

SIMULACIÓN DE CLIMA PRESENTE (1989-2008) SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA CON EL MODELO REGIONAL DE CLIMA PROMES FORZADO POR EL REANÁLISIS ERA-INTERIM

Raquel Romera⁽¹⁾, Enrique Sánchez, Anna Sorensson, Miguel Ángel Gaertner, Clemente Gallardo, Manuel de Castro

⁽¹⁾ Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Carlos III s/n 45071 Toledo, España,
Raquel.Romera@uclm.es

1 Introducción

Los modelos regionales de clima (RCMs) se han convertido en los últimos años en una herramienta muy importante para mejorar el detalle espacial de las proyecciones de cambio climático obtenidas por los modelos globales de clima (GCMs) (Giorgi y Mearns, 1999, Christensen et al., 2007).

La simulación de períodos y condiciones climáticas comunes por un conjunto de RCMs en diversos proyectos europeos recientes (PRUDENCE, 2002-2004), o ENSEMBLES (2004-2009) son una referencia fundamental para realizar estudios de clima regional en Europa. El modelo regional de clima PROMES (Castro et al., 1993) ha participado en ambos proyectos, obteniendo resultados comparables al resto de RCMs participantes (Jacob et al., 2007)

En el marco del proyecto nacional "Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España con modelos de alta resolución, 2008-2011" (ESCENA) se ha anidado el RCM PROMES en el reanálisis de alta resolución del ECMWF (ERA Interim) y se han realizado simulaciones sobre un dominio centrado en la Península Ibérica con una resolución horizontal de 25 km (figura 1), comprendiendo los años de 1989 a 2008. Tras la validación del RCM para reproducir el clima presente observado, se usará dicho modelo para simulaciones de clima futuro que se realizarán dentro del proyecto, anidando el RCM en diferentes modelos globales y usando diferentes escenarios de emisiones.

Este trabajo pretende validar las simulaciones de clima actual del modelo regional PROMES sobre la Península Ibérica, con una resolución horizontal de 25 km, usando datos de observaciones de precipitación y temperatura. Clásicamente se ha usado la base de datos CRU (Climate Research Unit) (Hulme et al., 1995), que dispone de datos mensuales hasta el año 2002, con una resolución horizontal de 0.5°, para este tipo de análisis, no obstante, en este caso se han usado dos bases de datos adicionales.

Se usará la base de datos ECA (European Climate Assessment & Dataset) (Haylock et al., 2008)

por tener datos diarios de precipitación y temperaturas media, máxima y mínima hasta el año 2008, con una resolución espacial de 0.25°. Para validar la precipitación se usará también la base de datos Spain02 (Herrera et al., 2009), que cuenta con datos diarios de precipitación hasta el año 2003, obtenidos de un gran número de estaciones repartidas por todo el territorio español peninsular, con una resolución espacial de 0.2°.

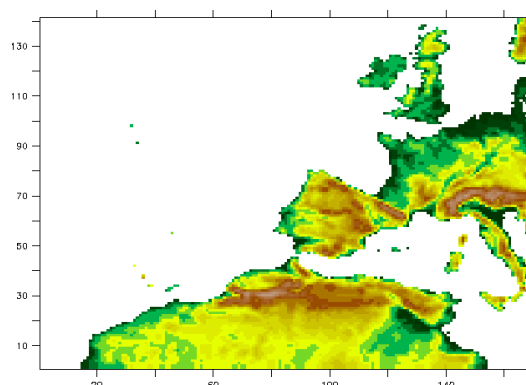


Fig. 1.- Dominio (25 km de resolución horizontal) y orografía de las simulaciones del modelo PROMES en el proyecto ESCENA.

2 Metodología

En un análisis inicial, como descripción básica del clima regional, se han comparado los promedios estacionales de temperatura media a 2 metros y precipitación con las bases de datos observacionales; en este caso se ha usado Spain02 para la precipitación y ECA para la temperatura.

A la hora de hacer un estudio más detallado, se ha procedido a dividir la Península Ibérica en 10 regiones basándose en las cuencas de los ríos más importantes. En la figura 2 se muestran las regiones usadas para el análisis. Debido a que la base de datos Spain02 no cubre la zona de Portugal se muestran dos figuras distintas, una en la malla de Spain02 y otra en la malla de ECA.

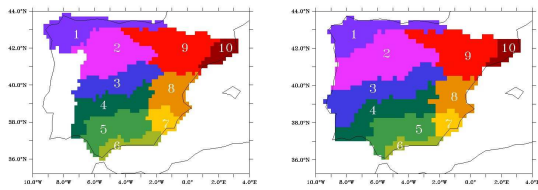


Fig. 2.- Clasificación del territorio objeto de estudio en regiones siguiendo las cuencas de los ríos. A la izquierda, la clasificación en la malla de Spain02 y a la derecha, la clasificación en la malla de ECA. Las regiones son: 1 Norte, 2 Duero, 3 Tajo, 4 Guadiana, 5 Guadalquivir, 6 Sur, 7 Segura, 8 Levante, 9 Ebro, 10 Cataluña.

En el análisis por regiones se estudiarán los promedios anuales de precipitación y temperaturas media, máxima y mínima, así como los promedios mensuales interanuales para ver el ciclo anual.

Finalmente se han analizado, también por regiones, ciertos índices climáticos tanto de precipitación como de temperatura con el fin de ver cómo reproduce el modelo regional los extremos. Para el cálculo de estos índices se usarán las bases de datos de Spain02 y ECA, no así las base de datos CRU por no disponer de datos diarios.

Los índices climáticos de precipitación estudiados han sido: “Días secos consecutivos” (CDD), máximo número de días secos consecutivos, “Días lluviosos consecutivos” (CWD), máximo número de días lluviosos consecutivos, “Índice de días lluviosos” (RR1), número total de días lluviosos en el período considerado e “Índice de intensidad diaria simple” (SDII), precipitación media en días lluviosos. Se considerará día lluvioso a los días con al menos 1 mm de precipitación al día.

Por otra parte los índices climáticos de temperatura estudiados han sido: “Días cálidos consecutivos” (CSU), número máximo de días cálidos consecutivos, “Días de helada consecutivos” (CFD), número máximo de días fríos consecutivos e “Índice de días cálidos” (SU), número total de días cálidos en el período. Se considerará día cálido a los días cuya temperatura máxima sea mayor de 25° C y día frío a los días cuya temperatura mínima sea menor de 0° C.

3 Resultados

3.1 Precipitación

En la figura 3 se observa el campo de precipitación estacional en mm/día, para las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). En primer lugar se muestra el campo de precipitación de Spain02, debajo se muestra el campo de precipitación del modelo PROMES. Finalmente, se muestra la diferencia absoluta entre ambos campos, indicando con colores rojos cuando el modelo subestima la precipitación aportada por la base de datos observacional y con tonos azules cuando, por el contrario, el modelo sobrestima la precipitación reflejada en Spain02.

En la figura 3 se observa cómo el RCM PROMES reproduce razonablemente bien las zonas con más precipitación, como son Galicia, la Costa Cantábrica o la zona del golfo de Cádiz, sobrestimando ligeramente los máximos de precipitación en ambas estaciones. Por otro lado, el modelo también reproduce zonas como la del valle del Ebro, con apenas precipitaciones, siendo capaz de simular al mismo tiempo la precipitación de la costa mediterránea, especialmente en invierno.

En general, las diferencias entre modelo y observaciones no son especialmente llamativas, teniendo en cuenta la alta complejidad de esta variable, con una gran variabilidad tanto espacial como temporalmente.

En la tabla 1 se muestran los valores promedio y la desviación estándar estacionales de la diferencia entre la precipitación del modelo PROMES y de SPAIN02.

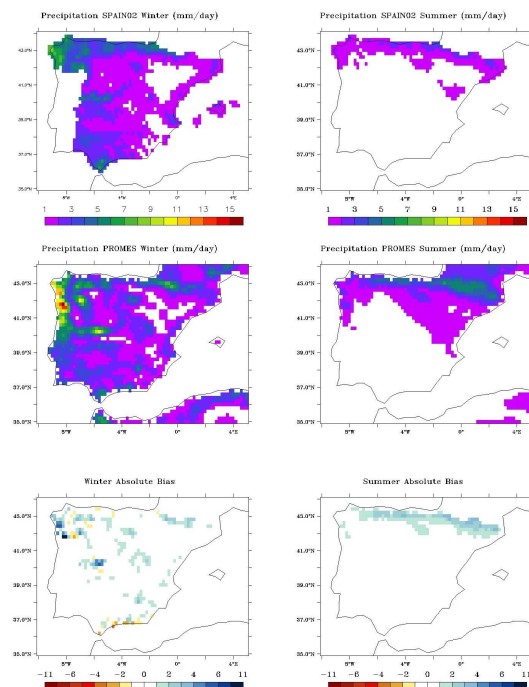


Fig. 3.- Promedio estacional de la precipitación (mm/día) de SPAIN02 y PROMES para las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). Campo de precipitación de SPAIN02 (arriba), campo de precipitación de PROMES (medio) y diferencia absoluta entre ambos campos (abajo).

Precipitación	Media	Desviación Estándar
Invierno	0,40	0,92
Primavera	0,67	0,67
Verano	0,62	0,70
Otoño	0,45	0,74

Tabla 1.- Promedio y desviación estándar (mm/día) espaciales de la diferencia estacional de la precipitación entre el modelo PROMES y SPAIN02, para todo el territorio de la España Peninsular.

La tabla 1 muestra que el error medio espacial de las diferencias oscila entre 0.40 mm/día en invierno y 0.67 mm/día en primavera. El signo positivo indica que la precipitación del RCM es mayor que la precipitación observada. Estos valores se encuentran dentro del rango de incertidumbre mostrado por los RCMs para describir el clima presente de la Península Ibérica (Jacob et al., 2007). En dicho estudio las observaciones usadas como referencia fueron tomadas de la base de datos CRU.

En la tabla 1 se muestran también los valores estacionales de la desviación estándar para todo el territorio de la España Peninsular. Los valores de la desviación estándar oscilan entre 0.67 mm/día en primavera y 0.92 mm/día en invierno. Estos valores muestran que la dispersión espacial de las diferencias entre el RCM y las observaciones son inferiores a 1 mm/día.

En la figura 4 se han representado las series temporales de los promedios anuales de precipitación (mm/día) para cada una de las regiones (ver fig. 2), desde 1990 hasta 2008.

En dicha figura se observa que las tres bases de datos observacionales (Spain02: verde, ECA: azul y CRU: rosa) son bastante coherentes entre sí y tienen un mismo comportamiento, siendo en la región de Cataluña donde más dispares son entre sí.

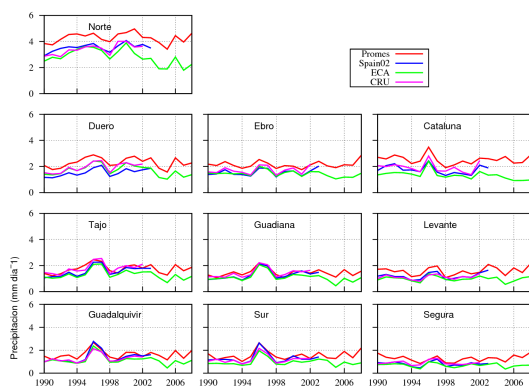


Fig. 4.- Evolución temporal de los promedios anuales y espaciales de precipitación (mm/día) por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde, CRU: rosa

En cuanto al modelo regional PROMES, se aprecia en todas las regiones una evolución temporal similar al de las bases de datos observacionales, detectando, por ejemplo, perfectamente cuán lluvioso fue el año 1996. No obstante, el modelo PROMES presenta una sobrestimación de la precipitación observada, especialmente en la región del Norte.

En la figura 5 se han representado los promedios mensuales de precipitación (mm/día) por regiones promediados para todos los años disponibles, 19 años para el modelo PROMES (rojo) y ECA (verde), 14 años para Spain02 (azul), y 13 años para CRU (rosa). En dicha figura se observa

cómo las observaciones describen la climatología de cada región, reflejando los mínimos de marzo y agosto y los máximos de mayo-junio y noviembre-diciembre, más o menos acusados dependiendo de la región. El RCM reproduce asimismo la climatología de cada zona, ajustándose a las curvas de las observaciones, especialmente en las regiones del Sur, Tajo y Guadiana.

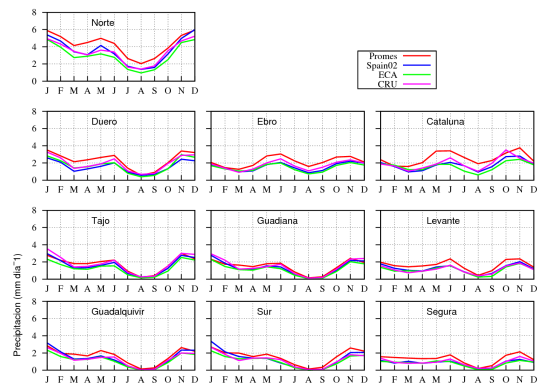


Fig. 5.- Promedios mensuales interanuales de precipitación (mm/día) por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde, CRU: rosa

En la figura 6 se ha representado el índice CDD por años y por regiones, para el modelo PROMES y las bases de datos Spain02 y ECA. Este índice se calcula como el mayor número de días secos consecutivos que se registra en todo el período considerado. En la figura se observa lo irregular que puede ser el índice CDD, por ejemplo, en las regiones del Guadiana, Guadalquivir, Sur y Segura, y, sin embargo, el RCM es capaz de reproducir muchas de las variaciones reflejadas en las observaciones, como por ejemplo, en las regiones del Tajo y el Guadiana.

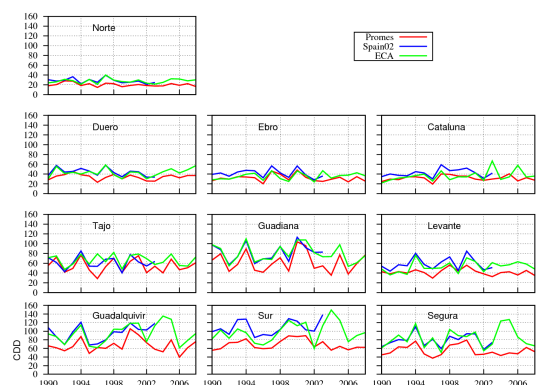


Fig. 6.- Mayor número de días secos (precipitación < 1 mm/día) consecutivos (CDD) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde.

En la figura 7 se muestra el índice CWD por año y por regiones. El índice CWD se define como el mayor número de días consecutivos con al menos 1 mm/día de precipitación en todo el período estudiado. En las distintas regiones de la Península

Ibérica se puede apreciar cómo el modelo se ajusta bastante a las curvas de Spain02 y ECA, como puede ser por ejemplo, en la región del Norte.



Fig. 7.- Mayor número de días lluviosos ($precipitación \geq 1mm/día$) consecutivos (CWD) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde.

Cabe destacar el buen comportamiento del modelo, en ambos índices (CDD y CWD), ya que reproduce razonablemente bien la evolución de los datos observados a pesar de tratarse de índices cuyo que analizan aspectos muy extremos de la precipitación.

En la figura 8 se representa el índice RR1 por años y por regiones. El índice RR1 se calcula como el número total de días en todo el período considerado, cuya precipitación sea al menos de 1 mm/día. Al contrario que en el CWD, en este caso no se exige que los días lluviosos sean consecutivos. Se observa que el modelo PROMES suele sobrestimar ligera y sistemáticamente el número total de días de lluvia (RR1), mientras que en el caso del CWD, las curvas del modelo y las observaciones se entremezclan (fig. 6).

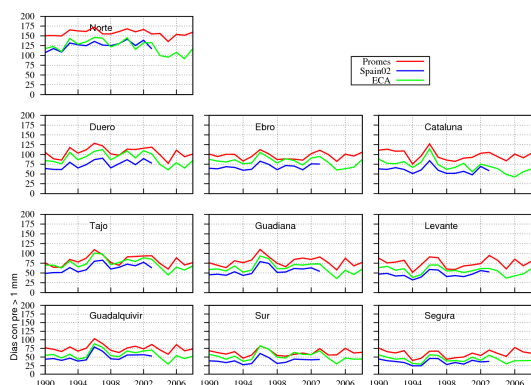


Fig. 8.- Número total anual de días lluviosos ($precipitación \geq 1mm/día$) (RR1), por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde.

Conviene destacar también, que, a excepción de las regiones del Norte, el Guadalquivir y el Segura, las dos bases de observaciones

disponibles (Spain02 y ECA), difieren bastante entre sí, siendo, por ejemplo, en las regiones del Duero y el Ebro, mayor la diferencia entre ambas bases de datos que entre el modelo y ECA.

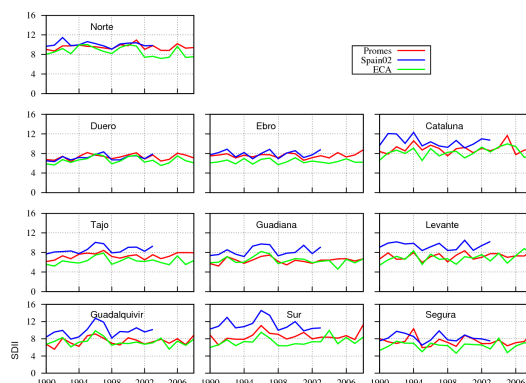


Fig. 9.- Precipitación media diaria en días lluviosos ($precipitación \geq 1mm/día$) (SDII) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, Spain02: azul, ECA: verde.

En la figura 9 se muestra la evolución del SDII, índice que se define como la precipitación media calculada únicamente considerando los días cuya precipitación es al menos 1 mm/día. En este caso el RCM es más fiel a los datos observados que en los índices anteriores. Conviene señalar el caso de la región Sur o el Tajo, en las que la curva del modelo PROMES (rojo) se encuentra claramente comprendida entre las líneas de las dos bases de datos (ECA en verde y Spain02 en azul).

Según se observa en la figura 3 y en la tabla 1, parece que el RCM tiende a sobrestimar la precipitación observada, además, según muestra la figura 8, también parece sobrestimar sistemáticamente el número total de días de lluvia y, sin embargo, el valor del índice SDII (fig. 9) es inferior a ambas bases de datos observacionales en algunos casos (ver fig. 9, zona del Guadiana)

Las últimas figuras (fig. 6, 7, 8 y 9) dejan de manifiesto la gran variabilidad, tanto espacial como temporal, de la precipitación mencionada anteriormente.

3.2 Temperatura

En cuanto a la temperatura, se ha realizado un estudio análogo al que se acaba de presentar para la precipitación. En la figura 10 se muestra el campo de temperatura media diaria para la base de observaciones ECA (arriba) y para el modelo PROMES (medio), para las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). En la parte inferior de dicha figura se muestran las diferencias entre ambos campos, indicando los tonos rojizos unos valores más cálidos por parte del modelo regional y los tonos azules una subestimación de la temperatura media observada.

Se aprecia cómo el modelo PROMES (figura 9, medio) describe la estructura espacial registrada por las observaciones (figura 9, arriba), simulando tanto el gradiente latitudinal como los efectos orográfico y costero en ambas estaciones (figura 9, invierno izquierda, verano derecha).

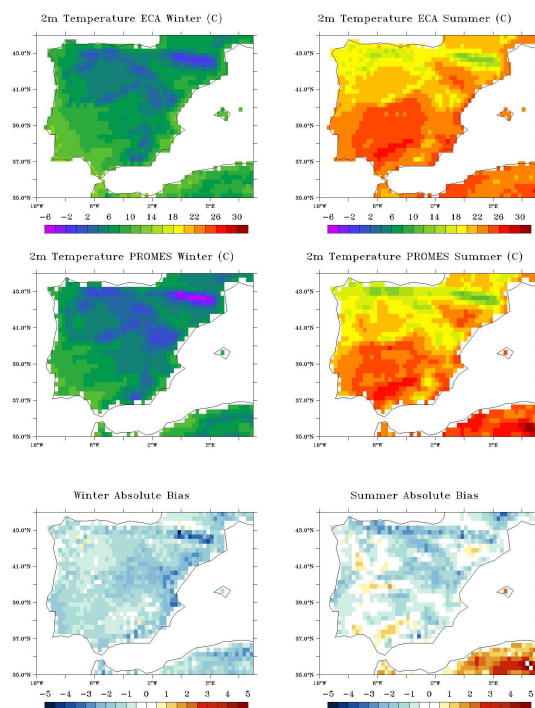


Fig. 10.- Promedio estacional de la temperatura media diaria a 2 metros (°C) de ECA (arriba) y PROMES (medio) para las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). Diferencia absoluta (abajo) entre ambos campos para dichas estaciones.

En la tabla 2 se muestran los valores promedio y la desviación estándar estacionales de la diferencia entre la temperatura del modelo PROMES y de ECA. Como muestra dicha tabla, es en verano, cuando el valor medio espacial de la diferencia entre modelo y observaciones es menor, con un valor medio espacial de -0.08 °C, mientras que es en la estación invernal cuando las diferencias son mayores, con un valor medio espacial de -1.31 °C. Sin embargo, es en esta estación cuando el valor de la desviación estándar alcanza el menor valor, lo que indicaría que las diferencias puntuales alcanzadas en todo el territorio no son demasiado dispares.

Temperatura 2 metros	Media	Desviación Estándar
Invierno	-1,31	0,61
Primavera	-1,14	0,98
Verano	-0,08	1,59
Otoño	-1,24	0,65

Tabla 2.- Promedio y desviación estándar espaciales (°C) de la diferencia estacional de la temperatura media a 2 metros entre el modelo PROMES y ECA, en todo el terreno peninsular.

En la figuras 11, 12 y 13 se muestran los promedios anuales y espaciales (ver fig. 2) de las temperaturas media, máxima y mínima diarias, respectivamente, para las bases de datos disponibles (CRU, rosa y ECA, verde) así como para la salida del modelo PROMES (rojo).

En dichas figuras se observa una discrepancia entre las dos bases de datos observacionales, habiendo regiones en las que son prácticamente coincidentes, como en la región del Ebro, mientras que en otras regiones difieren bastante, como en la región de Cataluña; en ambos ejemplos, se observa el mismo comportamiento tanto para la temperatura media (fig. 11), como para las temperaturas máxima (fig. 12) y mínima (fig. 13).

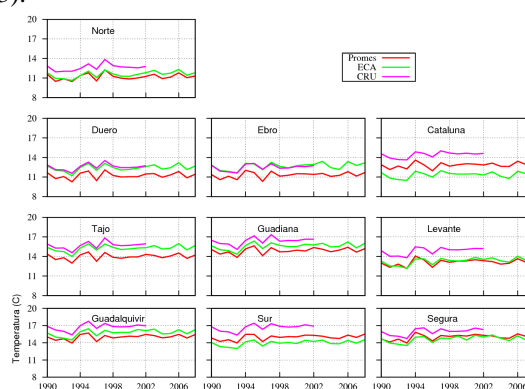


Fig. 11.- Evolución temporal del promedio anual y espacial de la temperatura media diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul.

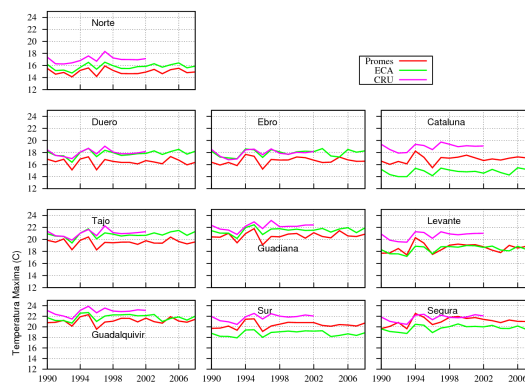


Fig. 12.- Evolución temporal del promedio anual y espacial de la temperatura máxima diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul.

Se aprecia que la evolución temporal de los datos del modelo se asemeja bastante a la evolución de los datos observados, reproduciendo tanto los años más fríos, como 1996, como los más cálidos, como 1995 y 1997 (Duero, Tajo y Guadiana tanto en temperatura media como mínima).

En general, las figuras de las temperaturas media y máxima (fig. 11 y 12) son bastante similares entre sí, con la excepción de las regiones del Sur y el

Segura, manteniéndose prácticamente constantes las diferencias entre el RCM y las bases de datos con el paso de los años, como en las regiones del Duero y el Tajo.

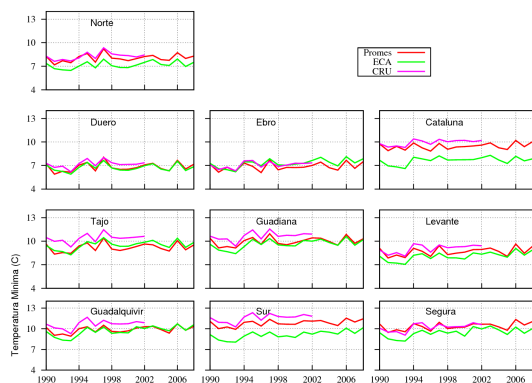


Fig. 13.- Evolución temporal del promedio anual y espacial de la temperatura mínima diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul

En general, las diferencias entre el modelo y los datos observados son menores en el caso de la temperatura mínima que en el caso de las temperaturas máximas, como puede apreciarse, por ejemplo, en las regiones del Duero y el Ebro (fig. 12 y 13).

En las figuras 14, 15 y 16 se han representado, para las distintas regiones (ver fig. 2), los promedios mensuales de temperaturas media, máxima y mínima (°C), de todos los años disponibles, 19 años de PROMES (rojo) y ECA (verde) y 13 años de CRU (rosa).

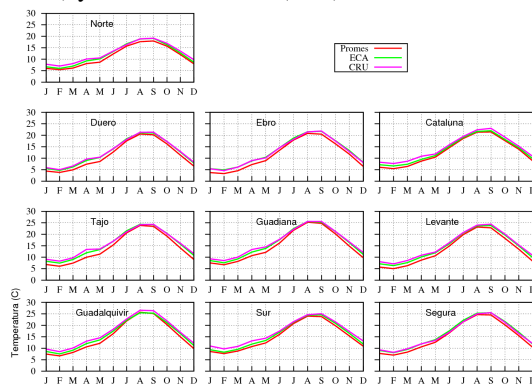


Fig. 14.- Promedios mensuales y espaciales de la temperatura media diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul.

En las figuras 13, 14 y 15 se refleja el ciclo anual de las temperaturas, siendo mínimas las diferencias entre las tres curvas. En el caso de la temperatura mínima las diferencias entre ambas bases de datos observacionales son mayores, siendo ECA a la que más se asemeja la salida del modelo PROMES.

En general el RCM subestima las temperaturas media y máxima a lo largo de casi todo el año, exceptuando los meses más cálidos, en todas las regiones consideradas (fig. 14 y 15). En los meses más cálidos (agosto y septiembre), el comportamiento del RCM es más irregular, y si bien los máximos de temperatura media y máxima coinciden temporalmente con los observados, el valor puede ser mayor (temperatura máxima en las regiones del Guadiana, Sur y Segura), igual (temperatura media en las regiones del Tajo y el Duero) o menor (región del norte) dependiendo de las regiones (fig. 14 y 15).

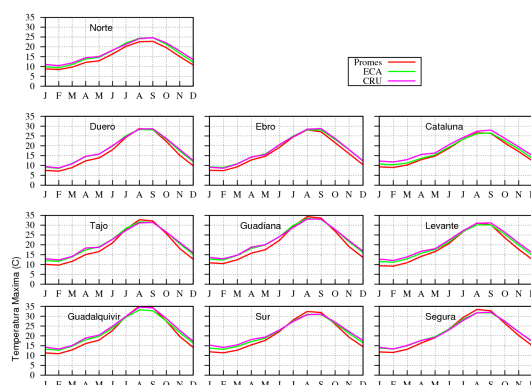


Fig. 15.- Promedios mensuales y espaciales de la temperatura máxima diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul.

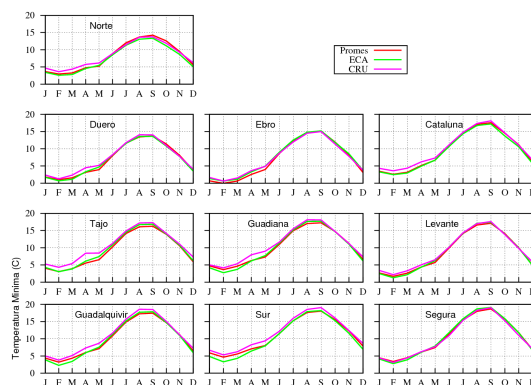


Fig. 16.- Promedios mensuales y espaciales de la temperatura mínima diaria (°C) para cada una de las regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde, CRU: azul.

La temperatura mínima (fig. 16), sin embargo, se asemeja bastante a los datos observados, especialmente a los datos de ECA.

En la figura 17 se representa el índice CFD, que se calcula como el período más largo de días consecutivos en los que la temperatura mínima es menor de 0° C. Se observa que este índice es muy variable a lo largo de los años estudiados siendo en general mínimo en las zonas del sur de la Península y máximo en las regiones interiores de la mitad norte peninsular (Duero y Ebro). A pesar de ser un índice

bastante irregular se puede ver cómo el modelo se ajusta bastante bien a la curva de las observaciones.

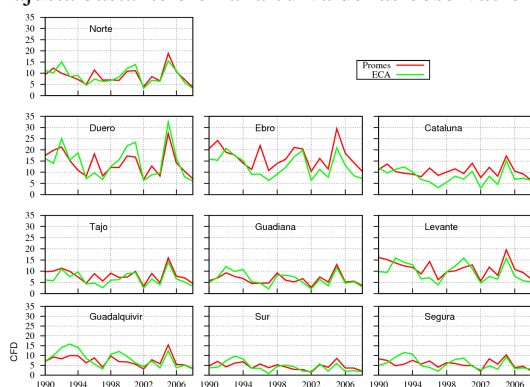


Fig. 17.- Mayor número de días fríos (temperatura mínima < 0° C) consecutivos (CFD) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde.

En la figura 18 se ha representado el índice CSU, que se calcula como el período más largo de días consecutivos en los que la temperatura máxima es mayor de 25° C. En este caso, al contrario que ocurría con los días fríos, la diferencia entre la curva del PROMES y la curva observacional (ECA) es mayor. Esto se debe, como ya hemos observado antes a la vista de las figuras 11 y 12, a que parece que el modelo PROMES reproduce con más precisión las temperaturas mínimas que las máximas.

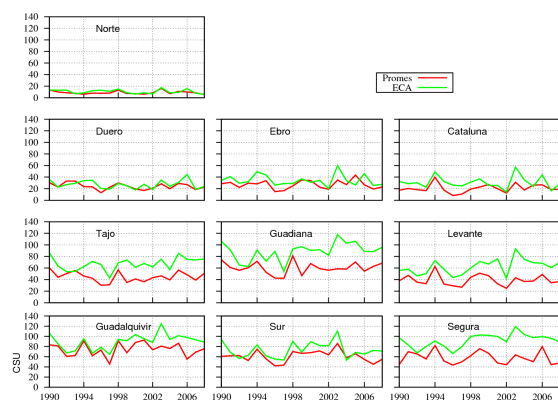


Fig. 18.- Mayor número de días cálidos (temperatura máxima > 25° C) consecutivos (CFD) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde.

En la figura 19 se muestra el índice SU, que se calcula como el número total de días cálidos que hay en todo el período, definiendo como día cálido aquel cuya temperatura máxima es mayor de 25° C.

En la figura 19, sin embargo, al no poner la restricción de que los días tengan que ser consecutivos, se observa que la curva del PROMES se ajusta muy bien a la curva de las observaciones. Esto indica que el PROMES no da más días cálidos de los debidos, sino que las temperaturas máximas de los días cálidos son más extremas.

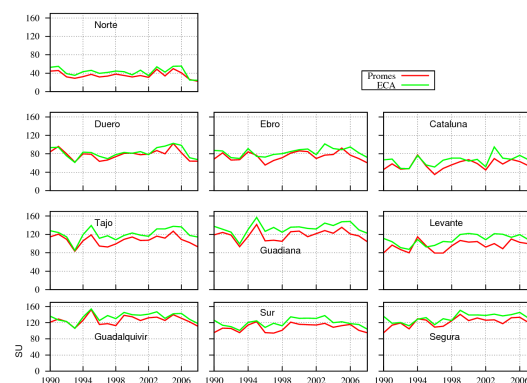


Fig. 19.- Número total de días cálidos (temperatura máxima > 25° C) (SU) por año y por regiones (ver fig. 2). PROMES: rojo, ECA: verde.

4 Conclusiones

A la vista de estos resultados podemos afirmar que el modelo regional PROMES reproduce razonablemente bien la distribución orográfica de la precipitación sobre la Península Ibérica, sobrestimando ligeramente lo máximos y describe la climatología de cada una de las regiones estudiadas, teniendo en cuenta que sólo se han analizado datos de 18 años.

Los errores medios obtenidos sobre toda la Península al comparar con la base de datos de Spain02 se encuentran dentro del rango de incertidumbre mostrado por los RCMs, comparando con CRU, para describir el clima presente.

El modelo PROMES sobrestima ligera y sistemáticamente el número total de días de lluvia (RR1), no obstante, el valor anual medio de la precipitación en días lluviosos (SDII) se encuentra comprendido entre los valores observados.

En el caso de las temperaturas, el modelo es capaz de reproducir con precisión la estructura espacial de las observaciones, reflejando tanto el gradiente latitudinal, como los efectos orográfico y costero presentes en la Península Ibérica, marcando unas diferencias mínimas respecto de los datos observados.

Además la evolución temporal de las temperaturas se asemeja considerablemente a los datos observados, reproduciendo fielmente los valores extremos.

El modelo PROMES reproduce con más acierto las temperaturas mínimas que las máximas, sin embargo, detecta el número total de días cálidos (SU) en cada una de las regiones estudiadas.

El hecho de haber trabajado con tres bases de datos observacionales distintas ha puesto de manifiesto las discrepancias que hay entre los datos observados y, por tanto, la incertidumbre asociada a las observaciones.

5 Referencias

- Castro M, Fernandez C, Gaertner MA (1993) Description of a meso-scale atmospheric numerical

model. In: Diaz JI, Lions JL (eds) Mathematics, climate and environment, Masson (ISBN: 2-225-84297-3), p273

- Christensen, J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. & Whetton P. (2007): Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Giorgi F, Mearns LO (1999) Introduction to special section: regional climate modeling revisited. *J Geophys Res* 104: 6335-6352

- Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, and M. New (2008), A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi: 10.1029/2008JD010201.

- S. Herrera, J.M. Gutiérrez, R. Ancell, M.R. Pons, M.D. Frías and J. Fernández (2009) Development and Analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). Submitted to *International Journal of Climatology* (<http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02>)

- Hulme M. Conway D., Jones P.D., Barrow E.M., Jiang T., Hurney c. (1995) 'A 1961–90 climatology for Europe for climate change modelling and impacts applications'. *Int J Climatol* 15:1333–1363

- Jacob D. Barring L., Christensen O., Christensen J., Castro M., Deque M., Giorgi F., Hagemann S., Hirschi M., Jones R., Kjellström E., Lenderink G., Rockel B., Sánchez E., Schar C., Seneviratne S., Somot S., Ulden A. V. & den Hurk B. V. (2007) An inter-comparison of regional climate models for Europe: model performance in present-day climate. *Climatic Change* 81 (S1), 31–52.

6 Agradecimientos

Proyecto ESCENA (expediente200800050084265, 2008-2011), Ministerio Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

Los autores agradecen a AEMET y a la UC por los datos proporcionados para la realización de este trabajo (rejilla de precipitación Spain02).

Los autores agradecen los datos E-OBS a EU-FP6, del proyecto ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org>) y la disponibilidad de los datos en el proyecto ECA&D (<http://eca.knmi.nl>).