

## INFLUENCIA DE ÍNDICES DE CIRCULACIÓN EN LAS VARIACIONES DE PRECIPITACIÓN INVERNAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Concepción RODRÍGUEZ PUEBLA, Ascensión H. ENCINAS y B. GARCÍA SÁNCHEZ  
*Dept. de Física General y de la Atmósfera. Universidad de Salamanca*

### RESUMEN

Se analizan las variaciones interanuales de la precipitación invernal utilizando observaciones de la península Ibérica y se relacionan con índices teleconectivos. Las principales conclusiones son: precipitaciones más bajas durante la fase positiva de la Oscilación del Atlántico Norte y del patrón del este del Atlántico/Oeste de Rusia; el fenómeno El Niño produce precipitaciones inferiores a lo normal hacia la vertiente Mediterránea para el invierno.

**Palabras clave:** Índice de circulación, precipitación invernal, Península Ibérica.

### ABSTRACT

A description of precipitation interannual variations and the response to the teleconnection atmospheric and oceanic indices are analyzed for winter precipitation observations over the Iberian peninsula. The main findings are: below precipitation is produced during positive phase of the North Atlantic Oscillation and the East Atlantic West Russian patterns; the El Niño event produces below precipitation than normal in winter toward Mediterranean area.

**Key words:** Circulation index, winter precipitation, Iberian Peninsula.

### 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo presentamos los resultados del estudio de las variaciones de precipitación en el invierno para la península Ibérica. Hemos utilizado observaciones de 56 lugares irregularmente distribuidos y para un periodo de 50 años. Los principales motivos que nos han conducido a realizar este estudio son: el interés por caracterizar las variaciones de precipitación y de justificarlas mediante factores de naturaleza atmosférica y oceánica; la necesidad de representar las variaciones estacionales e interanuales y de proponer métodos de predicción de precipitación y para su consideración en aplicaciones agrícolas. En la península Ibérica encontramos regímenes de precipitación muy variados tanto espacial como temporalmente y por lo tanto resulta conveniente informar sobre la distribución y la variabilidad de este campo climático que encuentra utilidad en numerosas actividades, mereciendo especial mención las aplicaciones para la evolución de la agricultura.

Los estudios que investigan las relaciones entre la circulación a gran escala y los climas locales y regionales son bastantes frecuentes, algunos proporcionan conclusiones de interés para la caracterización del clima de la península, por ejemplo: STORCH *et al.* (1993); ZORITA *et al.* (1995);

BARNET *et al.* (1997); GOODESS y PALUTIKOF (1998); CORTE REAL *et al.* (1998); BARNSTON y SMITH (1996); ROPELEWSKI y HALPERT (1987), RODRÍGUEZ *et al.* (1998). Nosotros hemos utilizados los índices de circulación teleconectivos que proporciona el “National Center for Environmental Prediction” (NCEP) con el fin de investigar las relaciones entre la precipitación y la circulación y de esta forma se podrán adaptar los modelos de predicción climática global a escalas regionales y locales.

En principio, tratamos de identificar señales de variabilidad espacial y temporal, para lo cual utilizamos análisis de componentes principales (PREISENDORFER, 1988) y métodos variados de análisis espectral (Fourier, análisis espectral singular (SSA) y de máxima entropía) (VON STORCH, H. y F.W. ZWIERS, 1998). Para explicar las variaciones hemos utilizado análisis de correlaciones y métodos de regresión que nos proporcionan modelos lineales para reconstruir las series de precipitación y además pueden utilizarse para suministrar predicciones.

Presentamos los resultados obtenidos para la estación de invierno y hacemos mención a resultados de otras estaciones climáticas que consideramos complementarios para el trabajo.

## 2. RESULTADOS

La distribución climática de la precipitación se muestra en la figura 1. En ella observamos: 1) que los valores más altos de precipitación se producen al noroeste de la península; 2) que el gradiente es mayor en invierno respecto a las otras estaciones; 3) que la configuración cambia en el verano, disminuyendo la precipitación de norte a sur en vez de noroeste a sudeste.

Los mapas de la figura 1 se han elaborado con datos obtenidos en una malla regular de tamaño de rejilla 50 km y mediante el uso del análisis objetivo de Barnes a partir de los datos iniciales irregularmente distribuidos. Esta distribución no tiene en consideración el efecto de altura lo cual produciría anomalías locales que fueron reflejadas en mapas elaborados por FONT (1983).

### 2.1 Análisis espacial

El método de análisis de componentes principales en modo S (PREISENDORFER, 1988) nos permite identificar regiones con variabilidad más o menos homogénea, se utiliza con rotación por varios motivos: para evitar dependencia espacial o “Buell patterns”; para obtener modos de variación más estables (WHITE y RICHMAN, 1991); y para obtener significación física de los modos de variación.

El método se aplica a las series de precipitación acumulada en tres meses contiguos, porque según JOHANSSON *et al.* (1998) una estación es el periodo más corto para identificar una relación significativa de señal a ruido. Por lo tanto, tendremos las series de Noviembre-Diciembre-Enero (NDE), Diciembre-Enero-Febrero (DEF) y Enero-Febrero-Marzo (EFM) objeto de análisis en este trabajo.

Los modos de variabilidad retenidos para el caso de invierno son cuatro y se han determinado según criterios de significación (PREISENDORFER, 1988). Las configuraciones espaciales correspondientes a los modos significativos se muestran en la figura 2 (a, b, c y d). El primer modo identifica una región de variabilidad uniforme en el noroeste de la península, el segundo modo identifica una región de variabilidad uniforme desde el suroeste hacia el nordeste, el tercer modo

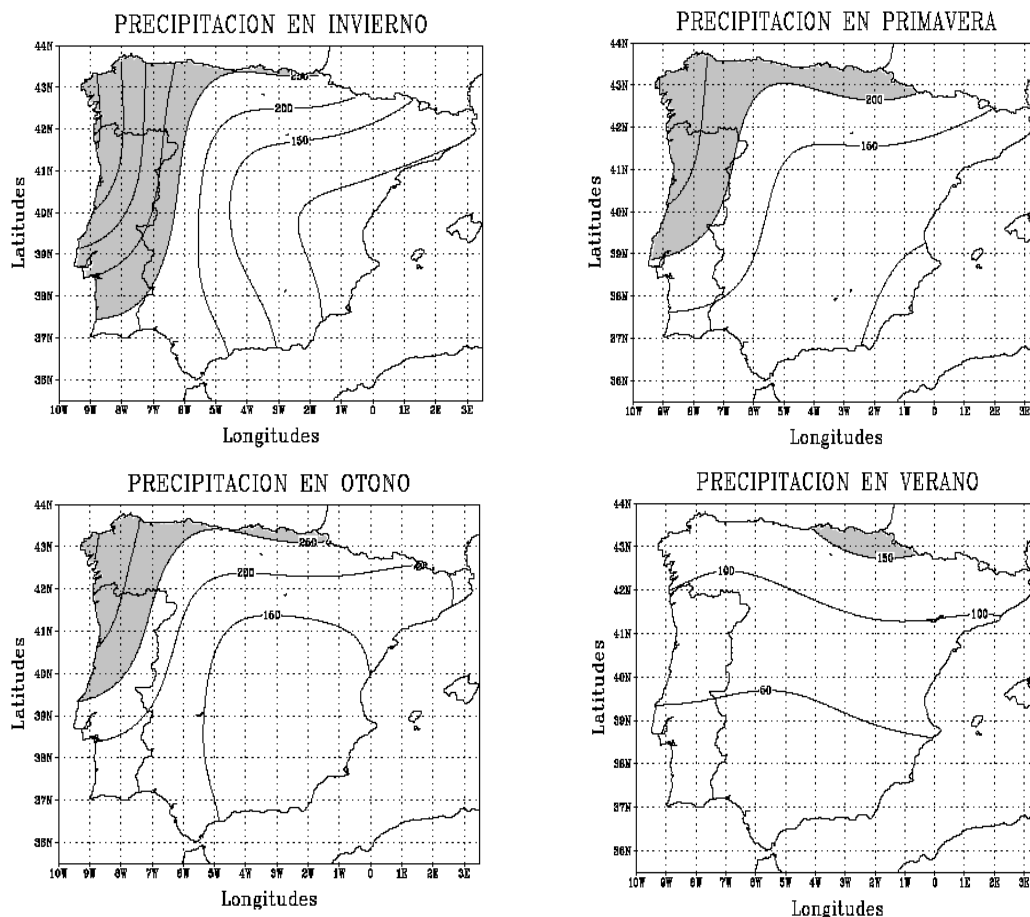


Figura 1. Distribución de la precipitación en las cuatro estaciones climáticas.

refleja la variabilidad en el norte (país Vasco y Cantabria) y el cuarto modo refiere la variabilidad en el este o vertiente Mediterránea.

Con el fin de interpretar estos modos, hemos analizado las relaciones con índices de circulación que reflejan las variaciones en bajas frecuencias o periodos estacionales e interanuales. Los índices que muestran correlación estadísticamente significativa con la precipitación invernal son: La oscilación del Atlántico Norte (NAO); el patrón del Este del Atlántico Oeste de Rusia (EA/WR); el patrón de Escandinavia (SCAN), el patrón Eurasia- Polar (POL); el patrón Atlántico Este (EA); la Oscilación Austral (SOI) y la temperatura del Atlántico en la región 5°N-20°N, 30°W-60°W. En la tabla I se indican las varianzas asociadas a los modos o funciones empírico ortogonales (EOF) de las precipitaciones acumuladas en los meses de invierno, moviendo estos meses y las correlaciones con los índices teleconectivos. Los números que acompañan a cada índice refieren el mes del índice que mejor correlaciona con el modo de variación.

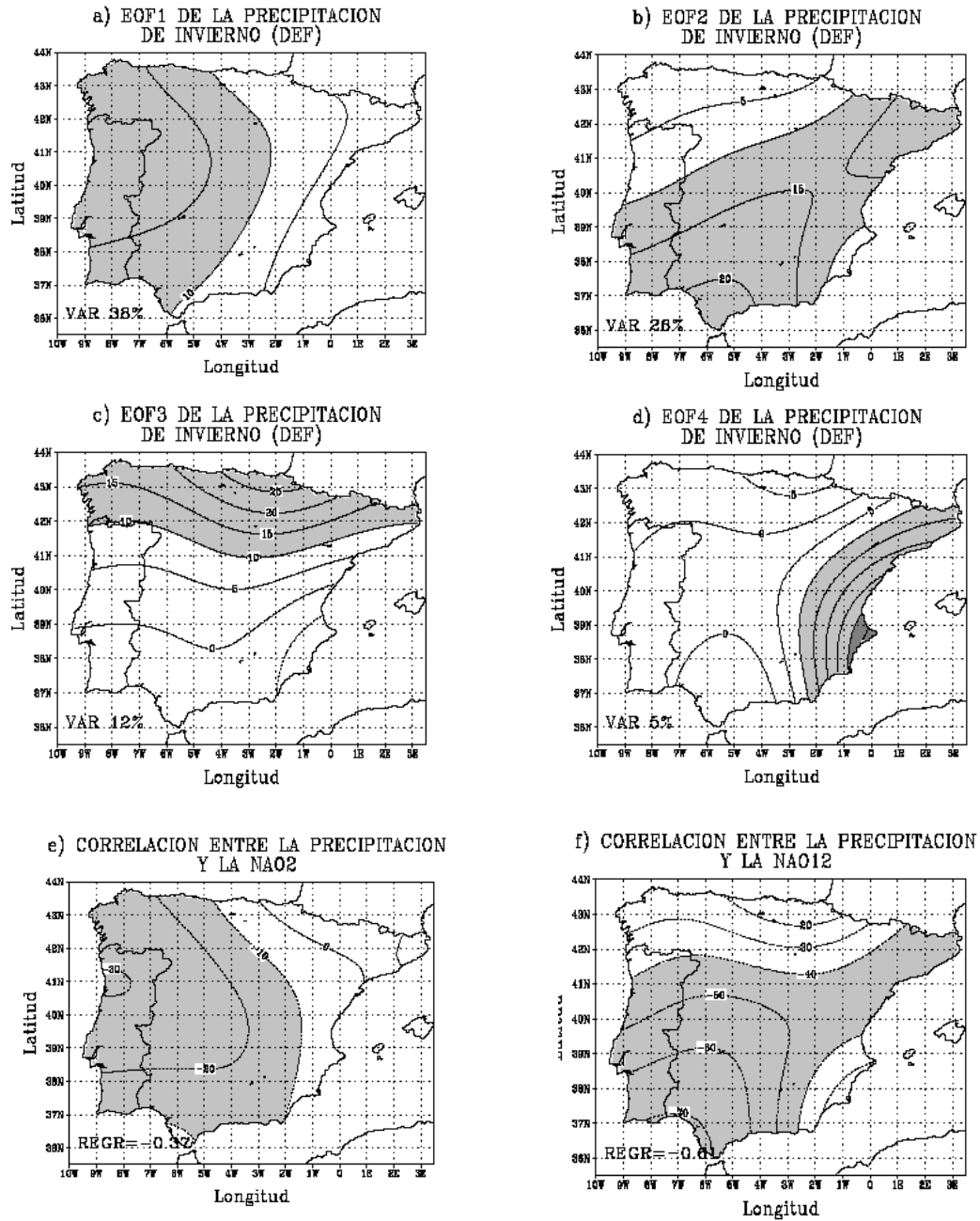
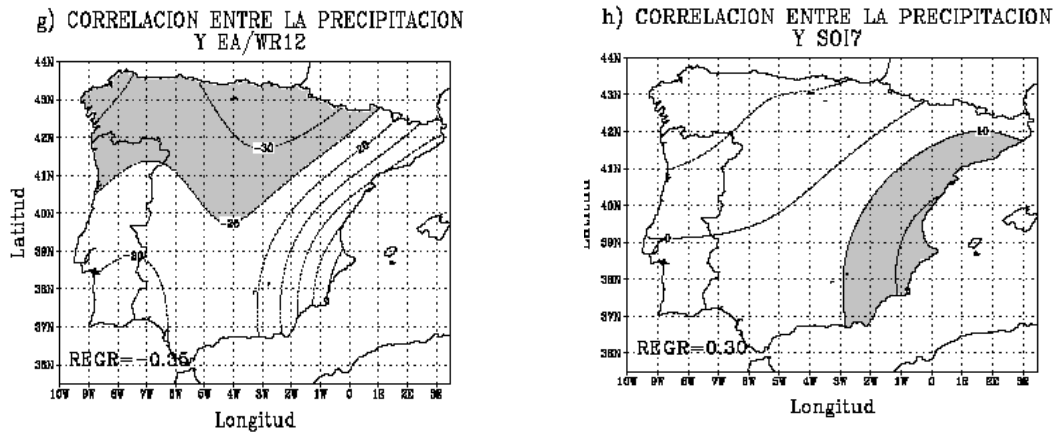


Figura 2: a, b, c, d Modos de variación espacial de precipitación de invierno (DEF) e, f, g, y h correlaciones entre la precipitación e índices de circulación. (g y h en la página siguiente)

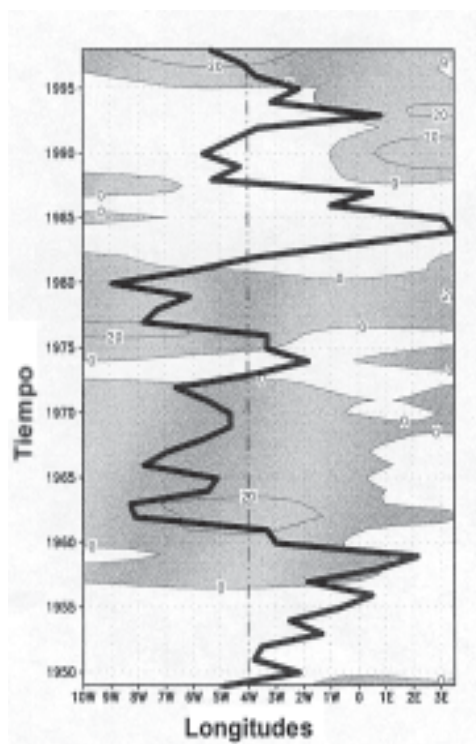


Estación	EOF1		EOF2		EOF3		EOF4	
NDE Var=78%	NAO12	EA12	NAO12	AT/SST1	EA/WR11		SOI10	
	-0,36	0,33	-0,58	0,45	-0,39		0,38	
DEF Var=81%	NAO2	POL1	NAO12	NAO1	EA/WR1	EA/WR12	SCAN11	SO17
	-0,37	-0,35	-0,61	-0,41	-0,35	-0,35	-0,36	0,30
EFM Var=78%	NAO2	POL2	NAO1	EA1	WR1		SO17	
	-0,35	-0,34	-0,44	-0,37	-0,37		0,43	

Tabla I. Modos de variación (EOF) y correlaciones con índices teleconectivos para la precipitación de invierno.

Uno de los índices más influyentes es la NAO, siendo negativa la correlación. Este hecho se observa claramente en la figura 3 o diagrama de hovmöller de la evolución de las anomalías de precipitación relativas para las longitudes de la península (se han promediado los valores en las latitudes), y sobre este diagrama se ha sobrepuesto la evolución de la NAO del mes de diciembre. Observamos que las fases negativas de la NAO se corresponden con anomalías positivas de precipitación invernal y viceversa. La influencia negativa de la NAO se corresponde con una influencia positiva de la temperatura del mar en la región Atlántica, lo cual corrobora el efecto de la NAO pues altas temperaturas en el mar, en la región considerada, causan bajas presiones o NAO negativa y a su vez es responsable del aumento de las precipitaciones en la parte sur de la península.

Las asociaciones entre los modos de variabilidad y las precipitaciones quedan reflejadas en mapas de correlación entre los índices teleconectivos y la precipitación; mostramos en la figura 2 (e, f, g y h) los mapas de correlación heterogénea para DEF. Estos mapas muestran bastante similitud con las configuraciones espaciales de los respectivos modos de variación.



Merece especial atención analizar la influencia de la oscilación austral (SOI), la asociación es positiva y afecta a la región del Mediterráneo. Por lo tanto, la primera deducción sobre el efecto del ENSO en la precipitación invernal del área Mediterránea es de causar precipitaciones más bajas de lo normal. Esta asociación se acrecienta en primavera y resulta ser opuesta en otoño ya que en esta estación climática la correlación entre el SOI y la precipitación es negativa y es mayor hacia la vertiente Atlántica. Por lo tanto, años en los que se produce el fenómeno ENSO las precipitaciones otoñales se intensifican en la península.

La variabilidad de la precipitación está también relacionada con otros factores como el patrón EA/WR, cuya fase negativa acrecienta las precipitaciones en la vertiente Cantábrica. Otras influencias menos representativas son las causadas por el patrón de Escandinavia y el polar. Estos índices alteran o interfieren la dependencia de la precipitación con la NAO y el ENSO.

Figura 3. Evolución de anomalías de precipitación (DEF) y el índice NAO12 (línea más gruesa).

## 2.2 Análisis temporal

El estudio de las variaciones interanuales lo hemos realizado en las series temporales asociadas a cada modo de variación (EOF), pues representan la variabilidad en regiones más o menos uniformes y además constituyen series filtradas de ruido y otras inhomogeneidades lo cual facilita la interpretación de los resultados. El análisis espectral singular (SSA) es una técnica apropiada para el tratamiento de series cortas y ruidosas GHIL y YIOU (1996); VAUTARD

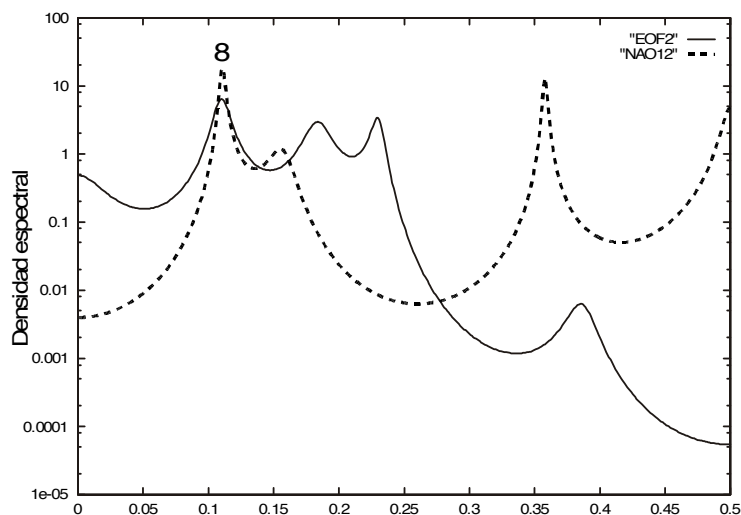


Figura 4: Espectros de la serie del segundo modo de variación de DEF (línea continua) y de la NAO12 (línea discontinua).

*et al.* (1992). Consiste en un análisis de componentes principales en modo  $T^2$  (PREISENDORFER, 1988), este método combinado con el de máxima entropía es el que hemos utilizado para identificar señales de variabilidad. En la figura 5 mostramos los espectros de las series temporales del segundo EOF de DEF y el de la NAO12, observamos que fluctuaciones alrededor de 8 años aparecen en ambos espectros. Además, un análisis de coherencia o espectral de las dos variables nos indica que la coherencia para esta banda de frecuencias es de 0,90. Mediante un ajuste de los datos a funciones armónicas para las frecuencias significativas hemos determinado la contribución de cada oscilación a la varianza total de la serie y hemos reconstruido las series temporales de los modos de variación en función de su dependencia de valores previos y de los índices teleconectivos (estos y otros resultados se mostrarán en la intervención).

### 3. CONCLUSIONES

El análisis de las variaciones de precipitación invernal en la península Ibérica revela la existencia de modos o señales de variación que se relacionan con índices representativos de la circulación atmosférica así como de la temperatura del mar. Hemos encontrado que la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es uno de los factores determinante de las variaciones, principalmente en la parte sur de la península, produciéndose precipitaciones por encima de lo normal durante su fase negativa. El Niño/Oscilación Austral (ENSO) constituye también otro factor a considerar en la vertiente Mediterránea pero de menor influencia en el invierno ya que está asociado con un componente (EOF4) que describe poca varianza. Sin embargo, otros estudios que hemos desarrollado ponen de manifiesto que la influencia del ENSO es considerable en el otoño y en la primavera.

La temperatura del mar en la región del Atlántico 30°W-60°W, 5°N-20°N muestra también una influencia significativa y positiva que concuerda físicamente con el fenómeno atmosférico que lleva acoplado.

El estudio espectral de las series temporales nos muestra la existencia de oscilaciones en los modos de variación de la precipitación que son coherentes con los modos de variación de los índices teleconectivos. Una aplicación de esta investigación es la creación de modelos de predicción climática basados en consideraciones estadísticas y que según BRUNET y VAUTARD (1996) parecen proporcionar mejores resultados prácticos que los modelos teóricos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNETT T.P., ARPE, K.; BENGTTSSON, L.; JI, M. y KUMARA A. (1997): «Potential predictability and AMIP implications of midlatitudes climate variability in two General Circulation Models». *J. of Climate*, **10**, 2321-2329
- BARNSTON, A. y SMITH, T.M. (1996): «Specification and prediction of global surface temperature and precipitation from global SST using CCA». *J. of Climate*, **9**, 2660-2697
- BARNSTON, A.G. y ROPELEWSKI, C.F. (1992): «Prediction of ENSO episodes using canonical correlation analysis». *J. of Climate*, **5**, 1316-1345
- BRUNET, G. y VAUTARD, R. (1996): «Empirical normal modes versus empirical orthogonal functions for statistical prediction». *J. Atmos. Sci.*, **53**, 3468-3489

- CORTE-REAL, J.; QIAN, B. y XU, H. (1998) : «Regional climate change in Portugal: precipitation variability associated with large-scale atmospheric circulation». *Int. J. of Climatology*, **18**, 619-635
- FONT TULLOT, I. (1983) : «*Climatología de España y Portugal*». Madrid, I.N.M.
- GHIL, M. y YIOU, P. (1996) : «Spectral methods: What they can and cannot do for climatic time series.». *NATO ASI Series. Anderson and Willebrand (Eds)*, **I**, 445-482
- GOODESS, C. y PALUTIKOF, J. (1998) : «Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling». *Int. J. of Climatology*, **18**, 1051-1083
- JOHANSSON, A.; BARNSTON, A.; SAHA, S. y VAN DEN DOOL, H. (1998) : «On the level and origin of Seasonal Forecast skill in Northern Europe». *J. Atmos. Sci.*, **55**, 103-127
- PREISENDORFER, R.W. (1988) : «*Principal Component analysis in Meteorology and Oceanography*». Elsevier
- RODRIGUEZ-PUEBLA, C.; ENCINAS, A.H.; NIETO, S. y GARMENDIA, J. (1998) : «Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian peninsula». *Int. J. of Climatology*, **18**, 299-316
- STORCH, H.; ZORITA, E. y CUBASCH, U. (1993): «Downscaling of Global Climate Change estimates to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime». *J. of Climate*, **6**, 1161-1171
- VAUTARD, R.; YIOU, P. y GHIL, M. (1992) : «Singular -spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals.». *Physica*, **D 58**, 95-126
- VON STORCH, H. y ZWIERS, F.W. (1998) : «*Statistical analysis in climate research*». Cambridge University press
- WHITE, D. y RICHMAN, M. (1991) : «Climate regionalization and rotation of principal components.». *Int. J. of Climatology*, **11**, 1-25
- ZORITA, E.; HUGHES, J.P.; LETTEMAIER, D.P. y VON STORCH, H. (1995) : «Stochastic characterization of regional circulation patterns for climate model diagnosis and estimation of local precipitation». *J. of Climate*, **8**, 1023-1042

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los institutos de Meteorología de España y Portugal por suministrarnos los datos que han hecho posible el desarrollo del trabajo. Esta investigación está subvencionada con los proyectos: CICYT96-1871-CO-04 y SA57/99. Agradecemos a los desarrolladores de “software” de dominio público en particular de SSA y GrADS porque nos han facilitado el cálculo y las representaciones gráficas.



