

ANÁLISIS MEDIANTE CORRELACIONES CANÓNICAS (CCA) DE LAS PRECIPITACIONES INVERNALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA CON RELACIÓN CON LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN 500 HPA.

Lidia GÓMEZ*/**, Javier MARTÍN-VIDE**, Jürg LUTERBACHER* y Heinz WANNER*

**Climatology and Meteorology. Institute of Geography, University of Bern.*

***Grupo de Climatología. Dpto. Geografía Física y AGR. Universidad de Barcelona*

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran cuáles son las características espacio-temporales de la precipitación invernal en la PI en relación con la altura de geopotencial de 500hPa, mediante el análisis en Correlaciones Canónicas (CCA). Se han tomado 42 observatorios de la Península y Baleares para el período 1958-94, y se considera invierno los meses de diciembre, enero y febrero. Se han seleccionado 3 pares canónicos, que con correlaciones superiores al 0.7, llegan a explicar el 62.8% de la varianza de la precipitación invernal peninsular. Se han construido mapas-compuestos de los 5 años más lluviosos y secos en relación a los valores más elevados (positivos y negativos) de la serie temporal de la precipitación de la primera CCA. Se han correlacionado estas series con algunas teleconexiones del hemisferio norte, (NAO, EU1 y EU2) para conocer qué combinación produce años con exceso o déficit de precipitación invernal.

Palabras clave: precipitación, Correlaciones Canónicas, Península Ibérica, geopotencial en 500 hPa, distribución espacio-temporal, mapas-compuestos, patrones de teleconexión.

ABSTRACT

The characteristics of the spatial and temporal distribution of winter precipitation over the Iberian peninsula (PI) is related to the 500 hPa geopotential height fields using Canonical Correlations Analysis (CCA). We used 42 stations covering the winter months (DJF) during the period 1958-1994. Three canonical pairs have been selected, with correlation values over 0.7. They explain 62.8% of the peninsular winter precipitation. We have constructed composites of winter precipitation based on the most positive and negative values of the first CCA timeseries. Normalized time components of the first and second CCA have been correlated with several Northern Hemisphere Teleconnection patterns (NAO, EU1 and EU2) in order to understand better which combination is connected with above or below normal winter precipitation over the PI.

Key words: precipitation, Canonical Correlations, Iberian peninsula, 500 hPa geopotential height, spatial and temporal distribution, composites, teleconnection patterns.

1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

La irregular distribución de las precipitaciones en la península Ibérica (PI), tanto a nivel espacial como temporal, provoca desde problemas derivados de la escasez de agua hasta graves inundaciones producto de la persistencia o de la intensidad del fenómeno. La situación y posición de la PI (latitud y longitud), a caballo entre la circulación típica de latitudes templadas (*westerlies* y depresión de Islandia) y subtropicales (anticiclón de las Azores), junto a su complejo relieve y la distancia al mar, además de estar rodeada de masas de agua, con distintas temperaturas superficiales, constituyen los factores geográficos que determinan la distribución general de la precipitación en la Península. A lo largo del mes de diciembre del 2000 se ha observado repetidamente cómo potentes perturbaciones se ubicaban al oeste de Finisterre, y ganaban terreno por el occidente peninsular, produciendo precipitaciones cuantiosas, e incluso inundaciones en esta área. El índice NAO de diciembre de 2000 fue de -1.41 (www.cru.uea.ac.uk). Por este motivo es de sumo interés conocer cuáles son los patrones concretos que a 500 hPa se corresponden con distribuciones espaciales de precipitación determinadas. En este estudio se ha optado por el análisis de correlaciones canónicas (CCA), ya utilizadas por ZORITA *et al.* (1992), VON STORCH *et al.* (1993), CONDE (1997), QUIAN *et al.* (1998), UCEDA *et al.* (1999) y VÁZQUEZ (1999a, b) para el conjunto o alguna región del territorio peninsular. Estudios similares han sido llevados a cabo por XOPLAKI *et al.* (2000) en Grecia, BUSUIOC y VON STORCH (1996) en Rumania, DELITALIA *et al.* (1998) en Cerdeña y BELAASAAL (2000) en Marruecos; GÓMEZ *et al.* (2000a), PIERVITALI *et al.* (1997) y CORTE-REAL *et al.* (1995), entre otros, se han ocupado del Mediterráneo y sus tierras colindantes. La acusada influencia de la NAO en invierno en la costa norteafricana (LAMB y PEPLER, 1989) y la Península pone de manifiesto la importancia de este patrón de variabilidad respecto de la precipitación, al que hay que añadir los EU1, EU2 y EA (ZORITA *et al.*, 1992; RODÓ *et al.*, 1997; CORTE-REAL *et al.*, 1998; RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.*, 1999; VÁZQUEZ, 1999a, b; WIBIG, 1999; GÓMEZ *et al.*, 2000b).

2. DATOS Y METODOLOGÍA

En este trabajo se han utilizado dos tipos de datos distintos: la altura geopotencial en 500 hPa en invierno, y la precipitación para el período comprendido entre 1958 y 1994. Los primeros, cada 6 horas, proceden del NCEP/NCAR 40 Years Reanalysis Project (KALNAY *et al.*, 1996), con una rejilla de 2.5×2.5 de longitud y latitud. La ventana de estudio comprende 561 puntos, entre las longitudes 30W-50E, y las latitudes 30N-70N (fig.1).

Los registros pluviométricos están formados por los valores de 42 observatorios peninsulares, 4 en Portugal, 38 en España (2 en Baleares), procedentes del Servicio Meteorológico portugués y del INM (INM, 1996). En su selección han primado criterios de calidad de series y de distribución espacial en el territorio. Los registros son de carácter mensual y continuo durante el período de estudio. Se considera invierno el trimestre constituido por los meses de diciembre, enero y febrero, para establecer comparaciones con otros estudios climatológicos.

El análisis canónico (CCA) de las Componentes Principales (CP) seleccionadas de estos dos grupos de datos permitirá encontrar relaciones causales entre la circulación a gran escala (altura geo-

potencial en 500hPa) y la precipitación en la PI. El análisis de las CP se ha realizado de forma separada para cada grupo de datos, previamente estandarizados, reteniéndose para cada caso las que explican el 90% de la varianza: las 7 primeras en el análisis de los geopotenciales, y 12 de la precipitación (PREISENDORFER, 1988, VON STORCH y ZWIERS, 1999). Las CCA determinan óptimos pares de patrones espaciales de modo que la correlación entre sus coeficientes sea máxima, y, su correlación temporal, óptima. Así, las anomalías de altura de geopotencial en 500hPa, expresadas en metros (m_g), delatarán anomalías de precipitación (mm), positivas y/o negativas en cada uno de los casos, formando pares de máxima correlación entre ellos, y mostrando también la evolución temporal (fases positiva o negativa) a lo largo del período de estudio.

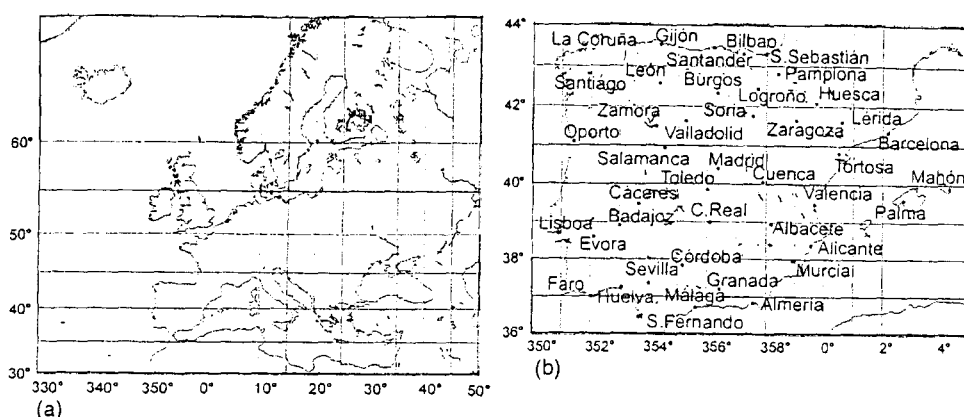


Fig.1. (a) Distribución de los 561 puntos de la malla, de 2.5 long x 2.5 lat. (b) Distribución geográfica de los 42 observatorios pluviométricos considerados

Con el fin de mostrar cómo esos patrones de precipitación tienen su reflejo en años concretos, se han construido mapas-compuestos (*composites*) con las series temporales normalizadas de precipitación de la ICCA. Se han seleccionado, para ello, los valores positivos y negativos por encima de 0.7 y por debajo de - 0.7, respectivamente, que corresponden a 5 inviernos en cada caso. Se han realizado también correlaciones entre las distintas series temporales de las CCA y los índices de teleconexión del hemisferio norte, cuyos datos proceden de www.ncep.noaa.gov.

3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CCA DE INVIERNO

3.1. Distribución espacio-temporal del primer par canónico

El primer par canónico de invierno muestra una correlación de 0.89 entre las anomalías de altura geopotencial en 500hPa y de precipitación en la Península y Baleares.

El mapa de anomalías de altura geopotencial en 500hPa (fig.2a), que explica el 14.9% de la varianza, muestra una extensa área de anomalías negativas centrada al oeste de Finisterre, de modo que la mitad oeste y el centro de Europa se halla bajo su radio de acción. Flujos de componente W-SW

penetran por la fachada atlántica peninsular incrementado apreciablemente (anomalías positivas) las cantidades de precipitación invernal (fig.2b). El carácter positivo de las anomalías de precipitación prevalece en gran parte del territorio peninsular, a excepción del Cantábrico oriental (San Sebastián, Bilbao y Santander). Esta distribución espacial de las anomalías de lluvia en invierno explica el 39.53% de la varianza. En su modo negativo, un potente anticiclón ubicado frente a las costas gallegas a 500 hPa envía flujos del NNE a todo el territorio, que producen escasos incrementos de precipitación en las montañas pirenaicas y del Cantábrico oriental.

La distribución espacial de las anomalías de altura geopotencial en 500 hPa y de precipitación del primer par de CCA, recuerdan las 1EOF de cada una de las variables. En el primer caso, el centro de la anomalía negativa se desplaza hacia el oeste peninsular, pero se mantiene la estructura dipolar.

La correlación temporal entre la serie de anomalías del geopotencial en 500 hPa y de precipitación es de 0.89 (fig.2c). El valor de cada uno de los coeficientes del primer par canónico muestra una ligera tendencia al descenso que delata un incremento de situaciones estables, en forma de anticiclón al oeste de Finisterre. En este caso, los inviernos son predominantemente secos, tal y como ocurrió en 1980-81, 1988-89 y 1992-93. En el otro extremo aparecen los inviernos de 1976-77 y 1978-79, que destacan como lluviosos, de forma especial en el sector oeste de la PI.

El coeficiente temporal de las precipitaciones de invierno muestra una correlación de -0.71 con la NAO, de -0.45 con la EU2 y de 0.41 con la EU1.

3.2. Distribución espacio-temporal del segundo par canónico

Los coeficientes temporales del segundo par canónico muestran una correlación de 0.84, y la varianza explicada por cada uno de ellos es del 14.81% de las anomalías de geopotencial y 12.57% de las de precipitación invernal.

Las anomalías positivas de altura geopotencial en 500hPa aparecen en prácticamente todo el territorio europeo, cuyo centro se sitúa en el canal de la Mancha, cubriendo parte de Inglaterra, Francia y Benelux, hasta los Alpes, mientras que las negativas predominan hacia el Mediterráneo oriental, mar Negro, Rusia y Finlandia. La potente anomalía positiva a 500 hPa del canal de la Mancha es la causante de leves incrementos de precipitación en la costa mediterránea (anomalías positivas), y de un acusado déficit de lluvia (anomalías negativas) en el tercio norte peninsular, especialmente en lugares costeros (unos 50 mm), donde los flujos aéreos poseen componente S-SE, terral (fig.2d-e).

En la fase opuesta, la anomalía de altura geopotencial sobre el Benelux es de carácter negativo, de modo que los vientos del NW entran por la fachada cantábrica principalmente, produciendo incrementos de precipitación en el tercio norte peninsular (en torno a unos 40 mm), con preferencia en el sector del golfo de Vizcaya.

Las series temporales normalizadas de ambas variables muestran, en su comportamiento durante los 36 años de estudio, una tendencia al aumento de las situaciones anticiclónicas en 500 hPa. En consecuencia, con coeficientes positivos, los inviernos de 1974-75, 1989-90, 1991-92 y 1992-93 dejaron un marcado déficit de precipitación en el tercio norte peninsular. Sin embargo, con coefi-

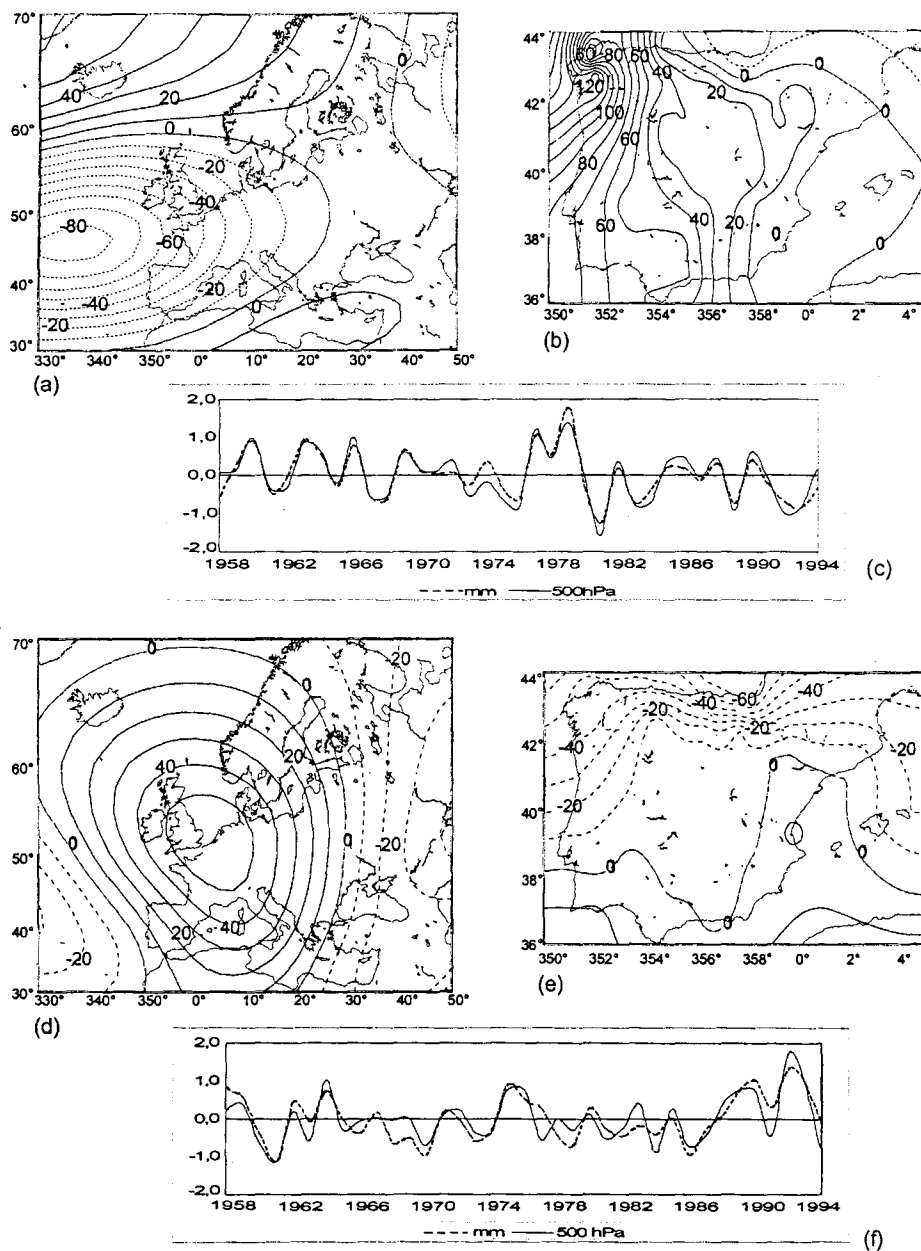


Fig.2. Patrones del primer par canónico de (a) anomalías de altura geopotencial (en mgs) y (b) de la precipitación de invierno (anomalías en mm). (c) Series temporales normalizadas del primer par canónico. Las letras (d), (e) y (f) se refieren al segundo par canónico

cientes negativos, como ocurrió en los inviernos de 1960-61, 1969-70 y 1985-86, los incrementos de precipitación por encima de la normal adquieren en esa zona la misma dimensión. En el resto de la PI apenas se producen cambios significativos en el total de precipitación (10 mm). La correlación que se establece entre el coeficiente temporal de la precipitación del segundo par canónico y la EU2 es de 0.3, y de -0.29 con la EU1.

3.3. Distribución espacio-temporal del tercer par canónico

La correlación entre las anomalías de la topografía de 500hPa y de la precipitación es de 0.70, y explica cada una de ellas el 9.8% y el 10.7% de la varianza, respectivamente.

Las anomalías de altura geopotencial en 500 hPa muestran un área de signo positivo ubicada al oeste de Irlanda, y anomalías de signo contrario centradas al sur de la PI y norte de Marruecos. Los incrementos de precipitación (anomalías positivas) se centra en Andalucía y en la franja mediterránea, en especial en Baleares, vinculados a flujos de componente SW; las precipitaciones invernales inferiores a las normales (anomalías negativas) se ubican especialmente en el cuadrante noroccidental peninsular. En su modo negativo, anomalías positivas de geopotencial rigen el tiempo de la PI e impulsan vientos de componente SW hacia la mitad norte de la fachada atlántica, produciendo precipitaciones por encima de las normales para la época.

Las series temporales normalizadas toman valores positivos durante los inviernos de 1964-65, 1970-71 y 1975-76, y negativos en 1965-55 y 1978-79. Los valores de la serie temporal de la precipitación muestran correlaciones negativas con la EA (-0.44) y la NAO (-0.15).

4. DISCUSIÓN

Tras exponer brevemente cuáles son los patrones, obtenidos a través de las CCA, de la distribución espacial y temporal de las anomalías de altura geopotencial en 500 hPa y de precipitación, se pretende incidir en los mapas-compuestos de precipitación, y en la relación con los patrones de baja variabilidad que rigen el tiempo en Europa (BARNSTON y LIVEZEY, 1987, VÁZQUEZ, 1999a, WIBIG, 1999).

Los mapas-compuestos se han construido a partir de la serie temporal normalizada de precipitación de la 1CCA, con los inviernos cuyo valor era positivo por encima de 0.7, o negativo, con valores inferiores a -0.7. Lo que se pretende es mostrar, a partir del patrón general, las pautas espaciales de los inviernos lluviosos y los secos. Las fig.3b-c presentan los incrementos y descensos de precipitación con respecto a la normal de invierno entre del período 1958-1994 (fig.3a).

En el caso de los inviernos lluviosos, se han seleccionado los valores de precipitación correspondientes a 1959-60, 1962-63, 1965-66, 1976-77 y 1978-79. Estos dos últimos son los que poseen valores positivos más elevados en la serie temporal de precipitación de la 1CCA. La figura resultante muestra incrementos de precipitación en prácticamente todo el territorio, excepto en los observatorios de Mahón y San Sebastián (negativos), destacando con valores elevados la fachada occidental peninsular, y, en ella, Córdoba, con 215mm, y Santiago de Compostela, con 436mm. En los inviernos secos considerados, 1980-81, 1982-83, 1988-89, 1991-92 y 1992-93, destacan los elevados déficits en gran parte de la PI, muy en especial en Galicia, donde Santiago de Compos-

tela presenta una anomalía negativa de 408mm. Incrementos anecdóticos de lluvia se aprecian en Valencia (3.3mm) y Murcia (9.9mm).

Los mapas resultantes no difieren de forma apreciable del patrón de distribución espacial de precipitación mostrado en la ICCA, ni entre sí, quedando atravesada la Península Ibérica por isopletas meridianas. Una especial mención merecen las diferencias relativas de precipitación en Andalucía occidental, con promedio invernal algo superior a 200mm, entre los años lluviosos y los secos. En los primeros los incrementos son de entre 120 y 210mm, lo que da lugar a totales invernales de más de 300mm a 450mm. Por el contrario, la reducción en los años secos es drástica, dejando el total del trimestre entre sólo 30mm y menos de 100mm en muchos lugares.

Tanto en las series temporales normalizadas de la ICCA como, de forma especial, en la 2CCA se aprecia en la década de los 90 un aumento de las situaciones que producen escasez de precipitación en la PI, protagonizada por altas presiones ubicadas frente a la PI o en centro-europa (anticiclón de bloqueo). FERNÁNDEZ y RASILLA (2000) detectan un incremento de las situaciones

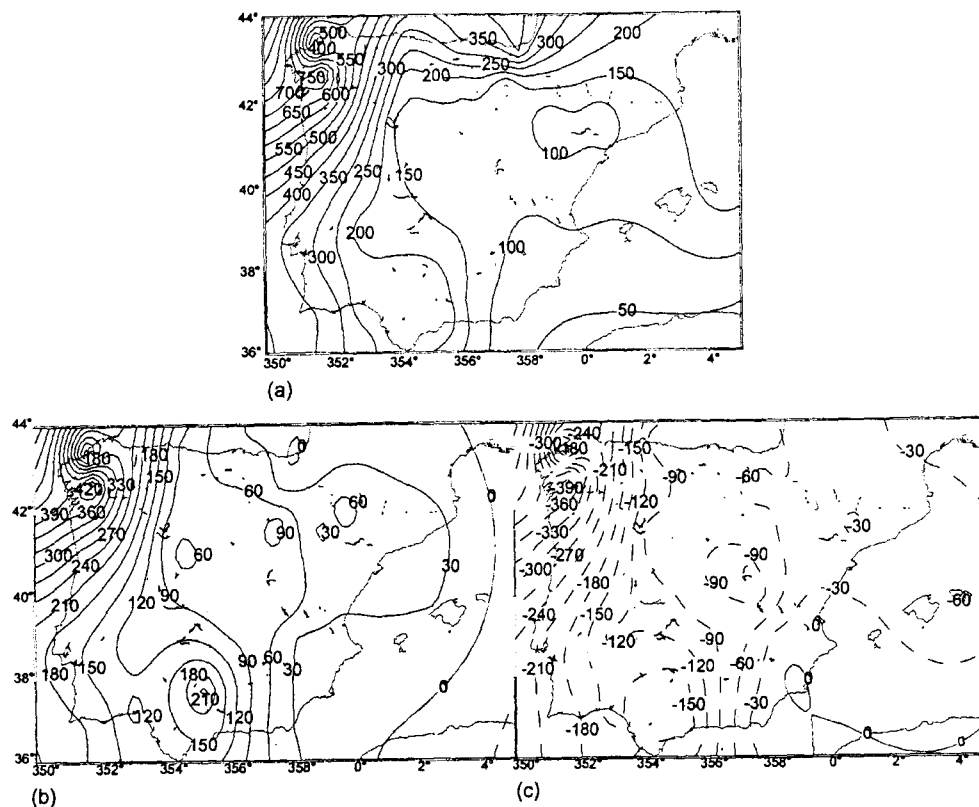


Fig. 3. Mapas de precipitación invernal en la PI. (a) Promedio de la precipitación invernal 1958-1994; (b) mapas compuestos de la precipitación promedio de los inviernos lluviosos de 1959-60, 1962-63, 1965-66, 1976-77 y 1978-79; (c) mapas-compuestos de la precipitación promedio de los inviernos secos de 1980-81, 1982-83, 1989-90, 1991-92, 1992-93.

de anticiclones de bloqueo, y de días anticiclónicos en invierno, a la vez que los análisis de MEYHÖFER *et al.* (1996), y SCHÖNWIESE *et al.* (1994) para el trentenio 1960-90, muestran sendas tendencias al aumento de la presión superficial y la altura geopotencial en invierno y en el área de estudio.

En invierno, el patrón de anomalías de la altura geopotencial de la ICCA muestra una estructura dipolar norte-sur, más evidente en la CP1, que recuerda a la estructura de la NAO, en este caso con signo negativo (correlación -0.73).

La distribución de la precipitación derivada en este modo de variabilidad de baja frecuencia (correlación -0.71) muestra incrementos importantes en el centro y suroeste peninsular, mientras que las franjas cantábrica y mediterránea oriental quedan al margen de la influencia de este patrón, con diferencias escasas, o incluso de carácter negativo (GÓMEZ, *et al.* 1999; MARTÍN-VIDE, 1998; MARTÍN-VIDE, *et al.* 2000). Los trabajos de ESTEBAN-PARRA *et al.* (1998) y VÁZQUEZ (1999a, b) presentan distribuciones semejantes de la precipitación, y del agua acumulada en la cuencas respectivamente, consistentes con los patrones de lluvia expuestos. RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.* (1999) enseña que la 1EOF rotada de la precipitación invernal, con similar patrón espacial de la precipitación, en la fachada atlántica y el suroeste, está correlacionado con los índices negativos de la NAO, y de la POL. En Portugal ULBRICH *et al.* (1999) presenta un patrón sinóptico y de evolución temporal similar, con inviernos lluviosos en 1976-77 y 1978-79, y secos en 1980-81 y 1988-89. El carácter húmedo de 1976-77 y seco de 1980-81 se extiende a todo el año hidrológico (TRIGO y DaCAMARA, 2000)

Los modos de baja variabilidad que más influyen en la PI en invierno parecen ser la NAO y EU2, ya que controlan la ubicación de los dos centros de alta presión con mayor influencia en la PI, y por extensión en Europa (KATSOULIS *et al.*, 1998). Así, los inviernos más lluviosos se suelen producir con índices NAO y EU2 negativos, matizados por la EU1, bien de valor positivo o negativo. Para el conjunto del territorio peninsular VÁZQUEZ (1999a, b) muestra que en invierno, considerando como tal los meses de diciembre, enero y febrero, la NAO discrimina el carácter seco o lluvioso del mismo, mientras que la EU1 y EU2 matizan los sectores donde será más evidente esta característica. En relación con esta idea, se ha observado que un índice NAO positivo, acompañado de un índice EU2 positivo y uno EU1 negativo es la combinación ideal para inviernos muy secos en la PI, como fueron los casos de 1982-83, 1988-89, 1991-92 y 1992-93.

5. CONCLUSIONES

Este estudio ha mostrado, utilizando las Correlaciones Canónicas, la relación existente entre la distribución espacial de las anomalías de altura geopotencial en 500 hPa y la de la precipitación en la PI, así como su evolución temporal, en tres pares canónicos. Estos patrones explican el 62.8% de la varianza de la precipitación peninsular. Los coeficientes de correlación entre pares han estado en los tres casos por encima del 0.7. Se advierte una tendencia al incremento de las situaciones invernales regidas por anticiclones (extensión del de Azores o del centroeuropeo) en las series temporales normalizadas de la primera y segunda CCA, durante los noventa. Se ha caracterizado la distribución espacial del incremento o descenso de precipitación en los años lluviosos y secos de la ICCA mediante mapas-compuestos, y se ha mostrado cuál es la combinación de patrones de

baja variabilidad (NAO y EU2 principalmente) que contribuyen al carácter lluvioso o seco del invierno.

6. AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha contado con ayudas procedentes de una Beca post-doctoral Ramón Areces, el Proyecto CLI98-0930-C02-02 y el Grup de Climatologia (Generalitat de Catalunya). Asimismo, se elaboró, parcialmente, en el Parc Científic (UB).

7. REFERENCIAS

- BARNSTON, A.G. y LIVEZEY, R.E. (1987): "Classification, seasonality, and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns". *Monthly Weather Review*, 115, 1083-1126.
- BELAASAAL, A. (2000): "Étude des relations entre les variations des précipitations au Maroc et celles du geopotentiel a 700 hPa par la méthode d'analyse canonique". *13e. Colloque International de Climatologie: Risques et contraintes climatiques*. Niza, 6-8 septiembre. En revisión.
- BUSUIOC, A. y VON STORCH, H (1996): "Changes in the winter precipitation in Romania and its relation to the large-scale circulation". *Tellus*, 48A, 538-552.
- CONDE, J. (1997): "Downscaling of global climate characteristics to regional scales: an application to winter mediterranean rainfall". *INM/WMO International Symposium on Cyclones and hazardous weather in the Mediterranean*. Ministerio de Medio Ambiente, INM. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca, 583-588.
- CORTE-REAL, J., QUIAN, B. y XU, H. (1998): "Regional climate change in Portugal: precipitation variability associated with large-scale atmospheric circulation". *International Journal of Climatology*, 18, 619-635.
- CORTE-REAL, J., ZHANG, X. y WANG, X. (1995): "Large-scale circulation regimes and surface climatic anomalies over the Mediterranean". *International Journal of Climatology*, 15, 1135-1150.
- DELITALIA, A., CESARI, D., CHESSA, P. y WARD, N. (1998): "Precipitation over Sardinia (Italy) during the 1946-1993 rainy seasons and associated large-scale climate variations". *Proceedings of Climate and Environmental Change*. IGU. Evora. Portugal, 85.
- ESTEBAN-PARRA, M.J., RODRIGO, F.S y CASTRO-DIEZ, Y (1998): "Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992". *International Journal of Climatology*, 18, 1557-1574.
- FERNÁNDEZ, F. y RASILLA, D. (2000): "Variaciones seculares de la circulación atmosférica a escala sinóptica sobre la Península Ibérica". *Detection and Modelling of the Recent Climate Change and their Effects in a Regional Scale*, 38.

GÓMEZ, L., LUTERBACHER, J., MARTÍN-VIDE, J., XOPLAKI, E., ALCOFORADO, M.J. y WANNER, H. (2000a): "Spatial winter rainfall distribution over the Iberian Peninsula and Greece and its relation to the large scale 500 hPa circulation". *Detection and Modelling of the Recent Climate Change and their Effects in a Regional Scale*. Tarragona. Aceptado.

GÓMEZ, L., LUTERBACHER, J., MARTÍN-VIDE, J., ALCOFORADO, M.J., MONTÓN, E. y WANNER, H. (2000b): "Distribution spatiale des précipitations d'hiver sur la Péninsule Ibérique et leurs relations avec la circulation à 500 hPa". *13e. Colloque International de Climatologie: Risques et contraintes climatiques*. Niza, 6-8 septiembre. En revisión.

GÓMEZ, L., MARTÍN-VIDE, J. y WANNER, H. (1999): "Influencia de la NAO en la precipitación y en la probabilidad de días lluviosos de diciembre en la España peninsular (1941-1994)". En RASO, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.) "*La Climatología española en los albores del siglo XXI*". Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, n 1, pp. 217-225.

Índice NAO actual: www.cru.uea.ac.uk

Índices normalizados de las teleconexiones del hemisferio norte: www.ncep.noaa.gov

INM (1996): "*Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*". Madrid.

KALNAY, E. *et al.* (1996): "The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project". *Bull. American Meteorological Society*, 77, 437-471.

KATSOULIS, B.D., MAKROGIANNIS, T.J. y GOUTSIDOU, Y.A. (1998): "Monthly anticiclonicity in Southern Europe and the Mediterranean region". *Theoretical and Applied Climatology*, 59, 51-59.

LAMB, P.J. y PEPPLER, R.A. (1987): "North Atlantic Oscillation, concept and application". *Bulletin American Meteorological Society*, 68, 1218-1225.

MARTÍN-VIDE, J. (1998): "The dependence of the precipitation in Spain on the NAO". *Proceedings of Climate and Environmental Change*. IGU. Evora. Portugal, 75.

MARTÍN-VIDE, J., BARRIENDOS, M., PEÑA, J.C., RASO, J.M., LLASAT, M^a.C. y RODRÍGUEZ, R. (2000): "Potencialidad del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviosidad en España". *Gerencia de Riesgos*, XVII (67), 19-31.

MEYHÖFER, S., RAPP, J. y SCHÖNWIESE, J. (1996): "Observed three-dimensional climate trends in Europe 1961-1990". *Meteorol. Zeitschrift*, 5, 90-94.

PIERVITALI, E., COLACINO, M. y CONTE, M. (1997): "Space-time precipitation patterns in the western-central Mediterranean basin". *INM/WMO International Symposium on Cyclones and hazardous weather in the Mediterranean*. Ministerio de Medio Ambiente, INM. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca, 589-592.

PREISENDORFER, R.W. (1988): "*Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*". Developments in Atmospheric Science, 17. Elsevier.

QUIAN, B., CORTE-REAL, J. y XU, H. (1998): "Atmospheric circulation patterns and a weather generator for winter precipitation in southern Portugal". *Proceedings of Climate and Environmental Change*. IGU. Evora. Portugal, 121-122.

RODÓ, X., BAERT, E. y COMÍN, F.A. (1997): "Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century. Relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation". *Climate Dynamics*, 13, 275-284.

RODRÍGUEZ-PUEBLA, C., ENCINAS, A.H. y GARCÍA, B. (1999): "Influencia de índices de circulación en las variaciones de precipitación invernal de la península Ibérica". En RASO, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.) "*La Climatología española en los albores del siglo XXI*". Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, n 1, pp 469-476.

SCHÖNWIESE, J., RAPP, J., FUCHS, T. y DENHARD, M. (1994): "Observed climate trends in Europe 1891-1990". *Meteorol. Zeitschrift*, 3, 22-28.

TRIGO, R.M. y DaCAMARA, C. (2000): "Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal". *International Journal of Climatology*, 20, 1559-1581.

UCEDA, J.L., MONTÁVEZ, J.P. y JIMÉNEZ, J.I. (1999): "Estudio de la variabilidad climática en el sur de España durante el período 1960-1990 mediante el análisis de correlación canónica". En RASO, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.) "*La Climatología española en los albores del siglo XXI*". Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, n 1, pp547-551.

ULBRICH, U., CHRISTOPH, M., PINTO, J.G. Y CORTE-REAL, J. (1999): "Dependence of winter precipitation over Portugal on NAO and baroclinic wave activity". *International Journal of Climatology*, 19, 379-390.

VÁZQUEZ, L. (1999a): "*La circulación atmosférica euroatlántica y el clima de pequeños territorios. La Península Ibérica y Cataluña*". Tesis doctoral inédita. Universidad de Barcelona.

VÁZQUEZ, L. (1999b): "Variabilidad interanual de la circulación atmosférica y escasez de precipitaciones en la Península Ibérica durante el invierno". En RASO, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.) "*La Climatología española en los albores del siglo XXI*". Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, n 1, pp. 557-562.

VON STORCH, H. y ZWIERS, F.W. (1998): "*Statistical Analysis in Climate Research*". Cambridge University Press.

VON STORCH, H., ZORITA, E., CUBASCH, U. (1993): "Downscaling of global climate change estimates to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime". *Journal of Climate*, 6, 1161-1171.

WIBIG, J. (1999): "Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500 hPa level". *International Journal of Climatology*, 19, 253-269.

XOPLAKI, E., LUTERBACHER, J., BURKARD, R., PATRIKAS, I y MAHERAS, P. (2000): "Connection between the large scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during winter time". *Climate Research*, 42, 129-146.

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.