



Servei
Meteorològic
de Catalunya



Generalitat
de Catalunya

Bases científiques del canvi climàtic a Catalunya.

Evolució recent del clima i projeccions de futur

Jordi Cunillera i Grañó
Servei Meteorològic de Catalunya

Canvi climàtic: present, futur i el cicle de l'aigua
Manresa , 31 d'octubre de 2017

- 1. Evolució del clima recent a Catalunya (*Cap. 4, TlCCCC*)**
- 2. Projeccions climàtiques per al s. XXI (*Cap. 5, TlCCCC*)**

1. Evolució del clima recent a Catalunya

TICCC, CAPÍTOL 4: CANVIS OBSERVATS EN EL CLIMA DE CATALUNYA

Autors: *Javier Martín Vide (UB – Grup de Climatologia);
Marc Prohom i Montserrat Busto (SMC)*

Col·laboradors: *Josep Pascual (Obs. Meteorològic de l'Estartit);
Jordi Camins (geògraf i expert muntanyenc)*

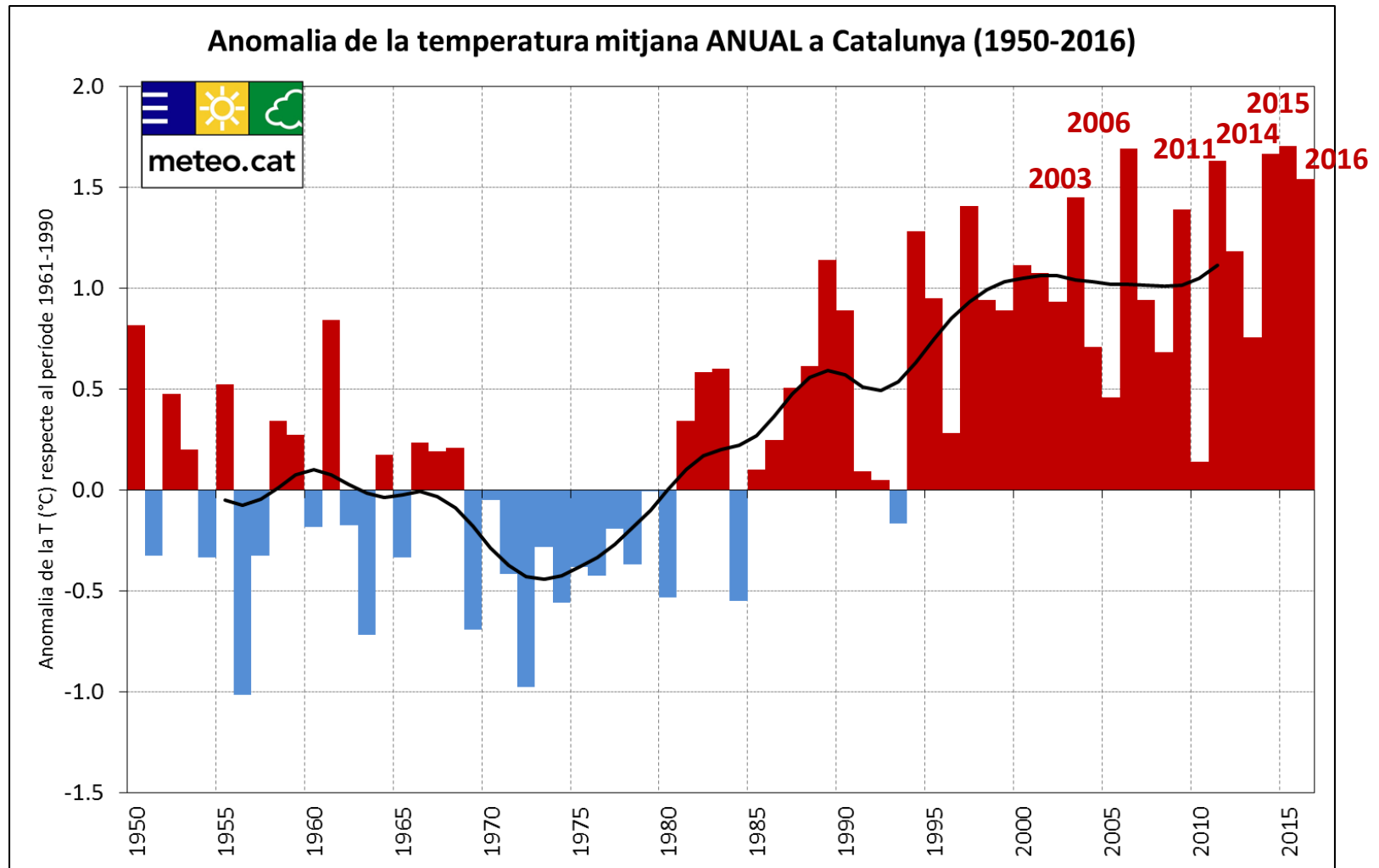
Objectiu: analitzar l'evolució recent del clima a Catalunya a partir de l'estudi de la T i la PPT durant els darrers decennis, així com d'altres variables (insolació, T de les aigües marines, estat de les masses de gel, etc.).

1. Evolució del clima recent a Catalunya

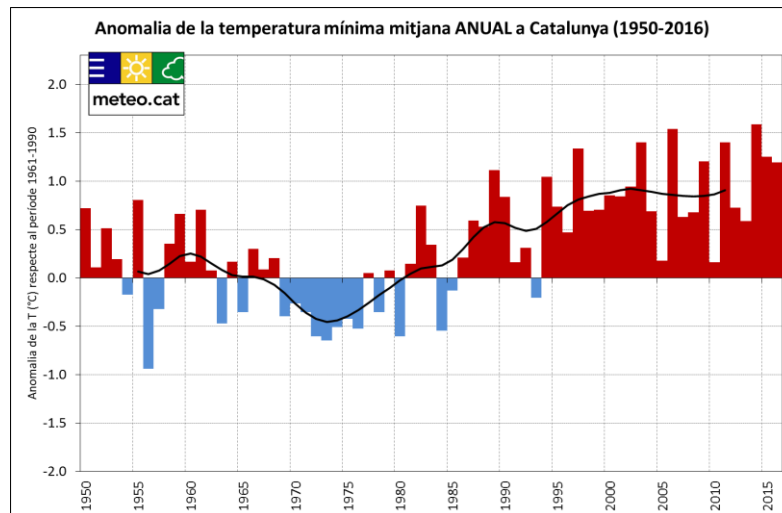
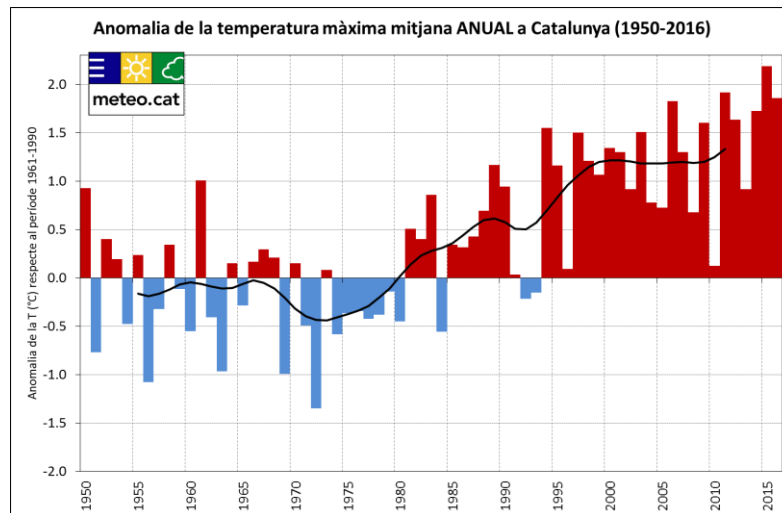
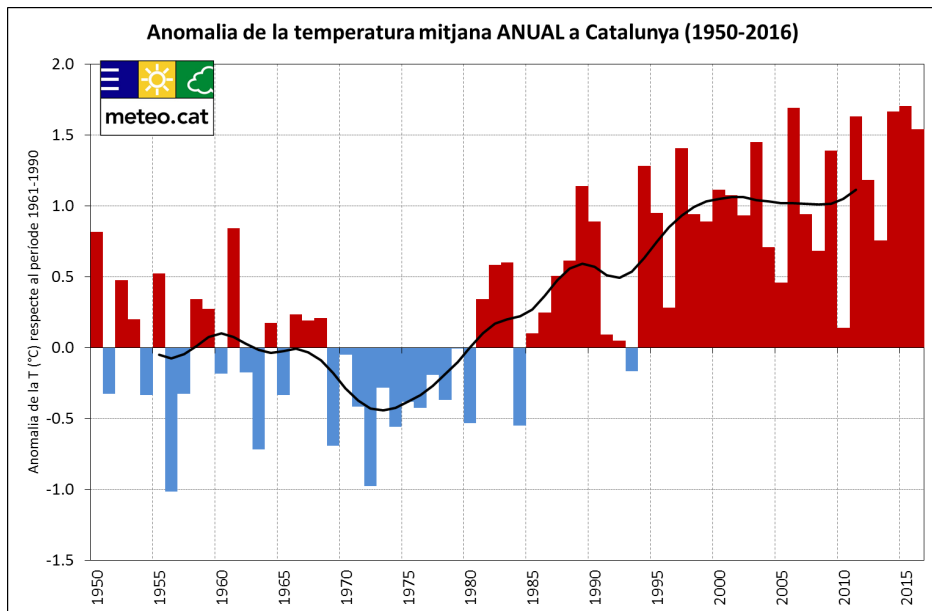
Milliores del TICCC respecte de les dues versions anteriors:

- S'actualitza l'evolució recent del clima a Catalunya fins a 2014.
- S'amplia l'abast temporal (plurisecular) i espacial (més sèries climàtiques) de l'estudi.
- S'afegeix també l'anàlisi d'altres variables no tractades prèviament (HR, evaporació, insolació...) i dels extrems climàtics.
- S'incorporen noves dades sobre l'evolució de la temperatura de les aigües marines i l'estat de les masses de gel al Pirineu.
- **Es recomanen actuacions** per a donar continuïtat i millorar el monitoratge del canvi climàtic al país.

1. Evolució del clima recent a Catalunya - Temperatura

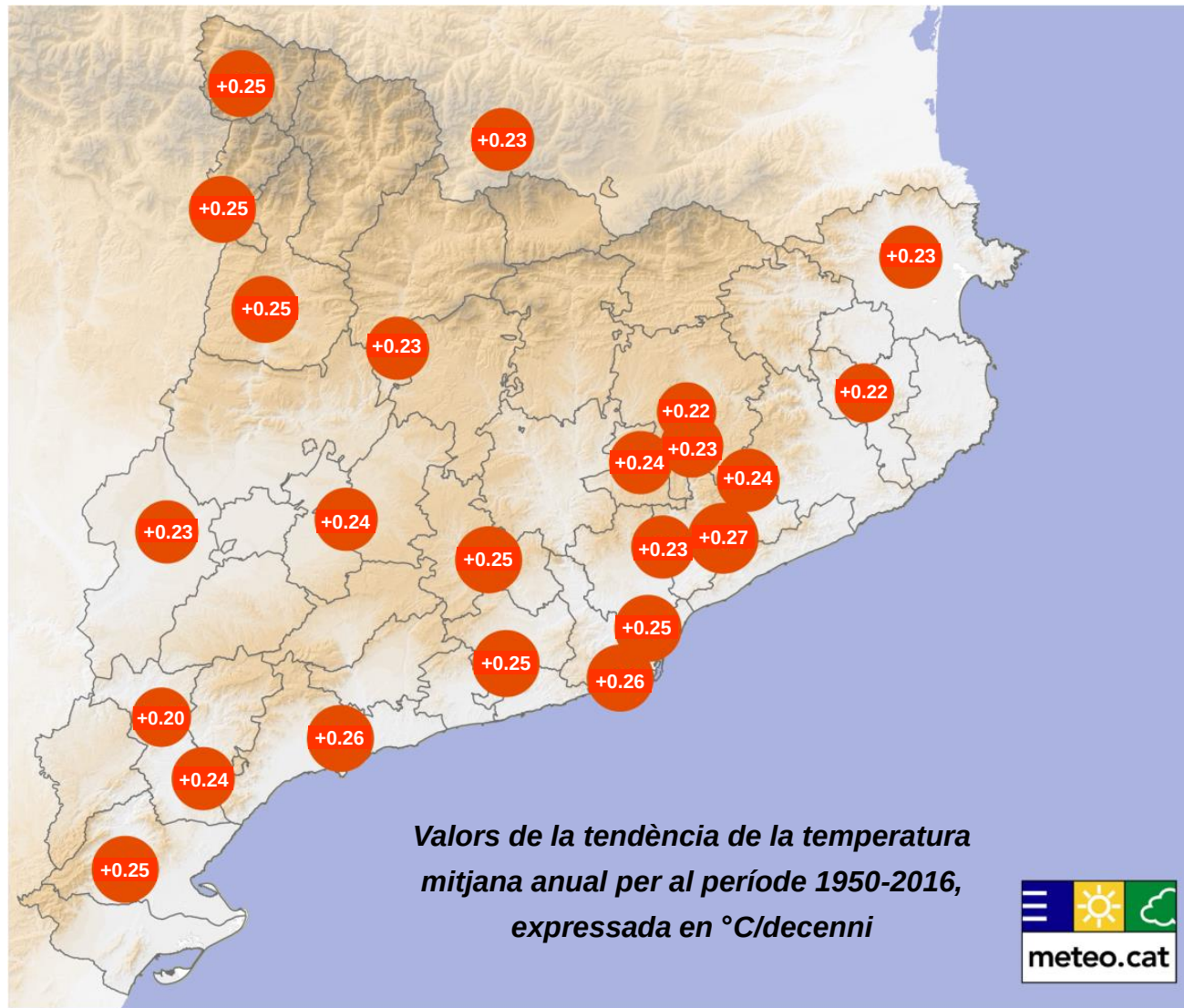


1. Evolució del clima recent a Catalunya - Temperatura

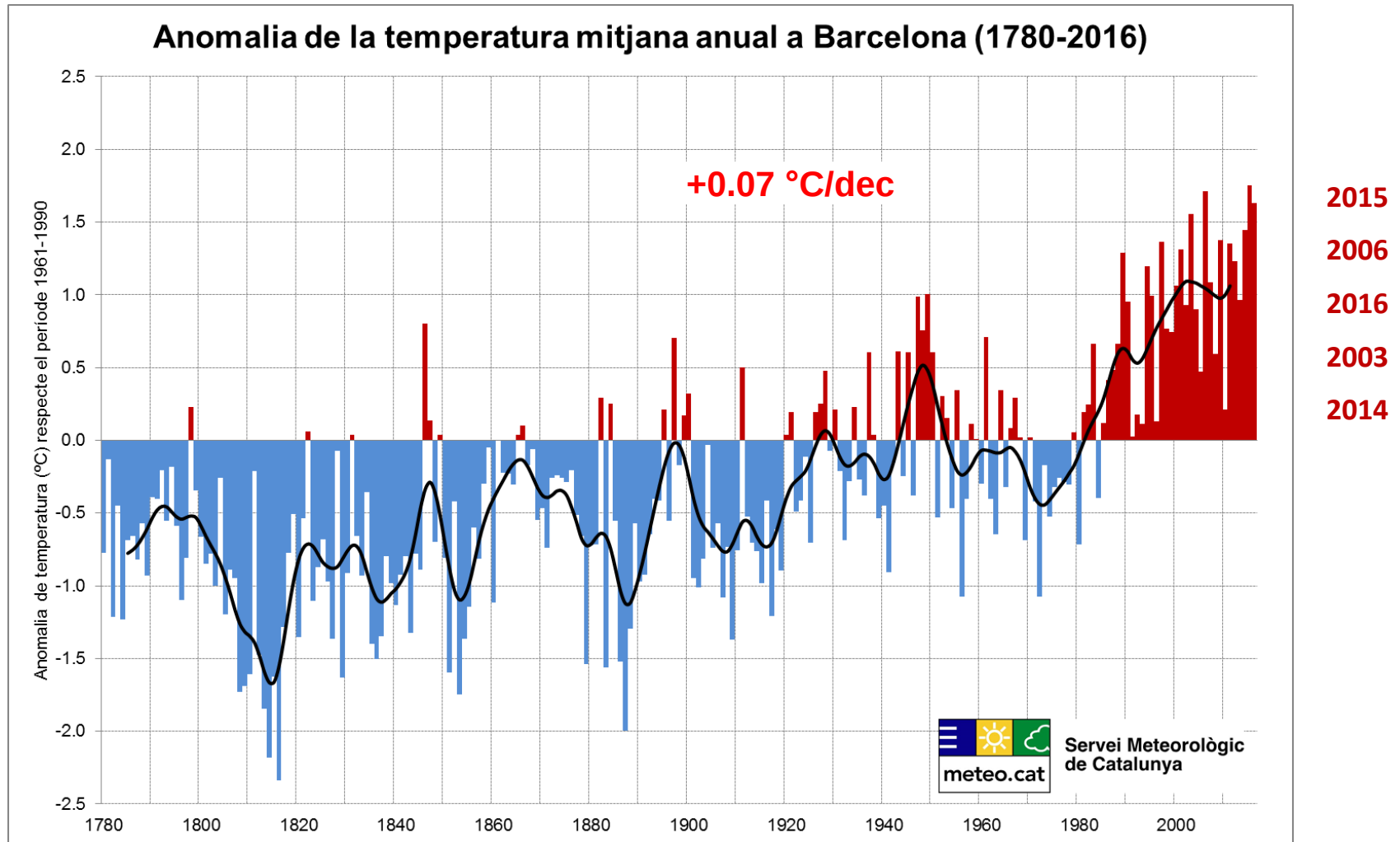


Tendència de la temperatura a Catalunya, 1950-2016			
	T mitjana	T màxima	T mínima
Anual	+0.24 °C/dec	+0.30 °C/dec	+0.18 °C/dec
Hivern	+0.20 °C/dec	+0.24 °C/dec	+0.15 °C/dec
Primavera	+0.23 °C/dec	+0.30 °C/dec	+0.16 °C/dec
Estiu	+0.35 °C/dec	+0.45 °C/dec	+0.24 °C/dec
Tardor	+0.20 °C/dec	+0.22 °C/dec	+0.17 °C/dec

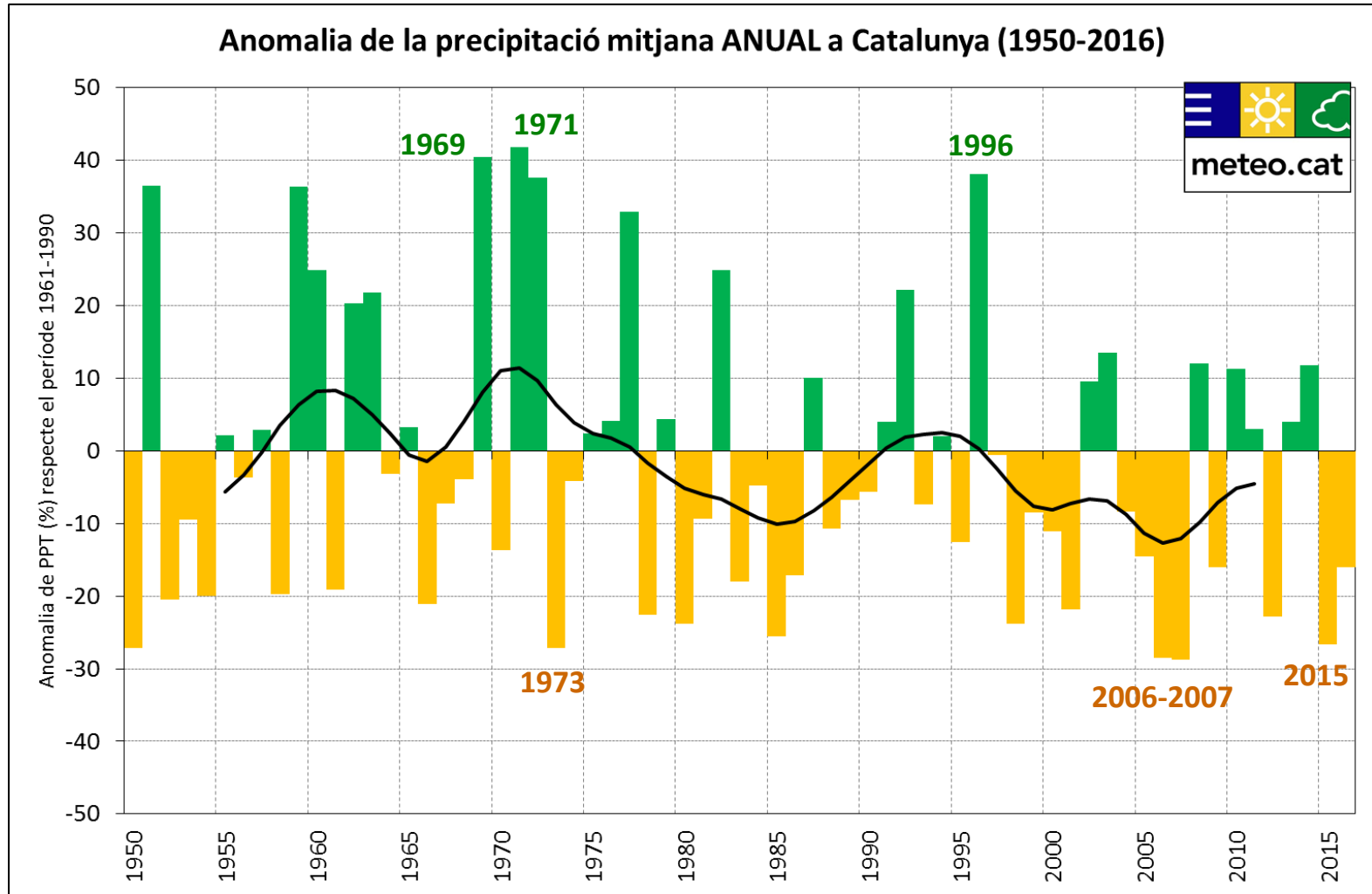
1. Evolució del clima recent a Catalunya - Temperatura



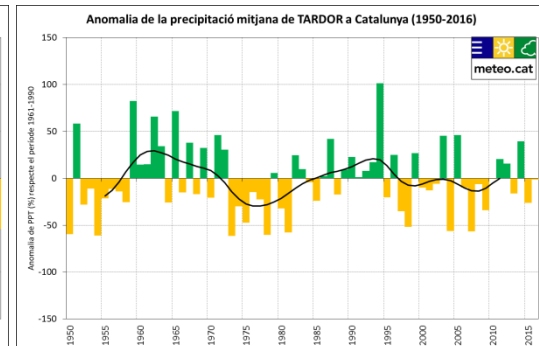
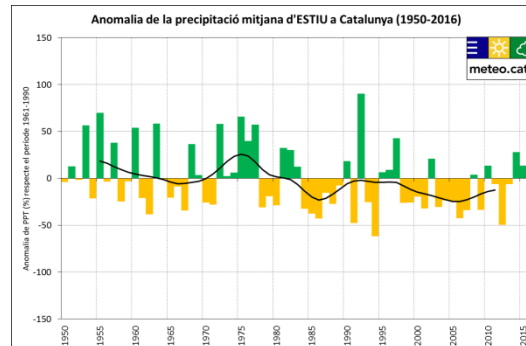
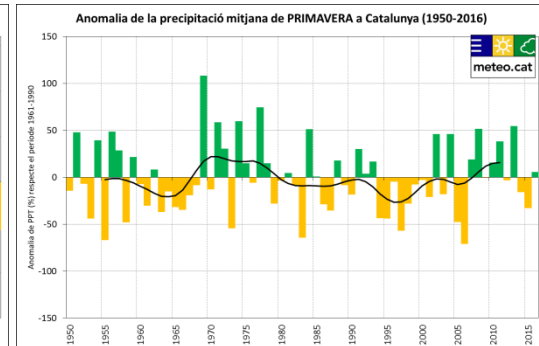
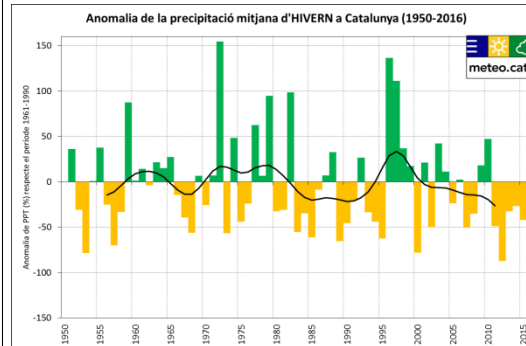
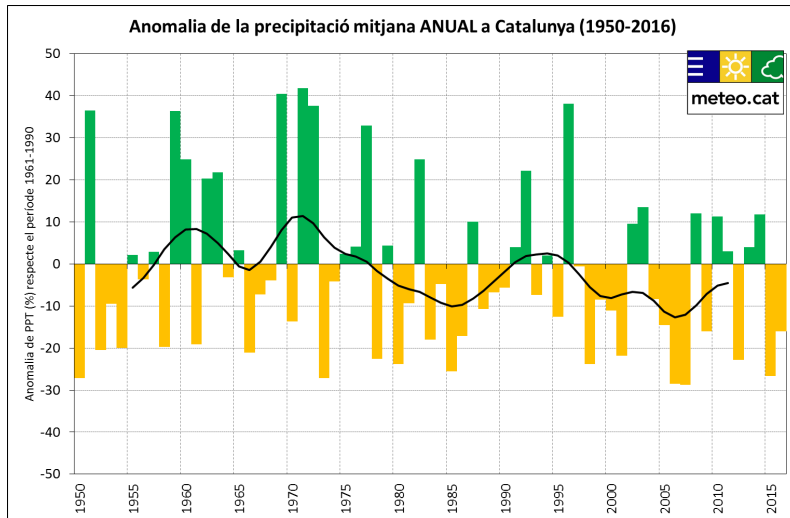
1. Evolució del clima recent a Catalunya - Temperatura



1. Evolució del clima recent a Catalunya - Precipitació

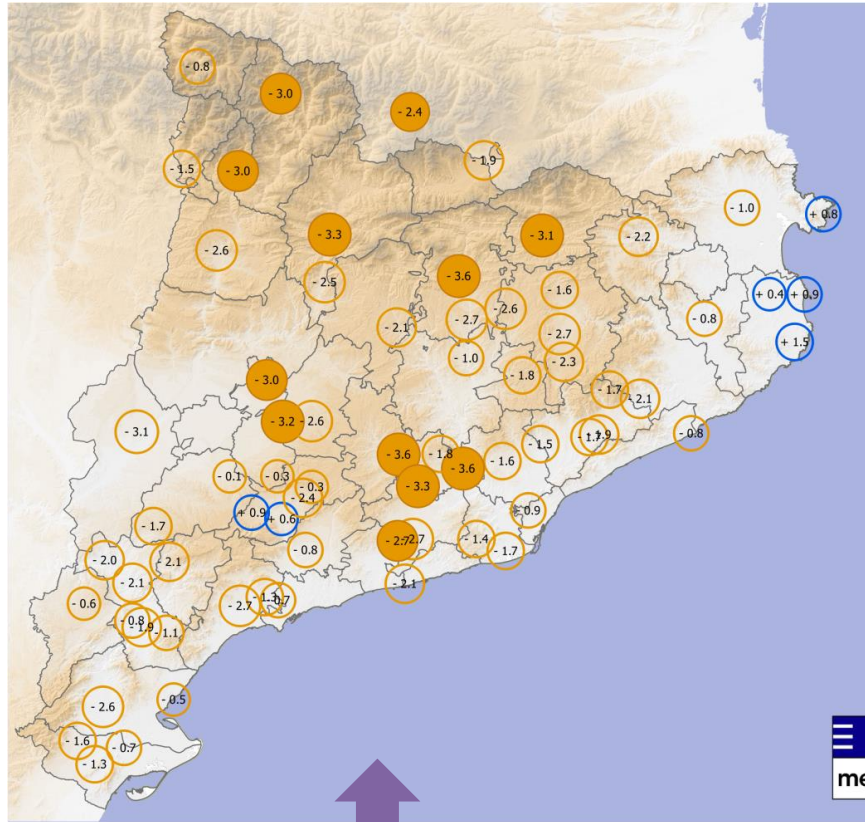


1. Evolució del clima recent a Catalunya - Precipitació



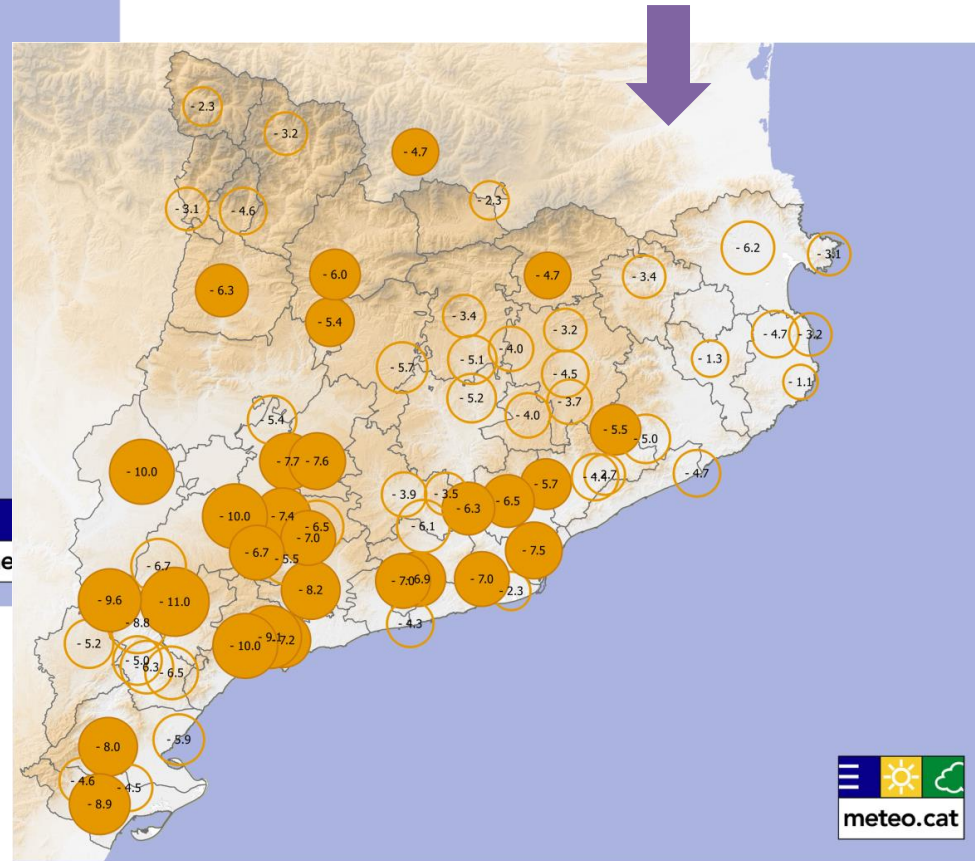
Tendència de la precipitació a Catalunya 1950-2016	
Anual	- 1.7 %/decenni
Hivern	- 3.1 %/decenni
Primavera	- 0.1 %/decenni
Estiu	- 5.0 %/decenni *
Tardor	- 0.2 %/decenni

1. Evolució del clima recent a Catalunya - Precipitació

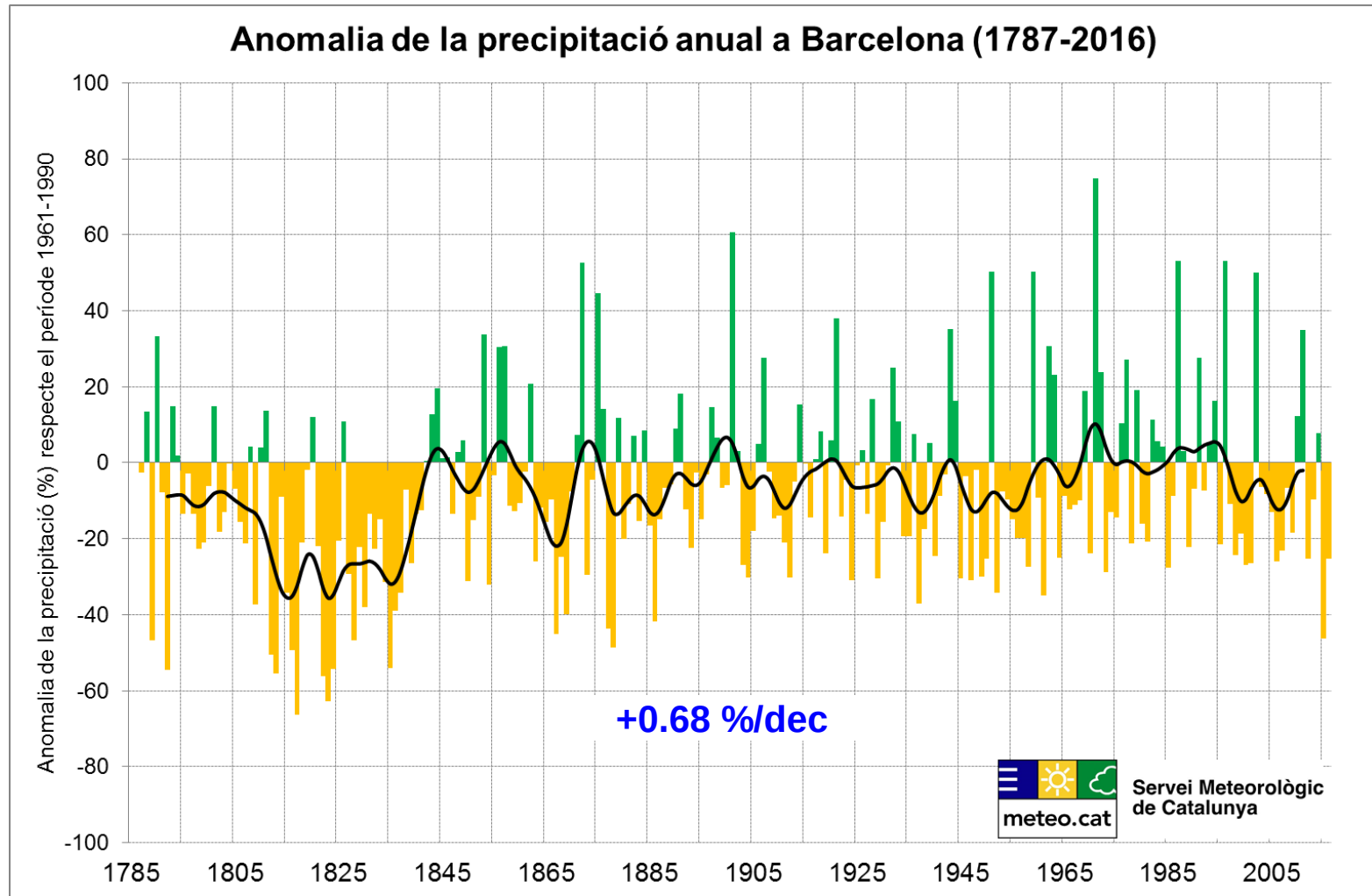


**Valors de la tendència de la precipitació
anual per al període 1950-2016,
expressada en %/decenni**

**Valors de la tendència de la precipitació
d'estiu (JJA) per al període 1950-2016,
expressada en %/decenni**



1. Evolució del clima recent a Catalunya - Precipitació



1. Evolució del clima recent a Catalunya - altres anàlisis

Canvis en els extrems climàtics

Disminueixen

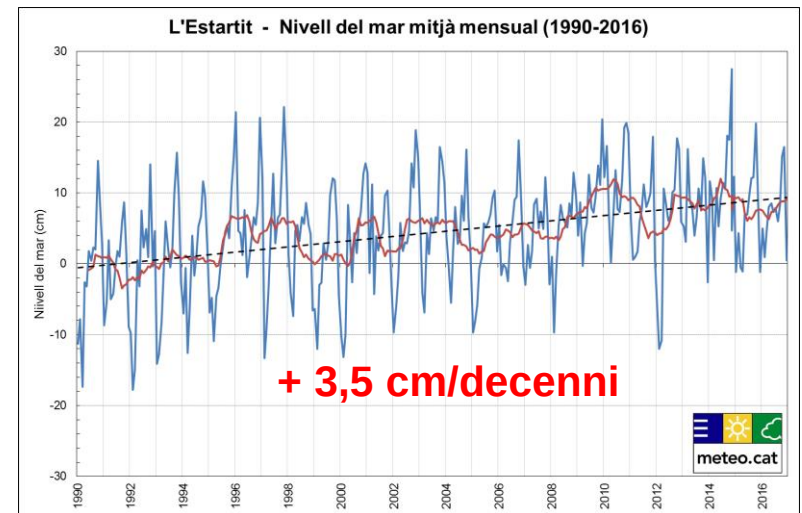
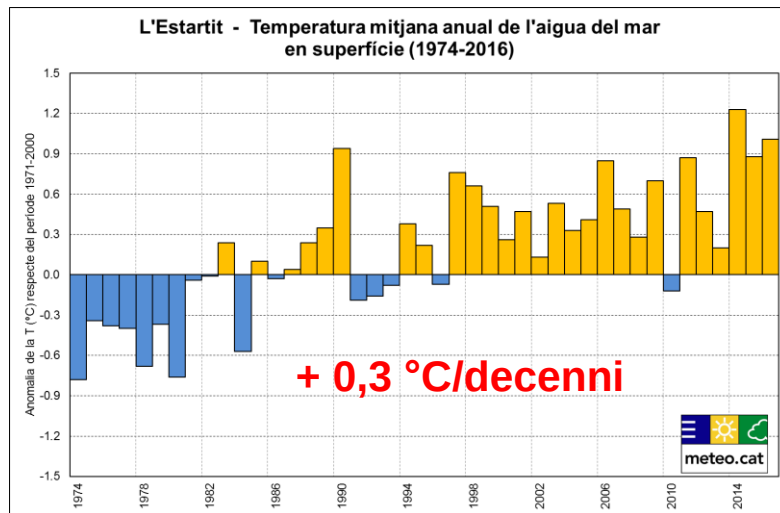
- Nits fredes
- Dies freds
- Indicador de durada de ratxa freda

Precipitació

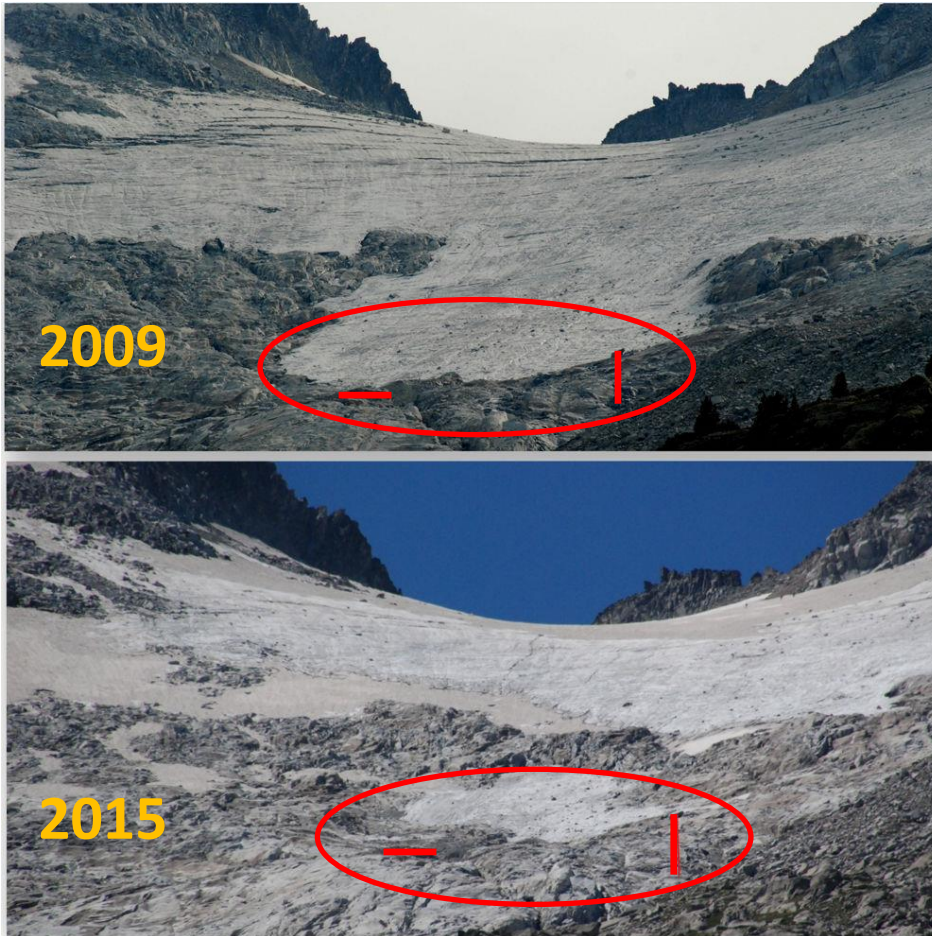
“Augmenta” l'Índex simple d'intensitat diària

Augmenten

- Dies d'estiu
- Nits tropicals
- Màxima de la Tmàx
- Mínima de la Tmín
- Nits càlides
- Dies càlids
- Indicador de durada de ratxa càlida
- Amplitud tèrmica anual
- Hores de sol



1. Evolució del clima recent a Catalunya - altres anàlisis



Les glaceres al Pirineu

En aquest moments, es pot afirmar amb rotunditat que ja **no hi ha a Catalunya cap aparell glacial visible**.

Als aparells glacials propers (Aneto-Maladeta i Mont Valier), les pèrdues actuals de gruix de gel són de l'ordre d'1,5 cm/any, triplicant la mitjana del període 1985-2005, que oscil·lava entre 0,45 i 0,60 cm/any segons el sector.

Glacera d'Aneto: comparativa 2009-2015, amb la fragmentació del límit inferior del lòbul oriental donant origen a la congesta de gel inferior de l'Aneto. Font: Jordi Camins.

1. Evolució del clima recent a Catalunya

Conclusions més remarcables: *[valors actualitzats fins a 2016]*

- L'increment tèrmic és evident a Catalunya. Des de 1950 s'ha observat un augment de la T mitjana anual de $+0,24$ °C/decenni, homogeni a tot el territori, més marcat a la Tx que a la Tn ($+0,30$ vs $+0,18$ °C/dec.), i especialment a l'estiu ($+0,35$ °C/dec.).
- El senyal observat a la precipitació des de 1950 és menys clar, amb un lleuger descens a escala anual ($-1,7$ %/dec.), però sense significació estadística, i més marcat a l'estiu i a l'àmbit pirinenc.

Recomanacions:

- Mantenir i ampliar la xarxa d'observació meteorològica.
- Garantir la qualitat de les sèries climàtiques (rescat de dades, control de qualitat, homogeneïtat).
- Millorar la difusió de la informació climàtica mitjançant indicadors temàtics per a cadascun dels sectors socioeconòmics: agrícola, sanitari, turístic, energètic...

2. Projections climàtiques per al s. XXI

TICCC, CAPÍTOL 5: PROJECCIONS CLIMÀTIQUES A CATALUNYA

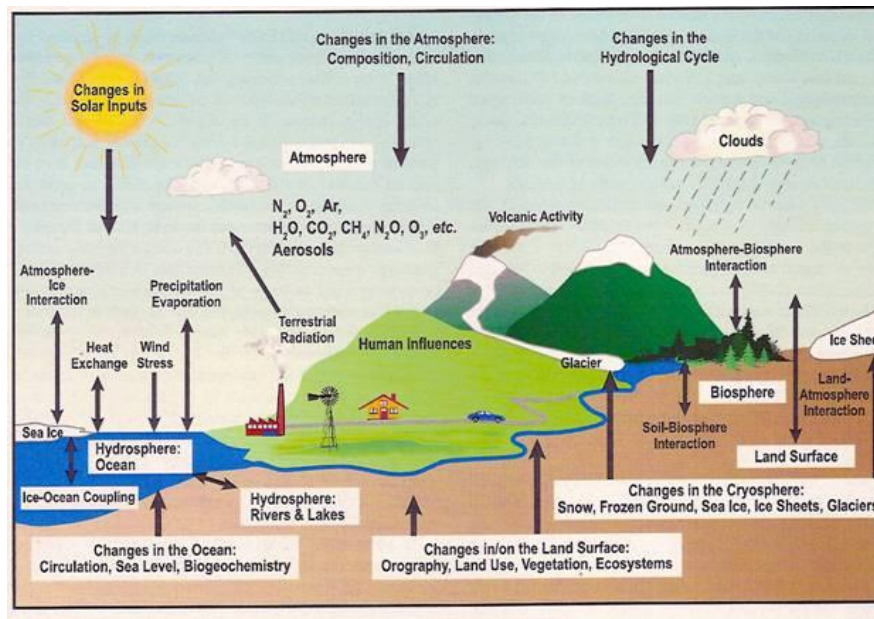
Autors: *Josep Calbó (UdG);
Jordi Cunillera, Toni Barrera i Vicent Altava (SMC);
Francisco Doblas-Reyes, Javier García-Serrano,
María Gonçalves-Ageitos i Virgine Guemas (BSC)*

Objectiu: proporcionar estimacions de les variacions de T i PPT, per als horitzons immediat i de mitjan segle, per a Catalunya i les àrees geogràfiques definides com a Litoral, Pirineu i Interior.

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI (*Introducció*)

Les **projeccions climàtiques** permeten estudiar l'evolució futura del clima, i s'obtenen majoritàriament com a resultat de l'execució dels **models climàtics**.

En un model climàtic s'integra el coneixement actual del **sistema climàtic**; usant com a dades d'entrada els factors que afecten el sistema ("**forçaments**"), proporciona el clima esperat en un període determinat de temps.



Atmosfera

Hidrosfera

Criosfera

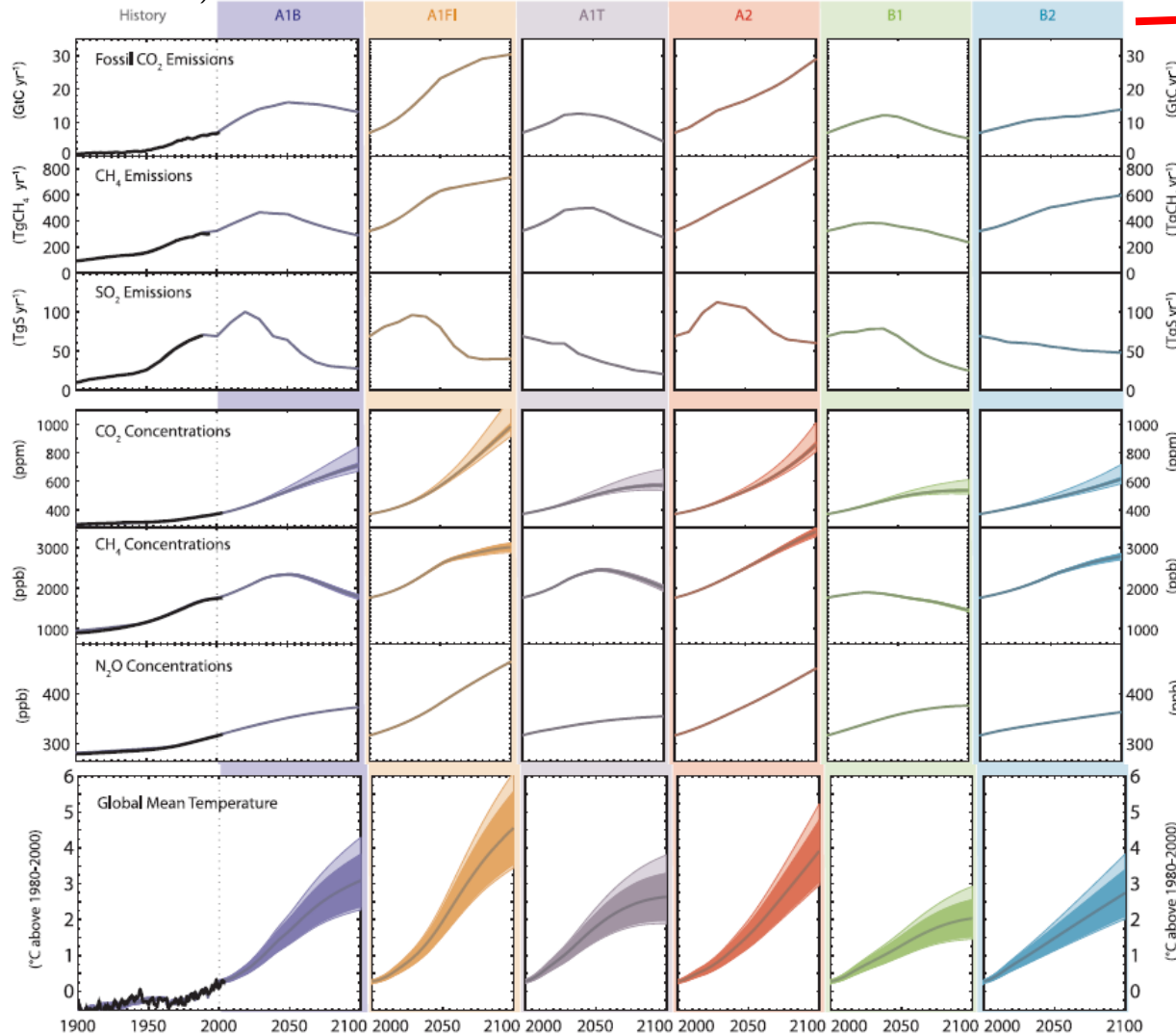
Litosfera

Biosfera

Interaccions

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI (Introducció)

(IPCC 2007: WG1 - AR4)



**escenaris
d'emissions**

Com evolucionarà l'emissió dels principals GEH (depèn del consum d'energia, creixement econòmic i demogràfic, noves tecnologies...)?

FACTORS SOCIO-ECONÒMICS



Quina serà la concentració a l'atmosfera d'aquest GEH?

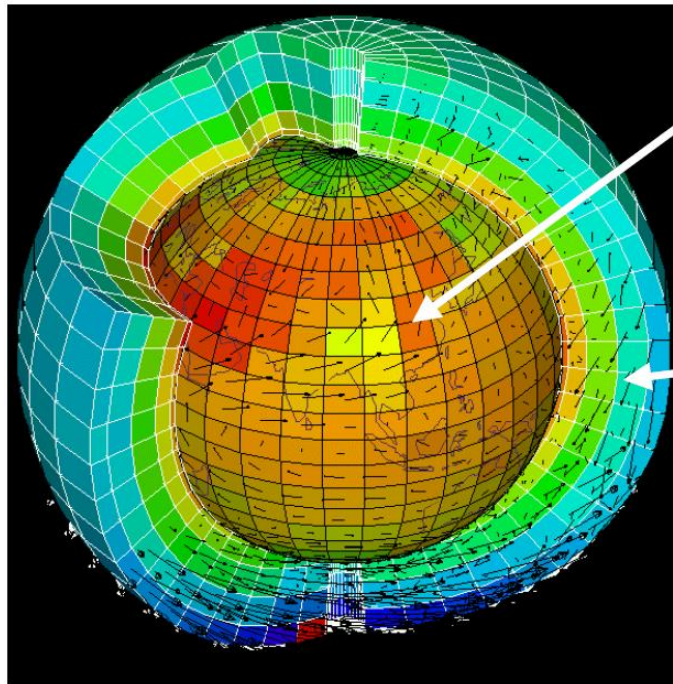


Quina serà la resposta del sistema climàtic?

PROJECCIÓ CLIMÀTICA

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI (*Introducció*)

Model $\equiv$ codi informàtic que resol el sistema d'equacions que defineixen els processos físics i químics que tenen lloc al sistema climàtic en cada punt de la malla tridimensional que s'ha definit (→ **resolució del model**)



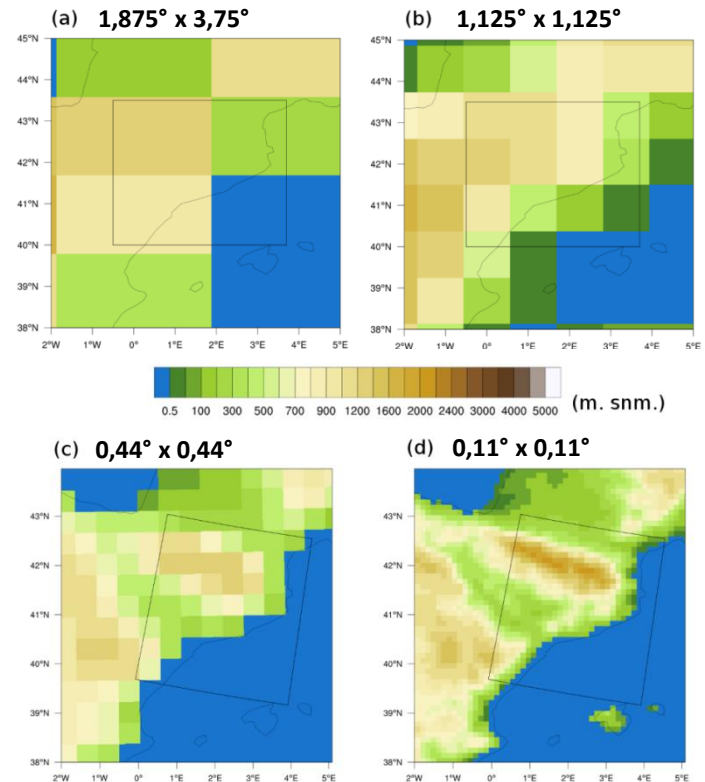
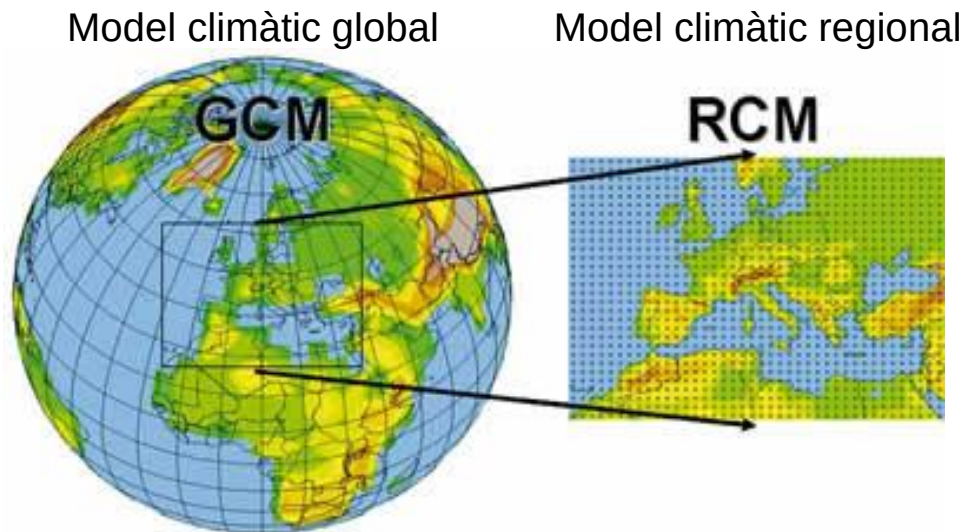
mall horitzontal amb una
mida d'uns 100 - 300 km

mall vertical de mida variable

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI (Introducció)

Per què és necessària la regionalització (*downscaling*)?

- Resolució dels models globals ~ 100-300 km.
- No simulen prou bé fenòmens meteorològics d'escala local i mitjana, que sovint són els que defineixen el clima d'una zona determinada.



Projecte ESCAT (SMC – BSC)

Projeccions climàtiques fins a l'any 2050 a alta resolució (10 km) per a Catalunya

2. Projectacions climàtiques per al s. XXI

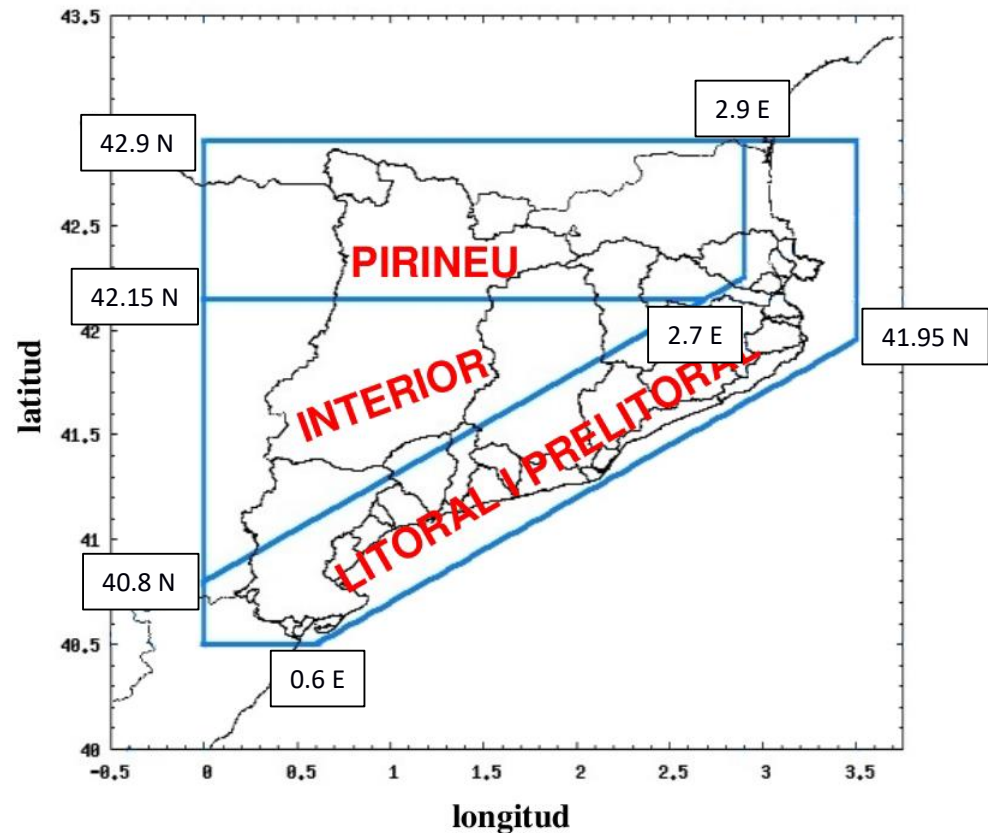
Milliores del TICCC respecte de les dues versions anteriors:

- S'augmenta el nombre de projectacions regionalitzades (46 simulacions) per a determinar el rang de variació de les variables fins a mitjan segle XXI.
- S'ofereixen resultats per a dos horitzons: 2012-2021 i 2031-2050.
- S'introdueixen les prediccions decennals (37 simulacions) per a l'horitzó 2012-2021, juntament amb les projectacions regionalitzades.
- S'utilitzen els RCP com a escenaris d'emissions en algunes simulacions analitzades.
- S'estableixen unes **recomanacions** sobre l'ús i transferència de la informació sobre l'evolució futura del clima.

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI

Resultats mostrats al Cap. 5 del TICCC:

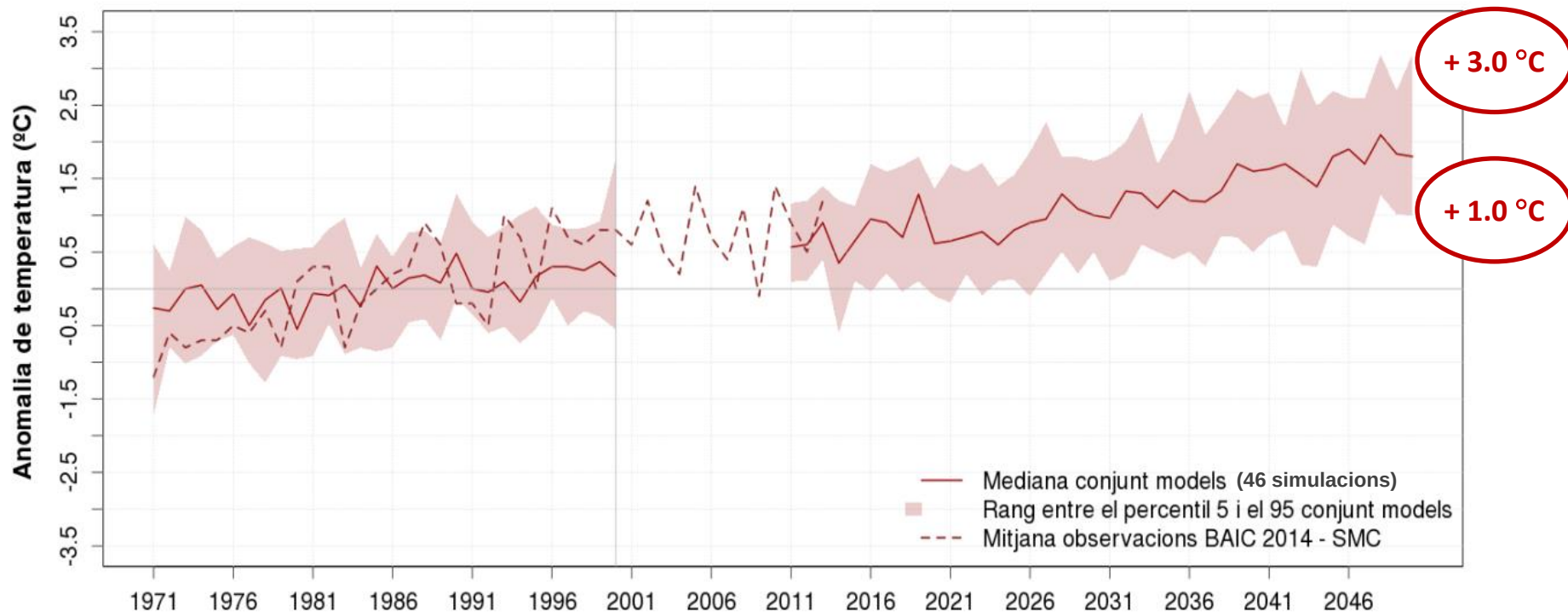
- ✓ Període de referència: 1971-2000.
- ✓ Dos horitzons de prognosi:
2012-2021 , 2031-2050.
- ✓ Regió i subregions.
- ✓ Resultats en base anual i estacional.



2. Projections climàtiques per al s. XXI

Evolució mitjana per a Catalunya de l'anomalia de la TMA per al període 1971 – 2050

Projections regionalitzades 2011-2050 vs 1971-2000 CATALUNYA



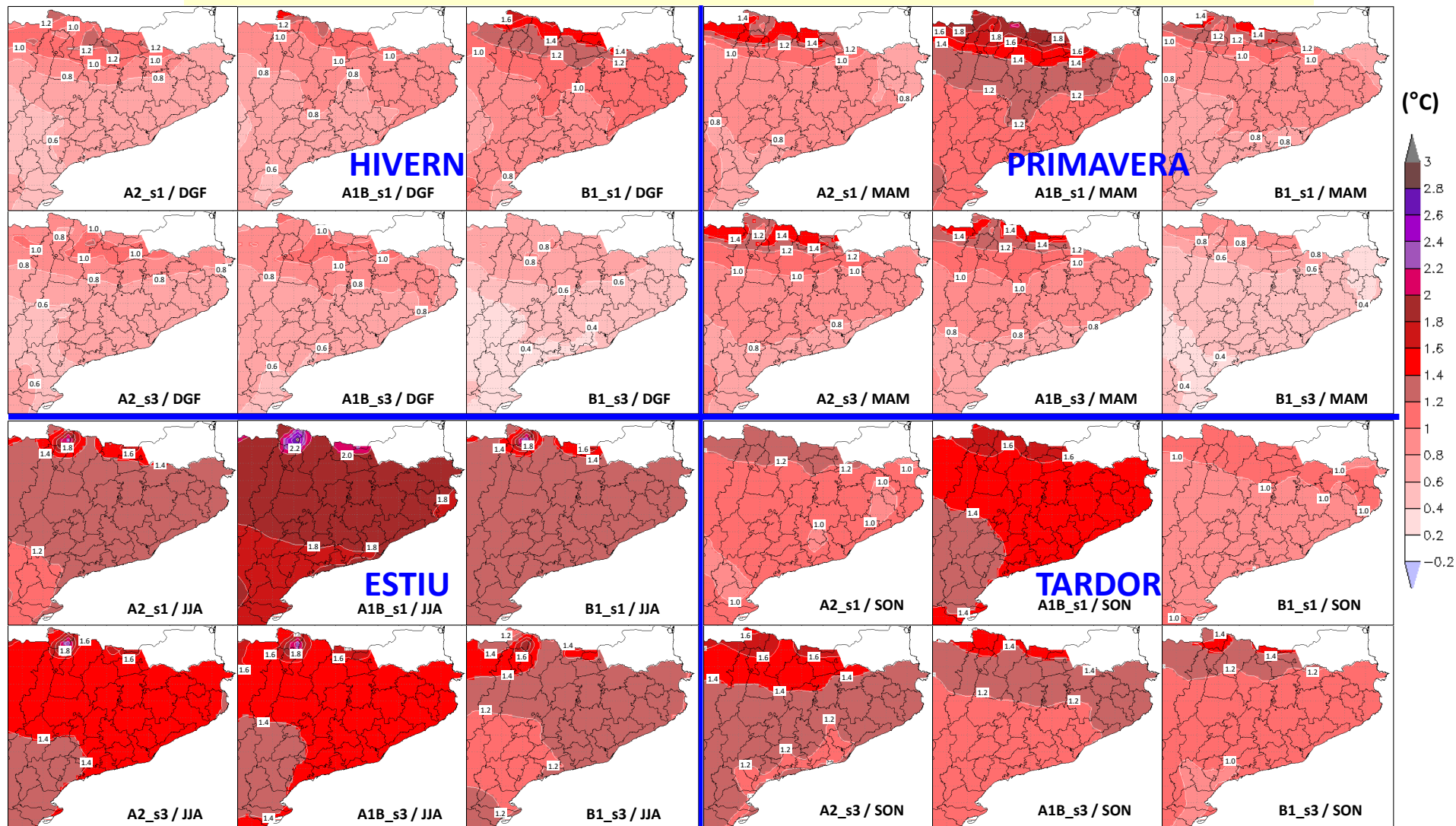
2. Projections climàtiques per al s. XXI

ZONA	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Anual
ΔT (°C) 2012-2021 respecte 1971-2000: Projections regionalitzades (46 simulacions)					
Litoral	+0,6 (+0,0 / +1,2)	+0,7 (+0,2 / +1,3)	+0,9 (+0,4 / +1,3)	+0,8 (+0,4 / +1,2)	+0,7 (+0,5 / +1,0)
Interior	+0,6 (+0,1 / +1,1)	+0,8 (+0,2 / +1,4)	+0,9 (+0,5 / +1,5)	+0,8 (+0,4 / +1,2)	+0,7 (+0,5 / +1,0)
Pirineu	+0,7 (+0,0 / +1,2)	+0,8 (+0,2 / +1,5)	+0,9 (+0,5 / +1,5)	+0,7 (+0,4 / +1,3)	+0,8 (+0,5 / +1,1)
Catalunya	+0,7 (+0,0 / +1,3)	+0,7 (+0,2 / +1,3)	+0,9 (+0,5 / +1,4)	+0,8 (+0,4 / +1,2)	+0,8 (+0,5 / +1,0)
ΔT (°C) 2012-2021 respecte 1971-2000: Predicció decenal (37 simulacions)					
Catalunya	+0,7 (+0,3 / +1,3)	+0,7 (+0,2 / +1,4)	+1,2 (+0,6 / +2,1)	+0,9 (+0,3 / +1,4)	+0,9 (+0,3 / +1,4)

ZONA	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Anual
ΔT (°C) 2031-2050 respecte 1971-2000: Projections regionalitzades (46 simulacions)					
Litoral	+1,2 (+0,8 / +1,9)	+1,2 (+0,5 / +2,2)	+1,8 (+0,7 / +2,5)	+1,7 (+0,6 / +2,1)	+1,4 (+0,9 / +2,0)
Interior	+1,2 (+0,8 / +1,9)	+1,2 (+0,4 / +2,3)	+1,9 (+0,7 / +2,7)	+1,7 (+0,8 / +2,2)	+1,4 (+0,9 / +2,1)
Pirineu	+1,4 (+0,9 / +2,1)	+1,4 (+0,6 / +2,5)	+1,9 (+0,6 / +2,8)	+1,8 (+0,8 / +2,3)	+1,6 (+0,9 / +2,2)
Catalunya	+1,3 (+0,8 / +2,1)	+1,2 (+0,5 / +2,4)	+1,8 (+0,7 / +2,6)	+1,7 (+0,7 / +2,2)	+1,4 (+0,9 / +2,0)

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI

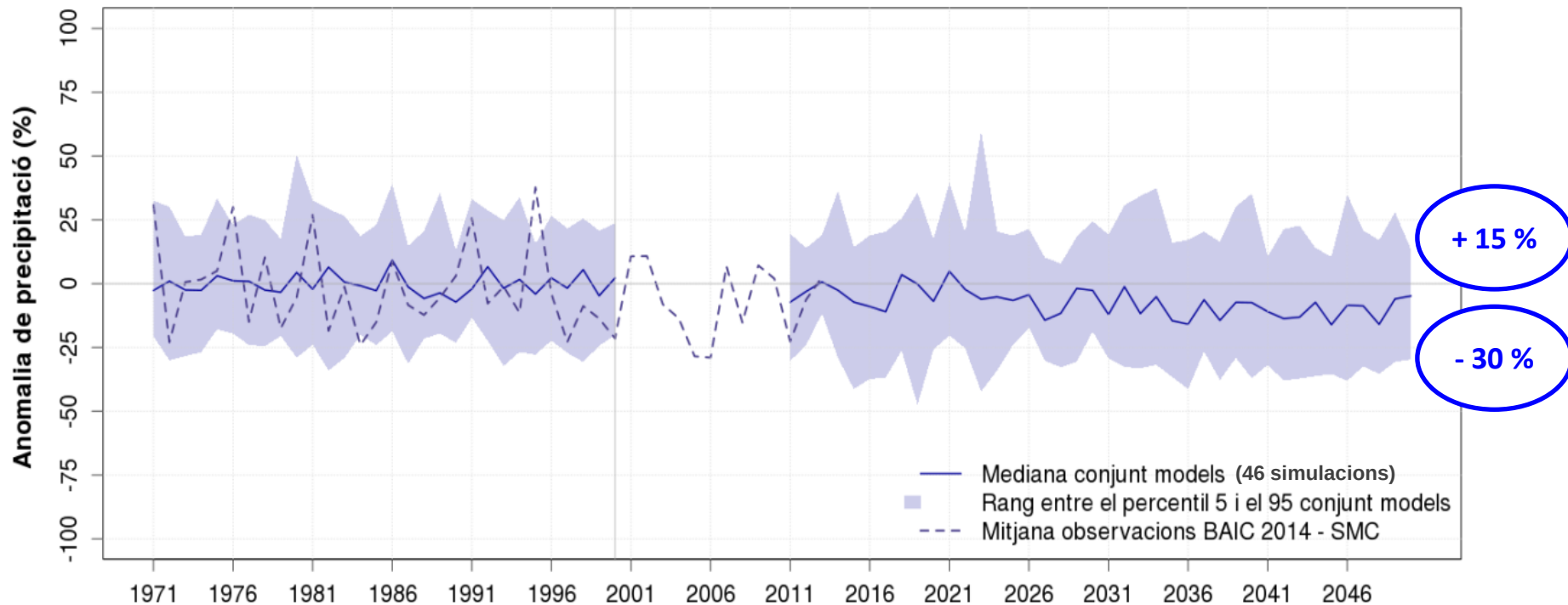
Variació projectada de la TM estacional 2011-2050 (vs. 1971-2000)



2. Projeccions climàtiques per al s. XXI

Evolució mitjana per a Catalunya de l'anomalia de la PMA per al període 1971 – 2050

Projeccions regionalitzades 2011-2050 vs 1971-2000 CATALUNYA



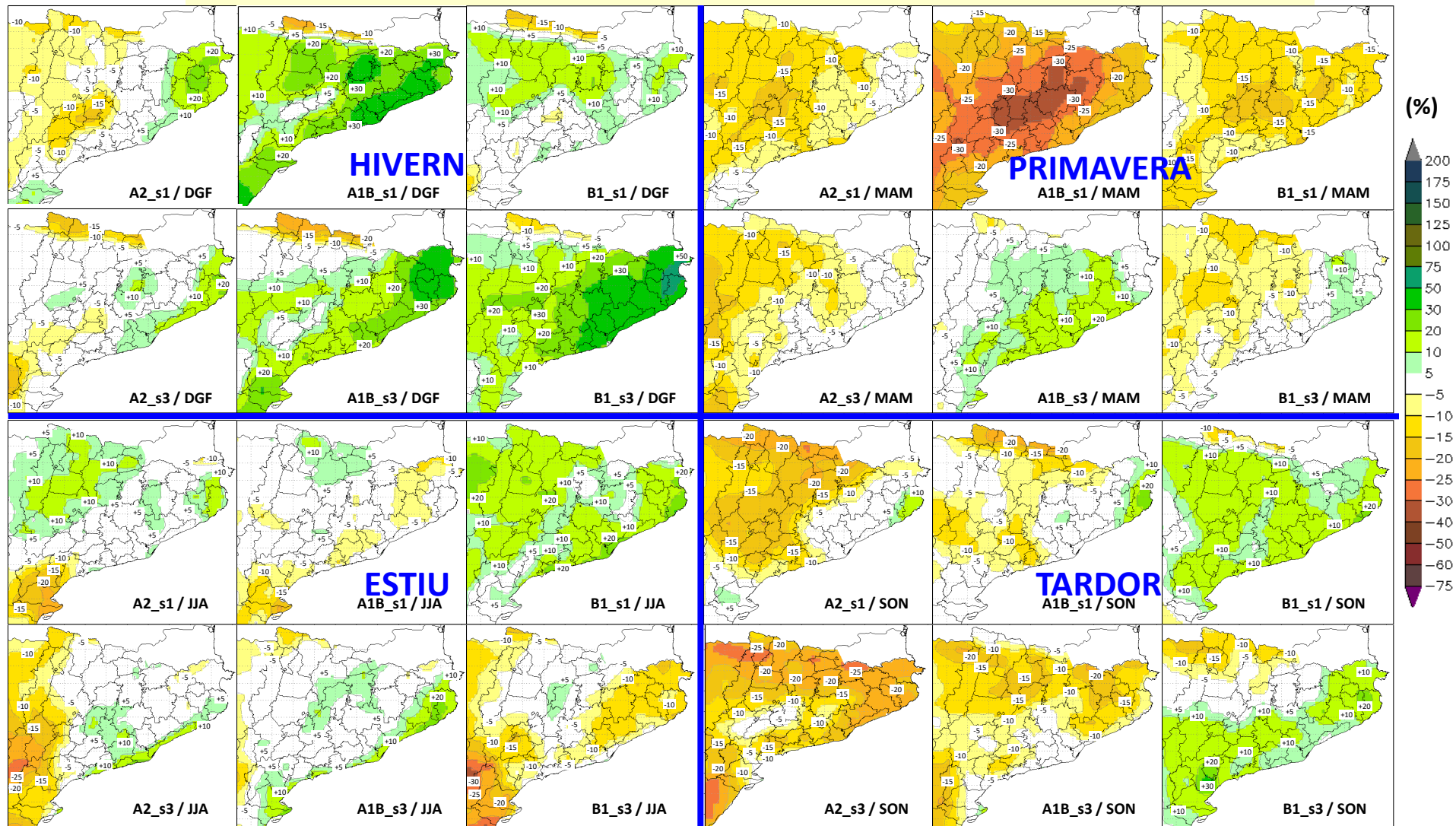
2. Projeccions climàtiques per al s. XXI

ZONA	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Anual
ΔPPT (%) 2012-2021 respecte 1971-2000: Projeccions regionalitzades (46 simulacions)					
Litoral	-5,4 (-26,7 / +17,6)	-6,4 (-28,9 / +18,4)	-1,9 (-21,8 / +15,8)	-7,9 (-27,6 / +23,4)	-2,4 (-20,7 / +6,0)
Interior	+2,3 (-17,7 / +24,2)	-5,9 (-26,4 / +25,2)	-1,6 (-20,2 / +13,1)	-4,3 (-25,9 / +26,0)	0,7 (-14,1 / +8,0)
Pirineu	+2,7 (-14,2 / +32,6)	-0,8 (-22,9 / +16,9)	-2,5 (-16,8 / +11,9)	-2,7 (-23,1 / +15,8)	-0,2 (-7,8 / +8,0)
Catalunya	+2,2 (-16,4 / +22,3)	-4,6 (-24,4 / +17,9)	-3,0 (-16,3 / +13,0)	-5,2 (-22,6 / +21,4)	-2,4 (-13,4 / +5,8)
ΔPPT (%) 2012-2021 respecte 1971-2000: Predicció decennal (37 simulacions)					
Catalunya	-1,3 (-14,9 / +20,0)	-1,9 (-14,8 / +14,9)	-2,5 (-21,7 / +17,7)	-4,9 (-17,2 / +5,6)	-1,5 (-10,5 / +5,4)

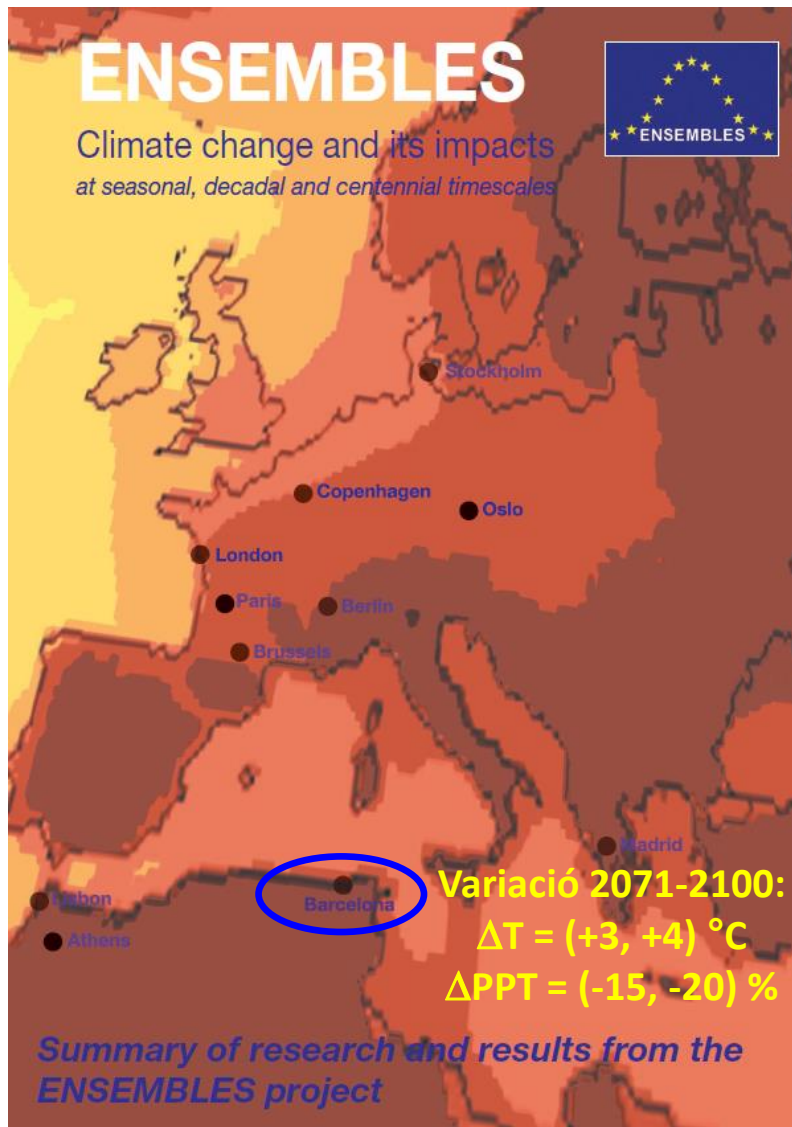
ZONA	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Anual
ΔPPT (%) 2031-2050 respecte 1971-2000: Projeccions regionalitzades (46 simulacions)					
Litoral	-6,0 (-40,2 / +35,7)	-12,0 (-37,5 / +6,9)	-11,7 (-33,8 / +11,7)	-9,1 (-30,2 / +11,5)	-8,3 (-27,1 / +2,3)
Interior	-1,1 (-30,9 / +42,0)	-11,5 (-32,2 / +6,4)	-9,9 (-28,1 / +11,5)	-8,9 (-27,5 / +11,0)	-6,5 (-23,7 / +1,4)
Pirineu	-1,8 (-11,0 / +22,5)	-8,4 (-24,4 / +5,8)	-9,0 (-24,3 / +8,2)	-9,3 (-25,4 / +0,7)	-5,3 (-16,1 / -1,2)
Catalunya	-3,8 (-28,2 / +20,7)	-10,7 (-31,4 / +4,0)	-10,2 (-28,1 / +9,8)	-9,4 (-27,2 / +4,7)	-6,8 (-22,0 / -0,7)

2. Projeccions climàtiques per al s. XXI

Variació projectada de la PM estacional 2011-2050 (vs. 1971-2000)



2. Projections climàtiques per al s. XXI



Portada de l'informe final del projecte europeu ENSEMBLES (2009):

Algunes ciutats europees ressituades a llocs on les condicions climàtiques “actuals” (període **1961-1990**) són les mateixes que les projectades per aquella ciutat en el període **2071-2100** (escenari A1B), tenint en compte en la comparació la temperatura, la precipitació i les característiques estacionals de cada ciutat per als dos períodes.

van der Linden, P. and J.F.B. Mitchell (eds.), 2009: *ENSEMBLES: Climate Change and its impacts. Summary of research and Results of the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, Fitzroy Road, Exeter (UK), 160 pp.

http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf

2. Projectacions climàtiques per al s. XXI

Conclusions més remarcables:

- La T mitjana anual a Catalunya per al període 2012-2021 augmentarà entre 0.5 i 1.0 °C respecte de 1971-2000, i per al període 2031-2050 l'augment serà més marcat (entre 0.9 i 2.0°C). L'augment de T seria més destacat al Pirineu i a estiu i tardor.
- La tendència futura de la precipitació és més incerta. Prenent el valor mitjà del conjunt de simulacions analitzades, s'obté una disminució de la PPT anual a Catalunya al voltant del 7% per al període 2031-2050 respecte de la del període 1971-2000.

Recomanacions:

- Disposar de projectacions climàtiques per a l'avaluació dels impactes del canvi climàtic futur i per a la presa de decisions amb relació a les actuacions de mitigació i d'adaptació.
- Emprar un interval de projectacions (diversos models, tècniques de regionalització, etc.).
- Comunicar els resultats de les projectacions climàtiques esmentant les incerteses que limiten la fiabilitat de les estimacions (física dels models, resolució dels models, etc.), sense que això posi en qüestió els resultats comuns a la major part de models.
- Seguir recerca en projectacions climàtiques (llarg termini) i prediccions climàtiques decennals.



Servei
Meteorològic
de Catalunya



Generalitat
de Catalunya

Gràcies

Jordi Cunillera i Grañó

jcunillera@meteo.cat

www.meteo.cat