IV CONGRÉS DE L'AIGUA A CATALUNYA

REPTES A LA GESTIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS DAVANT L'EMERGÈNCIA CLIMÀTICA

associació catalana d'amics de l'aigua

Canvi climàtic i crisi

Javier Martín-Vide

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Institut de Recerca de l'Aigua | UNIVERSITAT DE BARCELONA

Climatology Group

GECCC
Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya

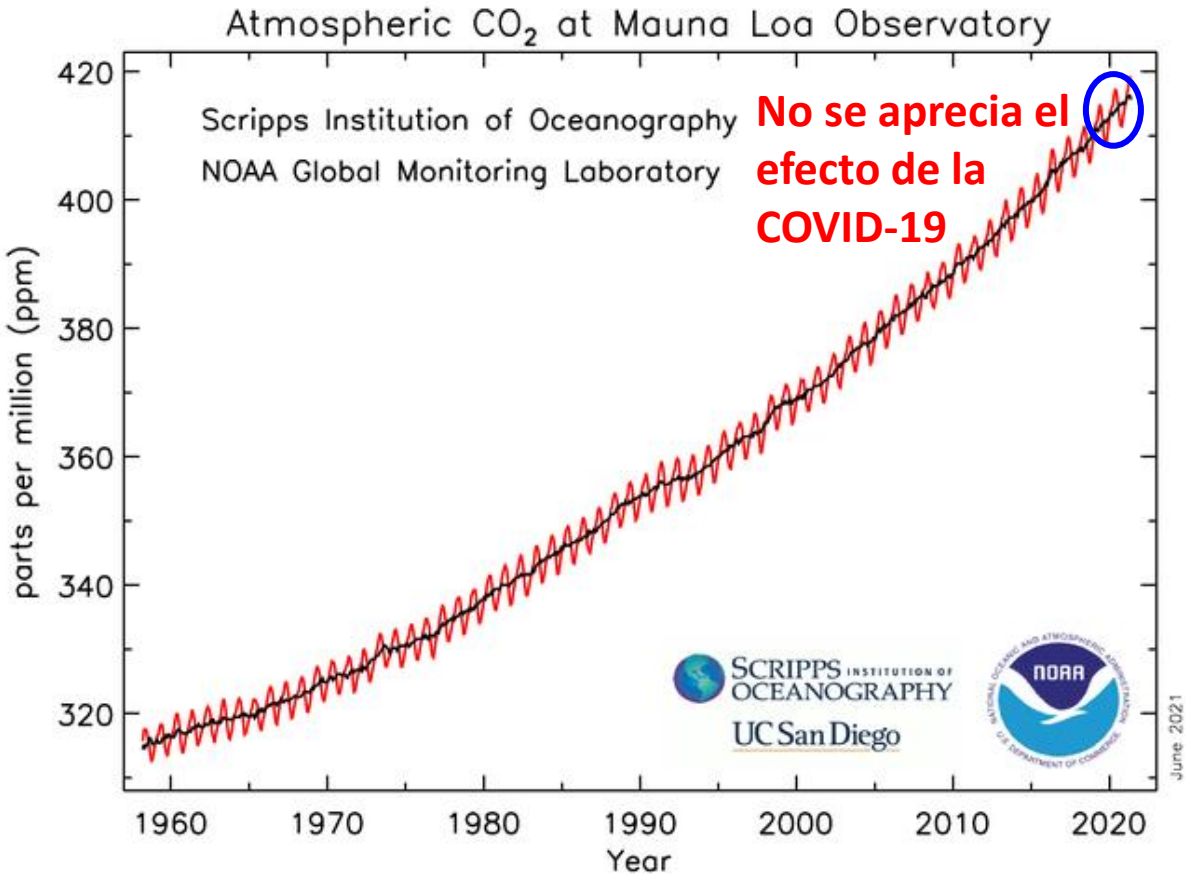
Barcelona, 19 octubre 2021

El origen del problema:

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

- La concentración actual de CO_2 troposférico es: **413,30** ppmv (septiembre 2021), cuando a finales del siglo XIX era de 290 ppmv.

- Es la concentración más alta en al menos los últimos 2 millones de años (6º IPCC).

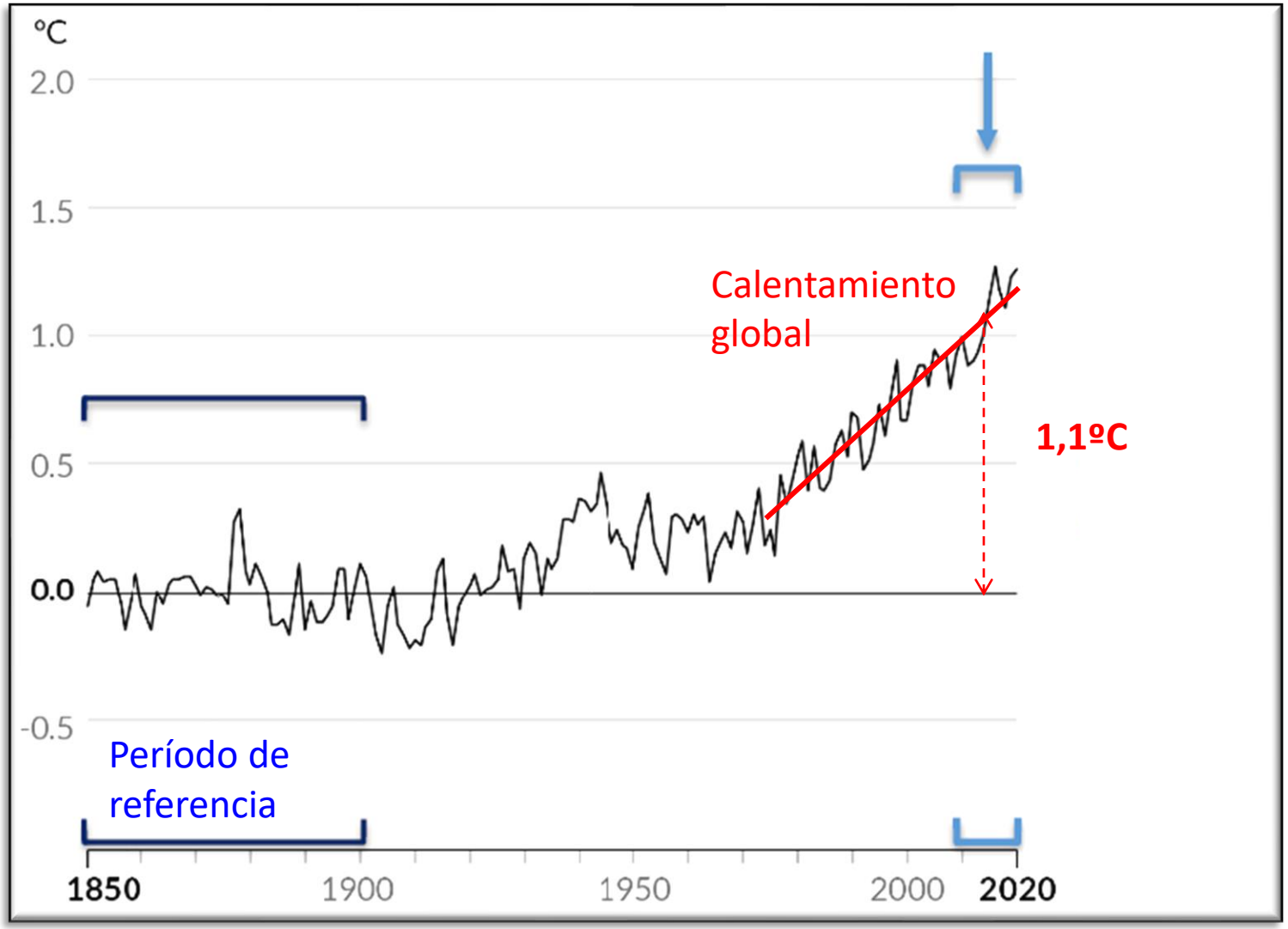


Concentración de CO_2 desde 1958 en Mauna Loa (Hawaii)

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

Calentamiento global actual: 1,1ºC

(respecto al promedio 1850-1900)
(6ºIPCC)



https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_Press_Conference_Slides.pdf

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

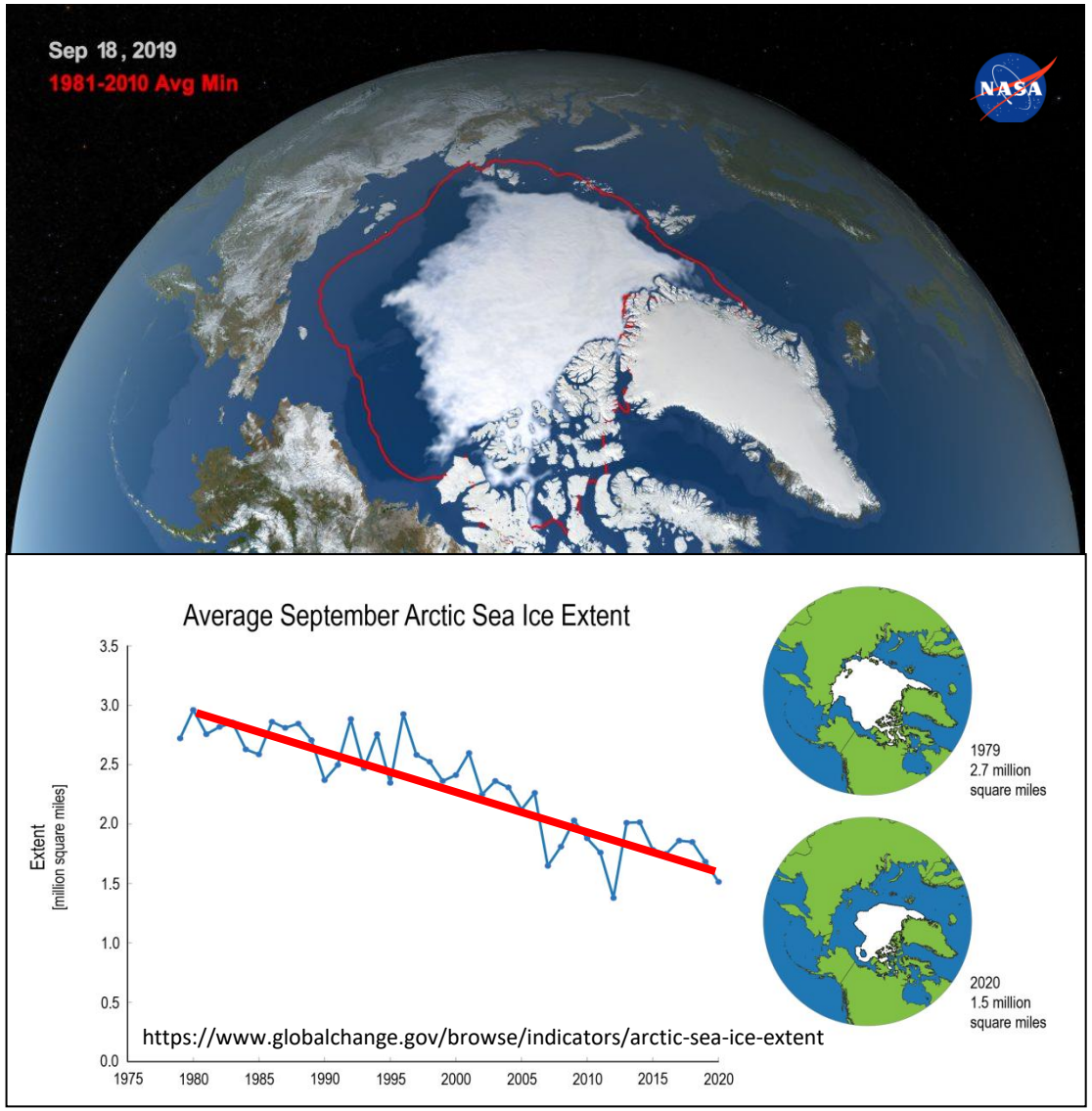
Metáfora del trasatlántico

- 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

EMERGENCIA CLIMÁTICA (!!)

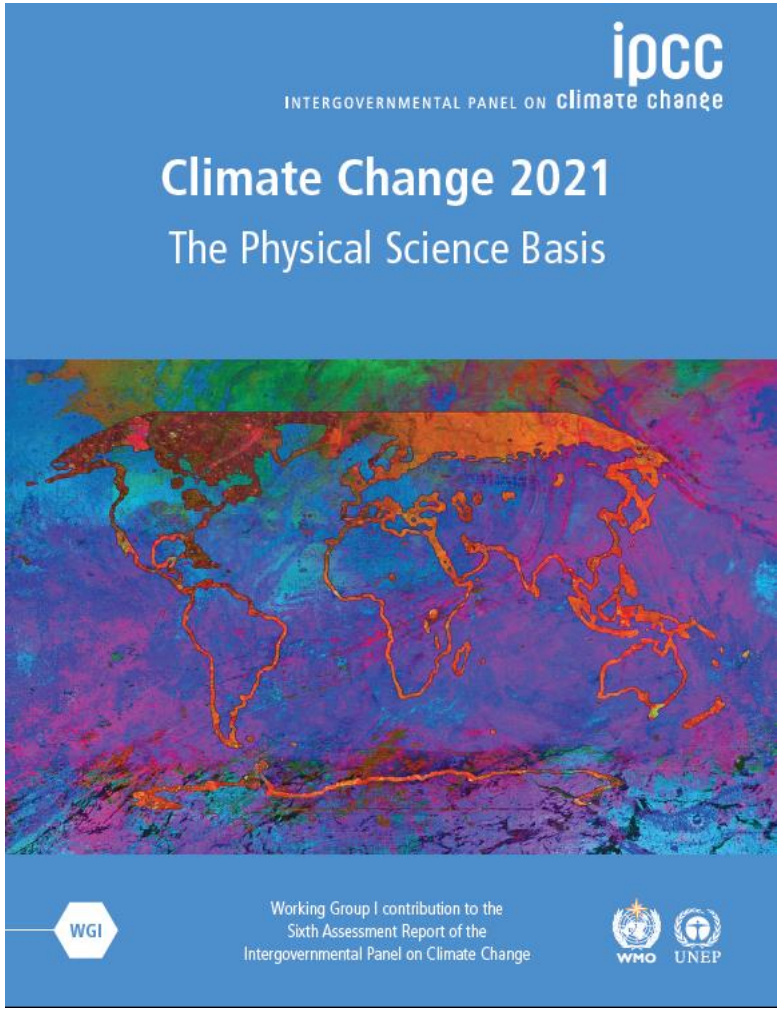
Otros cambios observados…



Disminución de la superficie de hielo marino del Ártico entre 1979-1988 y 2010-2019: alrededor del **40%** en septiembre (6ºIPCC)

El nivel medio global del mar aumentó en 0,20 m entre 1901 y 2018 [….] y aumentó aún más, **3,7 mm/año** , entre 2006 y 2018 (6ºIPCC)

6º IPCC (2021)



“Es indiscutible que las actividades humanas están provocando el cambio climático, haciendo que los eventos climáticos extremos, como olas de calor, lluvias torrenciales y sequías, sean más frecuentes y severos”

“La escala de los cambios recientes en todo el sistema climático y el estado actual de muchos aspectos del sistema climático[…] no tienen precedentes en muchos siglos o miles de años”

La certidumbre sobre la causa antrópica del cambio climático

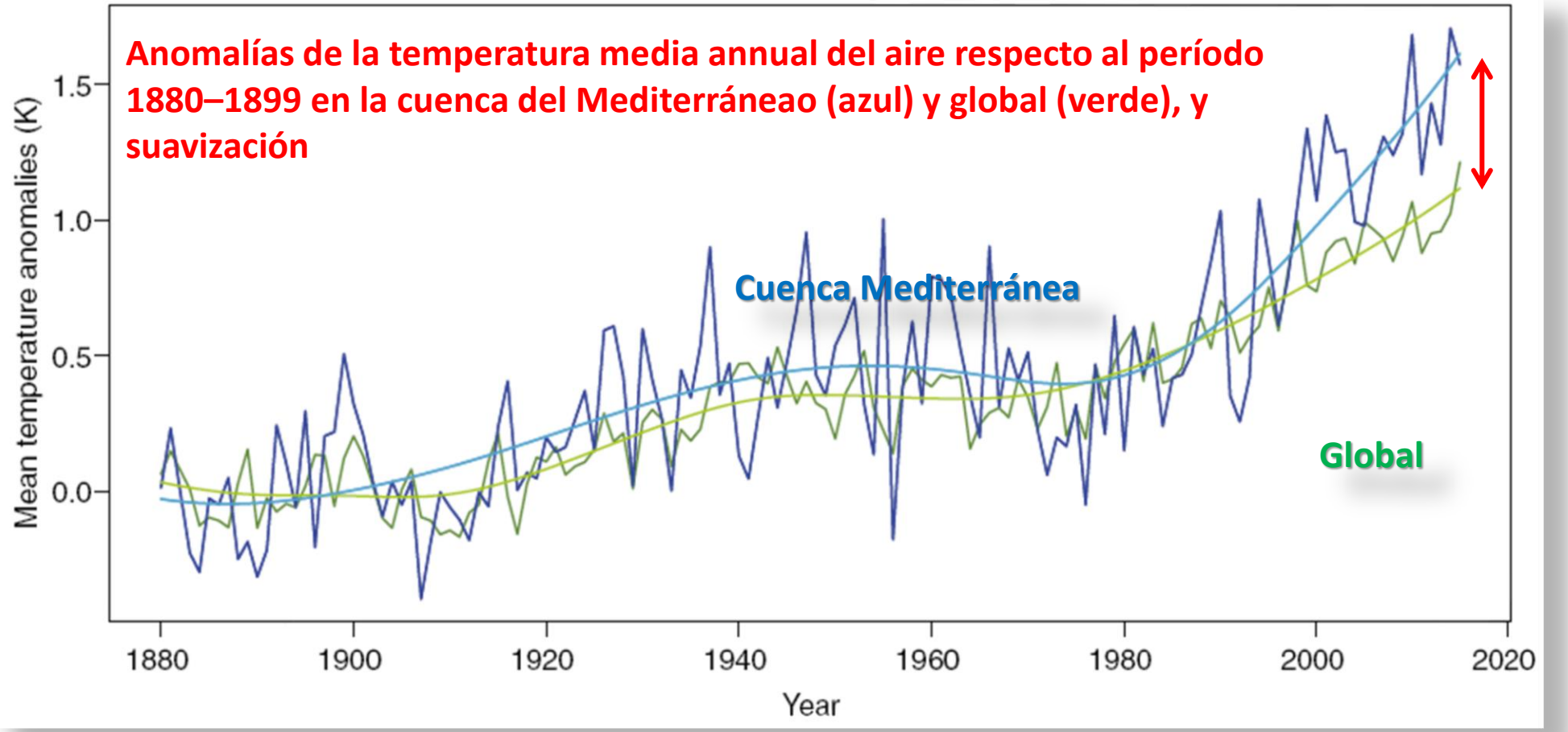
66% **3ºIPCC 2001** "Most of the observed warming over the last 50 years is **likely** to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations"

90% **4ºIPCC 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% **5ºIPCC 2013** "It is **extremely likely** that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century"

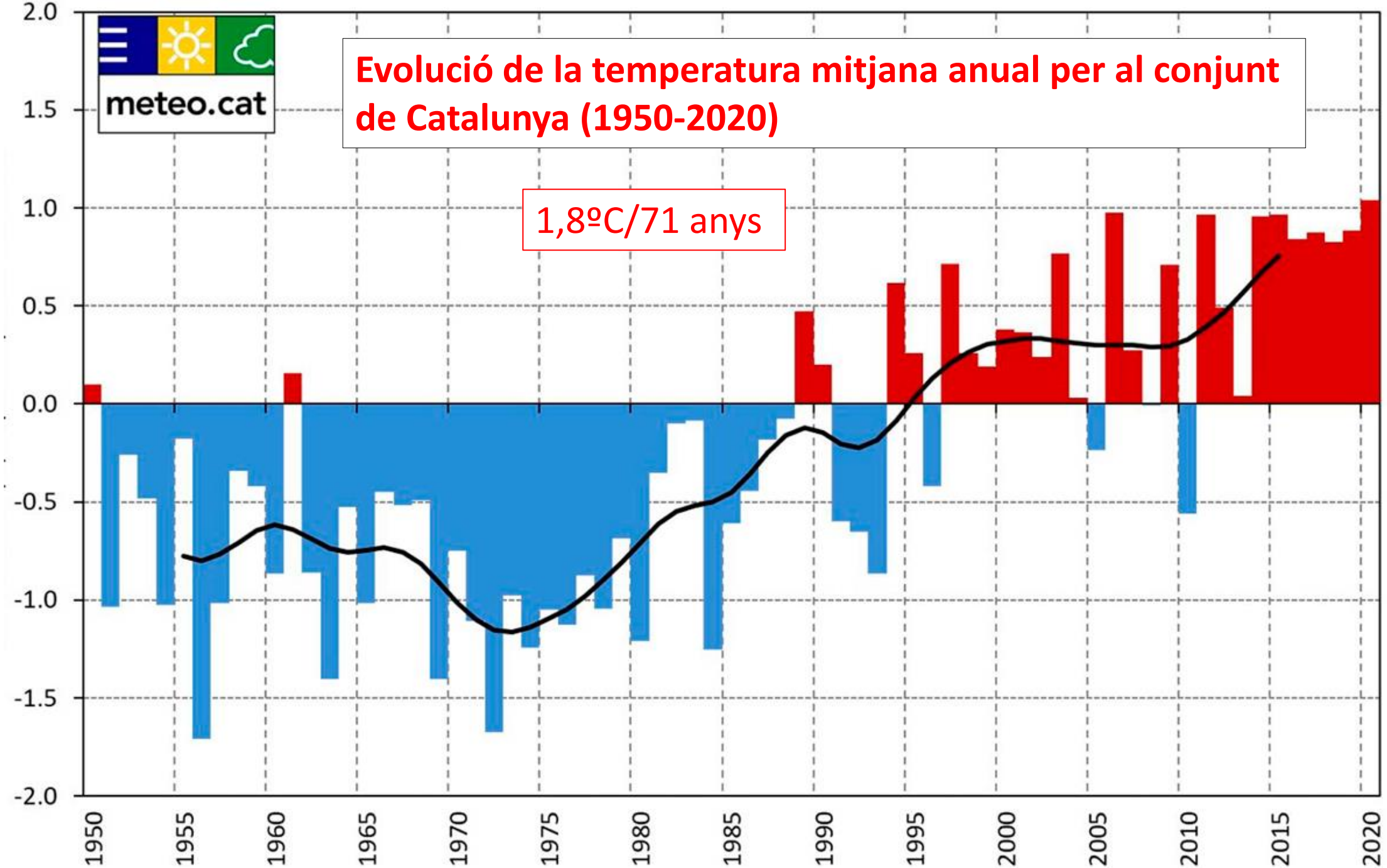
99% **6ºIPCC 2021** "Es **inequívoco** que la influencia humana ha ocasionado el calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra. Se han producido cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, el océano, la criosfera y la biosfera"

Calentamiento regional en la cuenca del Mediterráneo



Cramer et al (2018), Datos procedentes de http://berkeleyearth.org/

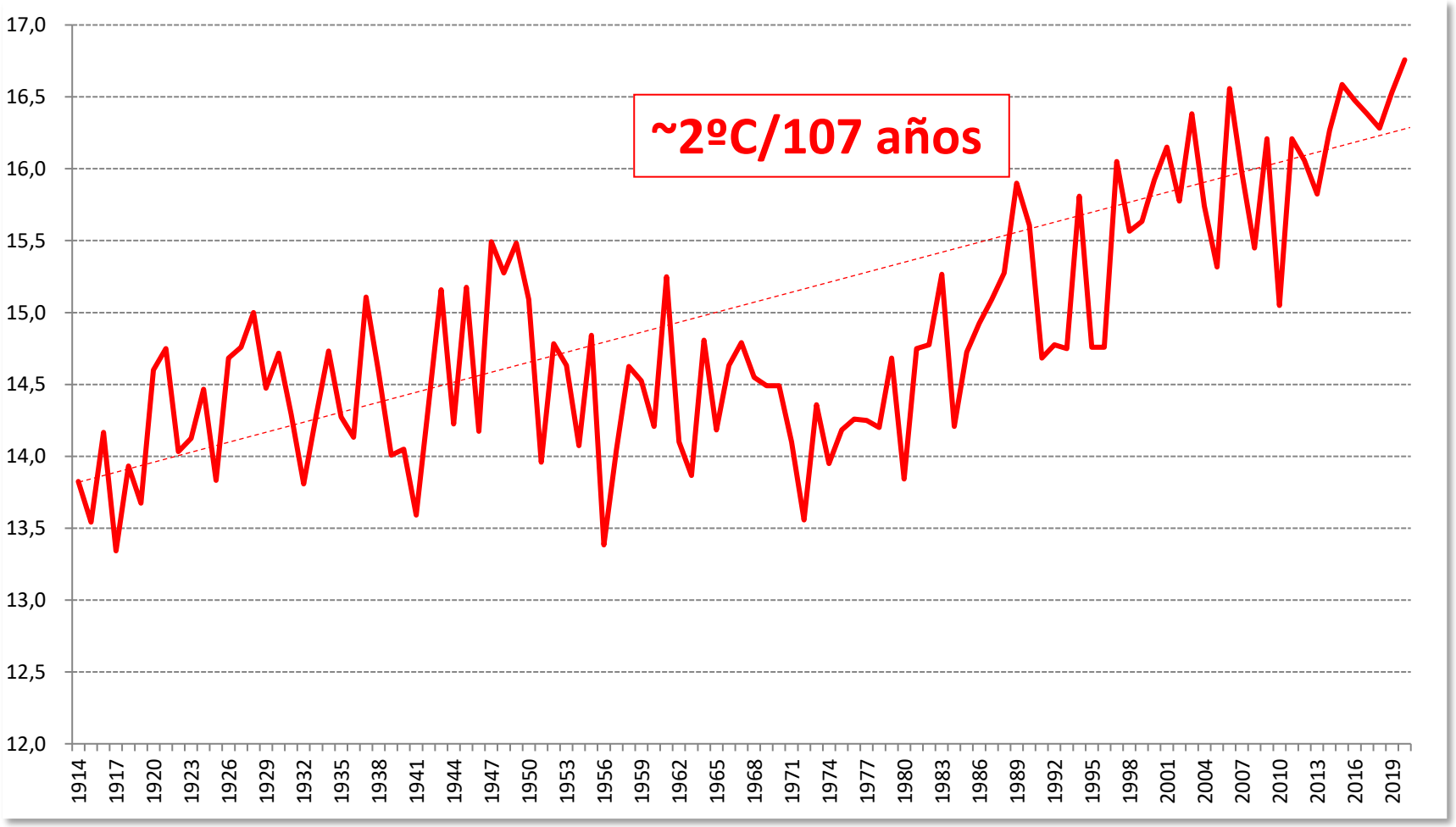
https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2


meteo.cat
Evolució de la temperatura mitjana anual per al conjunt de Catalunya (1950-2020)
1,8ºC/71 anys
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020

Temperatura media anual (mm) en el Observatorio Fabra (RACAB)

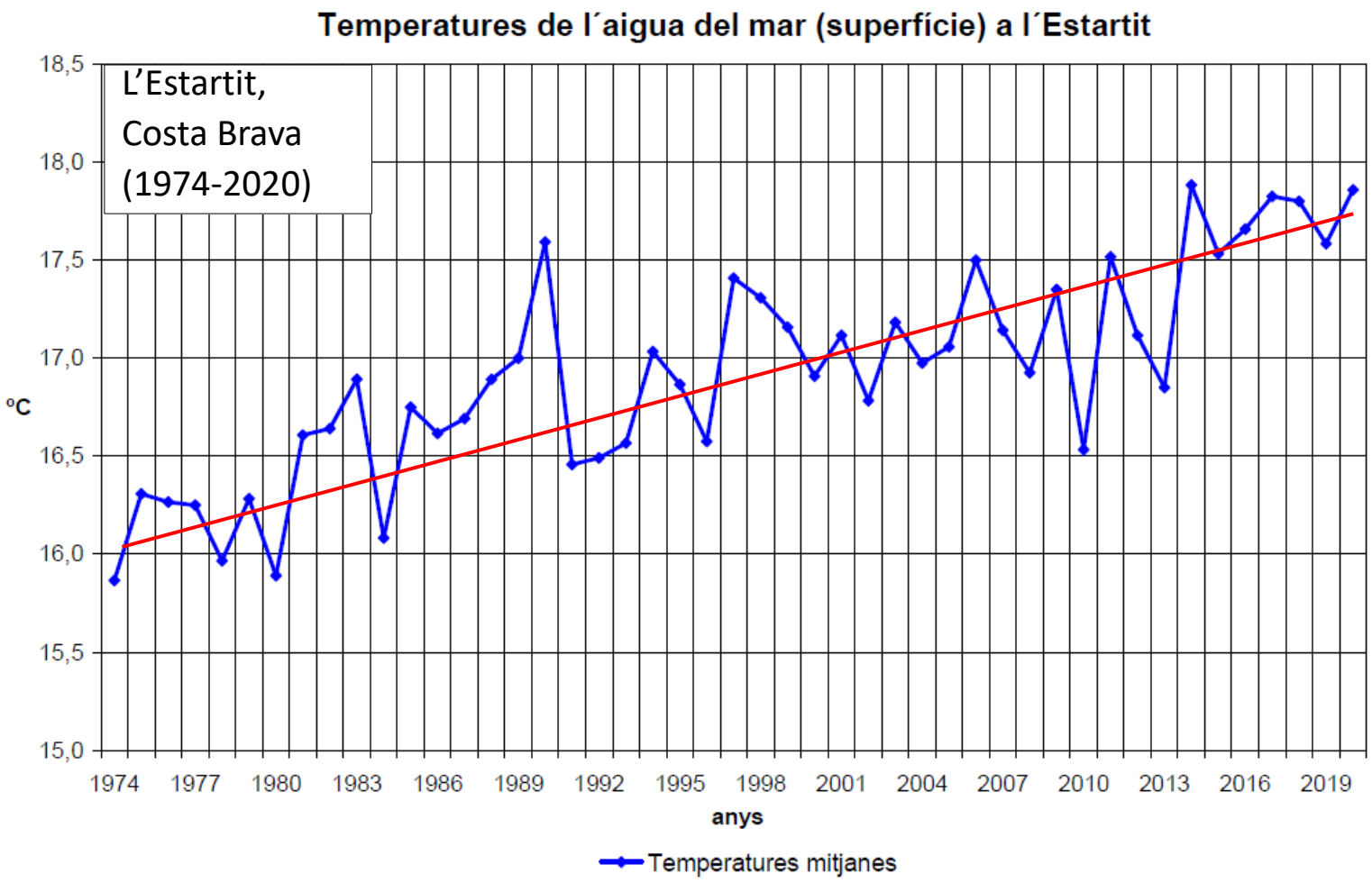
(1914-2020)

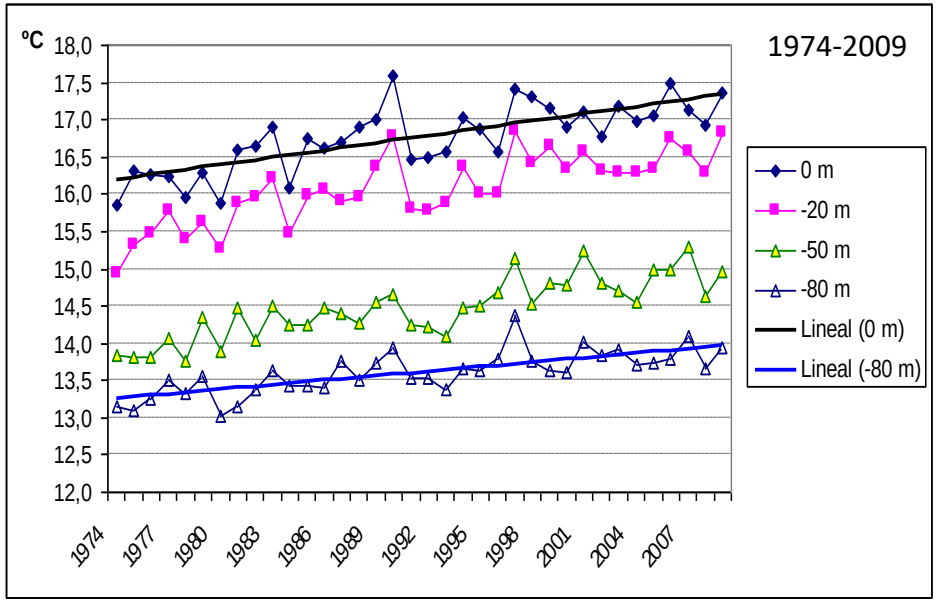
Calentamiento global + isla de calor



J. Martín-Vide

La temperatura de las aguas de la costa catalana ha aumentado





Datos registrados por J.Pascual (L'Estartit)

El triángulo del riesgo

Peligro natural, sociedad y territorio

Naturaleza ↓ Sociedad ↓ Territorio ↓

Riesgo = f (Peligro, Vulnerabilidad, Exposición)

Risk *Hazard*

TEMPORAL GLORIA

BLANES

Ajuntament de Blanes

L'ESTARTIT

ACN, https://www.ccma.cat/324/fortes-onades-i-platges-engolides-a-la-costa-brava-pel-temporal-gloria/noticia/2982700/

PLATJA D'ARO

Quim Puig, https://www.elpuntavui.cat/punt-divers/article/4-divers/1727894-el-temporal-s-acarnissa-amb-el-litoral.html#&gid=1&pid=3

PLATJA D'ARO

https://twitter.com/platjaropolicia/status/811125447723515904

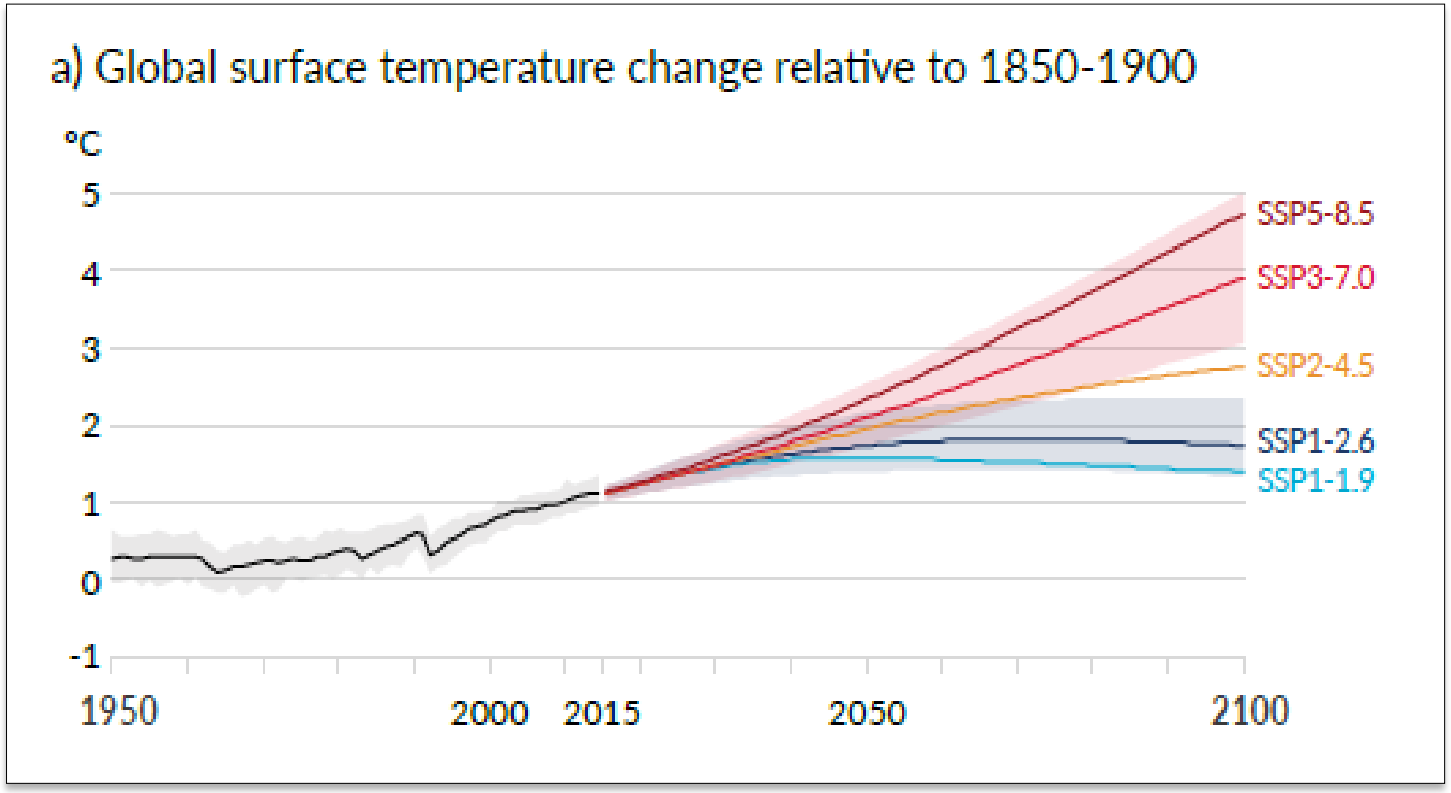
EL CLIMA FUTURO

Las proyecciones climáticas…no predicciones

Proyecciones de temperatura media anual global

Aumento proyectado de temperatura para 2081-2100, respecto a 1850-1900 (mejor estimador):

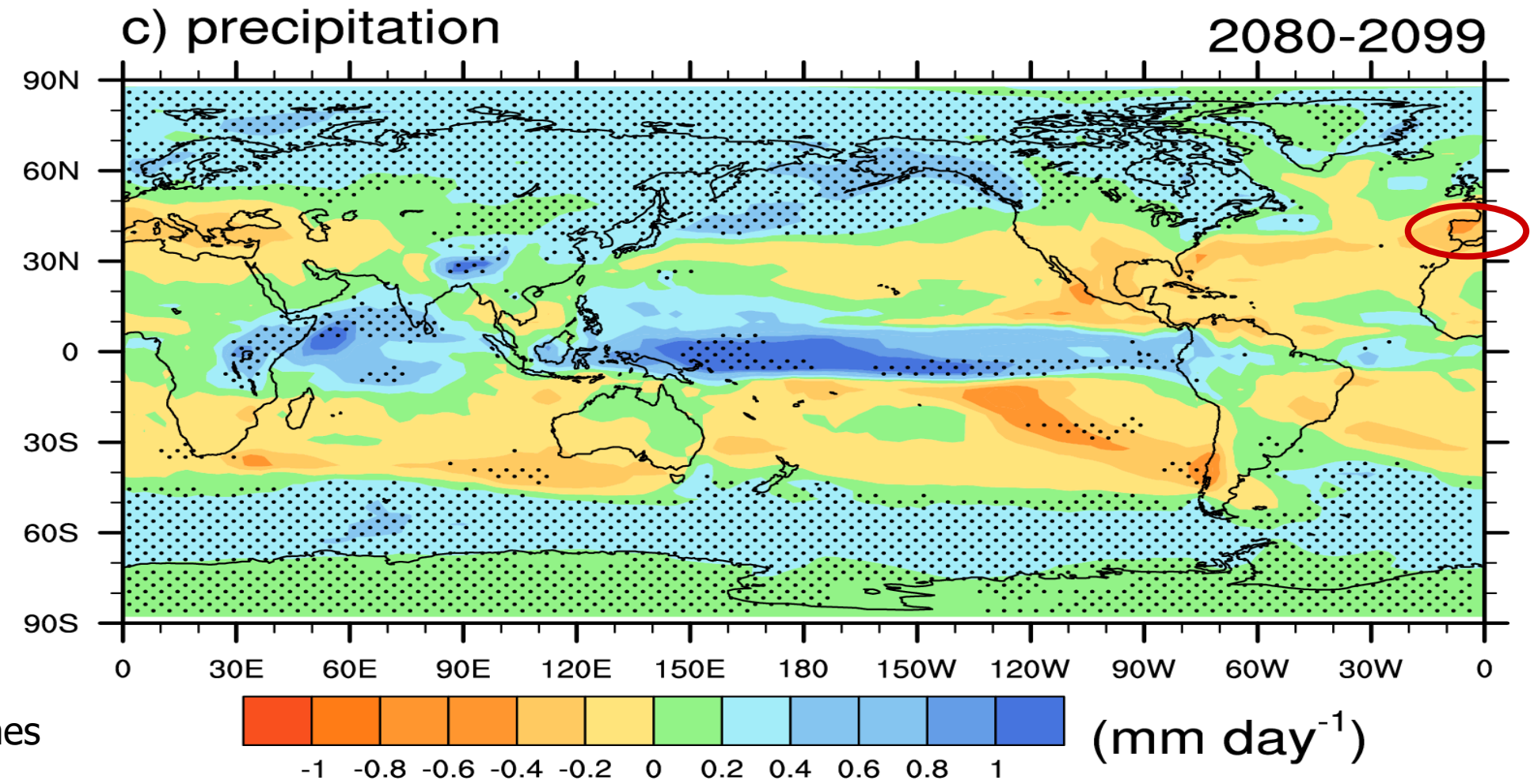
Entre **1,4** (mejor escenario) y **4,4ºC** (peor escenario)



Trayectorias Socioeconómicas Compartidas
Shared Socioeconomic Pathways (SSP) (SSP1, sustainability; SSP5, fossil-fueled development; the other, intermediate scenarios)

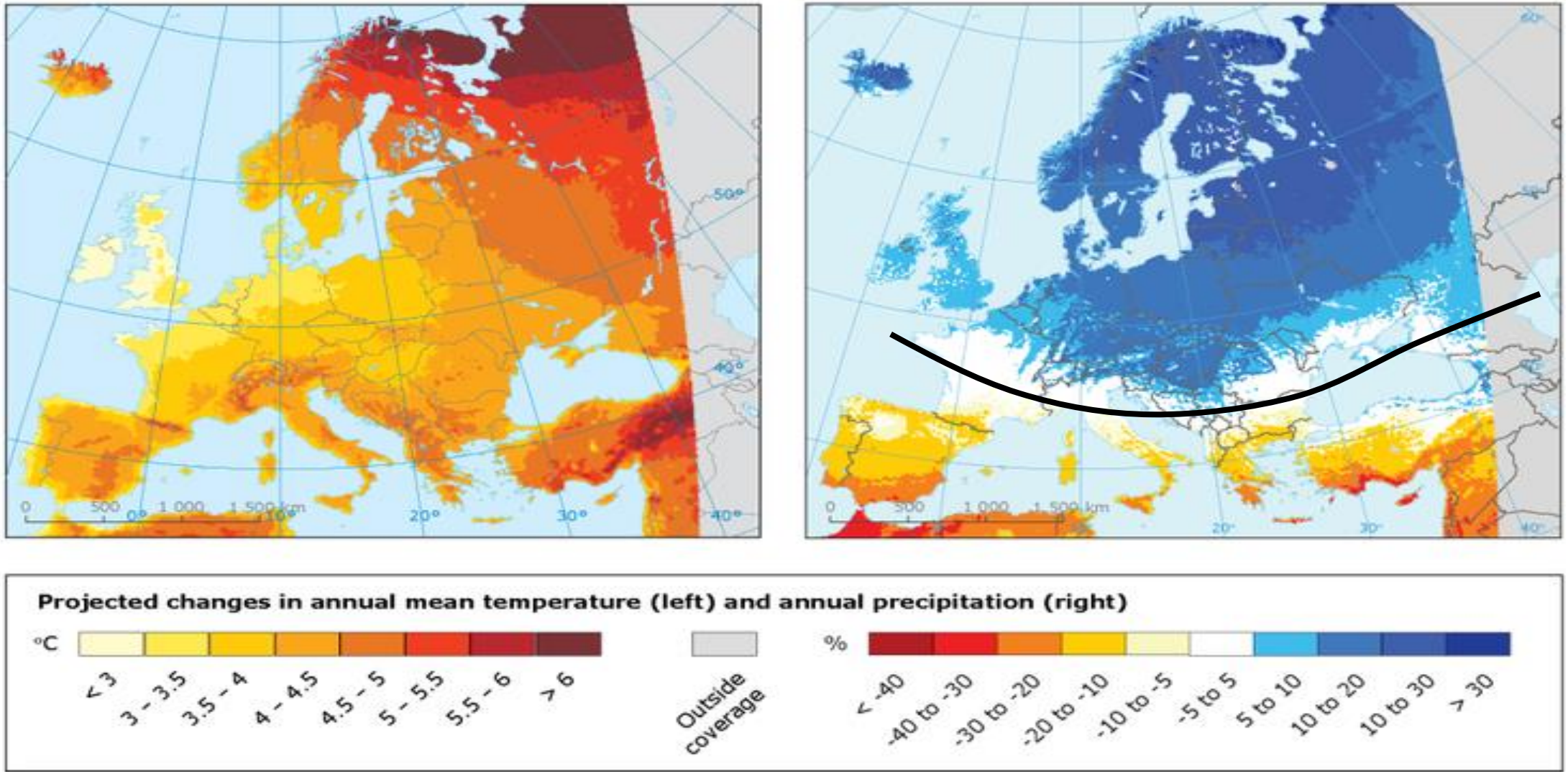
6ºIPCC

Cambios futuros en la precipitación



Gentileza de James Hurrell

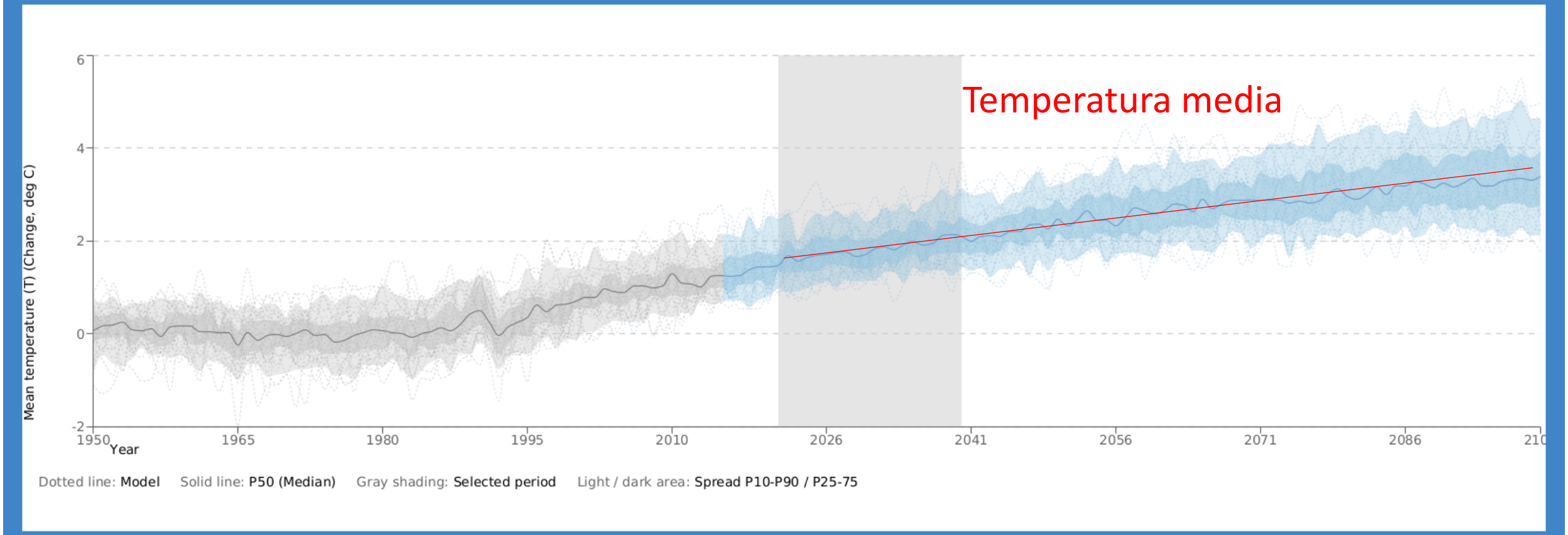
Mayor constraste entre áreas lluviosas y secas (5º y 6ºIPCC)



Projected changes are for 2071-2100, compared to 1971-2000, based on the average of a multi-model ensemble forced with the RCP8.5 high emissions scenario. All changes marked with a colour (i.e. not white) are statistically significant. Individual models from the EURO-CORDEX ensemble or high-resolution models for smaller regions may show different results. **European Environment Agency**

Disminución de la precipitación anual
Disminución del caudal de los ríos
Incremento de la demanda de agua para la agricultura
Disminución del potencial hidroeléctrico

Proyecciones de temperatura media anual para la región mediterránea



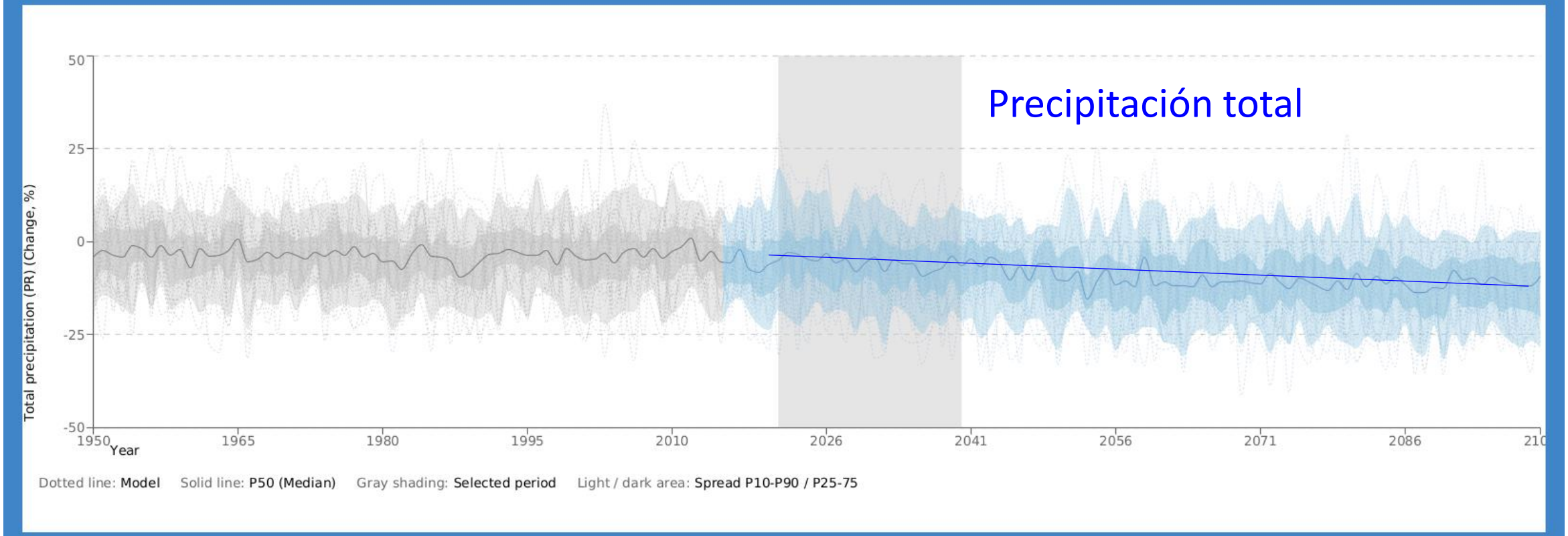
Mean temperature (T) - Change (deg C)
Near Term (2021-2040) (SSP2-4.5) (rel. to 1850-1900)
CMIP6 - Annual (34 models)-Mediterranean

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

30-09-2021 18:21:05

http://www.ipcc.ch/copyright

Proyecciones de precipitación anual para la región mediterránea



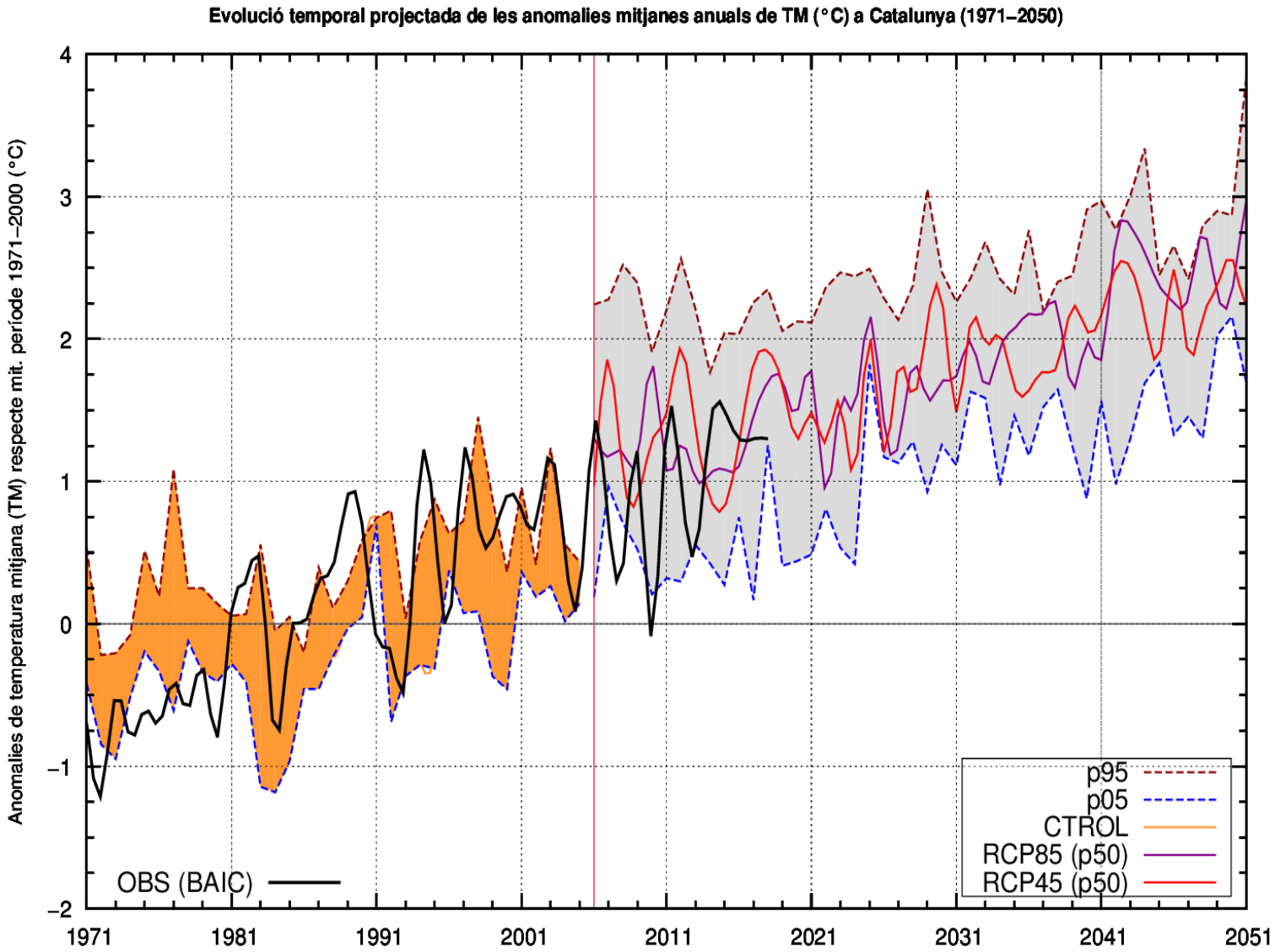
Total precipitation (PR) - Change (%)
Near Term (2021-2040) (SSP2-4.5) (rel. to 1850-1900)
CMIP6 - Annual (32 models)-Mediterranean

30-09-2021 18:23:34

http://www.ipcc.ch/copyright

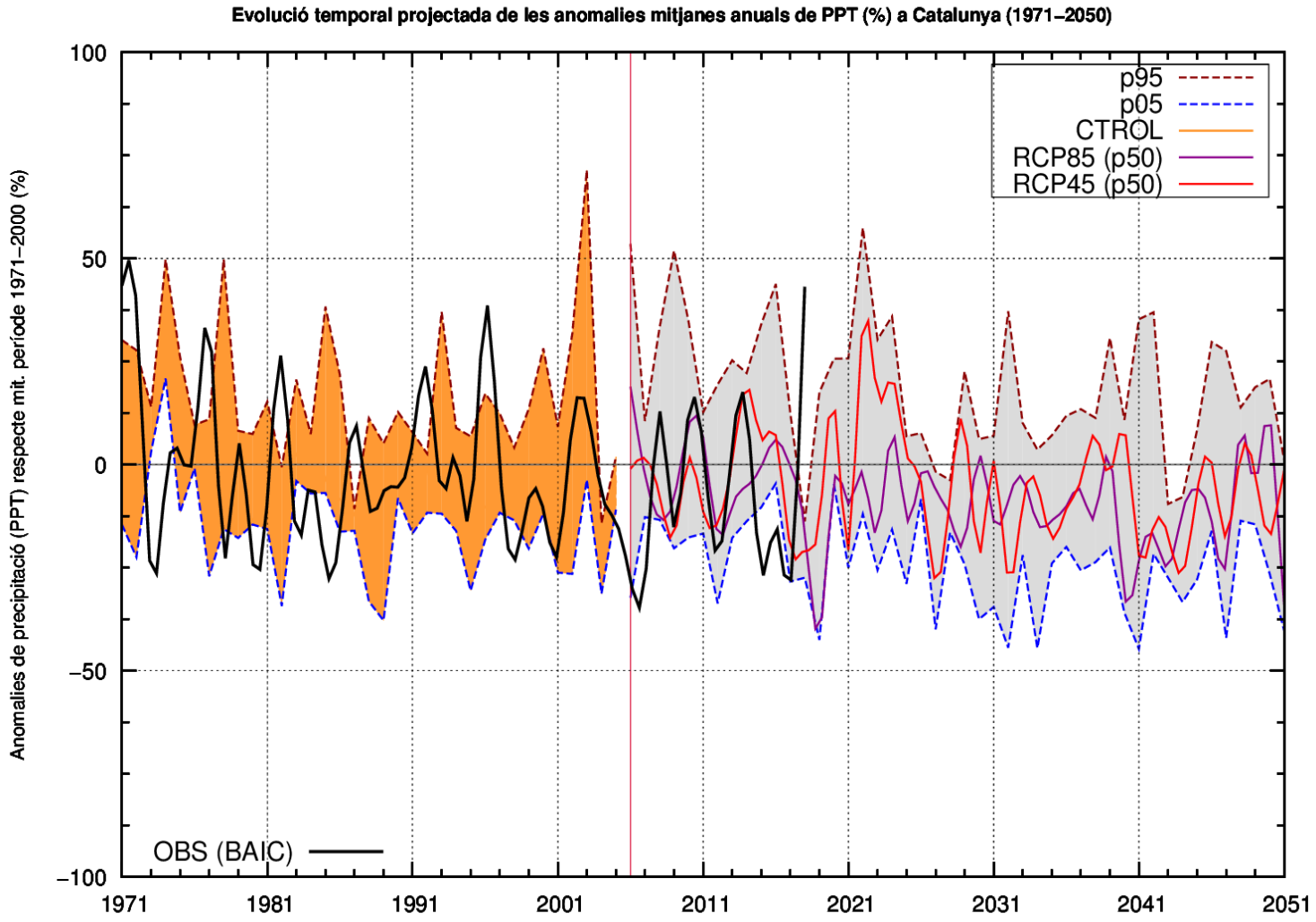
Proyecciones de temperatura media anual para Catalunya

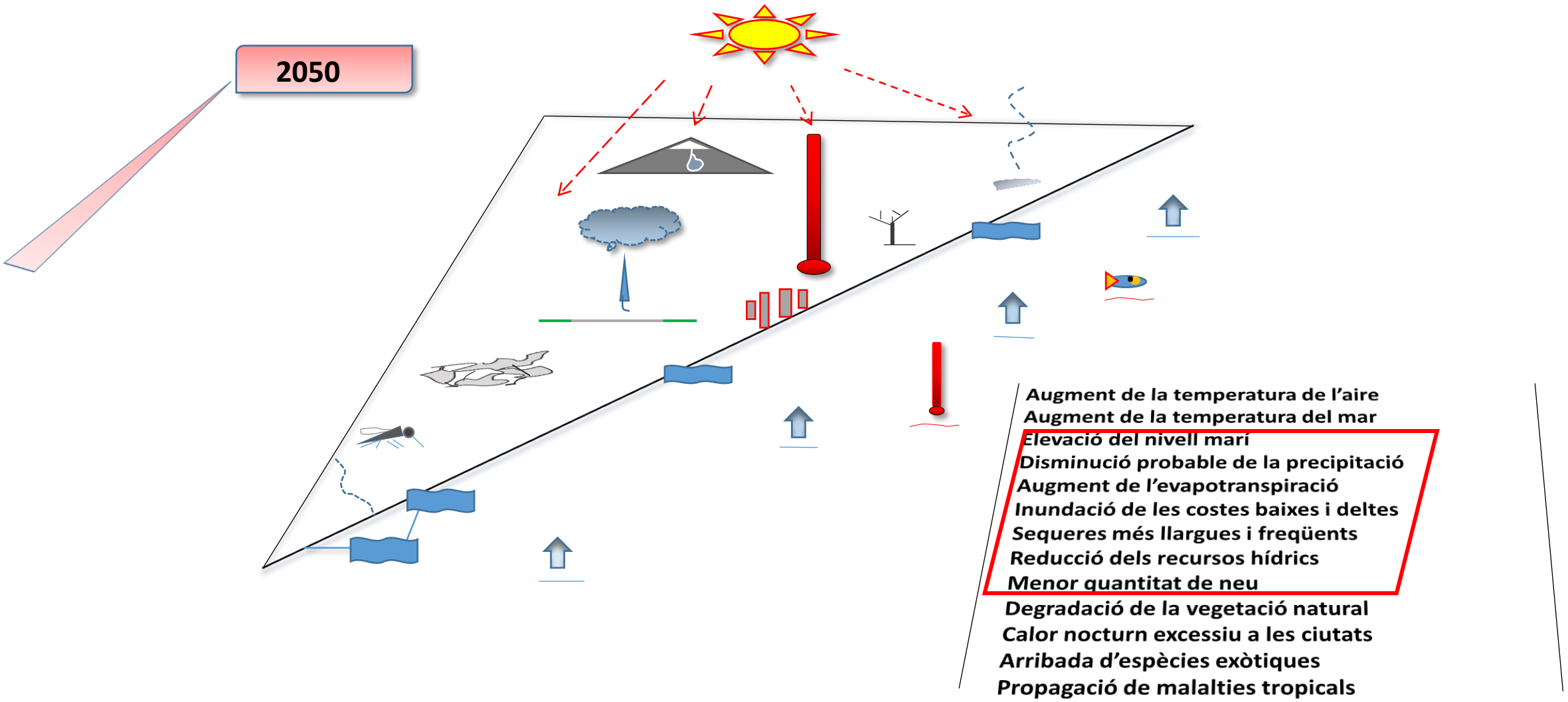
Evolución temporal de la anomalía de la temperatura media anual de Catalunya (en ºC) (período de referencia 1971-2000), observada desde 1971 y proyectada hasta 2050, para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: SMC (2020)



Proyecciones de precipitación anual para Catalunya

Evolución temporal de la anomalía de la precipitación anual de Catalunya (en %) (período de referencia 1971-2000), observada desde 1971 y proyectada hasta 2050, para el escenario RCP4.5. Fuente: SMC (2020)





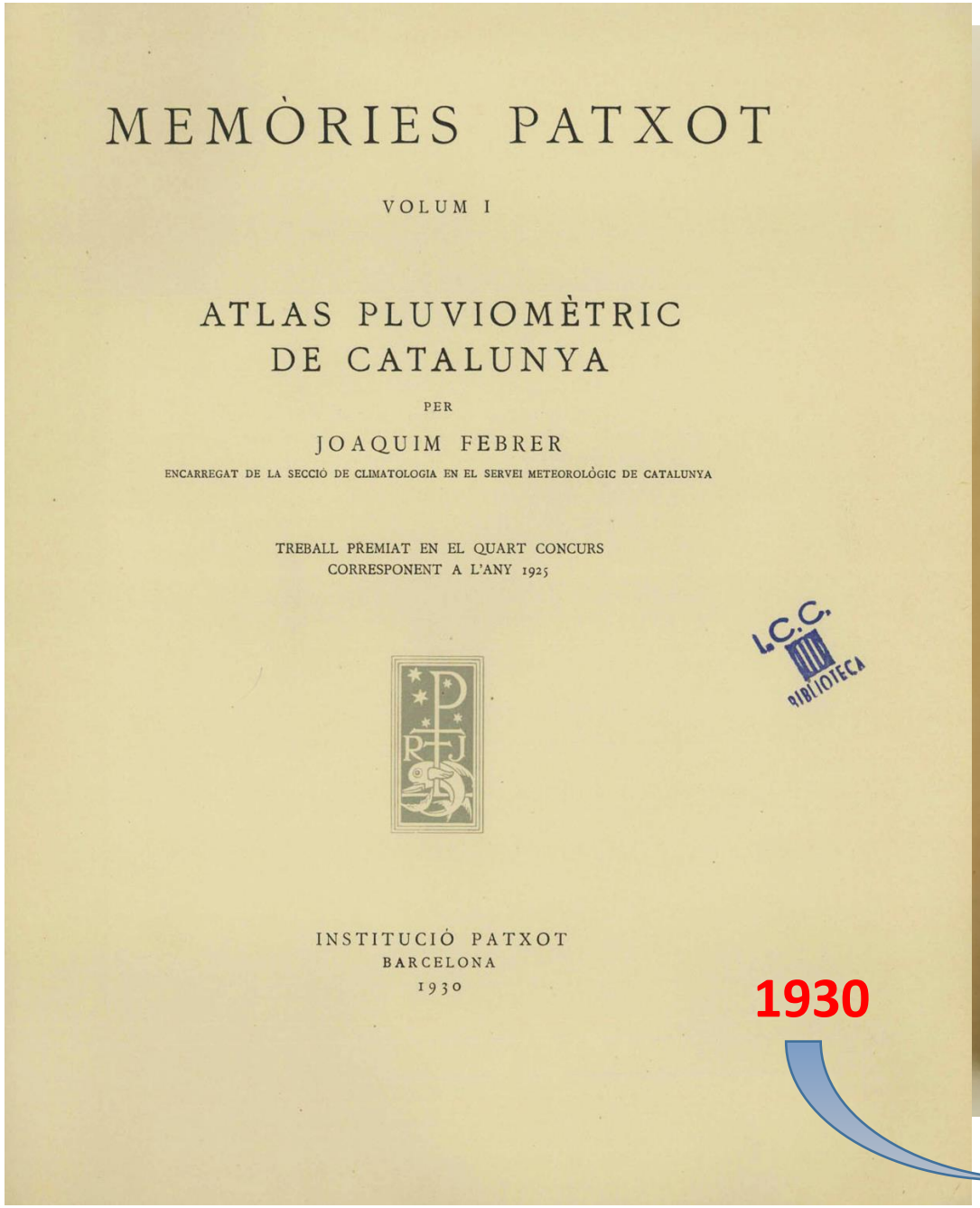
MARTÍN VIDE, J. (2021): Emergència climàtica: un país més càlid i sec progressivament, in Burgueño, J. (coord.), *La nova geografia de la Catalunya postcovid*, 223-234, Barcelona, IEC, 978-84-9965-594-9

ENDECÁLOGO

1) Cantidades modestas
2) Elevadas variabilidad y disparidad interanual
3) Gran irregularidad/concentración diaria
4) Alta intensidad diaria y horaria
5) Existencia de periodos secos prolongados
6) Problemas de aridez
7) Regímenes estacionales muy contrastados
8) Mal reparto estacional
9) Anomalías anuales de distinto signo entre comarcas
10) Complejo mapa pluviométrico.
11) Sin tendencias pluviométricas anuales (de momento)

Más de un 60% del territorio $\mathbf{P_{anual} < 700\ mm}$ (umbral que separa la Catalunya húmeda de la seca)

Martín-Vide (1995)



MEMÒRIES PATXOT

VOLUM I

ATLAS PLUVIOMÈTRIC
DE CATALUNYA

PER

JOAQUIM FEBRER

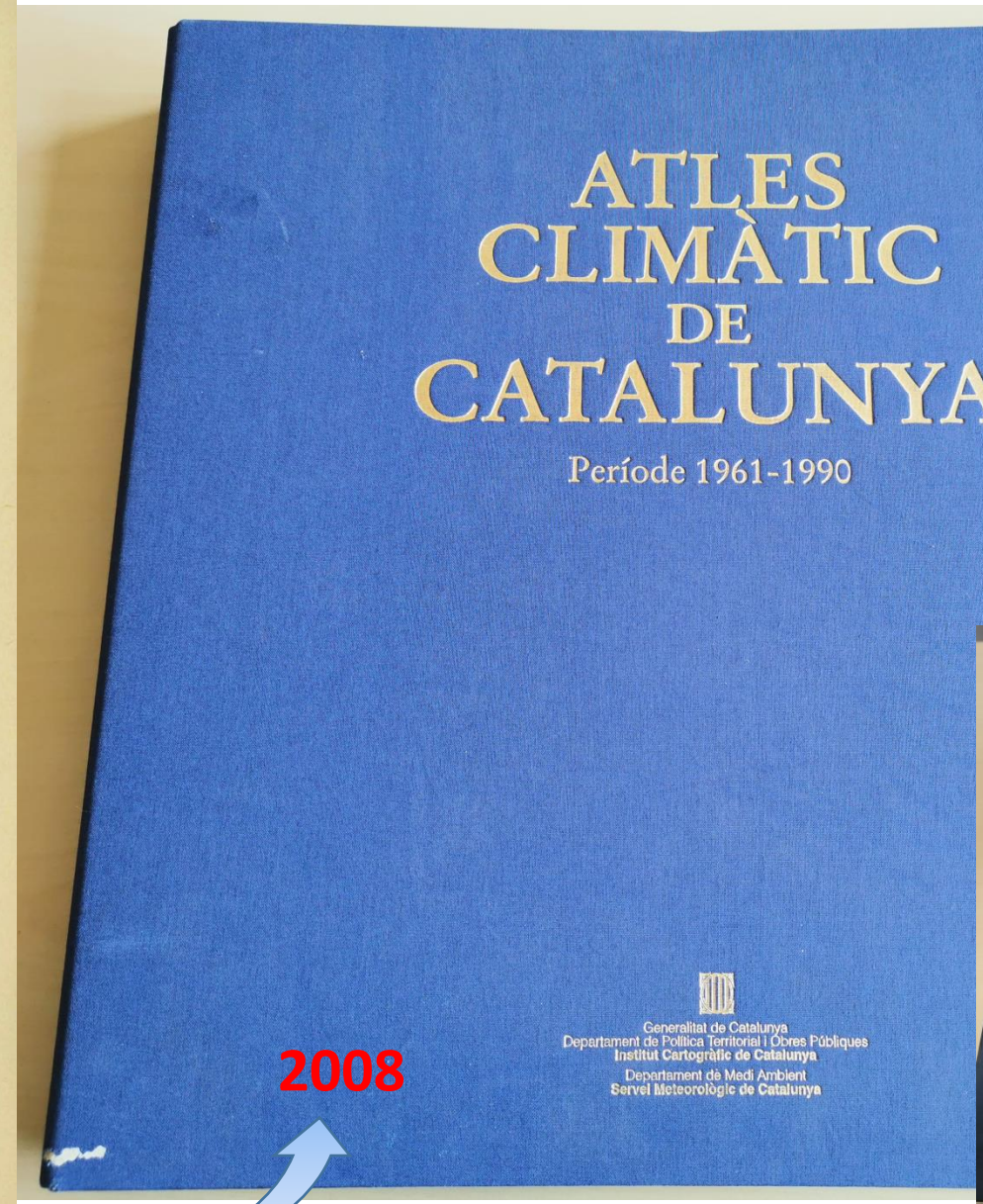
ENCARREGAT DE LA SECCIÓ DE CLIMATOLOGIA EN EL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA

TREBALL PREMIAT EN EL QUART CONCURS
CORRESPONENT A L'ANY 1925

L.C.C.
BIBLIOTECA

INSTITUCIÓ PATXOT
BARCELONA
1930

1930

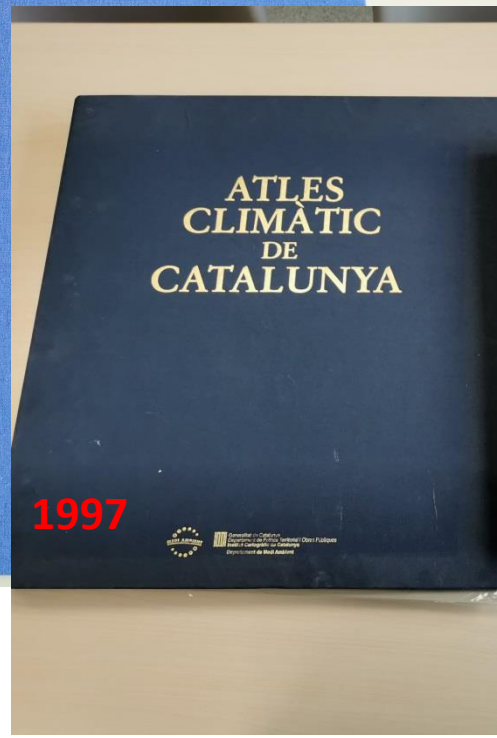


ATLES
CLIMÀTIC
DE
CATALUNYA

Període 1961-1990

Generalitat de Catalunya
Departament de Política Territorial i Obres Públiques
Institut Cartogràfic de Catalunya
Departament de Medi Ambient
Servei Meteorològic de Catalunya

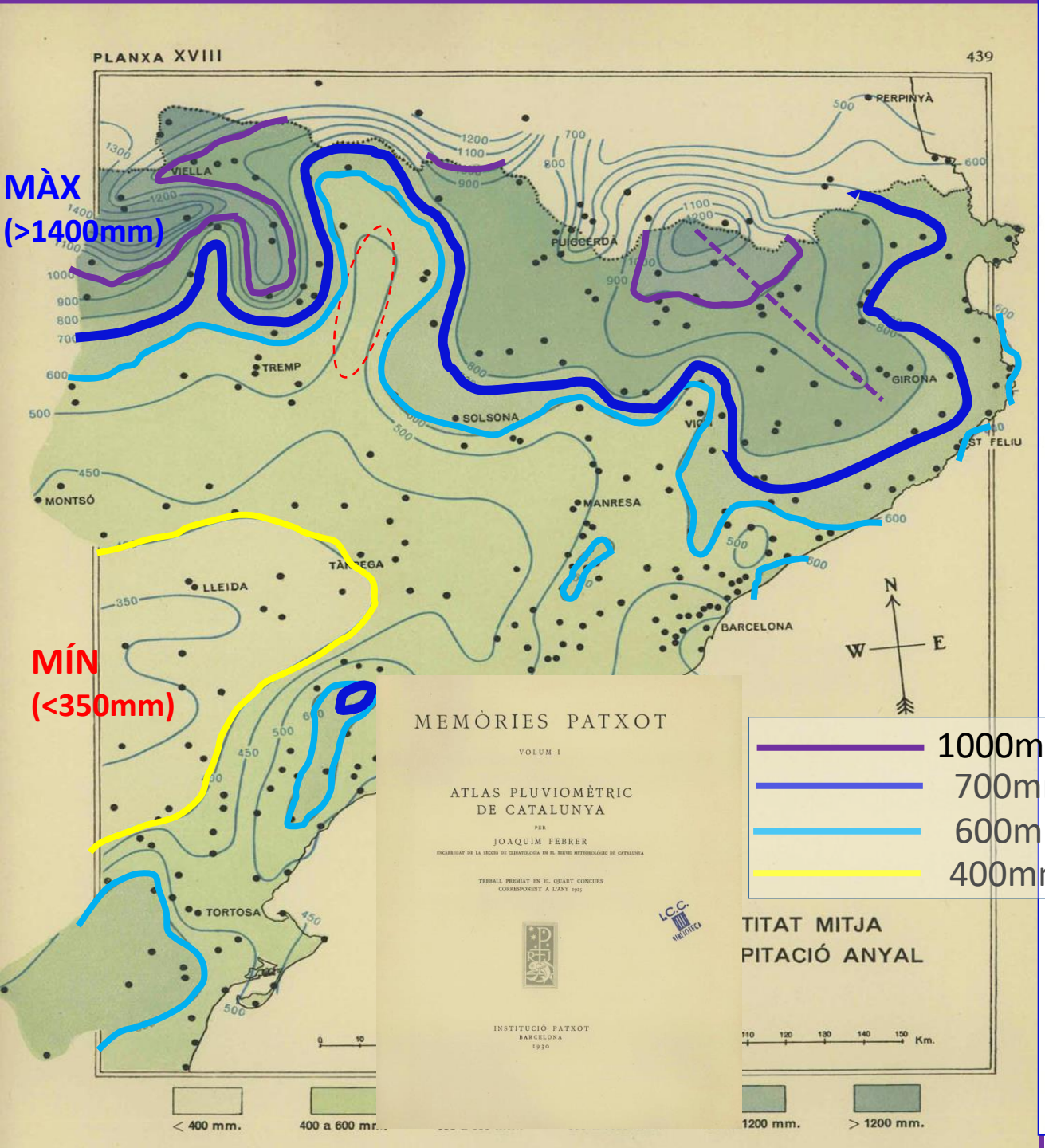
2008

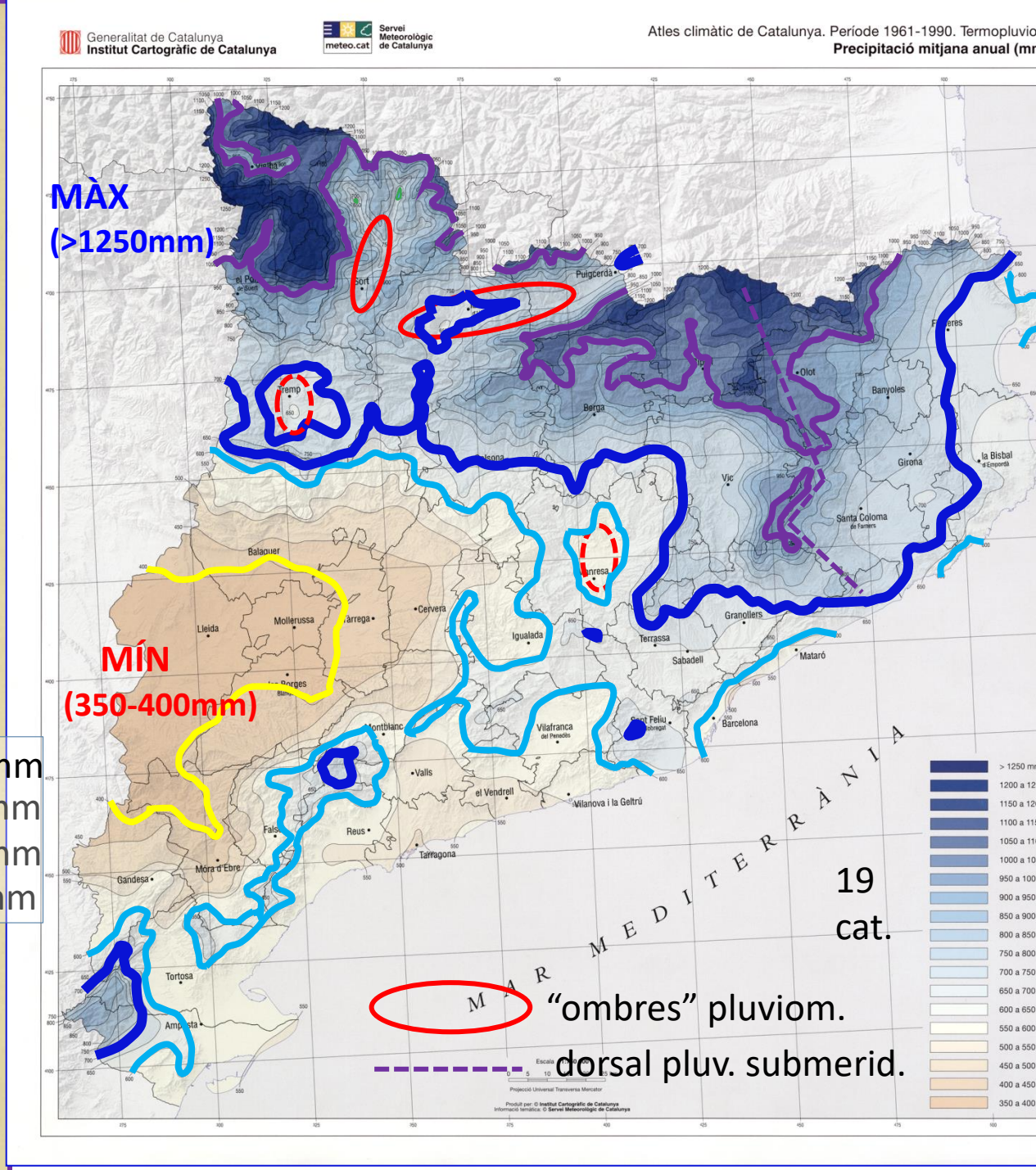


ATLES
CLIMÀTIC
DE
CATALUNYA

1997

Martín-Vide y Raso


PLANXA XVIII
439
MÀX
(>1400mm)
MÍN
(<350mm)
PERPINYÀ
VIELLA
PUIGCERDÀ
TREMP
SOLSONA
GIRONA
ST FELIU
MONTSÓ
MANRESA
LLEIDA
BARCELONA
TORTOSA
N
W
E
MEMÒRIES PATXOT
VOLUM I
ATLAS PLUVIOMÈTRIC
DE CATALUNYA
PER
JOAQUIM FEBRER
INSTITUCIÓ PATXOT
BARCELONA
1930
1000mm
700mm
600mm
400mm
TITAT MITJA
PITACIÓ ANYAL
< 400 mm.
400 a 600 mm.
1200 mm.
> 1200 mm.

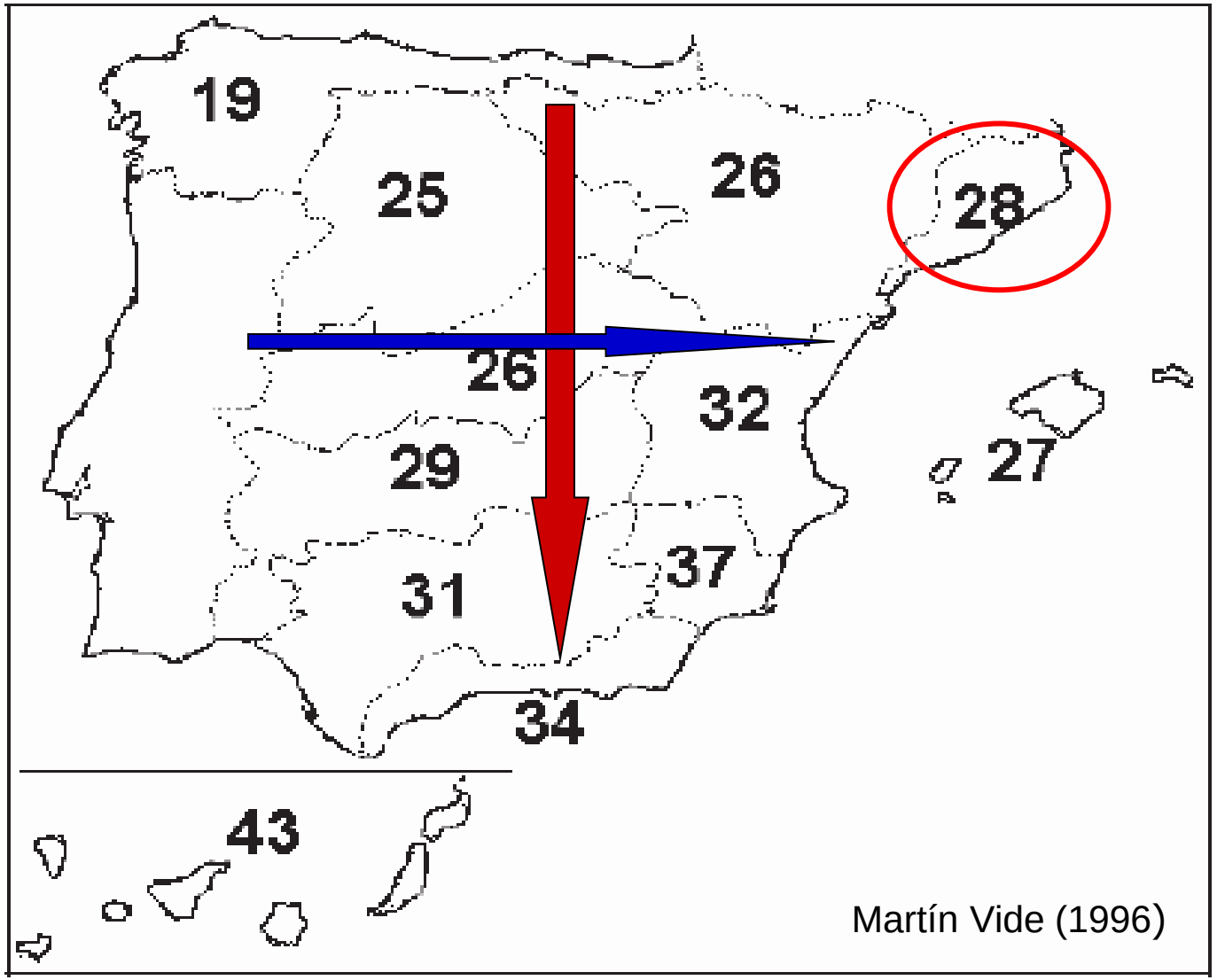

Generalitat de Catalunya
Institut Cartogràfic de Catalunya
Servei Meteorològic de Catalunya
Atles climàtic de Catalunya. Període 1961-1990. Termopluvio
Precipitació mitjana anual (mm
MÀX
(>1250mm)
MÍN
(350-400mm)
Puigcerdà
Sort
Tremp
Berga
Olot
Banyoles
Girona
Vic
Manresa
Balaguer
Lleida
Mollerussa
Tàrrega
Cervera
Igualada
Granollers
Terrassa
Sabadell
Mataró
Barcelona
Vilafranca del Penedès
Sant Feliu de Llobregat
Montblanc
Valls
el Vendrell
Milanova i la Geltrú
Reus
Tarragona
Falset
Móra d'Ebre
Gandesa
Tortosa
Amposta
MAR MEDITERRÀNIA
19 cat.
"ombres" pluviom.
dorsal pluv. submerid.
> 1250 mm
1200 a 12
1150 a 12
1100 a 11
1050 a 11
1000 a 10
950 a 100
900 a 950
850 a 900
800 a 850
750 a 800
700 a 750
650 a 700
600 a 650
550 a 600
500 a 550
450 a 500
400 a 450
350 a 400

La variabilidad pluviométrica interanual

El contraste entre unos años relativamente lluviosos y otros muy secos

- Coeficiente de variación (%) de la precipitación anual (promedio cuenca hidrográfica).
- 274 estaciones 1949-1989

Un CV > **20**/22% es el mejor criterio para distinguir la pluviometría mediterránea de la de climas marítimos de latitudes medias.

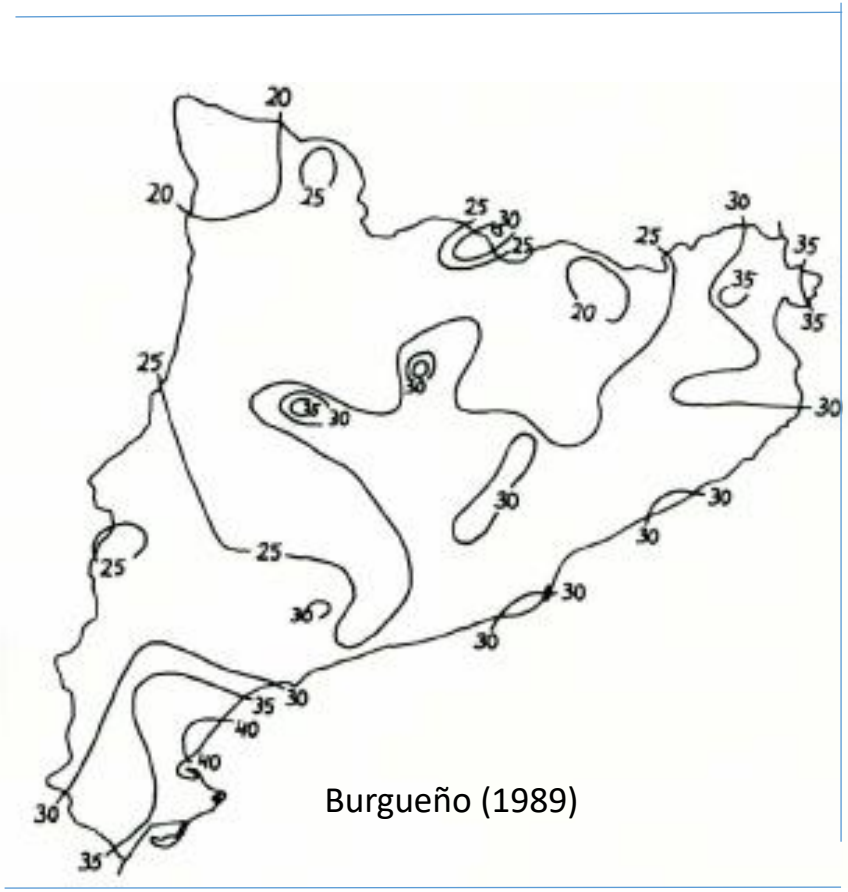


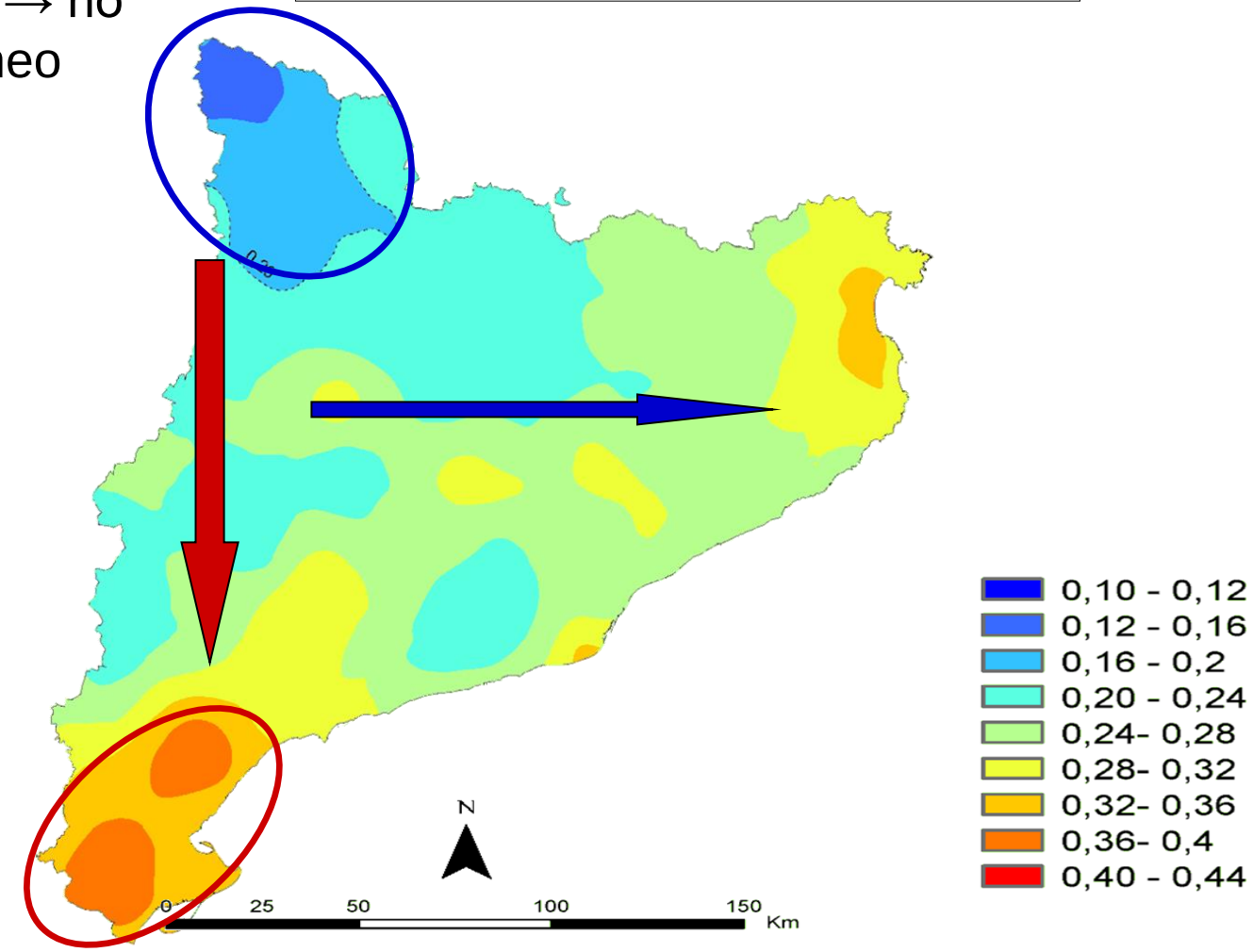
Martín Vide (1996)

…en Catalunya

Catalunya, 147 estaciones met. (+26 complem.), 1961-1990

CV < 0,20 → no mediterráneo





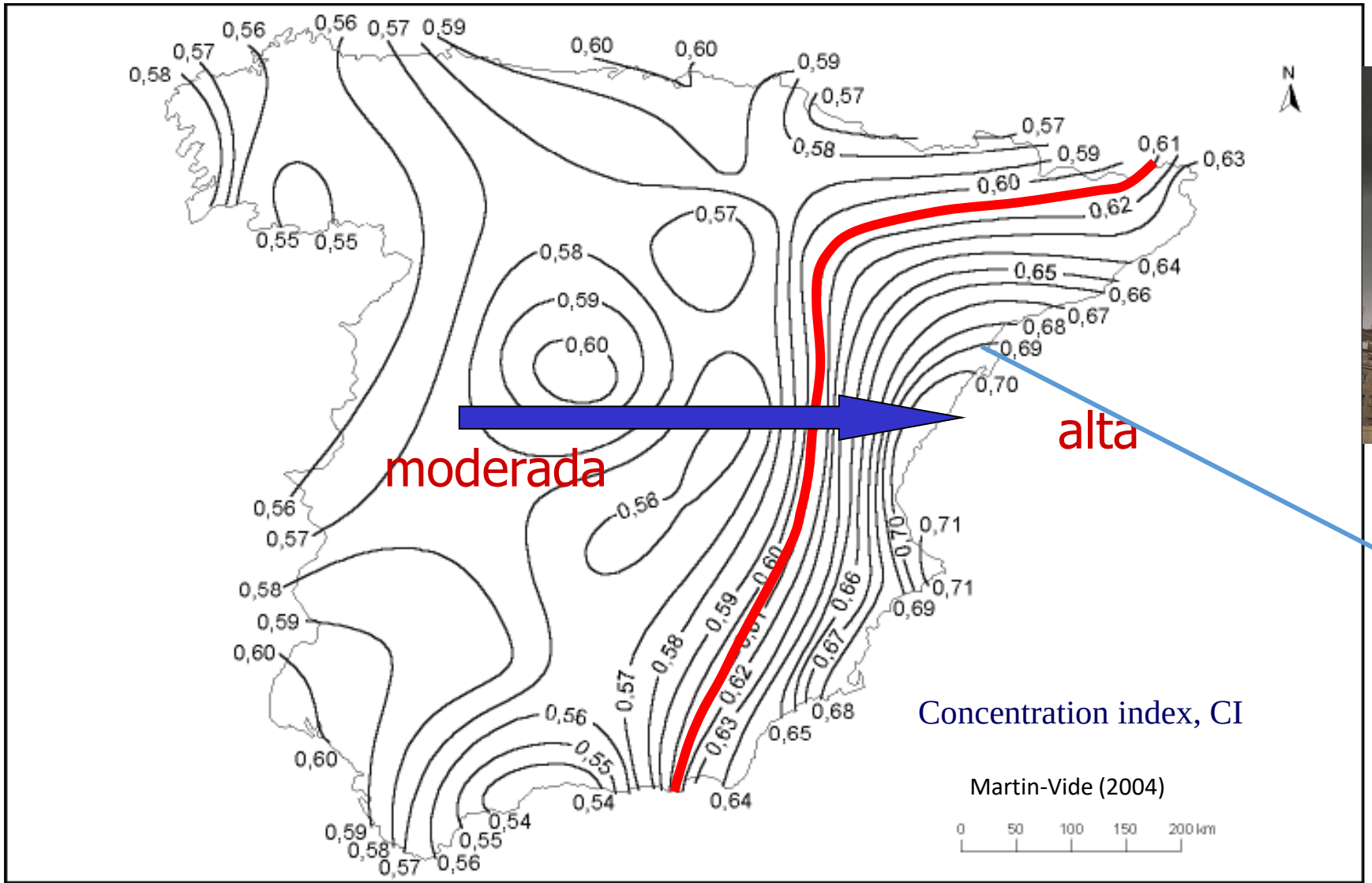
CV > 0,35 → muy alta variabilidad

Cernocky, Sánchez, Téllez y Martín-Vide (2008)

Alta concentración diaria de la precipitación en el este peninsular

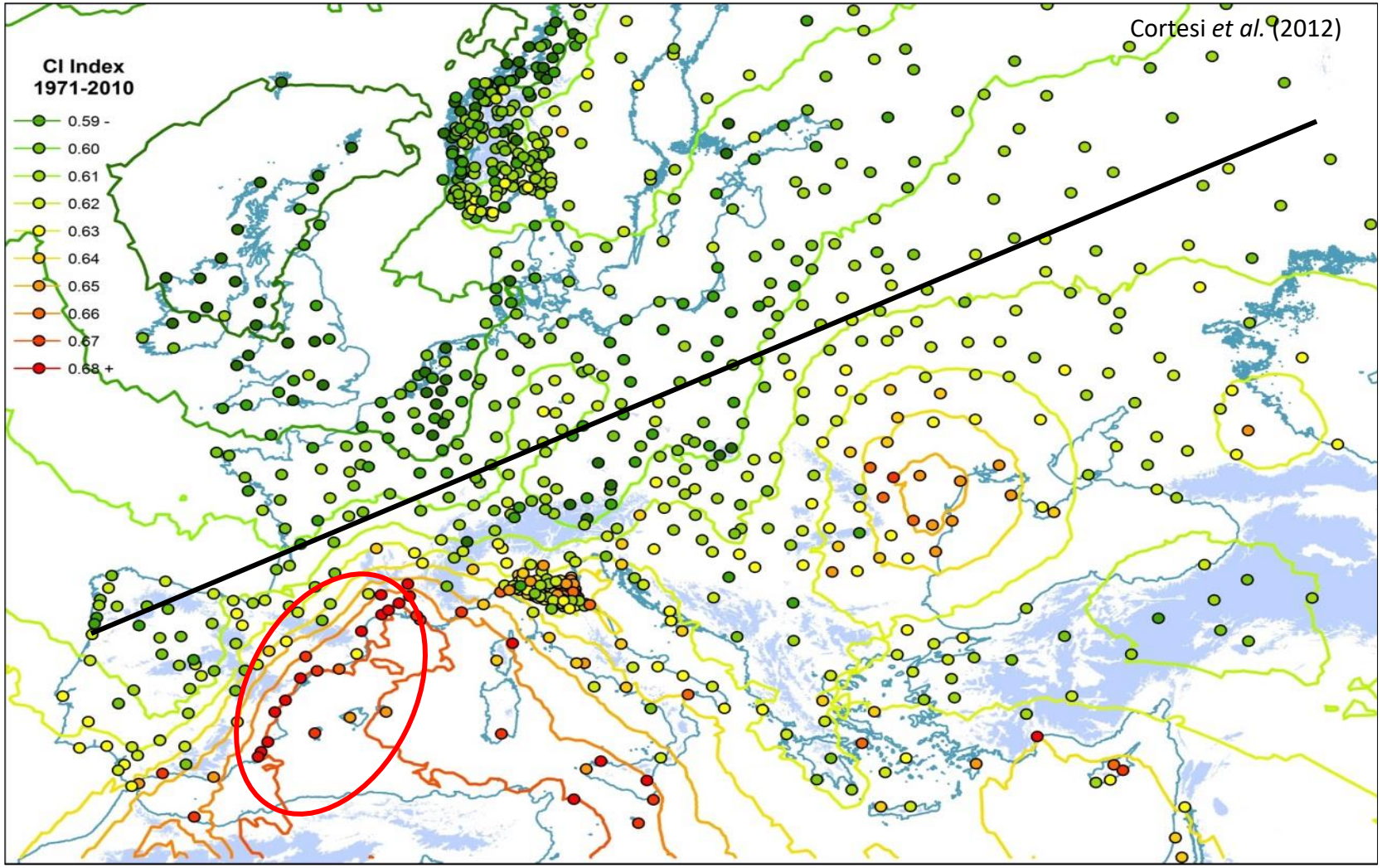
Distribución espacial de los valores del ***Concentration Index*** (CI) de la precipitación diaria en la España peninsular (32 estaciones, período 1951-1990)

CI = **0,61** (el **25 %** de los días más lluviosos aporta el **70 %** de la *P* anual, aprox.)



Tortosa CI=0.69
El 25% de los días más lluviosos aporta el 78.1% del total anual

Valores del *CI* en Europa (530 estaciones, período 1971-2010, umbral 0,5 mm)



Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 2799–2810, 2012
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/2799/2012/
doi:10.5194/nhess-12-2799-2012
© Author(s) 2012. CC Attribution 3.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences

Daily precipitation concentration across Europe 1971–2010

N. Cortesi[1], J. C. Gonzalez-Hidalgo[1,2], M. Brunetti[3], and J. Martin-Vide[4]

[1]Department of Geography, University of Zaragoza, Spain
[2]Instituto Universitario Ciencias Ambientales, University of Zaragoza, Spain
[3]ISAC-CNR, Bologna, Italy
[4]Group of Climatology, University of Barcelona, Spain

Correspondence to: J. C. Gonzalez-Hidalgo (jcgh@unizar.es)

Received: 1 April 2012 – Revised: 23 July 2012 – Accepted: 14 August 2012 – Published: 11 September 2012

Abstract. Daily Precipitation Concentration Index (CI) was used in this paper to investigate the statistical structure of daily precipitation across Europe based on 530 daily rainfall series for the period 1971–2010. Annual CI shows a North-West to South-East gradient (excluding Turkey and Greece). The same gradient is also observed in winter, spring and autumn, while in summer the gradient is North-South. Highest annual and seasonal daily concentrations of rainfall were detected in the western Mediterranean basin, mainly along Spanish and French coastlands. Latitude and distance from the sea seems to play a major role on spatial CI distribution; at subregional scale also relief plays an important role. The Mann–Kendall test did not identify uniform significant pattern in temporal trend across Europe for 1971–2010 period. The only broad areas with increasing annual and seasonal CI values are located in northern and south-western France and northern coastlands of the Iberian Peninsula. This findings suggest that daily precipitation distribution has not significantly changed during the 1971–2010 over Europe.

1 Introduction

Daily precipitation is a discrete process (rain or no rain), and it is well represented by an exponential negative distribution (Brooks and Carruthers, 1953). This means that there are many days with a low amount of precipitation and few intense events. Therefore, a few daily events produce a high percentage of the total monthly, seasonal or annual precipitation (Martin-Vide, 2004), with effects on natural systems (erosion, flooding, droughts), man-made systems (design of storm water drainage, planning and design of transport networks, etc.), and also socioeconomic infrastructures (water harvesting, water surplus, etc.). Toreti et al. (2010) have recently suggested that the contribution of the maximum daily value exceeds more than 60 % of winter rainfall around the Mediterranean basin, and Gonzalez-Hidalgo et al. (2011a) extended this result to annual totals in the same area. Thus, in some parts, total precipitation depends on a few rainy days, i.e. precipitation is a very highly time-compressed process.

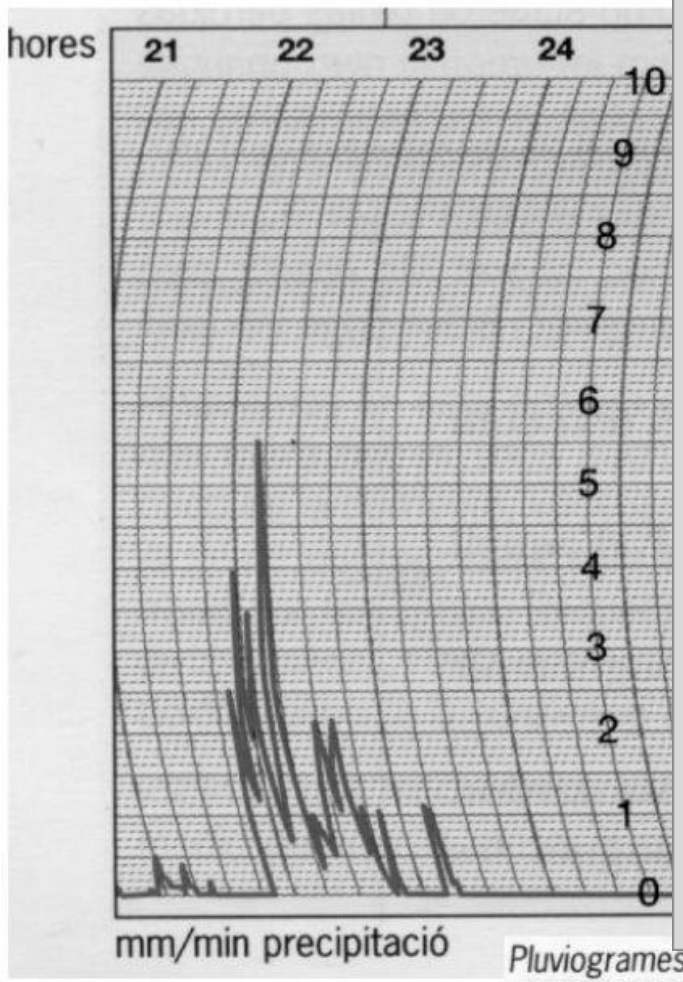
A great deal of research has been carried out on daily precipitation, focusing on extreme events by means of a very heterogeneous spectrum of analysis methods, such as indices, percentiles, thresholds, and extreme value theory (Grosiman et al., 2005), and it is not easy to compare different results (see discussions in Reiser and Kutie, 2010; Toreti et al., 2010; and Durao et al., 2010 among others for definitions and concepts). However, little information is available on the daily concentration of precipitation, mainly because of lack of high quality daily precipitation datasets (Brunetti et al., 2000, 2001, 2004, 2012; Brugnara et al., 2012; Reiser and Kutiel, 2010). Some exceptions are the research in Spain by Martin-Vide (2004), who proposed a Concentration Index, later applied by Alijani et al. (2007) in Iran and by Zhang et al. (2009) in China, and the recent research by Burgueño et al. (2010) in Europe.

Empirical studies do not show homogeneous results in the analyses of temporal concentration of precipitation when comparing the total annual precipitation trend and the trend of highest daily event categories. Karl et al. (1996) and Karl and Knight (1998) have shown that there is an increase in the relative contribution of intense precipitation in USA, but not in the former USSR and China. Positive trends in heavy rainfall in summer and winter have been found in Australia and South Africa (Suppiah and Hennnessy, 1998; Mason et al., 1999), in annual maximum 1-day precipitation over Nordic countries (Forland et al., 1998), and in UK winter daily intensity but not in summer (Osborn et al., 2000). Klein-Tank and Konnen (2003) found that there has been a general increase in annual extreme precipitation across Europe over

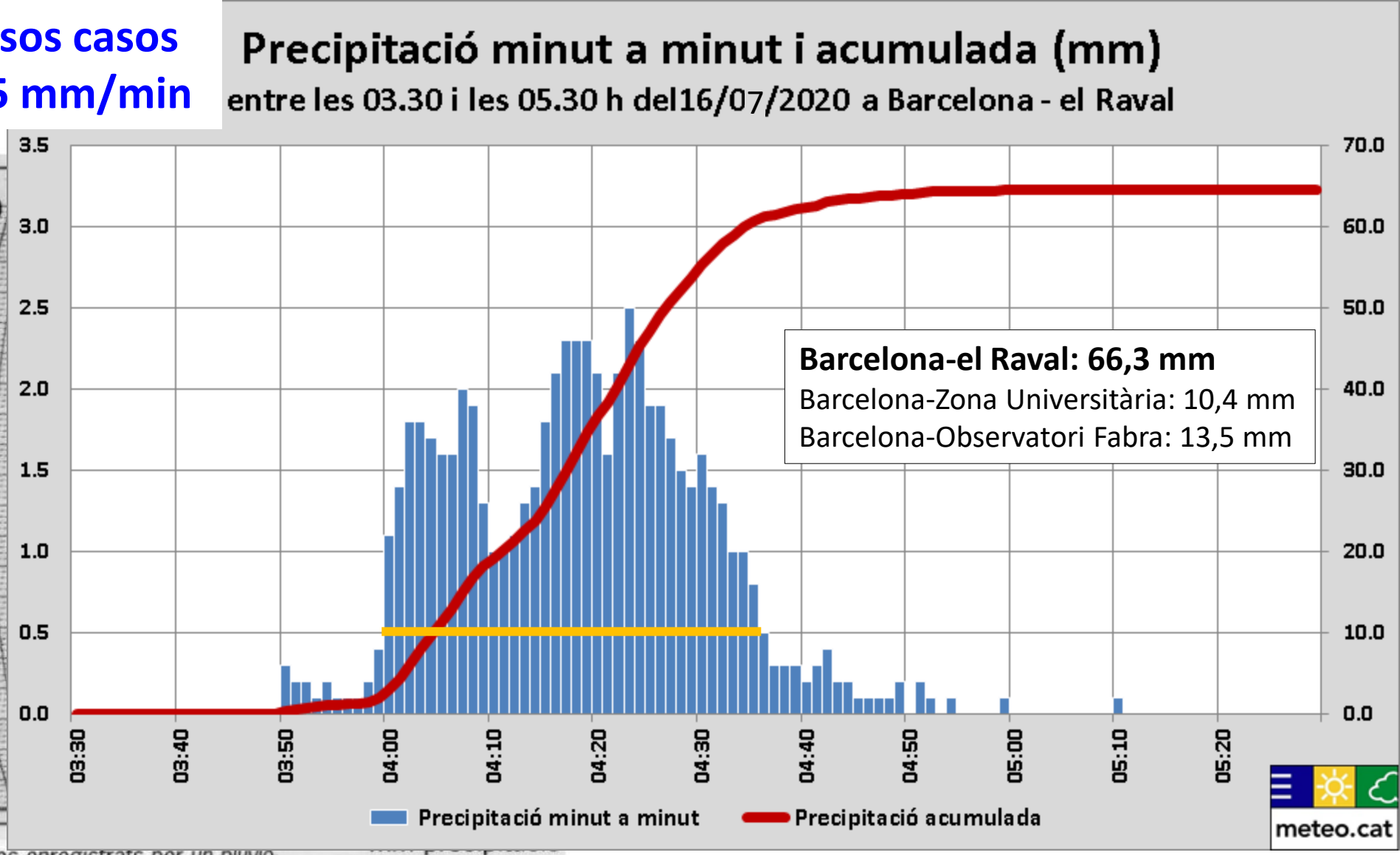
Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.

Corr. lin. negat. signif. entre *CI* y nº med. anual días de precip. ($r = -0{,}68$, p-valor $< 0{,}01$), pero no con precip. med.anual.

Alta intensidad: numerosos casos superan el umbral de 0,5 mm/min

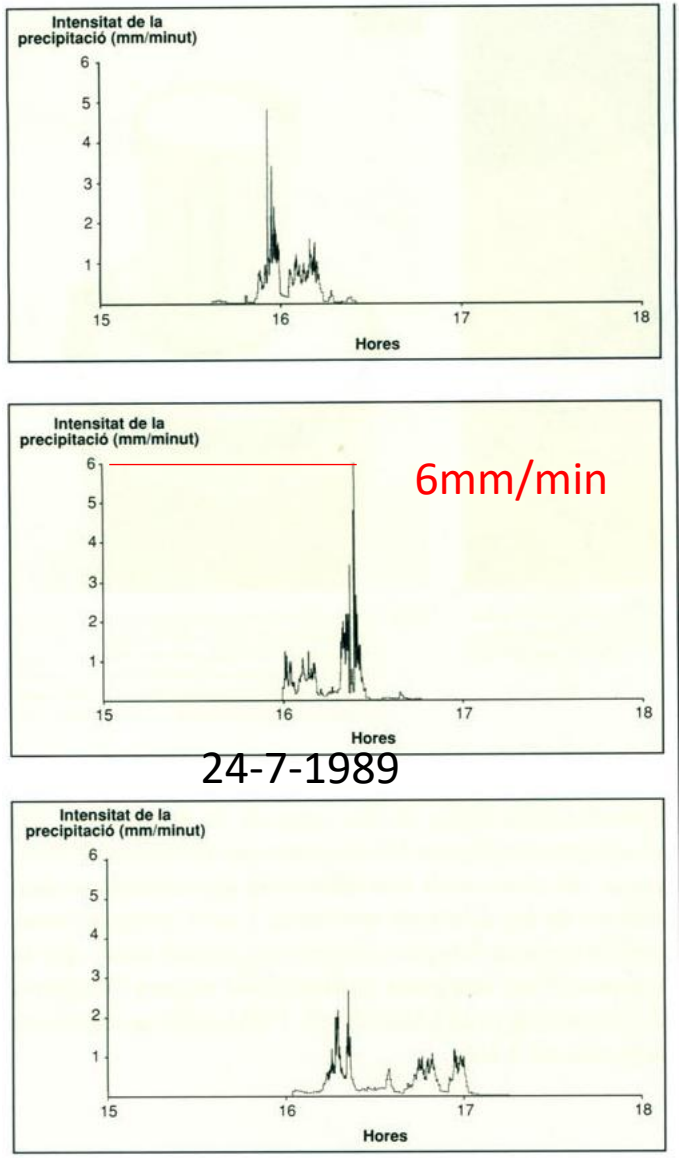


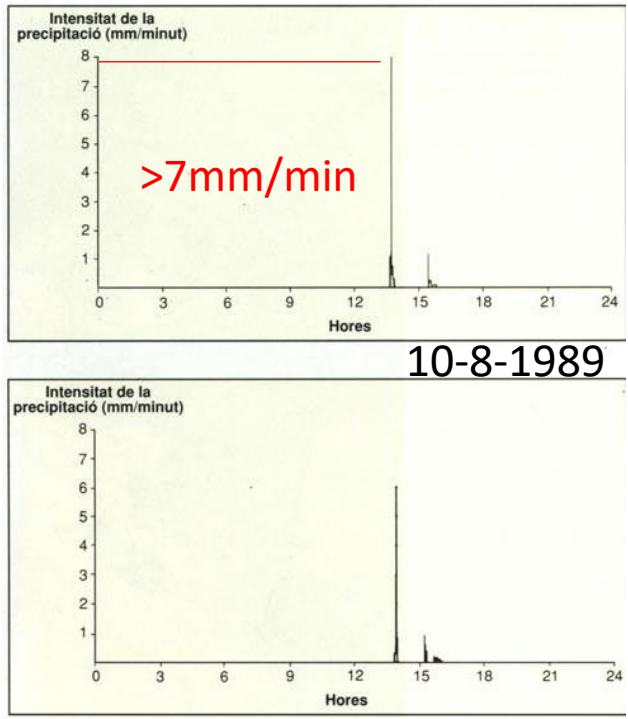
Pluviogrames enregistrats per un pluviograf de tipus Jardí i un de sifó de l'observatori de Sabadell, durant la nit del 25 al 26 de setembre de 1962.



Intensidad minutal > 0,5 mm/min

Erosión del suelo cerca de Coll de Pal





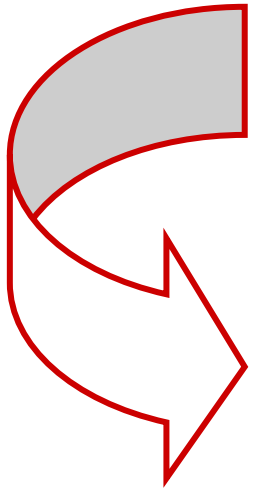
Llasat y Martín-Vide (1991)

Elevadas intensidades diarias y minutales en el Litoral-Prelitoral sobre todo en otoño y minutales en el Pirineo-Prepirineo en verano ("nido de tormentas")

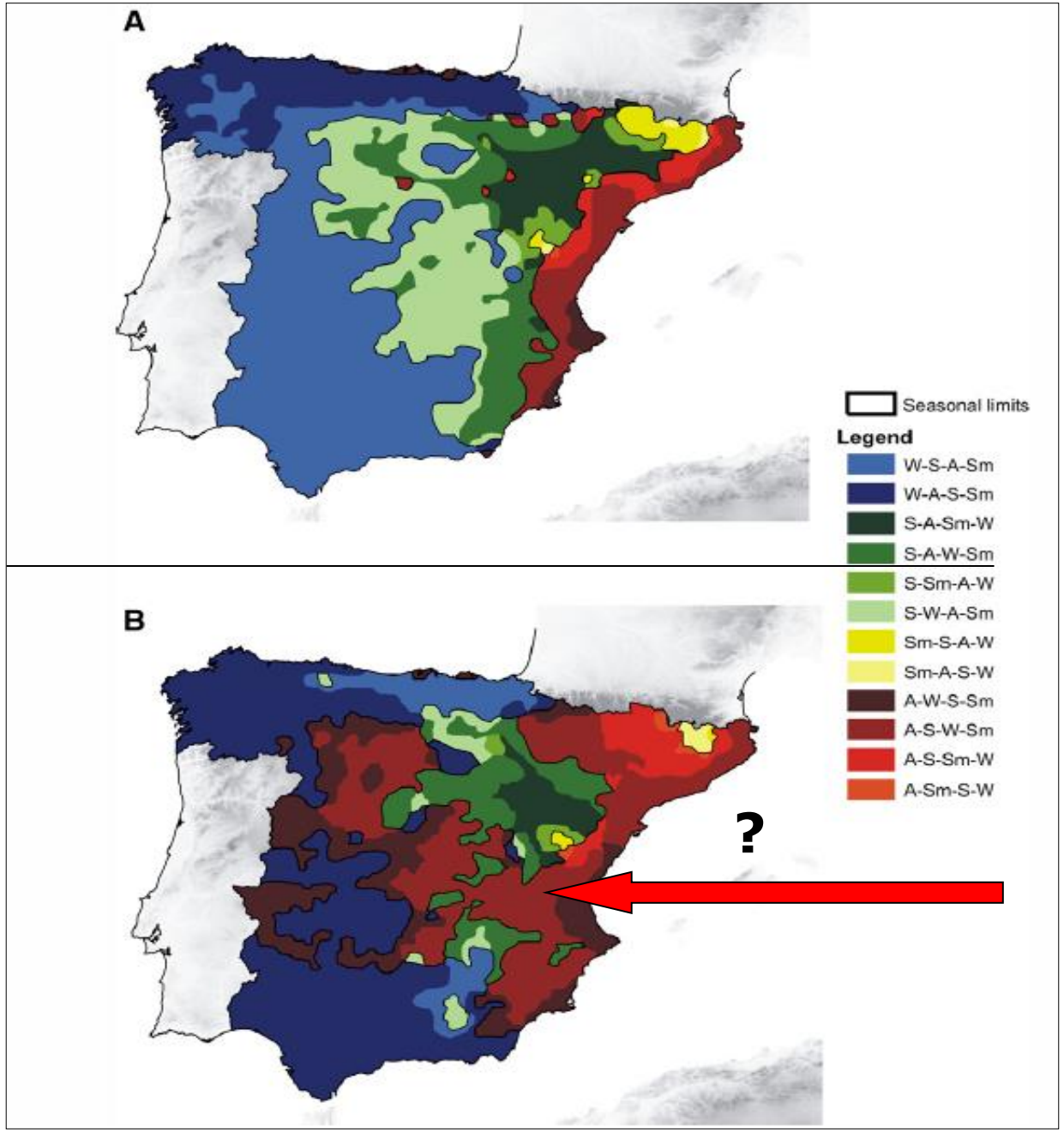
Regímenes pluviométricos estacionales en España

Posibles: 4! = 24
Existentes: 12

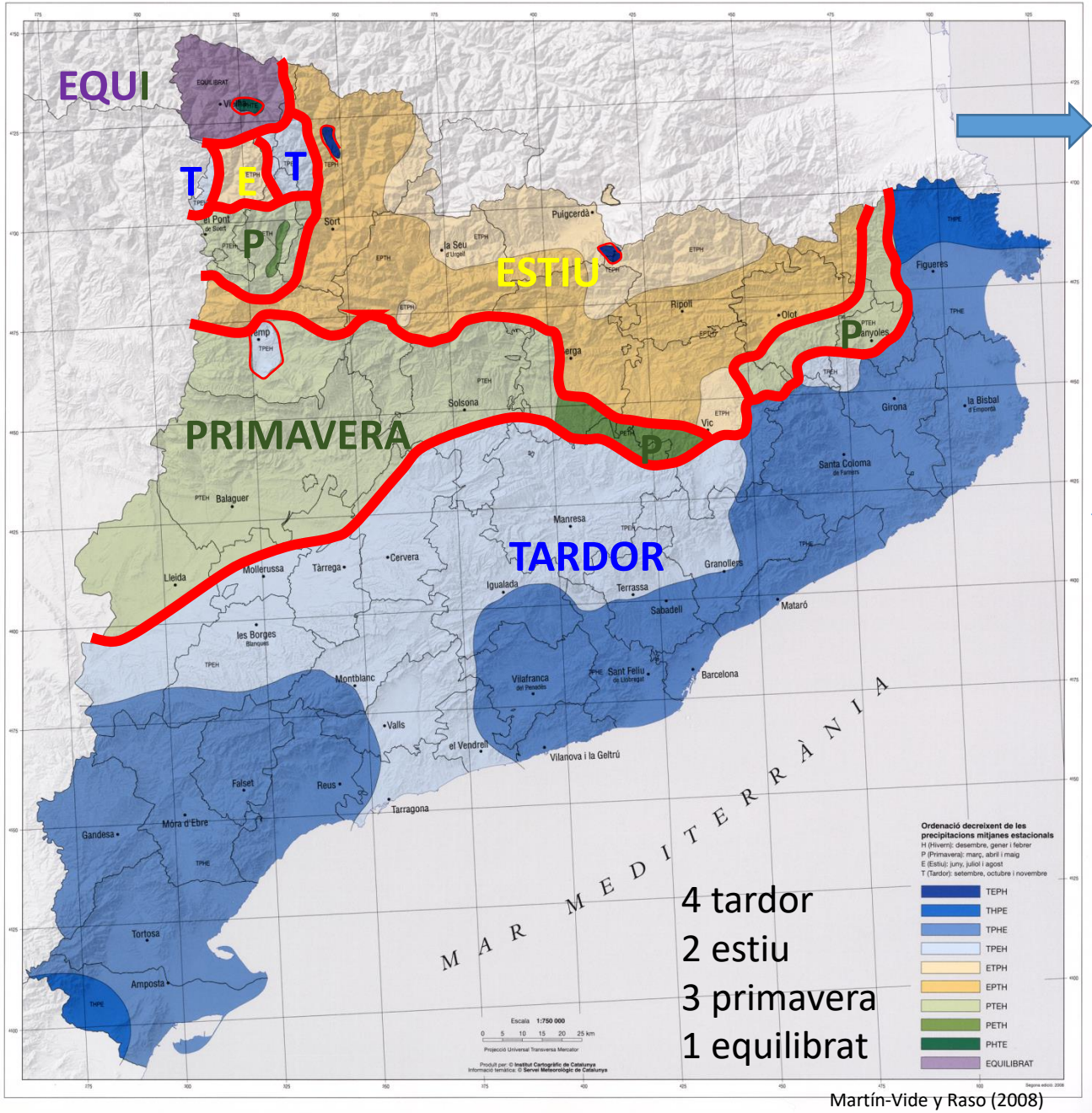
1946-1975



1976-2005

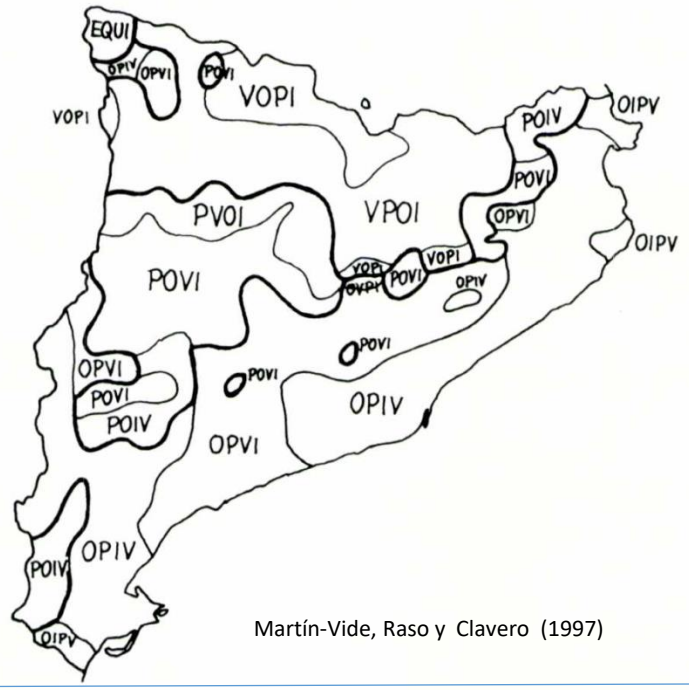


De Luis, Brunetti, González-Hidalgo, Longares y Martin-Vide (2010)



Martín-Vide y Raso (2008)

10 regímenes pluviométricos estacionales diferentes en 32.000 km² y uno de ellos "equilibrado" (!!)



Martín-Vide, Raso y Clavero (1997)

Régimen fluvial inédito en cuanto al máximo pluviométrico

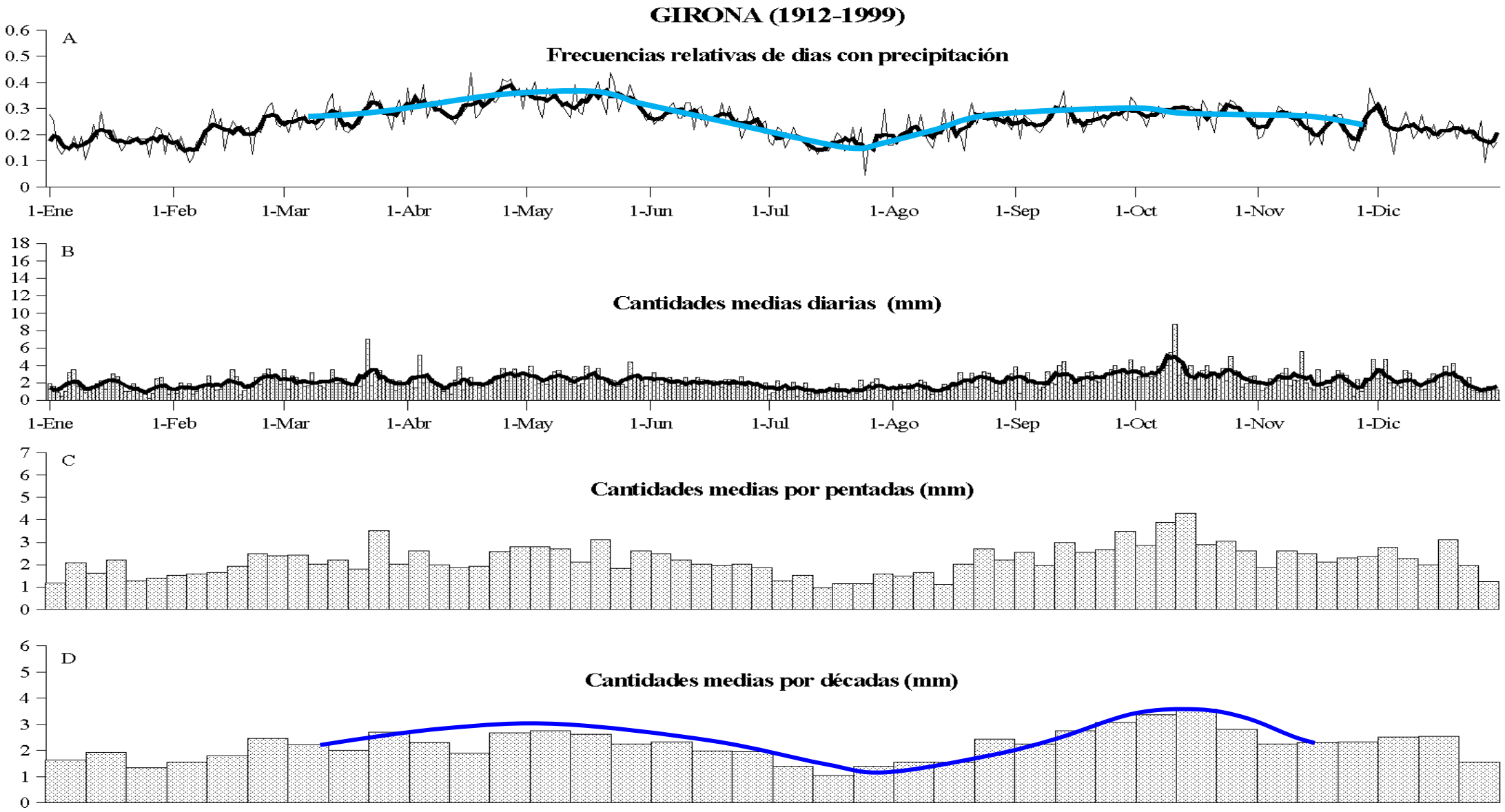
R.Llobregat <u>máx.pluv.</u>

Verano

Primavera

Otoño

Calendarios pluviométricos



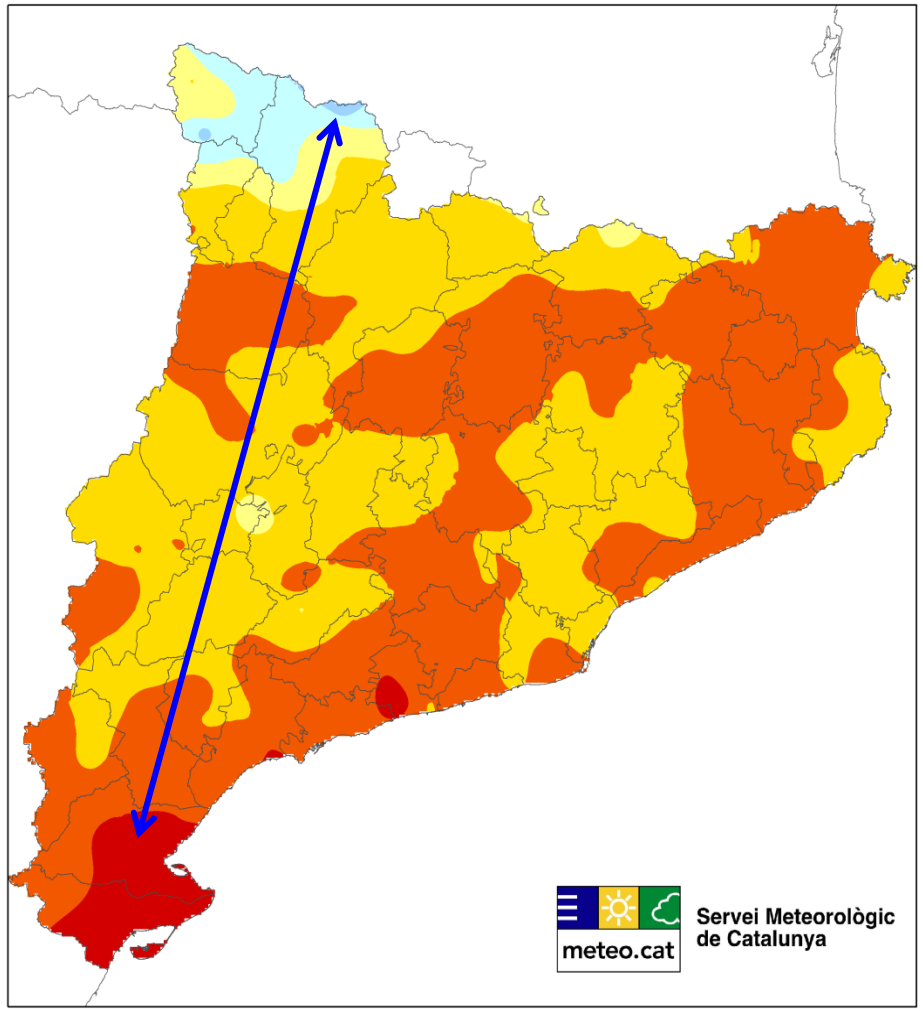
Soler y Martín-Vide (2004)

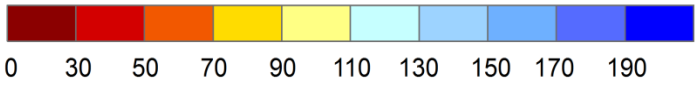
Régimen “singular” con doble máximo equinoccial en Litoral-Prelitoral

Anomalías anuales de distinto signo entre comarcas
(ejemplos)

% PRECIPITACIÓ ACUMULADA RESPECTE DE LA MITJANA CLIMÀTICA

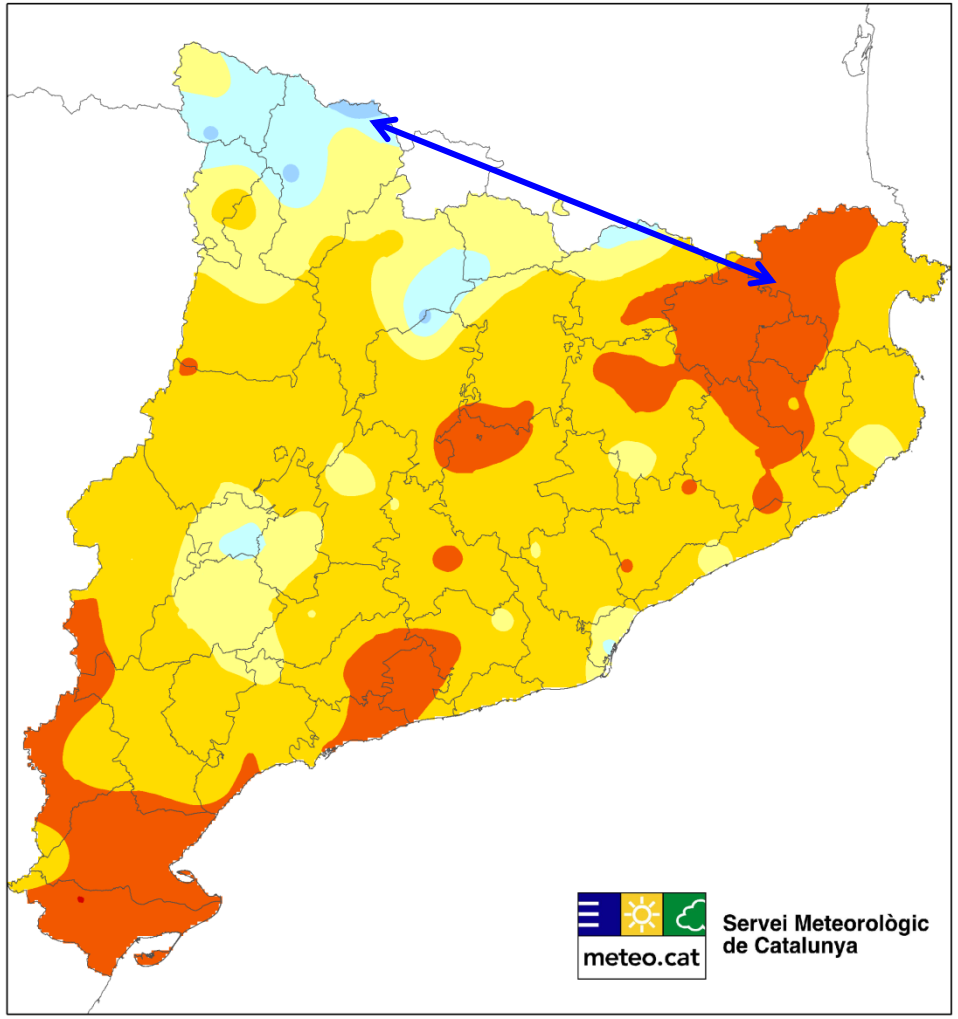
ANY 2017

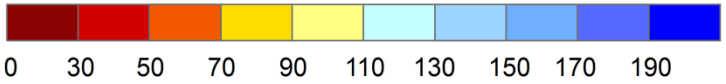




% PRECIPITACIÓ ACUMULADA RESPECTE DE LA MITJANA CLIMÀTICA

ANY 2019





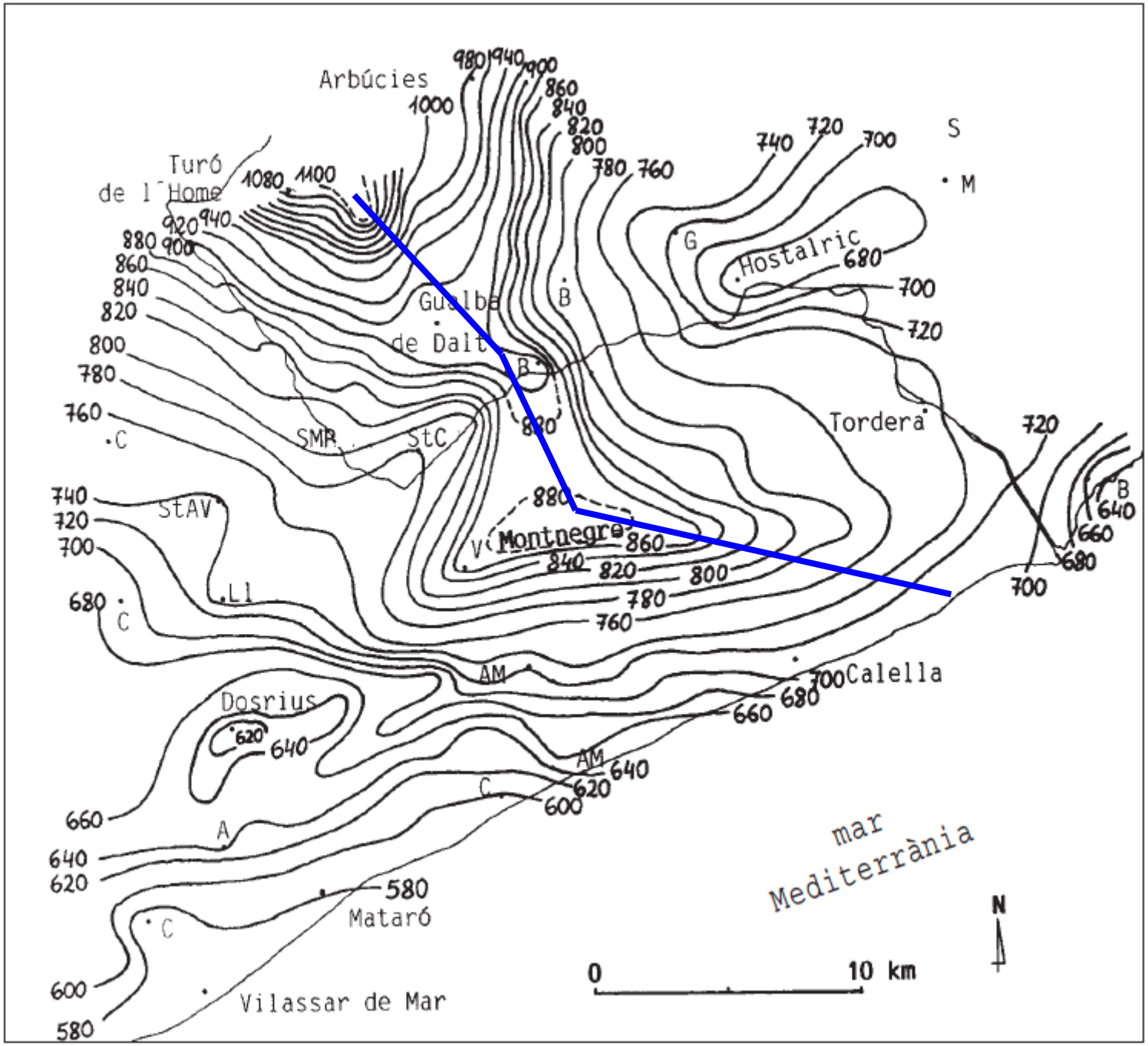


Figura 1. Isoietes mitjanes anuals (en mm) de l'extrem sud de la dorsal pluviomètrica meridiana de Catalunya.

Complejo mapa pluviométrico

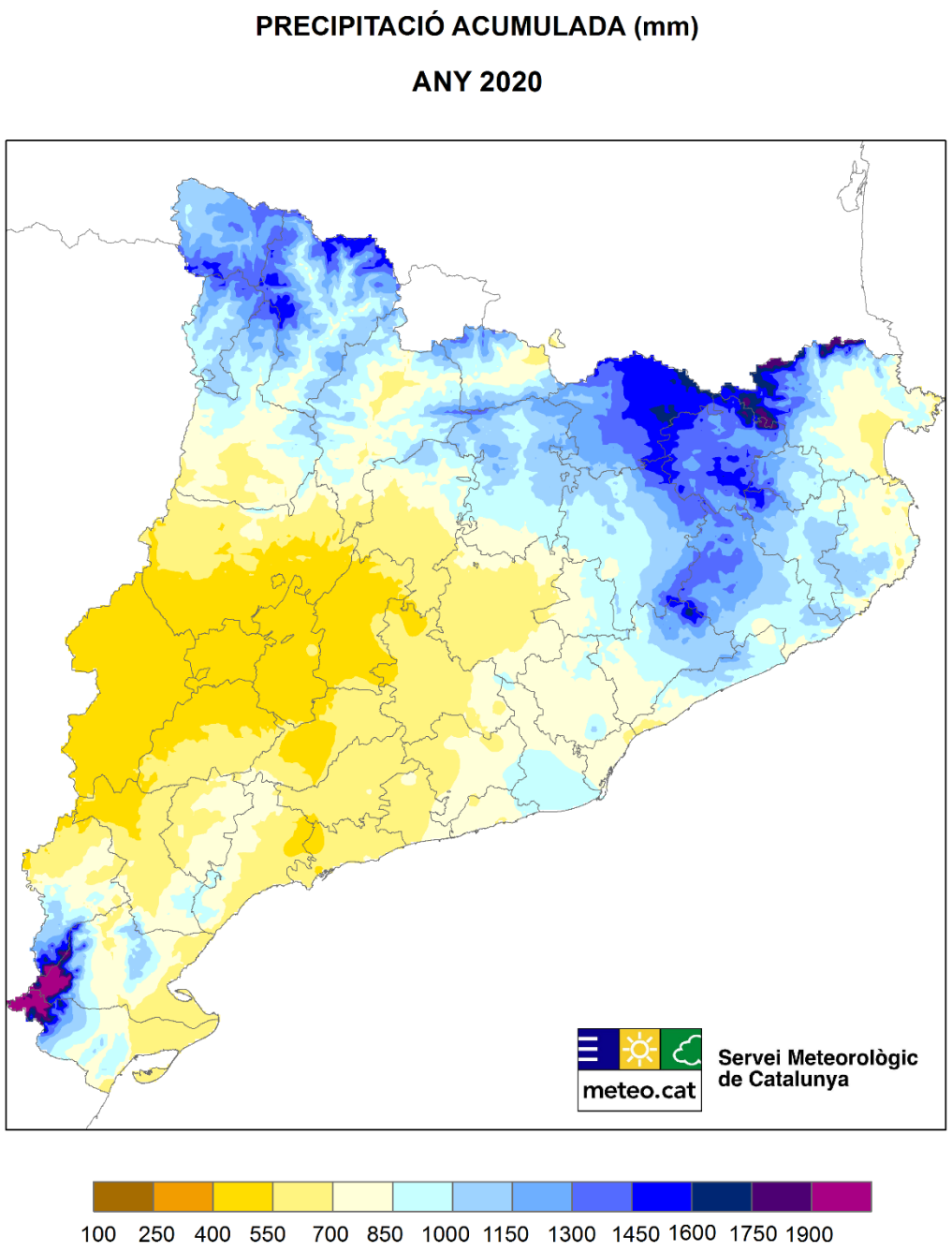
La "dorsal pluviométrica submeridiana" (terminación marítima)

Martín-Vide y Moreno (1996)

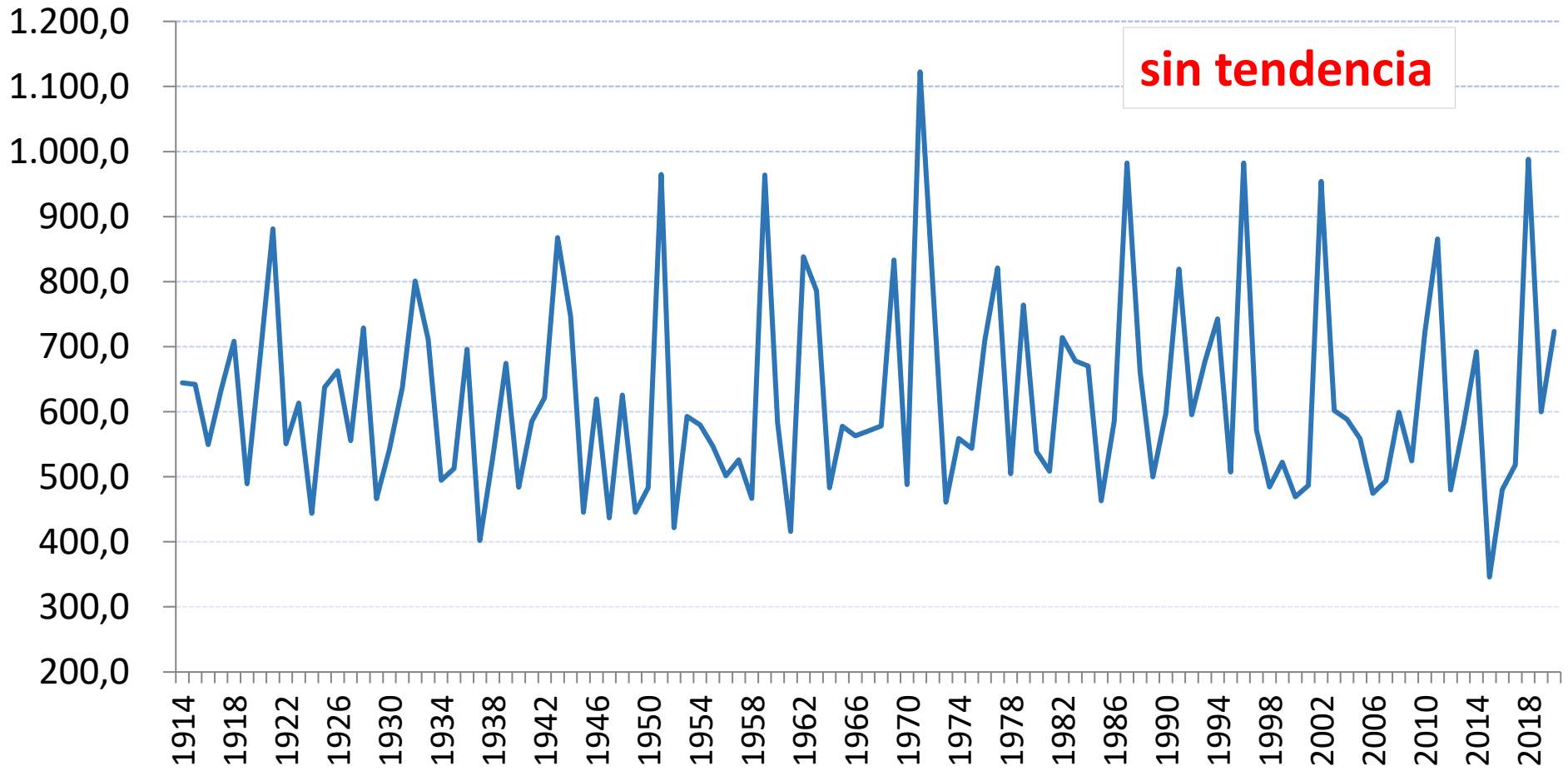
Marcadas sombras pluviométricas: Alt Urgell-cubeta de la Cerdanya o fondos de valle de la alta Noguera Pallaresa.

Elevados gradientes pluviométricos horizontales y verticales:
> 35 mm/km entre Sort (760 mm) y l'Estany Gento (cerca de 1.300 mm), con un salto altitudinal de 1.462 m (cada 2,7 m de ascenso, la precipitación aumenta 1 mm).

Pluviometría no suficientemente conocida: Els Ports de Tortosa-Beseit; área del Puig Neulós y la terminación oriental del Pirineo, entre otros sectores.



Todavía en gran parte de Catalunya la precipitación anual no muestra tendencias (seculares) estadísticamente significativas, aunque en períodos cortos recientes hay algunas reducciones significativas

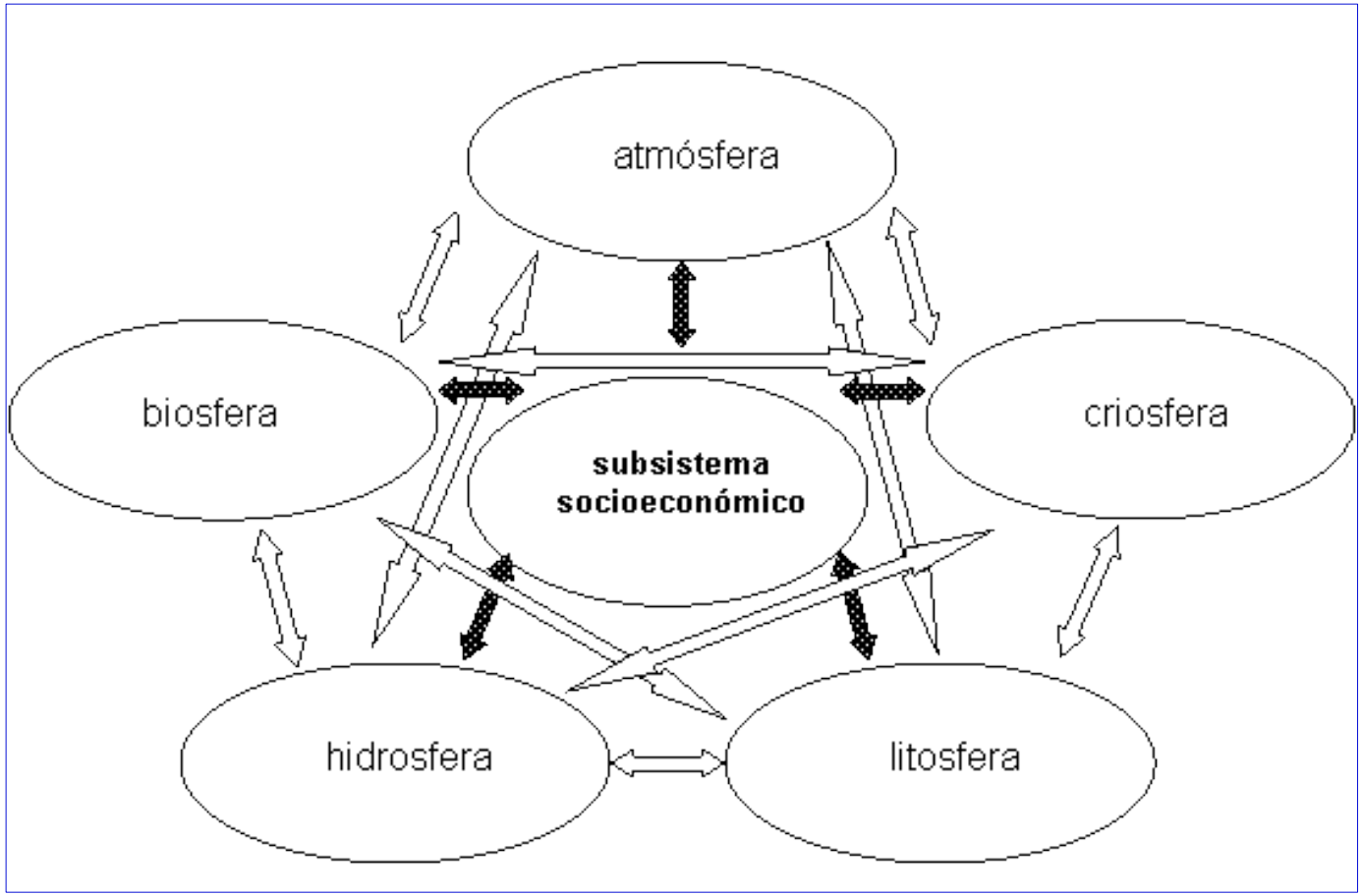


Precipitación anual (mm) en el Observatorio Fabra (RACAB) (1914-2020)

Martín-Vide (2021)

El clima futuro del planeta depende de nosotros, los $7{,}7 \cdot 10^9$ humanos, que constituimos la 6ª componente del sistema climático

Quino



Martín-Vide (2008)

Gràcies