



Servei Meteorològic  
de Catalunya

# Generación de escenarios climáticos para Catalunya durante el siglo XXI a partir de una técnica dinámica de regionalización climática

A. Barrera-Escoda<sup>1</sup> y J. Cunillera<sup>1</sup>

1. Equip de Canvi Climàtic. Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya.  
Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.  
Barcelona.

[tbarrera@meteo.cat](mailto:tbarrera@meteo.cat)

<http://www.meteo.cat/>



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Territori  
i Sostenibilitat**



Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

# Índice

- Marco general
- Diseño de las simulaciones
- Regionalización del clima actual (T + P)
- Proyecciones regionalizadas (T, P, HR, VV)



Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori  
i Sostenibilitat

Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011



Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

# Marco general

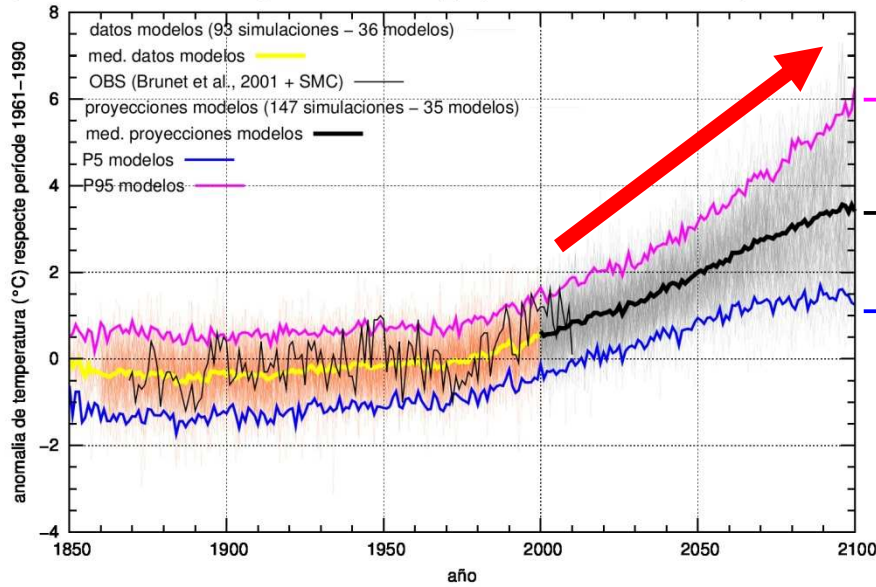


Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori  
i Sostenibilitat

Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011

# Marco general

a) Evol. TMA en CATALUNYA según diferentes MCGCs y proyecciones futuras del IPCC-AR4 y ENSEMBLES



+6°C

+3,5°C

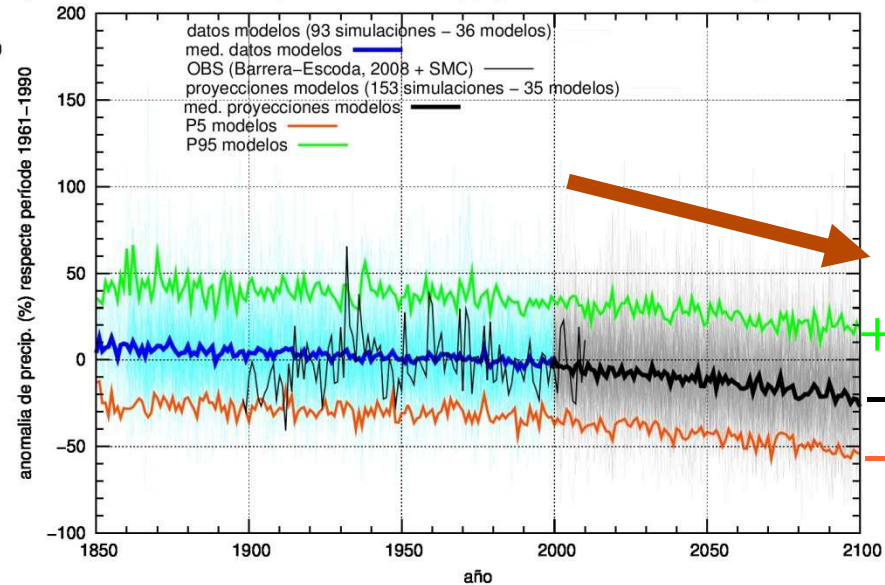
+1,5°C

Simulaciones globales del **IPCC-AR4** considerando sólo Catalunya.

Periodo de referencia: **1961-1990**

## PRECIPITACIÓN

b) Evol. PMA en CATALUNYA según diferentes MCGCs y proyecciones futuras del IPCC-AR4 y ENSEMBLES



+20%

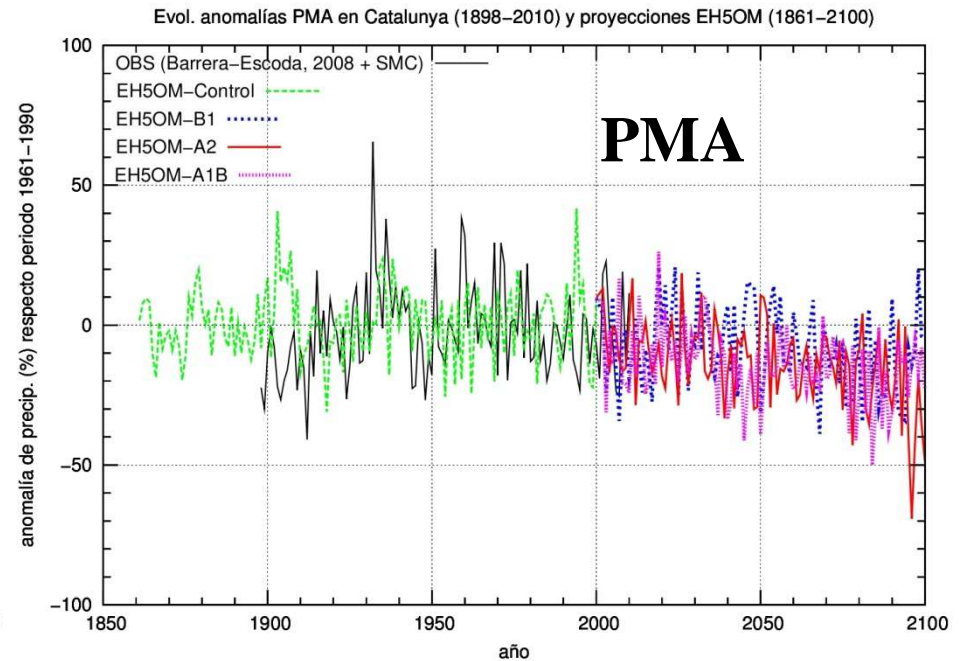
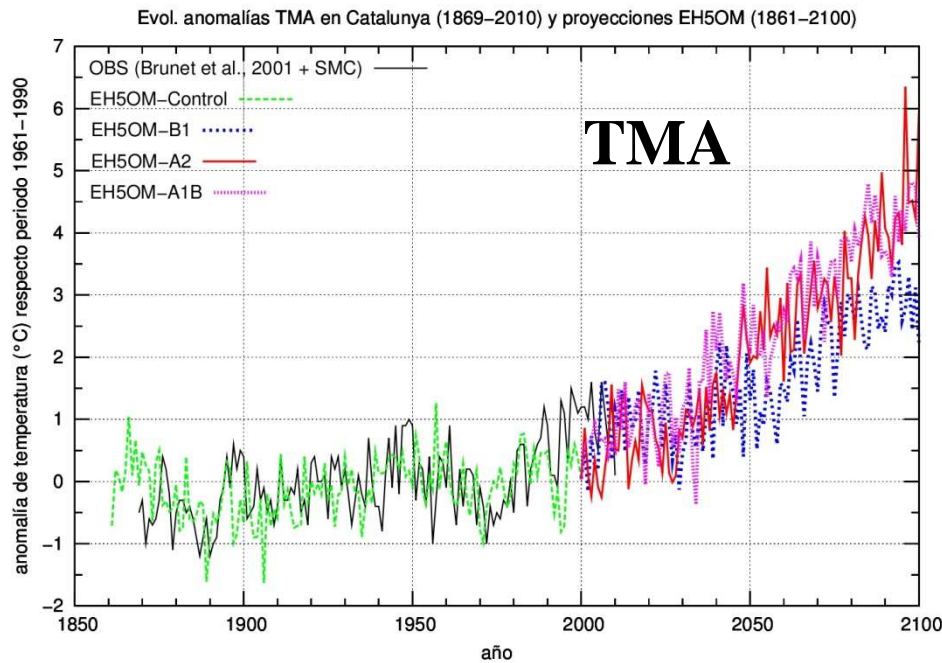
-25%

-55%

## TEMPERATURA

# Marco general

→ El modelo **ECHAM5/MPI-OM (EH5OM)** es uno de los **MCGCs** que reproducen **mejor** el **clima actual** de la Tierra según los forzamientos radiativos conocidos (Van Ulden y Van Oldenborgh, 2006) y, en especial, en la zona Mediterránea (Altava-Ortiz, Tesis Doctoral, 2010). Parece ser uno de los **mejores modelos** para realizar proyecciones futuras del clima en el **ámbito mediterráneo**.





Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

# Diseño de las simulaciones

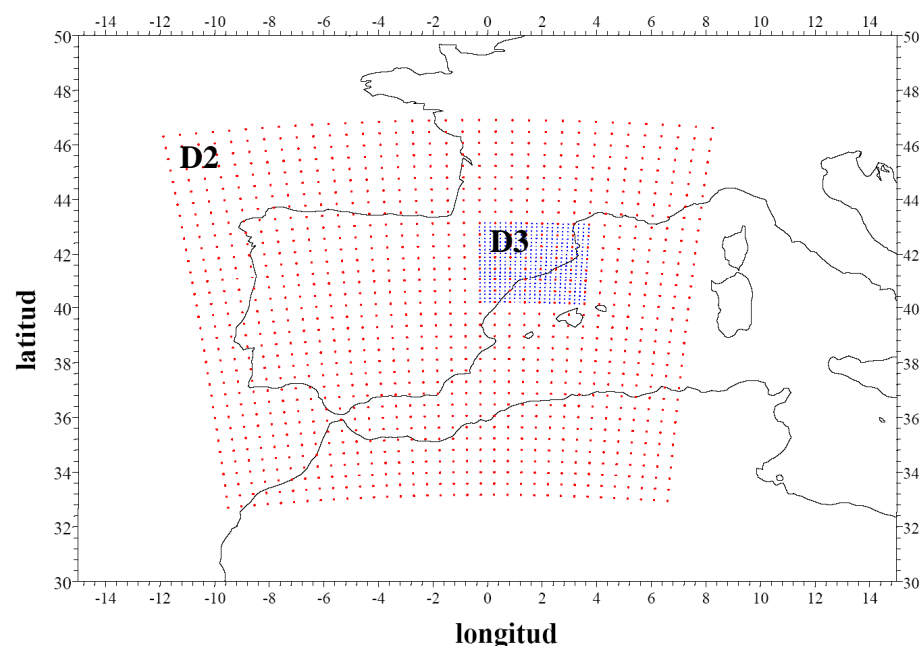
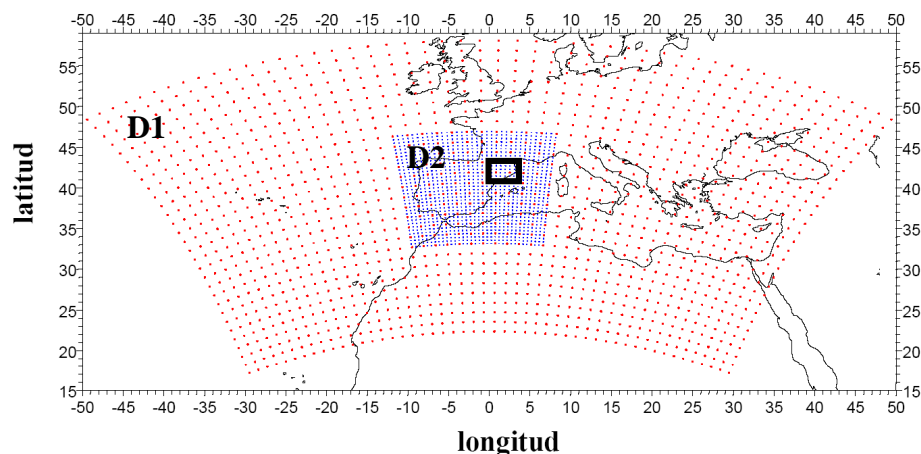


Generalitat de Catalunya  
**Departament de Territori  
i Sostenibilitat**

**Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011**



# Diseño de las simulaciones



- 3 Dominios anidados unidireccionalmente (*1-way nesting*) de **135, 45 y 15 km** de resolución horizontal y **23** niveles verticales con el modelo MM5.

- Dimensiones ajustadas al máximo para **minimizar el tiempo de cálculo y el espacio en disco** ocupado por las salidas. Conjunto de **parametrizaciones sencillas** para **minimizar el tiempo de cálculo** según Fernández *et al.* (2007).

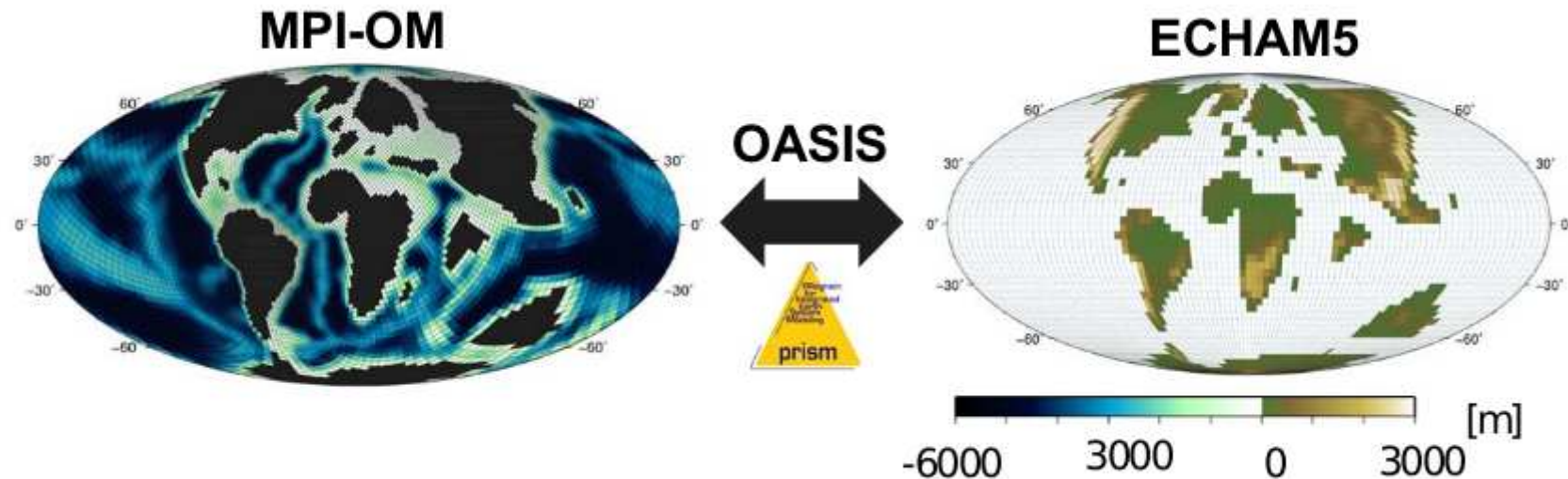
- Aplicación del *nudging* o **forzamiento dinámico** (forzamiento a seguir las condiciones de contorno del MCG) al **dominio madre** para garantizar la **continuidad de masa** en la simulación y que ésta además siga los **patrones de gran escala** presentes en el MCG (Salathé *et al.*, 2008).

- Simulaciones de 5 en 5 años y **reinicializadas cada 5 años**.

(0°E, 40°N)	D1	D2	D3
Resolució	135 km	45 km	15 km
Núm. pts.	30*50	34*37	22*22
(nesti,nestj)	(1,1)	(10,19)	(18,20)

# Diseño de las simulaciones

- Simulaciones del **IPCC-AR4** con el modelo acoplado atmósfera-océano ECHAM5/MPI-OM (**EH5OM**) de **1,875°** de resolución horizontal y **19** niveles verticales para el clima del s. XX y diferentes escenarios de emisiones para el s. XXI: **A2 (severo)** y **B1 (moderado)**.
- Datos disponibles en línea **libremente** para la **comunidad científica** en el portal **CERA** del **World Data Center for Climate** → <http://cera-www.dkrz.de/>
- El **ECHAM5** (Roeckner et al., 2005) = Versión 5 del modelo atmosférico de circulación general conjunto del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (EC) y del Max Planck Institut für Meteorologie de Hamburg (HAM) → <http://www.mpimet.mpg.de/en/wissenschaft/modelle/echam/echam5.html>
- El **MPI-OM** (Marsland et al., 2003) = Modelo oceánico (OM) del Max Planck Institut für Meteorologie (MPI) de Hamburg que tiene en cuenta la cobertura de hielo marino.







Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

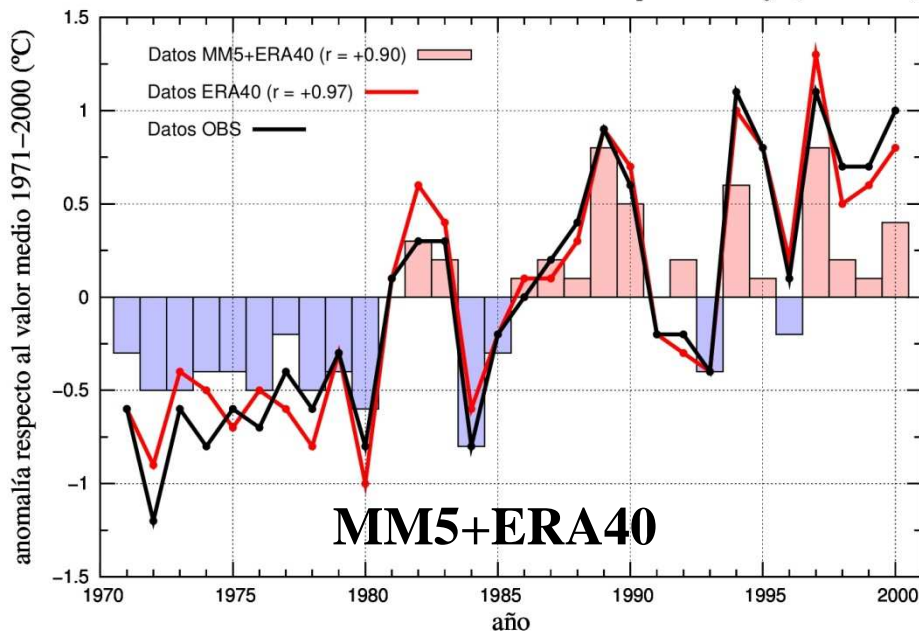
# Regionalización clima actual



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Territori  
i Sostenibilitat**

**Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011**

MM5+ERA40 15 km: Evol. anomalías med. anuales de temp. en Catalunya (1971-2000)



**MM5+ERA40**

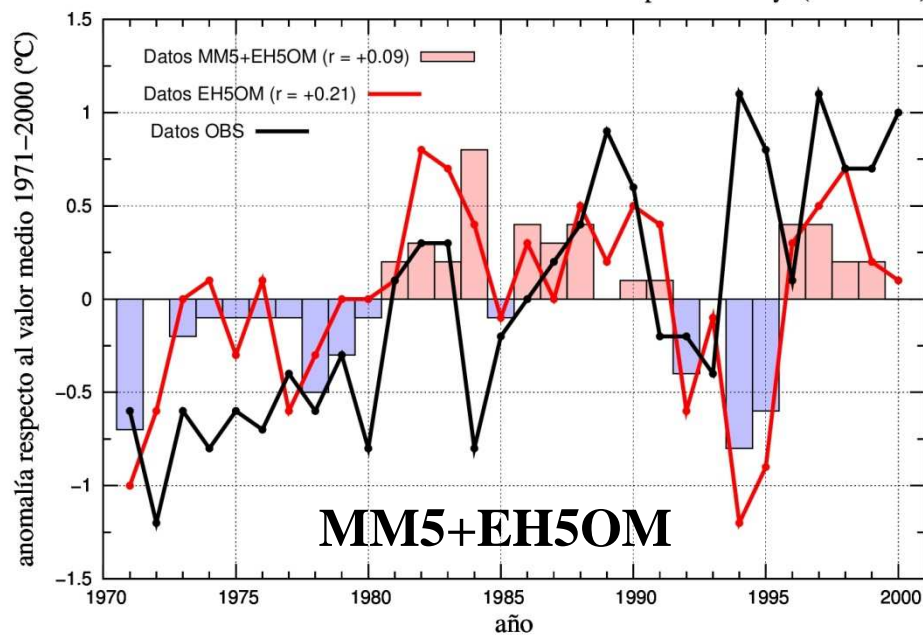
- Rango de variabilidad modelizado **similar** al observado.
- Tendencia simulada del **mismo signo** que la observada.

## Variabilidad interanual (evolución de anomalías 1971-2000)

15 KM

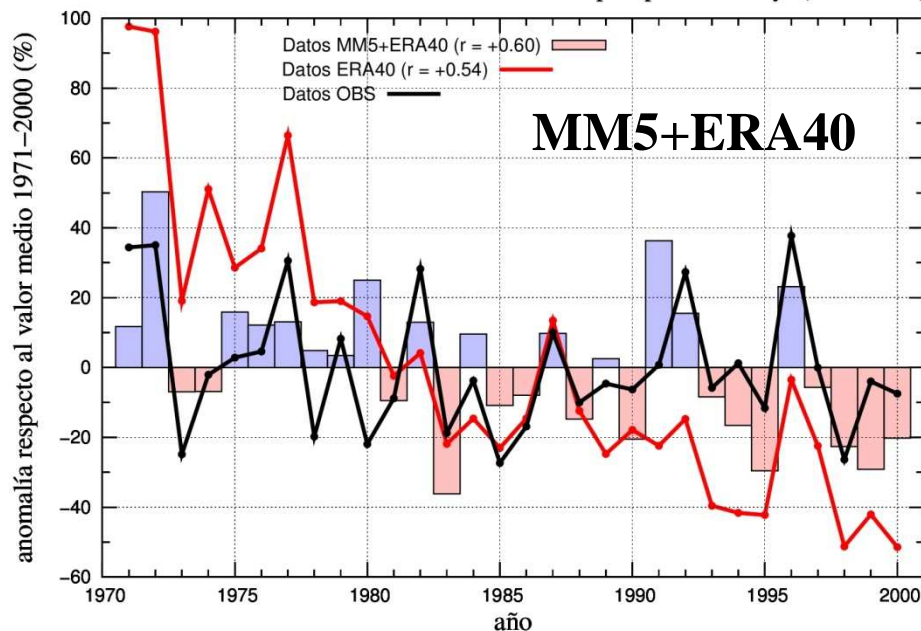
## ANOMALÍAS DE TMA (°C)

MM5+EH50M 15 km: Evol. anomalías med. anuales de temp. en Catalunya (1971-2000)



**MM5+EH50M**

MM5+ERA40 15 km: Evol. anomalías med. anuales de precip. en Catalunya (1971–2000)



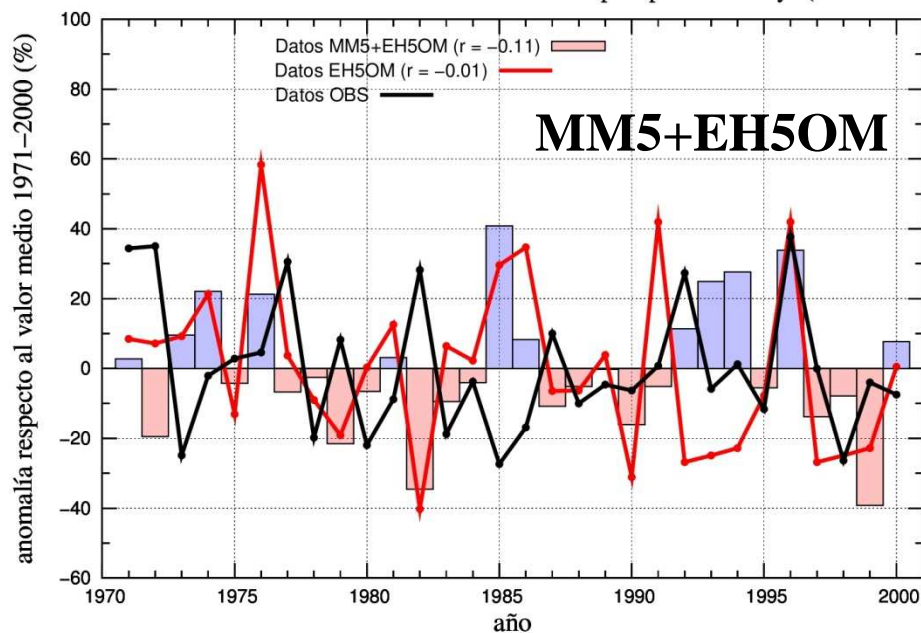
- Rango de variabilidad modelizado **similar** al observado.
- Tendencia simulada del **mismo signo** que la observada.

## Variabilidad interanual (evolución de anomalías 1971-2000)

15 KM

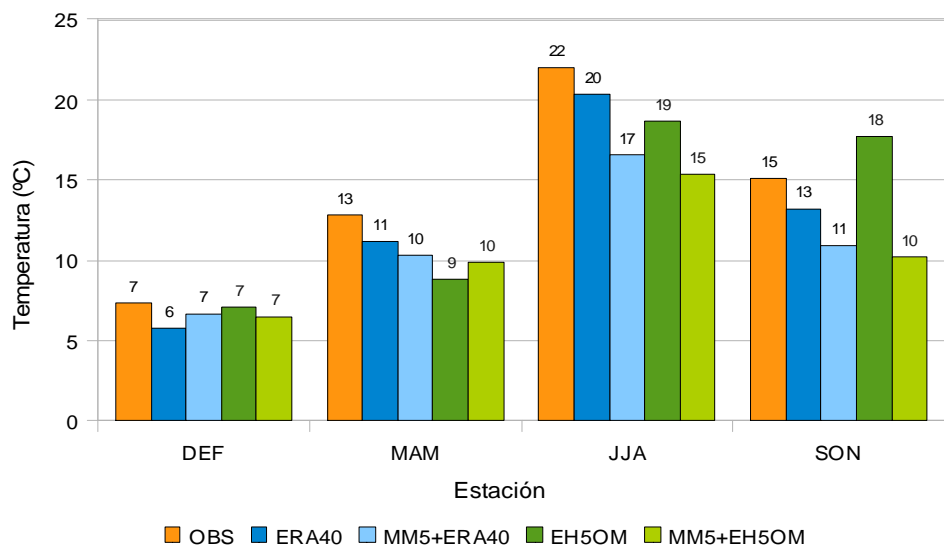
## ANOMALÍAS DE PMA (%)

MM5+EH50M 15 km: Evol. anomalías med. anuales de precip. en Catalunya (1971–2000)



# Regionalización clima actual

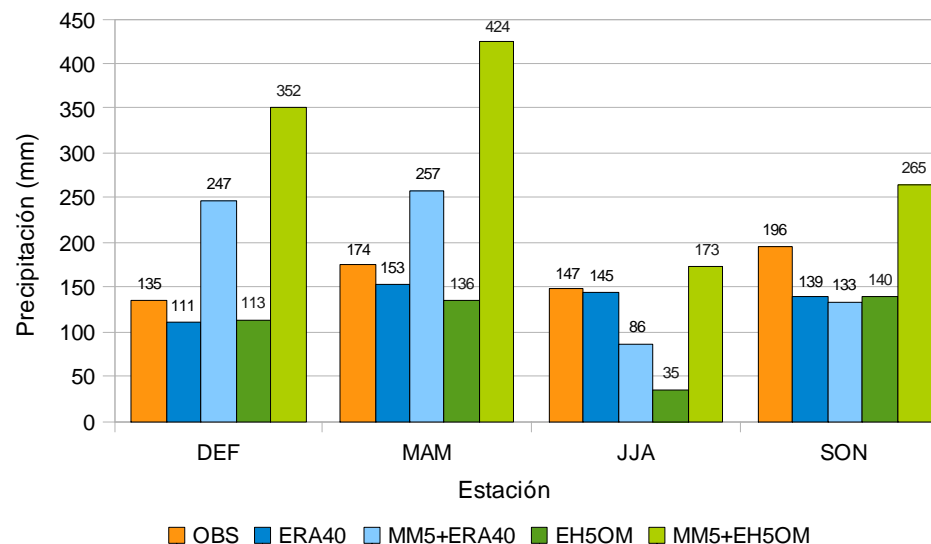
Ciclo estacional temperatura



## Distribuciones estacionales (Ciclos estacionales 1971-2000)

15 KM

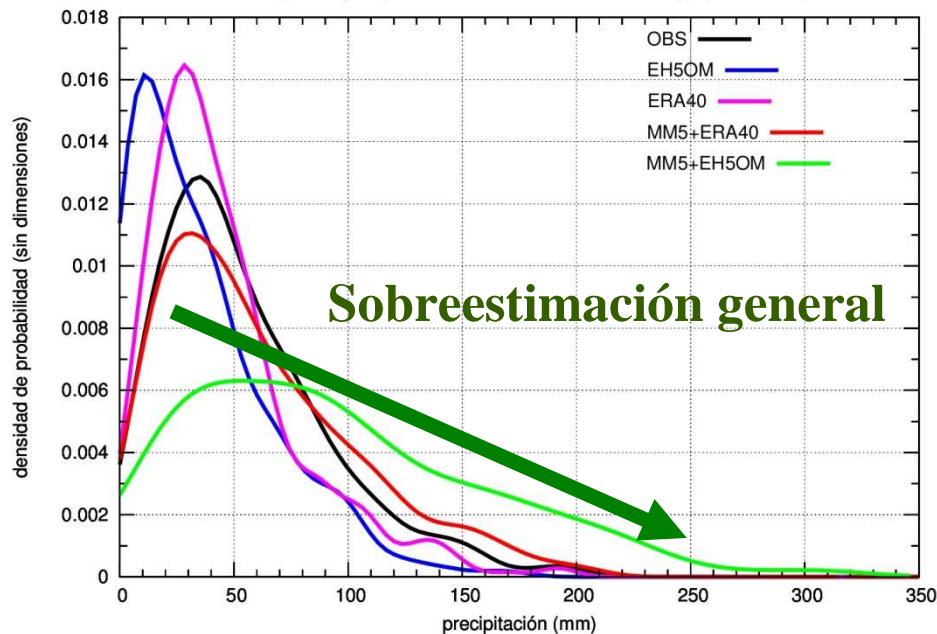
Ciclo estacional precipitación



- Ciclo de la temperatura **bien reproducido**, pero con valores más bajos que las obs.

- Ciclo de la precipitación **no está bien resuelto** por la simulación, con una sobreestimación importante durante el invierno y la primavera respecto a las obs.

FDPs para la precipitación media mensual en Catalunya (1971-2000)



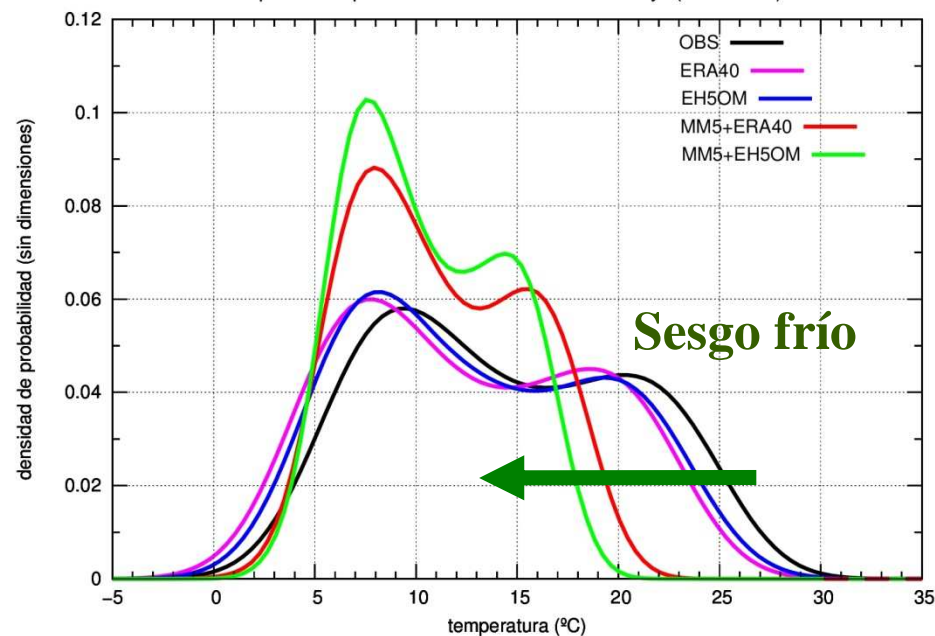
**PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)**

15 KM

## Distribuciones de frecuencia (FDPs 1971-2000)

### TEMPERATURA MENSUAL (°C)

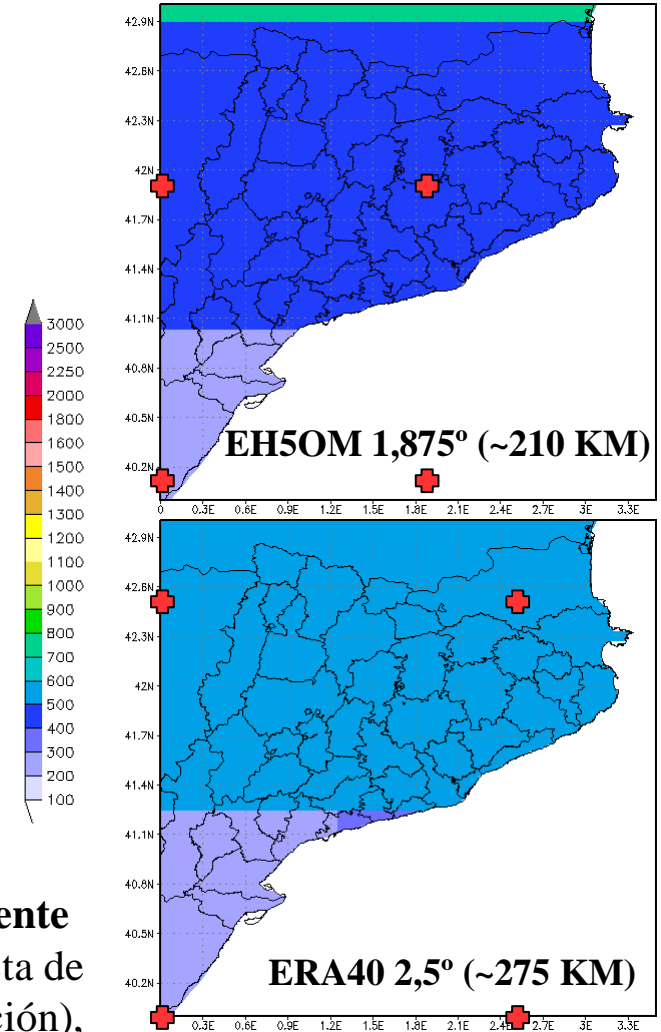
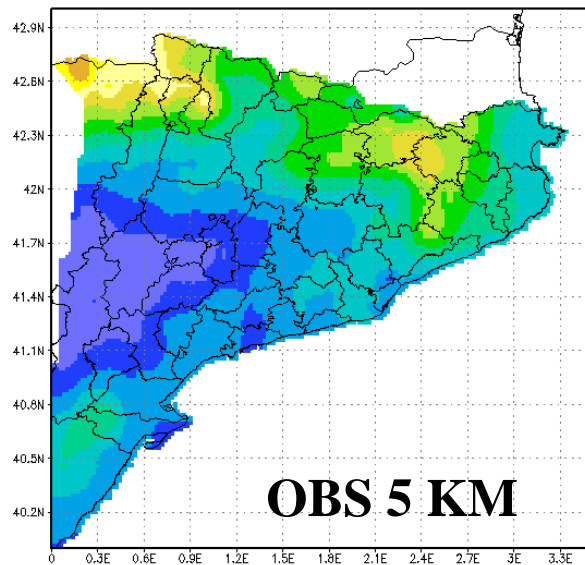
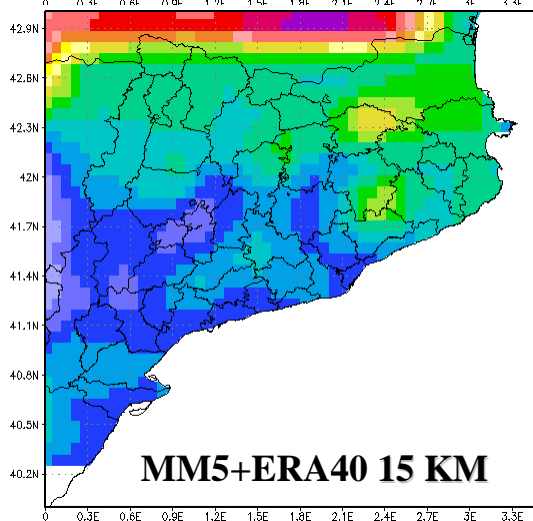
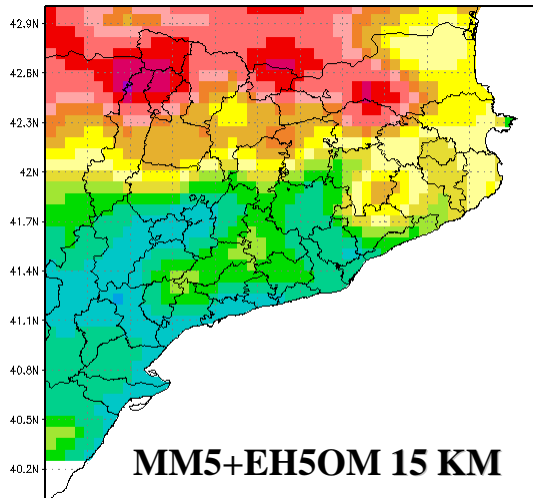
FDPs para la temperatura media mensual en Catalunya (1971-2000)





# Regionalización clima actual

## Variabilidad espacial (campo de precip. med. anual 1971-2000)



- Patrón espacial simulado coincidente con el observado (localización correcta de los máximos y mínimos de precipitación), aunque **sobreestimado**.





Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

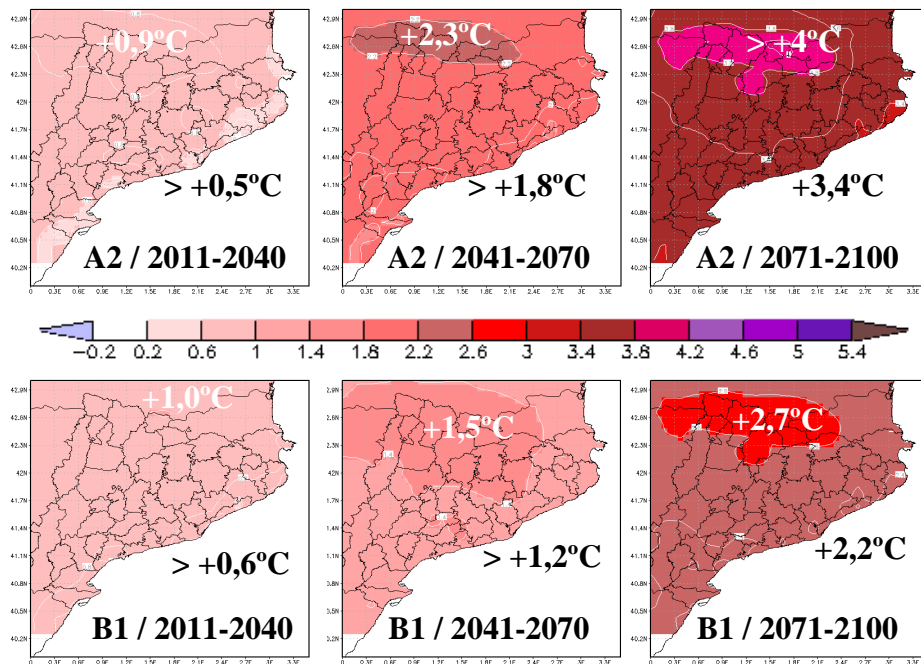
# Proyecciones regionalizadas



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Territori  
i Sostenibilitat**

**Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011**

# Proyecciones regionalizadas



- Tendencias lineales:

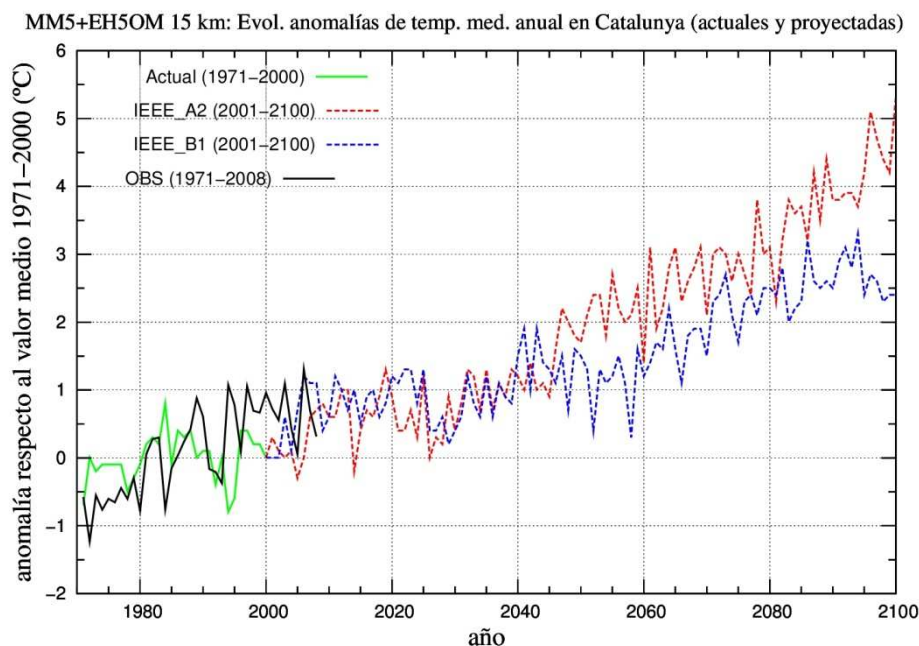
**IEEE-A2 +4,5°C en 100 a → Sig. NC=95%**

**IEEE-B1 +2,4°C en 100 a → Sig. NC=95%**

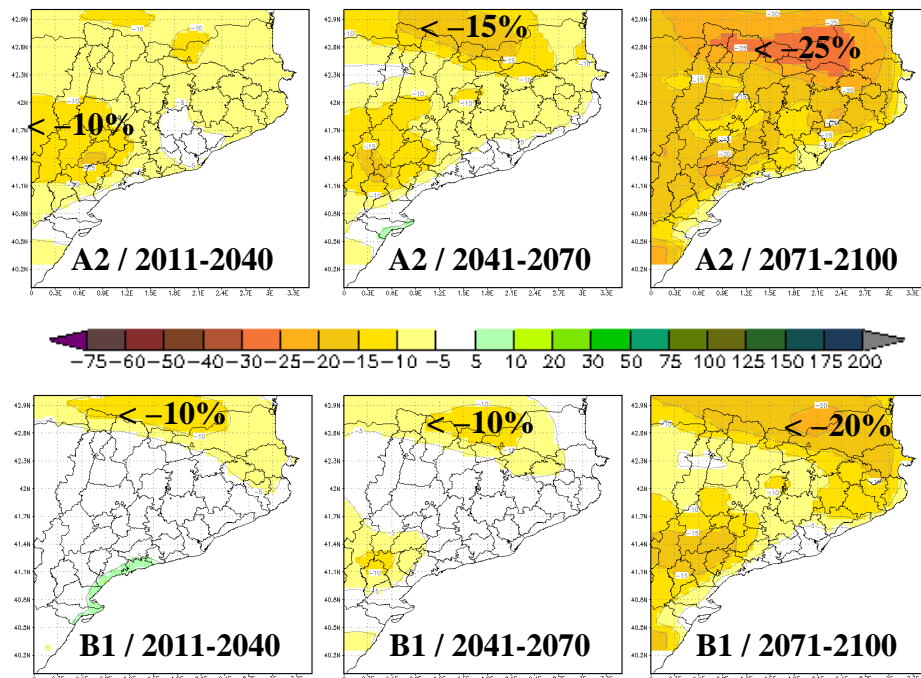
## Variaciones anuales proyectadas respecto periodo 1971-2000

### TEMPERATURA (°C)

15 KM



# Proyecciones regionalizadas

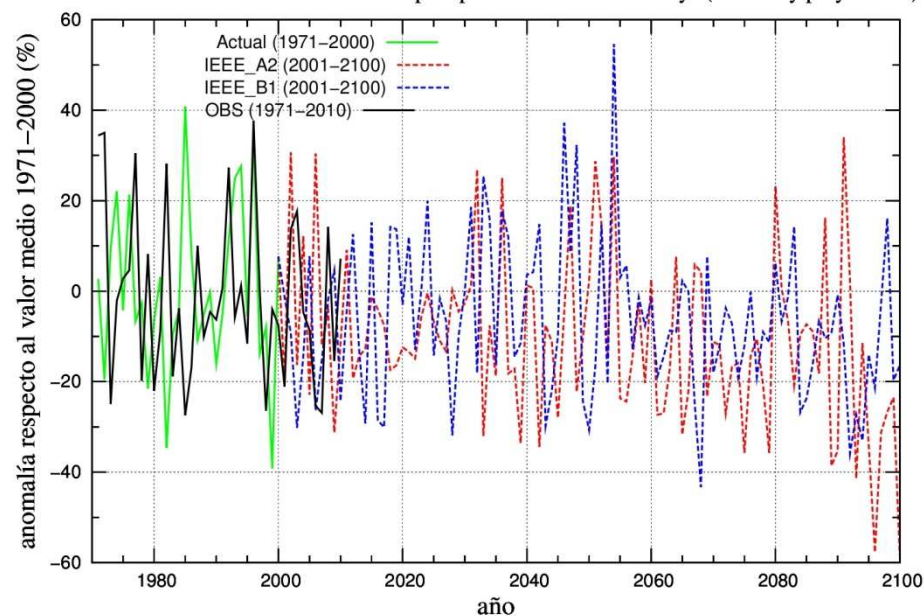


## Variaciones anuales proyectadas respecto periodo 1971-2000

### PRECIPITACIÓN (%)

15 KM

MM5+EH50M 15 km: Evol. anomalías de precip. med. anual en Catalunya (actuales y proyectadas)

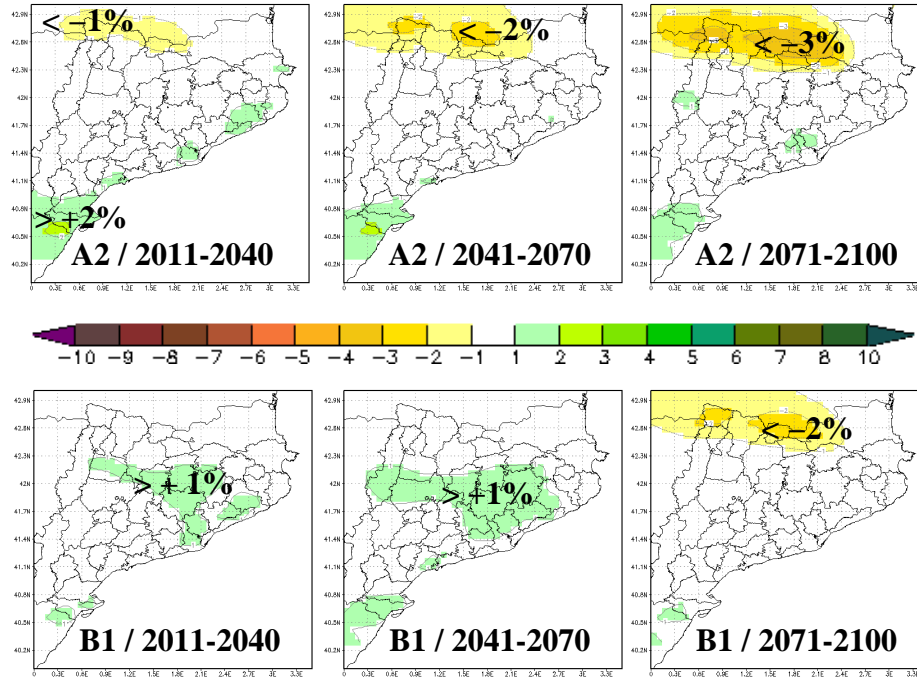


- Tendencias lineales:

**IEEE-A2 -17,0% en 100 a. → Sig. NC=95%**

**IEEE-B1 -8,7% en 100 a. → No Sig.**

# Proyecciones regionalizadas



- Tendencias lineales:

IEEE-A2 → No Sig.

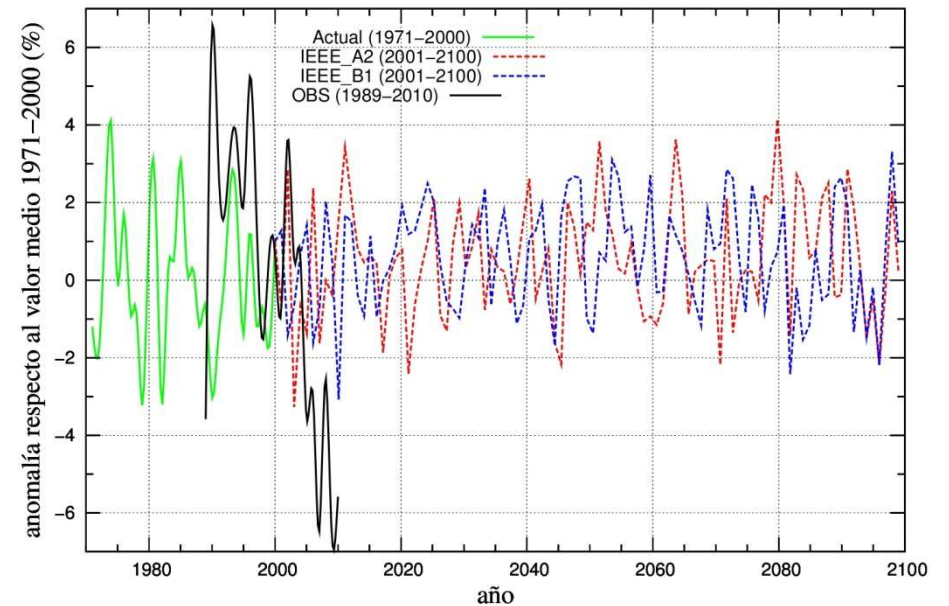
IEEE-B1 → No Sig.

## Variaciones anuales proyectadas respecto periodo 1971-2000

### HUMEDAD RELATIVA (%)

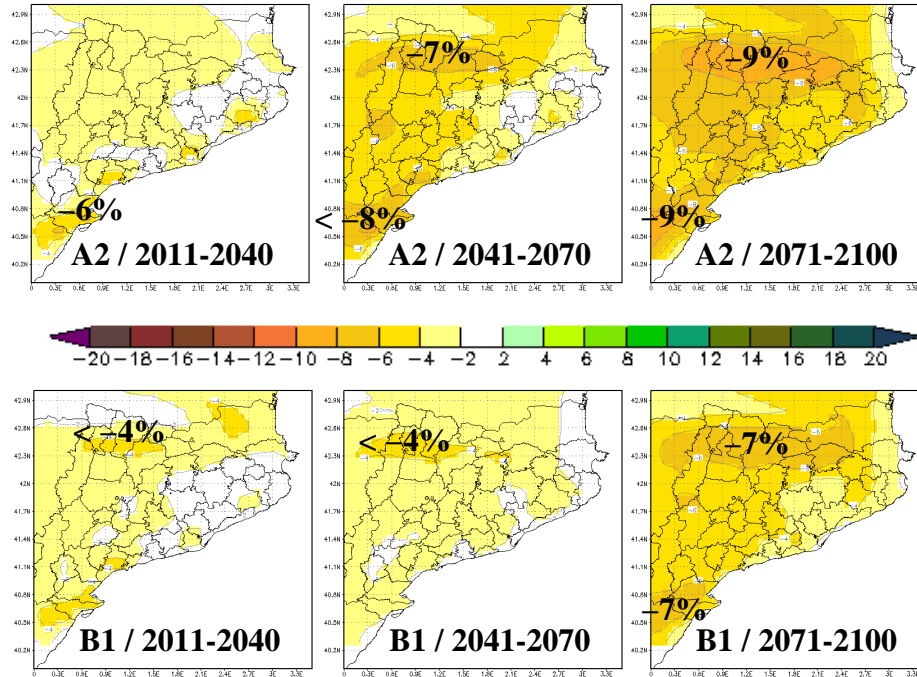
15 KM

MM5+EH5OM 15 km: Evol. anomalías de hum. rel. med. anual en Catalunya (actuales y proyectadas)





# Proyecciones regionalizadas



- Tendencias lineales:

**IEEE-A2 -6,3% en 100 a. → Sig. NC=95%**

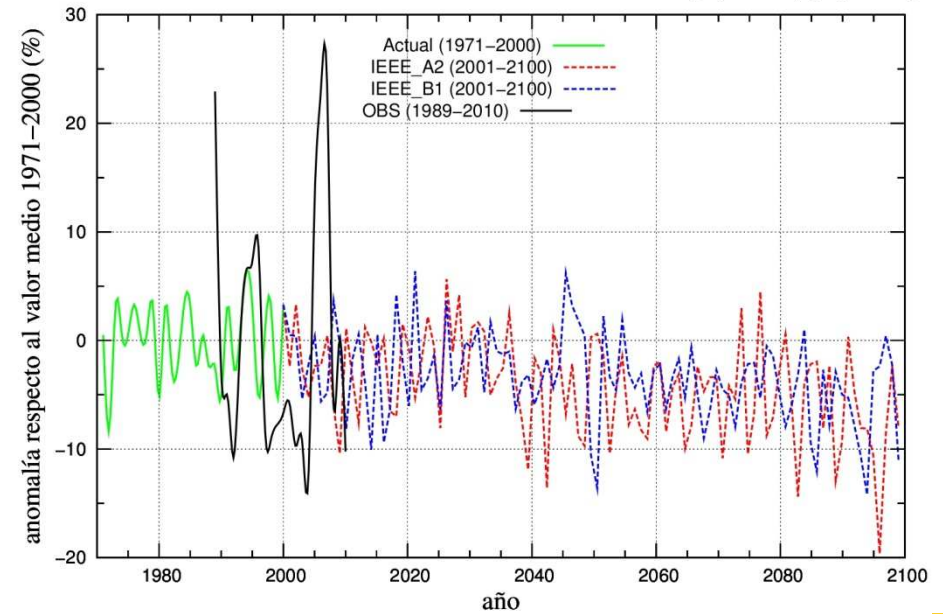
**IEEE-B1 -4,0% en 100 a. → Sig. NC=95%**

## Variaciones anuales proyectadas respecto periodo 1971-2000

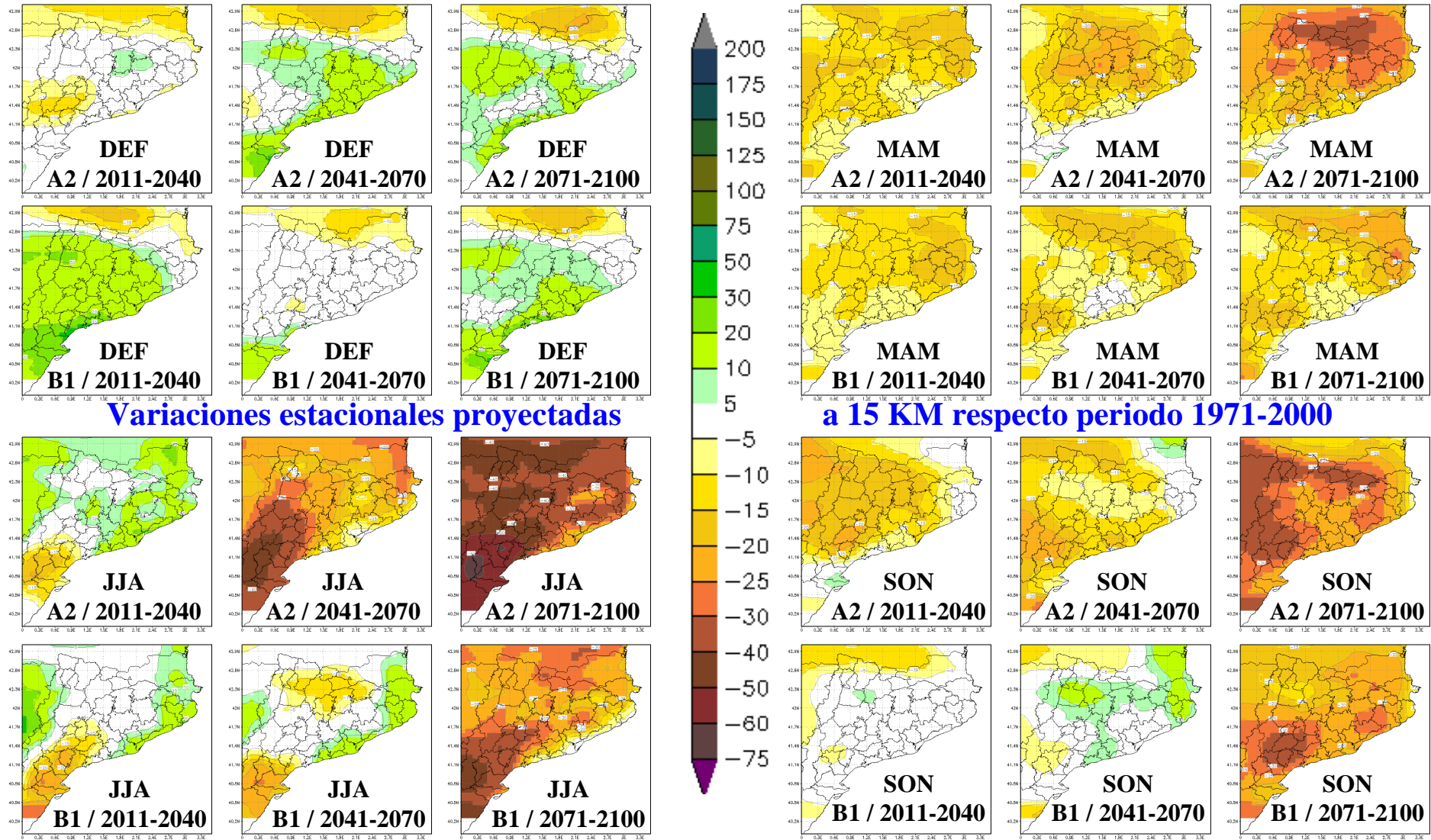
### VEL. VIENTO A 10 M (%)

15 KM

MM5+EH5OM 15 km: Evol. anomalías de vel. del viento med. anual en Catalunya (actuales y proyectadas)



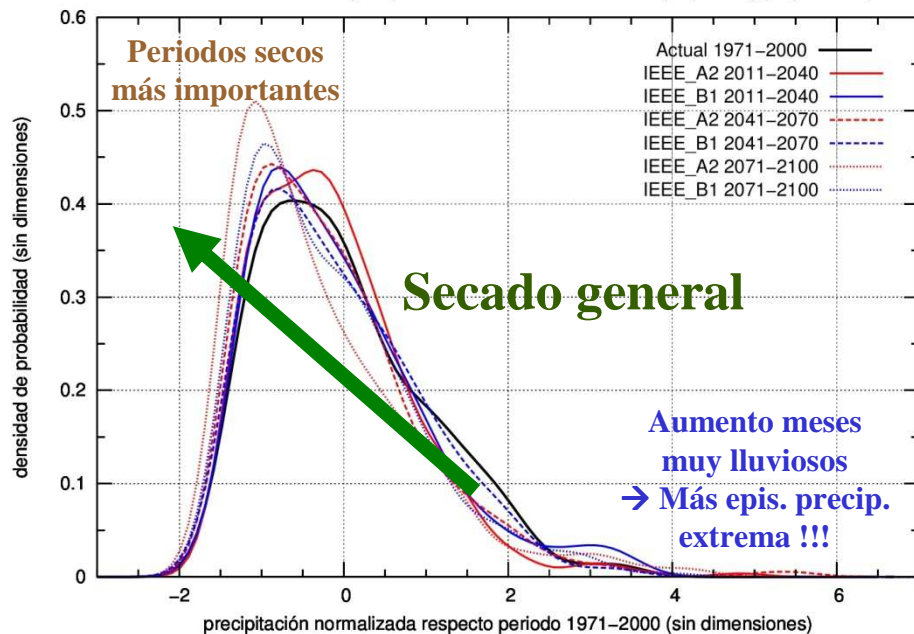
# Proyecciones regionalizadas





# Proyecciones regionalizadas

MM5+EH5OM a 15 km: FDPs precip. med. mensual nor. en Catalunya (actual y proyectadas)



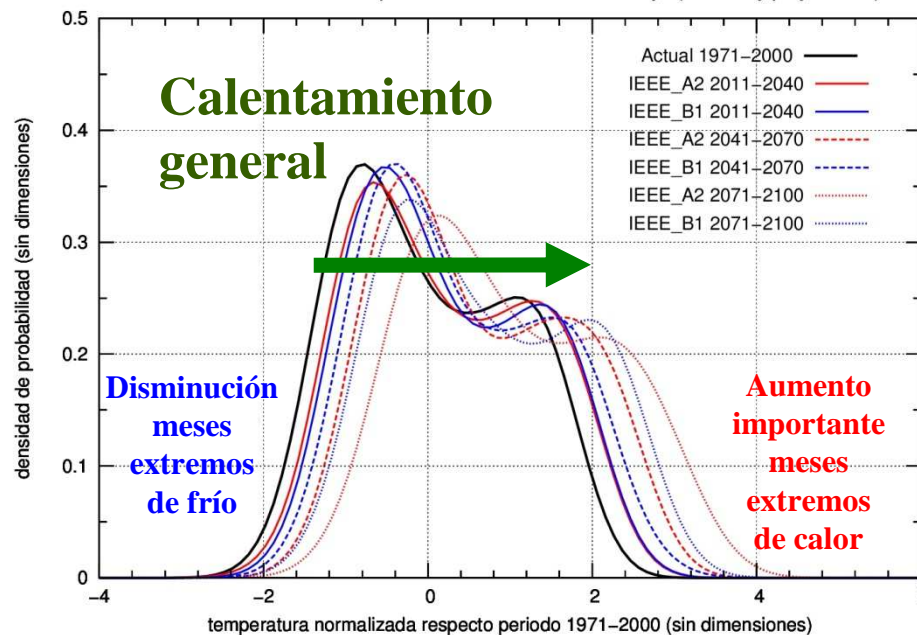
## PRECIPITACIÓN MENSUAL

15 KM

## Distribuciones de frecuencia proyectadas (FDPs normalizadas respecto periodo 1971-2000)

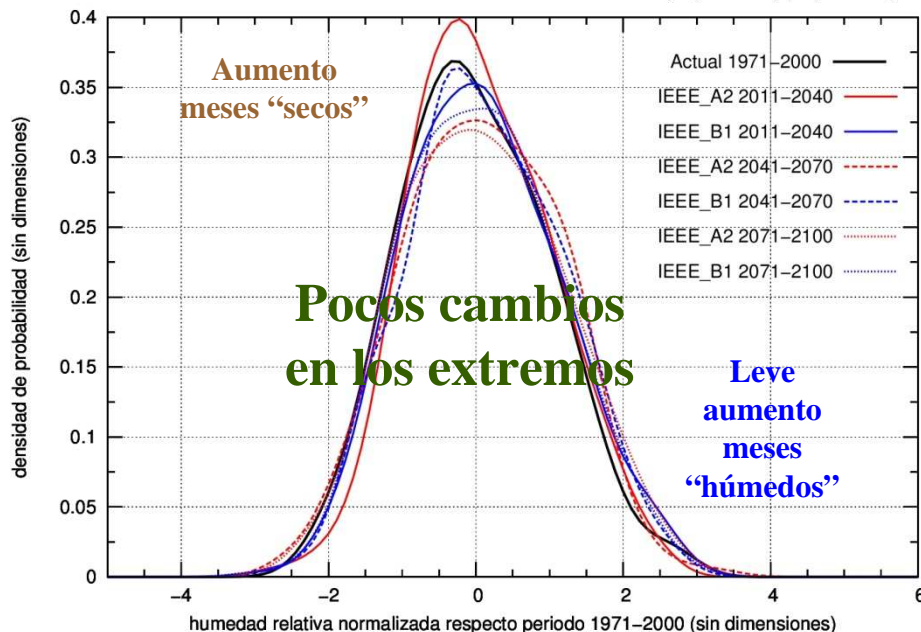
### TEMPERATURA MENSUAL

MM5+EH5OM a 15 km: FDPs temp. med. mensual nor. en Catalunya (actuales y proyectadas)



# Proyecciones regionalizadas

MM5+EH50M a 15 km: FDPs hum. rel. med. mensual nor. en Catalunya (actuales y proyectadas)



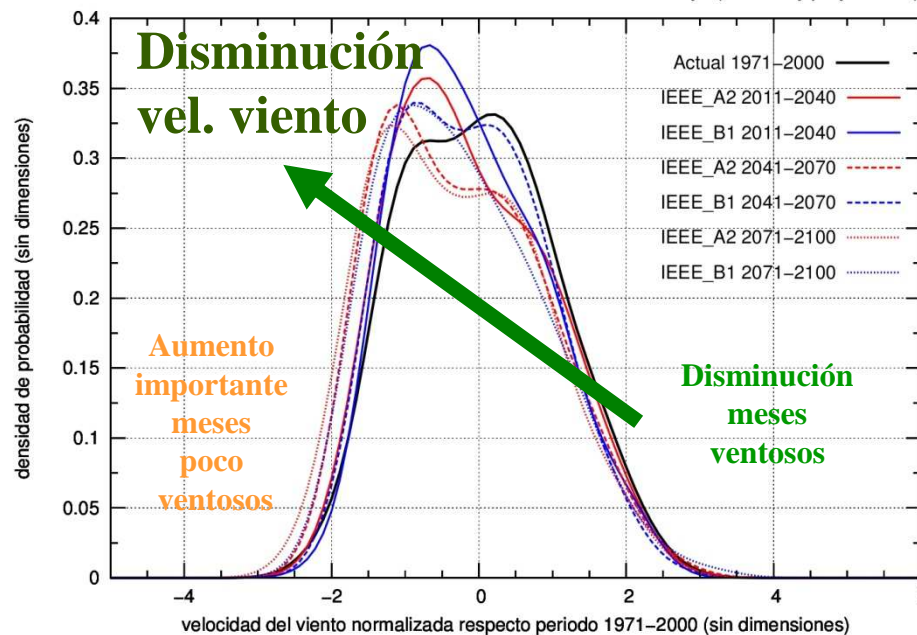
## HUMEDAD RELATIVA

15 KM

## Distribuciones de frecuencia proyectadas (FDPs normalizadas respecto periodo 1971-2000)

### VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 M

MM5+EH50M a 15 km: FDPs vel. del viento med. mensual nor. en Catalunya (actuales y proyectadas)





Servei  
Meteorològic  
de Catalunya

# Conclusiones y trabajo futuro



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Territori  
i Sostenibilitat**

**Taller Téc. Escenarios Climáticos y Regionalización, Valsaín 2011**

## Conclusiones y trabajo futuro

### CONCLUSIONES:

- Las **simulaciones** reproducen **correctamente** el rango de **variabilidad** interanual como el signo de las **tendencias** obs., pero no el ciclo estacional de la precip. (sí, la temp.).
- **Sobreestimación** y **sesgo frío** generales de los campos de **precip.** y **temp.**, respectivamente.
- **Aumento significativo** y **robusto** de las **temp.**, de hasta +4°C a  **finales** de **siglo** respecto al periodo 1971-2000. **Aumento** importante meses **cálidos** y **disminución** meses **fríos**.
- Las **tendencias** proyectadas en la **precip.** **no** son tan **robustas**. Se proyecta una **disminución** de la misma, pero **no** de manera **monótona**. Grandes diferencias a escala estacional según escenario de emisiones. **Más variabilidad** con aumento importante meses **secos** y **muy secos**.
- Pocos cambios en la **HR**.
- **Disminución** de la **VV** con un **mayor** rango de **variabilidad**, aunque con **aumento** importante meses **poco ventosos** y **disminución** de los **ventosos**.
- Para el escenario **A2 (severo)** se proyectan **cambios más importantes** y **notables** que no para el **B1 (moderado)**, siendo el **Pirineo** la zona con los **cambios más importantes**.

## Conclusiones y trabajo futuro

### TRABAJO FUTURO:

#### ■ *Optimización de los resultados:*

- Redefinición de los dominios de integración, para que abarquen una zona más amplia (sobre todo D3).
- Uso de otras parametrizaciones más complejas para mejorar la reproducción del ciclo estacional de la precip. y reducir el sesgo frío de la temp.

#### ■ *Nuevas simulaciones:*

- Otros escenarios de emisiones: **A1B**.
- Otros **MCGCs** y simulaciones del **IPCC-AR5**.
- Otros modelos mesoescalares: **WRF**.



Servei Meteorològic  
de Catalunya

!!! MUCHAS GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN !!!



Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori  
i Sostenibilitat