

PROYECTO ESCENA



“Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España con modelos de alta resolución “

Acción Estratégica de Energía y Cambio
Climático (ref. 200800050084265)

GRUPOS PARTICIPANTES: Universidad de Castilla-La Mancha,
Universidad de Cantabria, Universidad de Murcia,
Universidad de Alcalá de Henares

Miguel Ángel Gaertner (Univ. Castilla-La Mancha)
Miguel.Gaertner@uclm.es

Objetivo principal del proyecto:

Generación de escenarios regionalizados de cambio climático mediante un conjunto de modelos climáticos regionales de alta resolución (25 km)

Evaluación de diversas fuentes de incertidumbre:

- Escenario de emisiones
- Modelo climático global
- Modelo climático regional

Método:
REGIONALIZACIÓN DINÁMICA

Aplicación de modelos climáticos regionales (de alta resolución espacial) anidados en modelos climáticos globales (de baja resolución espacial)

Proyecto basado en modelos dinámicos



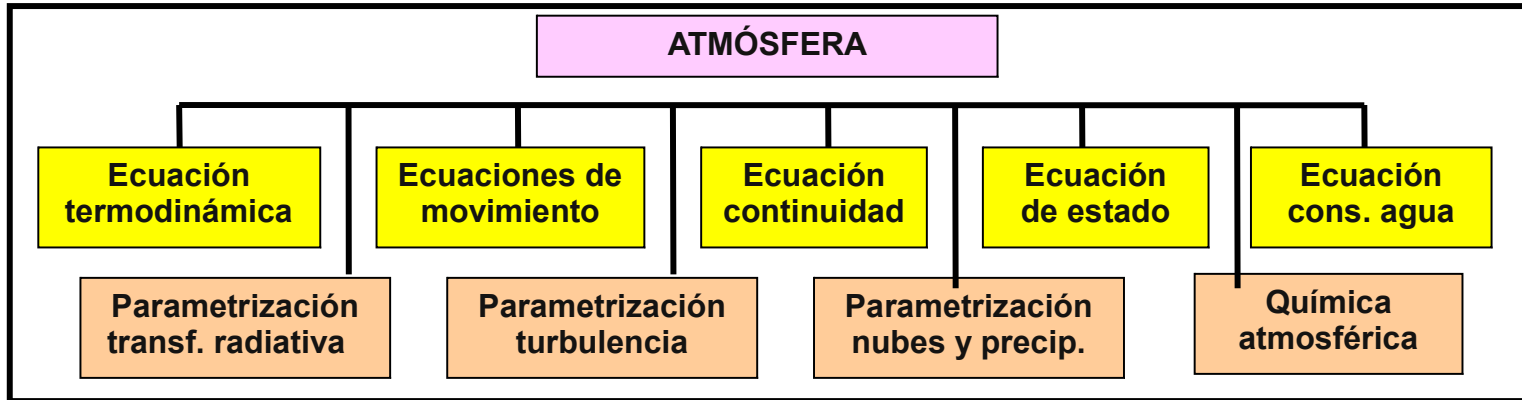
Componentes de los Modelos Climáticos Globales

ATMÓSFERA

OCÉANOS

CONTINENTES

Componentes de los Modelos Climáticos Globales



OCÉANOS

CONTINENTES

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \omega \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial x} + f v + \langle F_x \rangle$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - \omega \frac{\partial v}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - f u + \langle F_y \rangle$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{RT}{p}$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial p} = -\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} + \omega \left(\frac{\kappa T}{p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) + \langle \frac{Q_r}{c_p} \rangle + \langle \frac{Q_l}{c_p} \rangle + \langle D_H \rangle$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = -u \frac{\partial q_i}{\partial x} - v \frac{\partial q_i}{\partial y} - \omega \frac{\partial q_i}{\partial p} + \langle E_i \rangle - \langle C_i \rangle + \langle D_{q_i} \rangle$$

$$(q_i = q_v, q_n, q_{ll}, q_h, q_{nv})$$

$$\Phi = -\frac{p}{\rho} \quad ; \quad \omega = \frac{dp}{dt} \quad ; \quad f = 2\Omega \sin \varphi$$

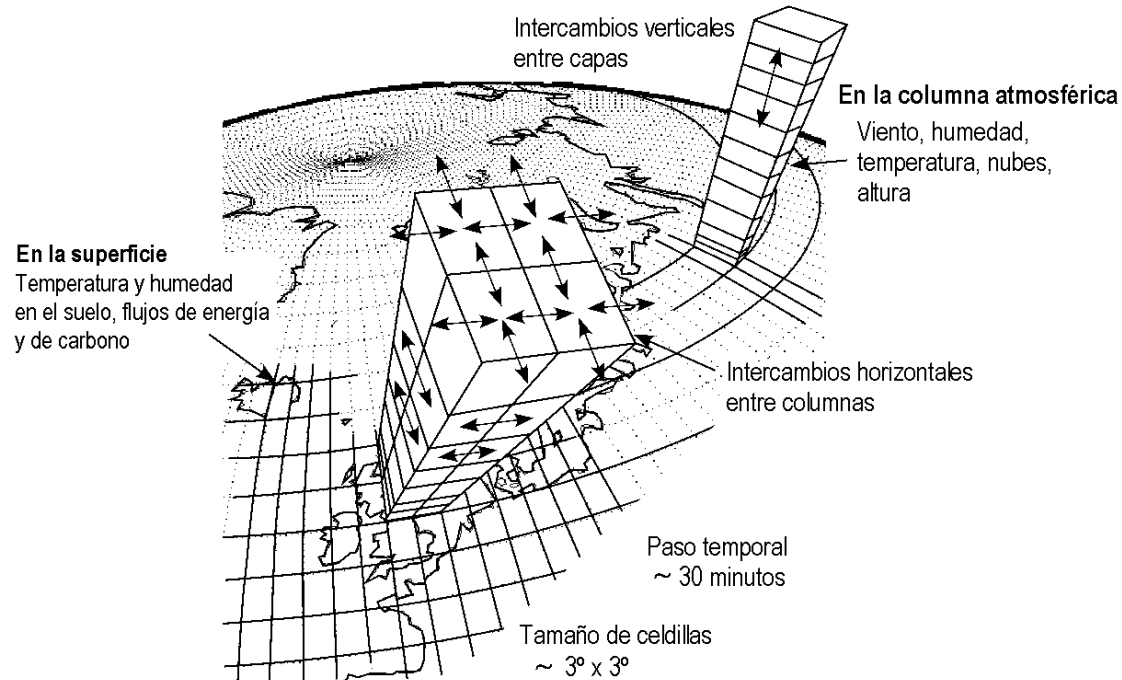
METODOS NUMERICOS

Discretizando la variación espacial en celdillas 3D

$(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$

+

Discretizando la evolución temporal en intervalos finitos (Δt)

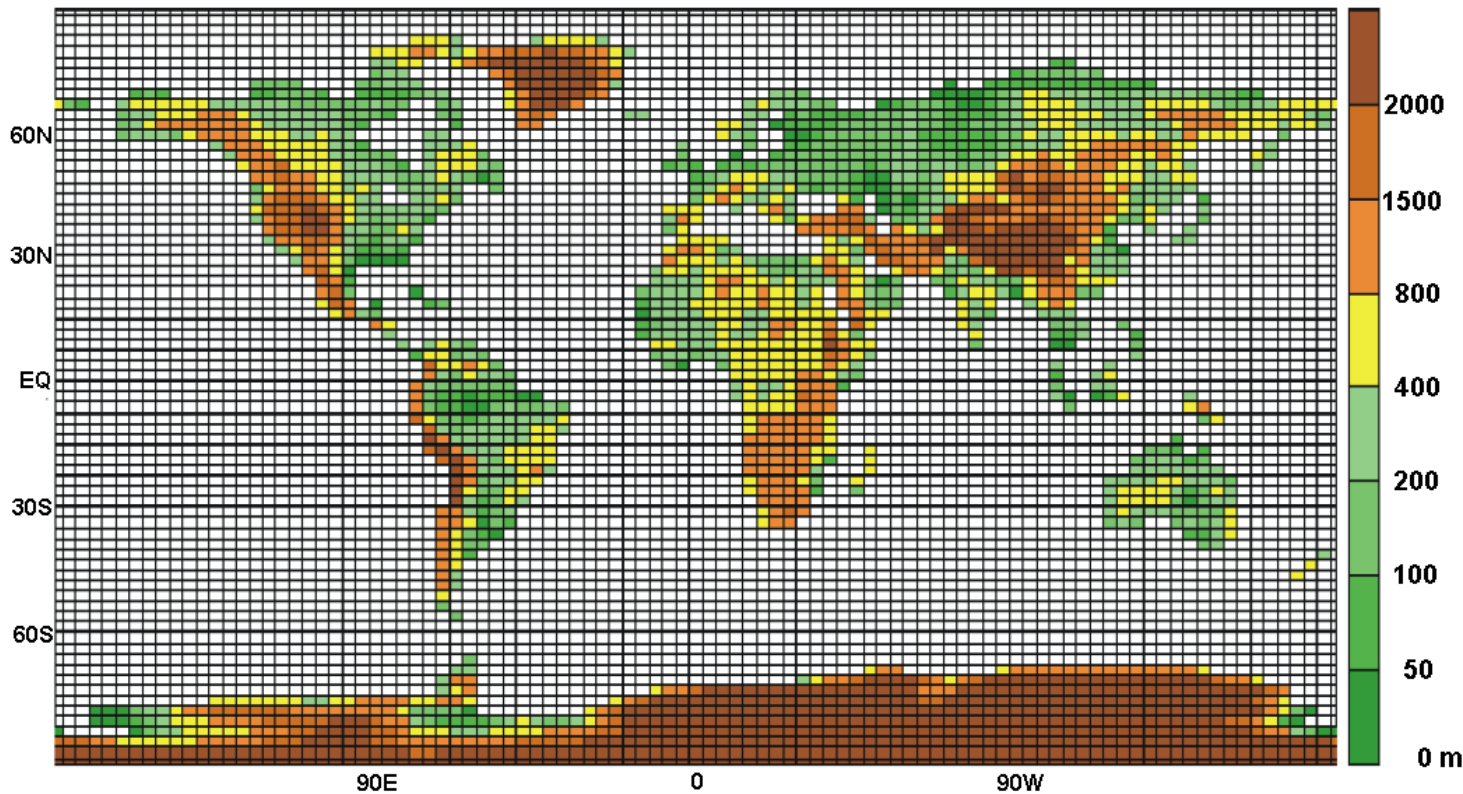


Ejemplo de discretización espacial de un modelo climático global

Malla horizontal para resolver las ecuaciones atmosféricas

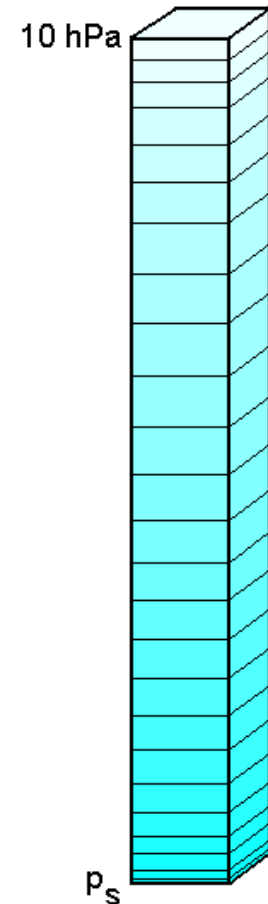
Tamaño de las celdillas: 2.5° lat x 3.75° lon

HadCM3 orography ($2.5^\circ \times 3.75^\circ$)



No. de celdillas: 72 x 96

Malla vertical



**No. de capas:
25**



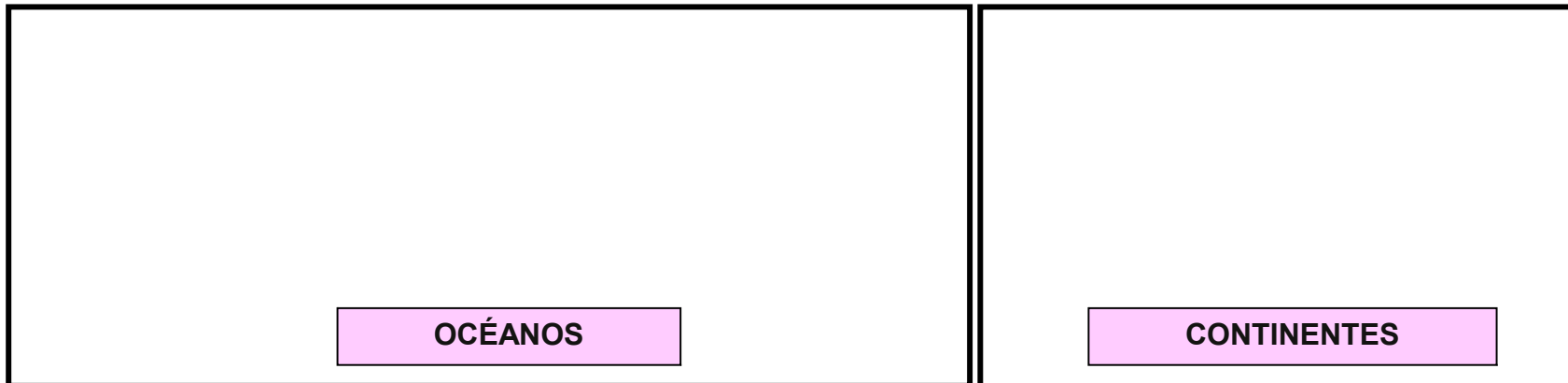
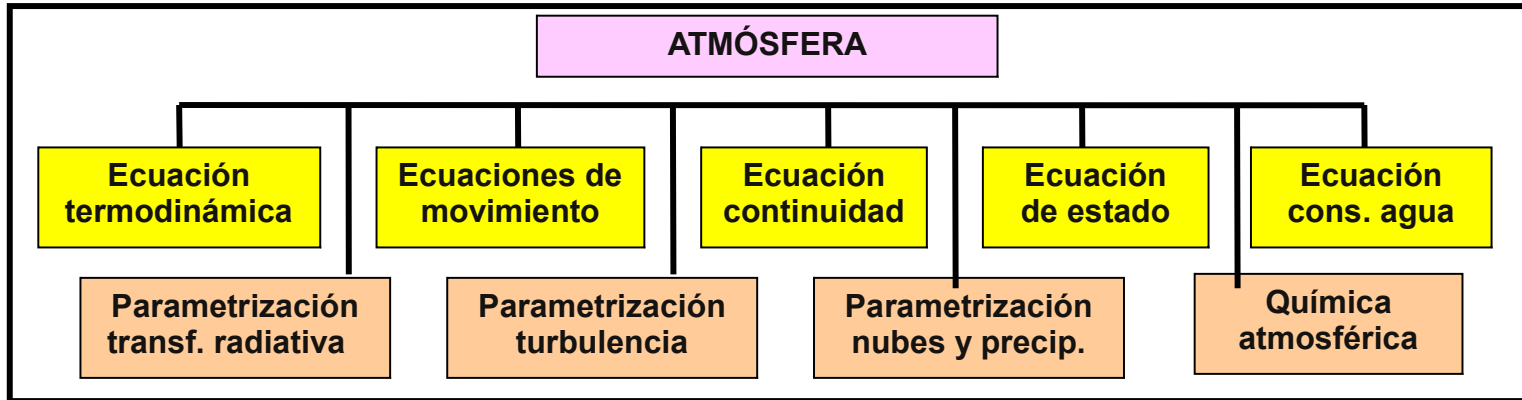
Parametrizaciones físicas

El espaciado de la malla, Δx , limita los procesos que pueden ser resueltos explícitamente

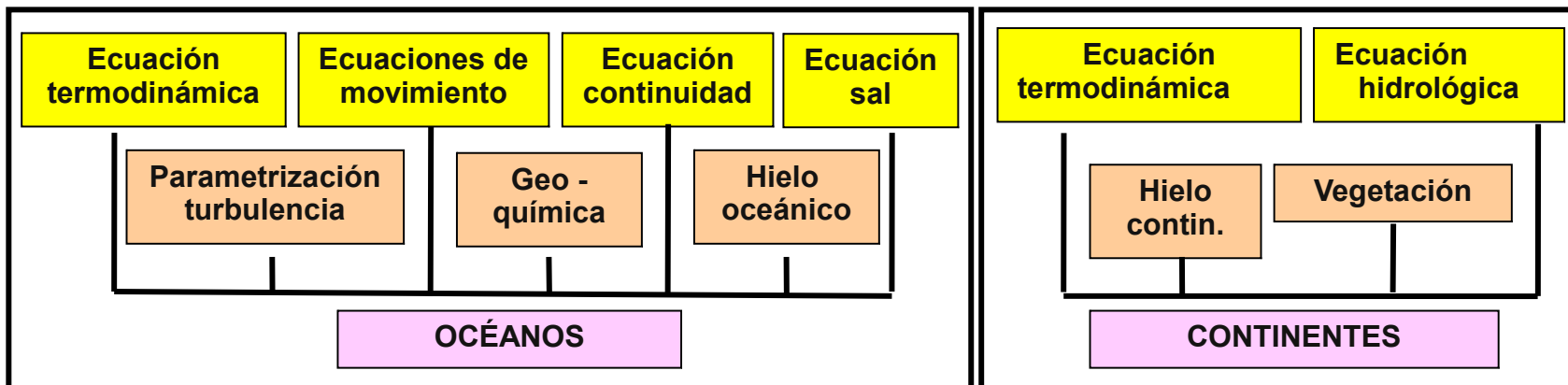
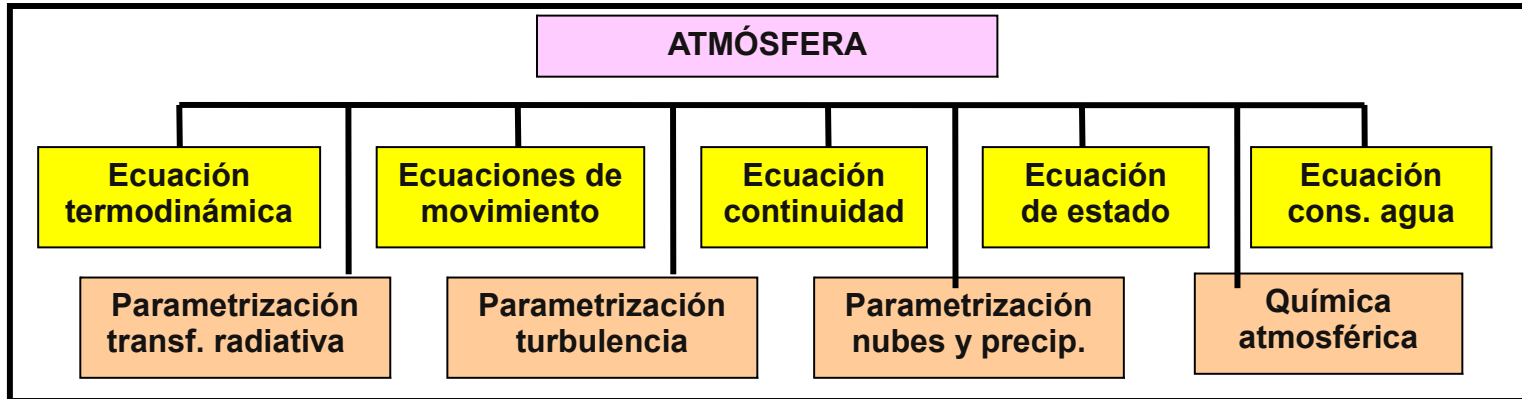
Los efectos de procesos atmosféricos de escala “subrejilla” deben ser deducidos a partir de las variables pronosticadas por el modelo (T, v, q), mediante ecuaciones simplificadas

Estas ecuaciones dependen de parámetros, que se obtienen a partir de medidas o simulaciones con modelos de muy alta resolución

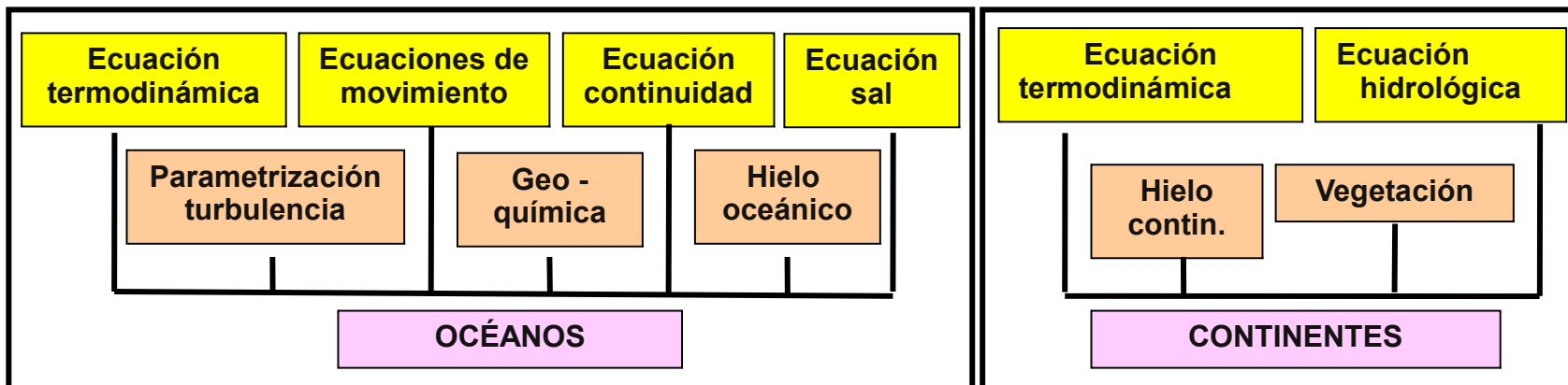
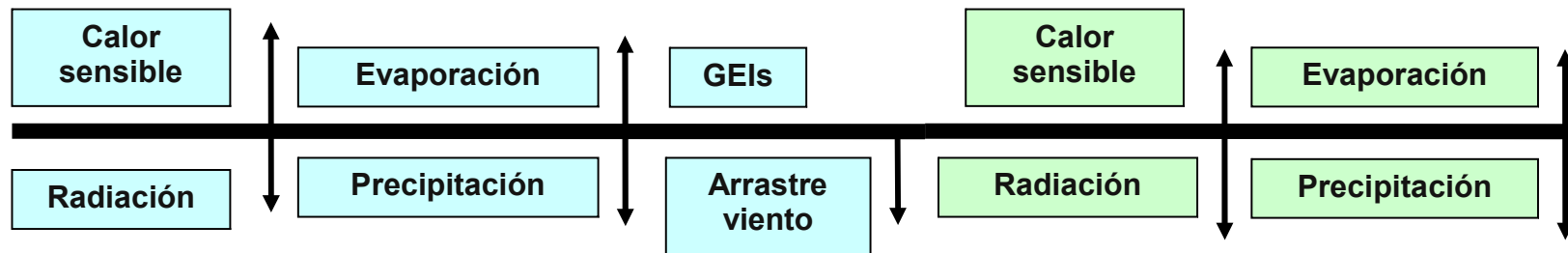
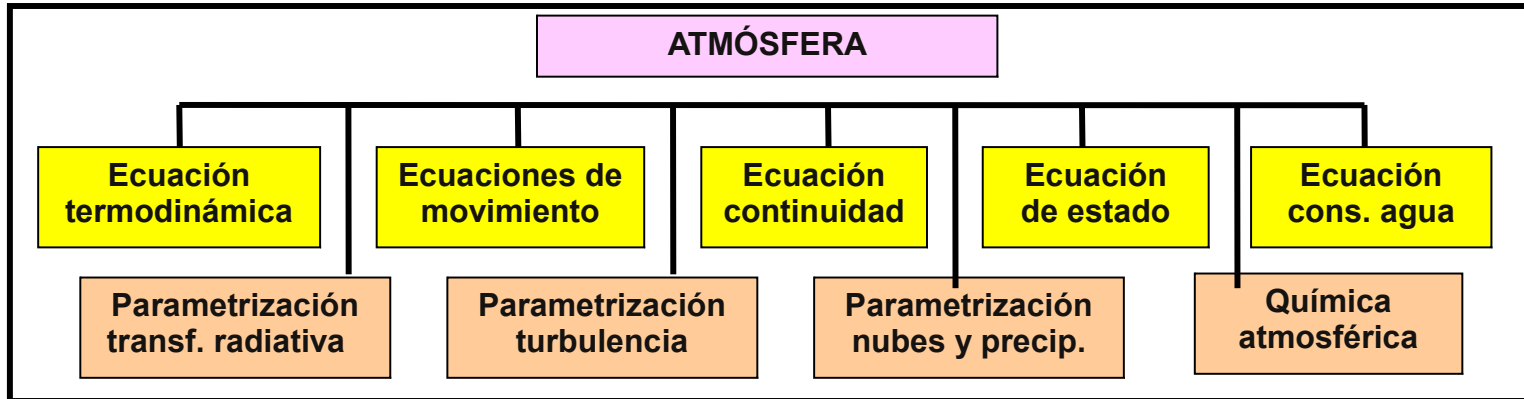
Componentes de los Modelos Climáticos Globales



Componentes de los Modelos Climáticos Globales

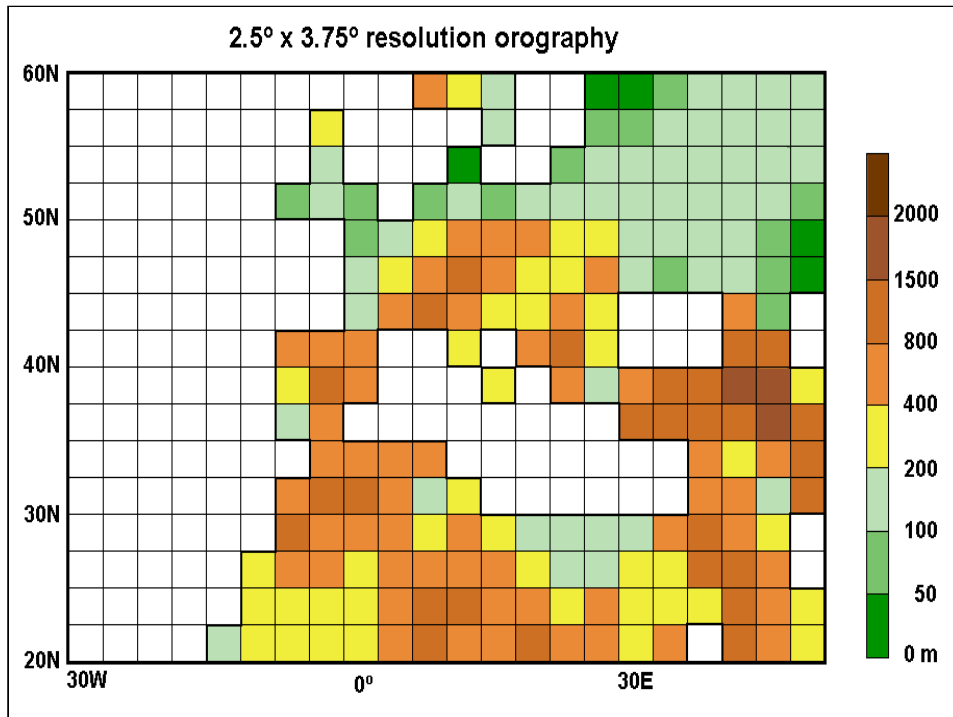


Componentes de los Modelos Climáticos Globales

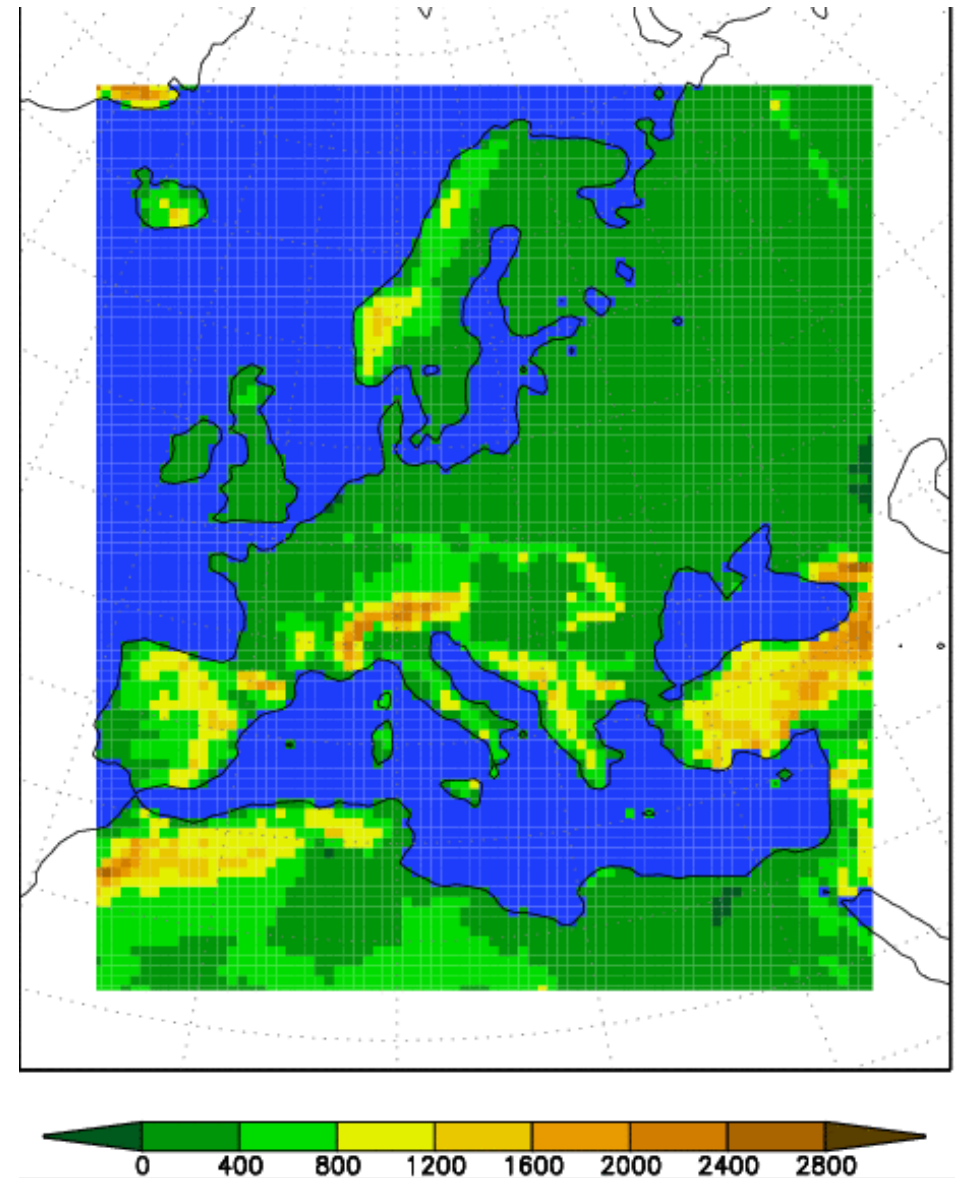


Los modelos globales actuales tienen una resolución demasiado baja para aplicar directamente sus resultados al análisis de impactos regionales

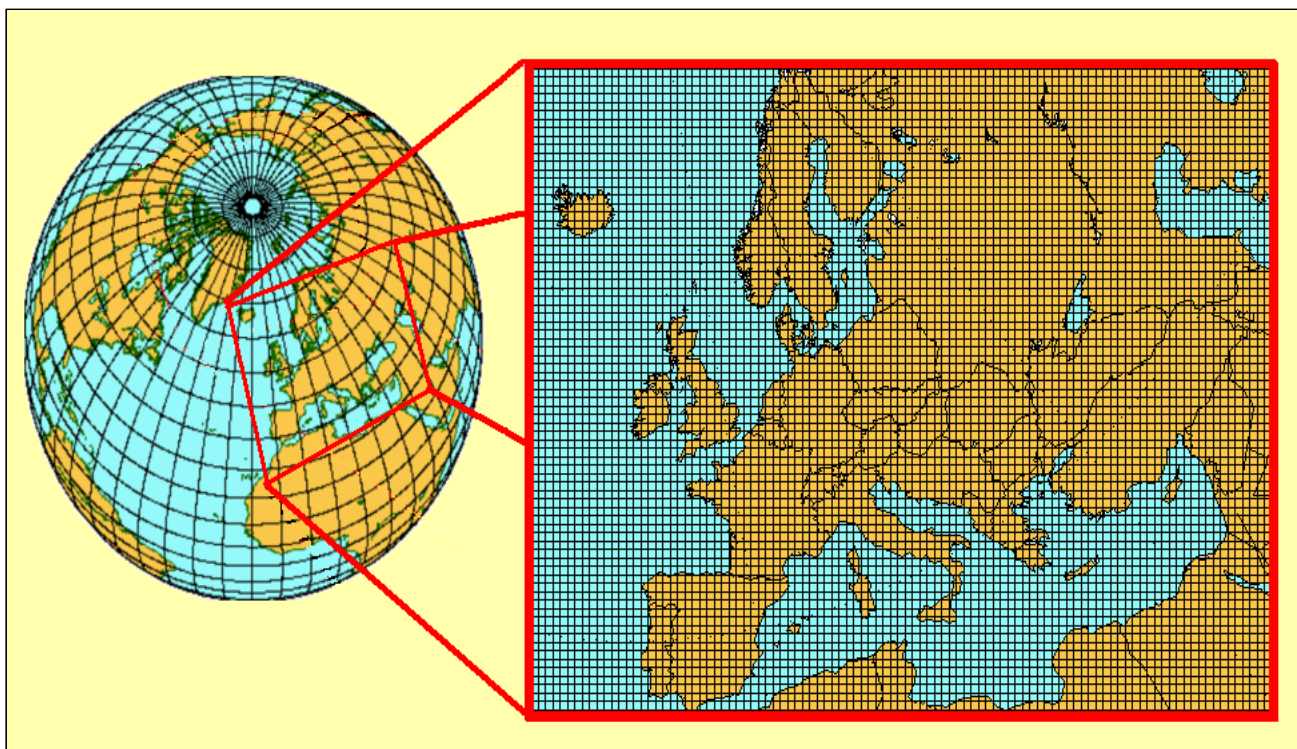
Orografía y línea de costa con celdillas de 300 km



Orografía y línea de costa con celdillas de 50 km



Los escenarios de cambio climático de los modelos globales no deben aplicarse **directamente para estudios de impacto a escala regional a causa de su baja resolución espacial (IPCC, 2001).**



Downscaling dinámico

Aplicación de un modelo (RCM) con mayor resolución anidado en la malla del AOGCM

Por los contornos se van actualizando cada 6-12 horas los valores de las variables simulados por el AOGCM

Ventajas de los modelos dinámicos

Un mismo modelo es capaz de simular los diferentes climas mundiales (no está limitado por hipótesis de estacionariedad estadística)

Incluyen realimentaciones climáticas entre componentes del sistema climático

Proporcionan un conjunto grande de variables climáticas físicamente consistentes entre sí

Desventajas de los modelos dinámicos

Elevado coste computacional (limita el número de escenarios que se pueden simular)

Los valores en las celdillas son valores representativos medios para todo el área de la celdilla (p.ej. 25x25 km²), y pueden tener diferencias apreciables respecto a observaciones puntuales



Incertidumbres: uso de la técnica de simulaciones por conjuntos (*ensembles*)

Fuentes de incertidumbre

- Escenarios de emisiones
- Modelo global
- Modelo regional

La incertidumbre asociada a la formulación de los modelos se evalúa utilizando varios modelos climáticos diferentes: conjunto (*ensemble*) multi-modelo de simulaciones

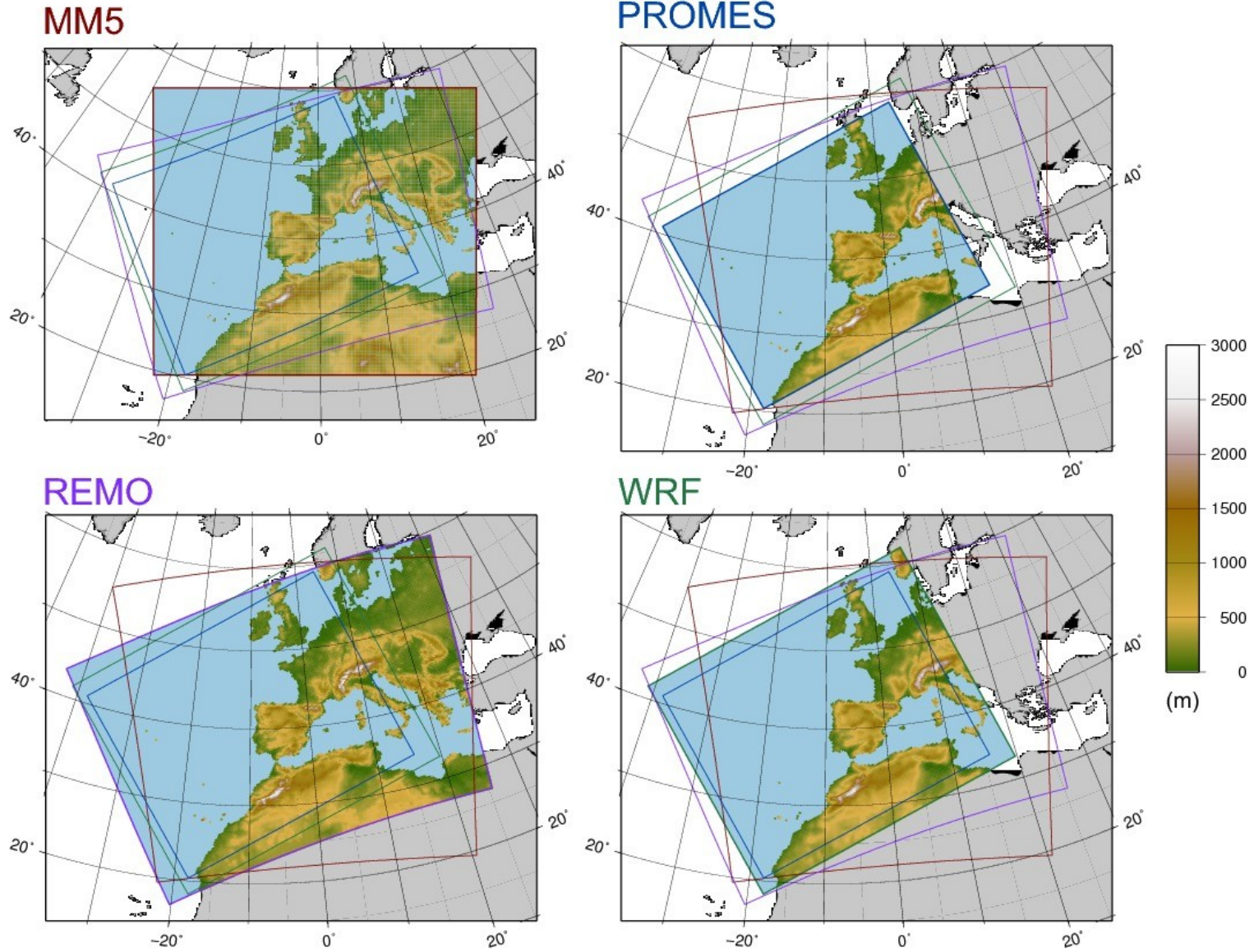
Proyecto ESCENA: Plan de trabajo

TAREAS	TRIMESTRES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Configuración final de simulaciones	Red	Red	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Simulaciones de evaluación	Blue	Blue	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Evaluación de resultados	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Red	Red	Red	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Simulaciones de escenario	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue
Elaboración de los escenarios	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Red	Red	Red	Red
Informe final	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red

Matriz de simulaciones

	ECHAM r2			HadCM3		Arpege	
	A1B	A2	B1	A1B (Q3)	A1B (Q16)	A1B	B1
PROMES							
MM5							
WRF	2 sims.						
REMO							
	1950-2050	2000-2050	2000-2050	1950-2050	1950-2050	1950-2050	2000-2050

Dominios

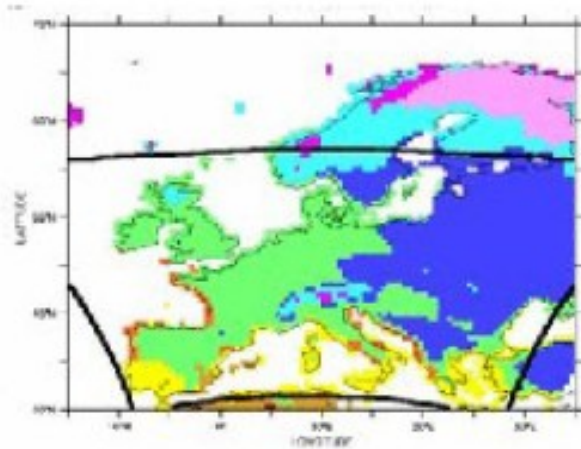


Dominios

Ventajas de ESCENA respecto a proyectos previos:

- Dominio centrado en la Península Ibérica
- Incluye las Islas Canarias

PRUDENCE



Common domain for 9
RCMs (Castro et al., 2007)

ENSEMBLES



Minimum domain for
RCMs

Variables de salida

Surf. Variable	Name	Freq. storage	Units
2-m temperature	tas	3 hrs	K
2-m max/min temp.	tasmax/tasmin	Daily	K
Max/min skin T	sktmax/sktmin	Daily	K
SST	sst	Daily (00 UTC)	K
10-m wind (u,v)	uas,vas	3 hrs	m/s
Max. Wind speed	wssmax	Daily	m/s
2-m spec. humidity	huss	3 hrs	kg/kg
2-m relat. humidity	hurs	3 hrs	1
Max relat. humidity	hursmax	Daily	1
Min relat. humidity	hursmin	Daily	1
2-m dew point temp.	tdps	3 hrs	K
MSLP	slp	3 hrs	Pa
Surface pressure	ps	3 hrs	Pa
Precipitacion	pr	Daily	Kg m ⁻² s ⁻¹
Max hourly prec. rate	prhmax	Daily	Kg m ⁻² s ⁻¹
Large-scale prec.	prls	Daily	Kg m ⁻² s ⁻¹
Convective prec	prc	Daily	Kg m ⁻² s ⁻¹
Total column water cont.	clw	Daily	Kg m ⁻²

Variables de salida

Surf. Variable	Name	Freq. strge	Units
Snowfall	prsn	Daily	Kg m-2 s-1
Evaporation	evap	3 hrs	Kg m-2 s-1
Tot. cloudiness	clt	Daily	1
Sens. Heat flux	hfss	3 hrs	W m-2
Lat. Heat flux	hfls	3 hrs	W m-2
Momentum flux (u,v)	tauu,tauv	Daily	Pa
Soil heat flux	hfso	Daily	W m-2
Net SW radiation	rss	Daily	W m-2
Downward SW radiat.	rsds	Daily	W m-2
Net LW radiation	rлу	Daily	W m-2
Downward LW radiat.	rlds	Daily	W m-2
Top net SW radiat.	rst	Daily	W m-2
Top down. SW radiat.	rsdt	Daily	W m-2
Top net LW radiation	rlut	Daily	W m-2
Moist 0.1 m soil layer	mrsos	Daily	Kg m-2 s-1
Total soil moisture	mrso	Daily (00 UTC)	Kg m-2 s-1
Snow water equivalent	snweq	Daily (00 UTC)	Kg m-2
Surface runoff	mrros	Daily	Kg m-2 s-1

Variables de salida

Variable: Pres. level	Name	Freq. strge	Units
Z: 100, 300, 400, 500, 600, 700, 850, 925, 1000	zg	6 hrs	m
T: 500, 700, 850, 1000	ta	Daily (00 UTC)	K
RH: 700, 850, 925, 1000	hur	6 hrs	1
U,V: 500, 700, 850	ua, va	12 hrs	m/s



Formato de salida: NetCDF

NetCDF (**N**etwork **C**ommon **D**ata **F**ormat): formato estándar para datos de salida de modelos climáticos

Característica básica: formato **autodescriptivo**

Contiene toda la información necesaria para trabajar con los datos: coordenadas espaciales de la malla, coordenada temporal de los datos, metadatos

NO HACE FALTA NINGUN FICHERO ADICIONAL CON INFORMACION SOBRE LOS DATOS

Especialmente apropiado para datos matriciales (mallas espaciales 2-D, 3-D, dependientes del tiempo)



Formato de salida: NetCDF

Formato **portable**, independiente del sistema operativo (Windows, Linux, MacOS, ...)

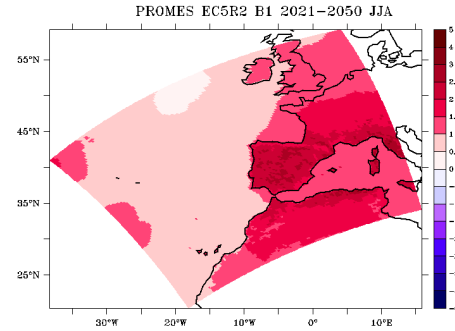
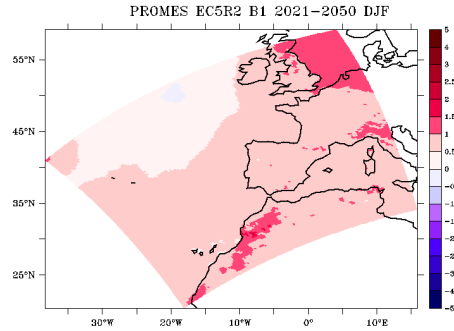
Formato **escalable**: es fácil acceder sólo a subconjuntos del fichero de datos (por ejemplo un subdominio de los datos)

<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

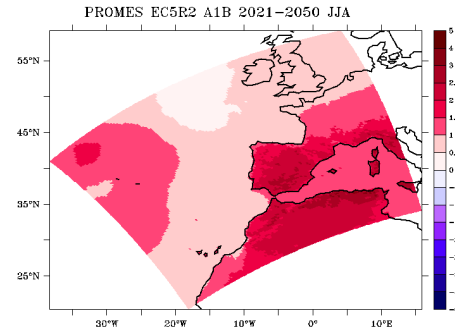
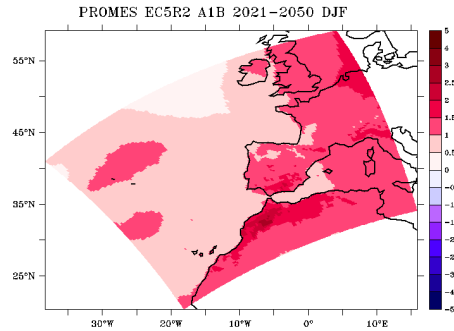


Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

PROMES
(ECHAM5-B1)

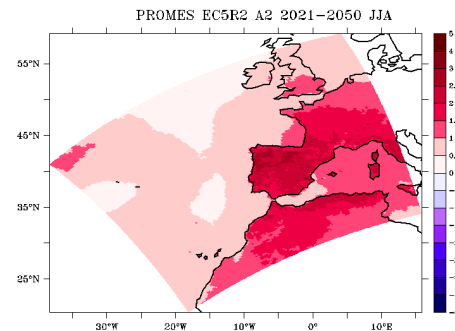
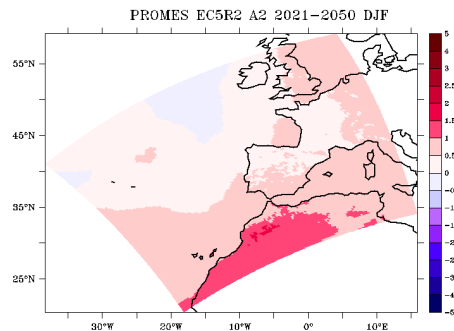


PROMES
(ECHAM5-A1B)



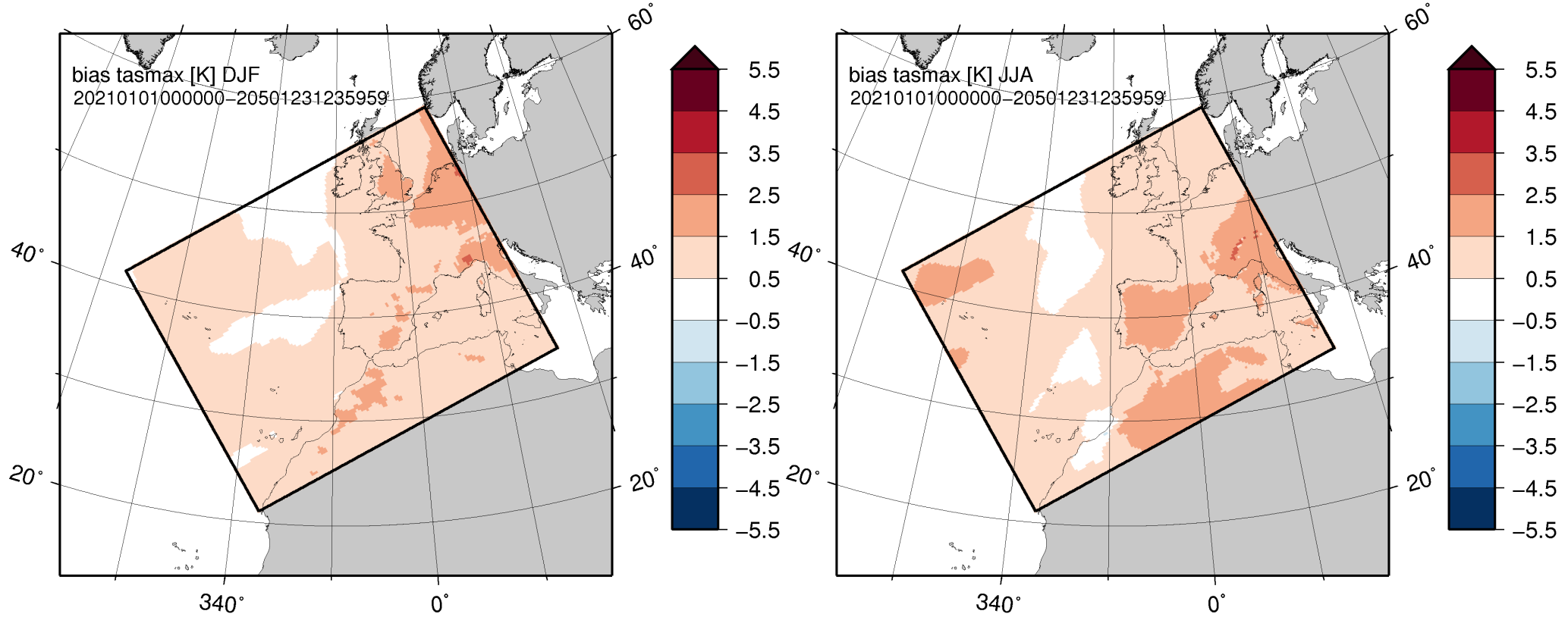
TEMPERATURA
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

PROMES
(ECHAM5-A2)



Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

TEMPERATURA
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

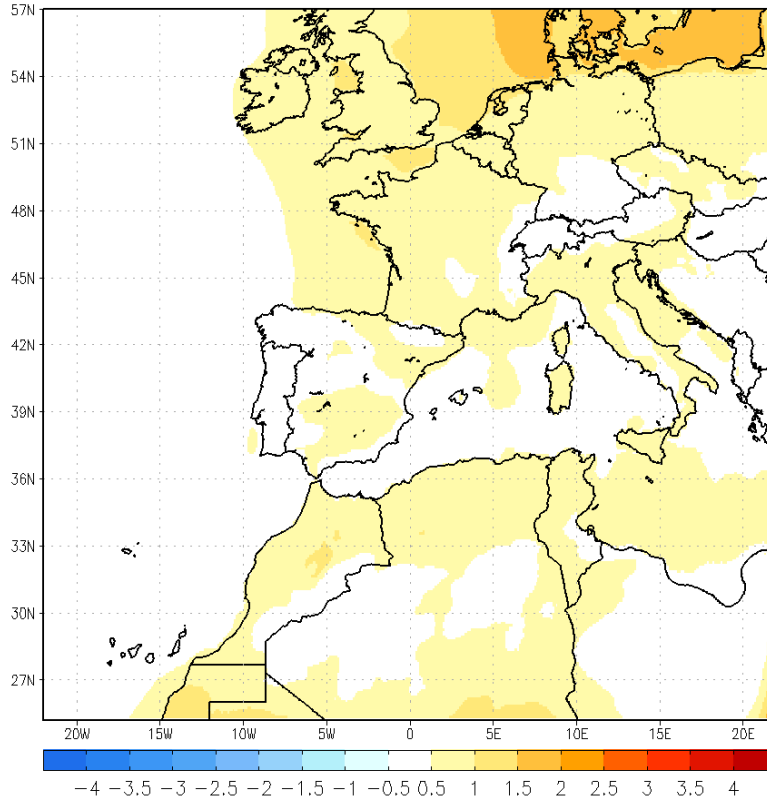


WRF
(ECHAM5-A1B)

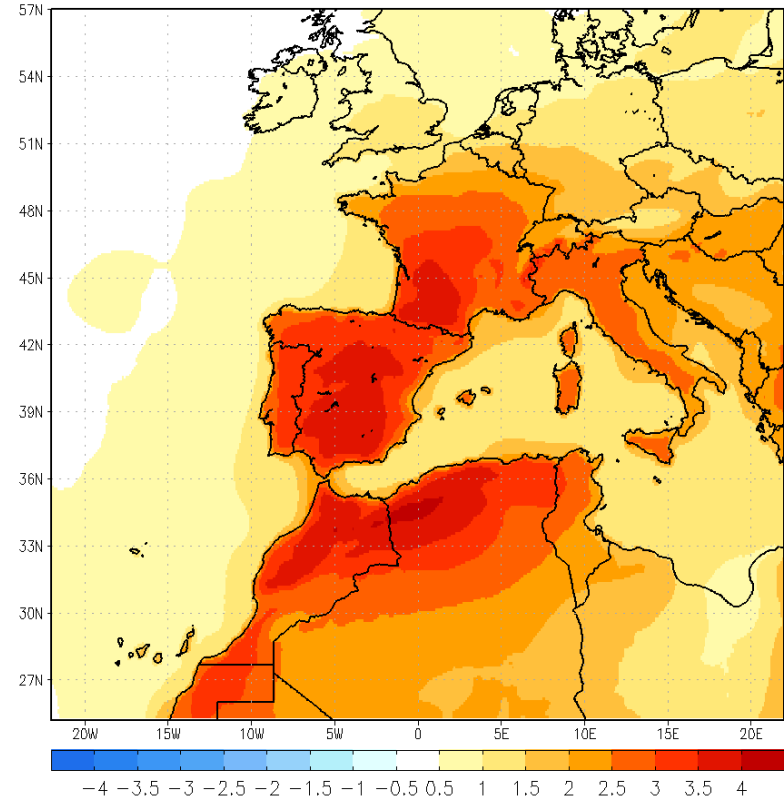
Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

TEMPERATURA
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

ECHAM A2r2 DJF Temp. Max (K)
Difference 2021–2050 vs. 1961–1990 – Resolution: 25 km



ECHAM A2r2 JJA Temp. Max (K)
Difference 2021–2050 vs. 1961–1990 – Resolution: 25 km

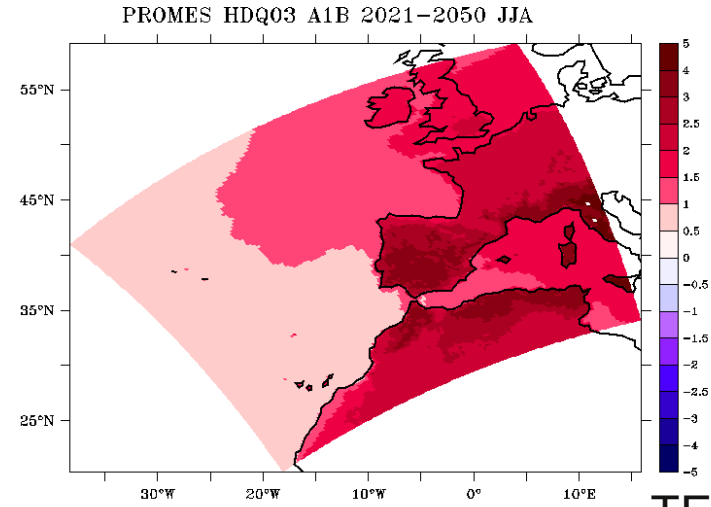
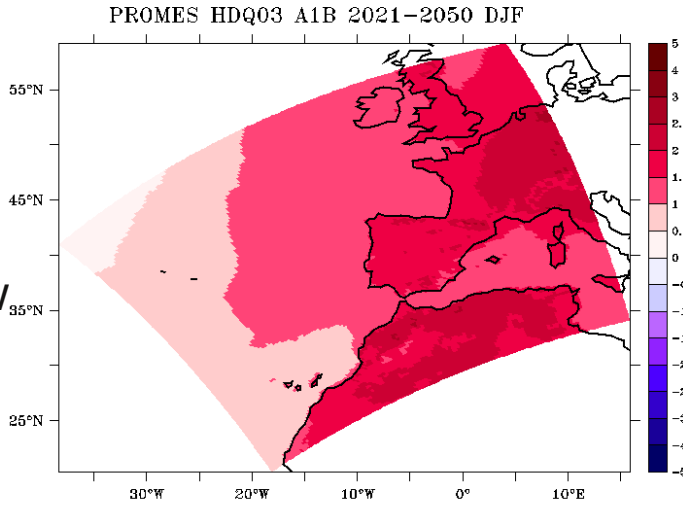


MM5
(ECHAM5-A1B)



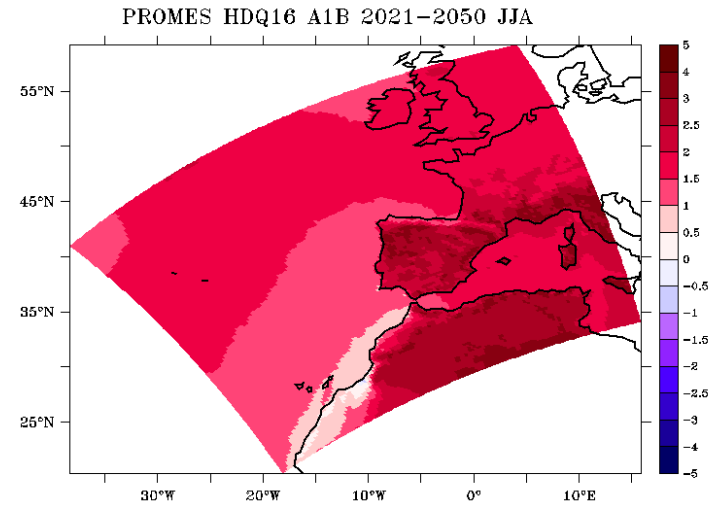
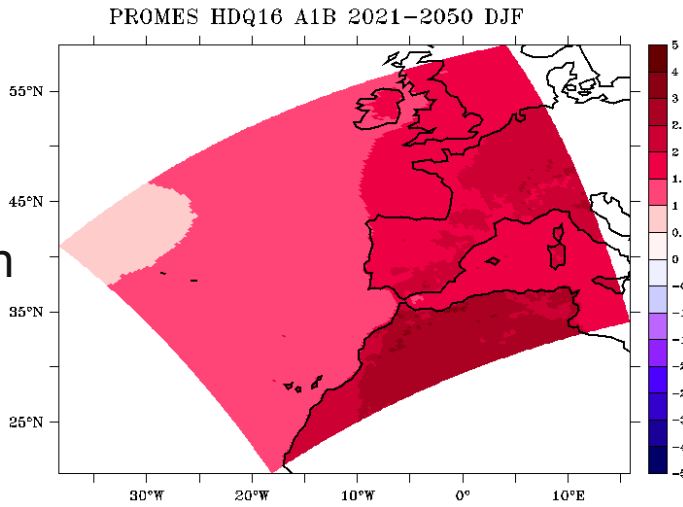
Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

PROMES
(HadCM3-Low
sens., A1B)



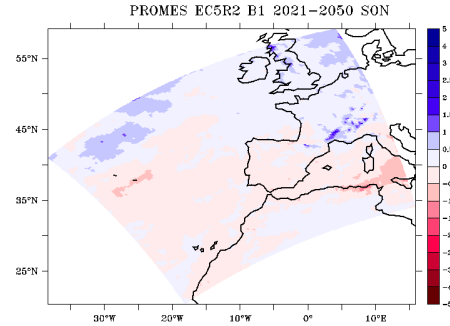
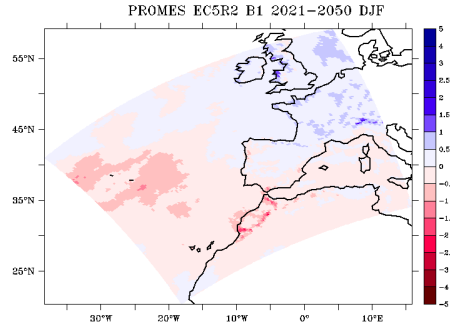
TEMPERATURA
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

PROMES
(HadCM3-High
sens., A1B)

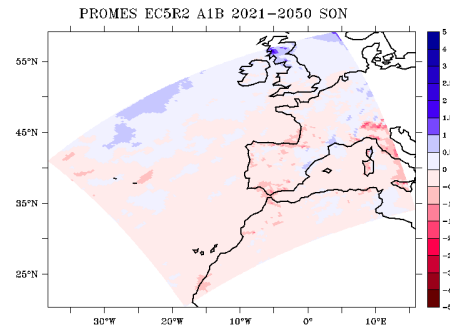
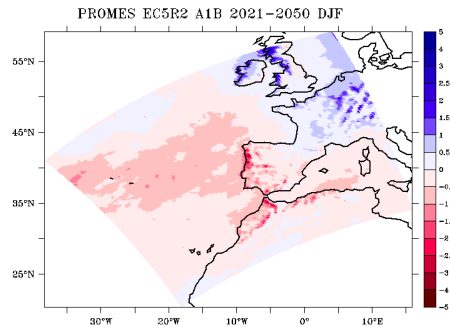


Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

PROMES
(ECHAM5-B1)

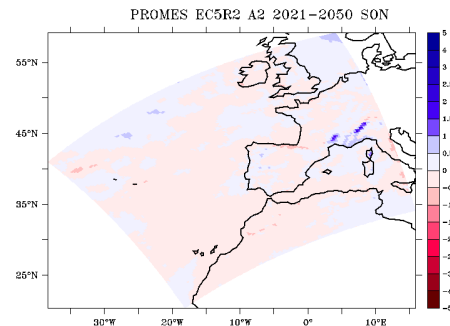
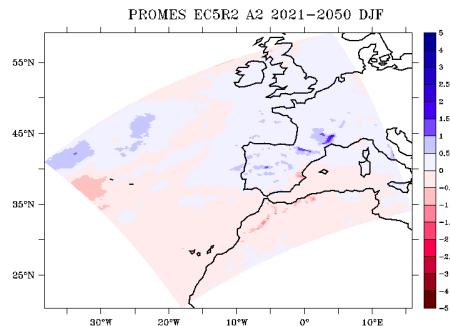


PROMES
(ECHAM5-A1B)



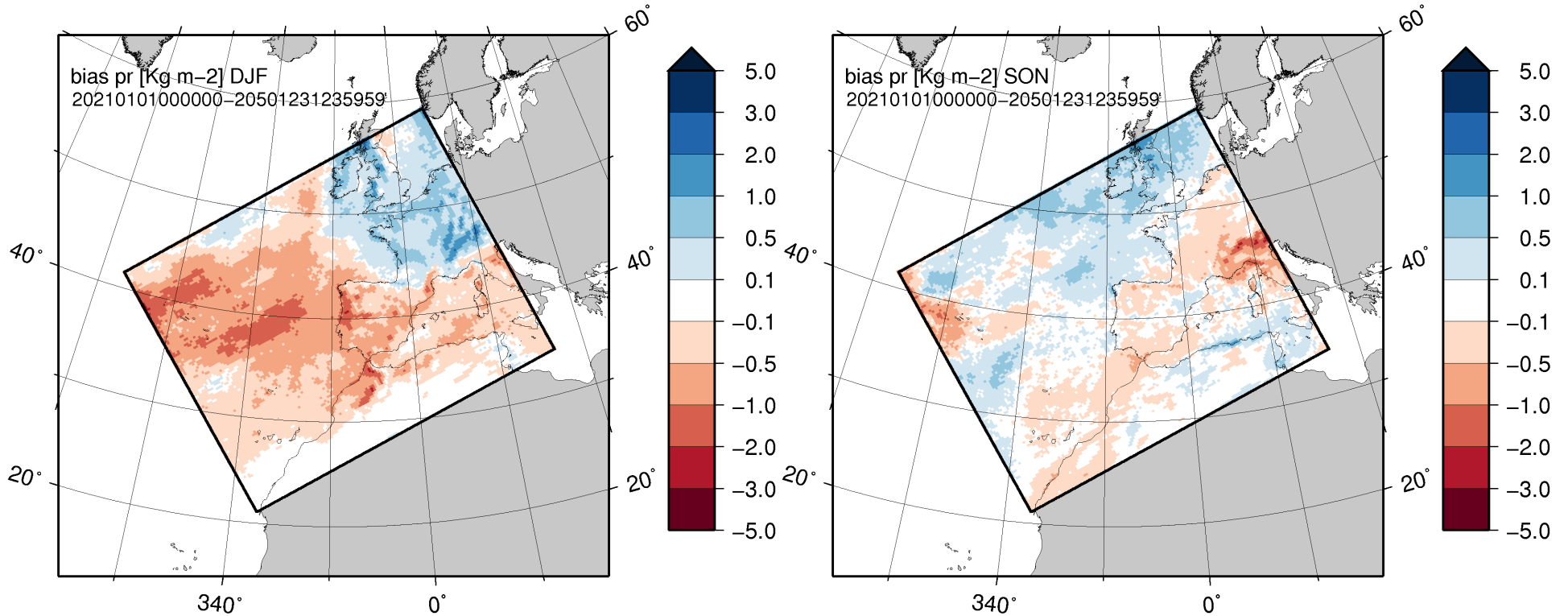
PRECIPITAC.
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

PROMES
(ECHAM5-A2)



Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

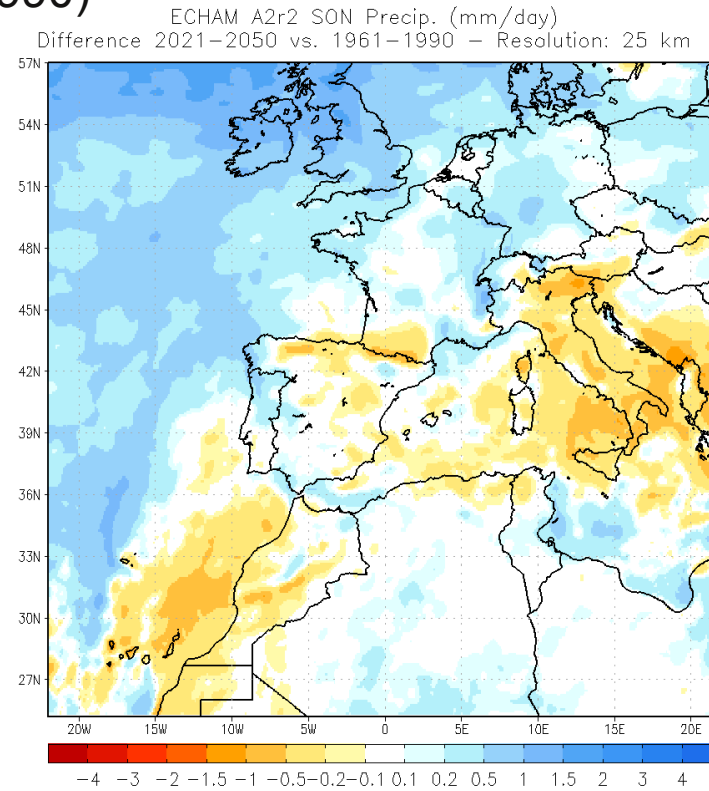
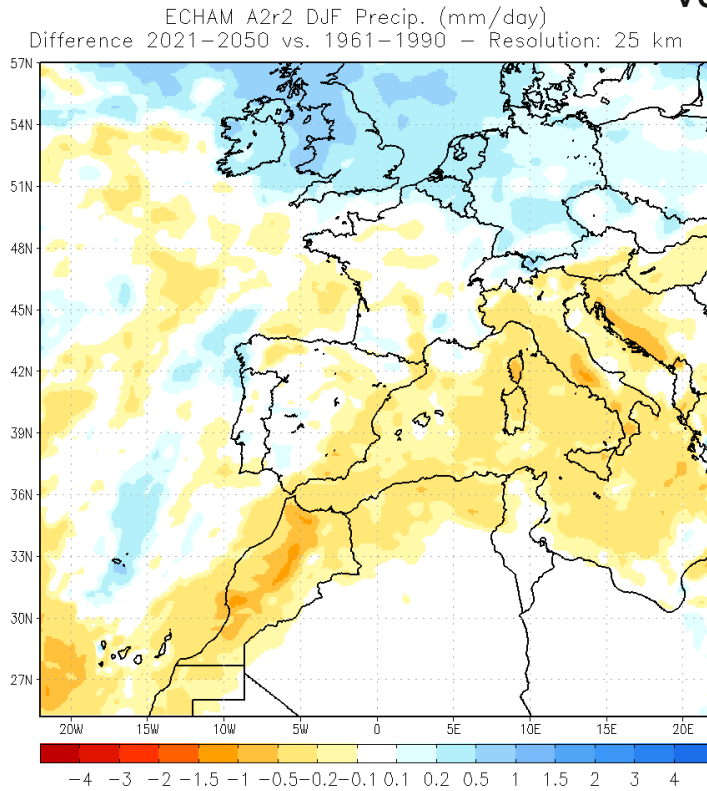
PRECIPITAC.
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)



WRF
(ECHAM5-A1B)

Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

PRECIPITAC.
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

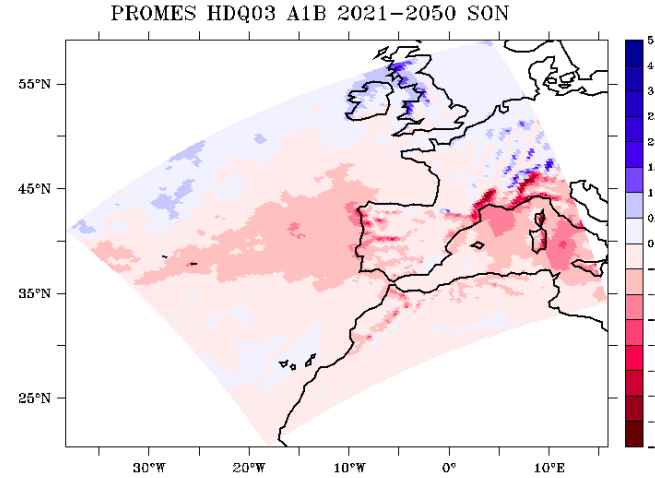
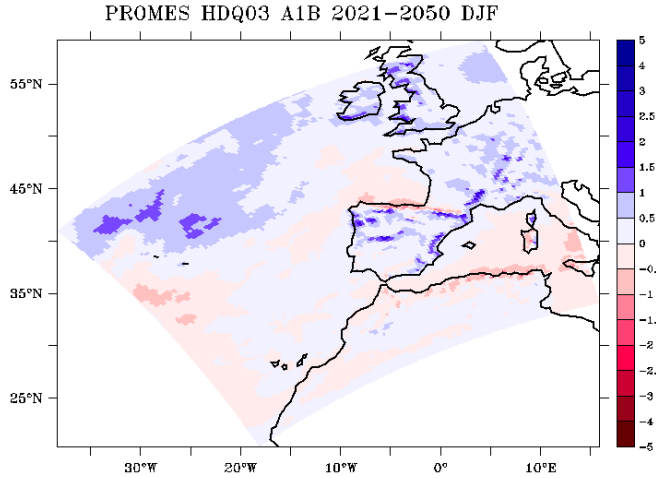


MM5
(ECHAM5-A1B)



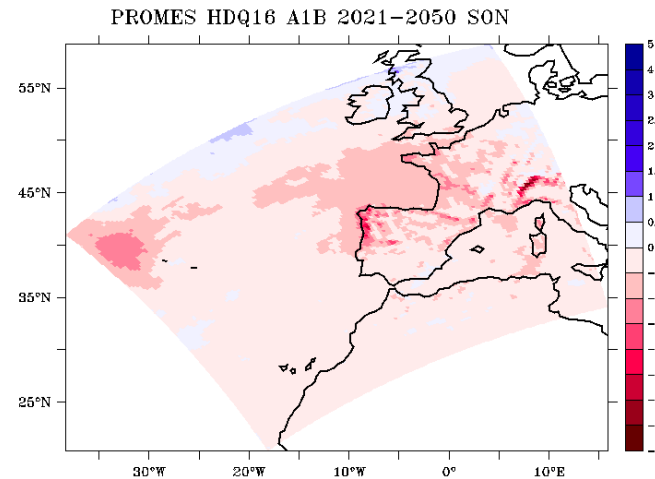
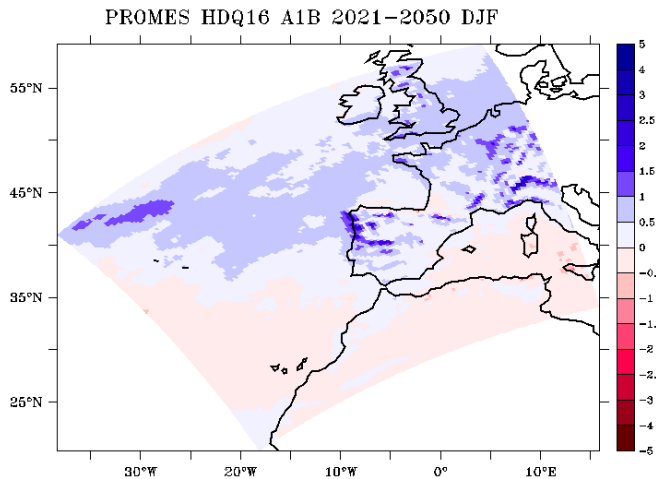
Resultados preliminares de las simulaciones de escenario

PROMES
(HadCM3-Low
sens., A1B)



PRECIPITAC.
DIF. (2021-2050)
vs. (1961-1990)

PROMES
(HadCM3-High
sens., A1B)



**Recomendación básica para estudios
de impacto:**

**EMPLEAR VARIOS ESCENARIOS
DIFERENTES PARA TENER EN
CUENTA LAS INCERTIDUMBRES**