

# RELACIÓN ENTRE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL ATLÁNTICO NORTE Y LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN LA CUENCA DEL RIO SEGURA

Raquel HORCAS CALVO\*, J. Fidel GONZÁLEZ-ROUCO\*\*, Eduardo ZORITA\*\* y Felipe FERNÁNDEZ\*

\* *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España*

\*\* *Centro de Investigación GKSS, Geesthacht, Alemania*

## RESUMEN

Se ha estudiado la relación entre la presión a nivel del mar (PNM) y las temperaturas máximas mensuales en la cuenca del río Segura durante los meses invernales (Diciembre, Enero y Febrero). Se han filtrado los datos originales con un análisis de componentes principales, seguidamente se ha realizado un análisis de correlación canónica para obtener los modos de variabilidad acoplados entre la escala local y la gran escala. Los resultados obtenidos a partir de las observaciones son comparados con los proporcionados por los datos de reanálisis de NCEP y las simulaciones del modelo climático de circulación general ECHAM4-OPYC3. Los resultados indican que las relaciones entre la PNM y las temperaturas máximas se mantienen en las tres escalas analizadas.

**Palabras clave:** Temperaturas Máximas, Circulación Atlántico Norte, *Downscaling*, Análisis de Correlación Canónica, ECHAM.

## ABSTRACT

*The relation between sea level pressure (SLP) and monthly maximum temperatures has been studied in the Segura river basin during winter months (December, January y February). The original data have been filtered with a principal component analysis. Subsequently canonical correlation analysis has been carried out to obtain the modes of associated variability between local scale and large scale. The results obtained from the observed data are compared with the data from the NCEP reanalysis and with the simulations of the general circulation climatic model ECHAM4-OPYC3. The results show the relations between SLP and maximum temperatures are maintained in the three analyzed scales.*

**Key words:** *Maximum Temperatures, North Atlantic Circulation, Downscaling, Canonical Correlation Analysis, ECHAM.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha tomado importancia el conocimiento de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas a escala regional y local. Cada vez es más urgente tomar medidas con respecto a las consecuencias que el potencial cambio climático tendrá sobre los aspectos medioambientales y socioeconómicos para la planificación de los recursos disponibles.

En la actualidad los modelos numéricos de circulación general (MCGs) son capaces de simular los campos espaciotemporales de variables climáticas a gran escala como la PNM o la temperatura en superficie. Estos MCGs son útiles herramientas para el estudio del cambio climático a gran escala, pero surge el problema de la obtención de predicciones a largo plazo de alta resolución espacial, que estos modelos todavía son incapaces de reproducir. La influencia de la topografía y otras características locales quedan filtradas con la resolución actual de los MCGs. Este trabajo se enmarca dentro de una tesis doctoral sobre cambio climático en la cuenca hidrográfica del río Segura (CHS); en una primera fase se realizó un análisis preliminar sobre la evolución de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) durante la segunda mitad del siglo XX, y se comprobó la influencia de los factores topográficos sobre ambas variables (HORCAS *et al.*, 2000). El objetivo de este trabajo es analizar que parte de la variabilidad de las temperaturas extremas en la CHS se puede relacionar con la circulación a gran escala. Para ello se ha llevado a cabo un análisis de correlación canónica (ACC), (VON STORCH y ZWIERS, 1999), con el fin de aislar los modos de variabilidad que muestran correlación máxima entre las dos escalas.

Se han analizado los vectores y componentes canónicas (VCs, CCs) resultantes del ACC entre las temperaturas máximas en la CHS y las PNM en el Atlántico Norte en tres bases de datos de diferente resolución: observaciones, reanálisis y simulaciones de un modelo climático. La coincidencia de los resultados en los tres casos hace posible la utilización del ACC para construir un modelo estadístico de predicción (MEP) que permita predecir la evolución de las temperaturas extremas en escenario de cambio climático.

En la siguiente sección se describen los datos utilizados y la metodología empleada en el trabajo, seguidamente se analizan e interpretan los patrones de variabilidad detectados para los datos observados, datos de reanálisis y simulados, y por último se presentan las principales conclusiones.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

El análisis se ha centrado en el estudio de las Tmax de los meses invernales (Diciembre, Enero y Febrero, DEF). Para ello se han utilizado las siguientes bases de datos:

– Datos observados de temperaturas máximas: Se trata de una base de datos compuesta por 45 observatorios localizados en la CHS, proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología (INM). Se han utilizado las medias mensuales de las Tmax diarias registradas en los meses invernales del período 1949 a 1997. La base de datos presentaba medidas con valores anómalos que podrían afectar los análisis siguientes. Los datos anómalos se identificaron como aquellos que superaban el límite definido por:

$$T_{da} = q_{0,75} + 3d$$

siendo  $q_{0,75}$  el tercer cuartil y  $d$  la distancia intercuartílica de la muestra correspondiente a cada observatorio. Todos los valores que superaban este umbral fueron eliminados de la muestra.

– Temperaturas máximas proporcionadas por los datos de reanálisis de NCEP del proyecto que desarrolla el Climate Research Unit (CRU, 2001) con una resolución de aproximadamente 1,8 x 1,8 grados. Se ha tomado el período comprendido entre 1958 y 1997.

– Presiones al nivel del mar en la región comprendida entre las latitudes 30N, 70N y las longitudes 70W, 40E, proporcionada por el National Center for Environmental Prediction (NCEP, 2001) con una resolución espacial de 2,5 x 2,5 grados. Esta variable contiene información de la circulación a gran escala y es bien reproducida por los MCGs. Además existen registros históricos largos. Estas características hacen que la PNM sea la variable elegida como predictora de la Tmax en la CHS.

– Simulaciones de PNM y Tmax del modelo climático de circulación general ECHAM4-OPYC3 (ROECKNER *et al.*, 1998), desarrollado por el Instituto Max-Planck de Meteorología de Hamburgo. El modelo atmosférico ECHAM es un modelo espectral con una resolución horizontal de aproximadamente 2,8 x 2,8 grados y 19 niveles verticales, que está acoplado al modelo oceánico de circulación general OPYC, con una resolución similar. Se trata de una integración transitoria en la que desde 1860 hasta 1990 se toman las concentraciones de CO<sub>2</sub> observadas en la atmósfera, y a partir de 1990 hasta el año 2100 las concentraciones estimadas por el IPCC según el escenario A (“business as usual”). En este caso el período elegido ha sido 1860 a 1950.

El análisis se ha centrado en los meses invernales de las bases de datos antes descritas; se restaron las medias mensuales climáticas a largo plazo y se eliminaron las tendencias mediante un ajuste lineal por mínimos cuadrados. Los datos resultantes se filtraron llevando a cabo un análisis de componentes principales (ACP) (PREISENDORFER, 1988), reteniendo solamente las componentes principales que mostraban más varianza explicada. Seguidamente se aplicó un ACC (BARNETT y PREISENDORFER, 1987; VON STORCH y ZWIERS, 1999) a las componentes principales seleccionadas. Las componentes canónicas resultantes muestran la evolución temporal de la intensidad de los patrones climáticos (vectores canónicos) a escala local y a gran escala que están óptimamente correlacionados.

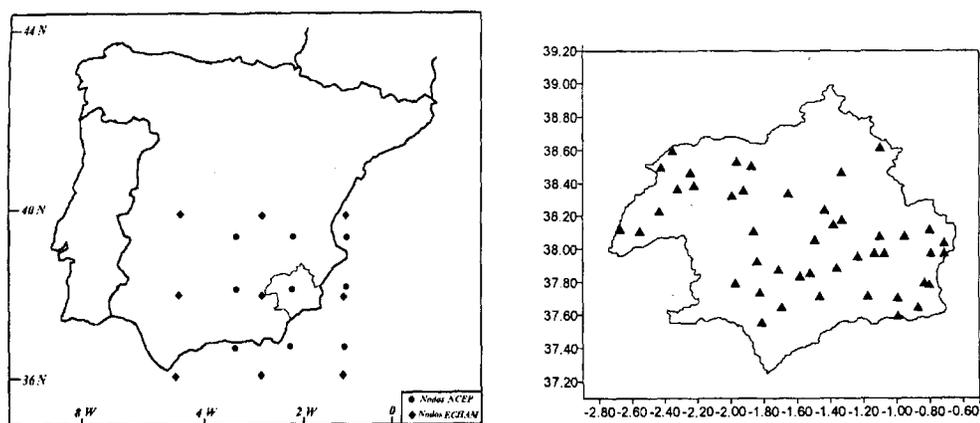


Fig. 1: Distribución de los nodos de red correspondientes a las bases de datos de NCEP y ECHAM (a) y observatorios en la cuenca del Segura (b).

### 3. PATRONES DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA

A continuación se presentan los patrones de variabilidad climática detectados en los datos observacionales, de reanálisis y simulados.

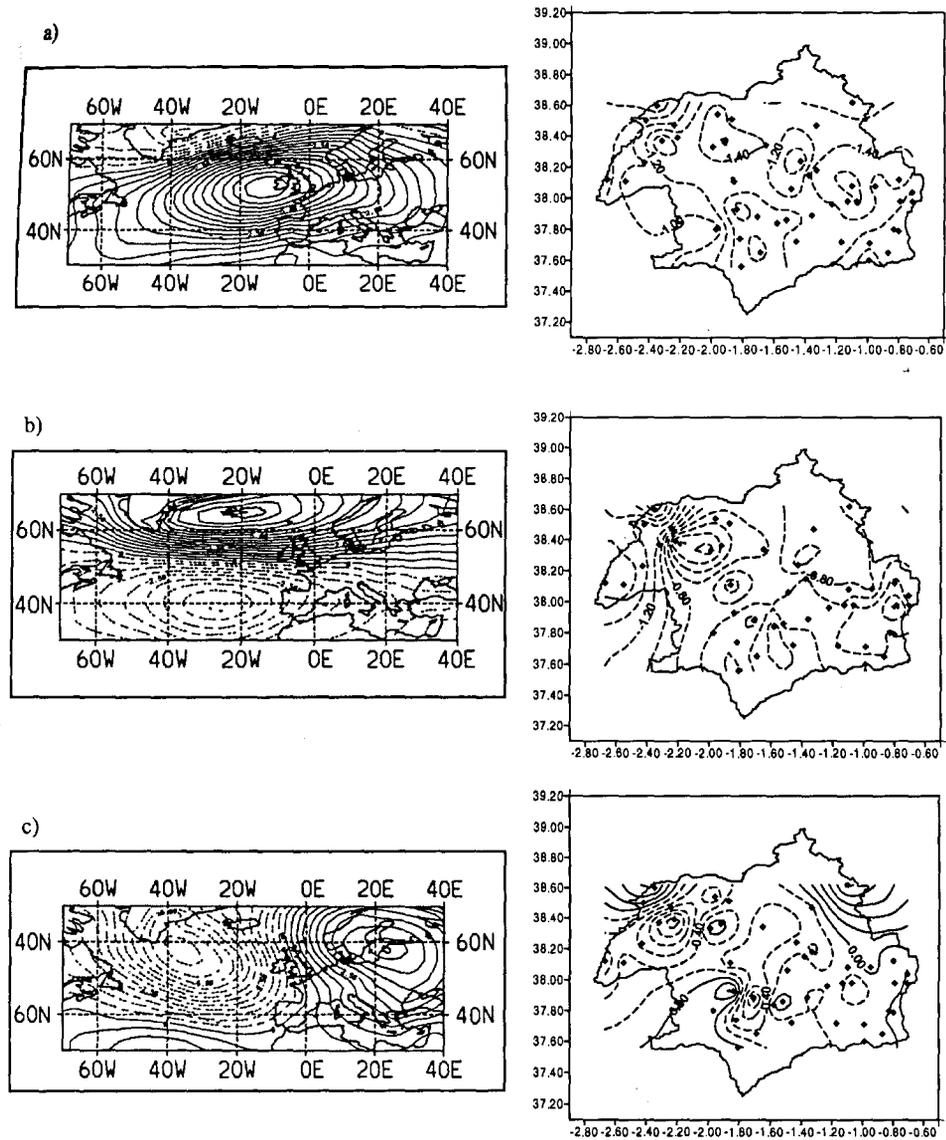


Fig 2: Vectores canónicos asociados a la primera (a), segunda (b) y tercera (c) pareja de CCs para datos observacionales.

### 3.1. Observaciones

El número de CPs retenidas del ACP fue 3 para las Tmax y 3 para las PNM. Estos valores son los que optimizan el MEP que se desarrollará en siguientes fases del estudio (no incluidas en este trabajo). Tomando 3 CPs para cada variable, la varianza explicada de las Tmax es un 72%, mientras que para las PNM la varianza que se explica es un 74%. El ACC proporciona dos modos de variación que explican la mayor parte de la variabilidad de las Tmax locales (figura 2).

La primera pareja de vectores canónicos se asocia por una correlación canónica de 0,73 (tabla 1).

Tabla 1: VALORES DE LAS CORRELACIONES CANÓNICAS

	OBSERVACIONES	REANÁLISIS	SIMULACIONES
1ª pareja canónica	0,73	0,80	0,71
2ª pareja canónica	0,32	0,61	0,51
3ª pareja canónica	0,02	0,43	0,49

Está caracterizada por un centro de anomalías positivas de PNM en el oeste de las islas Británicas que favorece la llegada de masas de aire continentales sobre la Península Ibérica. En términos generales este patrón coincide con el detectado por otros autores (GONZÁLEZ-ROUCO *et al.*, 2000 y ZORITA *et al.*, 1992). Esta situación revela anomalías negativas en las Tmax en toda la zona de estudio, ya que las masas de aire continental tienen una naturaleza fría debido a su origen subpolar. En general las anomalías negativas disminuyen a medida que se asciende en altura, posiblemente a causa de una mayor radiación en estas condiciones de días despejados. Las CCs asociadas explican un 21% y un 47% de la varianza de las bases de datos de PNM y Tmax respectivamente (tabla 2).

Tabla 2: VARIANZAS EXPLICADAS ASOCIADAS A LAS PAREJAS DE VECTORES CANÓNICOS

	OBSERVACIONES		REANÁLISIS		SIMULACIONES	
	PNM	Tmax	PNM	Tmax	PNM	Tmax
1ª pareja canónica	21	47	24	52	19	61
2ª pareja canónica	30	19	18	35	12	6
3ª pareja canónica	23	6	20	12	32	30
Total	74	72	62	99	63	97

La segunda pareja de vectores canónicos está asociada por una correlación de 0,32. Los porcentajes de varianza asociados a las CCs son 30% y 19% para PNM y Tmax respectivamente. Este patrón muestra una estructura dipolar con anomalías de signo positivo centradas sobre Islandia y anomalías negativas centradas sobre las islas Azores. Este patrón, que es esencialmente una situa-

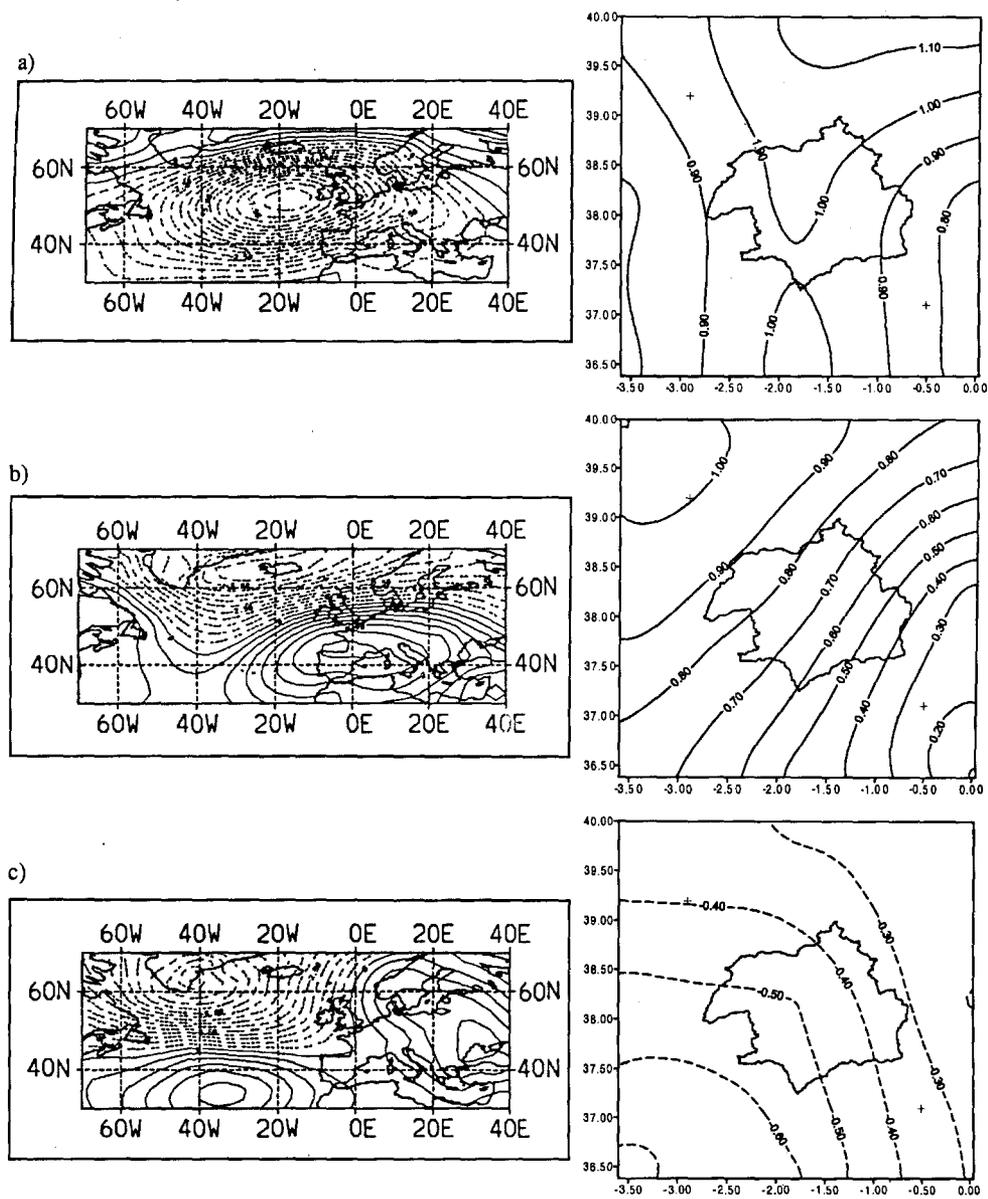


Fig. 3: Vectores canónicos asociados a la primera (a), segunda (b) y tercera (c) pareja de CCs para datos de reanálisis.

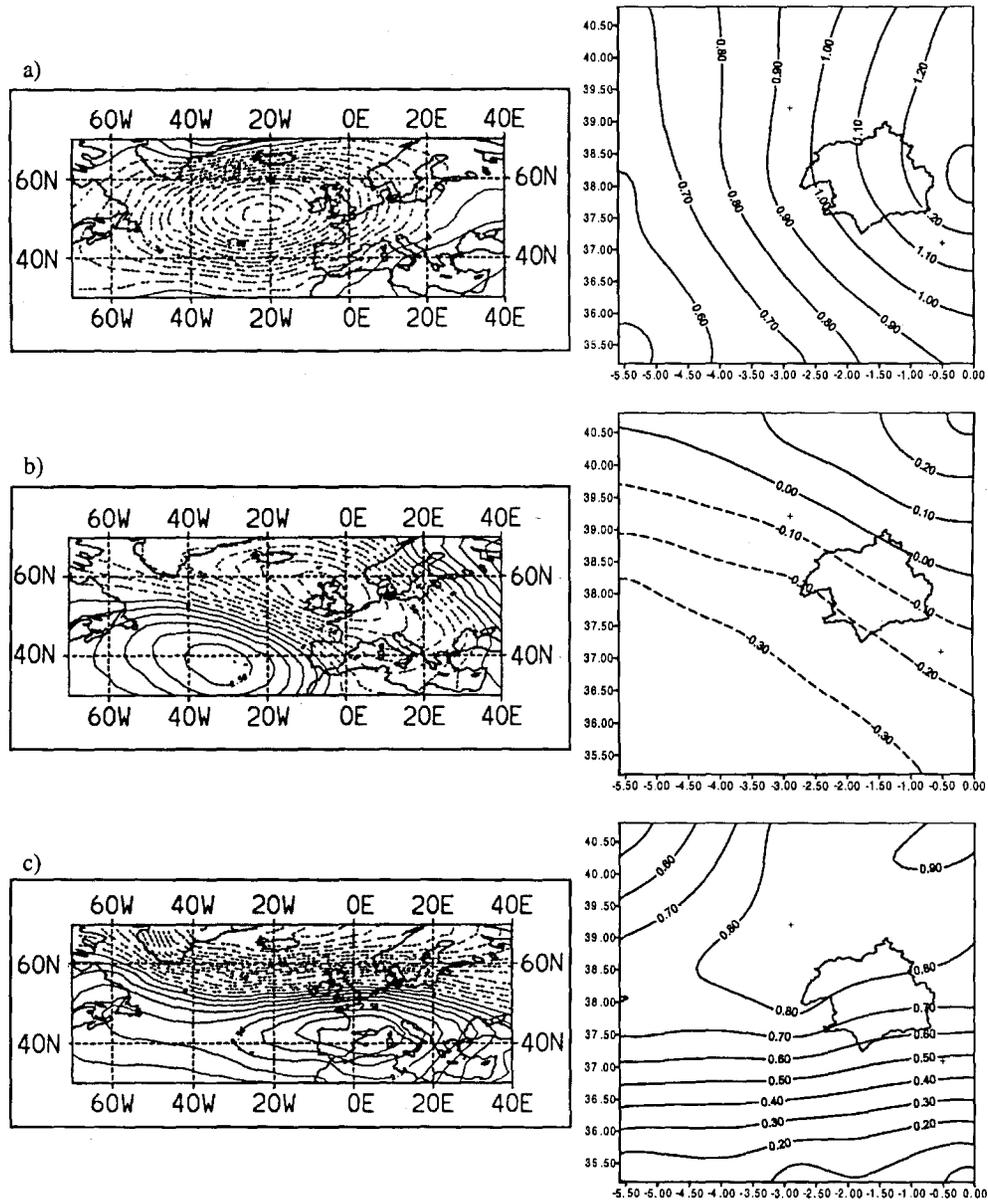


Fig. 4: Vectores canónicos asociados a la primera (a), segunda (b) y tercera (c) pareja de CCs para datos simulados.

ción de debilitamiento de la NAO, está asociado a un patrón de anomalías de Tmax con valores negativos en prácticamente toda la región de estudio, más acentuadas en la región montañosa por el carácter borrascoso de la situación, que lleva asociado menor radiación.

### 3.2. Reanálisis

Tras el ACP se tomaron 5 CPs de PNM que acumulaban un 89% de la varianza, y 3 CPs de Tmax de reanálisis que acumulaban un 97%. Los 3 pares de vectores canónicos detectados reflejan la relación entre los patrones climáticos a gran escala y el clima regional en la figura 3.

La primera pareja canónica se une por un valor de correlación canónica de 0,80 y presenta estructuras espaciales que explican un 24% y 52% de la varianza de PNM y Tmax respectivamente. El primer patrón de anomalías b́aricas muestra la misma estructura que en el caso de las observaciones con el signo cambiado, por lo que la misma explicación sigue siendo v́alida. En estas circunstancias se detectan anomalías positivas en las Tmax regionales, resultado del paso de masas de aire oceánicas de componente oeste.

Se observa que el segundo par de CCs que está correlacionado por un valor de 0,61 y presenta estructuras espaciales que explican un 18% y un 35% de las varianzas de PNM y Tmax. Los vectores canónicos ilustran la asociación de anomalías negativas de presión en el centro del Atlántico Norte y positivas sobre la Península Ibérica. Estas anomalías positivas de PNM sobre la Península dan lugar a situaciones anticiclónicas que causan anomalías positivas en las Tmax en toda la región de estudio. Este patrón ha sido detectado para el caso de la precipitación peninsular por GONZÁLEZ-ROUCO *et al*, 2001.

El tercer par de CCs está unido por un valor de correlación canónica de 0,43 y explica un 20% y 12% de la varianza de las PNM y Tmax respectivamente. Esta situación muestra una gran similitud con el segundo par de CCs explicado para datos observacionales, aunque en este caso el dipolo b́arico queda ligeramente desplazado hacia el oeste y de signo contrario, con el centro de bajas presiones localizado sobre Groenlandia. Bajo estas circunstancias las anomalías de Tmax se muestran positivas.

### 3.3. Simulaciones

Para los datos simulados por el modelo ECHAM4-OPYC3, al igual que en el caso de los datos de reanálisis, se retuvieron 5 CPs de PNM, que acumulan un 73% de la varianza, y 3 CPs de Tmax que acumulan un 97%. Las parejas canónicas (figura 4) tienen una gran similitud con las ya comentadas para el caso de los reanálisis, mostrando un cambio de posiciones entre la segunda y tercera parejas con respecto al caso anterior.

La primera pareja de vectores canónicos muestra la misma estructura ya explicada para los casos anteriores. Sus vectores tienen una correlación canónica de valor 0,71 y explican un 19% y un 61% de las varianzas de PNM y Tmax.

El segundo par de CCs muestra gran relación con el tercer caso de los datos de reanálisis. El dipolo b́arico rota, adquiriendo un eje NE-SW que está correlacionado con un valor de 0,51 con el patrón de anomalías negativas detectado en toda la cuenca.

La tercera pareja canónica coincide en esencia con la segunda pareja detectada en los reanálisis.

El valor de correlación canónica de este par es 0,49 y su estructura espacial explica un 32% y un 30% de las varianzas de PNM y Tmax. De nuevo el anticiclón centrado sobre la Península Ibérica es responsable de las anomalías positivas registradas para las Tmax.

#### 4. CONCLUSIONES

Se han detectado tres estructuras que expresan patrones de variabilidad climática asociada entre las temperaturas máximas y la circulación a gran escala; de ellos, el que explica mayor porcentaje de la varianza de las Tmax está relacionado con una situación de anomalías centrada sobre las islas Británicas.

El 72% de la variabilidad de temperaturas máximas invernales observadas está asociado a patrones concretos de circulación a gran escala.

Los factores topográficos muestran influencia local, hecho que se ve reflejado en el comportamiento de las anomalías de Tmax a esta escala.

En términos generales las parejas canónicas son similares para los tres casos analizados: observaciones, reanálisis y simulaciones. Esta coincidencia proporciona significación física a los patrones de Tmax encontrados, incluso en el caso de los que tiene menores correlaciones canónicas, si se tienen en cuenta el carácter independiente de las tres bases de datos de temperaturas utilizadas. Por otro lado, este acuerdo valida también las simulaciones del modelo ECHAM en esta zona, puesto que es capaz de reproducir estructuras encontradas en los datos observacionales.

El grado de similitud entre los resultados obtenidos con las tres bases de datos es mayor entre los datos de reanálisis y simulados. Se detectan los mismos patrones.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

La financiación para llevar a cabo parte de este trabajo ha sido proporcionada por el Ministerio de Educación y Cultura como ayuda para la estancia de Raquel Horcas en el Instituto de Hidrofísica del GKSS Research Centre (Geesthacht, Alemania), para complementar la investigación de su tesis doctoral que dirige el Dr. Felipe Fernández.

#### 6. REFERENCIAS

BARNETT, F.P. y PREISENDORFER, R. (1987): "Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for the United States surface air temperature determined by Canonical Correlation Analysis". *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1825-1850.

CRU (2001): "*Climate Research Center, University of East Anglia On-Line*". <http://www.cru.uea.ac.uk>

GONZÁLEZ-ROUCO, J.F., HEYEN, H., ZORITA, E. y VALERO, F. (2000): "Agreement between rainfall trends and climate change simulations in the southwest of Europe". *Journal of Climate*, 13, 3057-3065.

GONZÁLEZ-ROUCO, J.F., JIMÉNEZ J.L., QUESADA, V. y VALERO, F. (2001): "Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe". *Journal of Climate*, 14, 964-978.

HORCAS CALVO, R., RASILLA, D. y FERNÁNDEZ, F. (2000): "Temperature variations and trends in the Segura river basin: an exploratory analysis". En "*Detection and modeling of recent climate change and its effects on a regional scale*" (en prensa).

NCEP (2001): "*Climate Diagnostics Center NOAA-CIRES On-Line*". <http://www.cdc.noaa.gov>

PREISENDORFER, R.W. (1988): "*Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*". C. D. Mobley (ed), Elsevier, Amsterdam.

ROECKNER, E. *et al.* (1988): "*Transient Climate Change Simulation with a complete atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulphur cycle*". Max Planck Institut fuer Meteorologie Report, n° 266.

VON STORCH, H. y ZWIERS, F. (1999): "*Statistical Analysis in Climate Research*". Cambridge University Press, 528 pp.

ZORITA, E., KHARIN, V. y VON STORCH, H. (1992): "The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation". *Journal of Climate*, 5, 1097-1108.