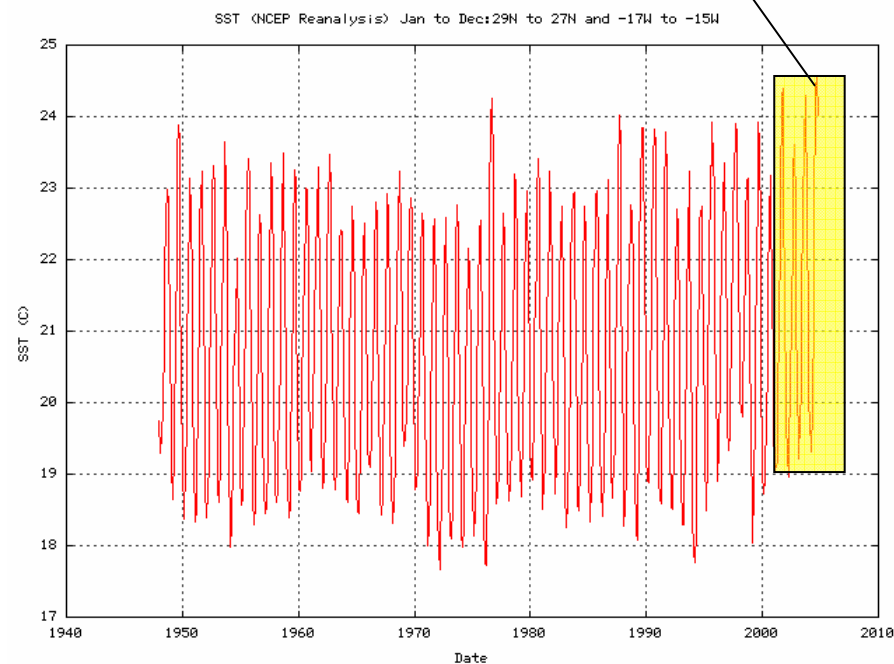
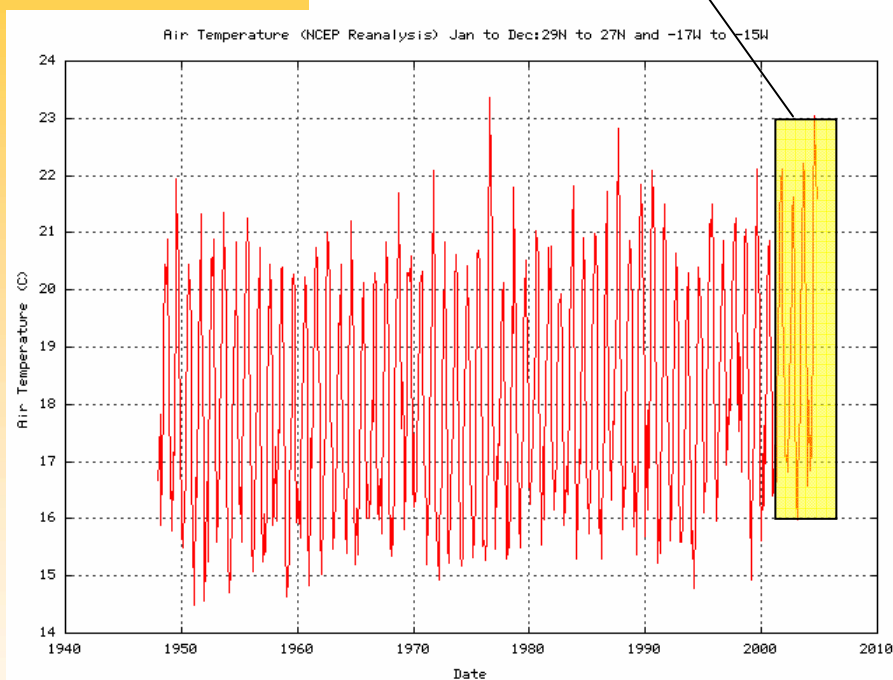
Observatorio de Izaña. Período 1950-2001
Número de días de nieve



Indicios de cambio climático en Canarias (5)

Rápido calentamiento de la atmósfera

Rápido calentamiento del océano



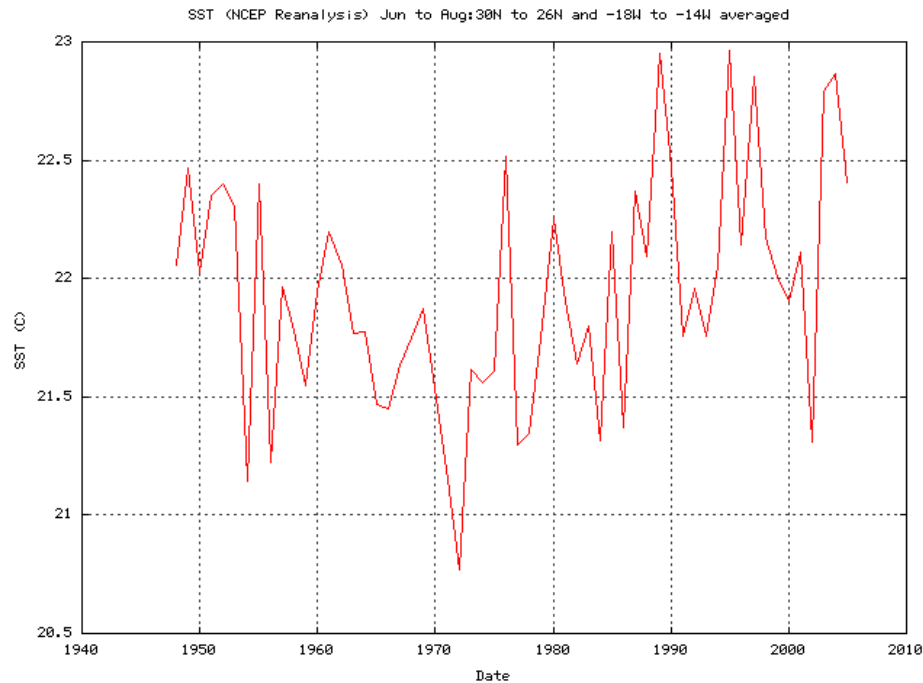
Periodo: 1948-2005
Región: 27-29N / 15-17W

NCEP Reanalysis



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

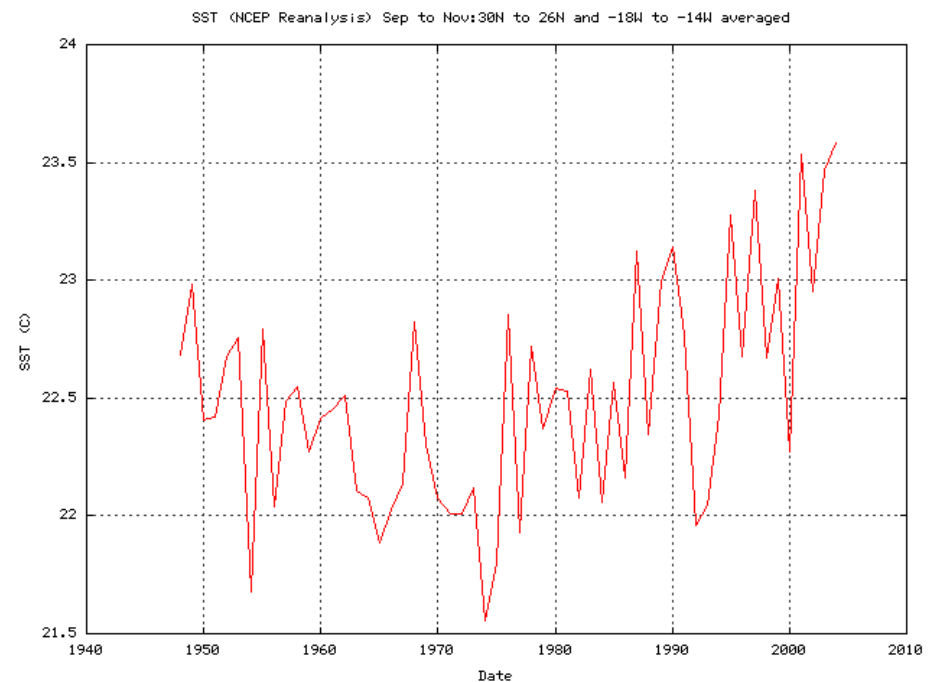
Indicios de cambio climático en Canarias (6)



Temperatura del agua del mar
Julio-agosto

Periodo: 1948-2005
Región: 26-30N / 14-18W

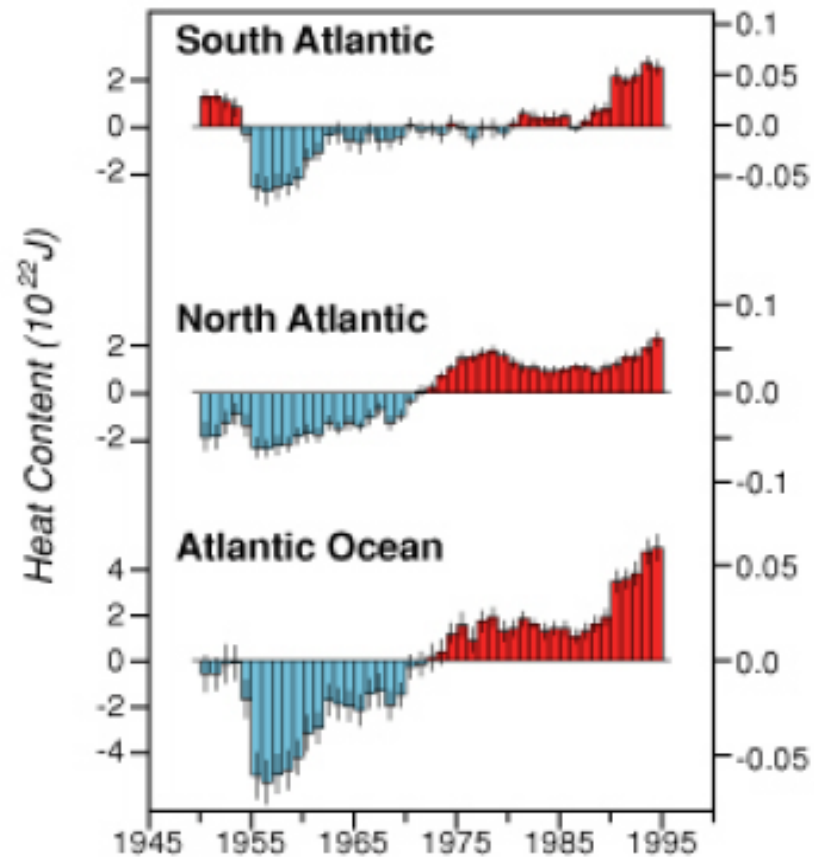
Temperatura del agua del mar
Septiembre-noviembre



NCEP Reanalysis



Indicios de cambio climático en Canarias (7)

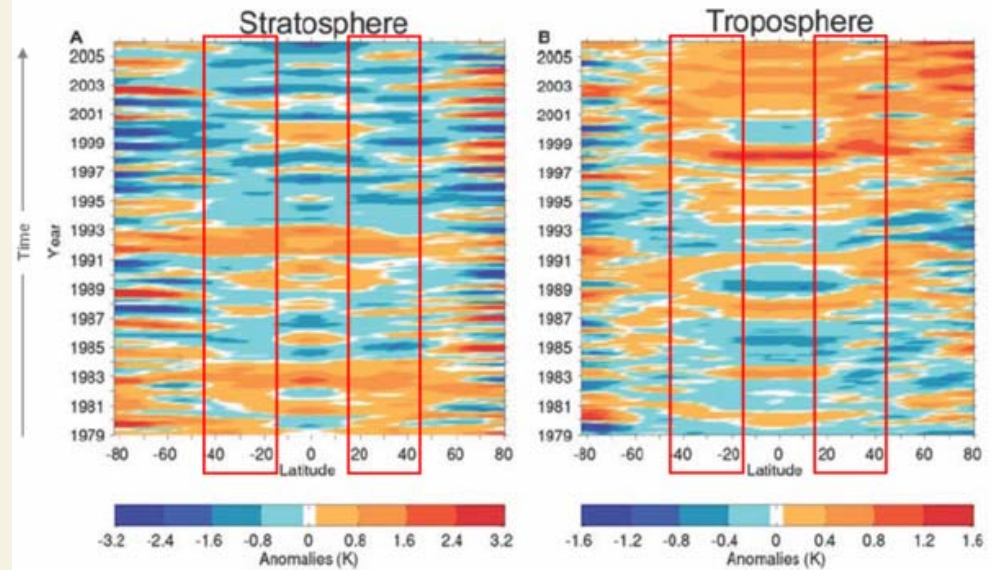
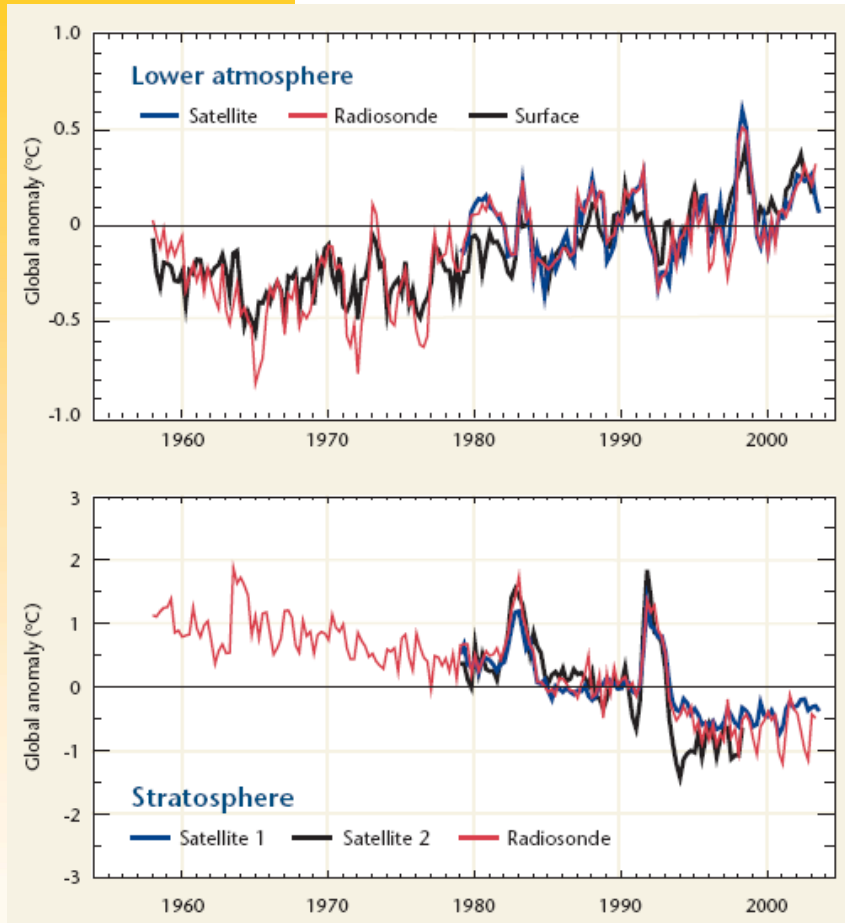


Contenido de calor hasta
3000 m de profundidad

Levitus et al. (Science, 1999)



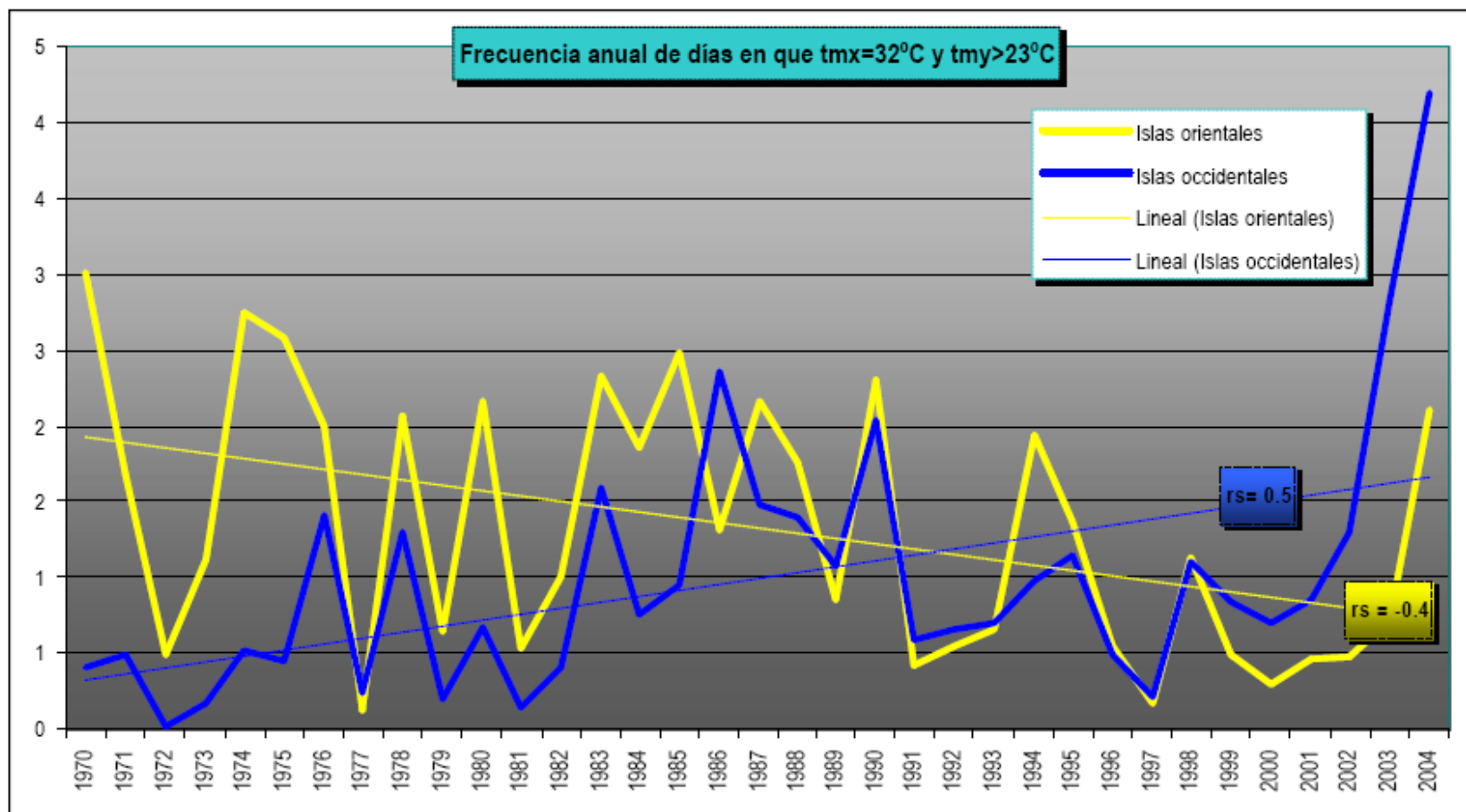
Indicios de cambio climático en Canarias (8)



[“Enhanced Mid-Latitude Tropospheric Warming in Satellite Measurements”](#);
Qiang Fu, Celeste M. Johanson, John M. Wallace, Thomas Reichler; *Science*
26 May 2006: Vol. 312. no. 5777.

Indicios de cambio climático en Canarias

Frecuencia de días calurosos:



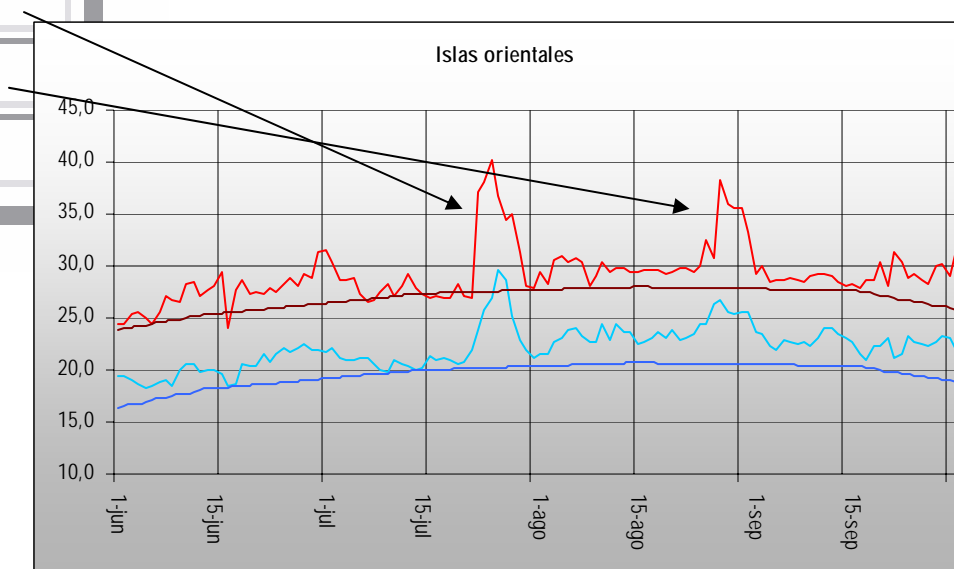
Olas de calor,
R. Sanz, INM



Indicios de cambio climático en Canarias (9)

Año	Mes	Indice	Jerarquía
1976	8	3.7	4
1980	8	3.3	8
1987	9	3.8	3
1990	8	3.6	5
1990	8	3.4	7
2004	7	4.0	1
2004	8	3.9	2
2005	9	3.6	6

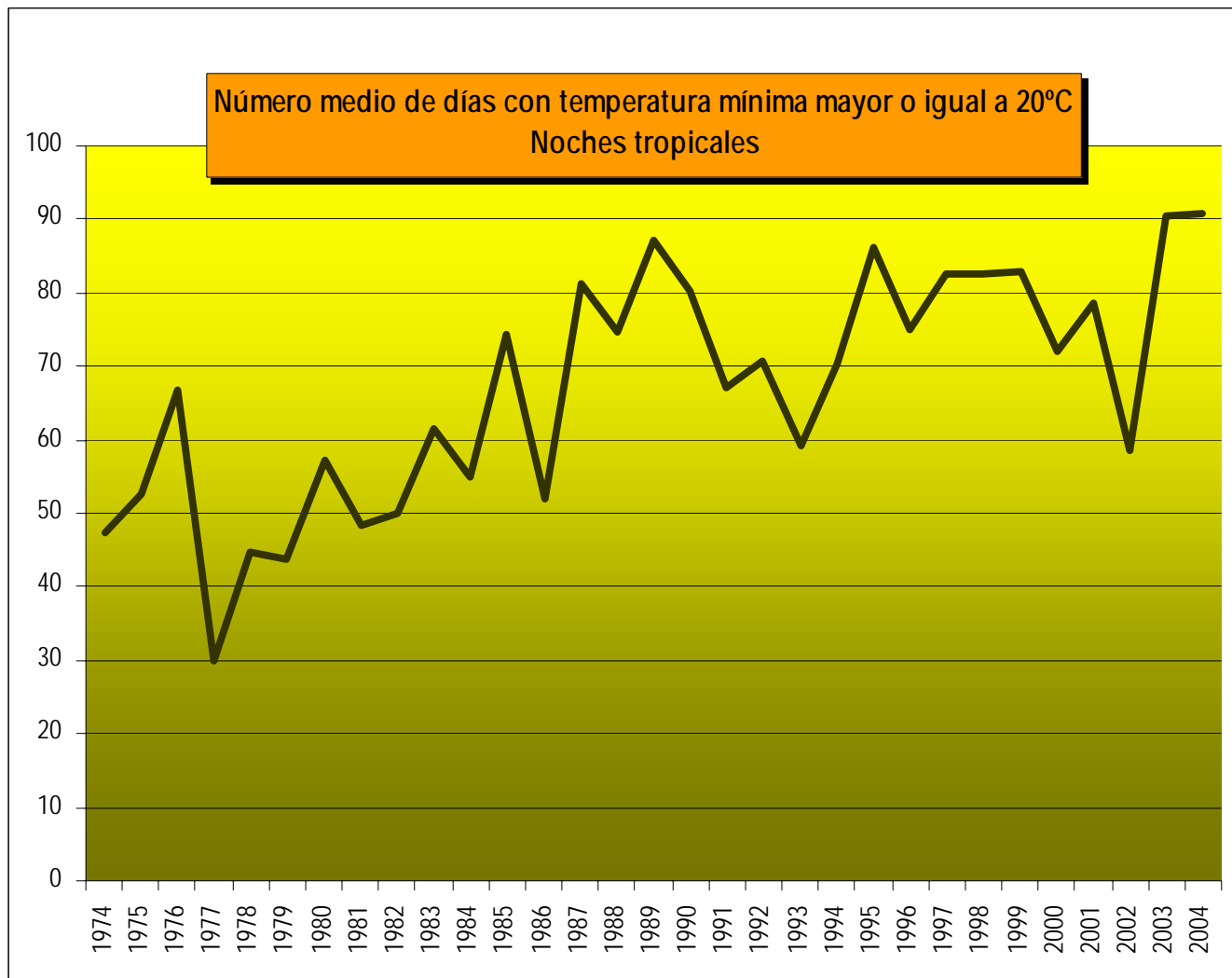
Olas de calor de 2004



Olas de calor,
R. Sanz, CMT en Canarias Occidental
INM

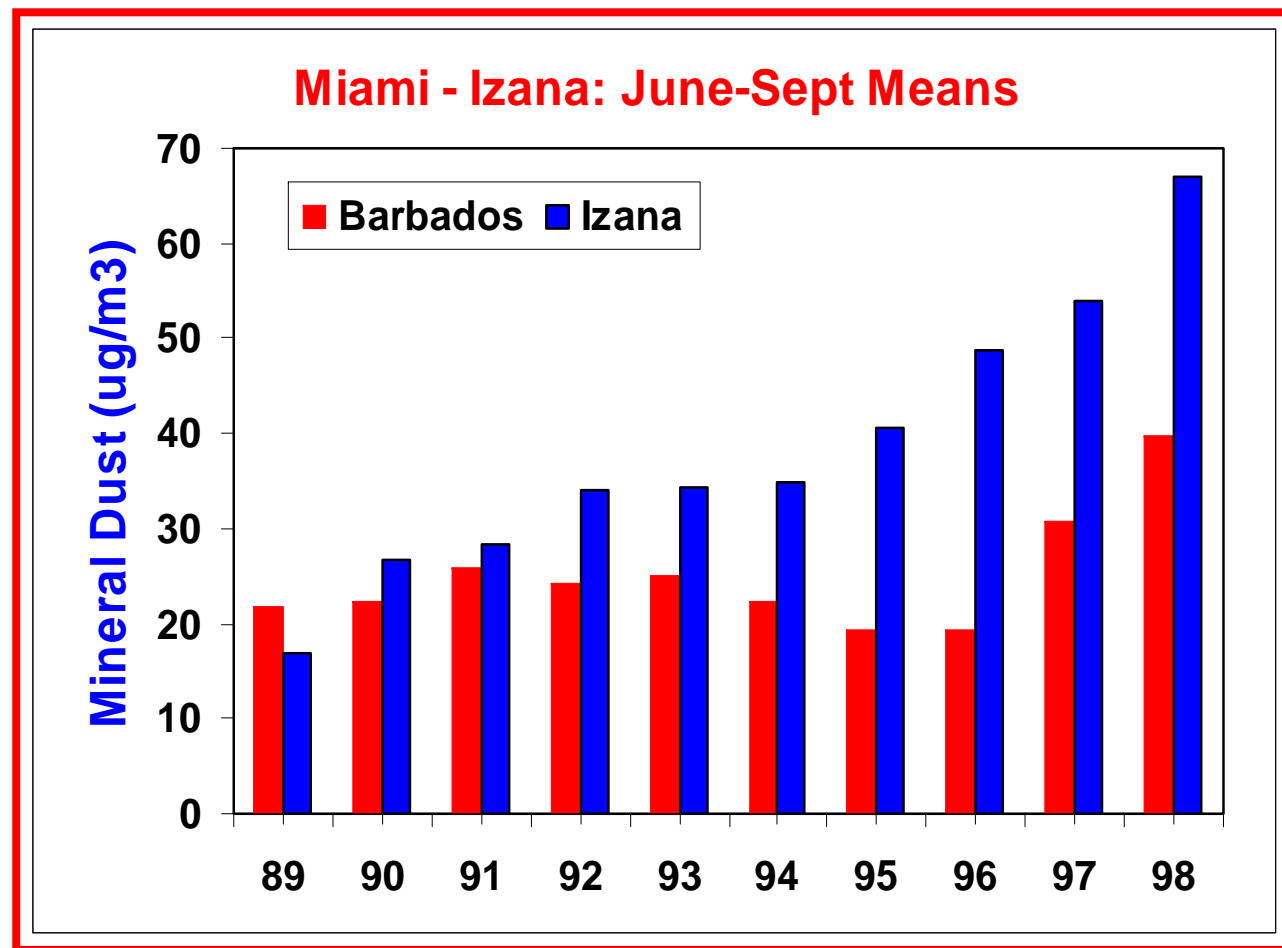


Indicios de cambio climático en Canarias (10)



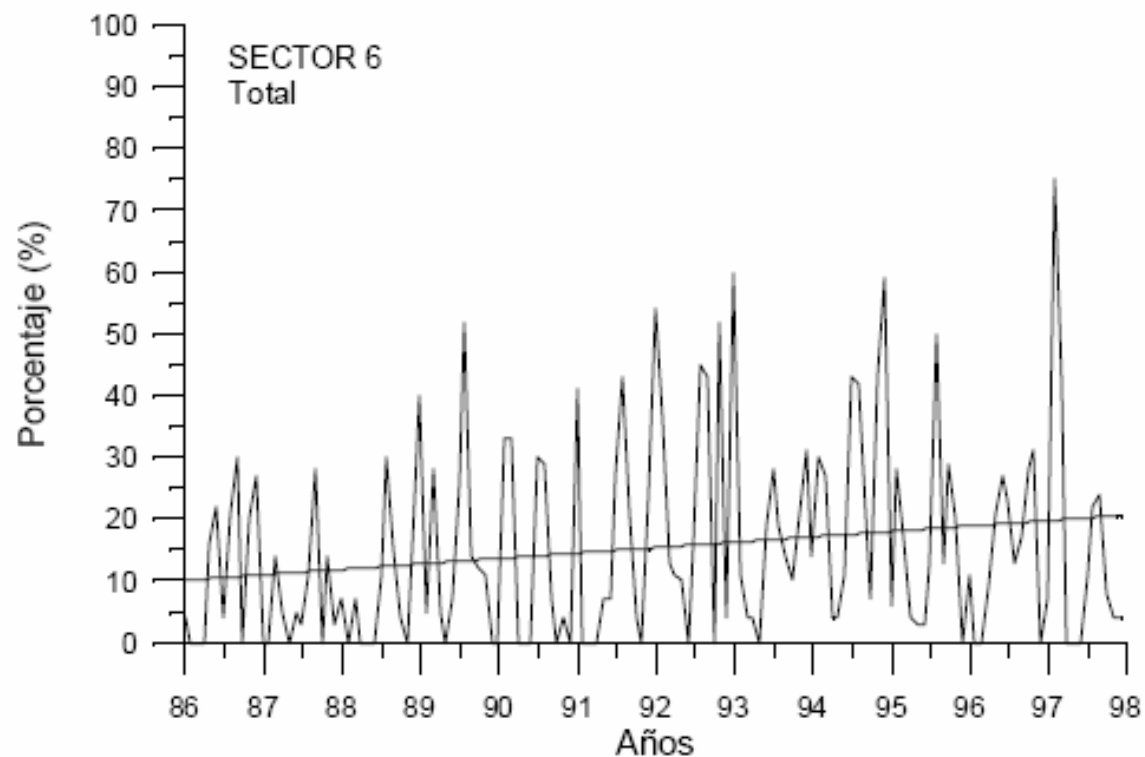
Olas de calor,
R. Sanz, INM

Indicios de cambio climático en Canarias (11)



J. Prospero
AEROCE Project

Indicios de cambio climático en Canarias (12)



Izaña (2360 m s.n.m)

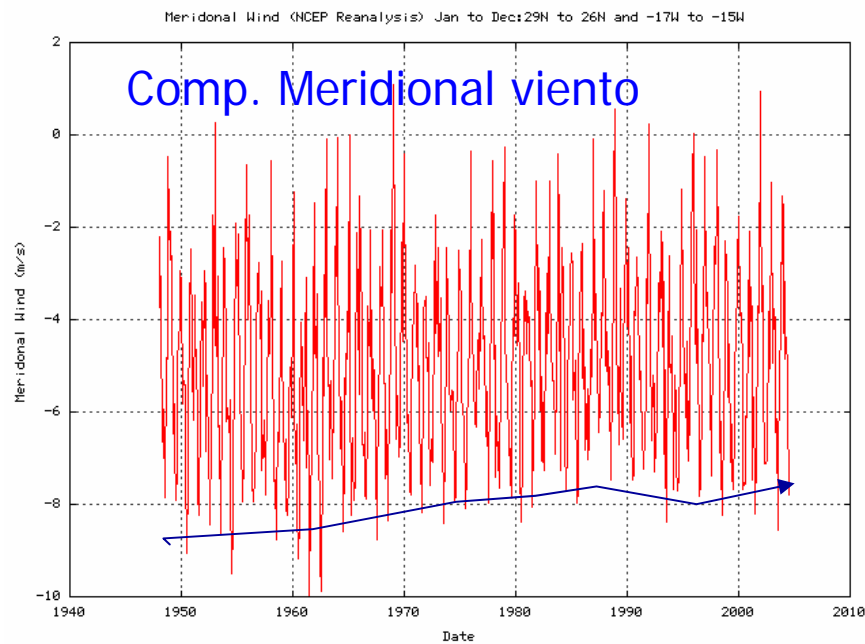
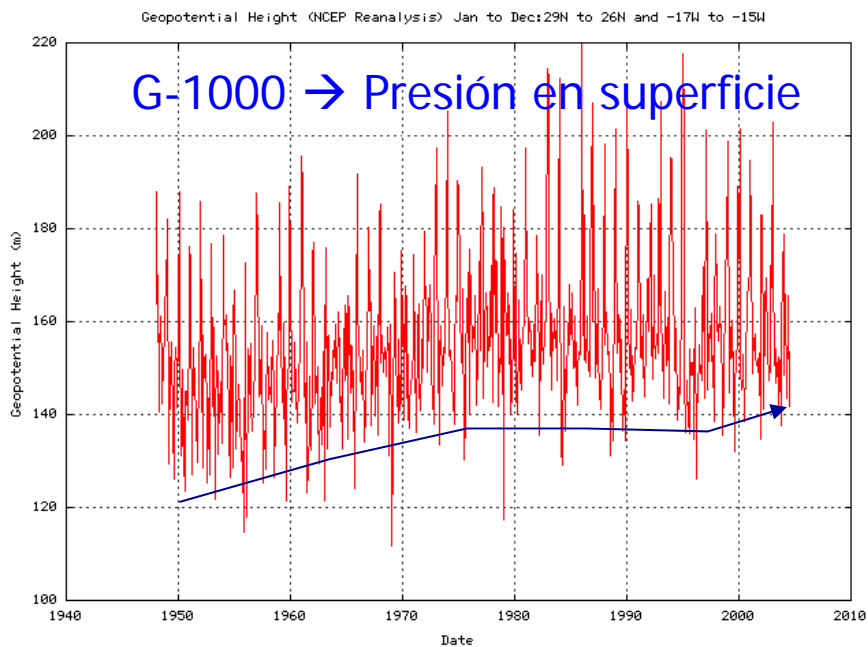
Torres et al., INM

**Un análisis de trayectorias
1950-2005 confirma la
tendencia positiva**

Alonso et al., 2006 (INM)



Indicios de cambio climático en Canarias (13)

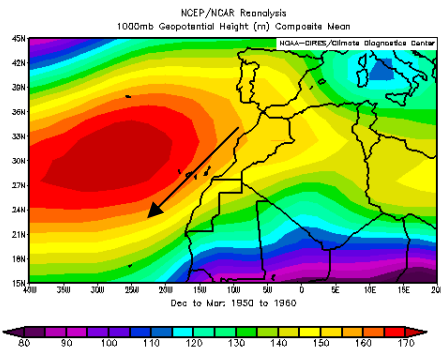




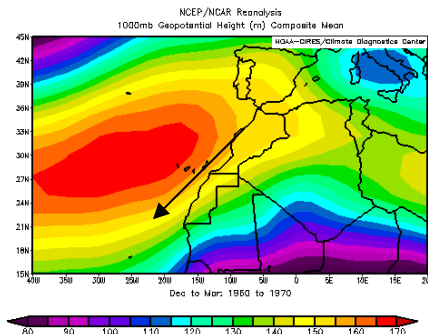
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Indicios de cambio climático en Canarias (14)

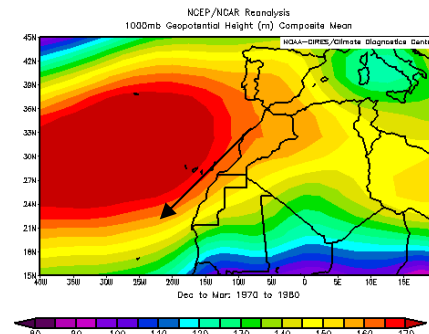
1000 hPa Diciembre-Marzo



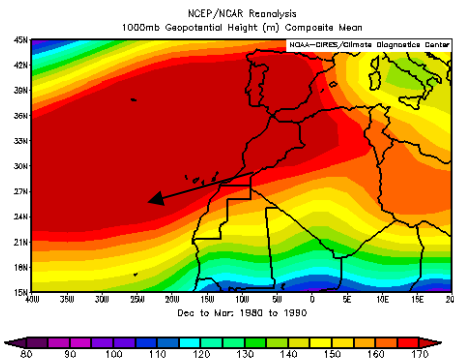
1950-1960



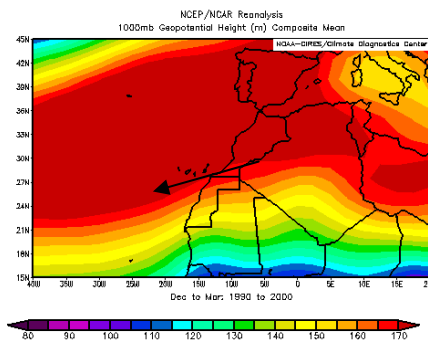
1960-1970



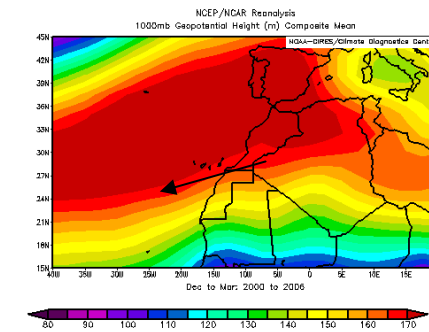
1970-1980



1980-1990



1990-2000



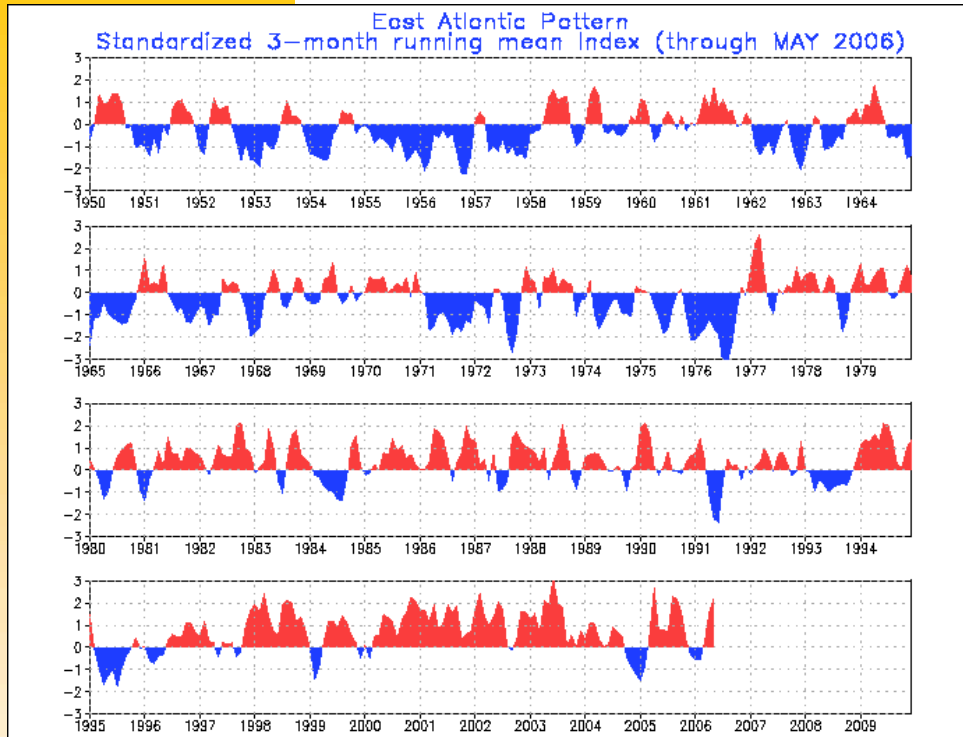
2000-2006

NCEP Reanalysis



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

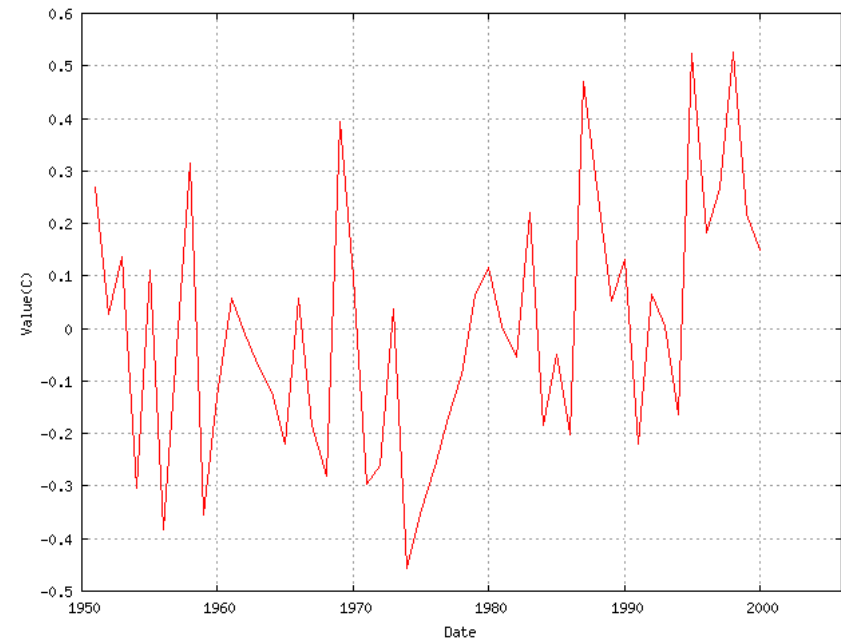
Indicios de cambio climático en Canarias (15)



Climate Prediction Center

El “East Atlantic (EA)” es un índice que da cuenta de la distribución de patrones de presión en el Atlántico, en latitudes más bajas que el índice NAO:

Anomalías (+) suponen incrementos de temperatura en Europa

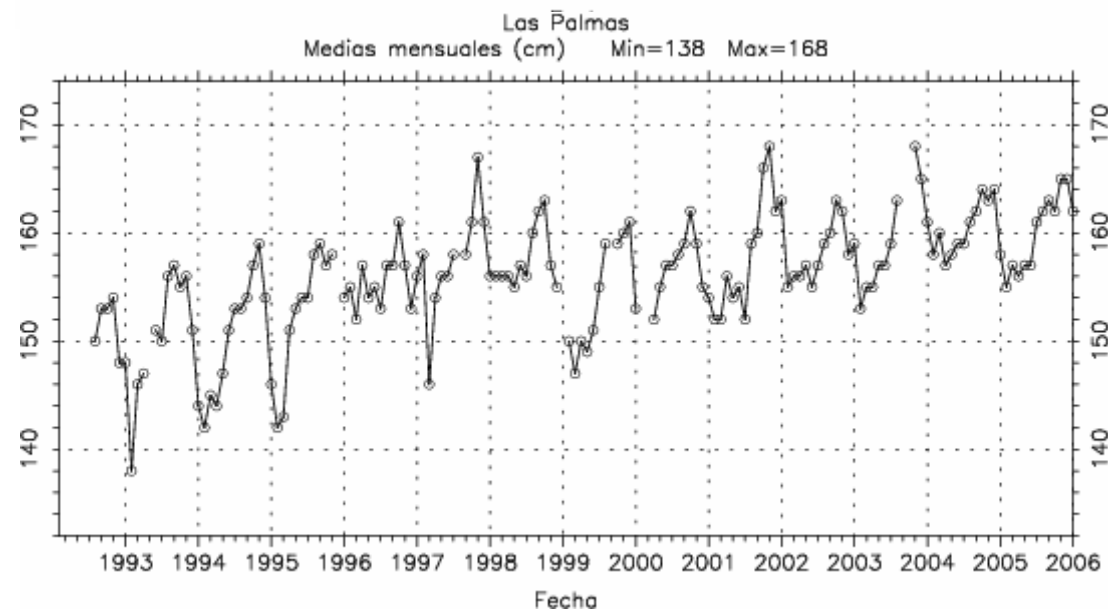
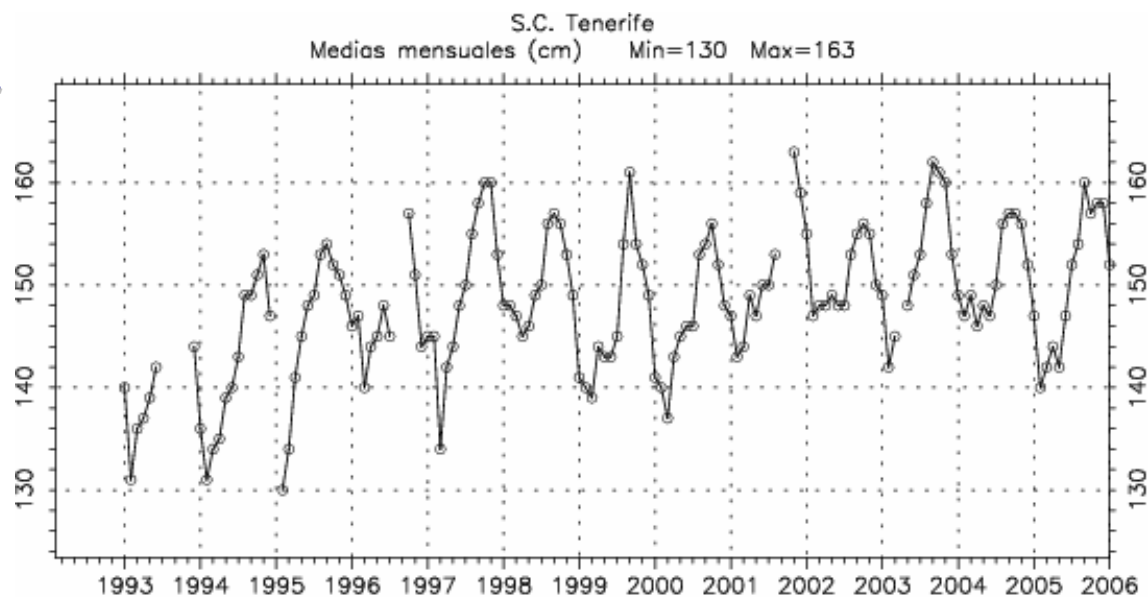


Indicios de cambio climático en Canarias (16)

Incremento del nivel medio del mar en Santa Cruz de Tenerife (Muelle norte: incremento de 10 cm en 13 años)



(Las Palmas: incremento de 10 cm en 13 años)



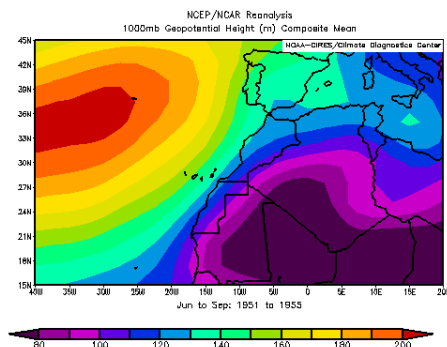
Reanálisis de la serie del IGN en Santa Cruz de Tenerife: en torno a 1cm/año en las dos últimas décadas.



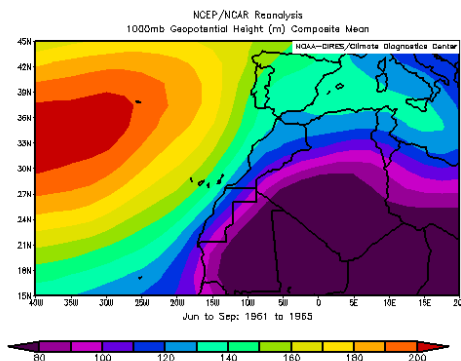
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Indicios de cambio climático en Canarias (17)

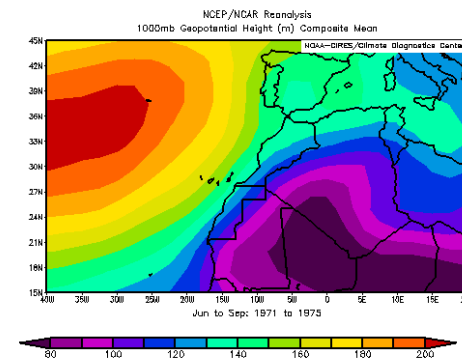
1000 hPa Junio-Septiembre



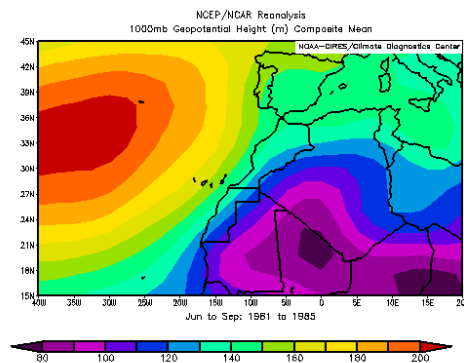
1951-1955



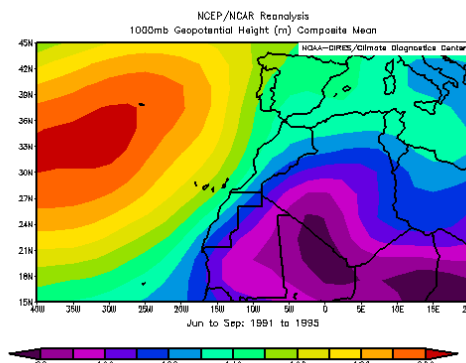
1961-1965



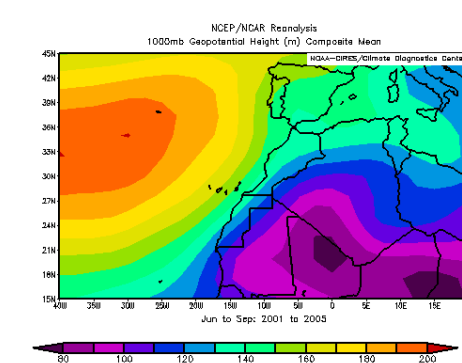
1971-1975



1981-1985



1991-1995



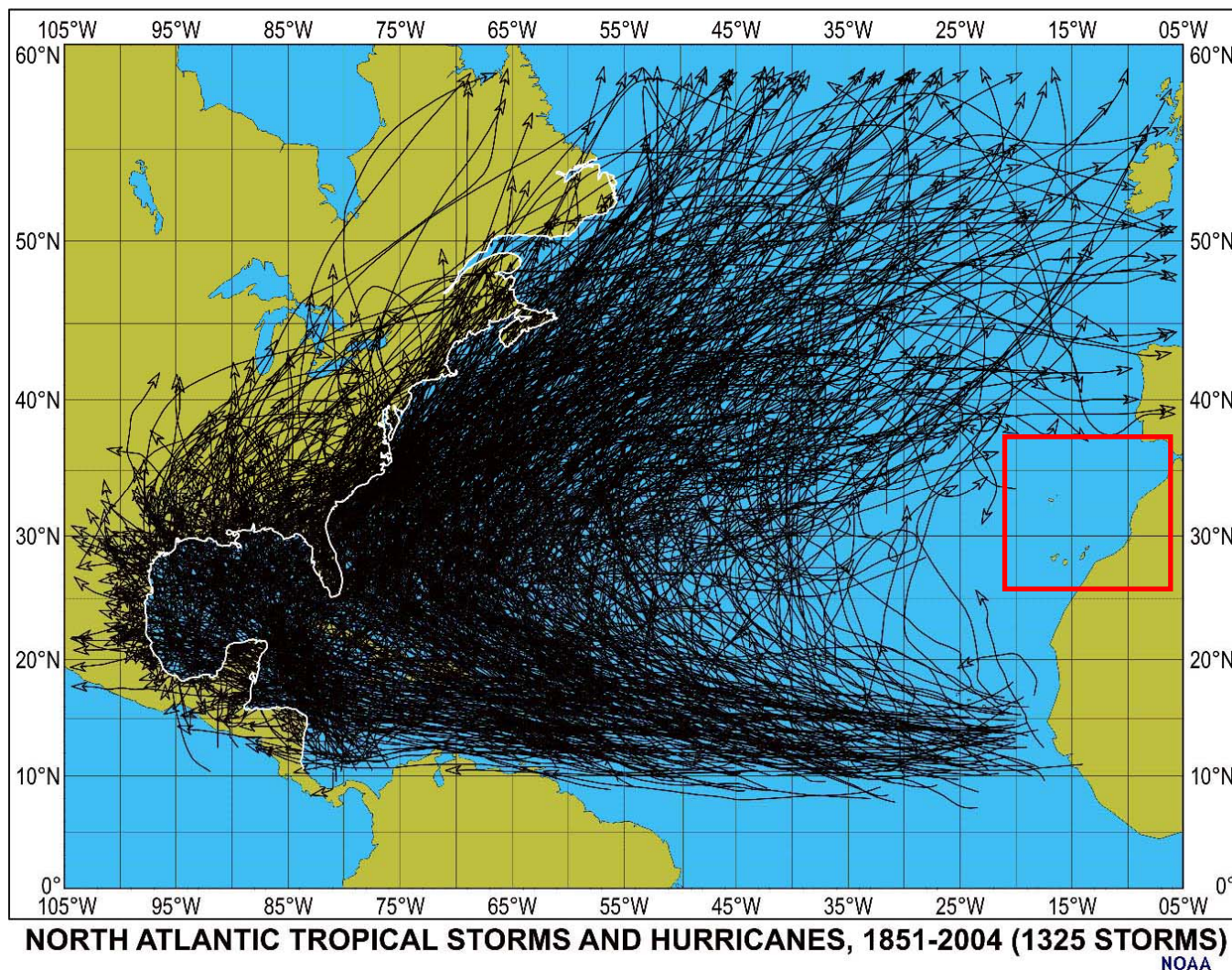
2001-2005

NCEP Reanalysis



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

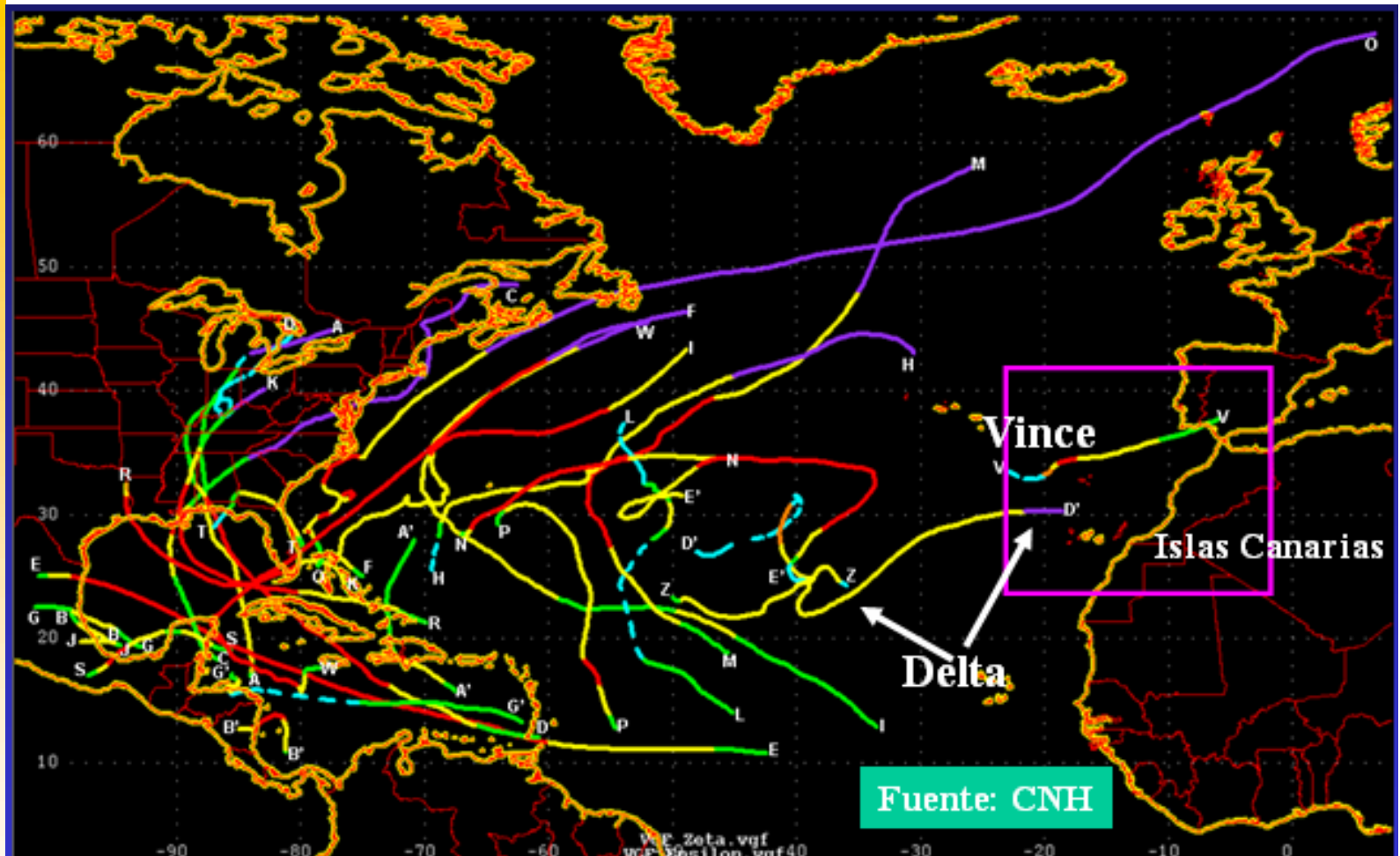
Indicios de cambio climático en Canarias (18)



Trayectorias de tormentas tropicales (HNC, NOAA)
1851-2004



Indicios de cambio climático en Canarias (19)



Tormentas tropicales
2005: Vince y Delta
2006: Gordon y Helene

(HNC, NOAA)



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

Indicios de cambio climático en Canarias (20)

¿ Nos encaminamos a un escenario en el que los fenómenos extremos aumentan tanto en frecuencia como en intensidad alterando la “eterna primavera” que caracteriza al archipiélago ?



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (1)

Los **modelos climáticos generales** se basan en leyes de la física representadas por ecuaciones matemáticas que se resuelven utilizando una rejilla tridimensional sobre el globo terráqueo. A fin de simular el clima, los principales componentes del sistema climático deben representarse en submodelos (la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre, la criosfera y la biosfera), junto con los procesos que ocurren entre ellos y dentro de cada uno de ellos.

Los modelos climáticos mundiales en los que se han acoplado los componentes atmosféricos y oceánicos se conocen también con el nombre de **Modelos de la Circulación General Atmósfera–Océano (MCGAO)**.

La resolución de la parte atmosférica de un modelo típico es de aproximadamente **250 km en horizontal** y de alrededor de **1 km en vertical** por encima de la capa límite. **La resolución de un modelo oceánico** corriente oscila aproximadamente **entre 200 y 400 m en vertical**, con una **resolución horizontal de entre 125 y 250 km**.



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (2)

Para poder hacer proyecciones cuantitativas del cambio climático futuro, es necesario utilizar modelos climáticos que simulen todos los procesos importantes que rigen la evolución futura del clima.

El objetivo es incluir en el modelo la mayor parte posible del sistema climático de la Tierra, para que todos los componentes puedan interactuar y para que de esa manera las predicciones del cambio climático puedan siempre tener en cuenta el efecto de las retroacciones entre los distintos componentes.

Vapor de agua

Nubes

Estratosfera

Océanos

Criosfera

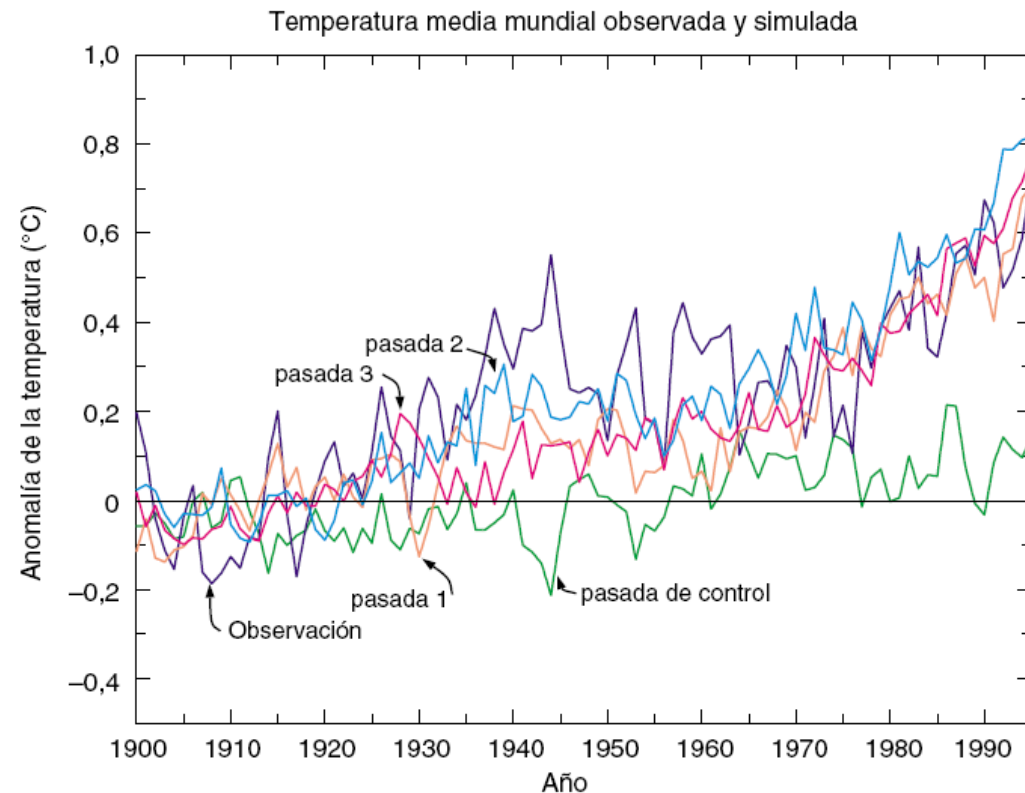
Ciclo del carbono

Superficie terrestre



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (3)

La confianza en la capacidad de los modelos para proyectar climas futuros ha aumentado gracias a la capacidad de varios modelos para reproducir las tendencias de aumento de la temperatura del aire en la superficie durante el siglo XX como consecuencia de la mayor concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles de sulfatos.

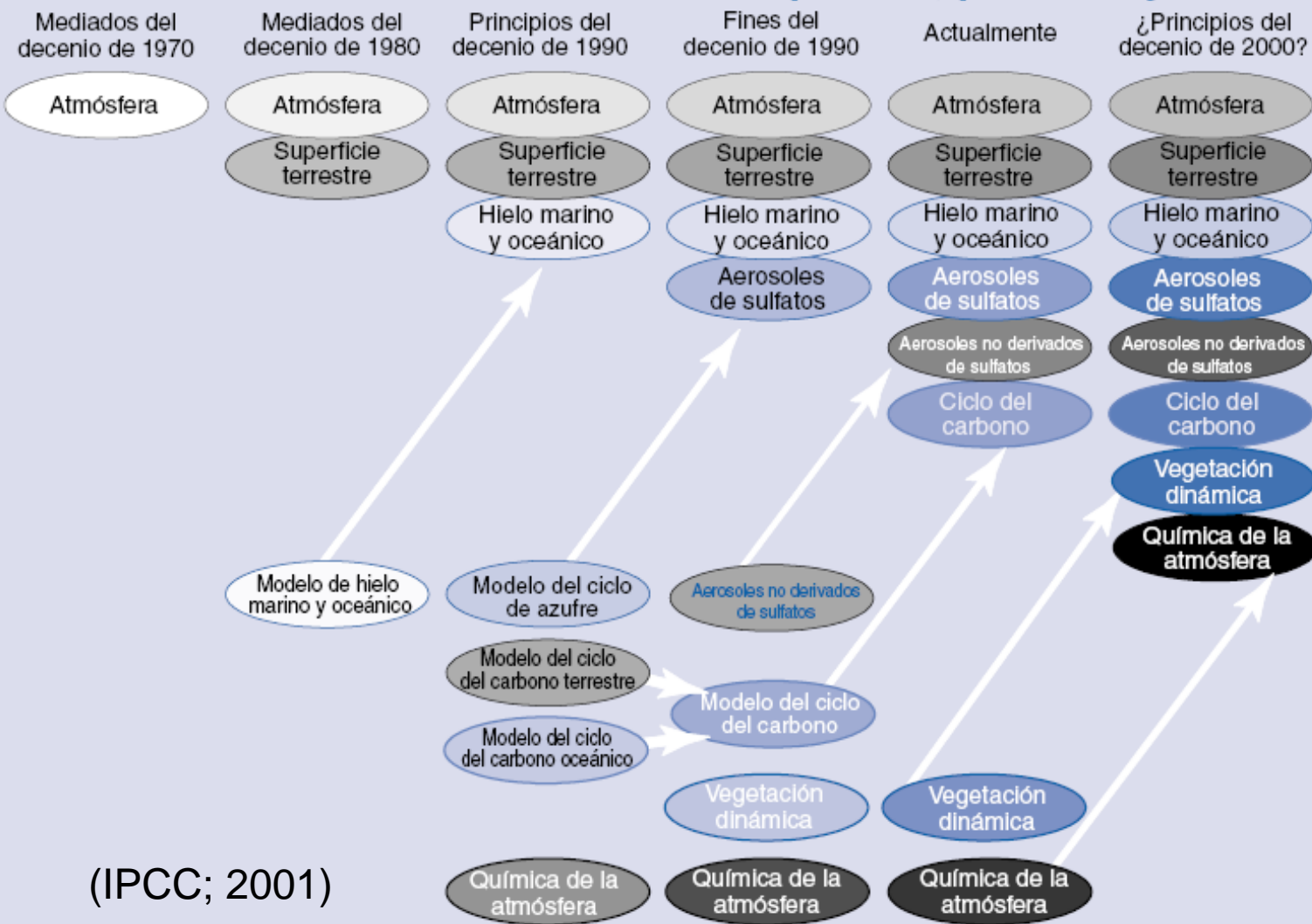


(IPCC; 2001)



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (4)

La elaboración de modelos climáticos: pasado, presente y futuro



(IPCC; 2001)



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (5)

La tendencia del clima futuro que resulta de la aplicación de modelos climáticos globales está condicionada por diversas fuentes de incertidumbre: entra ellas,

la **evolución de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI)**

la **evolución de aerosoles-sulfato**

la **evolución de las corrientes oceánicas**

Los modelos climáticos se aplican a escenarios futuros de los “agentes de forzamiento” (entre ellos los GEI y los aerosoles) con el fin de elaborar una serie de proyecciones de los cambios climáticos que den una idea de lo que podría ocurrir en el futuro.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha establecido un conjunto de escenarios de emisiones, en función de diversos supuestos acerca del crecimiento de la población, de la evolución de las actividades socio-económicas y del progreso tecnológico a lo largo del siglo XXI.

Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (6)

A1. La familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.

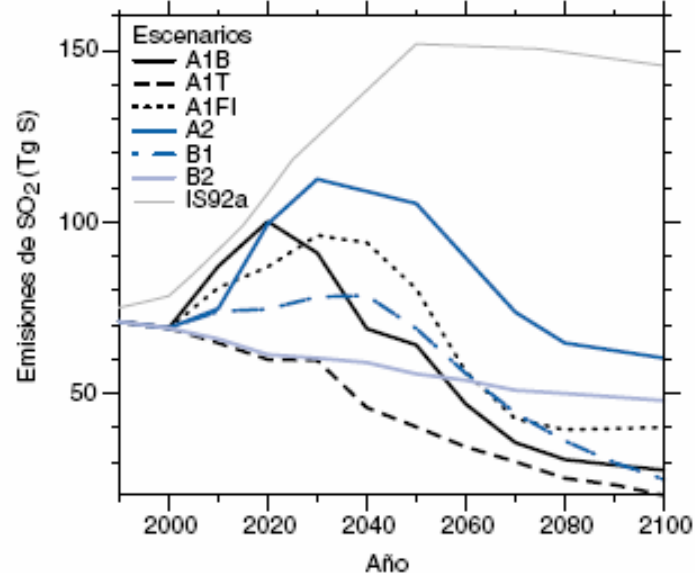
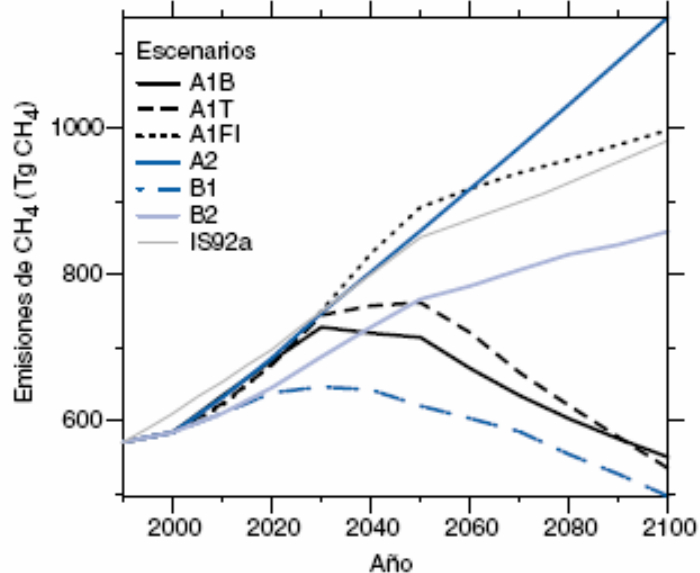
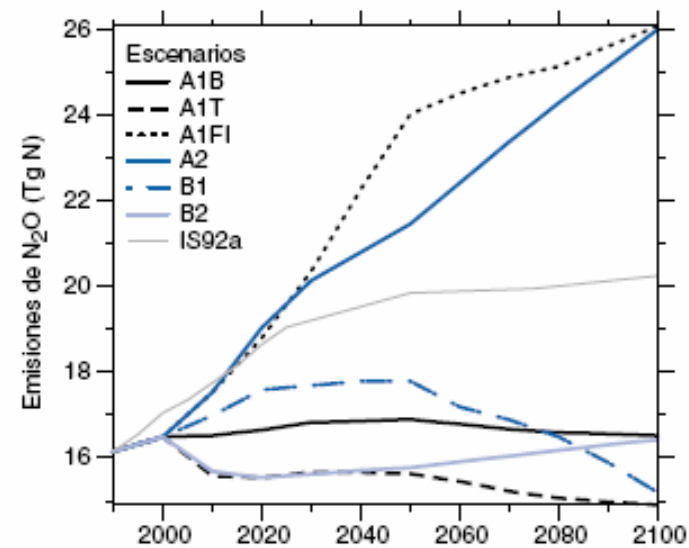
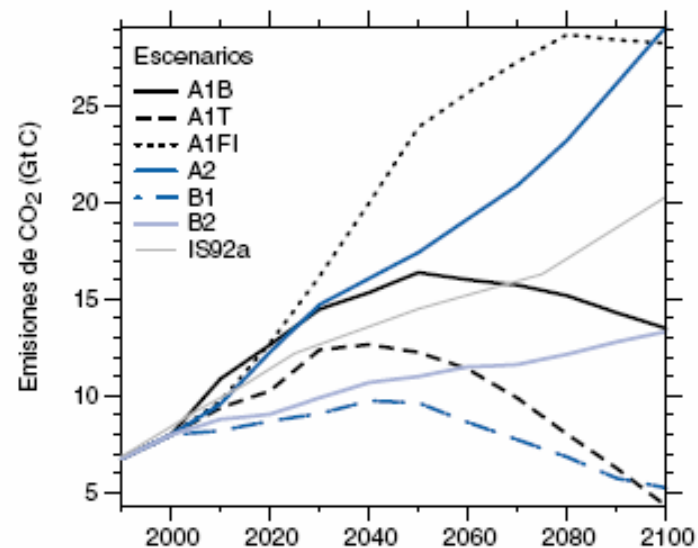
Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B)

B1. La familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y ambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.

A2. La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. El índice de natalidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, como que se obtiene una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B2. La familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas A1 y B1.

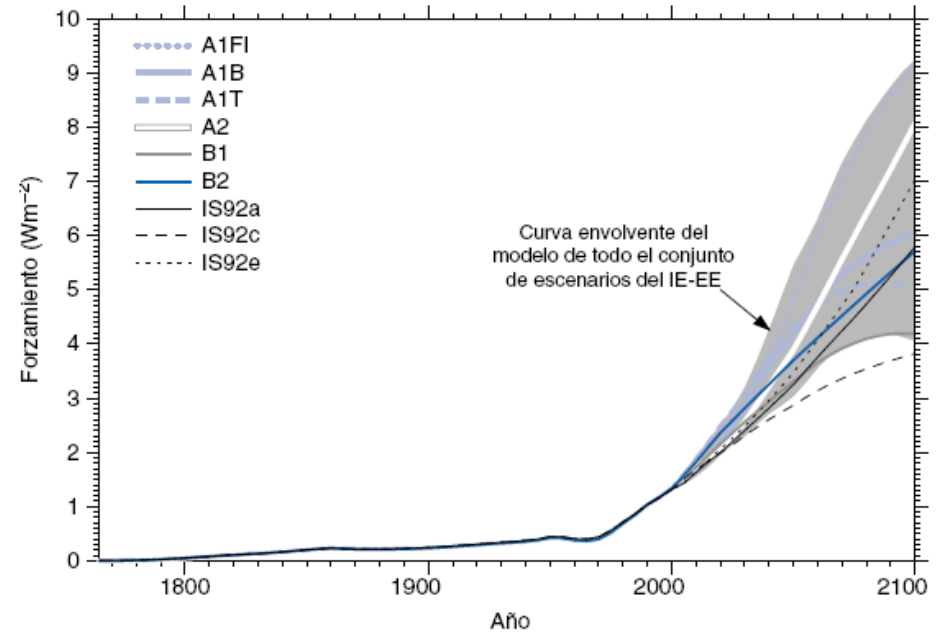
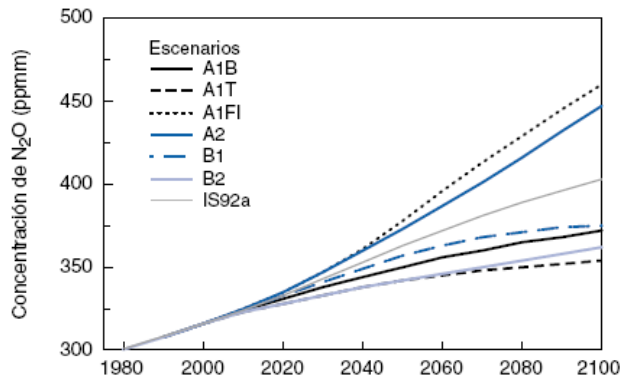
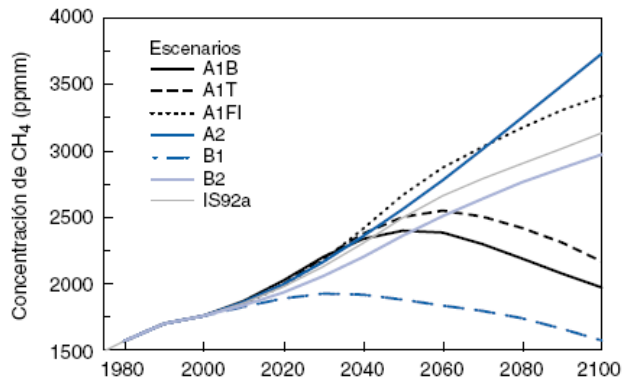
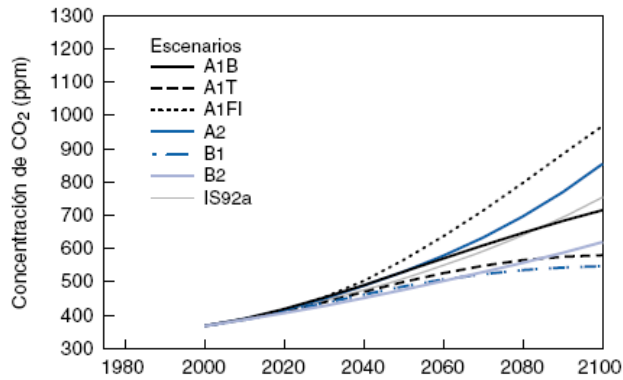
Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (7)



(IPCC; 2001)



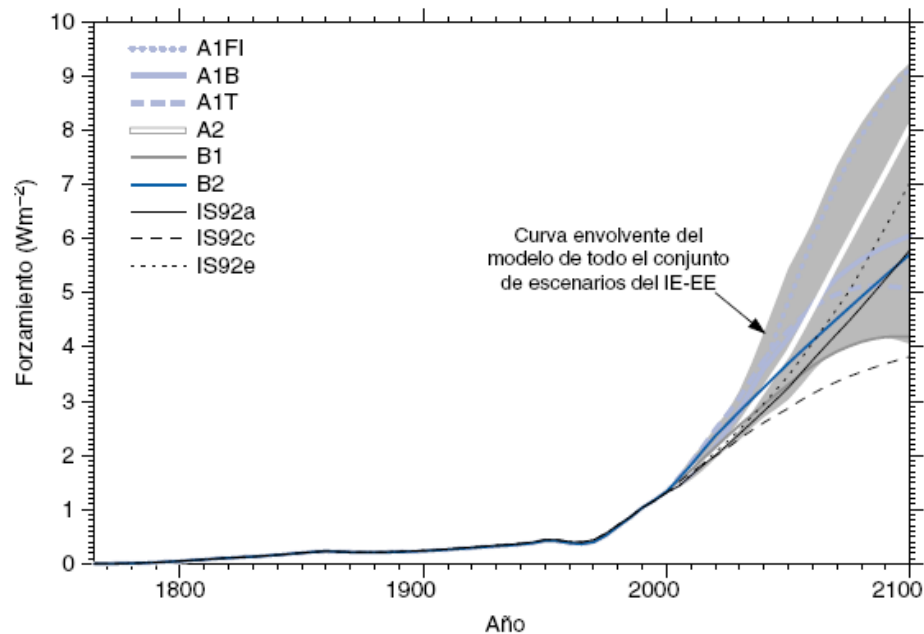
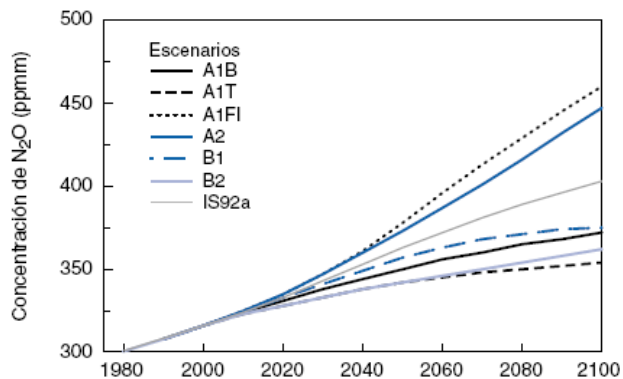
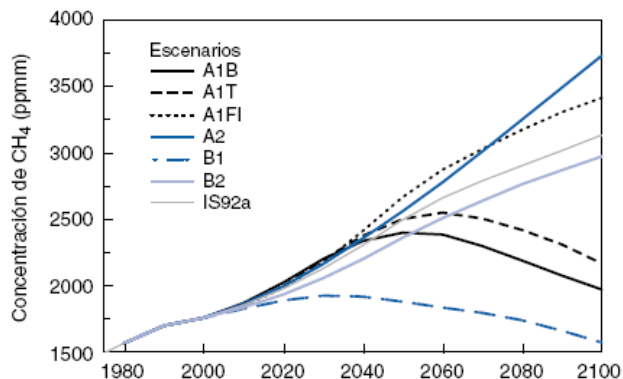
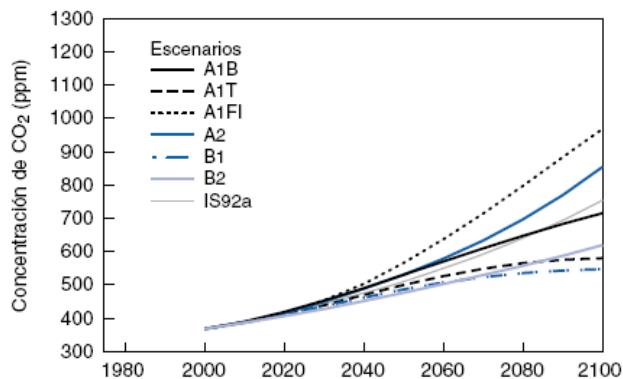
Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (8)



(IPCC; 2001)



Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (8)



(IPCC; 2001)

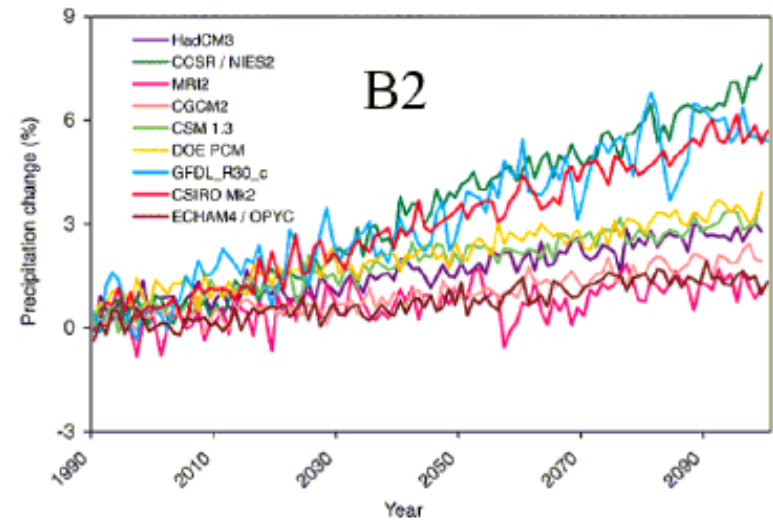
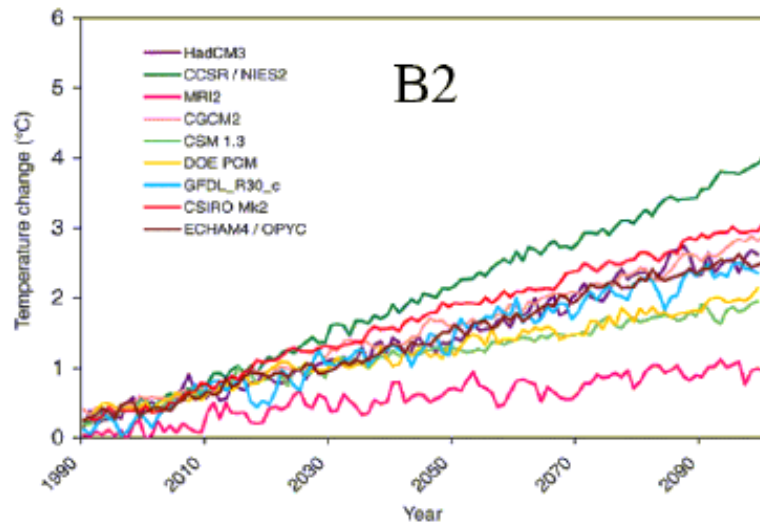
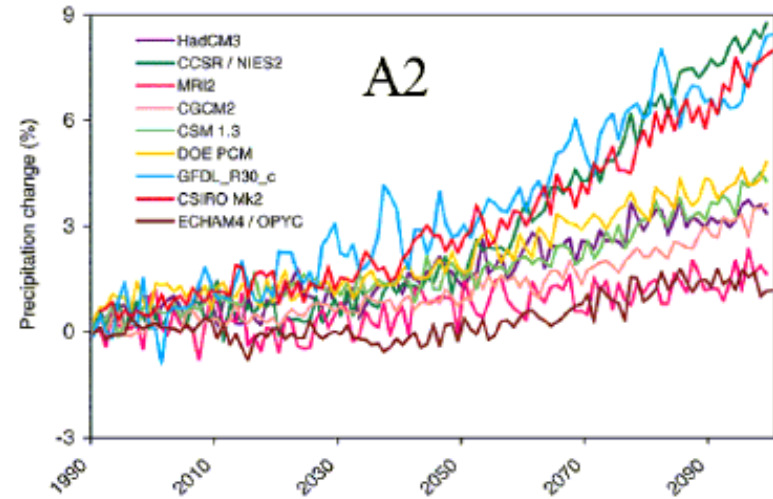
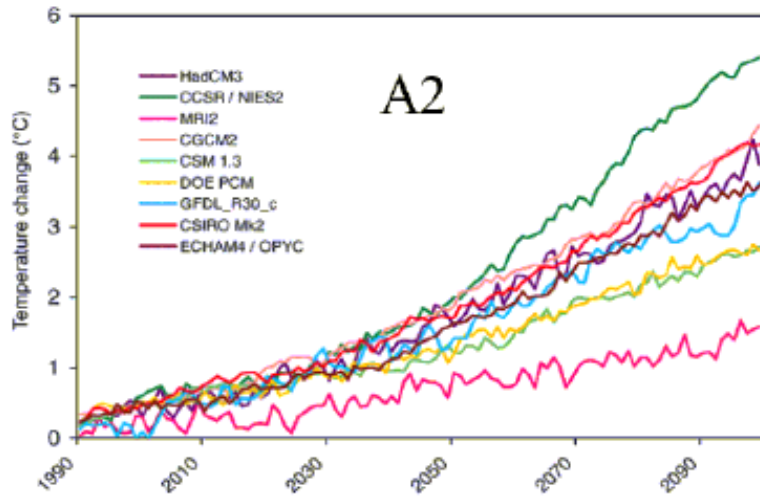


Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (9)

NAME OF THE MODEL	CENTRE (COUNTRY)	ATMOSPHERIC RESOLUTION	OCEANIC RESOLUTION	SIMULATED SRES SCENARIOS
CCSR/NIES 2	CCSR/NIES (Japan)	5.6 × 5.6 (20)	2.8 × 2.8 (17)	A1,A1FI,A1T,A2,B1,B2
CGCM 1,2	CCC (Canada)	3.7 × 3.7 (10)	1.8 × 1.8 (29)	A2,B2
CSIRO-Mk2	CSIRO (Australia)	5.6 × 3.2 (9)	5.6 × 3.2 (21)	A1,A2,B1,B2
ECHAM4/OPYC3	MPIM (Germany)	2.8 × 2.8 (18)	2.8 × 2.8 (11)	A2,B2
GFDL R30 c	GFDL (USA)	2.25 × 3.75 (14)	1.875 × 2.25 (18)	A2,B2
HadCM3	UKMO (United Kingdom)	2.5 × 3.75 (19)	1.25 × 1.25 (20)	A1,A1FI,A2,B1,B2

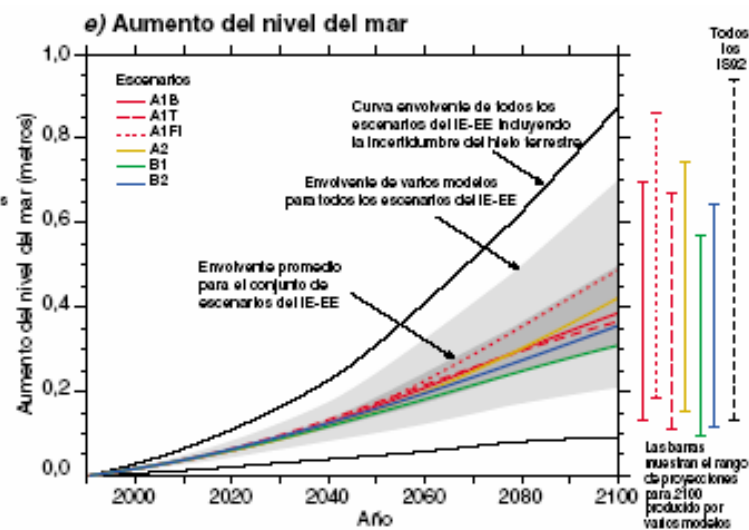
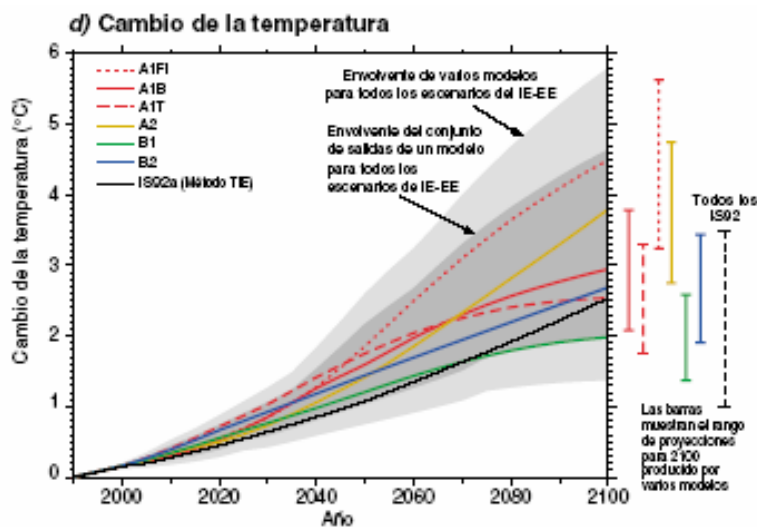


Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (10)





Cuestiones básicas sobre escenarios y modelos climáticos (11)



(IPCC; 2001)



Limitaciones de los modelos climáticos en islas (1)

La resolución de la parte atmosférica de un modelo climático suele ser de unos **250 km en horizontal** y de alrededor de **1 km en vertical** por encima de la capa límite: No describen adecuadamente estructuras espaciales más pequeñas, como por ejemplo, las islas Canarias.

Por esta razón hay que tener en cuenta los siguientes aspectos importantes:

Elevación del nivel del mar:

El coeficiente de dilatación del agua depende de la temperatura, y como los océanos no se calentarán de forma uniforme, habrá variaciones sustanciales en la magnitud de la elevación del mar de hasta +/- 50% del valor promedio.



Limitaciones de los modelos climáticos en islas (2)

Cambios previstos en la temperatura y la precipitación: Las áreas de algunas islas pequeñas están prácticamente al nivel del mar (Lanzarote, Fuerteventura) y por tanto los cambios en temperatura y precipitación de estas islas seguirán los cambios previstos a gran escala que se prevean en la región.

Sin embargo para aquellas **islas con orografía importante** (Tenerife, La Palma, la Gomera, El Hierro y Gran Canaria) tienen multitud de climas locales. Los cambios en temperatura y precipitación dependerán totalmente de las características climáticas locales.

Temperatura de la superficie del mar (SST): La temperatura de la superficie del mar alrededor de islas pequeñas dependerá casi exclusivamente de circulaciones atmosféricas y oceánicas a gran escala

Tormentas tropicales y huracanes: El “pequeño” tamaño de las tormentas tropicales y huracanes hace que su predicción no sea posible.



Limitaciones de los modelos climáticos en islas (3)

Para adaptar las proyecciones globales de resoluciones espaciales de 200-300 km a las características regionales o incluso locales se utilizan diferentes técnicas de regionalización o cambio de escala (“**downscaling**”) que adaptan las salidas de los modelos a las características fisiográficas de una determinada región o de una determinada estación

Todas las técnicas de regionalización parten de los **MCGAO** a los que dotan de detalles de escala con información adicional de orografía, fisiografía. Por tanto heredan todos los defectos y debilidades de los modelos globales “padre”.

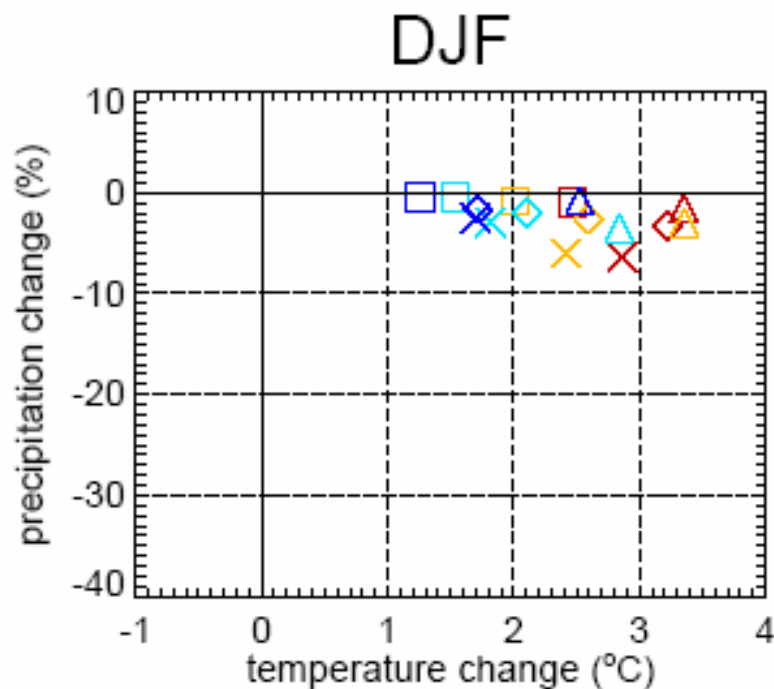
Las técnicas de regionalización se pueden dividir en dos grupos:

Regionalizaciones Dinámicas: Utilizan modelos de Área Limitada con resolución no mayor de 20 km (insuficiente aun para islas pequeñas).

Regionalizaciones estadísticas: desarrollan relaciones cuantitativas entre variables atmosféricas de gran escala (predictores) y las variables locales de superficie (predictandos), normalmente T_m , T_{max} , T_{min} y Precipitación

Clima futuro en Canarias (1)

Diciembre-Enero-Febrero



T ↑ (+1°C) - (+3.5°C)

P ↓ 0% - (-5%)
Gran incertidumbre

- ◆ A1FI
- ◆ A2
- ◆ B2
- ◆ B1
- ◇ CGCM2 Canada
- △ CSIRO mk 2 Australia
- DOE PCM USA
- × HadCM3 UK

Tyndall Centre
for Climate Change Research

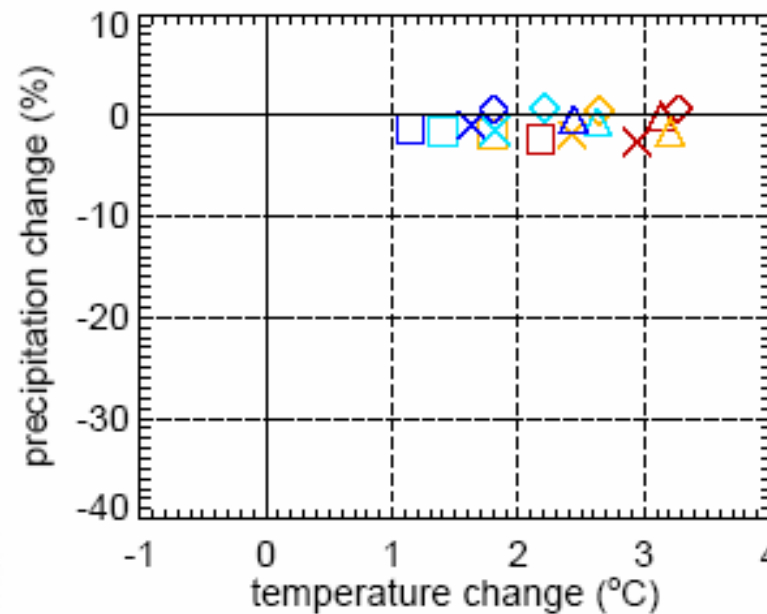
Cambios en invierno entre 1961-1990 y 2070-2099 para 4 modelos climáticos revisados por el IPCC

Mitchell TD et al, 2003
www.cru.uea.ac.uk/~timm

Clima futuro en Canarias (2)

Marzo-Abril-Mayo

MAM



T ↑ (+1°C) - (+3.2°C)

P ↓ 0% - (-2%)
Gran incertidumbre

- ◆ A1FI
- ◆ A2
- ◆ B2
- ◆ B1
- ◇ CGCM2 Canada
- △ CSIRO mk 2 Australia
- DOE PCM USA
- × HadCM3 UK

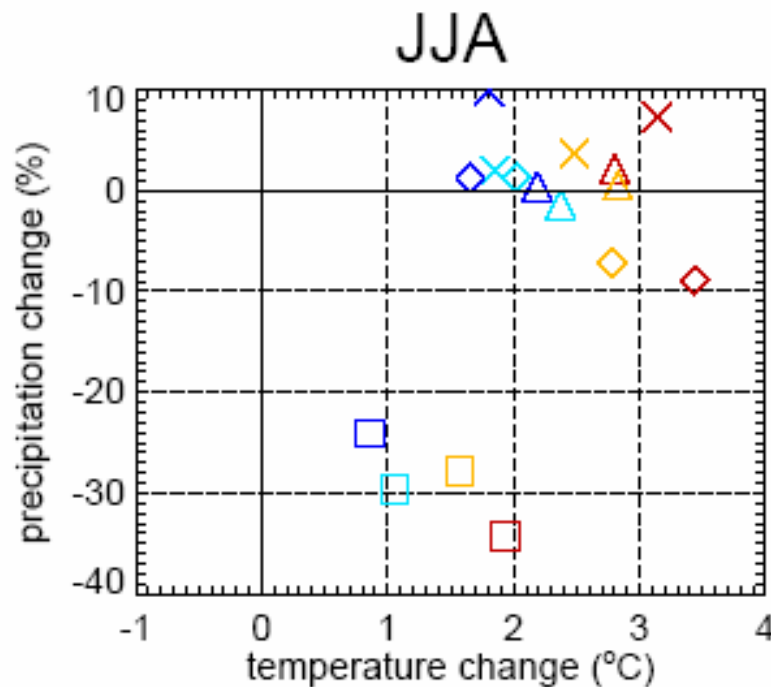
Tyndall^oCentre
for Climate Change Research

Cambios en primavera entre 1961-1990 y 2070-2099 para 4 modelos climáticos revisados por el IPCC

Mitchell TD et al, 2003
www.cru.uea.ac.uk/~timm

Clima futuro en Canarias (3)

Junio-Julio-Agosto



T ↑ +0.9°C - (+3.5°C)

P ↓ (+10%) - (-35%)
Gran incertidumbre

- ◆ A1FI
- ◆ A2
- ◆ B2
- ◆ B1
- ◇ CGCM2 Canada
- △ CSIRO mk 2 Australia
- DOE PCM USA
- × HadCM3 UK

Tyndall^oCentre
for Climate Change Research

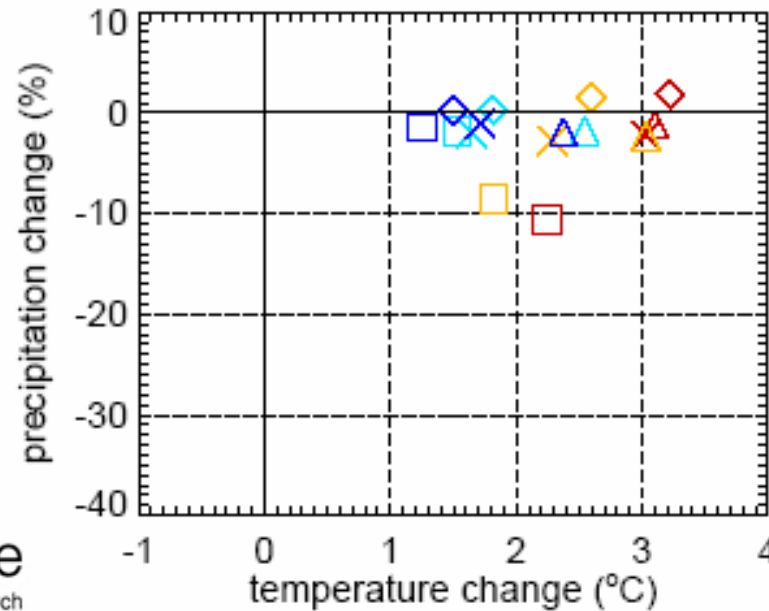
Cambios en verano entre 1961-1990 y 2070-2099 para 4 modelos climáticos revisados por el IPCC

Mitchell TD et al, 2003
www.cru.uea.ac.uk/~timm

Clima futuro en Canarias (4)

Septiembre-Octubre-Noviembre

SON



T ↑ (+1.2°C) - (+3.2°C)

P ↓ +2% - (-10%)
Gran incertidumbre

- ◆ A1FI
- ◆ A2
- ◆ B2
- ◆ B1
- ◇ CGCM2 Canada
- △ CSIRO mk 2 Australia
- DOE PCM USA
- × HadCM3 UK

Tyndall°Centre
for Climate Change Research

Cambios en otoño entre 1961-1990 y 2070-2099 para 4 modelos climáticos revisados por el IPCC

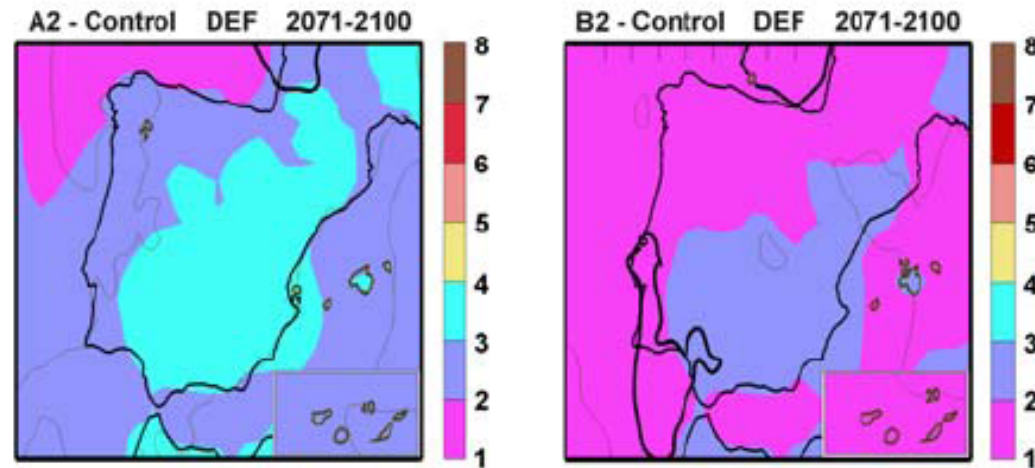
Mitchell TD et al, 2003
www.cru.uea.ac.uk/~timm



Clima futuro en Canarias (5)

Cambio en temperatura para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Diciembre-Febrero



1^o-3^o C

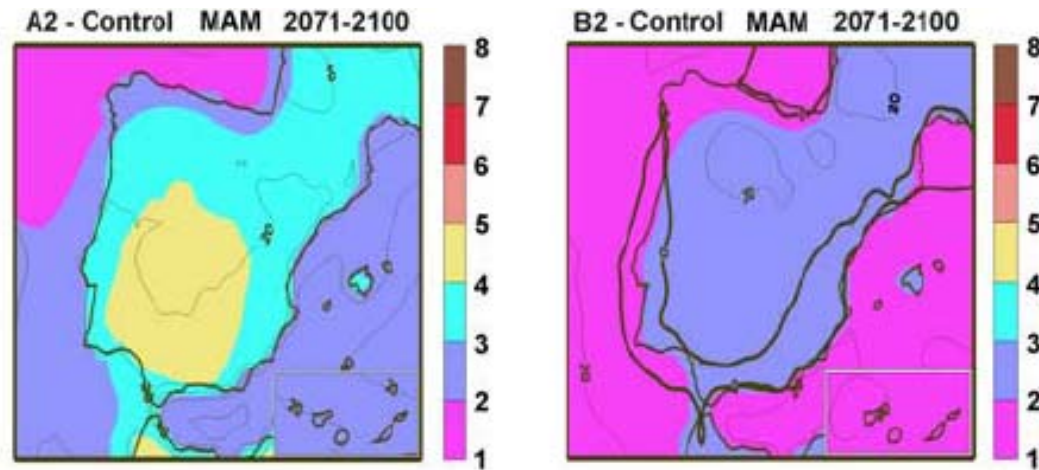
THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso

Clima futuro en Canarias (6)

Cambio en temperatura para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Marzo-Mayo



1^o-3^o C

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

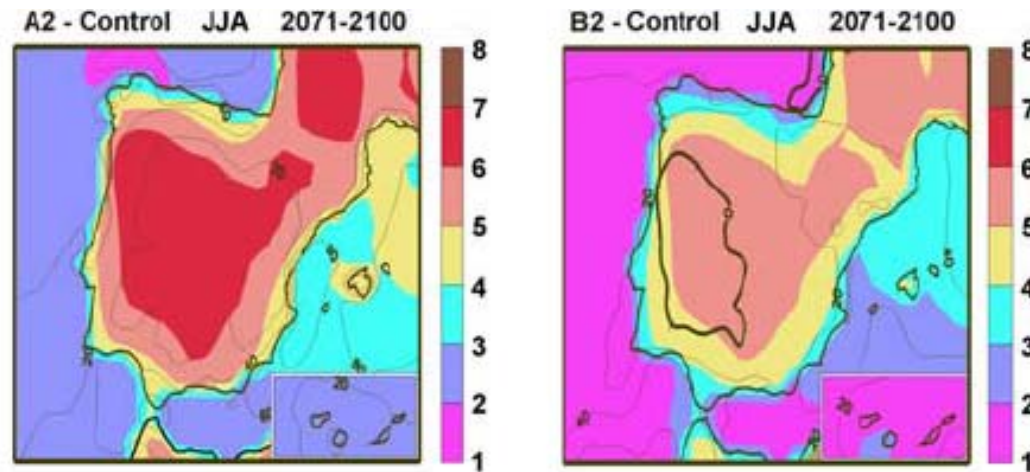
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (7)

Cambio en temperatura para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Junio-Agosto



1^o-3^o C

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

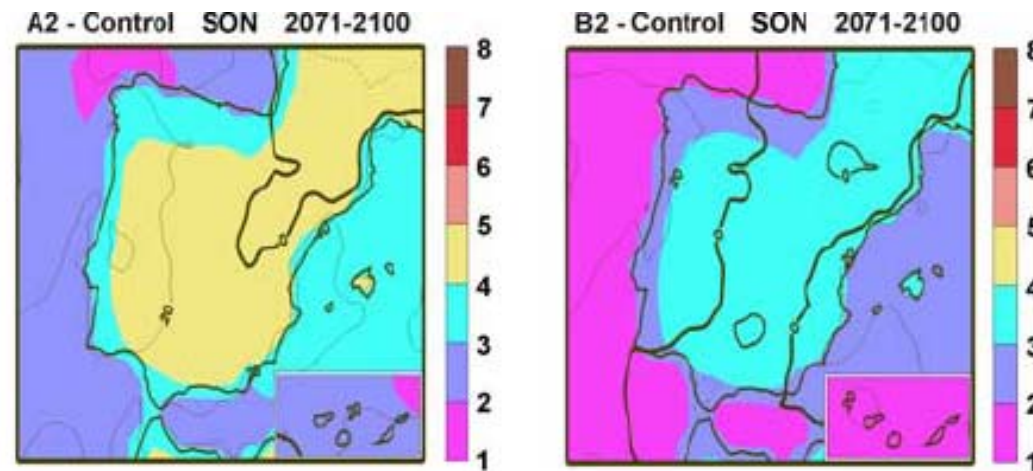
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (8)

Cambio en temperatura para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Septiembre-Noviembre



1^o-3^o C

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

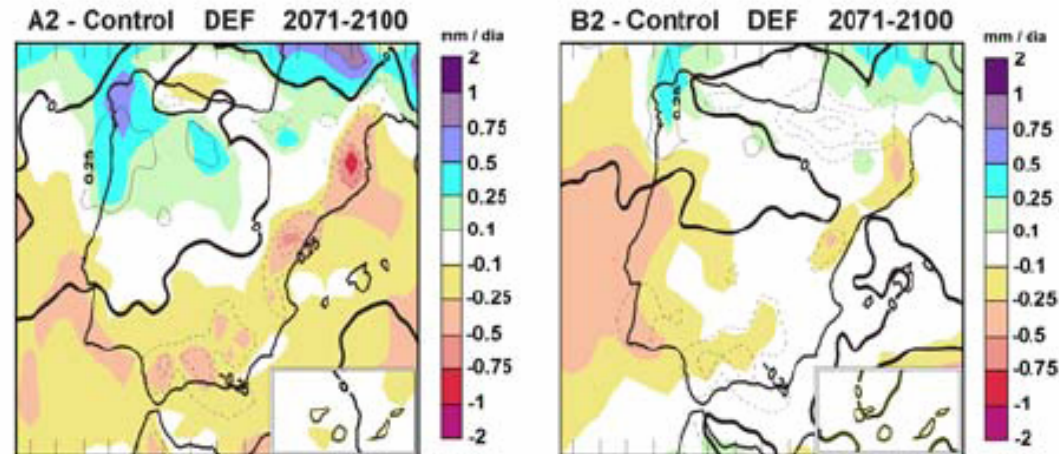
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (9)

Cambio en precipitación (mm/día) para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Diciembre-Febrero



Cambios no significativos

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

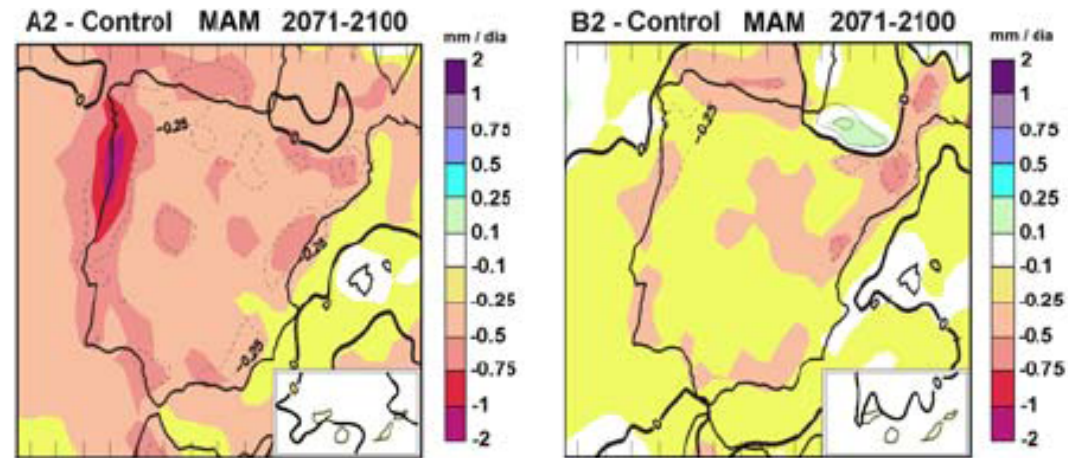
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (10)

Cambio en precipitación (mm/día) para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Marzo-Abril



Cambios no significativos

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

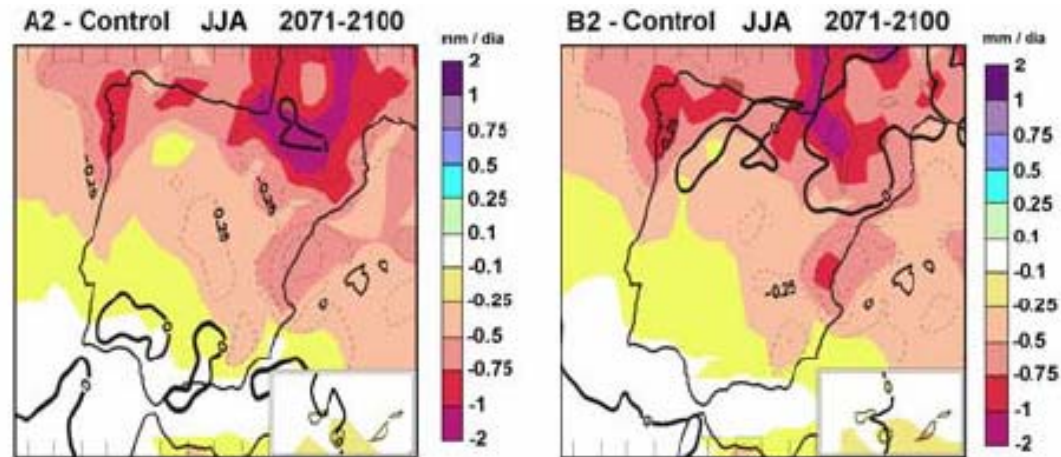
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (11)

Cambio en precipitación (mm/día) para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Junio-Agosto



Cambios no significativos-ligera disminución

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

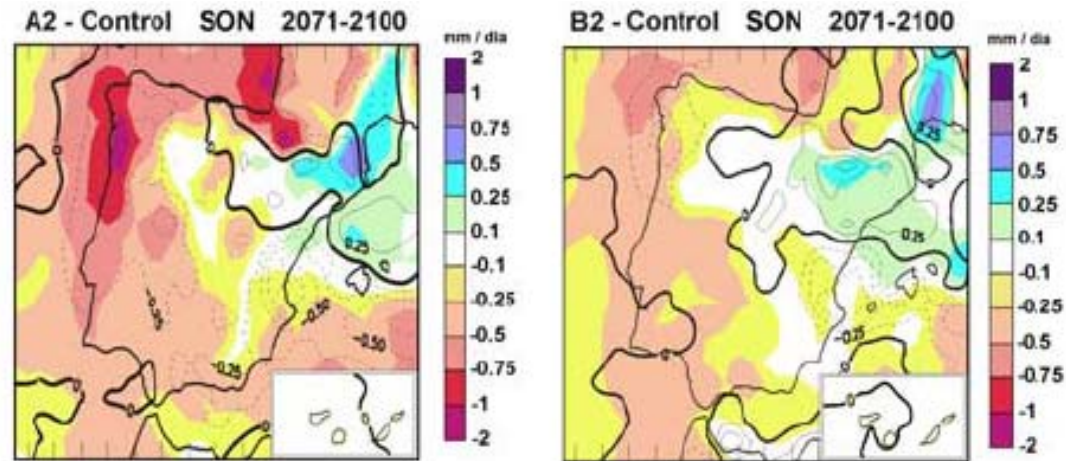
M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (12)

Cambio en precipitación (mm/día) para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Septiembre-Noviembre



Cambios no significativos

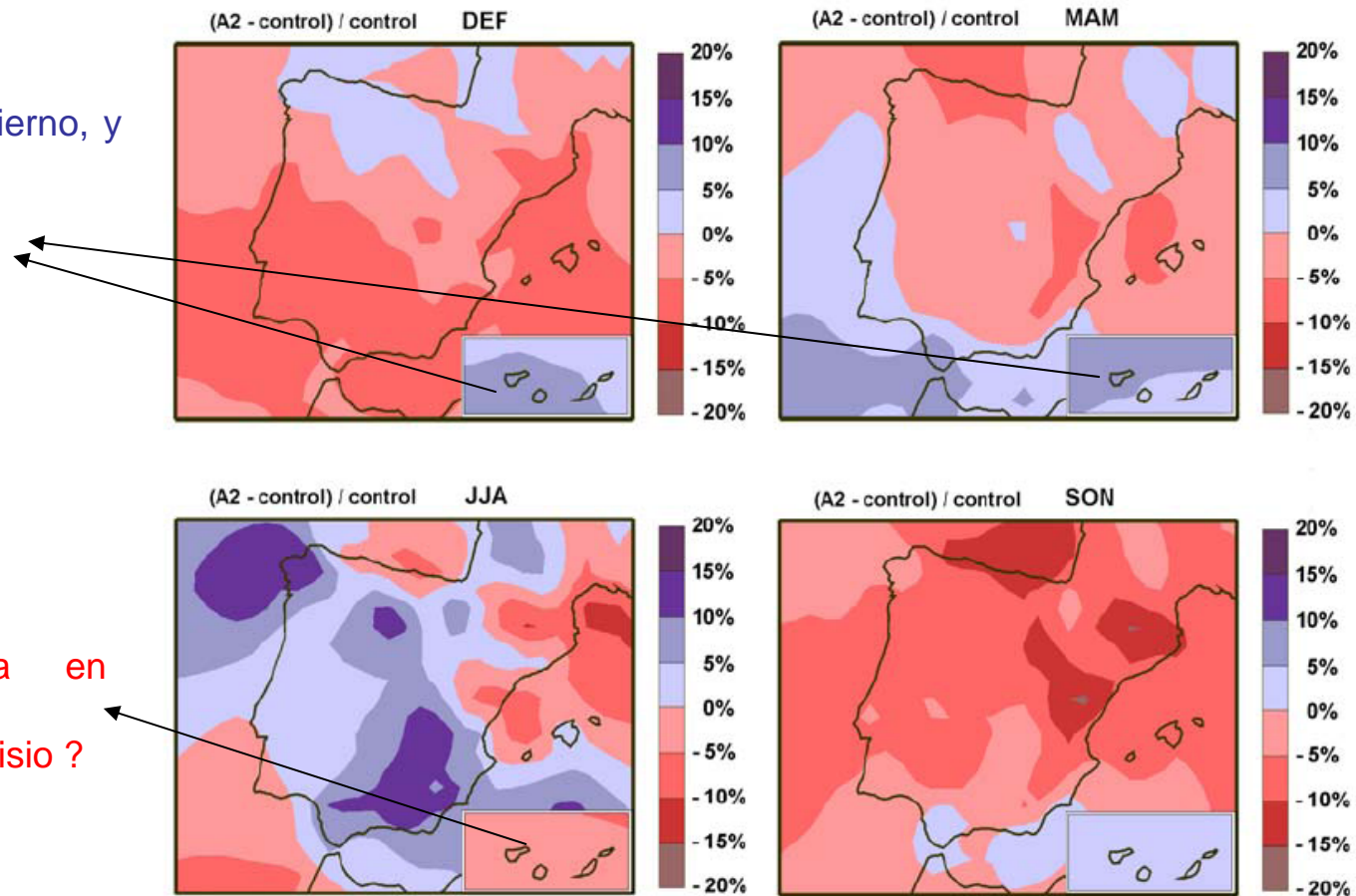
THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso

Clima futuro en Canarias (13)

Cambio en la velocidad del viento (m/s) para 2071-2090 relativo a 1961-1990

Aumento en invierno, y primavera



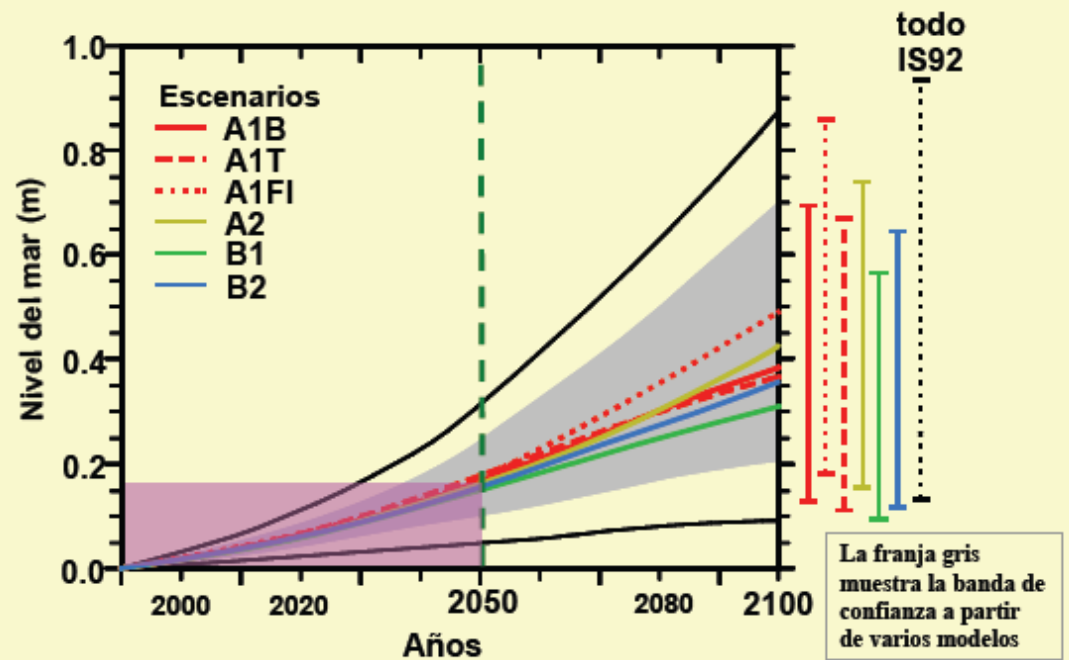
Disminución ligera en verano
Debilitamiento del alisio ?

THE CLIMATE OF SPAIN: PAST, PRESENT AND SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY

M. de Castro, J. Martín-Vide and S. Alonso



Clima futuro en Canarias (14)

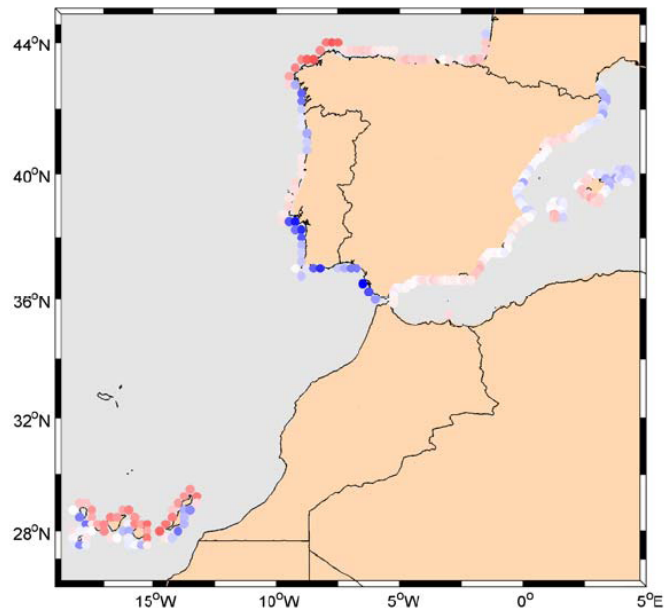


Se puede estimar, como media, para el año horizonte 2050, un ascenso del nivel medio del mar para todo el litoral español de +0.15 m

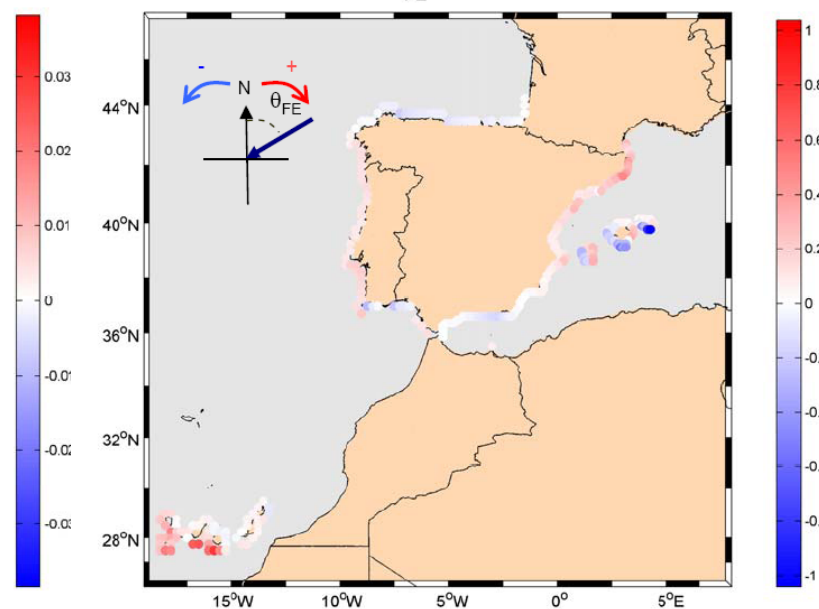


Clima futuro en Canarias (15)

Variación de $Hs_{T=50 \text{ años}}$ (m/año)



$\Delta\theta_{FE}$ (°/año)



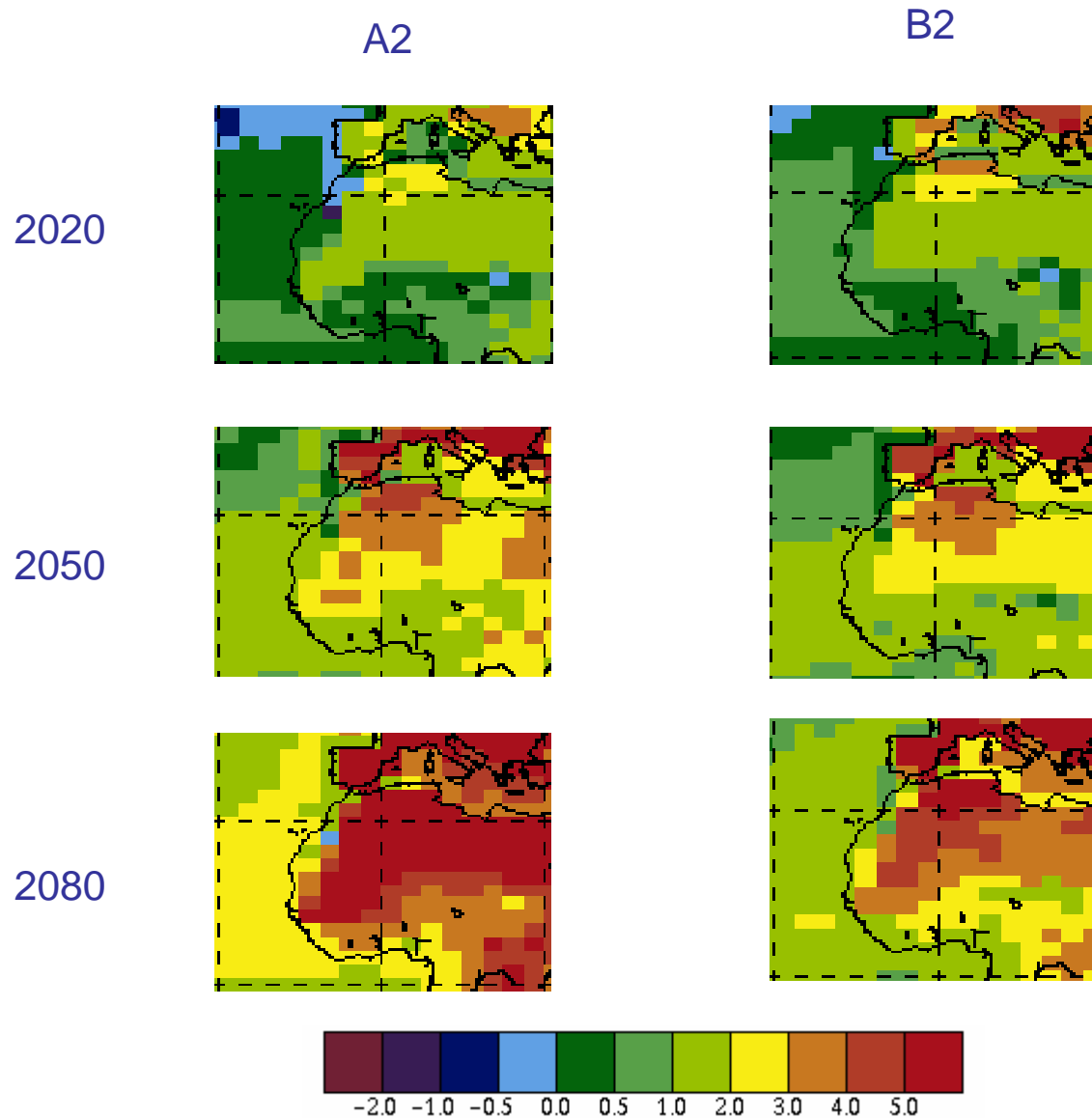
- **Retroceso generalizado** en toda la zona costera, producido por una variación en el flujo medio de energía.
- Zona de la Costa Brava y Sur de las Islas Baleares y Canarias: retrocesos máximos de hasta 70 m (inducidos por una variación en la dirección de 8°).

DATOS REPRESENTATIVOS		
Costa Brava, Sur de las Islas Baleares y Canarias	Norte de Galicia y Sur Mediterráneo	Resto costa
$RE_{max} = 70 \text{ m}$	$RE_{max} = 10 \text{ m}$	$RE_{max} = 20 \text{ m}$



Clima futuro en el entorno de Canarias (1)

Variación de temperatura Máxima (Junio-Septiembre) respecto a 1961-1990 (HadCM3)

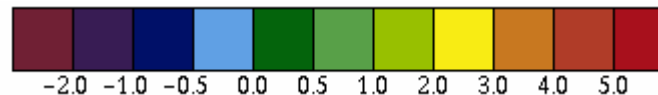
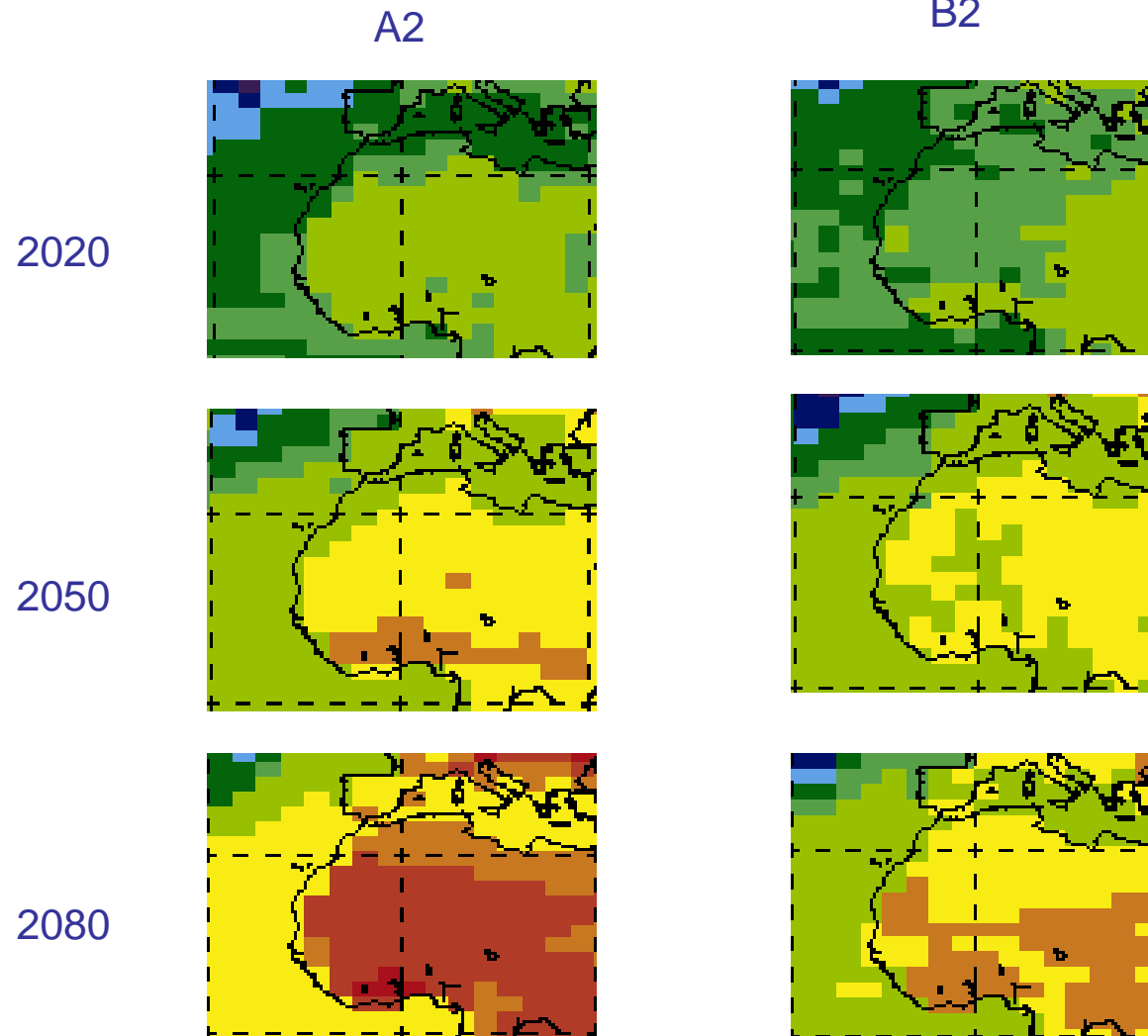




MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

Clima futuro en el entorno de Canarias (2)

Variación de temperatura **Mínima (Enero-Marzo)** respecto a 1961-1990
(HadCM3)



IPCC-DDC

Clima futuro en el entorno de Canarias (3)

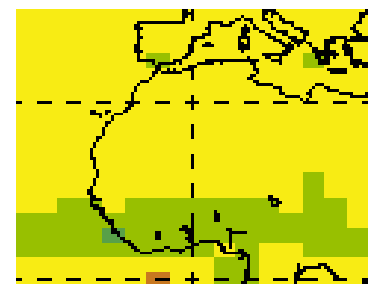
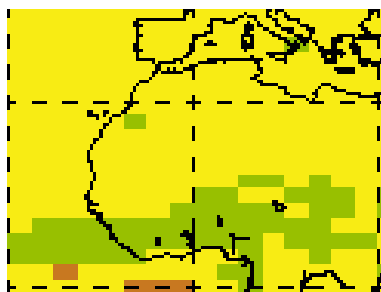
Variación de Precipitación (mm/día; Junio-Diciembre) respecto a 1961-1990

(HadCM3)

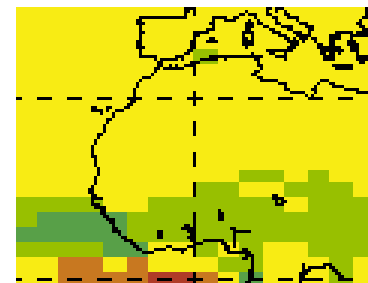
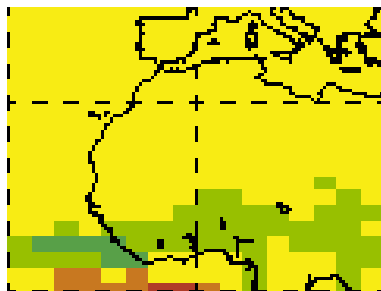
A2

B2

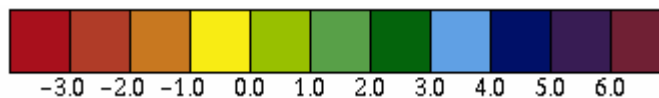
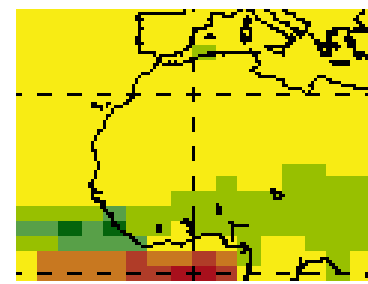
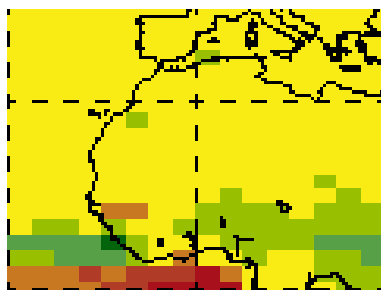
2020



2050



2080

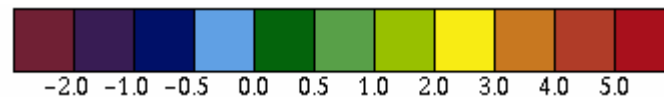
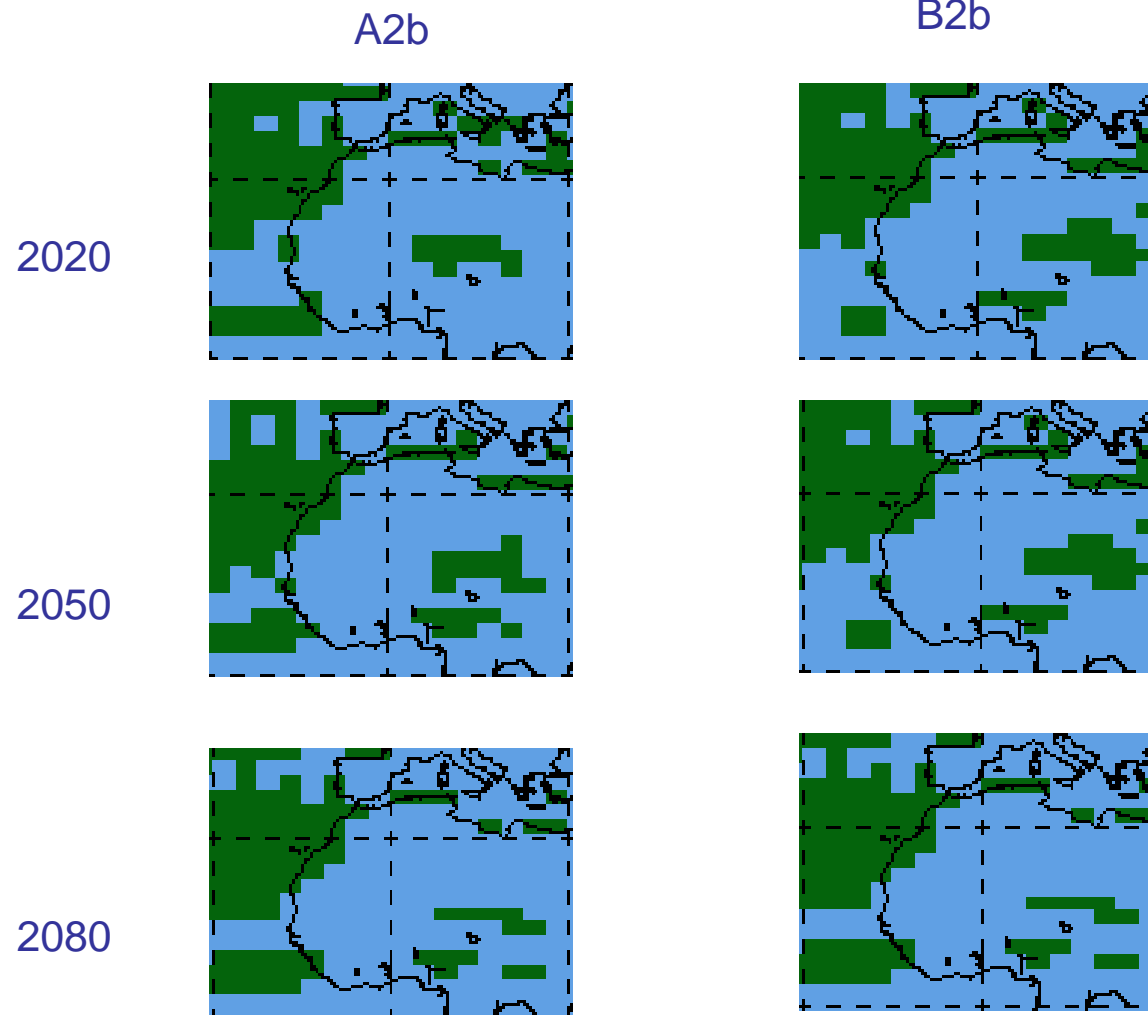


IPCC-DDC



Clima futuro en el entorno de Canarias (4)

Nubosidad (%; Junio-Septiembre) respecto a 1961-1990
(HadCM3)

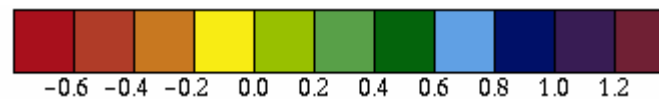
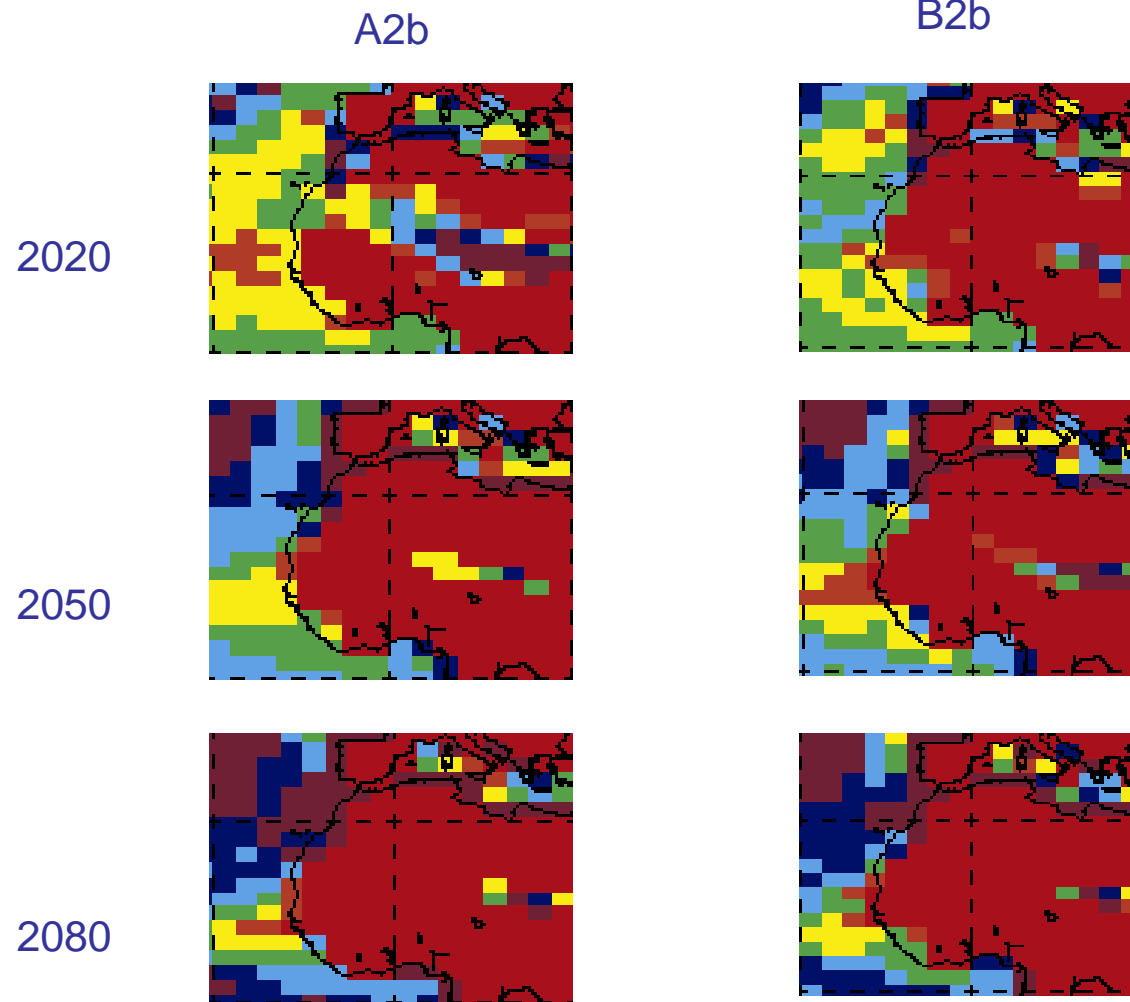




MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Clima futuro en el entorno de Canarias (5)

Presión de vapor (hPa; Mayo-Septiembre) respecto a 1961-1990
(HadCM3)

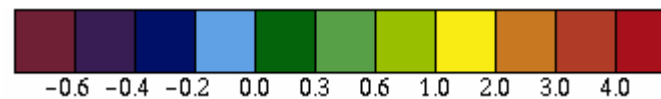
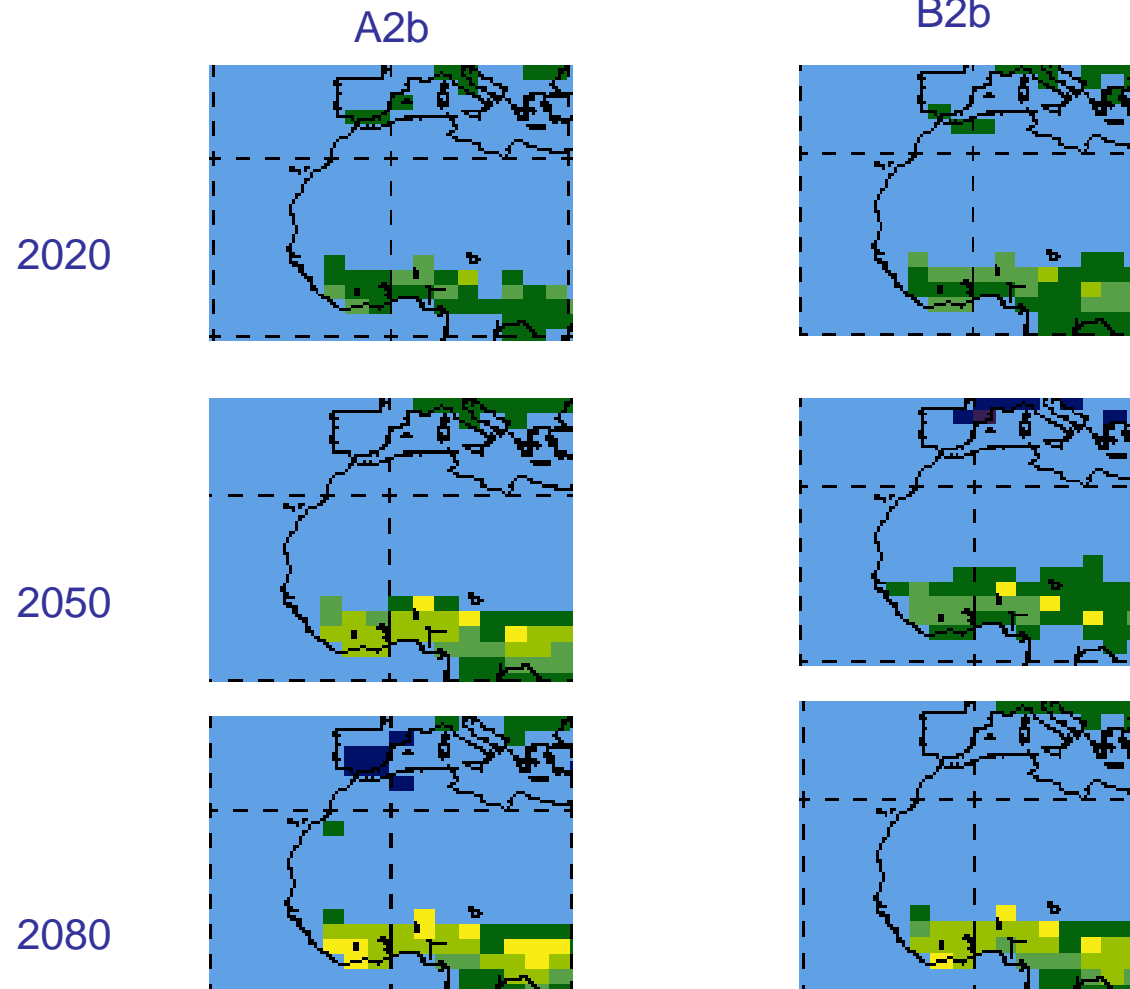


IPCC-DDC



Clima futuro en el entorno de Canarias (6)

Humedad del suelo (hPa; Enero-Mayo) respecto a 1961-1990
(HadCM3)



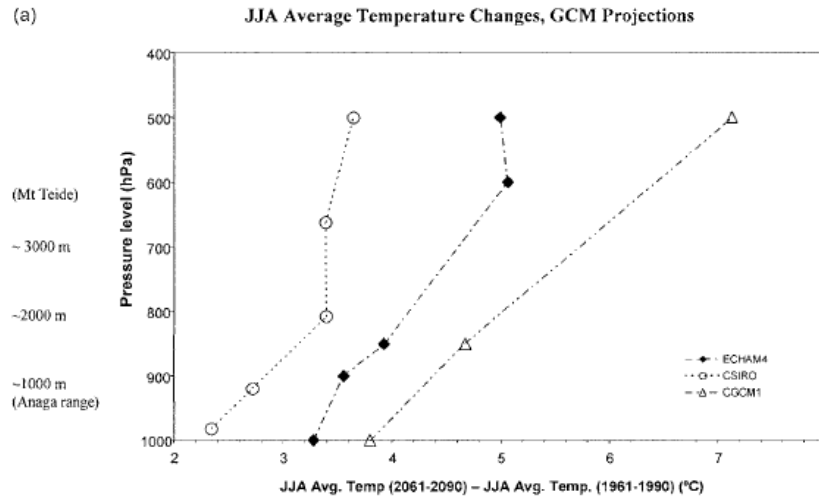


MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Temperatura

Humedad específica

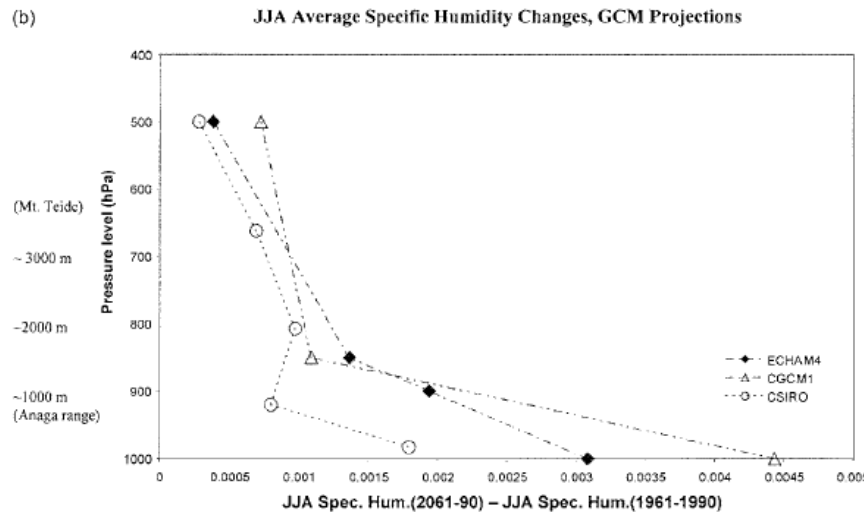
Aspectos locales: la inversión del alisio (1)



Modelos:

ECHAM4
CSIRO
CGCM1

Junio-Agosto

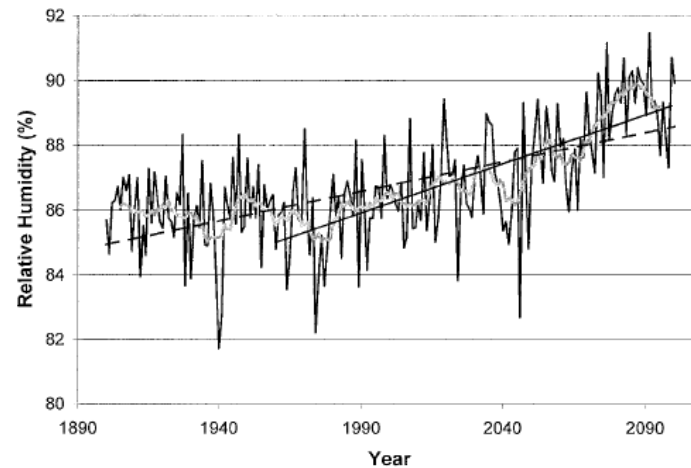


FUTURE CLIMATE CHANGE OF THE SUBTROPICAL NORTH ATLANTIC: IMPLICATIONS FOR THE CLOUD FORESTS OF TENERIFE
FRANK N. SPERLING and RICHARD WASHINGTON (2004)



Aspectos locales: la inversión del alisio (2)

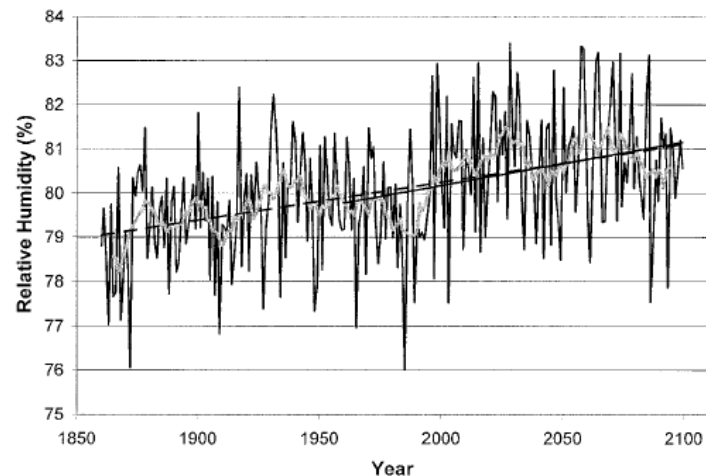
(a) JJA Relative Humidity at Sea Surface Level (1900-2100), CGCM1



Humedad relativa
CGCM1
Junio-Agosto
1900-2100

Incremento en la ocurrencia de
nubes bajas !

(b) JJA Relative Humidity at Sea Surface Level (1860-2099), ECHAM4



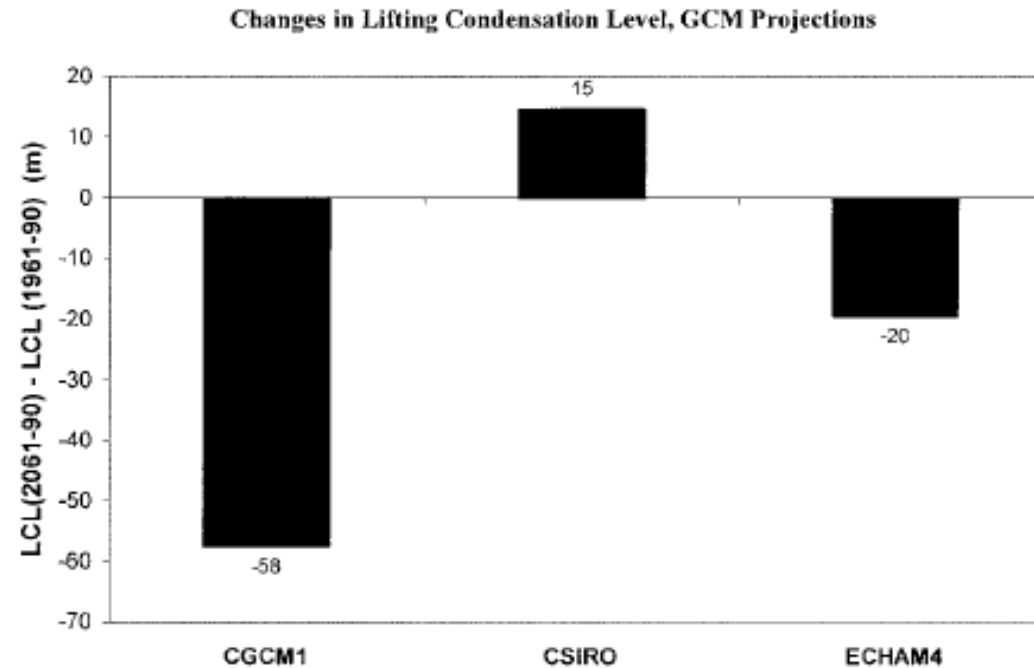
Humedad relativa
ECHAM4
Junio-Agosto
1860-2099

FUTURE CLIMATE CHANGE OF THE SUBTROPICAL NORTH ATLANTIC:
IMPLICATIONS FOR THE CLOUD FORESTS OF TENERIFE
FRANK N. SPERLING and RICHARD WASHINGTON (2004)



Aspectos locales: la inversión del alisio (3)

En una atmósfera más cálida la base de la nube de estratocúmulos se moverá hacia niveles más bajos (?)



Nivel de condensación por ascenso

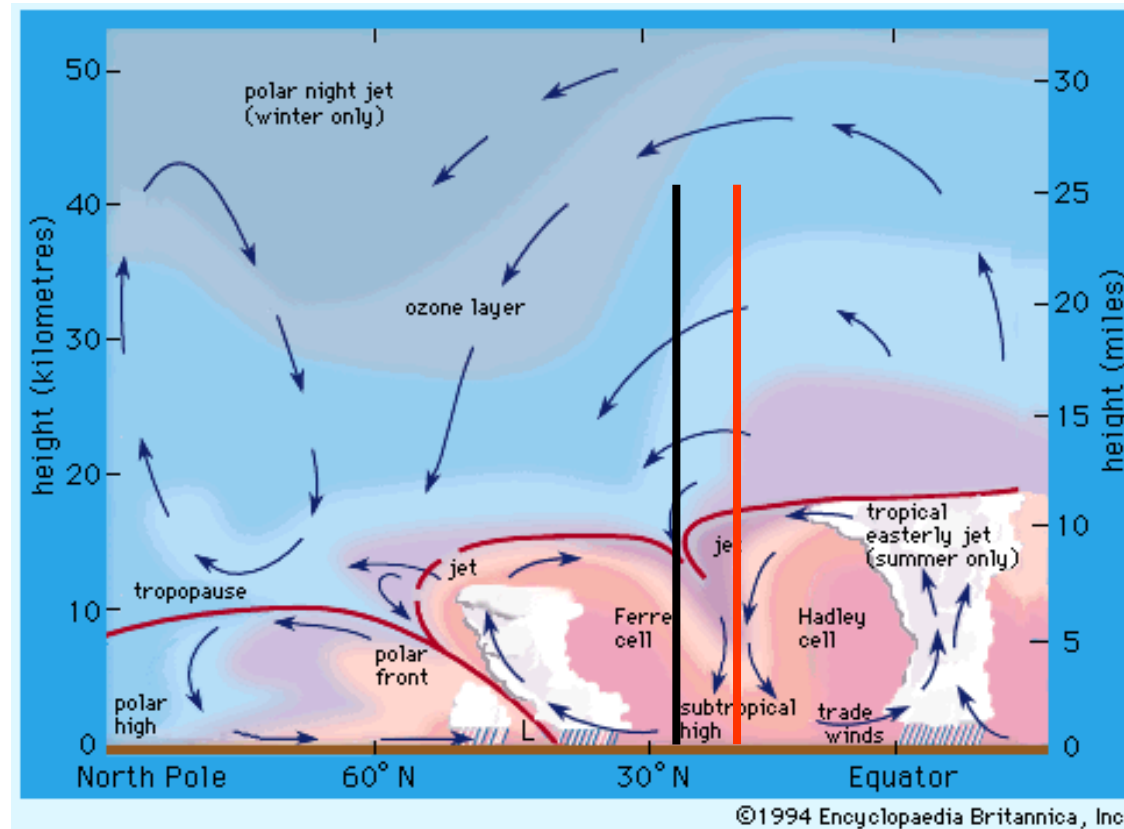
**FUTURE CLIMATE CHANGE OF THE SUBTROPICAL NORTH ATLANTIC:
IMPLICATIONS FOR THE CLOUD FORESTS OF TENERIFE**

FRANK N. SPERLING and RICHARD WASHINGTON (2004)



Aspectos locales: la inversión del alisio (4)

¿ Desplazamiento del chorro subtropical hacia el norte ?



Subtropical Areas Warming Faster; Jet Streams Moving Poleward

30 MAY 2006

Fu et al., Science, May 2006



Aspectos locales: la inversión del alisio (5)

Si aumenta la nubosidad y la humedad relativa (en vertiente norte asociada al alisio)

- menor contraste térmico día-noche en el norte de las islas
- aumento de la deposición húmeda (positivo para laurisilva y pinos)

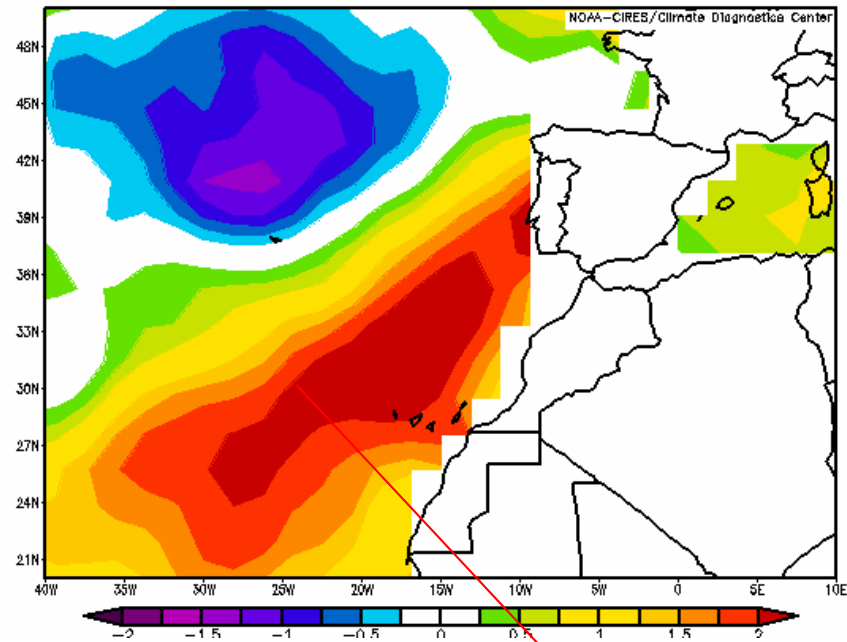
Un desplazamiento de la circulación atmosférica hacia el norte (como parece que se está produciendo) colocaría la rama descendente más centrada sobre Canarias:

- Aumento de la estabilidad atmosférica
- Proceso de desecamiento de la atmósfera por encima de la inversión del alisio



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

Aspectos regionales: la corriente de Canarias (1)



26° C !!

Ola de calor a finales de agosto 2004



Aspectos regionales: la corriente de Canarias (2)



Nature, 2005: Mediciones realizadas entre las Bahamas y Canarias por el Instituto Oceanográfico Británico apuntan a que la corriente de agua fría que desciende de la Antártica hacia el Atlántico Sur ha disminuido un 30% en 2004 aparentemente debido a que el deshielo de los polos disminuye la salinidad de agua y distorsiona el equilibrio haciendo que las masas de agua caliente permanezcan en las zonas tropicales y subtropicales del Atlántico.



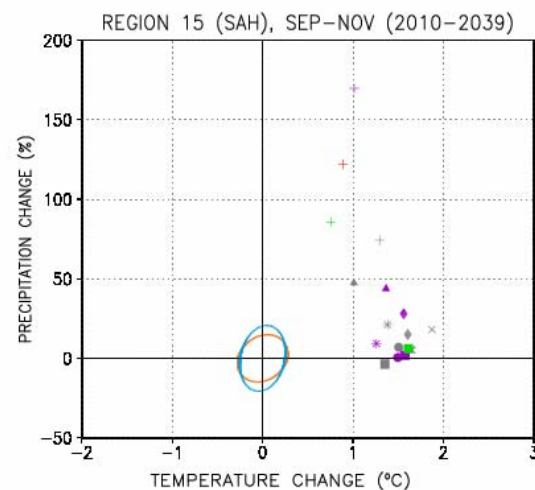
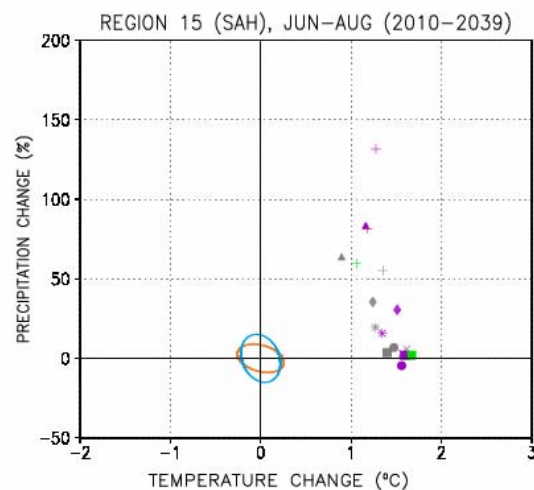
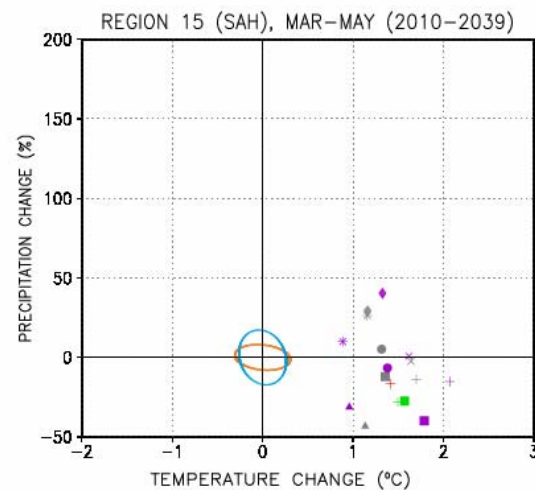
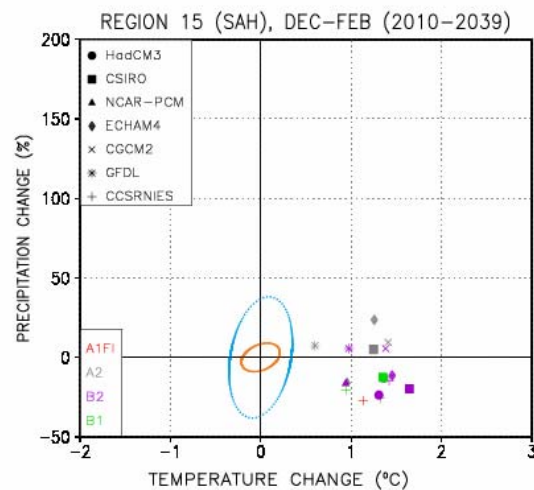
LOS FENÓMENOS NO LINEALES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO RÁPIDO

Existe la posibilidad de que se produzcan cambios rápidos e irreversibles en el sistema climático, pero hay un alto grado de incertidumbre en torno a los mecanismos que están en juego y por ende también en cuanto a la probabilidad o la escala temporal de esas transiciones.

Aspectos regionales: Meteorología en el norte de África (1)

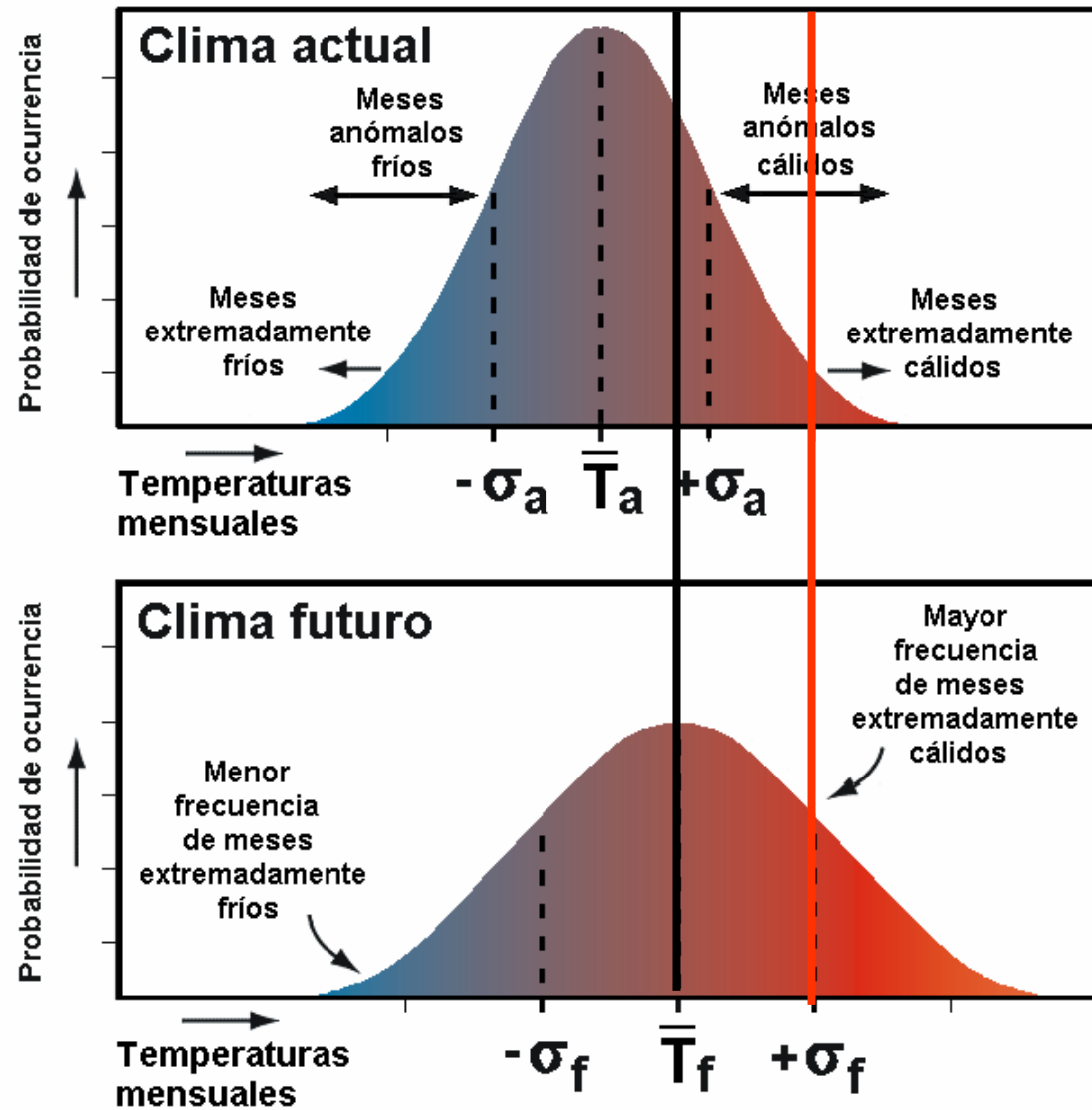
En el Sáhara próximamente (2010-2039)

Modelo ECHAM4





Conclusiones – Canarias (1)



Cambio de temperaturas medias : $\bar{T}_f - \bar{T}_a$

Cambio de variabilidad : $\sigma_f - \sigma_a$

M. De Castro, J. Martín-Vide y S. Alonso



Conclusiones - Canarias (2)

			Ajuste a distribución normal			
P95 1961-1990	Media 1961-1990	Desviación 1961-1990	z	Función distribución acumulativa	Percentil	
27.1	23.6	2.0	1.75	0.9599	P96	
			Ajuste a distribución normal			
P95 1961-1990	Media prevista 2070-2099	Desviación 1961-1990	z	Función distribución acumulativa	Percentil 2070-2099	Aumento días calurosos
27.1	24.6	2.0	1.25	0.8944	P89	7%
27.1	25.6	2.0	0.75	0.7734	P77	19%
27.1	26.6	2.0	0.25	0.5897	P60	36%

Aumentos de la temperatura media en 1, 2 y 3 °C recolocan el P95 inicial en P89, P77 y P58, respectivamente lo que implicaría un aumento del 7, 19 y 36%, respectivamente de días calurosos en el periodo 2070-2099

(R. Sanz, CMT Canarias Occidental -INM)



Conclusiones – Canarias (3)

En el periodo 2070-2090 **las temperaturas medias se habrán incrementado entre 1°C y 3°C** en todas las estaciones, siendo las predicciones más altas en el escenario que supone mayores emisiones de GEI (Escenario A2), con **incrementos entre 2°C y 3°C. Muy probable**

Los cambios previstos en **precipitación son despreciables o no son significativos** estadísticamente. **Gran incertidumbre**

En el periodo 2070-2090 **el viento se intensificará** en torno a **5%-10%**, en **invierno y primavera**. En **verano** se espera una **muy ligera disminución** de hasta un **5%**. **Incertidumbre media**

Condiciones más favorables para la aparición de **tormentas tropicales** en el periodo **agosto-diciembre** debido al calentamiento apreciable de la temperatura y de la superficie del mar (profundidad?). **Muy probable**



Conclusiones – Canarias (4)

Mayor probabilidad de intrusiones de **aire africano** en **verano**. **Gran incertidumbre**

Incremento de la frecuencia e intensidad de olas de calor en verano (**+7% - +36%**). **Muy probable**

Mayor probabilidad de **golpes de mar** en el norte de las islas en **invierno**. **Muy probable**

La **humedad por debajo de la inversión de temperatura** podría **aumentar** próximamente (2020) y de forma importante para 2050-2080. **Incertidumbre media**

En nuestro entorno geográfico, se espera un **aumento** de la **precipitación** en el **Sahel**, así como un **aumento** en la **humedad del suelo** (**muy probable**):

¿ se frena la **desertización**... ?



Conclusiones – Canarias (5)

El clima futuro de Canarias perderá parte de su carácter suave (“eterna primavera”), y se producirá un aumento en la frecuencia e intensidad de episodios meteorológicos extremos.

Esta tendencia se ha empezado a observar ya.



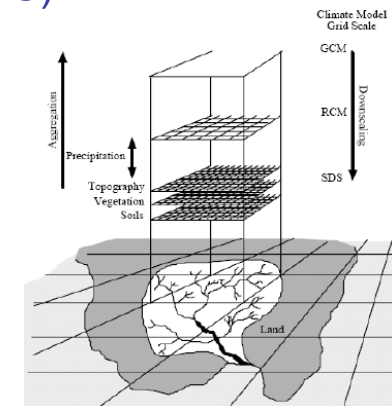
MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

Nueva aproximación... y FIN

En **diciembre de 2006**, el **INM** dará **proyecciones regionalizadas** para Canarias promediando miembros de un “ensemble” multimodelo.

Múltiples AOCGMs

Diferentes técnicas de “downscaling” (como IPCC-DCC)



Serán predicciones probabilísticas.

Para cada año del periodo 2010-2100 tendremos:

- Temperatura media
- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- Precipitación

Informe de consenso revisable periódicamente (como informes evaluación IPCC)



Reflexiones

- Nos encontramos ya en el inicio de un proceso de **cambio climático** que es **imparable**, y en las próximas décadas irreversible, pero en el que hay que realizar los máximo esfuerzos, y de forma urgente, para **minimizar sus efectos**.
- No debe sacarse la conclusión errónea de que nos encontramos ante un problema (el del cambio climático) en la que predomina la falta de conocimiento y en el que las incertidumbres no nos permiten sacar conclusiones útiles para planificar nuestro futuro. **Las predicciones de incremento de la temperatura media muestran un alto porcentaje de probabilidad y son altamente fiables.**
- El cambio climático agravará otro gran problema que se está empezando a vislumbrar ya a nivel mundial: el **problema del abastecimiento energético**.
- El **cambio climático** y la escasez de **recursos energéticos** son probablemente **los problemas más graves** a los que **deberá enfrentarse la Humanidad** en los próximos años.



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

Muchas gracias !