

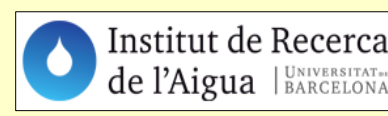
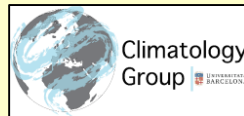


VI Trobada de Divulgadors Científics de la UB

Acte de lliurament de la Distinció de divulgació científica

Los límites físicos del planeta, el cambio climático y la isla de calor

Javier Martín-Vide



Aula Ramón y Cajal, 18 julio 2017

Ciencia

Hace
30
años

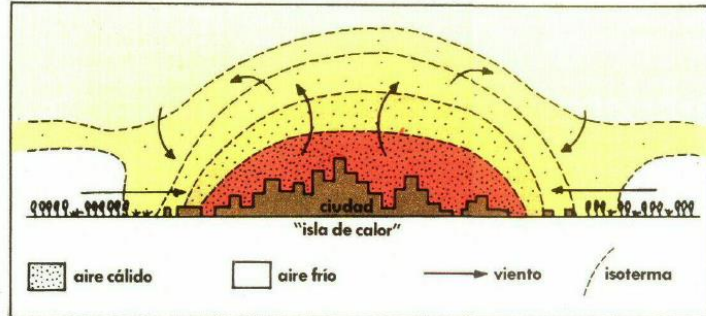
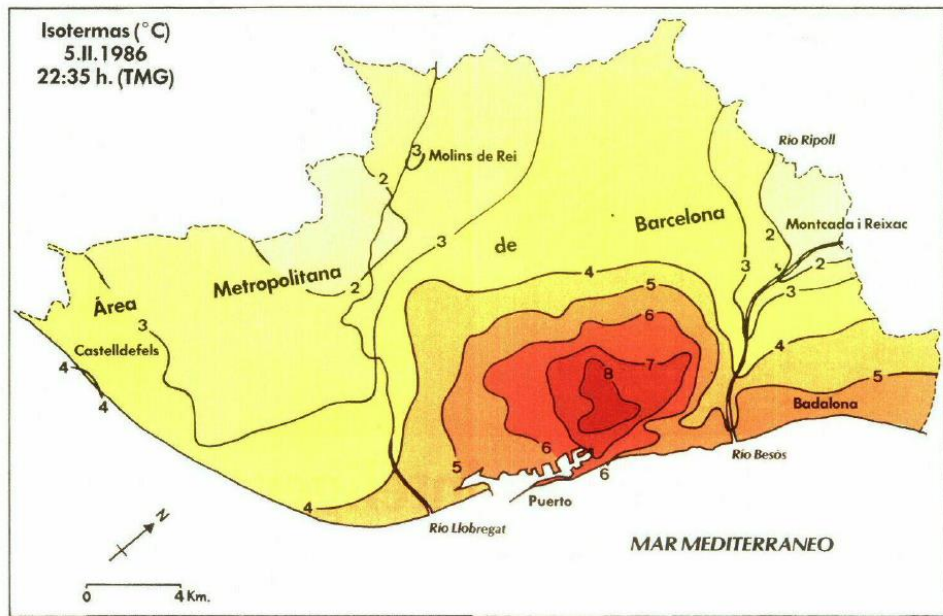
RESULTA claro —y cada vez mejor conocido— que algunas actividades humanas comportan efectos climáticos que suponen la modificación de los valores de determinados elementos del clima en áreas localizadas. Se habla con referencia a estas modificaciones, y teniendo en cuenta su relativamente pequeña incidencia espacial, de variaciones climáticas locales y a escalas topoclimática y microclimática. El hombre, así, está cambiando el clima local, el topoclima y el microclima de diferentes lugares. A pesar de esto, sin embargo, no puede hoy afirmarse con ninguna rotundidad, en modo alguno, que la incidencia de las actividades humanas sea capaz de cambiar el clima a gran escala o a escala planetaria (dejando a un lado el complejo y debatido problema de la tendencia al calentamiento del planeta por el aumento del CO₂ atmosférico).

Las modificaciones topoclimáticas y microclimáticas inducidas por el hombre son el resultado de las interferencias que sus productos y actividades causan en el funcionamiento de los sistemas naturales, fundamentalmente en los flujos y balances energéticos e hídricos. Las interferencias y cambios más radicales en el medio natural de una región son los ocasionados por las ciudades. La presencia de un núcleo urbano modifica ampliamente las características radiactivas, térmicas, hídricas y aerodinámicas del medio en que se asienta. Es por ello, y como resultado, que se habla del *clima urbano*.

Pues bien, la modificación más clara y estudiada que las áreas urbanas ejercen sobre el clima local es el incremento de la temperatura del aire de las ciudades respecto a la de los alrededores. Este fenómeno, por el que las ciudades suelen ser, especialmente de noche, más cálidas que el medio rural o menos urbanizado que las rodea, recibe el nombre de *isla de calor* o *isla térmica urbana* (figura 1).

Las causas que originan la *isla de calor* pueden concretarse en las siguientes: 1) un mayor almacenamiento de calor durante el día en las edificaciones, motivado por la elevada capacidad calorífica de los materiales de construcción, que es devuelto al aire urbano durante la noche; 2) la producción de calor antropogénico (calefacciones, industrias, alumbrado, circulación vial, etcétera); 3) la disminución de la evaporación, y del enfriamiento que conlleva, a cau-

El fenómeno de la "isla de calor": el caso de Barcelona



sa de la eficacia de los sistemas de drenaje (alcantarillado, etcétera); 4) una menor pérdida de calor sensible por la reducción de la velocidad del viento que ocasionan los edificios; 5) un aumento de la absorción de radiación solar debi-

do a la forma y amplia superficie del conjunto de calles y edificaciones, que facilita la "captura" de los rayos solares; 6) una disminución de las pérdidas nocturnas de calor por irradiación debido, también, a las características geométricas de

calles y edificios, y 7) la recepción de radiación de onda larga absorbida y reemitida hacia el suelo por la contaminada atmósfera urbana.

La forma, la extensión espacial y la intensidad de la *isla de calor*

varían ampliamente dependiendo de características intrínsecamente urbanas, de localización y del estado del tiempo. Generalmente, para una determinada ciudad, la magnitud o intensidad del fenómeno, que puede evaluarse mediante la diferencia máxima, para un instante dado, entre las temperaturas de un punto del centro de la ciudad y otro de su periferia, viene condicionada por la hora del día, la estación del año, la velocidad del viento y la nubosidad. Así, las mayores diferencias térmicas entre el centro y la periferia de una ciudad suelen ocurrir pocas horas después de la puesta del sol, en noches invernales con calma anticiclónica y cielos despejados o escasamente nubosos.

Comparando diferentes ciudades, se aprecia que las intensidades máximas observadas dependen de las dimensiones de la ciudad. Más concretamente, y utilizando el nú-

mero de habitantes como un valor representativo del tamaño de la ciudad, la máxima diferencia entre las temperaturas del centro y del medio rural de los alrededores suele ser proporcional al logaritmo de la población. Para un área urbana como la barcelonesa, incluyendo los núcleos urbanos limítrofes sin solución de continuidad, pueden esperarse diferencias de hasta 8°C.

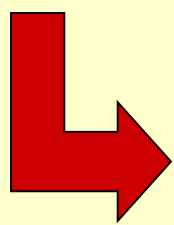
Con el objeto de conocer con precisión las características de la *isla de calor* barcelonesa, un equipo constituido por cinco profesores de los departamentos de Geografía de la Universidad de Barcelona y de la Universidad Autónoma de Barcelona está llevando a cabo, desde el otoño de 1985, una investigación sobre el fenómeno. La investigación, que cuenta con el apoyo del Ayuntamiento de Barcelona, la Corporación Metropolitana de Barcelona, el Earthnet-NPOC español y el Institut Cartogràfic de Catalunya, se inició con la realización de numerosos recorridos o trayectos urbanos con varias estaciones higrotérmicas móviles, para la medida de la temperatura del aire y de su grado de humedad relativa en diferentes lugares seleccionados. Las medidas realizadas hasta ahora constituyen ya un valioso banco de datos, que han permitido, tras los contrastes con las estaciones meteorológicas fijas y las correcciones temporales pertinentes, obtener mapas de isothermas de determinadas fechas y horas. En la figura 2 se muestra un ejemplo significativo, correspondiente al 5 de febrero de 1986, cuando, con cielo despejado y viento muy flojo, se alcanzaron, hacia las diez y media de la noche (hora solar) diferencias de 5°C entre Castelldefels y el Ensanche (y hasta de 7°C entre este mismo barrio y Montcada i Reixac, aunque en este caso el alejamiento del mar y otros hechos geográficos contribuyeron a agravar la diferencia).

En la actualidad, al tiempo que se continúa con las medidas empíricas y su elaboración estadística, se están realizando las primeras comparaciones y correlaciones de los datos de superficie con la información suministrada por las imágenes del satélite "Landsat-5 T.M.", de utilidad en el estudio del fenómeno.



Los límites físicos del planeta Tierra

El Periódico de Catalunya, 9-9-2009

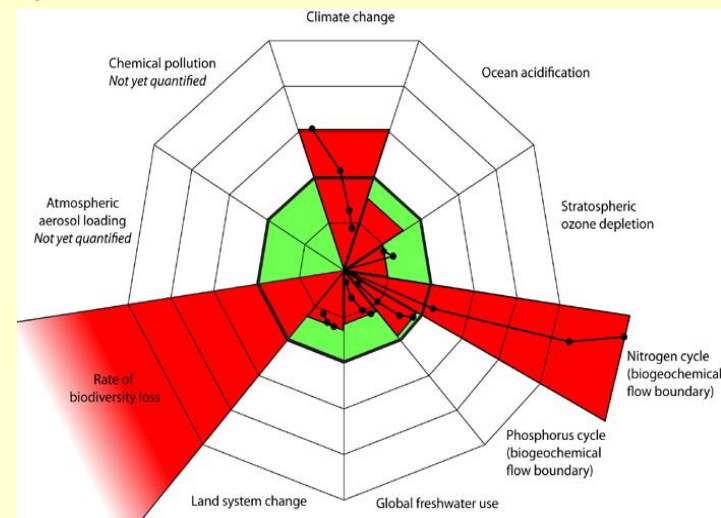


Sólo 40.000 km de
circunferencia (!).
Y 7.400 millones de
humanos.

En Rockström, J., W...P. Crutzen...(2009) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32.

se identifican 9 problemas que llevan asociados sendos límites biofísicos planetarios:

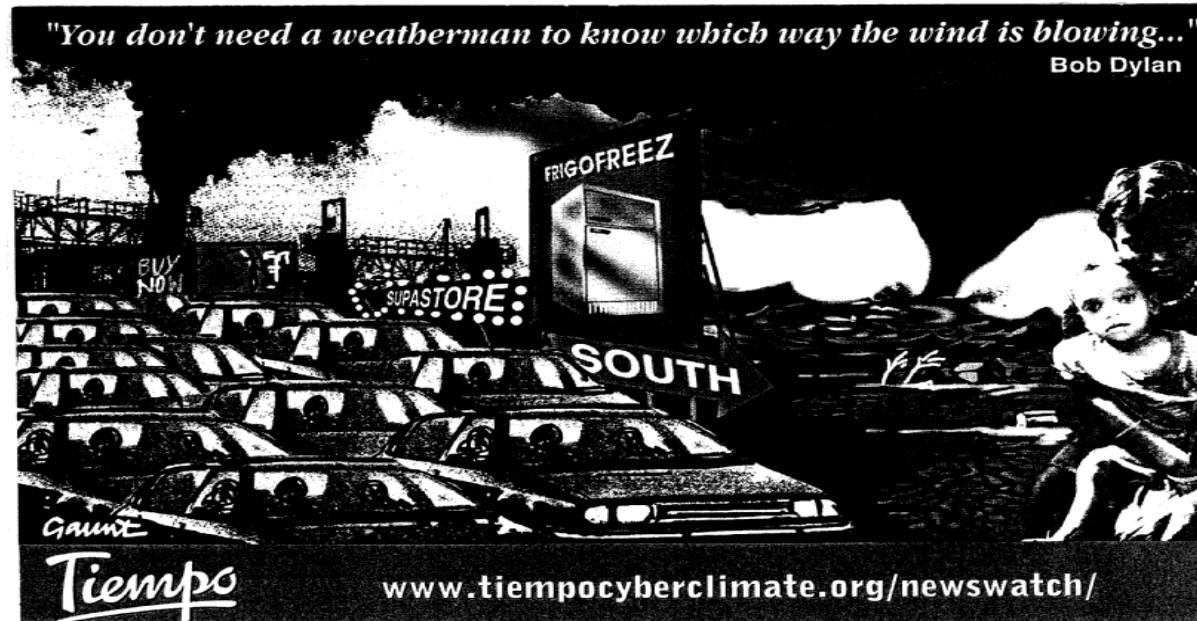
- **Cambio climático** (350 ppm de concentración de CO_2 y/o un cambio de forzamiento radiativo de $+1\text{W}/\text{m}^2$)
- Acidificación del océano
- Agujero de ozono estratosférico
- Cambios en los ciclos globales del P y N
- Carga de aerosol atmosférico
- Uso de agua dulce
- Cambios de usos del suelo
- Pérdida de biodiversidad
- Contaminación química



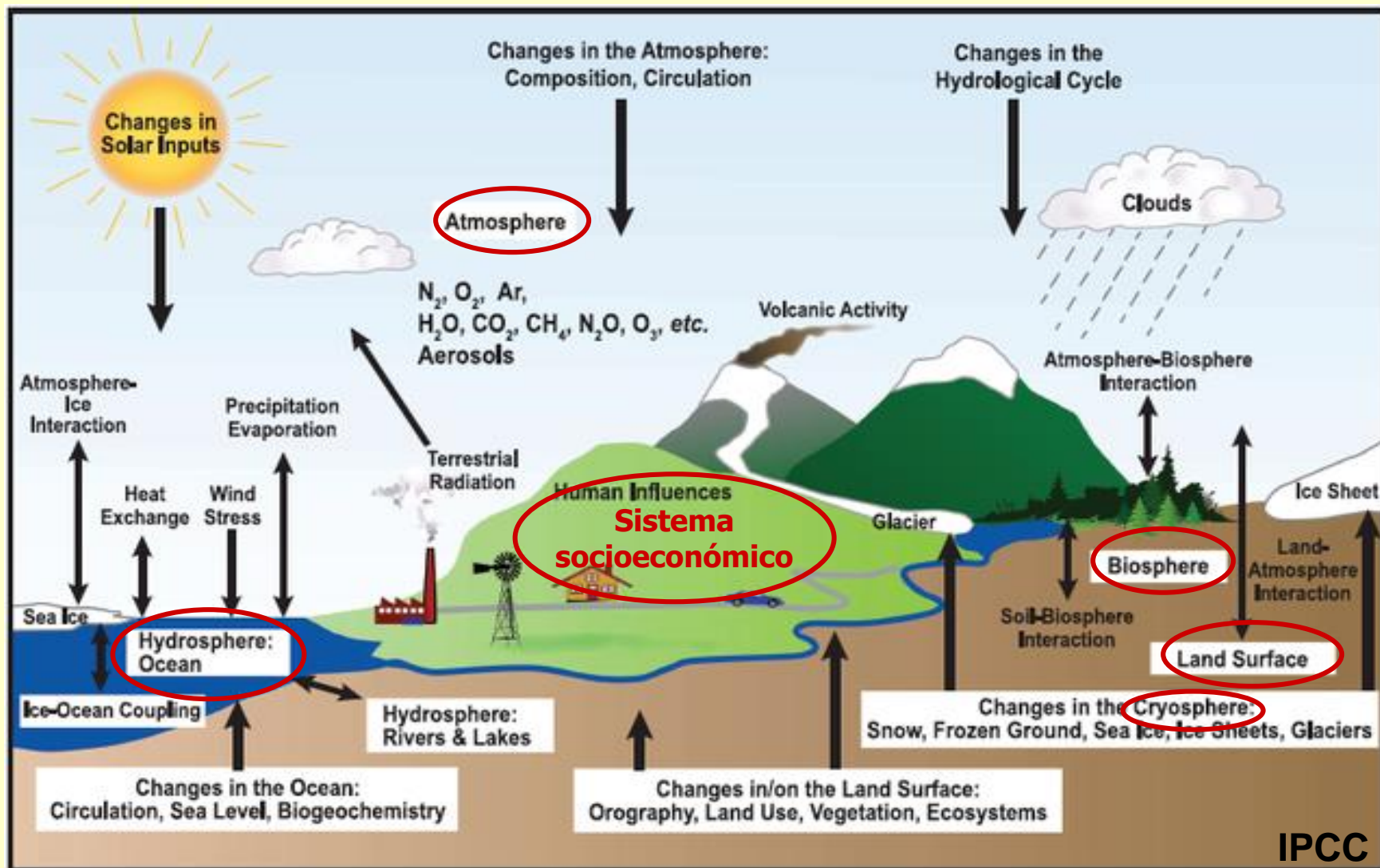
EL CAMBIO CLIMÁTICO es el problema ambiental (y no es sólo ambiental) más importante al que se enfrenta la humanidad.

Todos los habitantes del planeta tenemos una cuota de participación en el mismo, dado que, en mayor o menor cuantía, consumimos combustibles fósiles.

Todos somos agentes del cambio climático y todos podemos ser víctimas.



El sistema climático y las teleconexiones

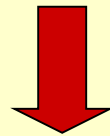


La inercia del sistema climático: El océano, acumulador de calor, papel termorregulador



Metáfora del trasatlántico

- Even if atmospheric composition were fixed today, global-mean temperature and sea level rise would continue due to oceanic thermal inertia (Wigley, 20005, Science, Vol. 307 no. 5716 pp. 1766-1769)



El principio de cautela o de precaución obliga a la acción

5º Informe IPCC, Grupo de Trabajo I (2014)

Resumen para políticos

“El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y, desde los años 50 del siglo XX, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en décadas a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los totales de hielo y nieve han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado”

La variabilidad natural del clima: Solar, volcánica e interna

Volcán Eyjafjallajokull
(The Boston Globe)



El cambio climático no es una novedad. A lo largo de la historia geológica del planeta se han producido cambios climáticos numerosos y de notable magnitud

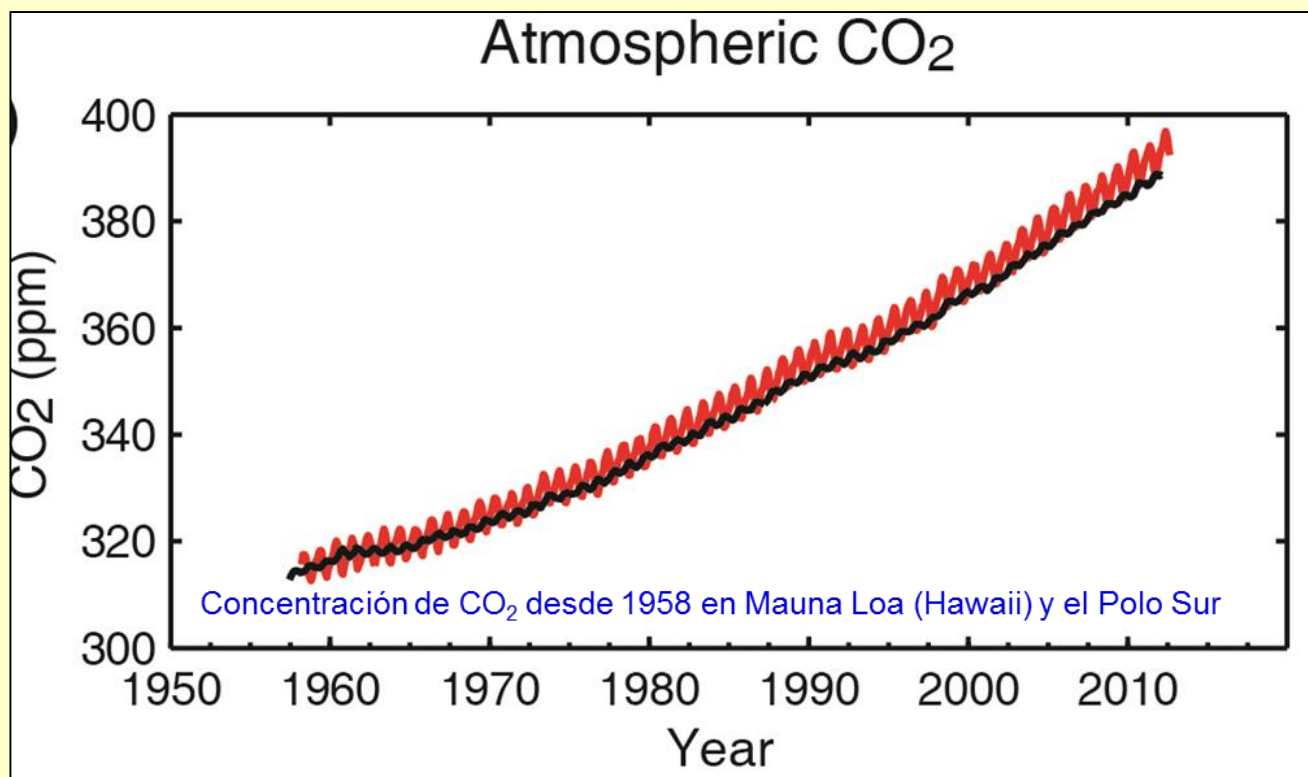
- Por causas naturales externas (cambios en la “constante” solar, ciclos de los parámetros orbitales, etc.)
- Por causas naturales endógenas (variación en la actividad volcánica, “desplazamiento” de los continentes, etc.)



La composición química de la atmósfera se ha modificado desde el comienzo de la Revolución Industrial por causa antrópica

“Somos los primeros seres humanos que respiramos aire con 400 ppm de CO₂” (Christiana Figueres)

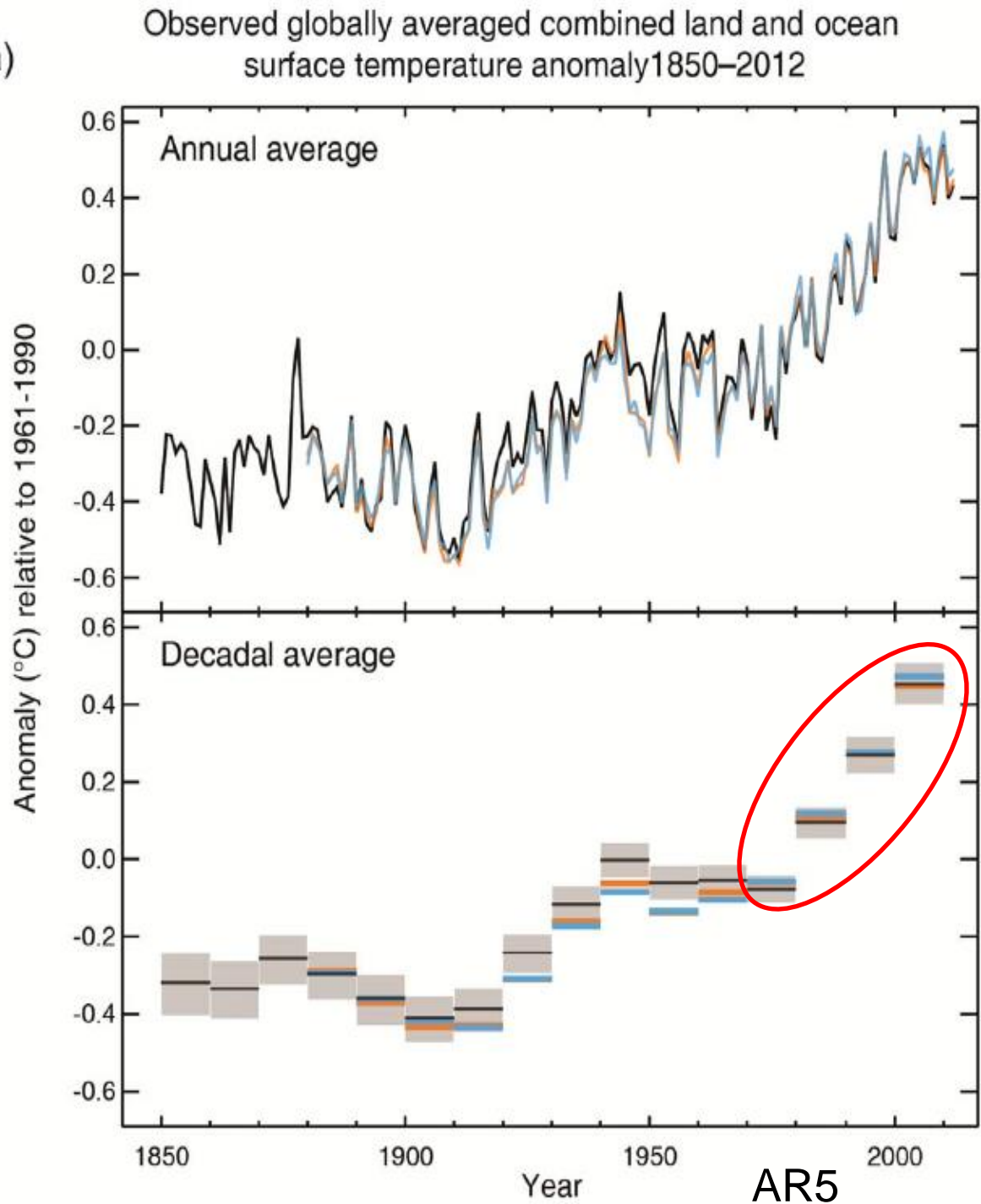
La concentración actual de CO₂ troposférico es de 407,05 ppmv (marzo 2017), cuando a finales del siglo XIX era de 290 ppmv



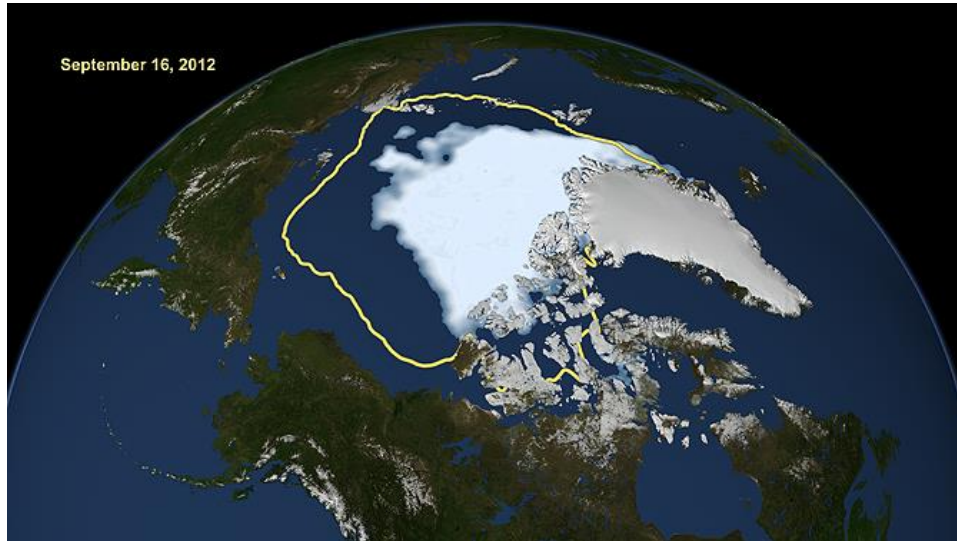
La temperatura media global ha aumentado $0,85^{\circ}\text{C}$ durante el período 1880-2012

Las tres últimas décadas han sido, sin duda, sucesivamente las más cálidas de todo el período instrumental, período en el que hay suficientes registros meteorológicos, desde 1850

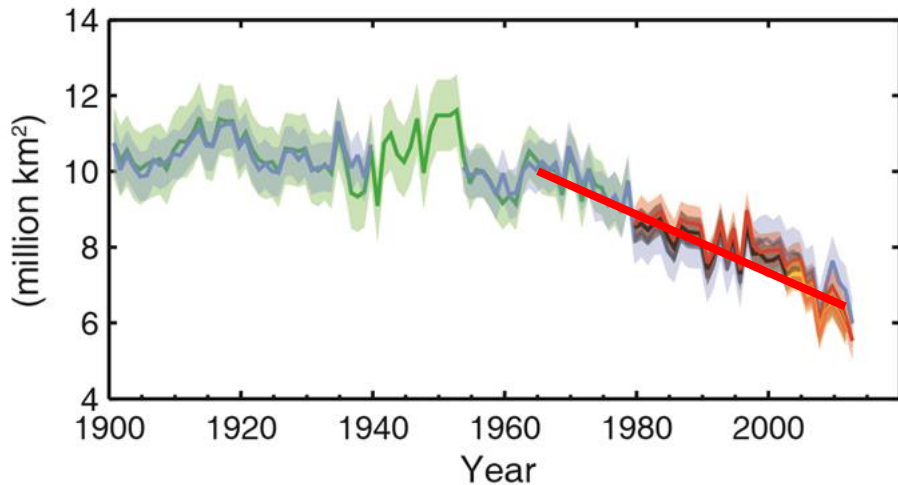
(a)



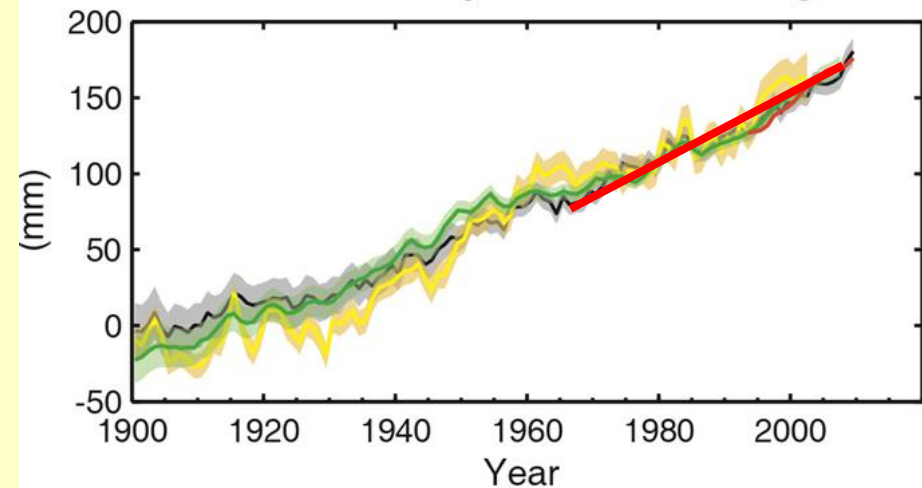
Otros cambios observados



Arctic summer sea ice extent



Global average sea level change



Ejemplo del retroceso glaciar

Evolución de la superficie del glaciar Chacaltaya (Bolivia)
en el período 1940-2005



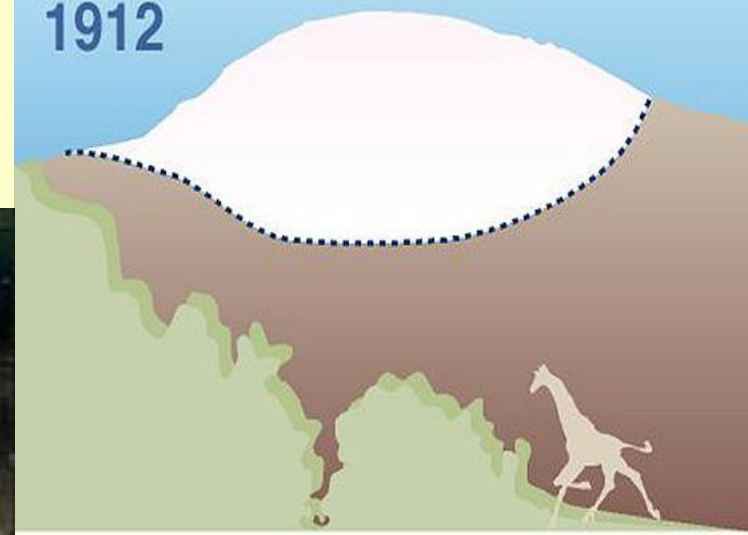
Desapareció en 2010

LAS NIEVES DEL KILIMANJARO

Las nieves del Kilimanjaro

The Melting Snows of Kilimanjaro

1912

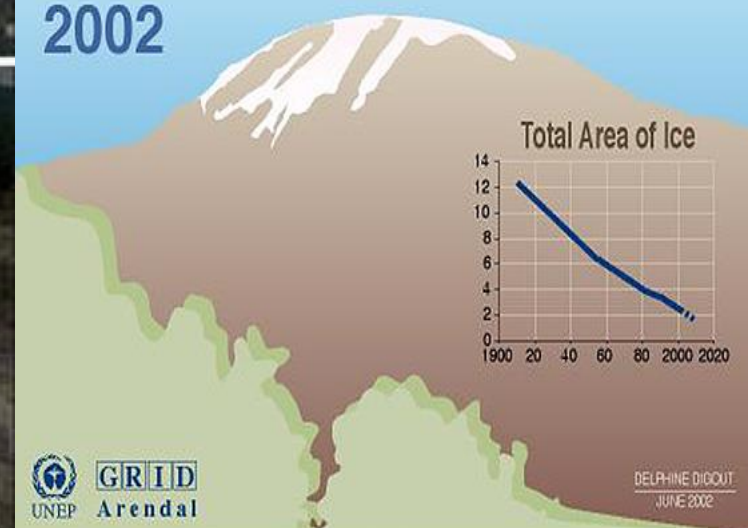


Glaciers

ice

--- Estimated line

2002



UNEP GRID Arendal

DELPHINE DIDOUT
JUNE 2002

February 17, 1993
17-II-1993



February 21, 2000
21-II-2000

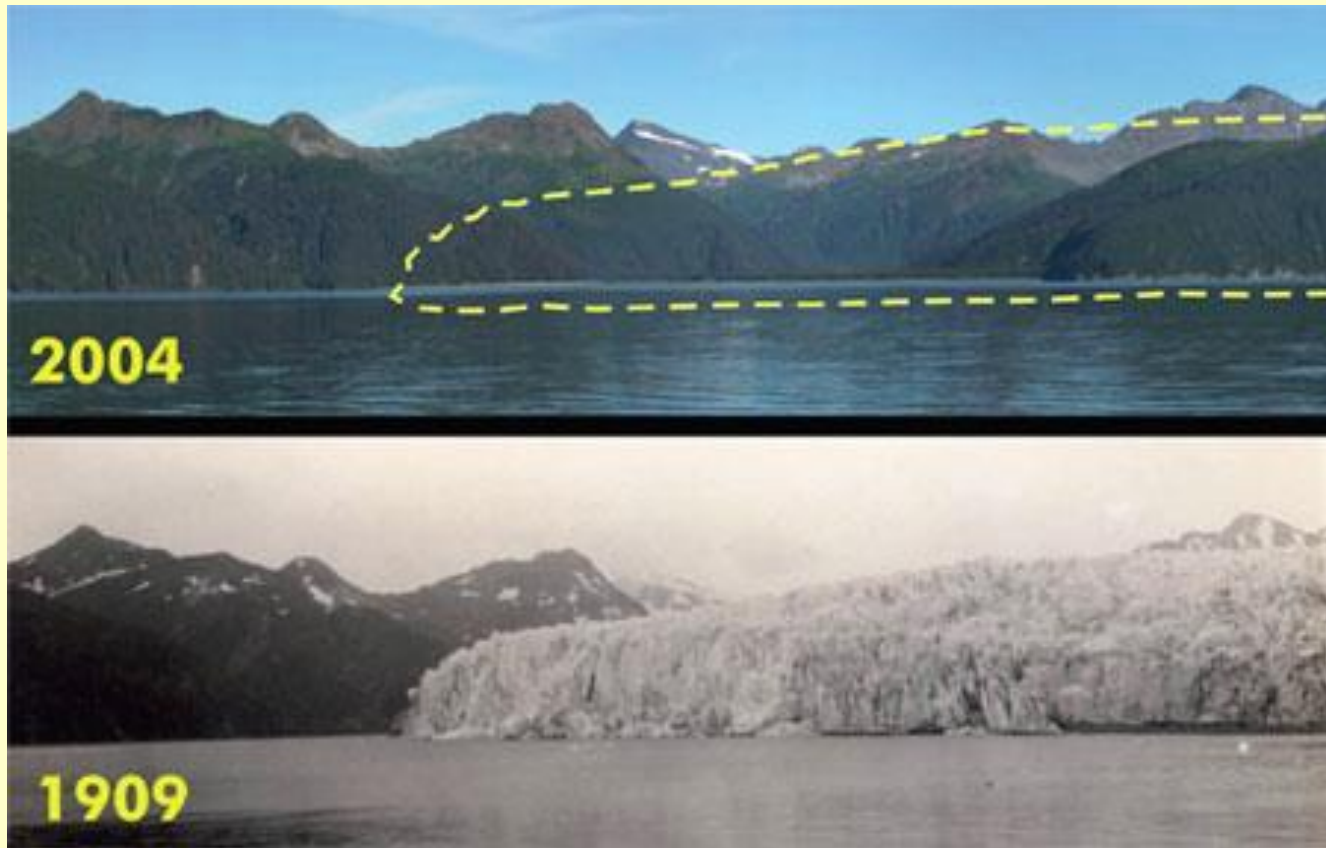


1952 13,3 km²

2011 2,1 km²

NASA

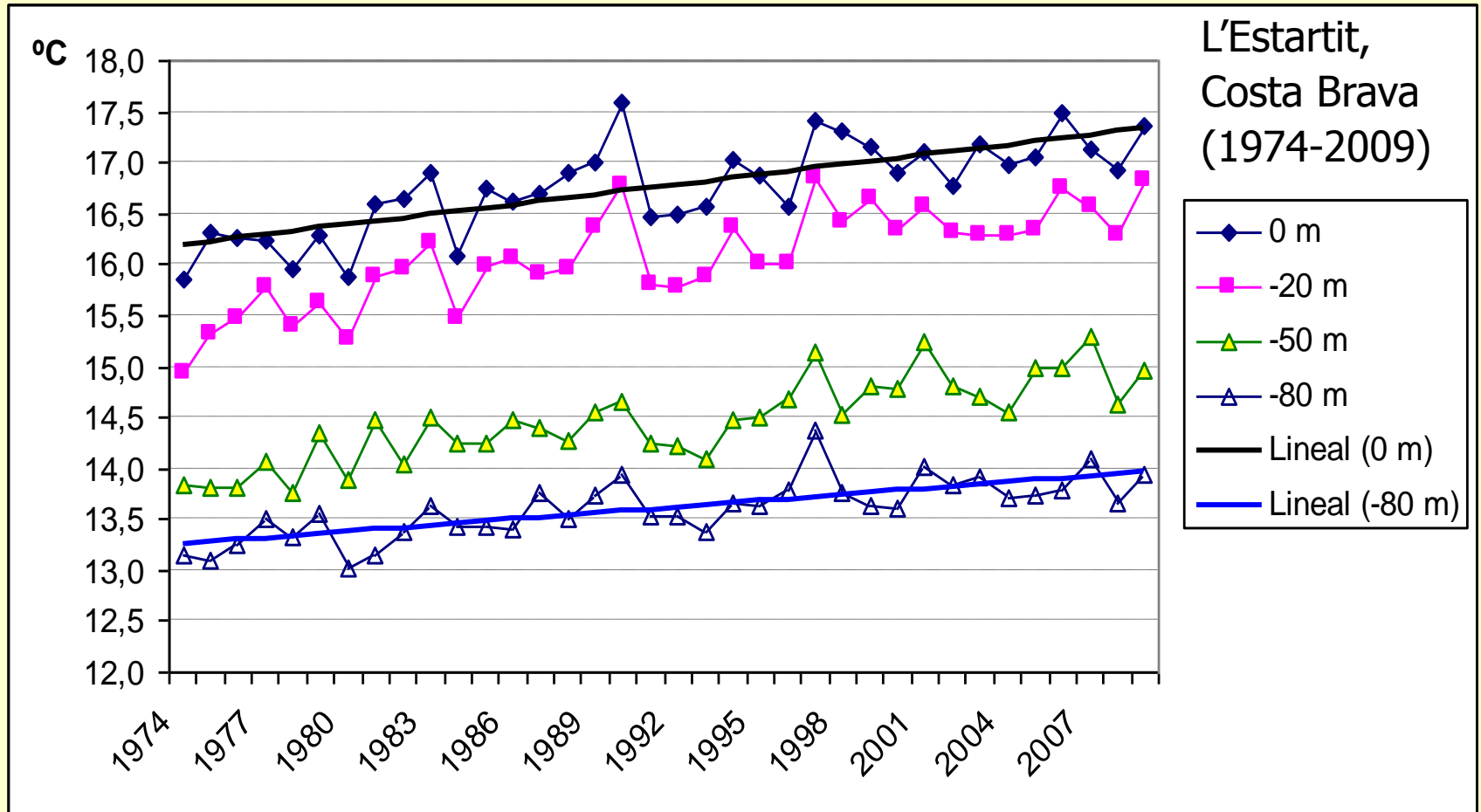
Sources: Meeting of the American Association for the Advancement of Science (AAAS), February 2001 ; Earthobservatory.nasa.gov.



McCarty Glacier en Alaska

<http://www.wrd.org/engineering/central-west-coast-basin-climate-change.php>

La temperatura de las aguas de la costa catalana ha aumentado




Datos registrados por J.Pascual

“Es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX” (AR5)

$\geq 95\%$

La certidumbre sobre la causa antrópica del cambio climático



66% **3°IPCC 2001** “Most of the observed warming over the last 50 years is **likely** to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations”

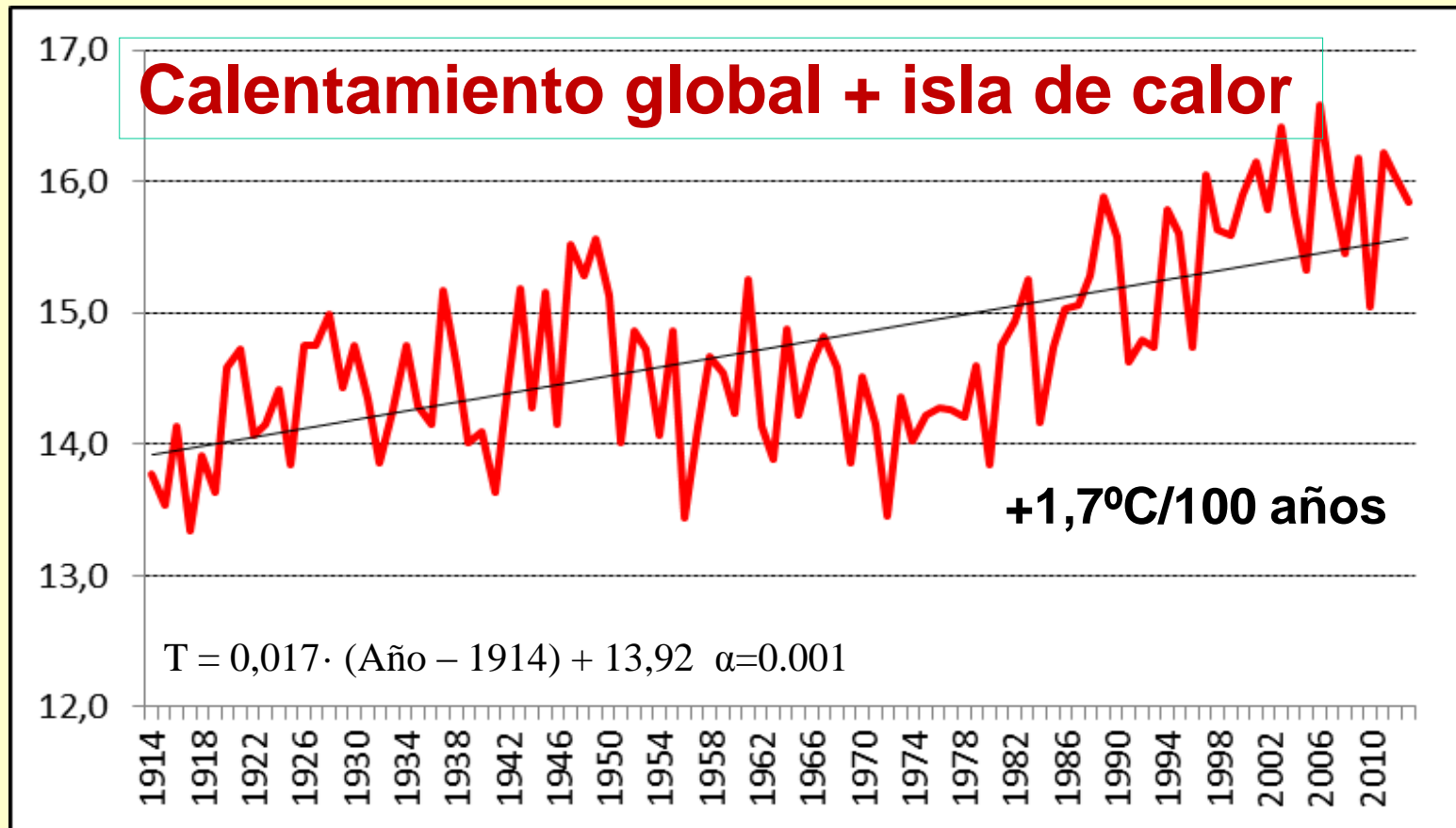
90% **4°IPCC 2007** “Most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20th century is **very likely** due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations”

95% **5°IPCC 2013** “It is **extremely likely** that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century”

Evolución de la temperatura media anual en el Observatorio Fabra (1914-2013)



RACAB

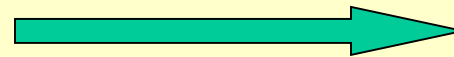


Los riesgos climáticos: Los episodios meteorológicos extremos no tienen que ver con el cambio climático, aunque éste producirá, probablemente, su aumento e intensificación



$$\text{Riesgo} = f (P, V, E)$$

P: Peligro (riesgo) natural



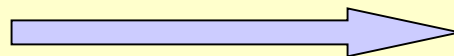
NATURALEZA

V: Vulnerabilidad



SOCIEDAD

E: Exposición



TERRITORIO

EL CLIMA FUTURO

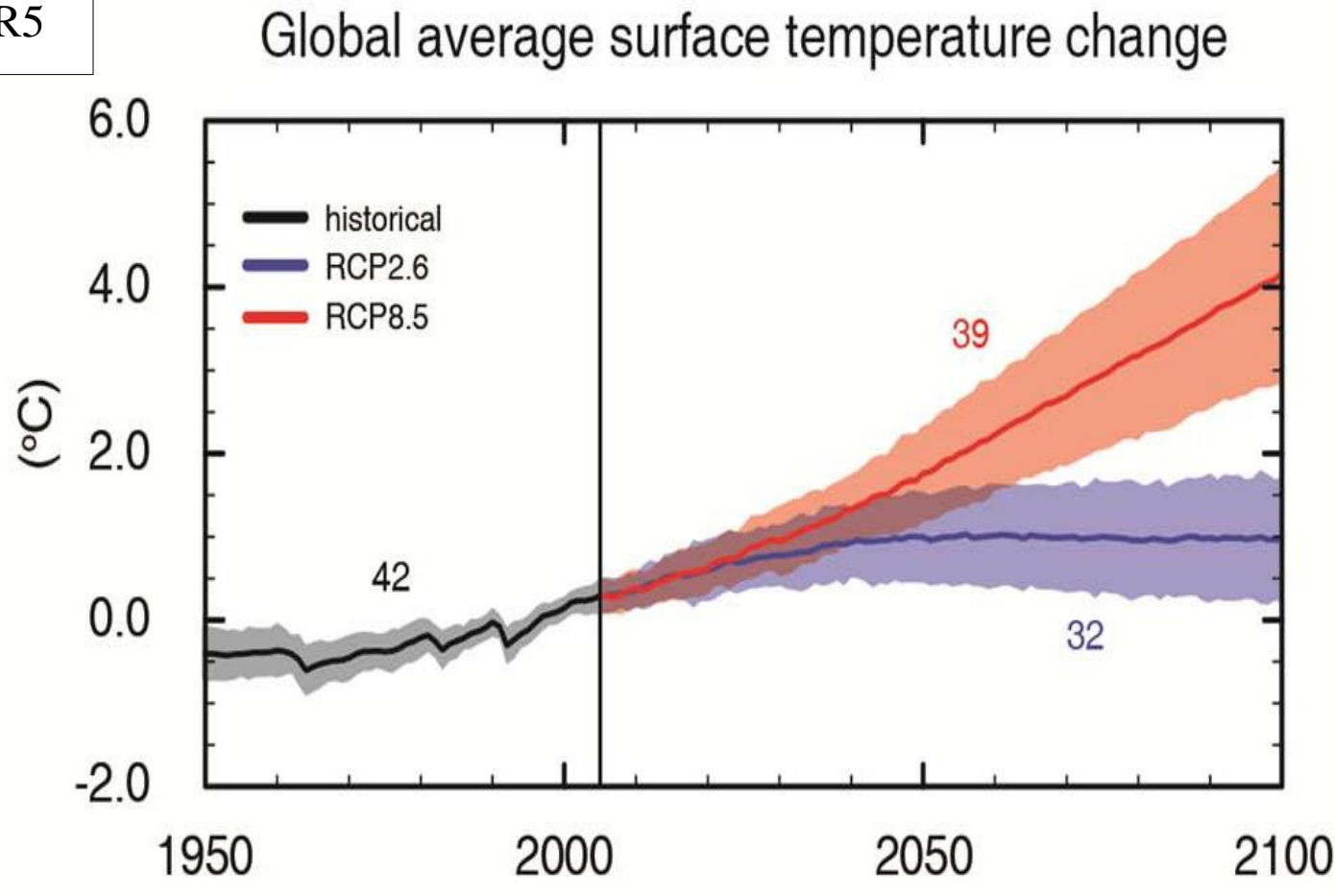


Las proyecciones climáticas...no predicciones

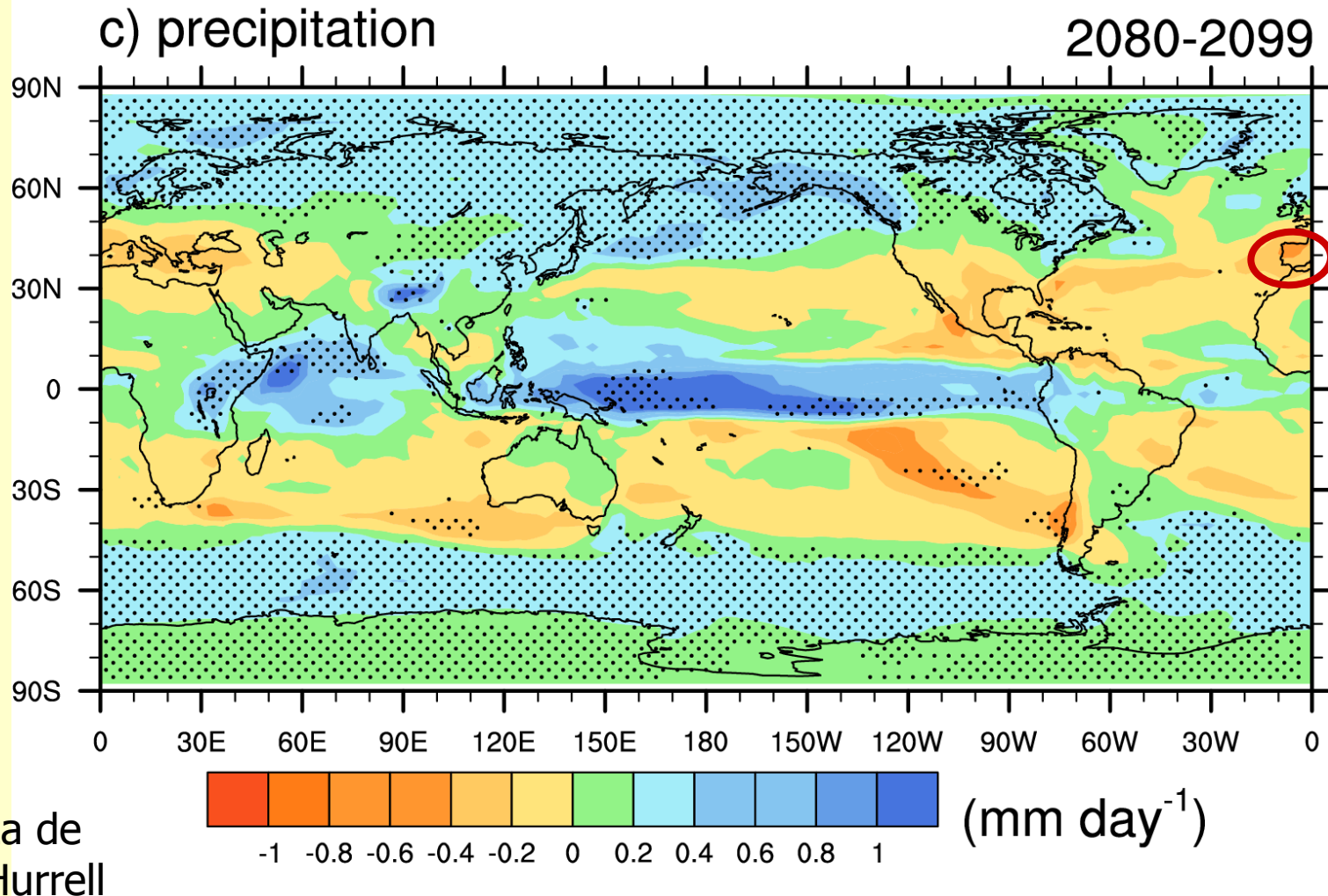
Proyecciones de temperatura

Aumento proyectado de temperatura para 2081-2100, respecto a 1986-2005: Entre **1,0** y **3,7°C**.

AR5



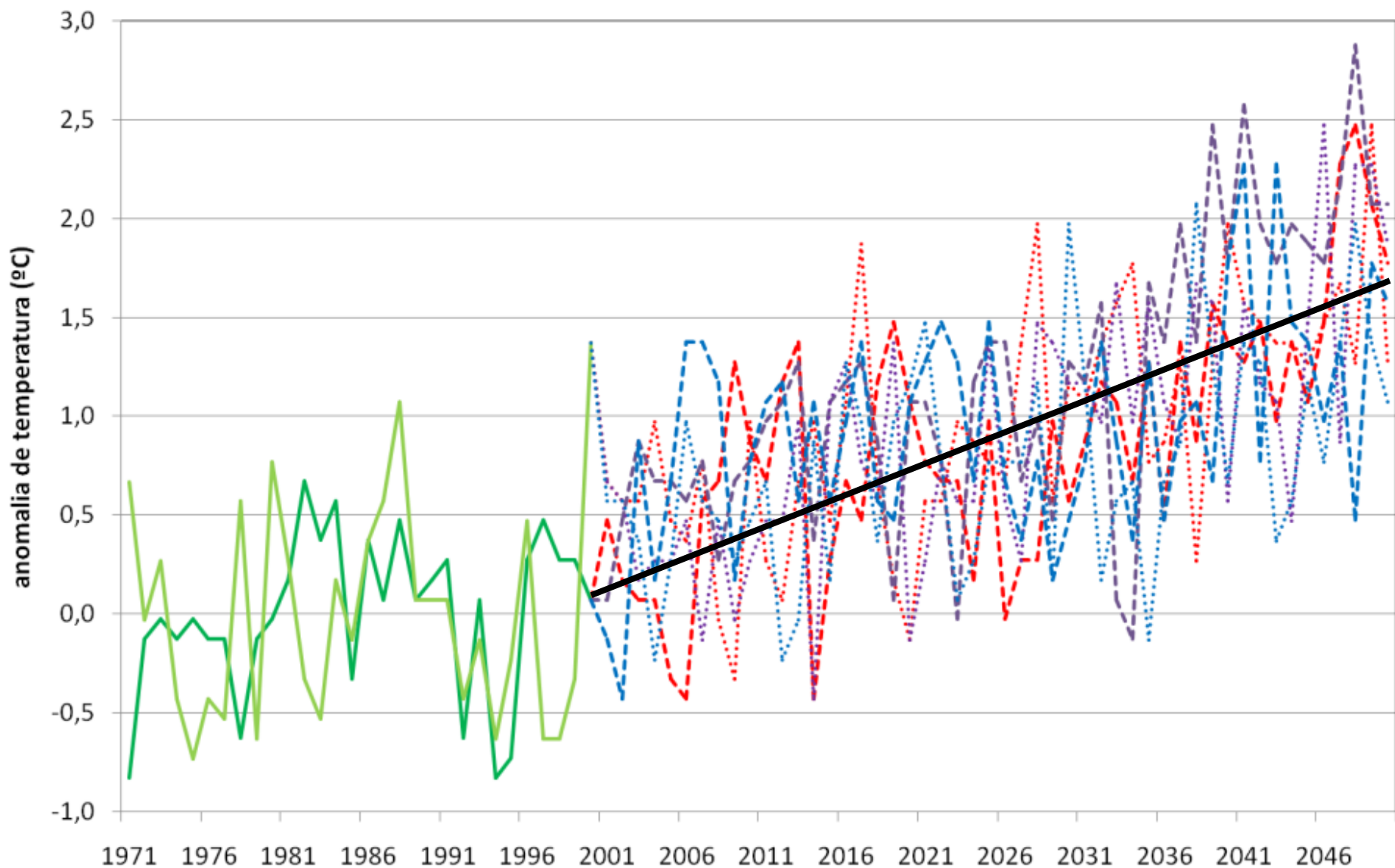
Cambios futuros en la precipitación



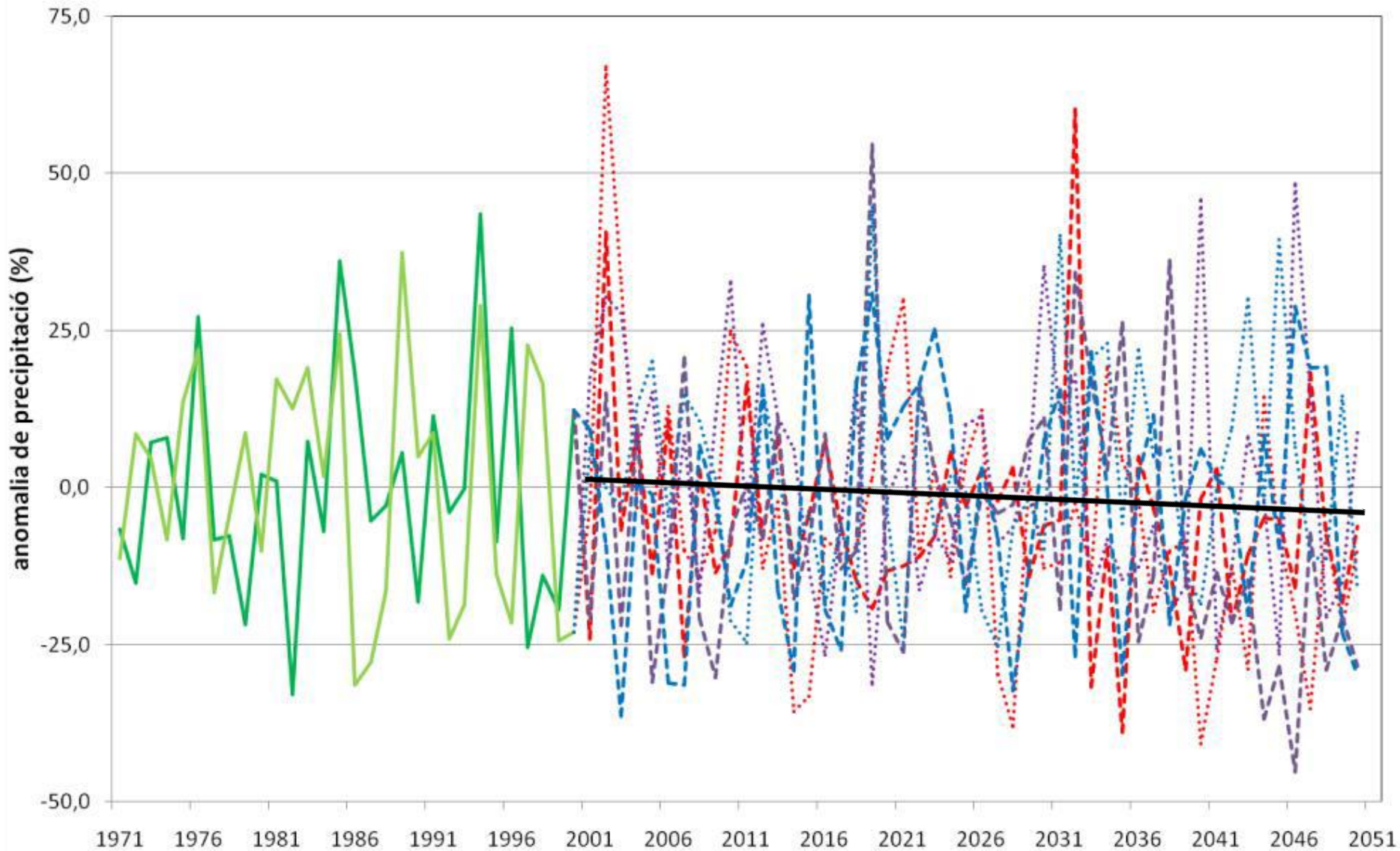
AR5: Mayor contraste entre áreas lluviosas y secas

Projecto ESCAT (Generació d'escenaris climàtics amb alta resolució per a Catalunya) (SMC, 2012)

Evolució de les anomalies projectades de la temperatura mitjana anual (1971-2050)



Evolució de les anomalies projectades de la precipitació mitjana anual (1971-2050)



SMC (2012)



Martín Vide, J. (coord.) (2016). *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans.

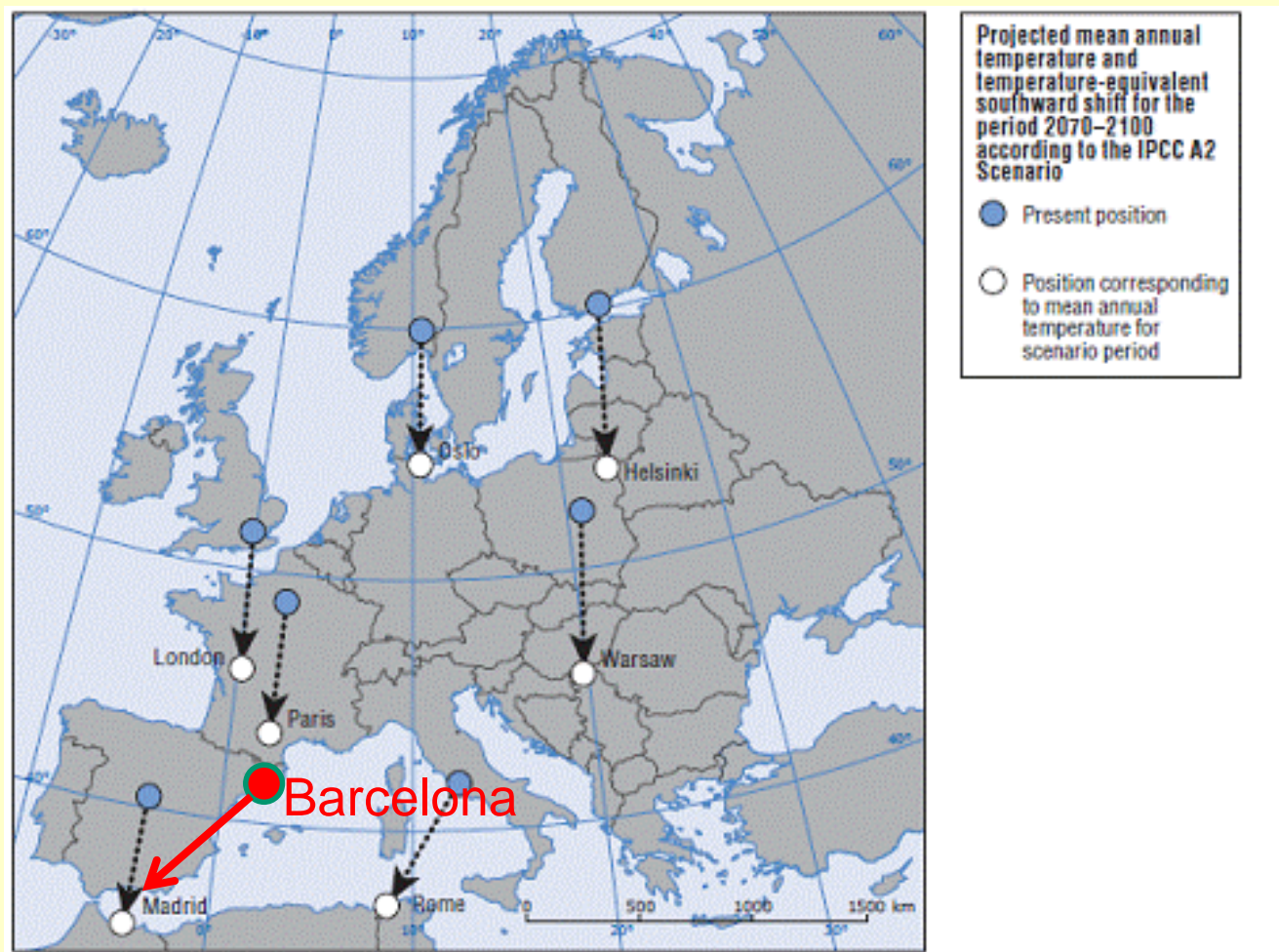
- ❖ **Entre 1950 i 2014** la temperatura mitjana anual de l'aire **s'ha incrementat en 0,23°C**.
- ❖ Les projeccions apunten a un **augment** de la temperatura **de 1,4°C per a mitjans de segle** (respecte a la mitjana 1971-2000).
- ❖ **Entre 1950 i 2014** la precipitació **ha disminuït un 1,2%/dècada** al conjunt del país (valor estadísticament no significatiu)
- ❖ Les projeccions apunten a una **disminució de la precipitació de cara a 2050**, tot i que la tendència és més incerta.

ISBN 9788499653174 (IEC)

ISBN 9788439394488 (Generalitat de Catalunya)

http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/TERCER_INFORME_CANVI_CLIMATIC_web.pdf

Desplazamiento latitudinal equivalente al calentamiento en varias ciudades europeas



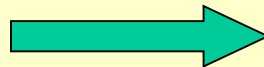
Dos acciones clave

- **Mitigación:** Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para que el calentamiento sea el mínimo posible.
- **Adaptación:** Ajustarse a las nuevas condiciones ambientales reduciendo el efecto de los impactos y aprovechando las nuevas oportunidades.

Adaptación, un ejemplo: El turismo de montaña

- El calentamiento dificultará seriamente la viabilidad económica de las estaciones de esquí, de un modo progresivo a lo largo del siglo, aunque aún habrá buenas temporadas para los deportes blancos.
- Se abren nuevas oportunidades (adaptarse es también aprovechar las nuevas oportunidades), de disfrute de las potencialidades que ofrece la naturaleza y el paisaje en un calendario ampliado.

Estaciones de esquí



Estaciones de montaña

A dramatic sunset over a dark landscape. The sun is low on the horizon, creating a bright orange and yellow glow that filters through dark, horizontal clouds. In the foreground, the dark silhouette of a vine branch with leaves is visible on the right side, partially obscuring the sun. The overall mood is somber and atmospheric.

EL VINO Y EL CLIMA

una relación amenazada

WINE AND CLIMATE
A threatened relationship

Cambio climático y su **difusión**...

- ...**con un enfoque global** (reflexión, solidaridad)
- ...**verídica** (los hechos no se pueden ocultar ni presentar exageradamente)
- ...**para la acción**
- ... **positiva** (proactiva, responsable, generosa, inteligente)
- ...**respetuosa y en pro de la sostenibilidad**

Divulgación científica y ciencia ciudadana

CIENCIA

Divulgación de la ciencia

Ciencia ciudadana

Participación activa
(observacional, etc.)

Concienciación





Ch. Marion Russell (1864-1926)

cowboy



astronauta



NASA



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Acte de lliurament de la
Distinció de divulgació
científica
26 abril 2017



Gràcies

Ginebra
J.Martín-Vide