



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

# **EVALUACIÓN DE LOS MODELOS AR4 DEL IPCC SOBRE LA P. IBÉRICA Y REGIÓN EURO- ATLÁNTICA**

María J. Casado, A. Pastor, José M. Martín y Ernesto Rodríguez  
AEMET

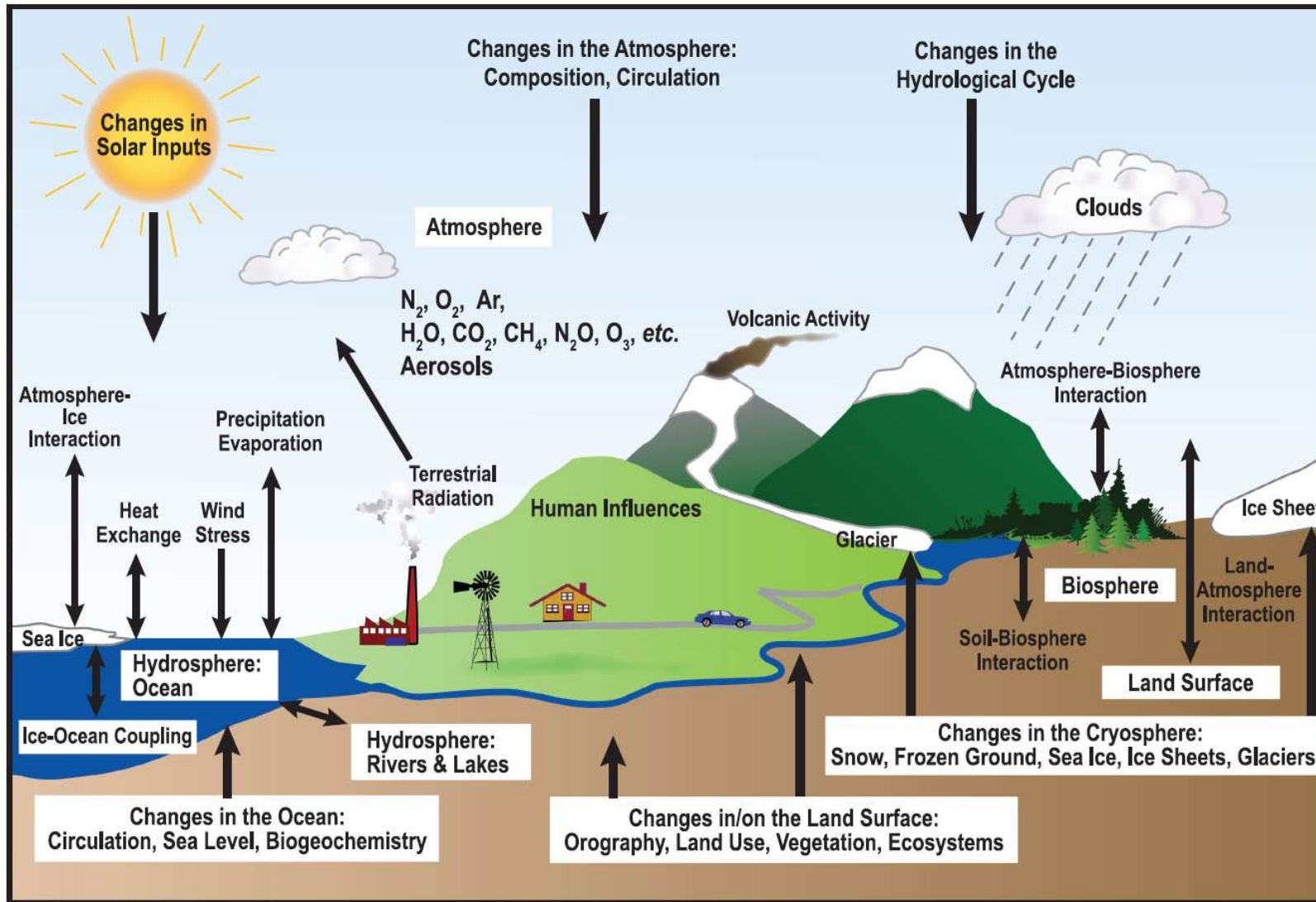
# Indice

- **Introducción**
- **Evaluación en la P. Ibérica:**
  - **Precipitación y Temperatura**
- **Evaluación Región Euro-Atlántica:**
  - **MSLP**
  - **Modos de Variabilidad**
  - **Tipos de Circulación**
- **Conclusiones Generales**

# Introducción (1)

- La herramienta fundamental para los estudios relativos a la futura evolución del clima son los **modelos climáticos de circulación general** acoplados atmósfera océano.
- Estos modelos son representaciones matemáticas de las leyes físicas y de los procesos que rigen el clima. Los modelos climáticos permiten entender y reproducir los principales procesos que tienen lugar en el sistema climático, integrado por diferentes componentes: atmósfera, océano, criosfera, superficie terrestre, vegetación, etc. y fuertemente acoplados entre sí.

# Introducción (2)



FAQ 1.2, Figure 1. Schematic view of the components of the climate system, their processes and interactions.

# Introducción (4)

- Las proyecciones climáticas o estimaciones de la evolución futura del clima vienen afectadas por diferentes fuentes de **incertidumbres** que proceden de las diferentes etapas asociadas a su proceso de generación.
- Estas incertidumbres se pueden describir en forma jerárquica o de cascada (Mitchell y Hulme 1999):
  - Los forzamientos externos naturales de origen volcánico o solar
  - La evolución futura de la emisión de gases de efecto invernadero, de aerosoles y de cambios de usos de suelo que afecta al forzamiento radiativo en la atmósfera
  - Efecto de estas emisiones en las concentraciones de gases de efecto invernadero, puesto que no se conoce exactamente el destino final de las emisiones o lo que es lo mismo no se conoce plenamente el ciclo del carbono
  - Las distintas formulaciones de los modelos que describen los distintos componentes del sistema climático, considerando distintas mallas, resoluciones, esquemas numéricos, parametrizaciones de procesos físicos, etc.
  - Las distintas técnicas de regionalización (estadísticas y dinámicas) contribuyen a la incertidumbre con fuentes de error adicionales

# Evaluación (1)

- Es, por tanto, absolutamente necesario realizar una **evaluación** tan exhaustiva como sea posible de los modelos de circulación general antes de su utilización en las estimaciones de la evolución del clima futuro. Los modelos climáticos serán fidedignos solo en la medida en que sean capaces de proporcionar simulaciones realistas de las variables climáticas y de los patrones de circulación a gran escala.
- En las simulaciones de cambio climático los modelos se utilizan para hacer proyecciones de posibles cambios futuros en escalas decenales y seculares que no se corresponden con situaciones análogas del pasado. Por lo que aunque las verificaciones de clima futuro no son posibles, siempre se puede aumentar la confianza en un determinado modelo cuando este ha sido evaluado en determinados periodos instrumentales históricos o paleoclimáticos.
- Una vez que los modelos climáticos hayan sido suficientemente evaluados frente a observaciones o reanálisis podrán utilizarse para realizar estimaciones de la posible evolución del clima.
- El proceso de evaluación puede realizarse bien cualitativamente, o bien cuantitativamente mediante el uso de **métricas**.

# Evaluación (2)

- Una **métrica** es una medida estadística cuantitativa del acuerdo entre una magnitud simulada y la misma magnitud observada que puede utilizarse para evaluar el grado de calidad de los modelos individuales. En este sentido métrica se utiliza como un sinónimo de “medida”.
- En el caso de modelos climáticos es difícil definir un único índice o métrica (Knutti 2008). Cada modelo tiende a simular mejor ciertos aspectos del sistema climático mientras que otros los simulará peor.
- Los modelos simulan diferentemente el sistema climático en función de la **región**, de la **variable**, de la **escala temporal**, de la **estación del año**, etc.
- No es una cuestión obvia discriminar los modelos “buenos” de los “malos”. Calificar como “bueno” o “malo” un modelo dependerá de su posterior aplicación.

# Evaluación (3)

- En la medida en que los errores de simulación de los diferentes modelos son independientes, la utilización de *ensembles multi-modelo*, (desarrollados en diferentes centros de modelización), permite que la media del *ensemble* verifique mejor que cada uno de los modelos individuales proporcionando la “mejor estimación” de la predicción.
- El uso de predicciones por conjuntos (*ensembles*) permite estimar cuantitativamente las incertidumbres de diverso origen y plantea la importante cuestión de dar diferentes “pesos” a los modelos.
- Es importante tener en cuenta el alto grado de **subjetividad** tanto en la elección de las métricas como en la asignación de pesos en su combinación.



# Evaluación (4)

- El conjunto más reciente de simulaciones climáticas proceden del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3) (Meehl et al. 2007), integrado en el Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP) y que contribuyó al Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC (<http://www.ipcc.ch>)
- Los datos CMIP3 relativos al siglo XX proporcionan una **oportunidad única** para analizar la habilidad de los diferentes modelos de reproducir las características del clima presente y poder así analizar las incertidumbres de los modelos.

**Evaluación de los  
modelos AR4 del IPCC  
realizada en AEMET**

# Objetivo

- Proporcionar evaluaciones, principalmente **cuantitativas** de los modelos participantes en AR4 sobre la P. Ibérica y regiones circundantes.
- Establecer un **ranking** de los modelos climáticos en función de su habilidad para representar distintos aspectos del clima sobre la región de interés.

# **Evaluación**

**P. Ibérica:**

**Precipitación y Temperatura**

# Evaluación P. Ibérica

**Datos: Campos mensuales de precipitación y temperatura  
(1980-1999)**

## **Modelos:**

- AR4 del IPCC, Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI)  
<http://www-pcmdi.llnl.gov>

## **Observaciones:**

- CRU (Climate Research Unit) Universidad East Anglia  
[http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru\\_ts\\_2.10\\_](http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_2.10_) (Hulme and Jones, 2000)

## **Reanálisis:**

- ERA40 (ECMWF) (Uppala et al. 2005)
- NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction National/Center for Atmospheric Research) (Kalnay et al. 1996)

# Modelos AR4

Model acronym	Host institution	Resolution		Start year (SST)	Reference
		Atmospheric	Oceanic		
BCC-CM1	Beijing Climate Center (China)	1.9° × 1.9°	1.9° × 1.9°	N/A	(CSMD 2005)
BCCR-BCM2.0	Bjerknes Centre for Climate Research (Norway)	1.9° × 1.9°	0.5°–1.5° × 1.5°	1850	(Furevik et al. 2003)
CCSM3	National Center for Atmospheric Research (United States)	1.4° × 1.4°	0.3°–1.0° × 1.0°	1870	(Collins et al. 2006)
CGCM3.1 (T47)	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (Canada)	2.8° × 2.8°	1.9° × 1.9°	1850	(Flato 2005)
CGCM3.1 (T63)	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (Canada)	1.9° × 1.9°	0.9° × 1.4°	1850	(Flato 2005)
CNRM-CM3	Météo-France/Centre National de Recherches Météorologiques (France)	1.9° × 1.9°	0.5°–2.0° × 2.0°	N/A	(Salas-Mélia et al. 2005)
CSIRO Mk3.0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Atmospheric Research (Australia)	1.9° × 1.9°	0.8° × 1.9°	1871	(Gordon et al. 2002)
ECHAM5/MPI-OM*	Max Planck Institute for Meteorology (Germany)	1.9° × 1.9°	1.5° × 1.5°	N/A	(Roeckner et al. 2003)
FGOALS-g1.0	National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG)/Institute of Atmospheric Physics (China)	2.8° × 2.8°	1.0° × 1.0°	1850	(Yu et al. 2002 2004)
GFDL CM2.0	U.S. Department of Commerce/NOAA/GFDL (United States)	2.0° × 2.5°	0.3°–1.0° × 1.0°	1861	(Delworth et al. 2006)
GFDL CM2.1	NOAA/GFDL (United States)	2.0° × 2.5°	0.3°–1.0° × 1.0°	1861	(Delworth et al. 2006)
GISS-AOM	National Aeronautics and Space Administration (NASA)GISS (United States)	3° × 4°	3° × 4°	1850	(Russell et al. 1995; Russell 2005)
GISS-EH	NASAGISS (United States)	4° × 5°	2° × 2°	1880	(Schmidt et al. 2006)
GISS-ER	NASAGISS (United States)	4° × 5°	4° × 5°	1880	(Schmidt et al. 2006)
INM-CM3.0	Institute for Numerical Mathematics (Russia)	4° × 5°	2° × 2.5°	1871	(Diansky and Volodin 2002; Diansky et al. 2002)
IPSL CM4	L'Institut Pierre-Simon Laplace (France)	2.5° × 3.75°	2° × 2°	1860	(Hourdin et al. 2006)
MIROC3.2(hires)	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change [Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)] (Japan)	1.1° × 1.1°	0.2° × 0.3°	1900	(Hasumi and Emori 2004)
MIROC3.2(medres)	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC) (Japan)	2.8° × 2.8°	0.5°–1.4° × 1.4°	1850	(Hasumi and Emori 2004)
MRI CGCM2.3.2	Meteorological Research Institute (Japan)	2.8° × 2.8°	0.5°–2.0° × 2.5°	1901	(Yukimoto et al. 2001; Yukimoto and Noda 2003)
PCM	NCAR (United States)	2.81° × 2.81°	0.5°–0.7° × 1.1°	1890	(Washington et al. 2000)
UKMO HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office (United Kingdom)	2.5° × 3.75°	1.25° × 1.25°	1860	(Gordon et al. 2000; Pope et al. 2000)
UKMO HadGEM1	Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office (United Kingdom)	1.3° × 1.9°	0.3°–1.0° × 1.0°	1860	(Johns et al. 2006; Martin et al. 2006)

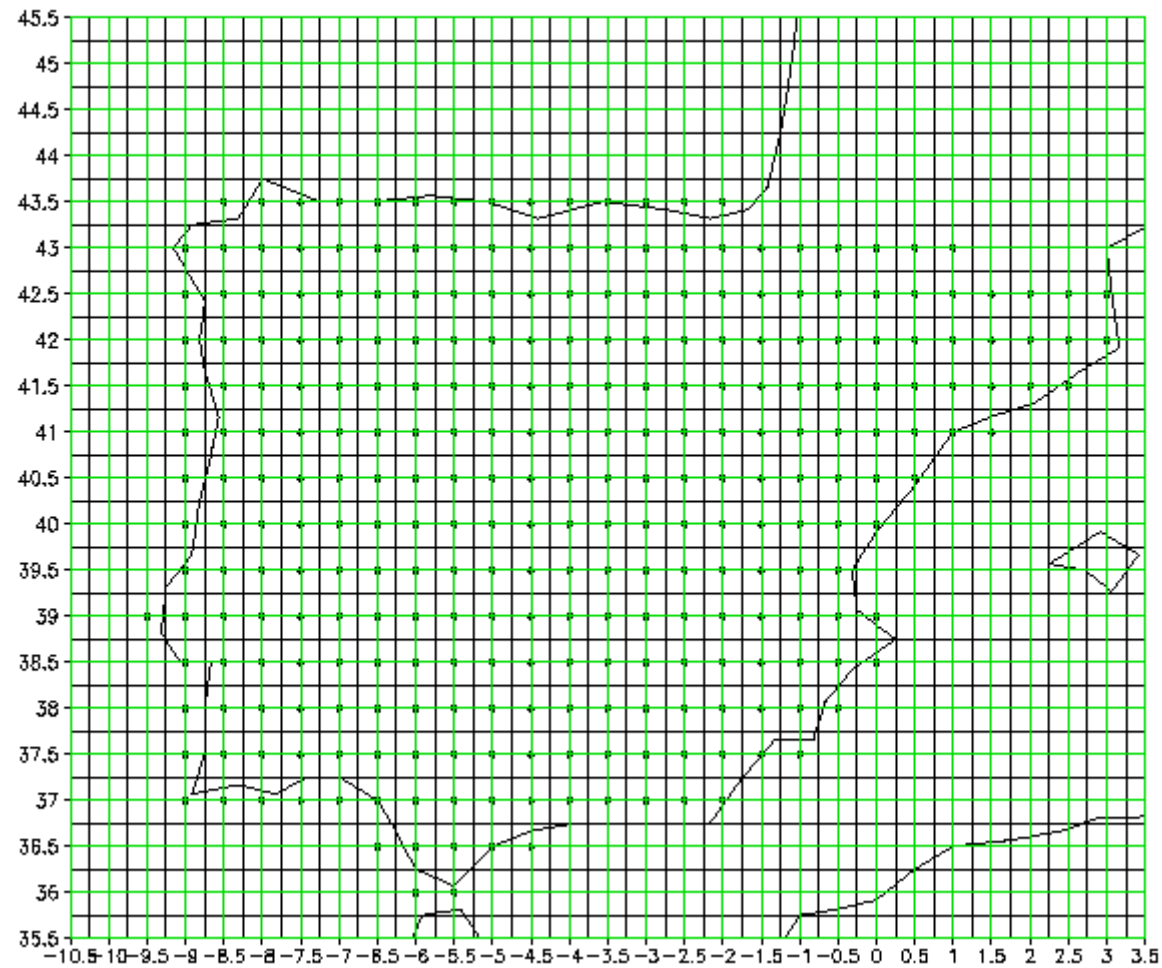
\* This model incorporates flux adjustment, an artificial component added to the model to improve simulation of sea-air energy fluxes.

# Metodología

Interpolación de todas las bases de datos (modelo y reanálisis) a la rejilla de las observaciones:  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$

- dominio:  $10.5^{\circ}\text{O}-3.5^{\circ}\text{E}$  y  $45.5^{\circ}\text{N}-35.5^{\circ}\text{N}$
- 284 puntos de rejilla

# Metodología

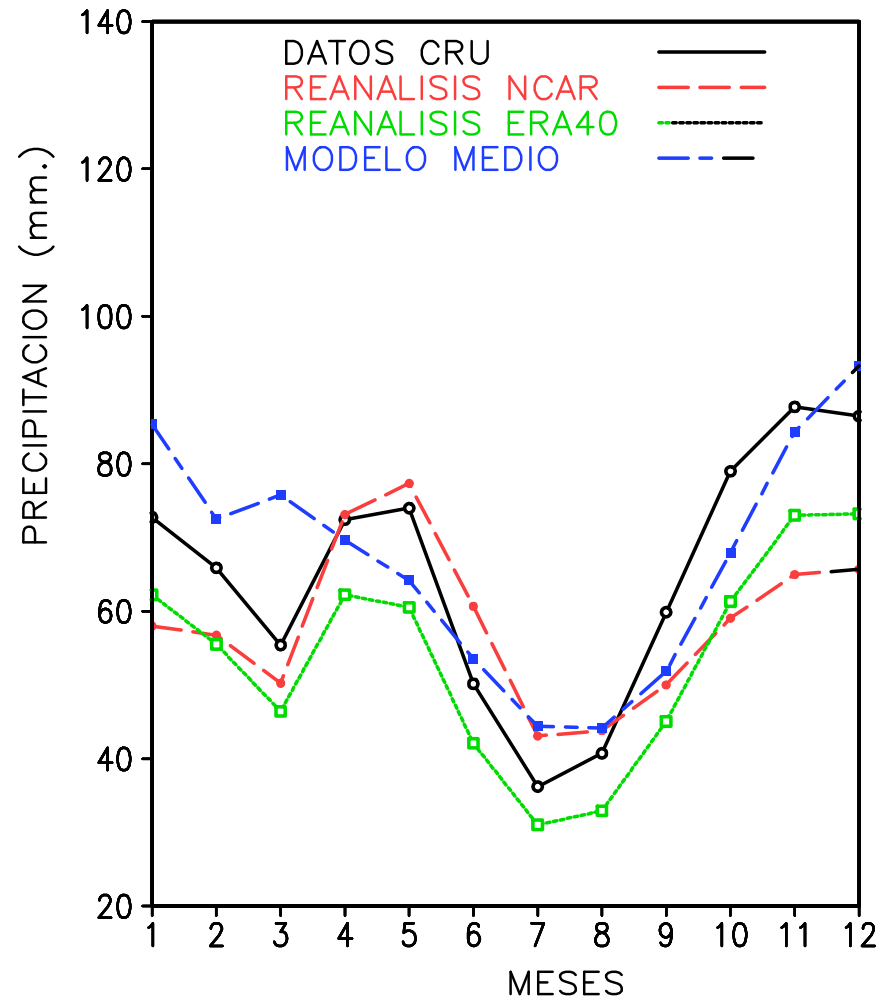




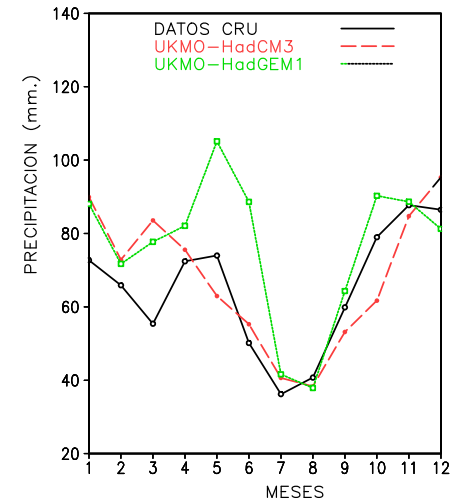
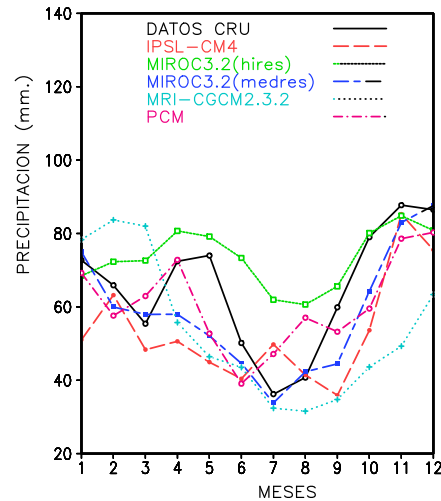
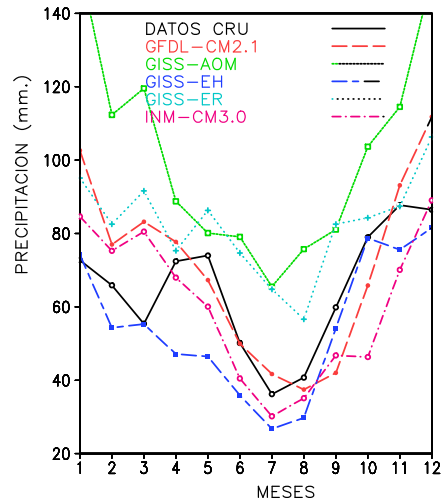
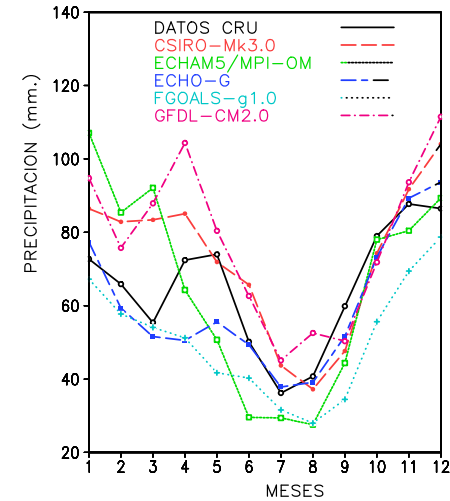
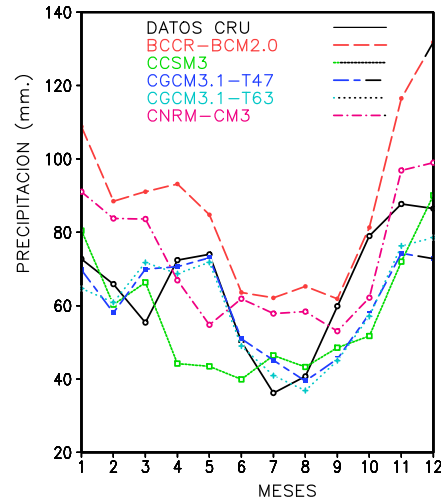
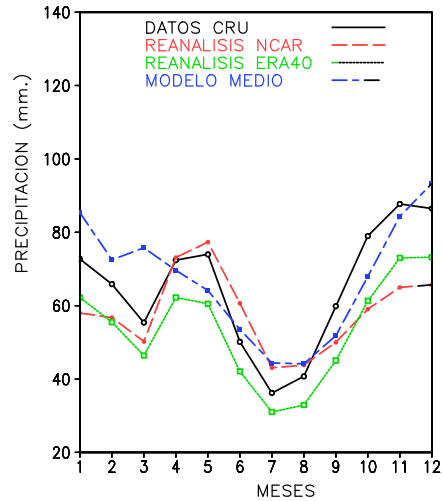
# Metodología

- Métricas:
  - Error absoluto Medio (EAM)
  - Coeficiente de Correlación
  - Razón:  $\sigma_M / \sigma_D$

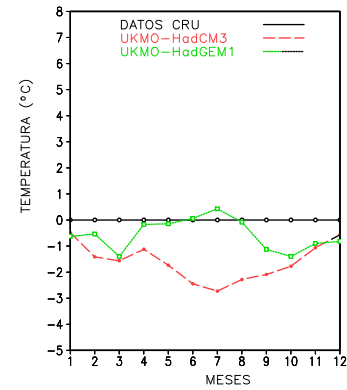
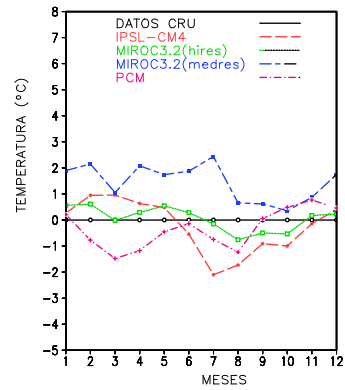
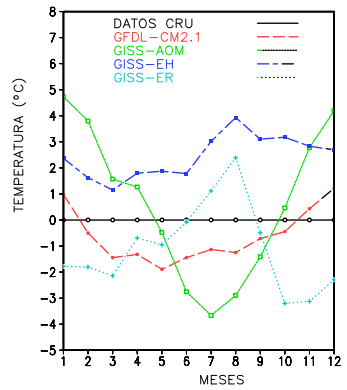
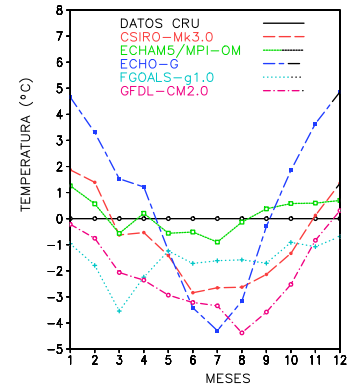
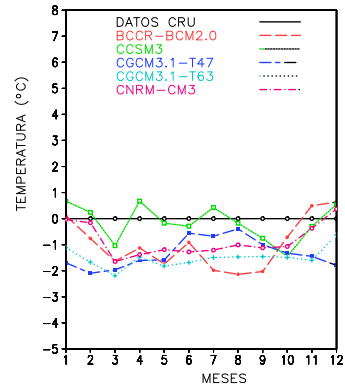
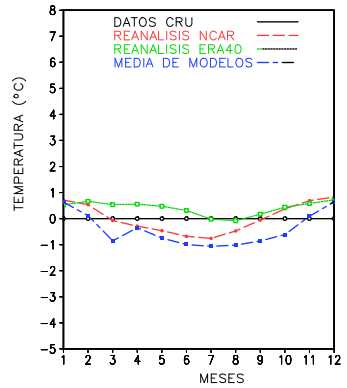
# Ciclo anual Precipitación



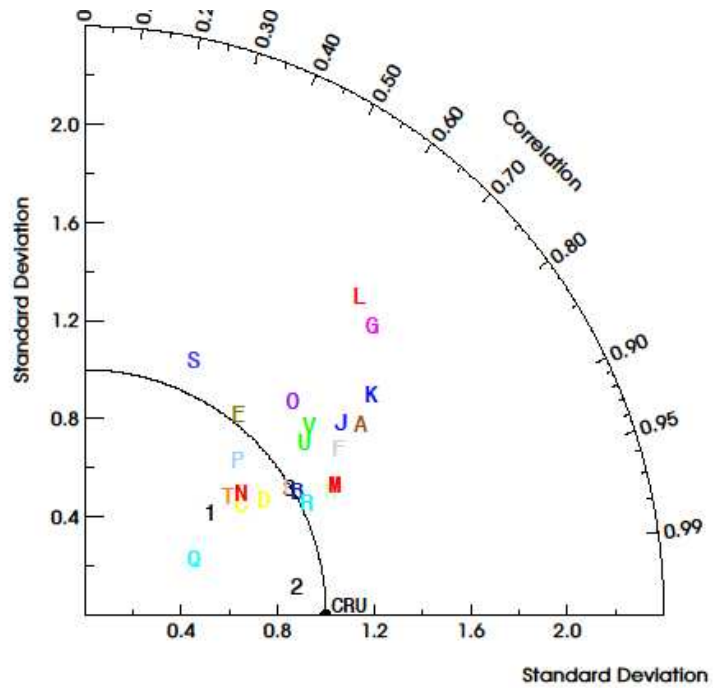
# Ciclo anual Precipitación



# Ciclo anual Temperatura

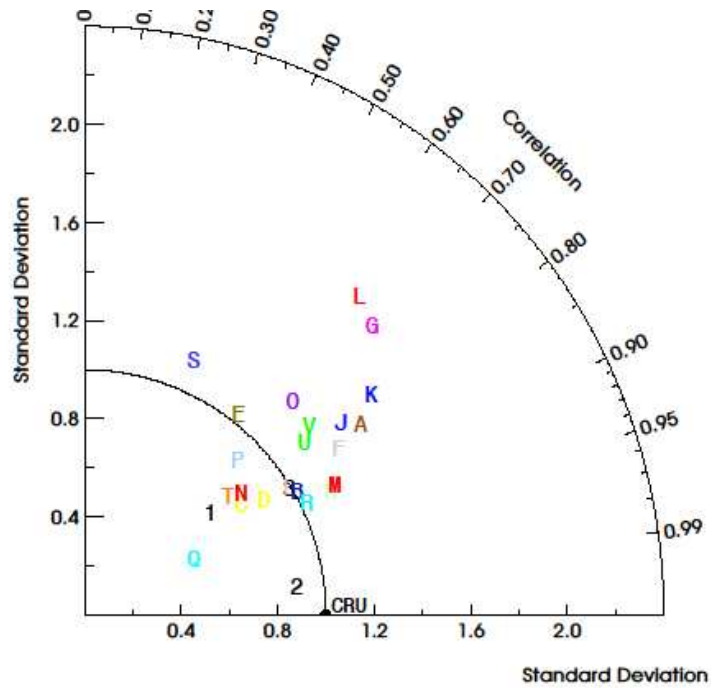


# Ciclo anual

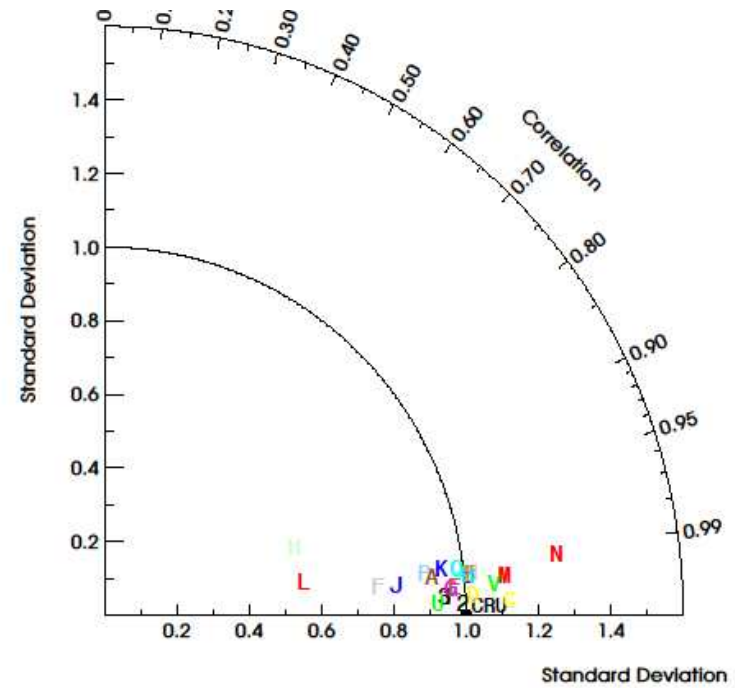


precipitación

# Ciclo anual

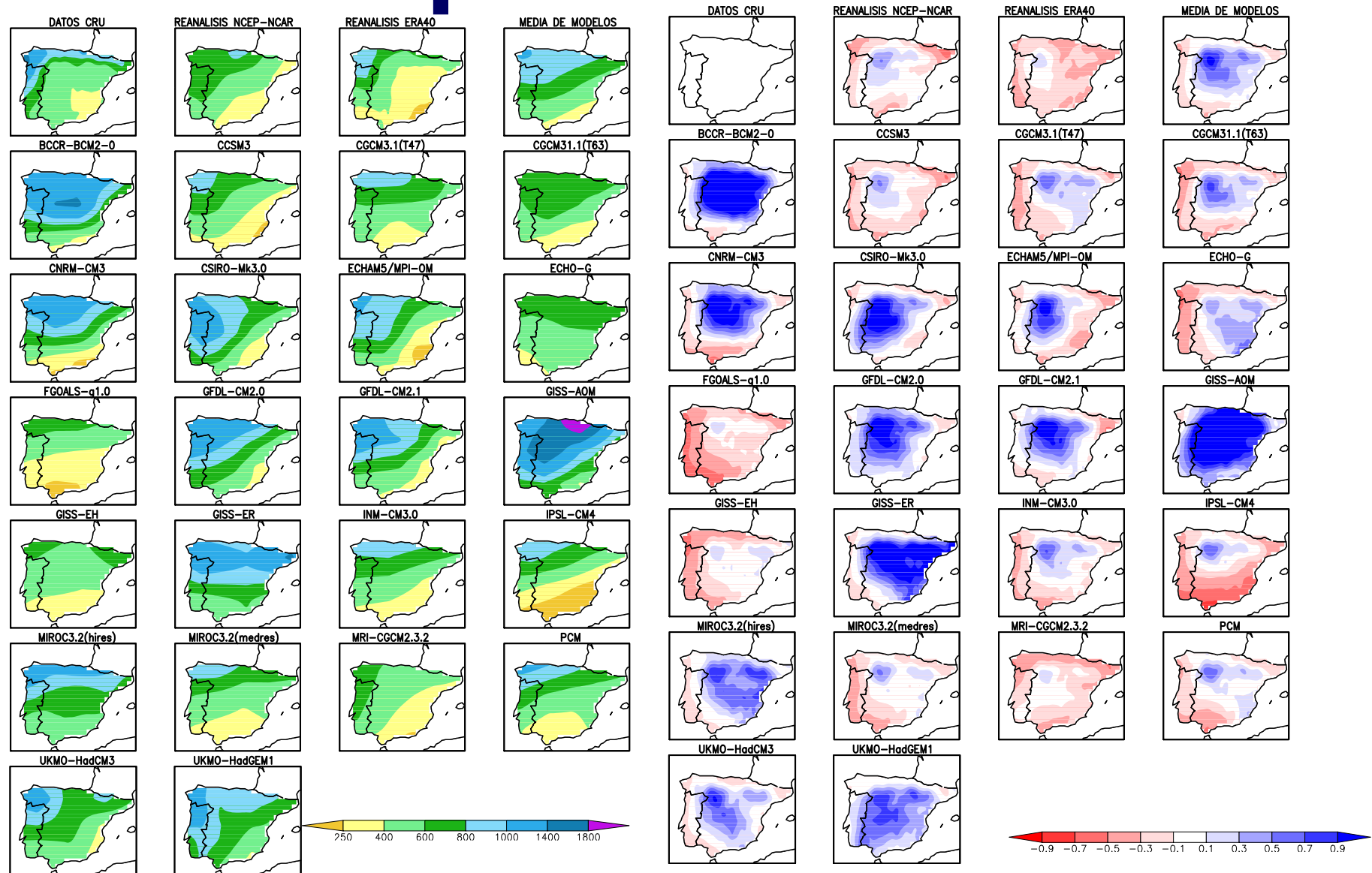


precipitación



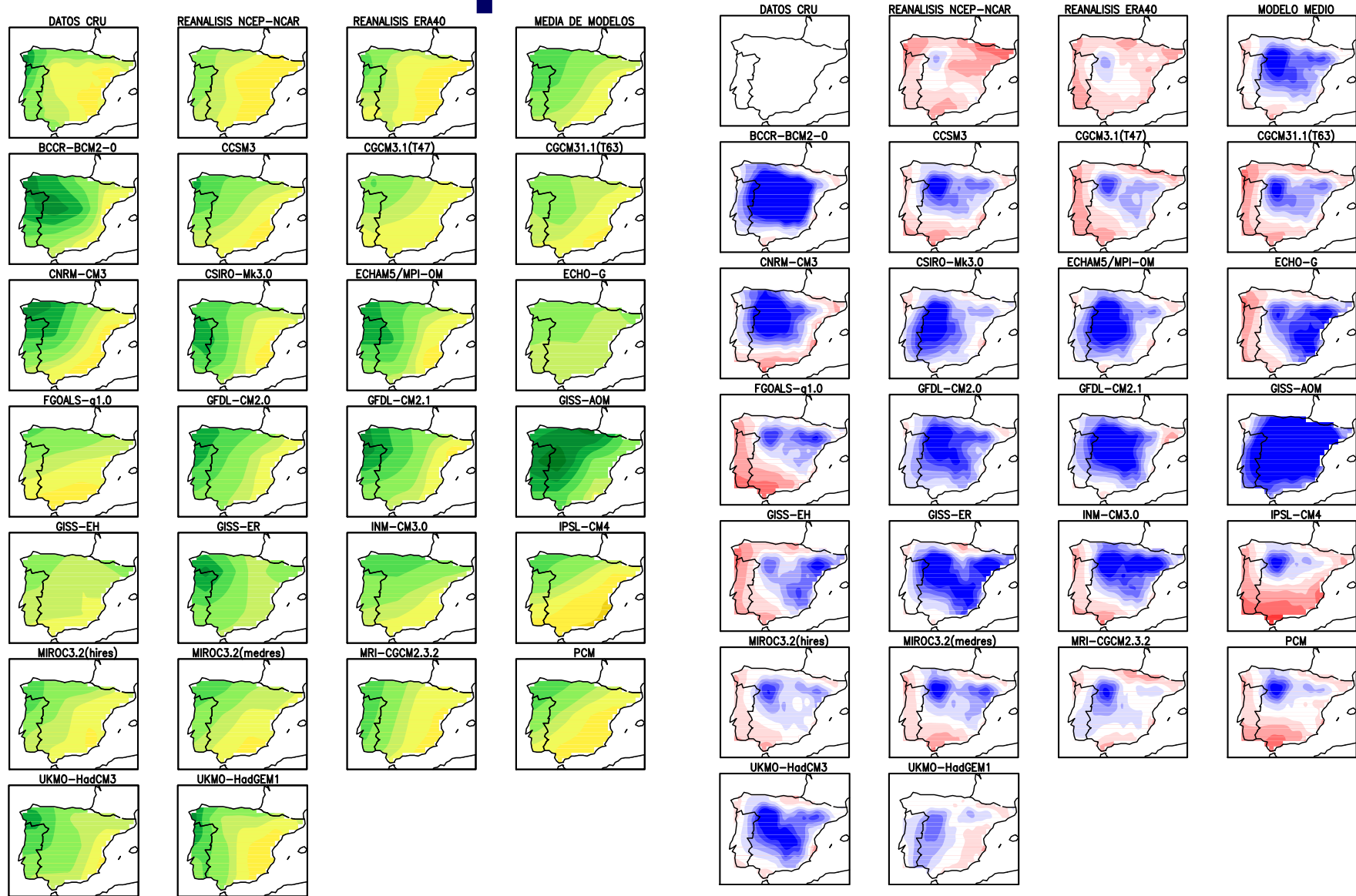
temperatura

# Precipitación anual



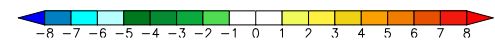
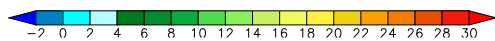
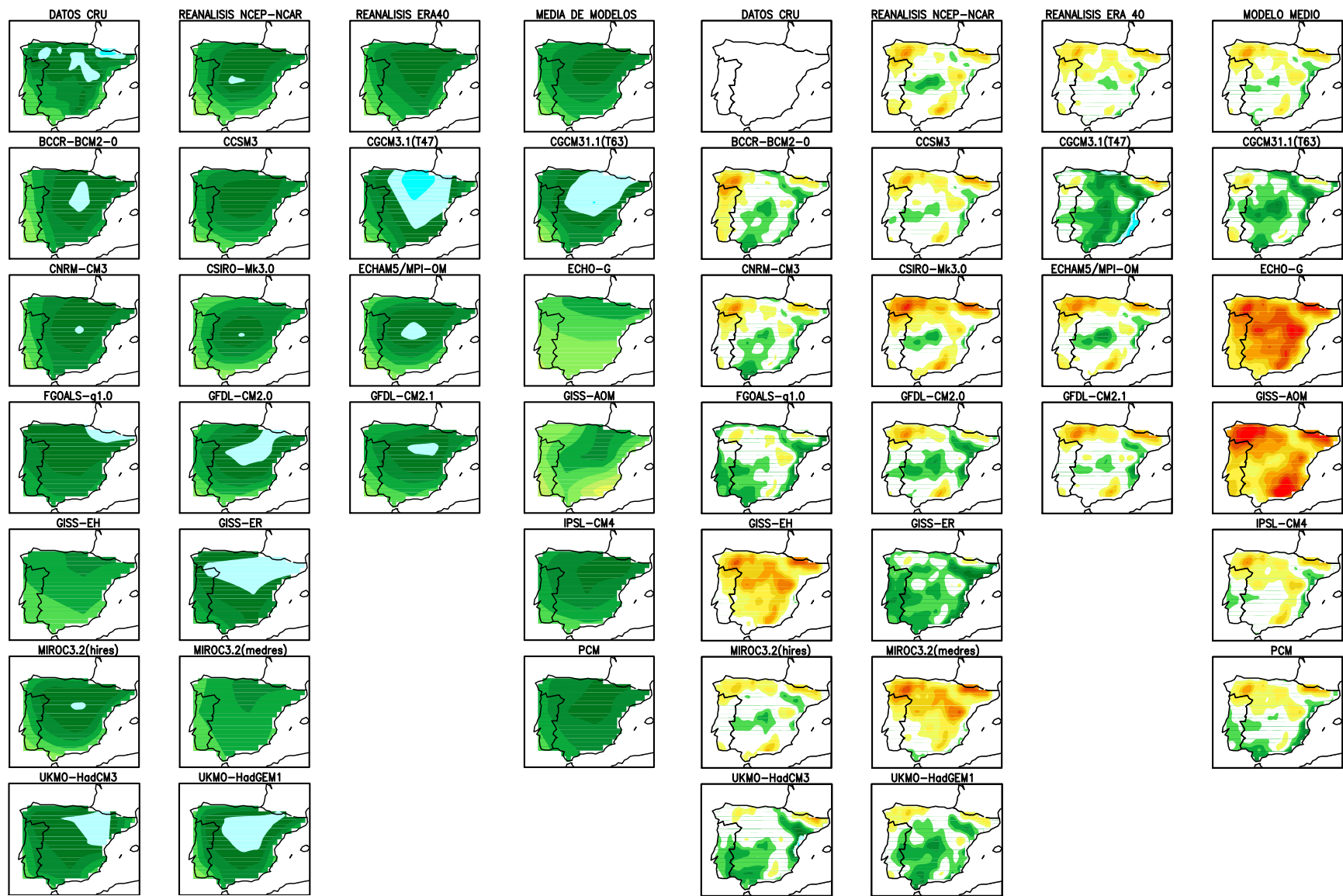
Distribución espacial de la precipitación (en mm) anual promediada en 20 años (1980-1999)

# Precipitación DEF





# Temperatura DEF



# Ranking Precipitación

	CICLO ANUAL			INVIERNO			VERANO			ANUAL		
	EAM	COR	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	COR	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	COR	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	COR	$\sigma_M/\sigma_D$
MEDIA DE MODELOS	3	5	4	7	8	11	10	11	3	5	12	13
BCCR-BCM2.0	22	9	19	22	23	17	22	17	23	22	23	14
CCSM3	14	21	3	6	9	8	15	23	16	6	4	15
CGCM3.1(T47)	5	10	16	8	13	20	7	8	4	8	16	17
CGCM3.1(T63)	4	8	11	10	20	21	3	9	11	11	19	18
CNRM-CM3	18	22	2	21	16	18	19	18	21	20	17	11
CSIRO-Mk3.0	10	7	15	15	11	3	17	22	6	16	18	1
ECHAM5/MPI-OM	19	17	22	18	12	10	16	13	14	7	13	2
ECHO-G	1	1	6	14	18	23	1	3	5	14	20	23
FGOALS-g1.0	16	6	5	11	19	16	11	4	18	19	10	19
GFDL-CM2.0	17	11	18	16	4	1	14	6	10	18	6	6
GFDL-CM2.1	11	12	20	20	10	13	6	14	1	12	14	5
GISS-AOM	23	20	23	23	22	19	23	19	20	23	22	22
GISS-EH	8	3	8	12	17	22	13	1	15	9	15	21
GISS-ER	20	14	14	19	14	2	21	15	22	21	21	3
INM-CM3.0	12	18	13	17	21	12	9	2	17	4	11	12
IPSL-CM4	15	19	10	13	15	5	5	12	2	17	9	4
MIROC3.2(hires)	9	4	21	3	2	15	20	7	19	13	8	7
MIROC3.2(medres)	2	2	1	4	5	14	4	10	13	2	5	16
MRI-CGCM2.3.2	21	23	9	2	3	4	8	16	12	10	2	20
PCM	7	16	17	5	6	6	12	20	7	1	3	8
UKMO-HadCM3	6	13	7	9	7	9	2	5	9	3	7	10
UKMO-HadGEM1	13	15	12	1	1	7	18	21	8	15	1	9

# Ranking Temperatura

	CICLO ANUAL			INVIERNO			VERANO			ANUAL		
	EAM	CORR.	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	CORR.	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	CORR.	$\sigma_M/\sigma_D$	EAM	CORR.	$\sigma_M/\sigma_D$
MEDIA DE MODELOS	6	3	12	2	3	14	7	2	13	3	2	14
BCCR-BCM2.0	10	15	15	12	18	2	13	13	12	12	12	8
CCSM3	2	11	3	3	5	13	1	1	1	1	1	12
CGCM3.1(T47)	11	1	13	18	19	5	2	4	14	14	13	5
CGCM3.1(T63)	13	5	2	14	7	4	12	16	6	17	10	1
CNRM-CM3	8	7	8	8	17	12	9	18	5	10	5	16
CSIRO-Mk3.0	14	12	19	15	21	10	17	14	17	15	21	17
ECHAM5/MPI-OM	3	8	9	11	15	1	4	5	2	4	15	6
ECHO-G	21	21	20	21	16	18	21	17	21	13	8	21
FGOALS-g1.0	15	17	1	13	4	17	15	19	11	19	18	13
GFDL-CM2.0	18	14	17	6	13	6	20	15	4	20	17	3
GFDL-CM2.1	9	19	11	4	14	9	8	11	10	8	16	4
GISS-AOM	20	20	21	20	20	8	19	20	18	11	19	9
GISS-EH	19	10	10	19	8	19	18	21	8	21	20	18
GISS-ER	17	18	18	16	2	15	11	7	20	9	4	7
IPSL-CM4	7	9	16	5	6	16	10	12	19	7	11	20
MIROC3.2(hires)	1	4	7	1	1	3	3	6	3	2	6	2
MIROC3.2(medres)	12	13	4	17	9	21	14	8	15	16	14	15
PCM	5	16	5	10	11	20	5	3	16	6	3	19
UKMO-HadCM3	16	2	14	7	12	11	16	10	7	18	7	11
UKMO-HadGEM1	4	6	6	9	10	7	6	9	9	5	9	10

# Conclusiones Ciclo anual

- El ciclo anual bimodal observado para la **precipitación** apenas es representado por los modelos. Los modelos tienden a sobrestimar la precipitación media peninsular desde noviembre a abril y de junio a agosto y a subestimarla en primavera y otoño.
- El ciclo anual de **temperatura** tiende a ser sobrestimado por los modelos en el periodo invernal y subestimado el resto del año. Esta característica puede ser explicada por la insuficiente resolución espacial de los modelos.

# Conclusiones Ciclo anual

Combinando los rankings de las tres métricas:

## Precipitación:

- Modelos que mejor simulan:  
MIROC3.2 (medres) y ECHO-G
- Modelos que peor simulan:  
GISS-AOM y ECHAM5/MPI-OM

## Temperatura:

- Modelos que mejor simulan:  
MIROC3.2(hires) y UKMO-HadGEM1
- Modelos que peor simulan:  
ECHO-G, GISS-AOM y GISS-ER

# Conclusiones

## Distribución espacial

### Distribución espacial de la precipitación

- Invierno:
  - Modelos que mejor simulan:  
UKMO-HadGEM1, MRI-CGCM2.3.2 y PCM
  - Modelos que peor simulan:  
GISS-AOM y BCCR-BCM2.0
- Verano:
  - Modelos que mejor simulan  
ECHO-G
  - Modelos que peor simulan:  
BCCR-BCM2.0, GISS-AOM y CNRM-CM3

# Conclusiones

## Distribución espacial

### Distribución espacial de la temperatura

- Invierno:
  - Modelos que mejor simulan:  
MIROC3.2(hires)
  - Modelos que peor simulan:  
ECHO-G
- Verano:
  - Modelos que mejor simulan  
CCSM3, ECHAM5/MPI-OM y MIROC3.2(hires)
  - Modelos que peor simulan:  
ECHO-G y GISS-AOM

# **Evaluación**

**Región Euro-Atlántica**



# Evaluación

# Región Euro-Atlántica

Campos diarios de MSLP

Modelos:

- AR4 del IPCC

Reanálisis:

- ERA40 (ECMWF) (Uppala et al. 2005)

# Modelos AR4

**BCCR-BCM2.0**

**CCSM3**

**CGCM3.1(T47)**

**CGCM3.1(T63)**

**CNRM-CM3**

**CSIRO-Mk3.0**

**ECHAM5/MPI-OM**

**GFDL-CM2.0**

**GISS-AOM**

**INM-CM3.0**

**MIROC3.2(hires)**

**MIROC3.2(medres)**

**MRI-CGCM2.3.2**

**PCM**

**UKMO-HadCM3**

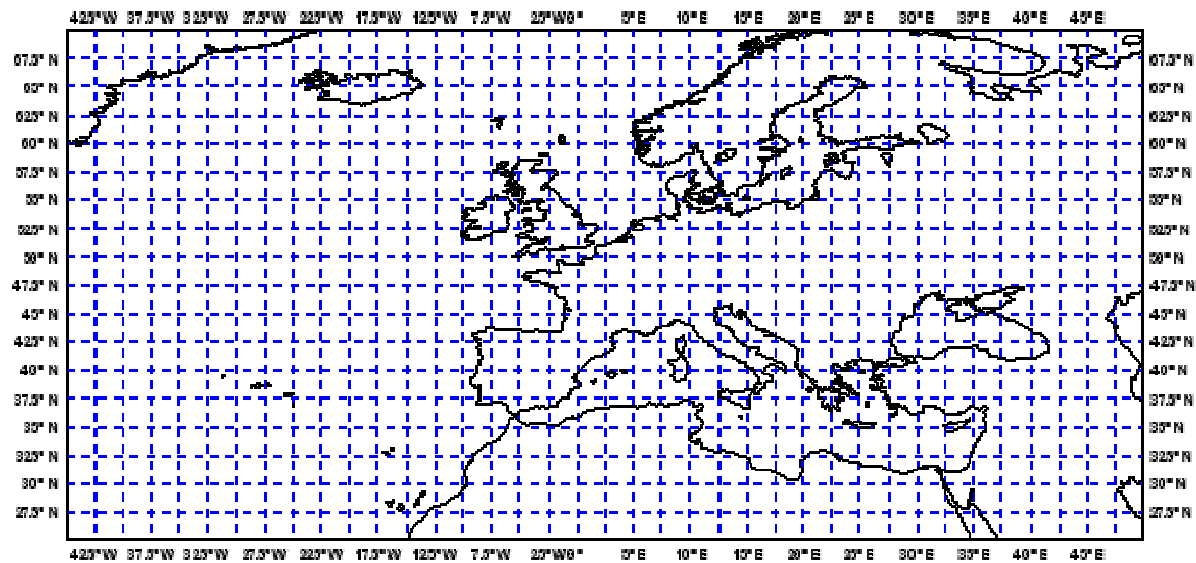
**UKMO-HadGEM1**

# Metodología

- **Interpolación de todos las bases de datos de los modelos AR4 a la rejilla del ERA40:  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$** 
  - dominio:  $25^{\circ}\text{N}$ - $70^{\circ}\text{N}$ ,  $45^{\circ}\text{O}$ - $50^{\circ}\text{E}$
  - Periodo: invierno de 1980-1999

# Metodología

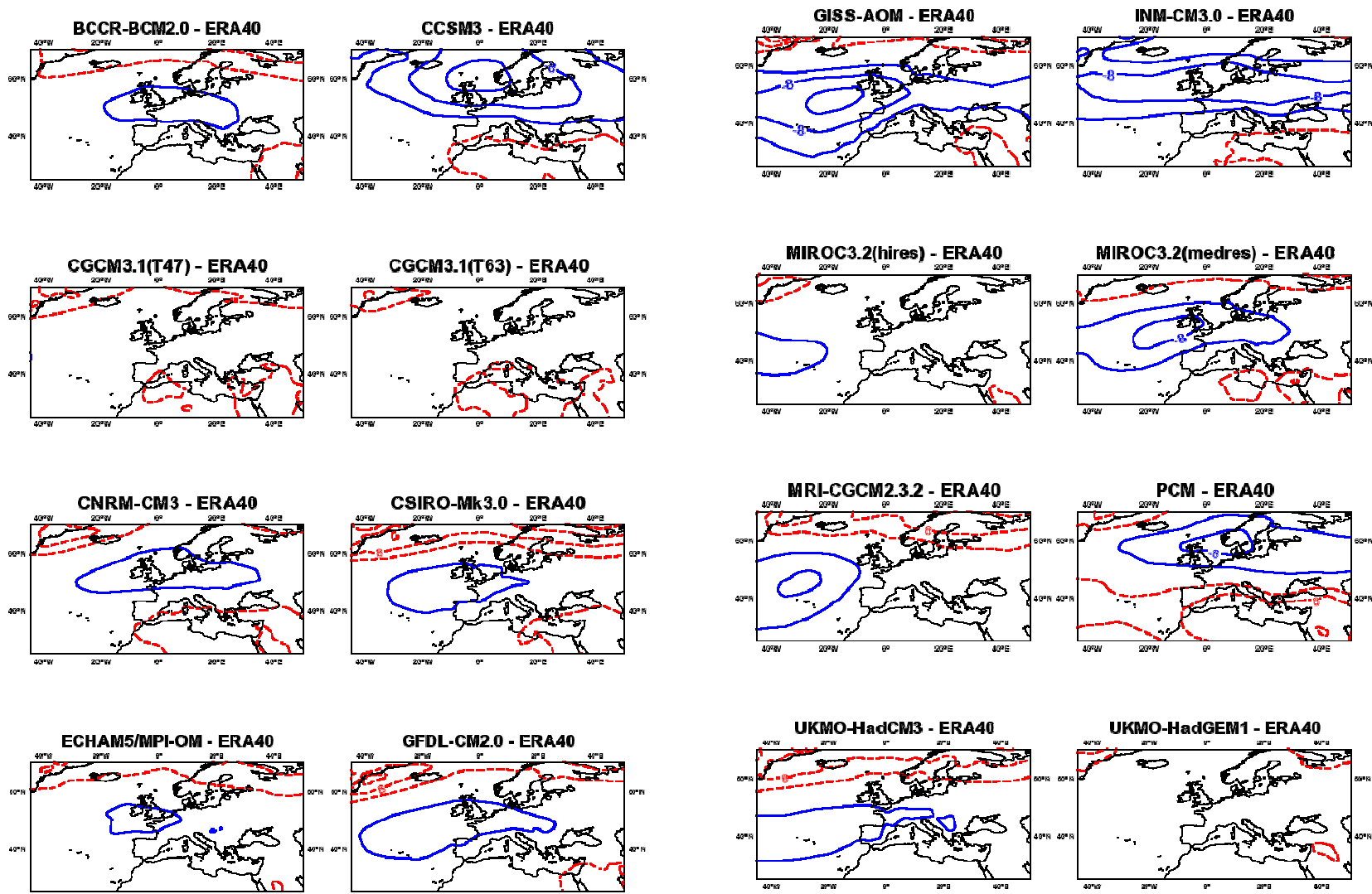
## REJILLA 2.5 x 2.5



# Metodología

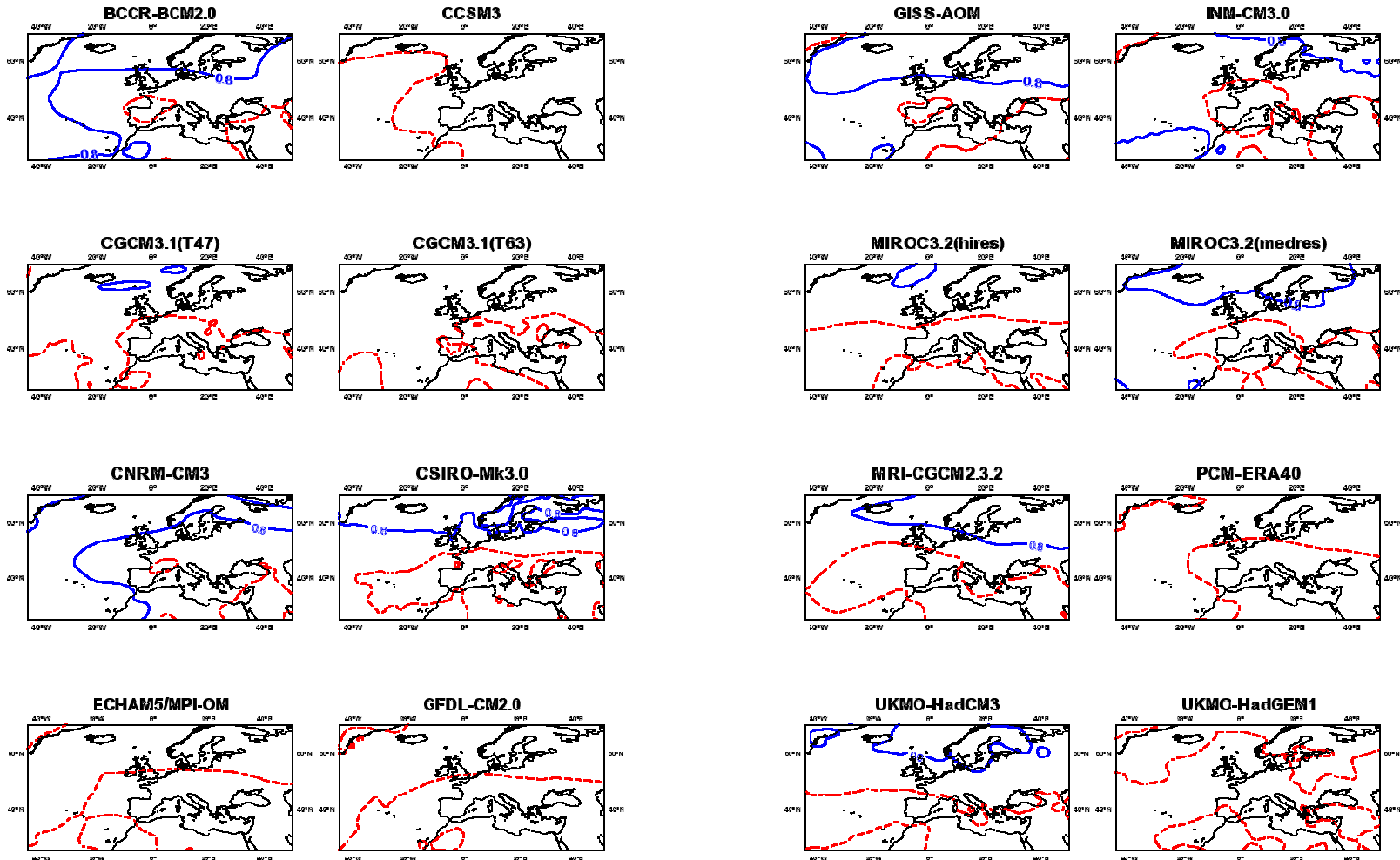
- Métricas:
  - Sesgo
  - Razón:  $\sigma_M / \sigma_{\text{ERA40}}$

# Sesgo MSLP DEF



Sesgo de los modelos, intervalo de 4 hPa. Color azul valores negativos, color rojo valores positivos

# Razón $\sigma_m/\sigma_{ERA}$ DEF



Razón de la desviación típica,  $\sigma_{\text{modelo}}/\sigma_{\text{ERA40}}$  de los modelos, intervalo de 0.2. Color azul valores inferiores o iguales a 0.9, color rojo superiores o iguales a 1.1

# Modos de Variabilidad

M. J. Casado, M. A. Pastor, 2011: Use of variability modes to evaluate AR4 climate models over the Euro-Atlantic region. *Climate Dynamics* DOI:10.1007/s00382-011-1077-2

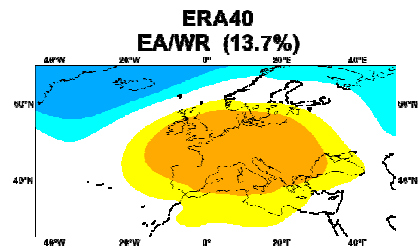
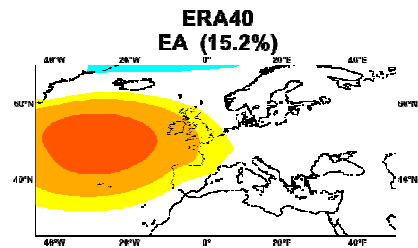
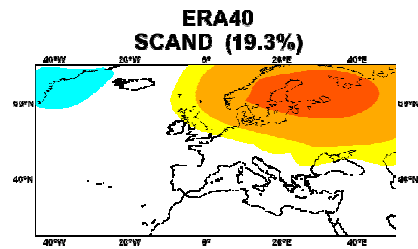
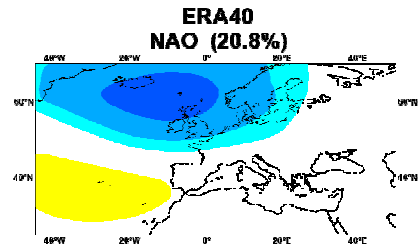


# Metodología (Modos Var.)

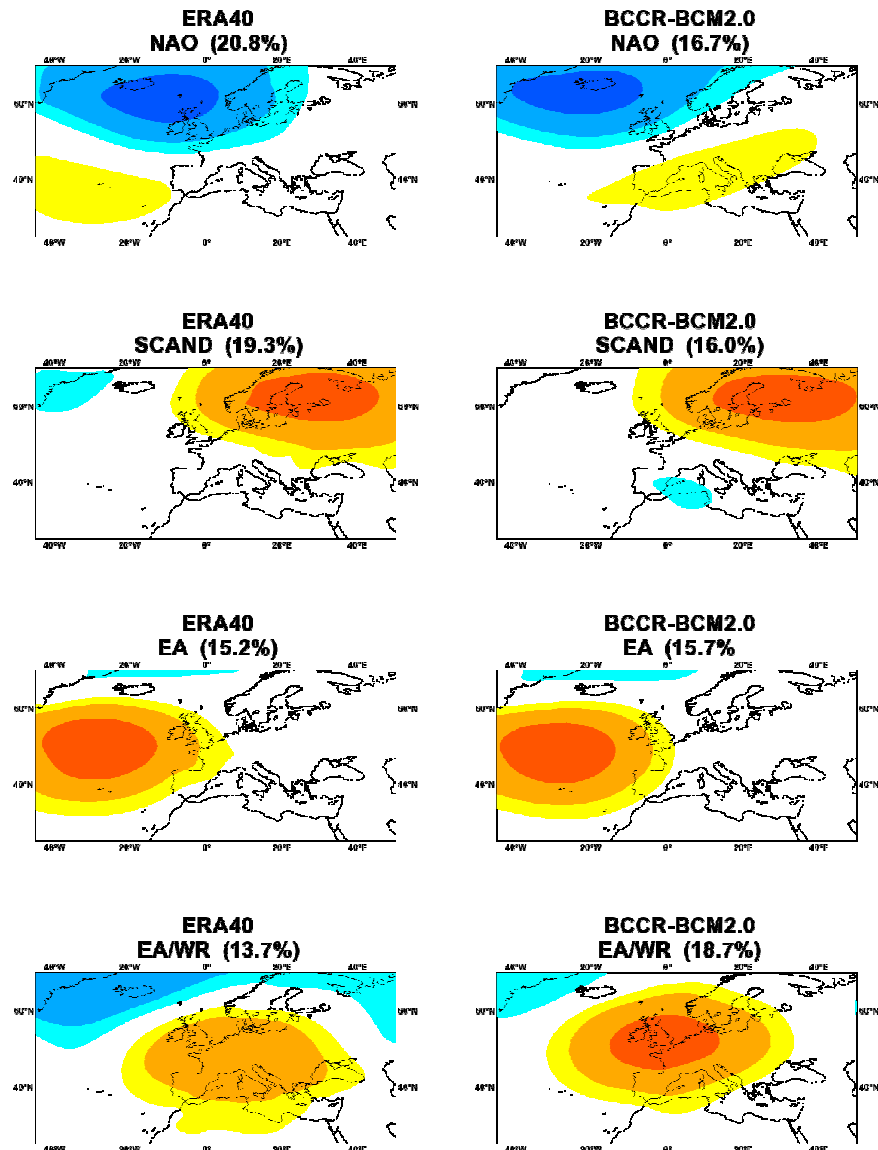
- **Análisis de Componentes Principales**

- Se resuelve en **MODO S** (Richman, 1986). El modo S agrupa puntos que varían de igual manera con el tiempo.
- Rotación ortogonal **VARIMAX**. Con la rotación las áreas de máxima variabilidad tienden a estar más concentradas.
- Uso del diagrama **LEV** (log-eigenvalue) para determinar el número de modos a rotar. Para el ERA40 resultan 4 modos a rotar que explican el 69% de la varianza.
- Estos 4 modos de variabilidad son:
  - **NAO**
  - **SCAND**
  - **EA**
  - **EA/WR**

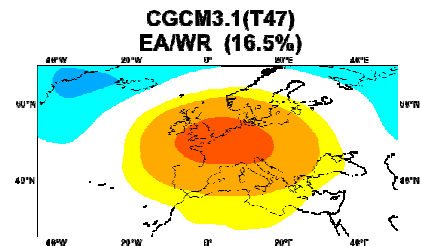
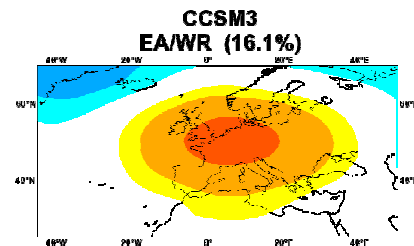
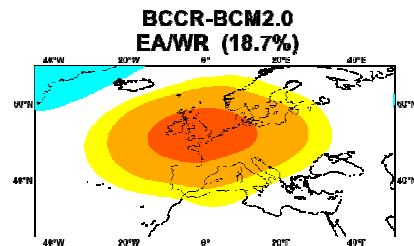
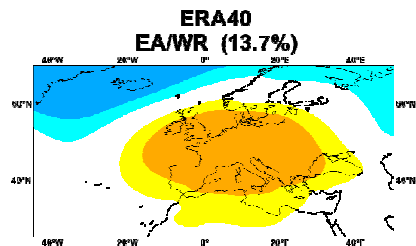
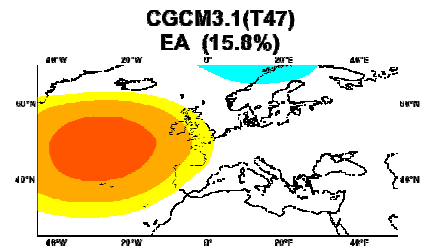
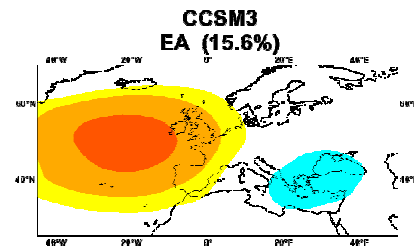
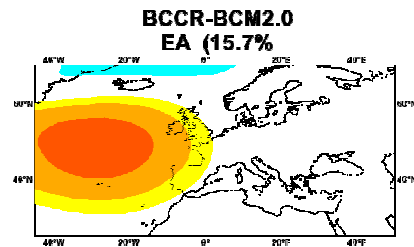
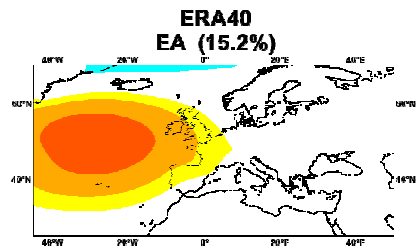
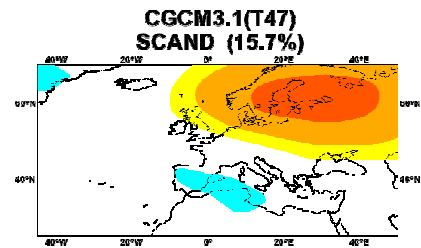
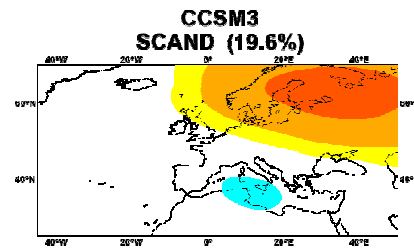
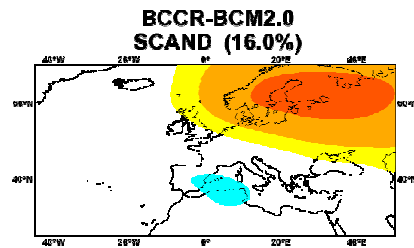
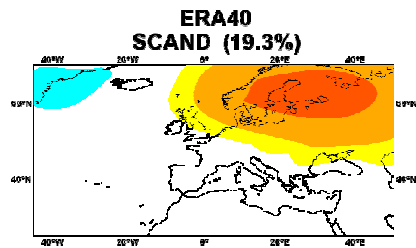
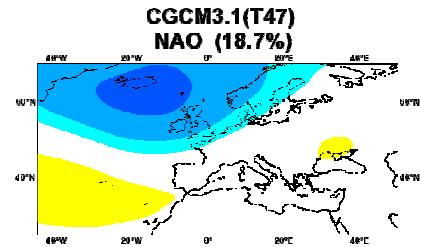
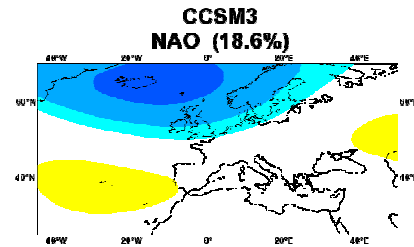
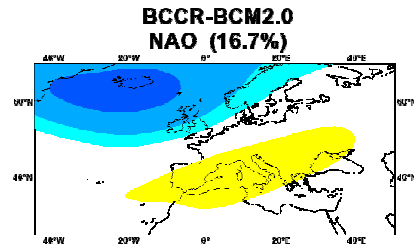
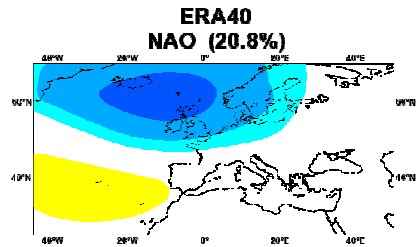
# Modos de Variabilidad



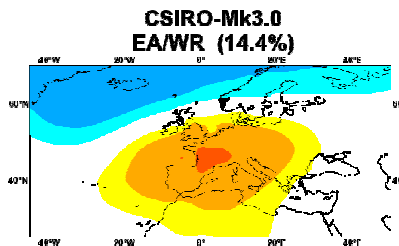
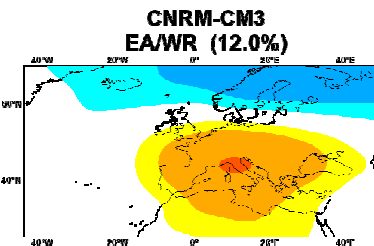
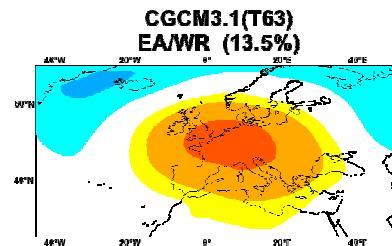
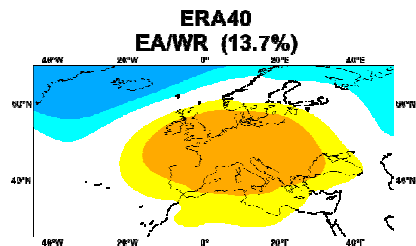
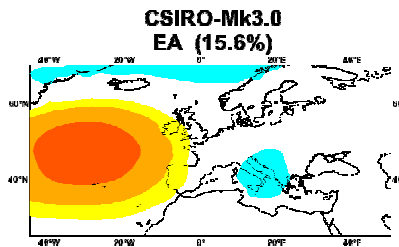
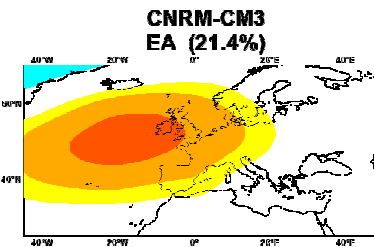
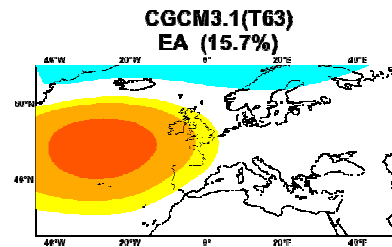
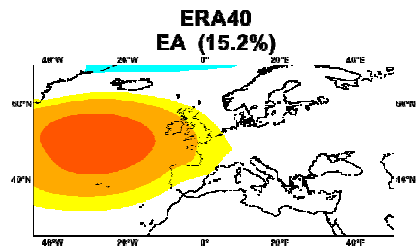
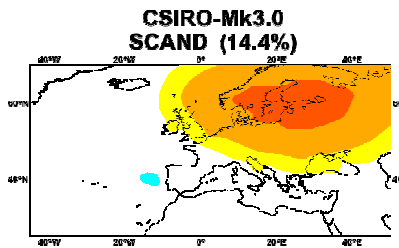
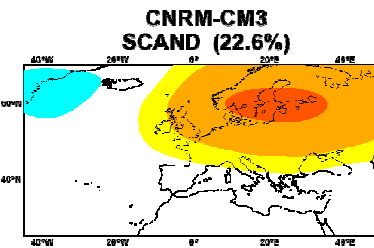
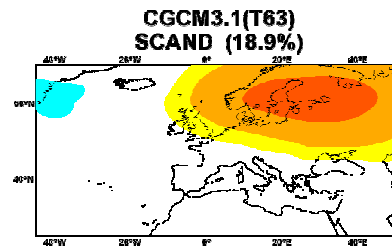
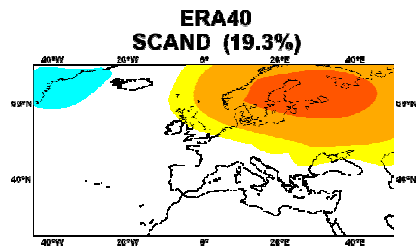
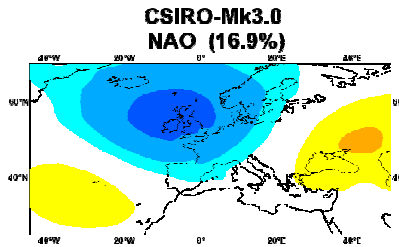
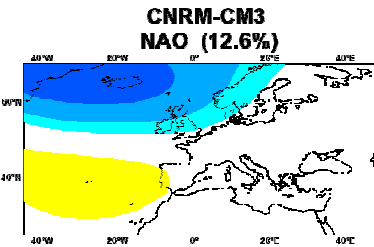
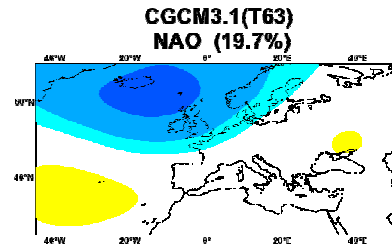
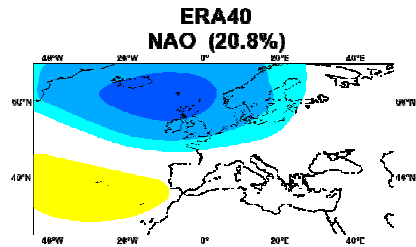
# Modos de Variabilidad



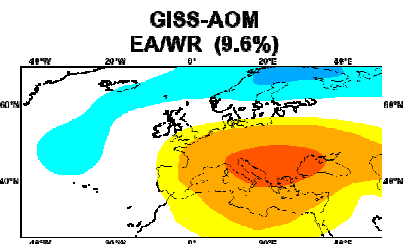
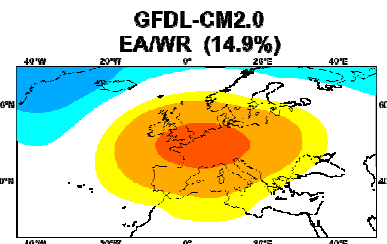
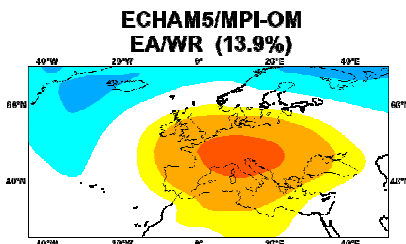
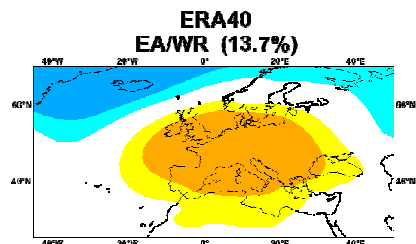
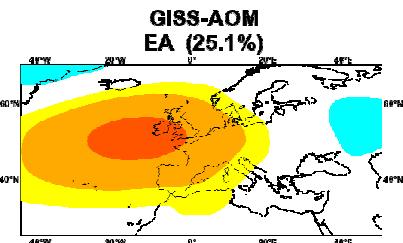
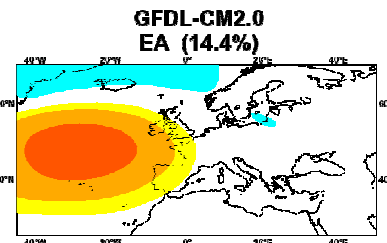
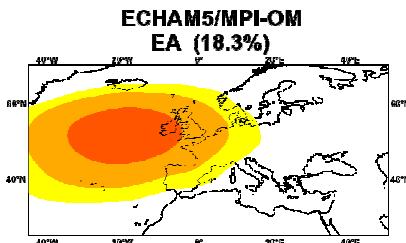
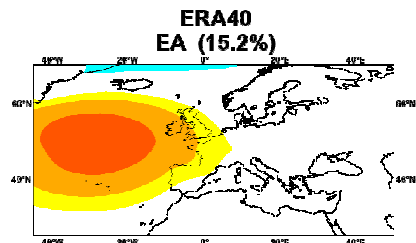
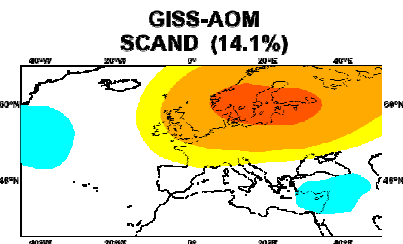
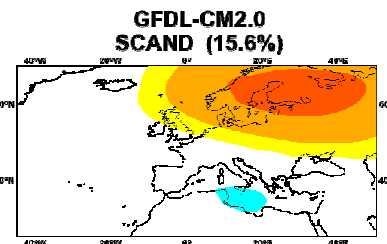
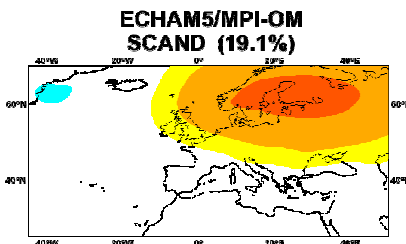
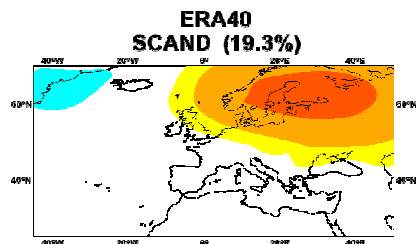
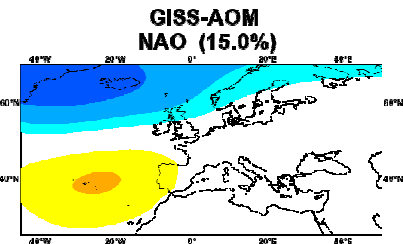
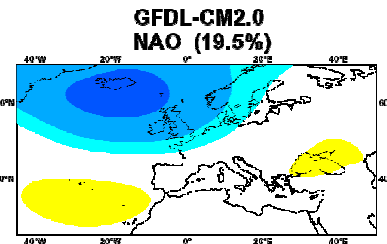
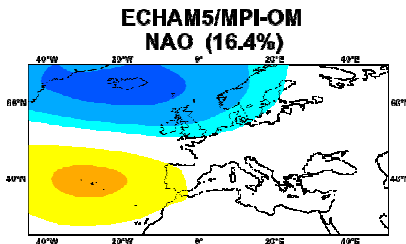
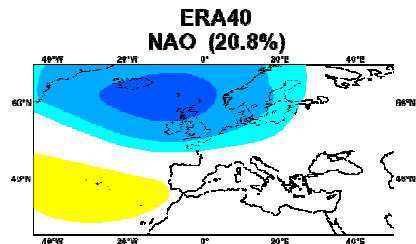
# Modos de Variabilidad



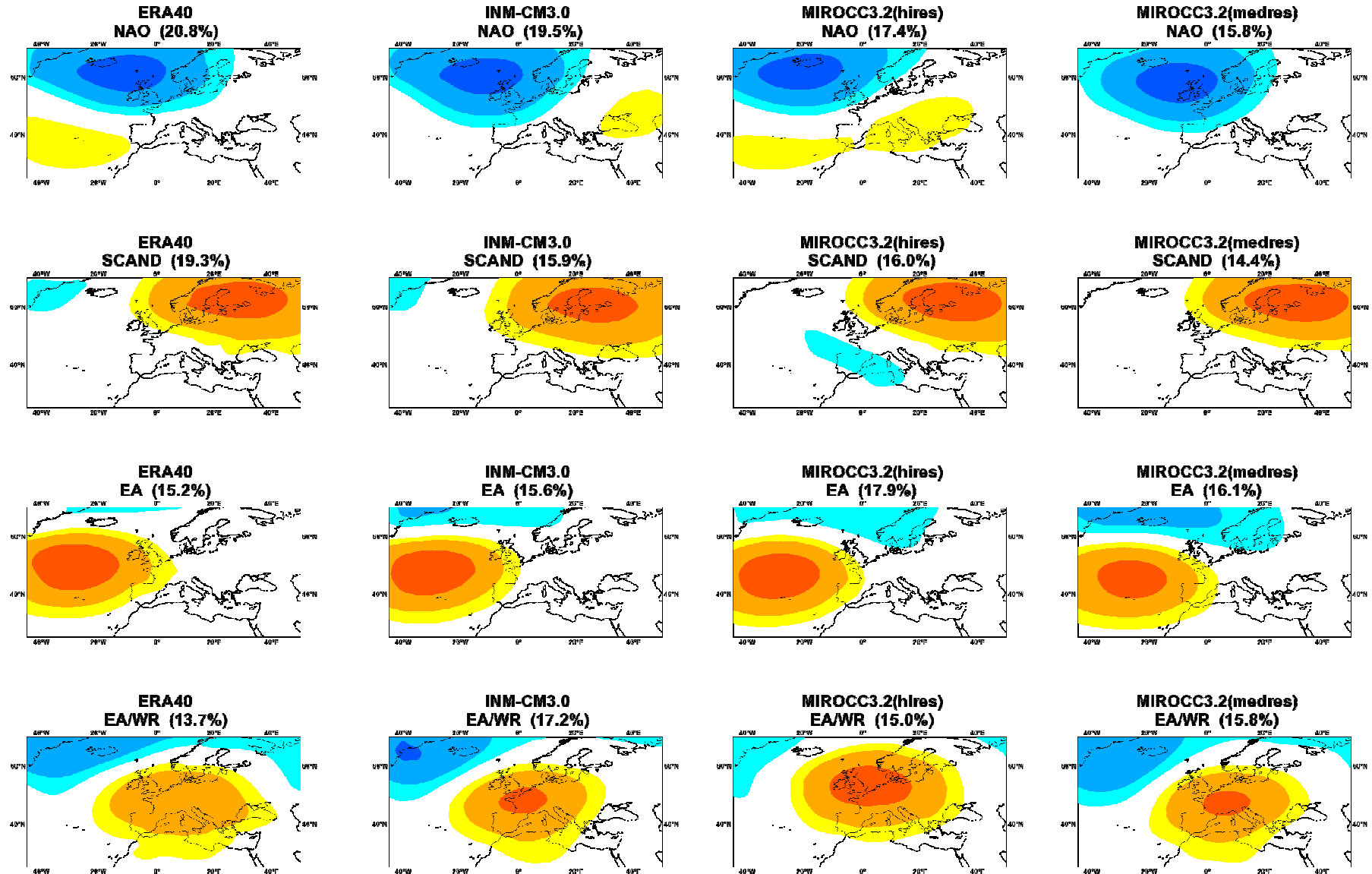
# Modos de Variabilidad



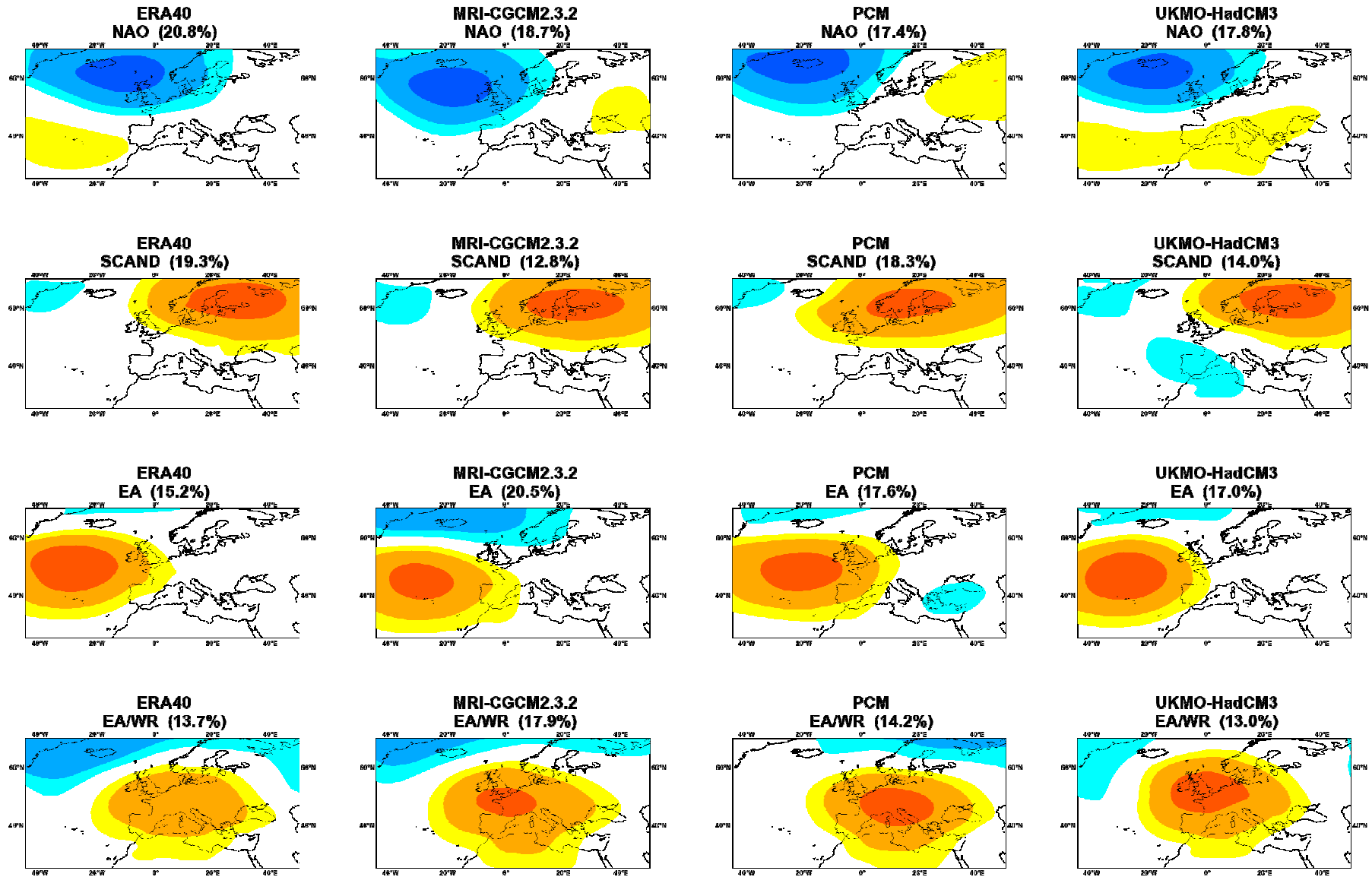
# Modos de Variabilidad



# Modos de Variabilidad

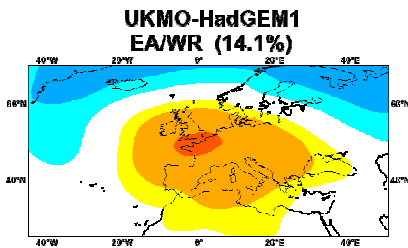
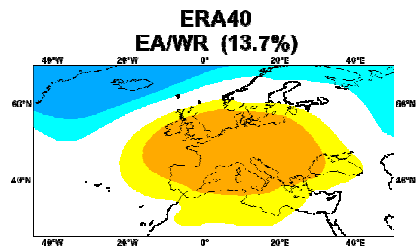
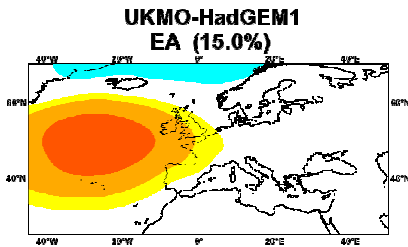
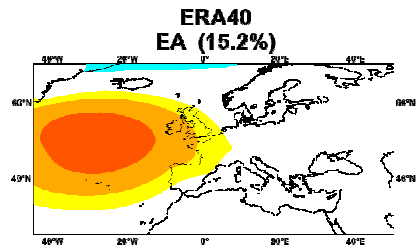
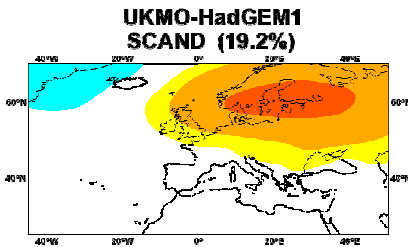
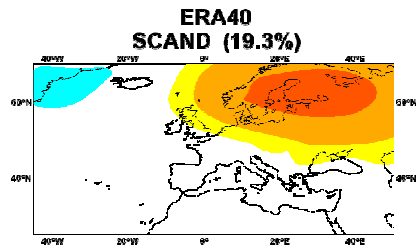
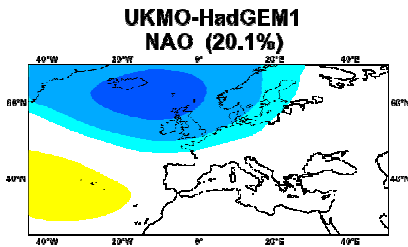
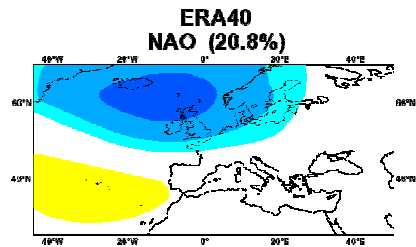


# Modos de Variabilidad

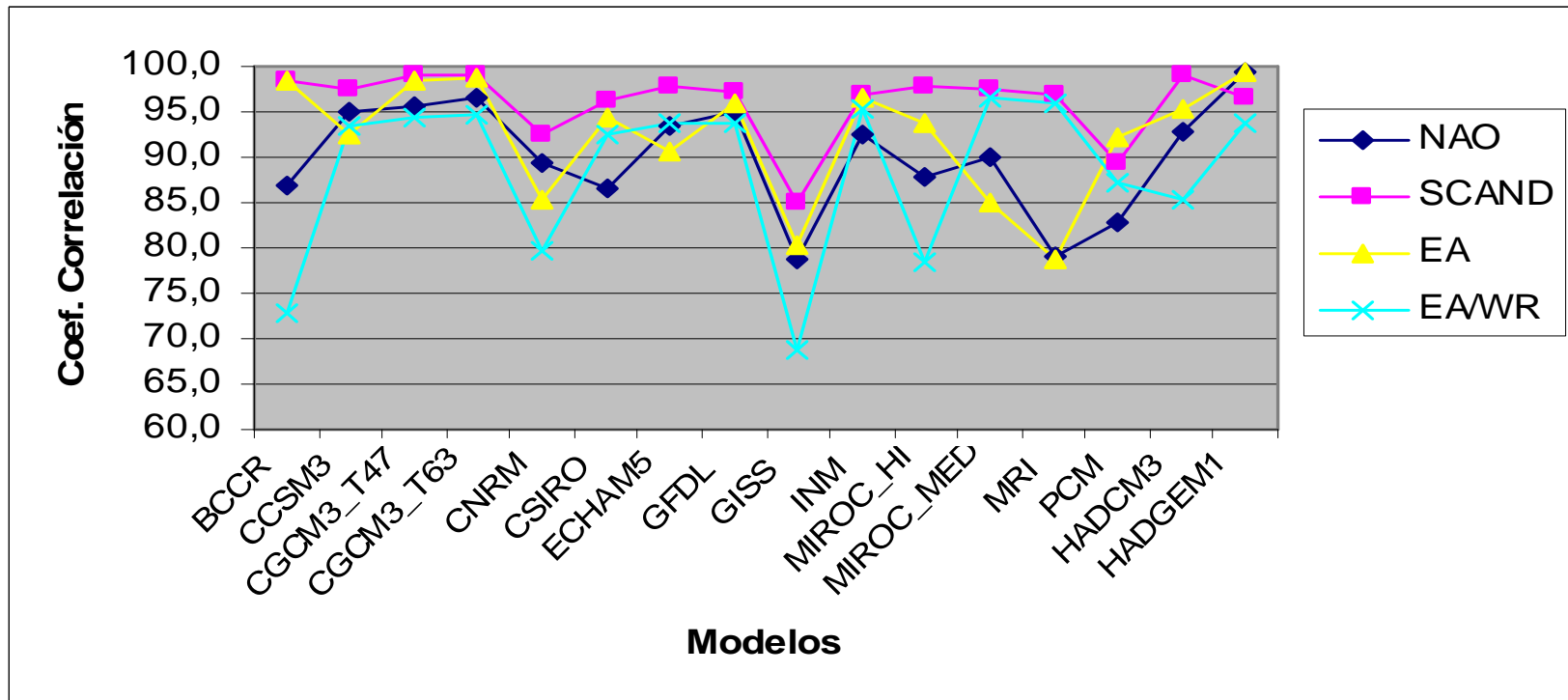




# Modos de Variabilidad



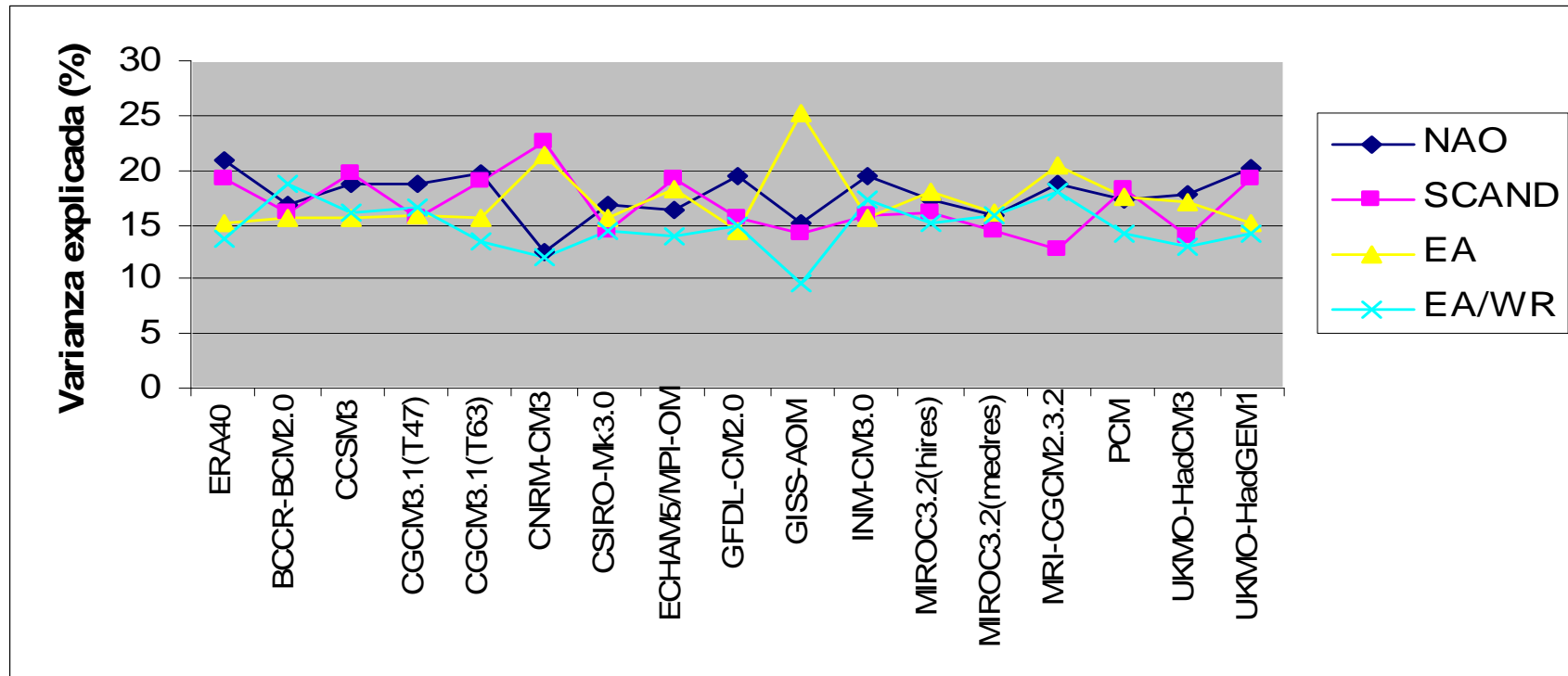
# Modos de Variabilidad



# Modos de Variabilidad

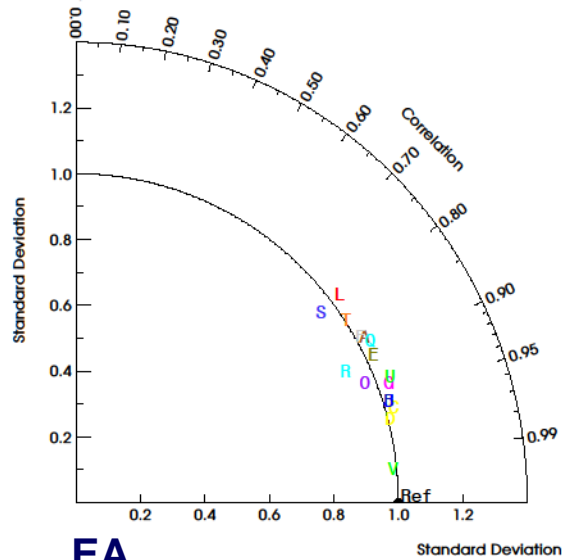
<b>Varianza Explicada</b>	<b>NAO</b>	<b>SCAND</b>	<b>EA</b>	<b>EA/WR</b>
ERA40	20.8	19.3	15.2	13.7
BCCR-BCM2.0	16.7	16.0	15.7	18.7
CCSM3	18.6	19.6	15.6	16.1
CGCM3.1(T47)	18.7	15.7	15.8	16.5
CGCM3.1(T63)	19.7	18.9	15.7	13.5
CNRM-CM3	12.6	22.6	21.4	12.0
CSIRO-Mk3.0	16.9	14.4	15.6	14.4
ECHAM5/MPI-OM	16.4	19.1	18.3	13.9
GFDL-CM2.0	19.5	15.6	14.4	14.9
GISS-AOM	15.0	14.1	25.1	9.6
INM-CM3.0	19.5	15.9	15.6	17.2
MIROC3.2(hires)	17.4	16.0	17.9	15.0
MIROC3.2(medres)	15.8	14.4	16.1	15.8
MRI-CGCM2.3.2	18.7	12.8	20.5	17.9
PCM	17.4	18.3	17.6	14.2
UKMO-HadCM3	17.8	14.0	17.0	13.0
UKMO-HadGEM1	20.1	19.2	15.0	14.1

# Modos de Variabilidad

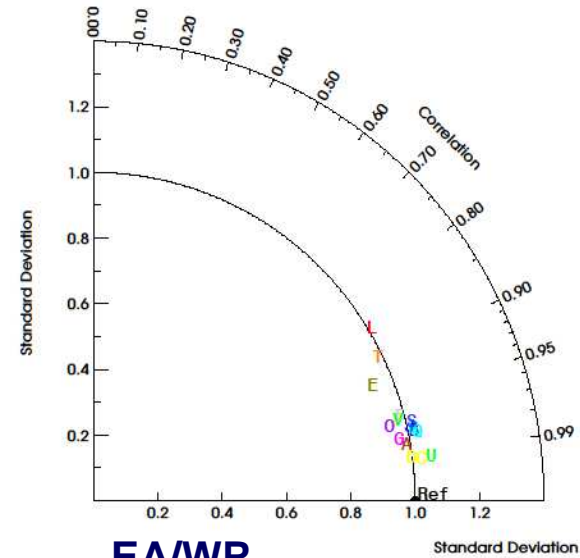


# Modos de Variabilidad

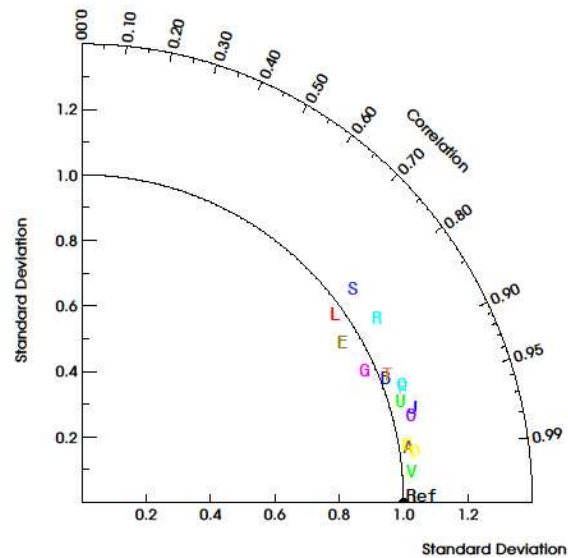
## NAO



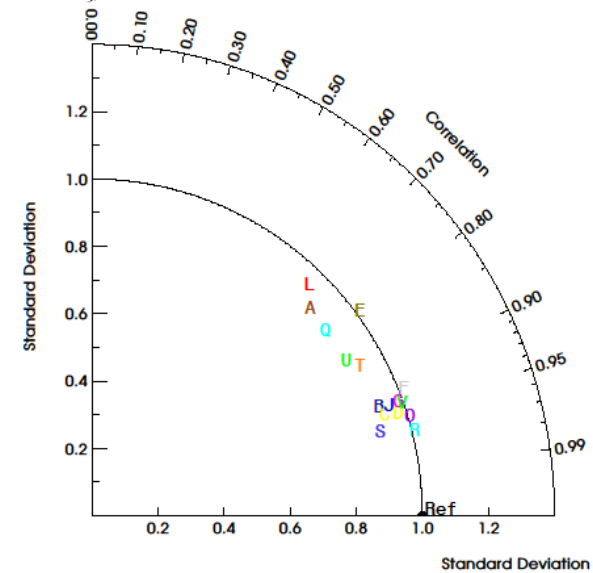
## SCAND



## EA



## EA/WR



# Modos de Variabilidad

	NAO	SCAND	EA	EA/WR
BCCR-CM2.0	Red	Green	Green	Red
CCSM3	Green	Yellow	Yellow	Yellow
CGCM3.1 (T47)	Green	Green	Green	Green
CGCM3.1 (T63)	Green	Green	Green	Green
CNRM-CM3	Yellow	Red	Red	Red
CSIRO-Mk3.0	Red	Red	Yellow	Yellow
ECHAM5/MPI-OM	Yellow	Green	Red	Yellow
GFDL-CM2.0	Green	Yellow	Yellow	Yellow
GISS-AOM	Red	Red	Red	Red
INM-CM3.0	Yellow	Yellow	Green	Green
MIROC3.2(hires)	Yellow	Yellow	Yellow	Red
MIROC3.2(medres)	Yellow	Yellow	Red	Green
MRI-CGCM2.3.2	Red	Yellow	Red	Green
PCM	Red	Red	Yellow	Red
UKMO-HadCM3	Yellow	Green	Yellow	Red
UKMO-HadGEM1	Green	Red	Green	Yellow

Ranking de los modelos con respecto al coef. de correlación. Mejor correlación (color verde), peor correlación (color rojo)

# Modos de Variabilidad

	NAO	SCAND	EA	EA/WR
BCCR-BCM2.0	Red	Yellow	Yellow	Red
CCSM3	Yellow	Green	Green	Red
CGCM3.1 (T47)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
CGCM3.1 (T63)	Green	Green	Green	Green
CNRM-CM3	Red	Yellow	Red	Yellow
CSIRO-Mk3.0	Yellow	Red	Green	Green
ECHAM5/MPI-OM	Red	Green	Red	Green
GFDL-CM2.0	Green	Yellow	Yellow	Yellow
GISS-AOM	Red	Red	Red	Red
INM-CM3.0	Green	Yellow	Green	Red
MIROC3.2(hires)	Yellow	Yellow	Red	Yellow
MIROC3.2(medres)	Red	Red	Yellow	Yellow
MRI-CGCM2.3.2	Green	Red	Red	Red
PCM	Yellow	Green	Yellow	Green
UKMO-HadCM3	Yellow	Red	Yellow	Yellow
UKMO-HadGEM1	Green	Green	Green	Green

Ranking de los modelos con respecto al sesgo de la varianza explicada

# Modos de Variabilidad

## Conclusiones

Combinando rankings temporales y espaciales de los cuatro modos de variabilidad:

- los mejores modelos son:

CGCM3.1(T63), CCSM3, UKMO-HadGEM1, INM-CM3.0 y BCCR-BCM2.0

- los peores modelos son:

GISS-AOM, CNRM-CM3, MIROC3.2(hires), MRI-CGCM2.3.2 y MIROC3.2(medres)

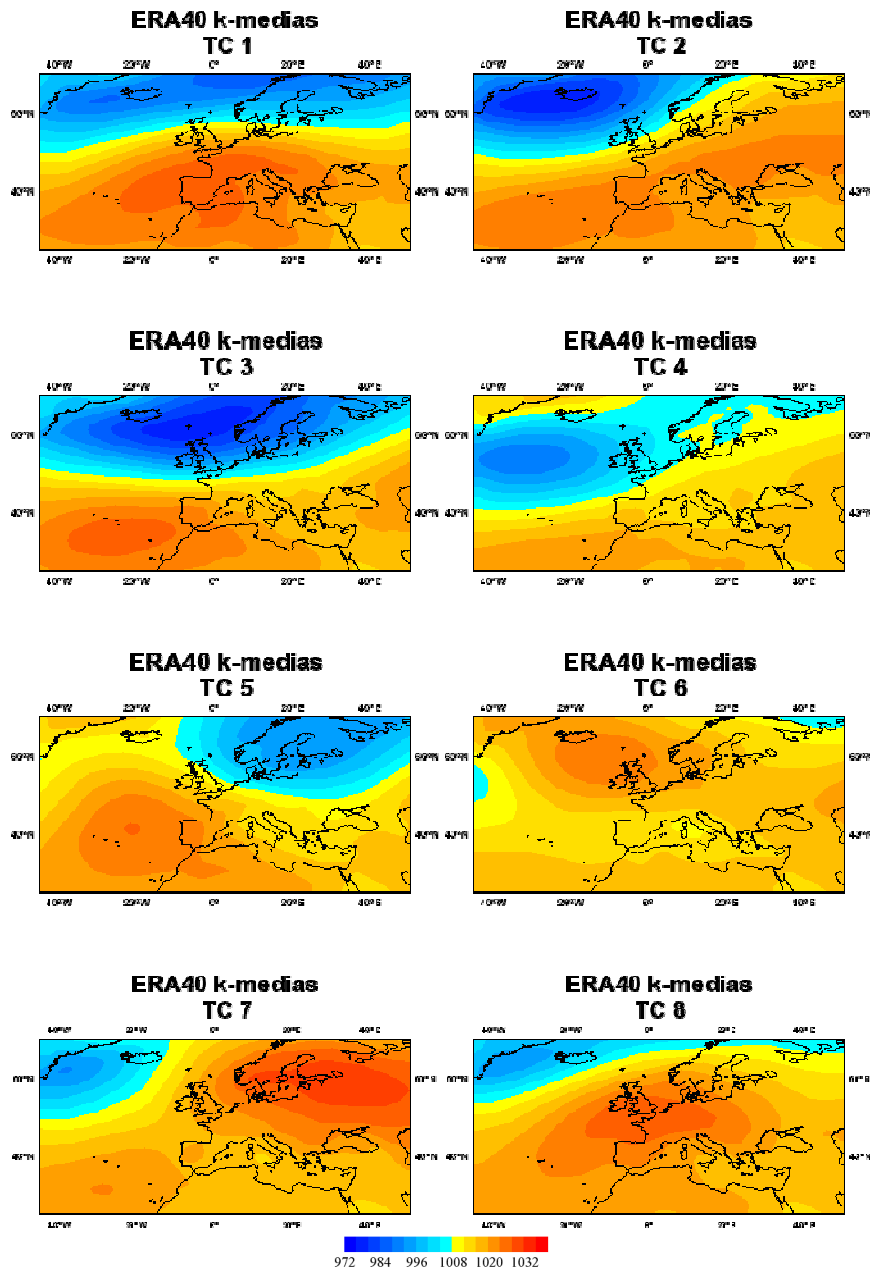


# **Tipos de Circulación**

# Metodología (CTs)

- Se han utilizado dos de los esquemas de clasificación realizados en la ACCIÓN **COST733** “*Harmonisation and applications of weather type classifications for European Regions*” (<http://www.cost733.org>)
  - **K-medias**: Se buscan k clases agrupando las observaciones, por iteraciones, minimizando las varianzas de cada grupo
  - **SANDRA**: Versión optimizada de k-medias
- Se han aplicado estos dos esquemas al campo diario MSLP del ERA40, fijando el número de Tipos de Circulación en 8
- Los Tipos de Circulación de los modelos se obtienen a partir de la distancia euclídea a los 8 centroides del ERA40, asignándose cada día al centroide con el que presente la distancia mínima

# Tipos de Circulación



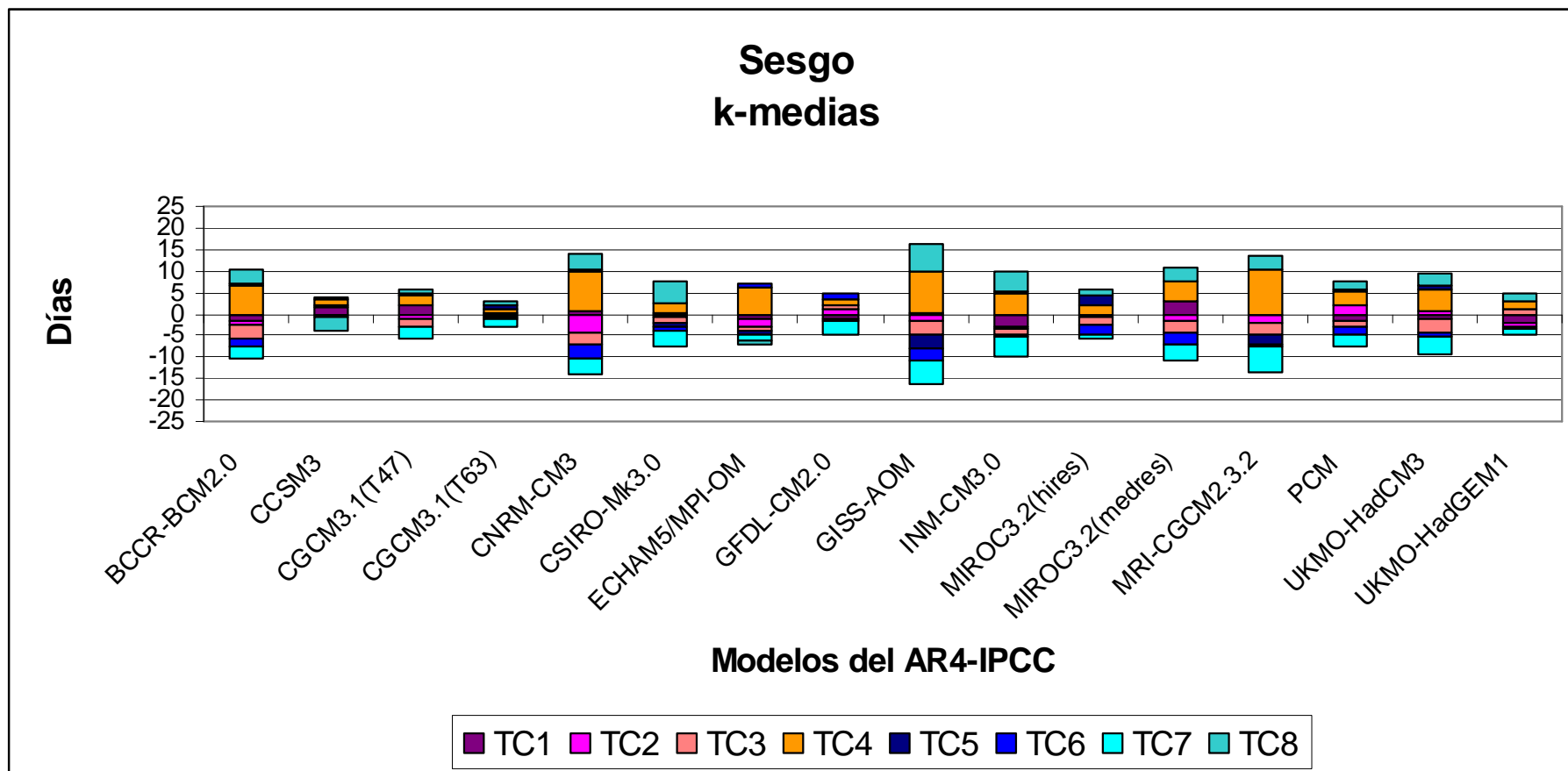
TC	Descripción de los Tipos de Circulación de ERA40
TC1	Flujo zonal en altas latitudes con altas presiones sobre la Península Ibérica, Baleares y África que se extienden sobre gran parte de Europa Central. Bajas presiones en altas latitudes.
TC2	Flujo zonal en el NO del dominio con un cinturón de altas presiones que se extiende desde Azores hasta el sur de Europa oriental y Rusia y un centro intenso de bajas presiones en torno a Islandia.
TC3	Flujo zonal sobre Europa occidental y central entre un centro intenso de altas presiones sobre Azores y Canarias y una zona intensa de bajas presiones al Norte del paralelo 50° N.
TC4	Flujo de oeste sobre el continente con altas presiones centradas sobre Canarias extendiéndose al sur de Europa y un centro de bajas presiones al O de Irlanda.
TC5	Centro de altas presiones sobre Azores. Centro de bajas presiones sobre la Península Escandinava.
TC6	Centro intenso de altas presiones entre Islandia y norte de Gran Bretaña e Irlanda, afectando bajo su radio de acción a toda Europa y región Atlántica.
TC7	Dos áreas de altas presiones: a) una muy intensa centrada en Rusia y b) otra más débil centrada sobre Azores y Canarias. Centro de bajas presiones al SO de Islandia.
TC8	Altas presiones centradas en el Canal de la Mancha afectando bajo su radio de acción a gran parte de Europa. Bajas presiones al oeste de Islandia.

# Tipos de Circulación

	FRECUENCIAS (%) TC (k-medias)							
	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
<b>ERA40</b>	13.61	14.83	9.83	13.39	11.83	10.56	12.33	13.61
<b>BCCR-BCM2.0</b>	11.58	14.27	6.14	20.76	12.11	8.19	9.42	17.54
<b>CCSM3</b>	15.32	14.44	10.18	15.09	12.57	10.06	12.28	10.06
<b>CGCM3.1(T47)</b>	15.67	13.67	7.83	16.22	12.28	10.78	9.06	14.50
<b>CGCM3.1(T63)</b>	13.06	15.17	9.94	14.39	12.78	9.67	10.56	14.44
<b>CNRM-CM3</b>	14.61	10.00	6.89	23.28	12.22	6.89	8.28	17.83
<b>CSIRO-Mk3.0</b>	13.67	14.22	8.17	16.28	10.78	9.50	8.28	19.11
<b>ECHAM5/MPI-OM</b>	12.56	12.39	8.94	20.11	10.67	11.50	10.83	13.00
<b>GFDL-CM2.0</b>	12.56	15.89	11.00	14.94	11.06	12.00	8.72	13.83
<b>GISS-AOM</b>	13.94	13.11	6.11	23.89	8.50	7.56	6.00	20.89
<b>INM-CM3.0</b>	10.39	14.06	8.28	18.72	12.44	10.11	7.28	18.72
<b>MIROC3.2(hires)</b>	12.83	14.61	8.06	15.83	14.33	8.06	11.17	15.11
<b>MIROC3.2(medres)</b>	16.67	12.83	6.89	18.72	12.00	7.78	8.11	17.00
<b>MRI-CGCM2.3.2</b>	13.50	12.61	6.89	24.72	9.17	10.33	5.22	17.56
<b>PCM</b>	11.93	17.08	8.13	16.90	12.69	8.36	9.65	15.26
<b>UKMO-HadCM3</b>	12.56	15.83	6.11	19.00	12.67	9.44	7.72	16.67
<b>UKMO-HadGEM1</b>	11.56	13.78	11.33	15.28	11.94	9.67	10.89	15.56

Frecuencia expresada en % de los 8 TC del invierno de ERA40 y de los modelos del AR4 para k-medias

# Tipos de Circulación



Sesgo invernal (días) de los modelos del AR4-IPCC

# Tipos de Circulación

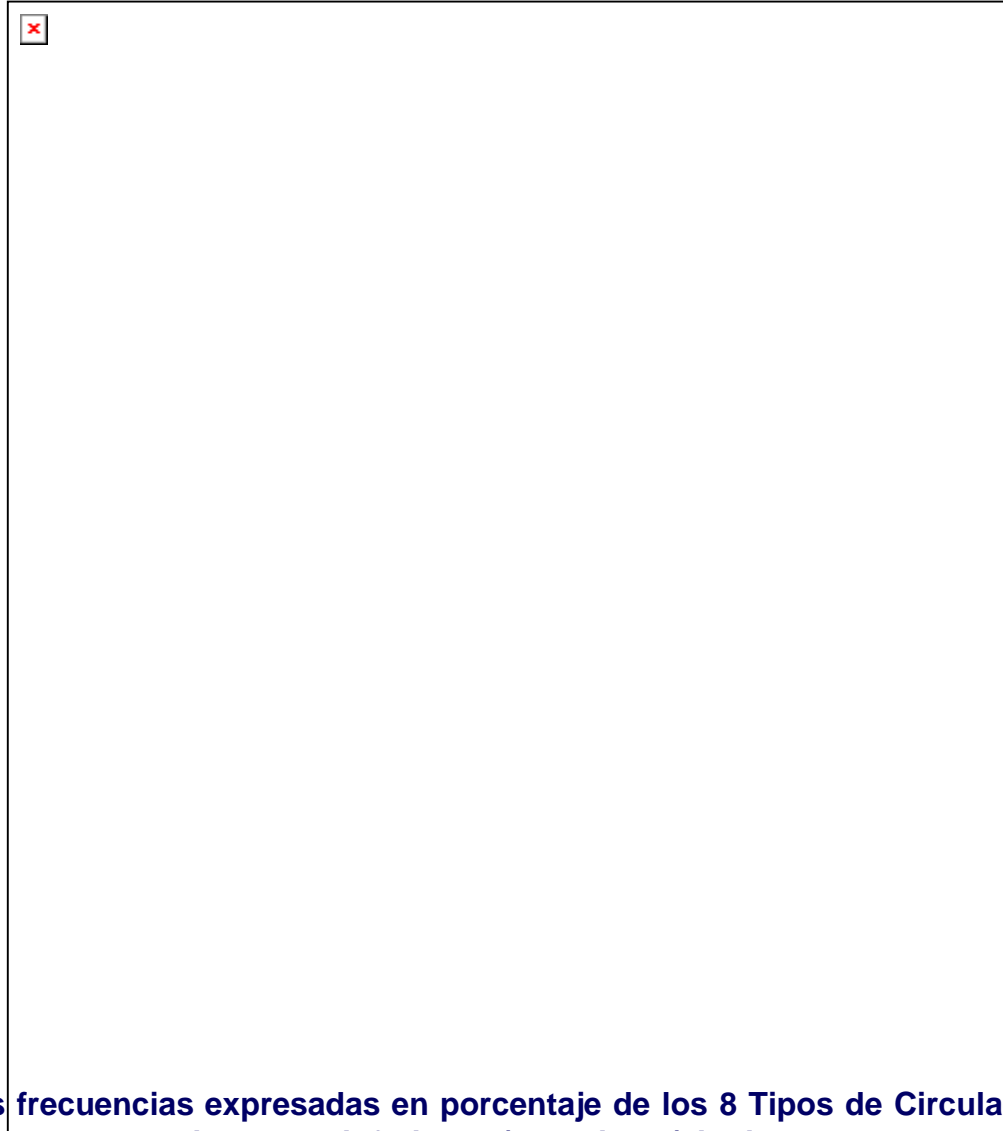


Diagrama de cajas de las frecuencias expresadas en porcentaje de los 8 Tipos de Circulación (TC) del invierno de los modelos del AR4. Las barras horizontales inferiores (superiores) indican los valores mínimos (máximos). Los extremos inferiores (superiores) de las cajas señalan el primer (tercer) cuartil y el segmento central la mediana. Las frecuencias para el ERA40 vienen representadas por el círculo rojo.

# Tipos de Circulación

	Sesgo frecuencias	
	k-medias	SANDRA
<b>BCCR-BCM2.0</b>	Red	Red
<b>CCSM3</b>	Green	Yellow
<b>CGCM3.1(T47)</b>	Yellow	Green
<b>CGCM3.1(T63)</b>	Green	Green
<b>CNRM-CM3</b>	Red	Red
<b>CSIRO-Mk3.0</b>	Yellow	Yellow
<b>ECHAM5/MPI-OM</b>	Yellow	Green
<b>GFDL-CM2.0</b>	Green	Green
<b>GISS-AOM</b>	Red	Red
<b>INM-CM3.0</b>	Yellow	Yellow
<b>MIROC3.2(hires)</b>	Green	Yellow
<b>MIROC3.2(medres)</b>	Red	Red
<b>MRI-CGCM2.3.2</b>	Red	Red
<b>PCM</b>	Yellow	Yellow
<b>UKMO-HadCM3</b>	Yellow	Yellow
<b>UKMO-HadGEM1</b>	Green	Green

Ranking de los modelos con respecto al promedio de los sesgos invernales. Valores más próximos al ERA40 (color verde), más alejados (color rojo).

# Tipos de Circulación

## **Evento:**

secuencia ininterrumpida de días clasificados en un determinado TC, siendo precedidos y seguidos por días pertenecientes a otro TC

## **Persistencia, tiempo de vida o duración media de eventos:**

cociente entre el número total de días de cada TC y el número de eventos del dicho TC



# Tipos de Circulación

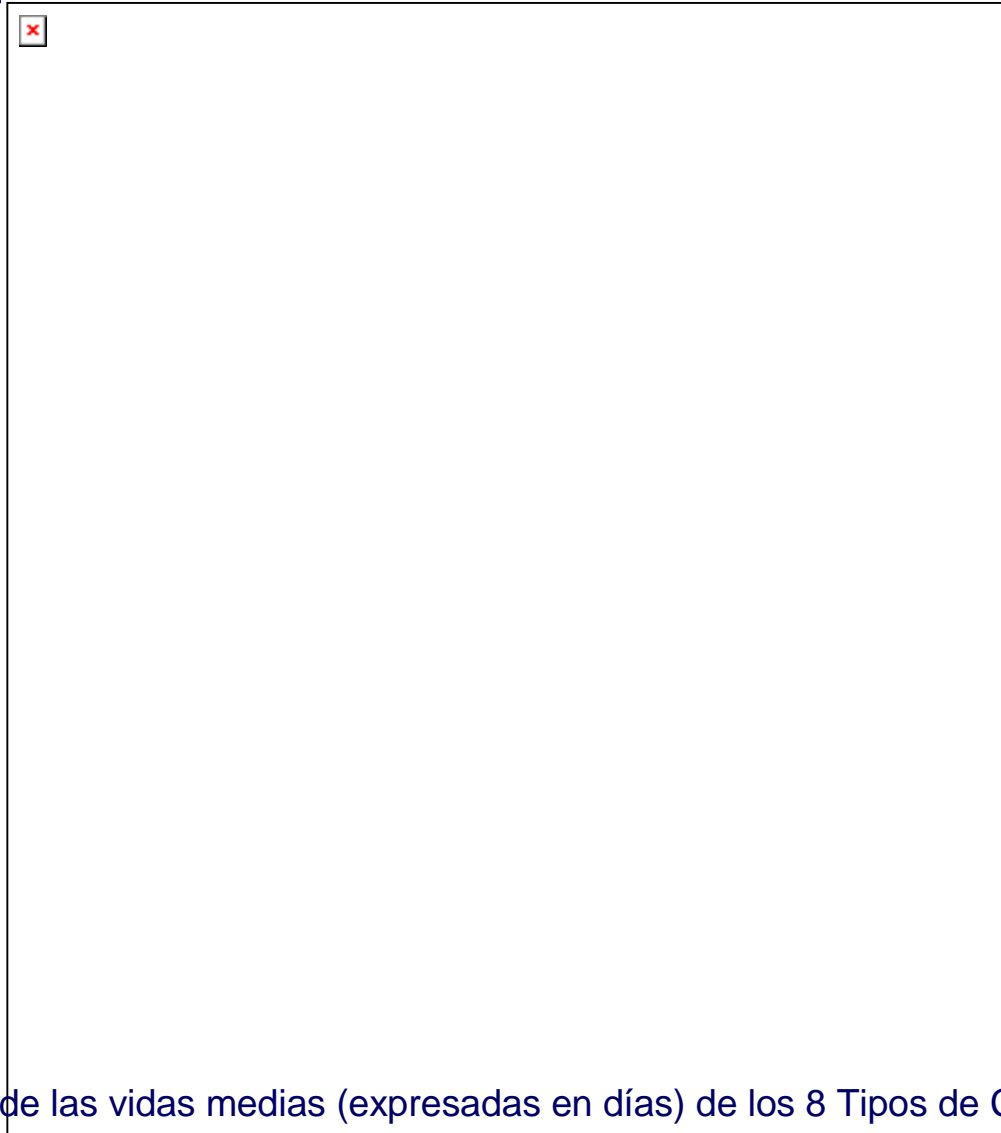


Diagrama de cajas de las vidas medias (expresadas en días) de los 8 Tipos de Circulación (TC) para el invierno de los modelos del AR4 y para el esquema de clasificación k-medias. El ERA40 viene representado por el círculo rojo

# Tipos de Circulación

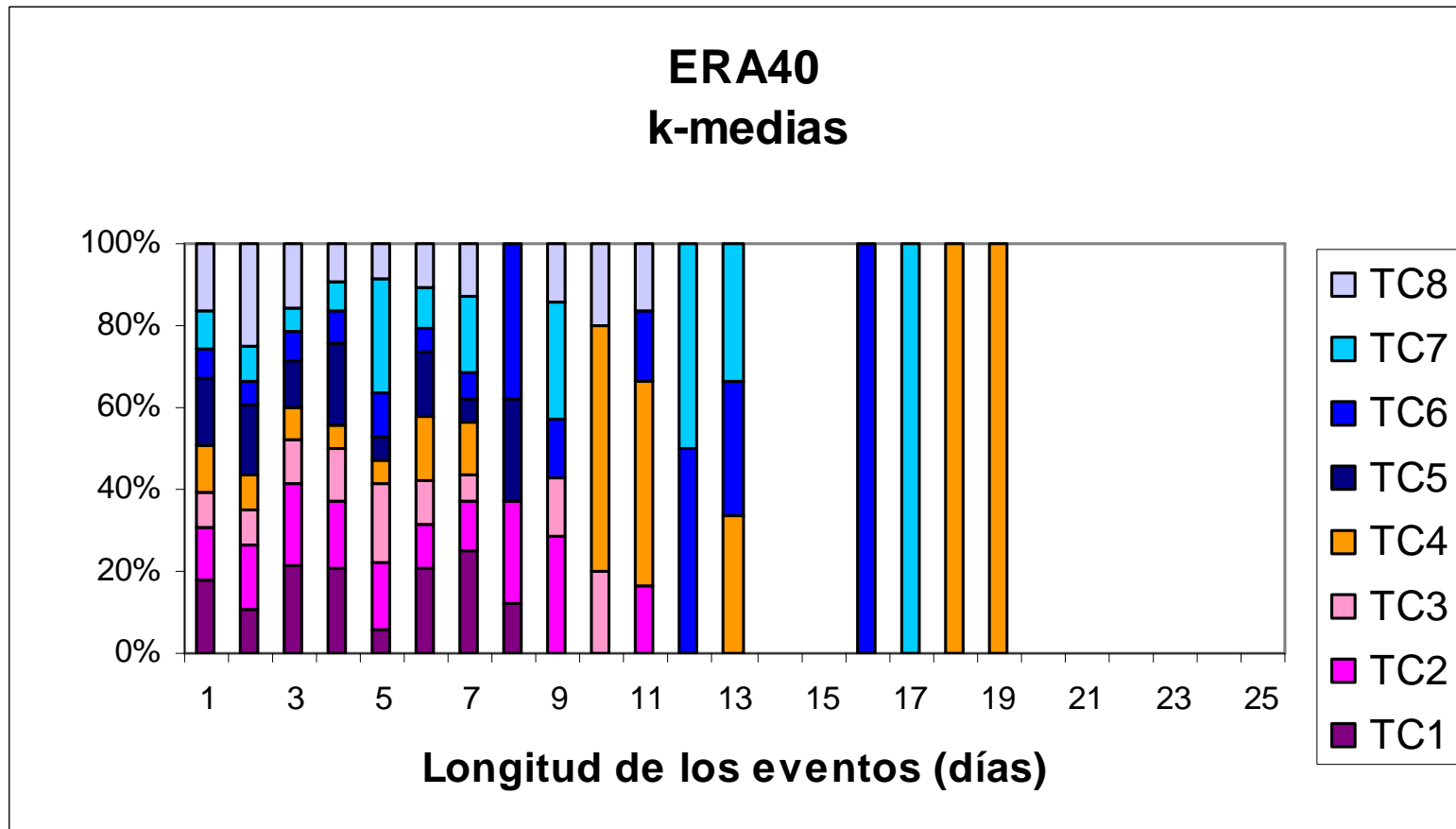
- Para cada modelo y para cada esquema de clasificación se calcula:
  - duración media (M), expresada como el cociente entre el número total de días respecto al número total de eventos de la clasificación
  - porcentaje de tiempo experimentado en eventos de duración igual o superior a 4 días
  - número de eventos de 1 día de duración

# Tipos de Circulación

	Duración de Eventos (k-medias)		
	M	≥4	1
BCCR-CM2.0	Yellow	Red	Red
CCSM3	Green	Green	Yellow
CGCM3.1 (T47)	Yellow	Yellow	Green
CGCM3.1 (T63)	Yellow	Green	Green
CNRM-CM3	Red	Red	Yellow
CSIRO-Mk3.0	Green	Green	Green
ECHAM5/MPI-OM	Green	Yellow	Yellow
GFDL-CM2.0	Red	Yellow	Yellow
GISS-AOM	Red	Red	Red
INM-CM3.0	Red	Yellow	Red
MIROC3.2(hires)	Yellow	Yellow	Yellow
MIROC3.2(medres)	Yellow	Red	Yellow
MRI-CGCM2.3.2	Red	Red	Red
PCM	Green	Yellow	Green
UKMO- HadCM3	Yellow	Green	Red
UKMO-HadGEM1	Green	Green	Green

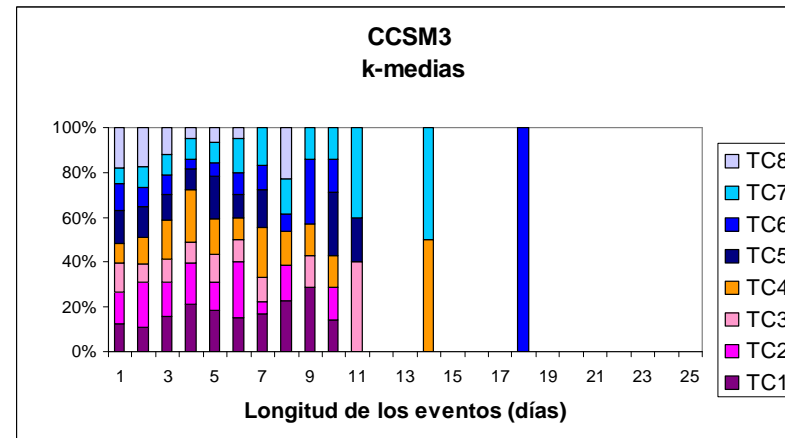
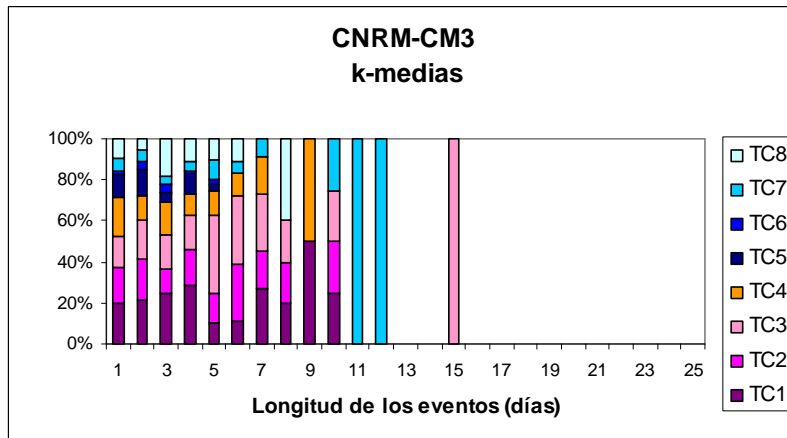
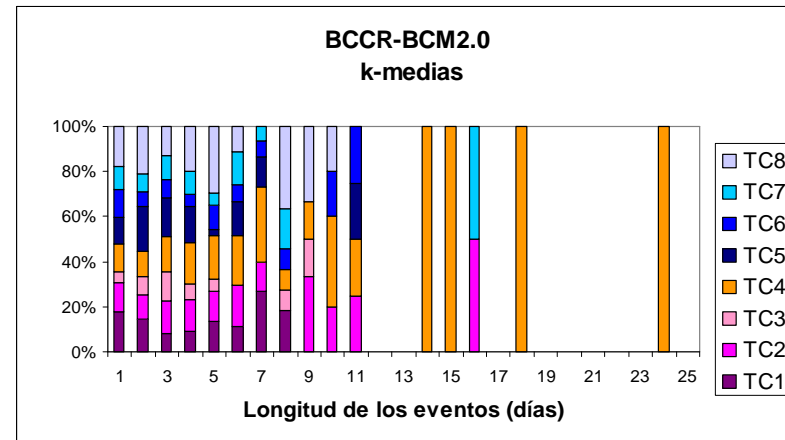
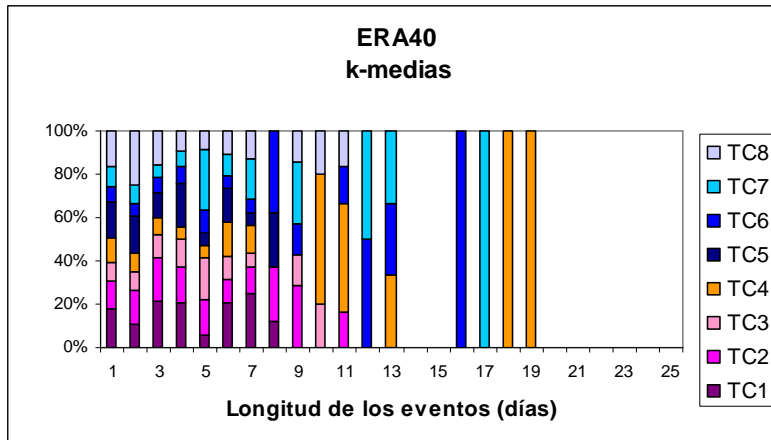
Ranking de los modelos con respecto a la duración de eventos. Duración media en días (M), porcentaje de tiempo en sucesos de duración igual o superior a 4 días (≥4) y número de eventos de 1 día de duración

# Tipos de Circulación



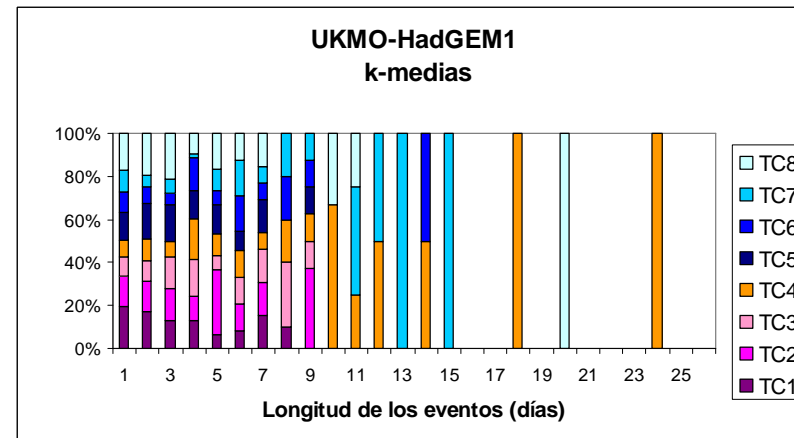
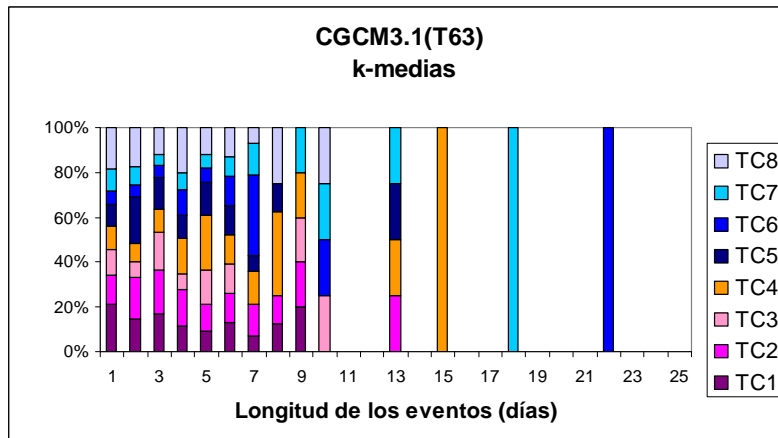
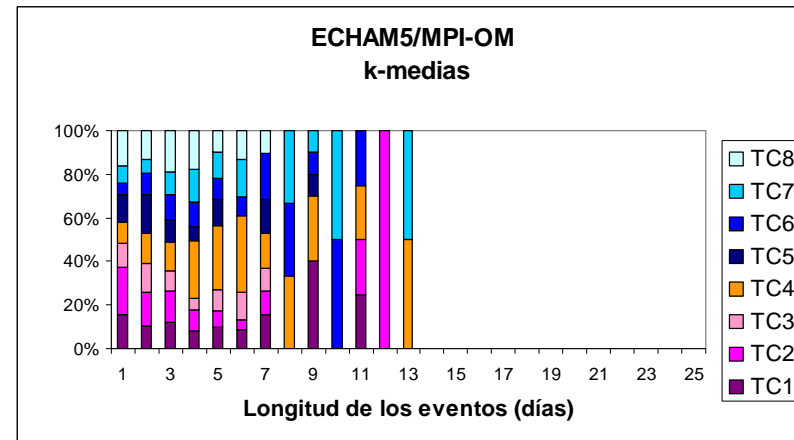
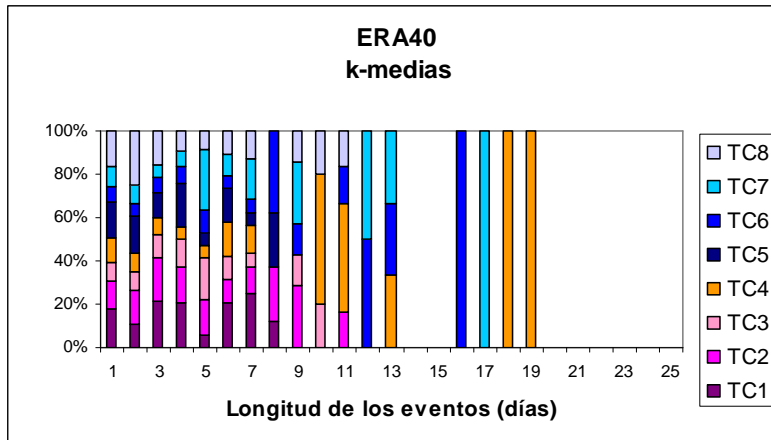
Distribución de longitudes de eventos de distinta duración (en días) en los TCs

# Tipos de Circulación



Distribución de longitudes de eventos de distinta duración (en días) en los TCs

# Tipos de Circulación



Distribución de longitudes de eventos de distinta duración (en días) en los TCs

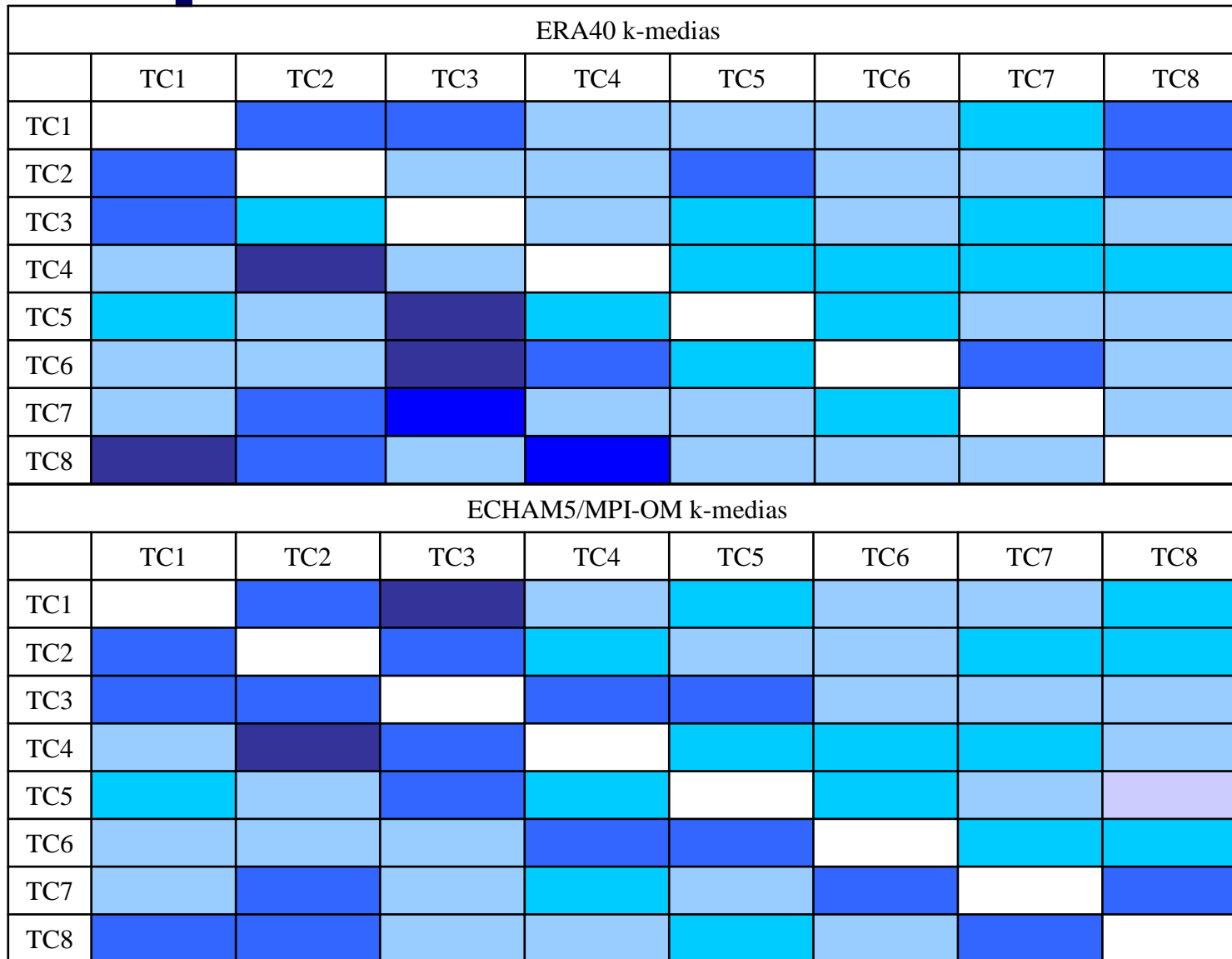
# Tipos de Circulación

ERA40 k-medias								
	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
TC1		15	15	10	10	10	20	15
TC2	15		10	10	15	10	10	15
TC3	15	20		10	20	10	20	10
TC4	10	5	10		20	20	20	20
TC5	20	10	5	20		20	10	10
TC6	10	10	5	15	20		15	10
TC7	10	15	20	10	10	20		10
TC8	5	15	10	20	10	10	10	



Matrices de las probabilidades de transición (%) entre los Tipos de Circulación

# Tipos de Circulación





# Conclusiones CTs

Combinando los rankings temporales de los CTs:

– los mejores modelos son:

CCSM3 y ECHAM5/MPI-OM

– los peores modelos son:

GISS-AOM, MRI-CGCM2.3.2 y BCCR-BCM2.0

# Conclusiones (1)

De los resultados presentados se puede concluir que:

- Los diferentes métodos y métricas utilizados para comparar **cuantitativamente** el grado de proximidad entre las simulaciones proporcionadas por los modelos y las observaciones dependen de las escalas, de los diferentes aspectos de los modelos y observaciones que se consideren.
- Se cuantificará diferentemente la “bondad” del modelo en términos de su mayor proximidad con las observaciones dependiendo de la **métrica** seleccionada.
- La evaluación de modelos es muy dependiente del objetivo de su **aplicación** posterior.

# Conclusiones (2)

Recomendaciones generales (Knutti et al. 2010) que afectan a la evaluación de modelos y que es preciso considerar:

- Utilización de la **mayor variedad de métricas** que permitirán explorar diferentes aspectos de los modelos.
- Una métrica es más poderosa si es relativamente simple y estadísticamente robusta.
- La incertidumbre en la observación debe ser tomada en cuenta al evaluar los modelos utilizando cuando sea posible **diferentes fuentes de datos**.
- Los modelos deberán ser evaluados en **diferentes escalas espaciales y temporales**.
- Cuando las evaluaciones ponen especial énfasis en una única métrica, y si además se basan en un único conjunto de datos, pueden sobrestimar la confianza en algunos modelos impidiendo su diversidad y afectando al rango de la incertidumbre.

# Referencias

Casado, M. J. and M. A. Pastor (2011): Use of variability modes to evaluate AR4 climate models over the Euro-Atlantic region. *Climate Dynamics* DOI:10.1007/s00382-011-1077-2

Hulme, M. and P. D. Jones (2000): Representing twentieth-century space-time climate variability. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology. *J. Climate*, 12, 829-856.

Kalnay, E.M., et al. (1996): The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77, 437-471

Knutti, R. (2008): Should we believe model predictions of future climate change?. *Phil.Trans. R. Soc. A*, 366, 4647-4664

Knutti, R., (2010): The end of model democracy? *Clim. Change*, 102, 395-404

Meehl et al. (2000): The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, 313-318

Meehl et al. (2005b): Overview of the Coupled Model Intercomparison Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 89-93

Mitchell, T. D., y M. Hulme (1999): Predicting regional climate change: living with uncertainty. *Prog. Phys. Geog.*, 23 (1), 57-78

Richmann, MB., (1986): Rotation of Principal Components. *J.Climatol.*, 6, 293-385

Riechler, T. and J. Kim (2008), How well do coupled models simulate today's climate?, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 89, 303-311

Taylor, K. et al., (2002): Tracking Changes in the Performance of AMIP Models. The Sec. Phase of the Atmospheric Model Intercomparison Project AMIP2; WCRP/WGNE Workshop, Toulouse

Uppala, S.M., et al. (2005): The ERA-40 re-analysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 131, 2961-3012. doi:10.1256/qj.04.176

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**