

INFLUENCIA DE LOS PATRONES DE TELECONEXIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE SOBRE LOS REGÍMENES DE VIENTO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

M. Luisa MARTÍN¹, M. Yolanda LUNA², Ana MORATA², Álvaro PASCUAL³,
Francisco VALERO³

¹ *Dpto. Matemática Aplicada a la Ingeniería. Escuela Universitaria de Informática de Segovia. Universidad de Valladolid.*

² *Agencia Estatal de Meteorología.*

³ *Dpto. Astrofísica y CC. de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.*

**mlmartin@eis.uva.es, mlunar@aemet.es, amoratag@aemet.es,
a.depascual@fis.ucm.es, valero@fis.ucm.es**

RESUMEN

En este trabajo se investiga la relación entre la altura geopotencial en 1000 hPa (reanálisis ERA-40) en la zona del Atlántico norte y el viento regional en la Península Ibérica en los meses de primavera, de marzo a mayo. El objetivo principal es reconocer los patrones de circulación atmosférica a gran escala, es decir, los patrones de teleconexión relacionados con las configuraciones regionales de vientos. El método usado es la Descomposición en Valores Singulares. Los resultados muestran que la covariabilidad está dominada por dos patrones de variabilidad de circulación atmosférica a gran escala en el Atlántico Norte: (1) un primer modo que relaciona el viento regional con el patrón Escandinavo, el cual relaciona situaciones de bloqueo con anomalías negativas de velocidad del viento; (2) un segundo modo de covariabilidad asociado con el patrón de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), de forma que una NAO positiva está relacionada con anomalías positivas (negativas) de velocidad del viento en el norte (sur) de Iberia.

Palabras clave: Velocidad viento, Patrones de teleconexión, Descomposición en valores singulares, Península Ibérica.

ABSTRACT

This paper investigates the relationships between the GCM-simulated 1000 hPa geopotential height (taken from the ERA40 reanalysis) over the North Atlantic and the regional wind over the Iberian Peninsula for springtime (March to May). The main goal is to recognize the atmospheric circulation patterns linked to wind anomaly configurations. The method used for the downscaling is Singular Value Decomposition (SVD). SVD analysis highlighted that the covariability is dominated by two main large-scale features of the atmospheric circulation over the North Atlantic: (1) a first mode that relates local wind to the Scandinavian pattern (SCAN), by which a blocking pattern is linked to below-normal winds, (2) a second covariability mode associated with the North Atlantic Oscillation (NAO) pattern that correlates with wind over Iberia. An enhanced spring NAO pattern is related to positive (negative) wind correlations over the northern (southern) Iberia.

Key words: Iberian Peninsula, wind speed, teleconnection patterns, Singular Value Decomposition.

1. INTRODUCCIÓN

El interés por el uso de energías renovables ha ido en aumento en los últimos años. En este sentido la energía que proporciona el viento ha cobrado una importancia destacada. El conocimiento de los patrones de circulación atmosférica, particularmente de aquellas situaciones que conducen a situaciones de riesgo relacionadas con la ocurrencia de los sucesos de viento extremo, son de especial importancia para su empleo como fuente de energía (Palutikof et al., 1987; Thuillier, 1987; Zuranski and Jaspinka, 1996). En este sentido se han llevado a cabo diversos proyectos (*ANEMOS*, *ANEMOS.plus*, *ANEMOS.eXtreme*) cuyos objetivos fundamentales son la predicción, modelización y asimilación de datos de potencia eólica que puedan llegar a los usuarios finales.

La circulación atmosférica constituye uno de los factores más importantes que determinan la variabilidad espacio-temporal de variables regionales tales como viento, precipitación y temperatura. Por esta razón, es de gran importancia el estudio de la relación entre las variables regionales y la circulación de gran escala (Deser and Blackmon, 1993; Esteban-Parra et al., 1998; Rodríguez-Puebla et al., 1998).

Este trabajo se centra en el estudio del acoplamiento entre fluctuaciones del viento observadas en la Península Ibérica y anomalías de circulación atmosférica en superficie durante los meses de marzo-abril-mayo. El principal objetivo consiste en identificar los patrones simultáneos de anomalías en la velocidad del viento, haciendo especial énfasis en episodios de fuertes anomalías y las configuraciones asociadas de presión en superficie. Para llevar a cabo este estudio se han empleado técnicas de análisis multivariante ya probadas en otros estudios realizados por los autores (Martín et al., 2004; Sotillo et al., 2006; Valero et al., 2009) que ponen en evidencia la relación existente los patrones de teleconexión destacados en la región del Atlántico norte y patrones de baja frecuencia de variables regionales de la cuenca mediterránea occidental (Morata et al., 2006; Sotillo et al., 2006; Morata et al., 2008; Valero et al., 2009).

Los regímenes de viento de la Península Ibérica se caracterizan por valores máximos en primavera y mínimos en verano, con mayor frecuencia de calmas durante el invierno. Geográficamente la Península Ibérica presenta grandes contrastes en cuanto al viento se refiere. El norte peninsular se caracteriza por vientos fríos, secos o húmedos dependiendo de la masa de aire de que se trate mientras que el sur se ve afectado por vientos cálidos y secos procedentes del norte de África. La Figura 1c muestra la distribución de los vientos dominantes en la Península Ibérica así como el nombre que reciben según sea su origen (Font, 2000; García, 1985) observándose diferencias significativas norte-sur, que unidas a la compleja orografía de la Península Ibérica y los fuertes contrastes tierra-mar dan lugar a vientos extremos que pueden llegar a tener consecuencias desastrosas económicas, sociales y naturales.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

La influencia de los patrones de teleconexión a gran escala y los regímenes de viento en la Península Ibérica es investigada mediante análisis de Descomposición en Valores Singulares (*DVS*). Este método multivariante es una técnica muy útil para analizar simultáneamente dos campos en el espacio y en el tiempo detectando de forma objetiva patrones de variabilidad acoplada entre dichos campos (Bretherton et al., 1992). Este método estadístico puede ser entendido como una generalización del análisis de componentes principales (*ACP*) ya que consiste básicamente en la diagonalización de la matriz de covarianza entre dos variables obteniéndose pares de patrones que explican máxima covarianza cuadrada existente entre ambas. La matriz de covarianza se construye a partir de las anomalías de las variables respecto a sus valores medios y de la eliminación de las tendencias a largo plazo. Los autovectores resultantes de la diagonalización de esta matriz rectangular se denominan vectores singulares derechos e izquierdos, cada uno de ellos correspondiendo a cada una de las variables, y están ordenados con respecto al valor del autovalor correspondiente, de forma que el primer par de vectores da cuenta de la máxima cantidad de covarianza cuadrada total entre los campos (análogamente al significado de los autovectores en el *ACP*). Proyectando el campo original sobre el vector singular, se obtiene la serie temporal de coeficientes de expansión. La correlación existente entre los coeficientes de expansión de cada variable mide la intensidad de la relación entre el par de variables. Los patrones espaciales obtenidos de la *DVS* se escalan multiplicándolos por el correspondiente valor singular y dividiéndolos por la desviación estándar de sus correspondientes coeficientes de expansión representando correlaciones entre los coeficientes de expansión de un campo y los datos observacionales del otro campo.

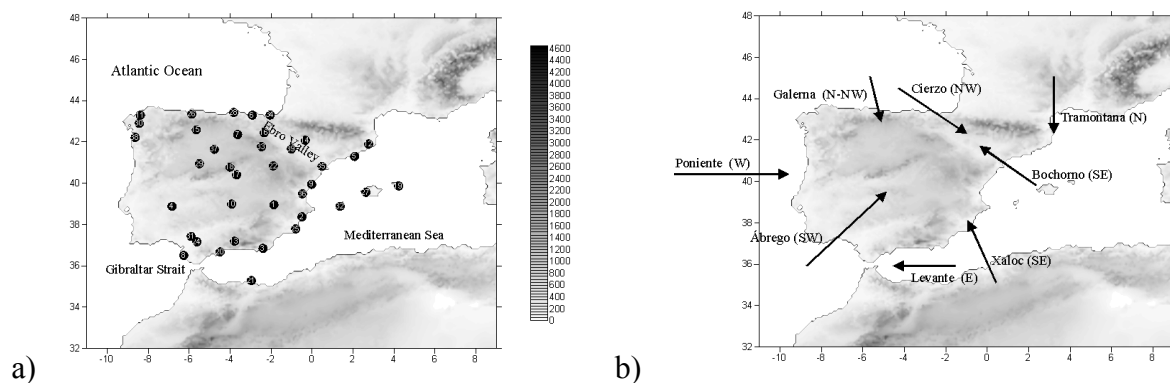


Figura 1: Mapa con detalle de la orografía de la Península Ibérica. (a) Círculos indican los observatorios estudiados; (b) Dirección de los vientos característicos con su denominación.

En este trabajo se han empleado dos conjuntos de datos: valores medios mensuales de altura geopotencial correspondientes al nivel de 1000hPa (G1000) y valores medios mensuales de velocidad de viento para 48 observatorios distribuidos sobre la Península Ibérica (Figura 1a), para un período simultáneo que comprende desde 1980 hasta 2001 de la estación de primavera (M-A-M). Los datos G1000 están distribuidos en una malla regular con una resolución espacial de $1.2^\circ \times 1.2^\circ$ (latitud x longitud) y forman parte del Reanálisis ERA40 del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (Gibson et al., 1997; Simmons and Gibson, 2000). Los datos de viento constan de series temporales de valores medios mensuales de velocidad del viento diaria observada para 48 estaciones pertenecientes a la red de estaciones

de la Agencia Estatal de Meteorología. Tanto los datos de la variable de gran escala (G1000) como los datos de la variable regional son modificados teniendo en cuenta el efecto de la latitud.

3. RESULTADOS DE LOS PATRONES ACOPLADOS

En esta sección se analizan los resultados de los patrones acoplados entre el campo de viento de la Península Ibérica y los patrones de circulación atmosférica a gran escala calculados a partir del análisis DVS descrito en la sección anterior. La Tabla 1 muestra el porcentaje de fracción de covarianza cuadrada (FCC) y los valores de correlación (r) entre las series temporales de coeficientes de expansión para los dos primeros modos obtenidos, lo que da una idea de la intensidad del acoplamiento entre las variables.

K	FCC (%)	r	$Varianza$ G1000	$Varianza$ Viento
1	73	0.70	11	20
2	14	0.62	9	7

Tabla 1: VALORES DE FRACCIÓN DE COVARIANZA CUADRADA, CORRELACIÓN Y VARIANZA INDIVIDUAL DE LOS CAMPOS PARA LOS DOS PRIMEROS MODOS DEL ANÁLISIS DVS.

3.1. Primer modo de covariabilidad

El primer modo de covariabilidad (DVS1) da cuenta del 73% de covarianza cuadrada entre el campo G1000 y el campo de viento. El patrón de G1000 (Fig. 2a) muestra un núcleo de correlaciones positivas sobre Europa central. Esta configuración de bloqueo promueve advección de viento del este sobre la Península Ibérica favoreciendo flujos del este sobre la región mediterránea de la península (Holton, 1992; Bluestein, 1993).

El patrón de viento asociado (Fig. 2b) muestra un comportamiento similar sobre toda la península, con valores de correlación negativos en toda el área excepto la zona de Gibraltar. Este patrón se caracteriza por viento húmedo del sureste perpendicular a la línea de costa mediterránea, concretamente en la zona del Delta del Ebro denominado Bochorno (Fig. 1b) (García, 1985). Por otro lado, en la región del Estrecho de Gibraltar se observa un efecto de canalización del viento con valores de correlaciones negativos/positivos. La Tabla 1 muestra los valores de varianza de los campos individuales para los dos primeros modos. El primer modo del campo de viento da cuenta de alrededor del 20% de la varianza total del campo. El primer patrón de la variable G1000 explica el 10% de la varianza (Tabla 1) y muestra un parecido razonable con el patrón de teleconexión denominado Scandinavian Pattern (SCAN) (Rogers, 1990). El patrón SCAN es uno de los patrones de teleconexión dominantes en la región europea a lo largo de todo el año. Se caracteriza en su fase negativa (positiva) por un dipolo norte-sur de anomalías con el núcleo negativo (positivo) centrado sobre Escandinavia y otro de signo contrario centrado sobre Europa occidental. El valor de correlación entre los coeficientes de expansión del primer modo del análisis DVS del campo G1000 y la serie temporal del patrón SCAN es 0.6, indicando una fuerte relación entre el campo de viento en la Península Ibérica asociado con el patrón G1000 y el patrón de teleconexión identificado.

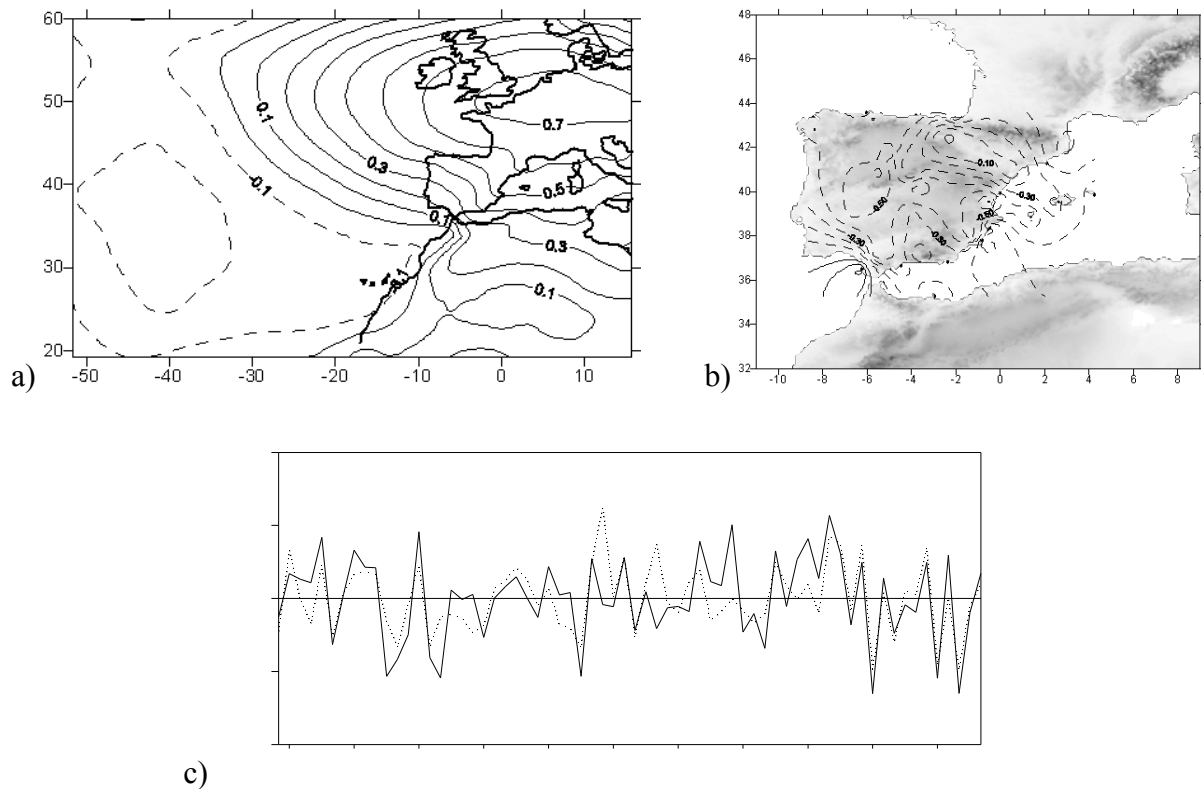


Figura 2: Patrones heterogéneos de correlación del DVS1: (a) G1000 y (b) viento. Los valores positivos (negativos) de correlación en línea continua (discontinua). (c) Series temporales de los coeficientes de expansión del viento (línea continua) y G1000 (línea discontinua).

3.2. Segundo modo de covariabilidad

El segundo modo DVS2 da cuenta del 14% de la covarianza cuadrada entre el campo de G1000 y el campo de viento (Tabla 1). La Figura 4a muestra el patrón espacial del segundo modo de G1000 caracterizado por un fuerte núcleo de correlación positiva sobre el oeste de la Península Ibérica que favorece advección del noroeste sobre la península. Esta situación es consistente con el patrón heterogéneo de viento (Fig. 4b) que muestra valores altos de correlación positivos sobre el norte del área estudiada y el Valle del Ebro y valores negativos en el centro de la península. El patrón G1000 muestra un refuerzo de los vientos del noroeste sobre el Valle del Ebro denominado Cierzo (García, 1985). Por otro lado, el segundo modo del campo de viento DVS2 explica el 7% de la varianza total del campo (Tabla 1) y es coherente con la configuración descrita por el patrón G1000. Por otro lado, el patrón G1000 correspondiente a DVS2 explica el 9% de la varianza propia del campo y muestra fuerte parecido con el patrón de teleconexión dominante en el Atlántico norte conocido como north Atlantic Oscillation (NAO) (Barnston and Livezey, 1987). El valor de correlación entre los coeficientes de expansión de DVS2 y la serie temporal del índice NAO es de 0.6 indicando una fuerte relación entre el patrón NAO y el viento en superficie. Por otro lado, se ha aplicado el test de Mann-Kendall a las series temporales sin encontrar tendencias significativas.

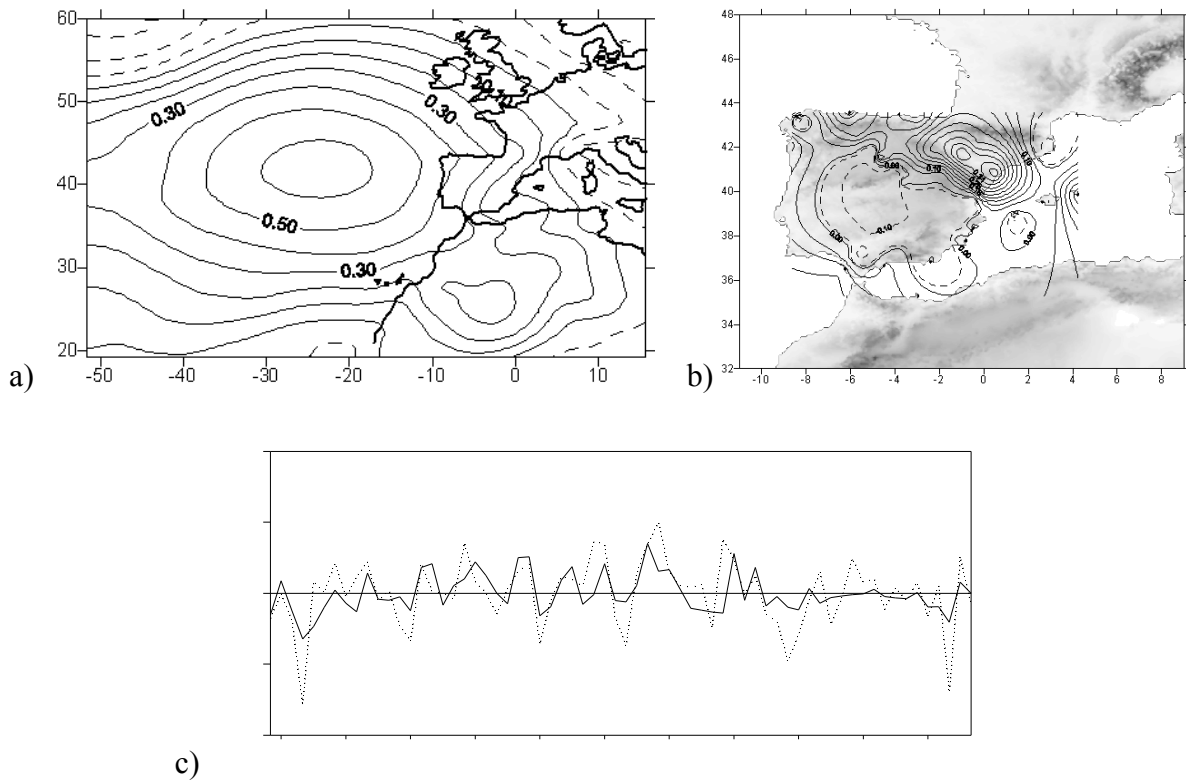


Figura 3: Igual que la Figura 2 excepto para el DVS2

4. CONCLUSIONES

El análisis de la influencia de los patrones de teleconexión del Atlántico Norte sobre los regímenes de viento en la Península Ibérica en primavera se ha llevado a cabo mediante un análisis DVS aplicado al campo de geopotencial en 1000 hPa y el campo de viento en superficie en 48 observatorios para un registro temporal de 22 años. La aplicación de este método estadístico multivariante ha dado como resultado dos modos significativos con un porcentaje de covarianza total del 87%, muy superior a la de los modos restantes.

El primer modo muestra la influencia del patrón Escandinavo sobre la configuración del campo de viento en superficie con valores de correlación negativos en toda el área excepto la zona de Gibraltar indicando vientos húmedos del sureste perpendiculares a la línea de costa mediterránea, especialmente en la zona del Delta del Ebro. Un valor de correlación de 0.6 entre los coeficientes de expansión del primer modo del análisis DVS del campo G1000 y la serie temporal del patrón SCAN muestra la relación existente entre el campo de viento en la Península Ibérica y dicho patrón.

El segundo modo de covariabilidad presenta la relación existente entre el viento en superficie y la Oscilación del Atlántico Norte. La existencia de NAO positiva está relacionada con anomalías positivas de viento en el norte de la Península Ibérica y el valle del Ebro y valores negativos en el resto del área. El valor de correlación entre los coeficientes de expansión de DVS2 y la serie temporal del índice NAO es de 0.6, indicando una fuerte relación entre el patrón NAO y el viento en superficie.

Bajo la hipótesis de escenarios de cambio climático, una variación en la intensidad y/o posición de los centros de presión sobre el Atlántico Norte produciría cambios en la frecuencia relativa de los patrones de teleconexión y, por tanto, en los regímenes regionales de viento sobre la Península Ibérica.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos de investigación CGL2007-61328/CLI, VA025A10-2 y UE SafeWind Grant Agreement No. 213740. Los autores desean agradecer los datos suministrados por el European Center for Weather Medium Forecast (ECWMF), la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y el Climate Prediction Center (USA).

6. REFERENCIAS

- BARNSTON AG, LIVEZEY RE. (1987). Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*. 115: 1083-1126.
- BLUESTEIN HB. (1993). *Synoptic Dynamic Meteorology in Midlatitudes*. Vol. II. Observations and Theory of Weather Systems. Oxford University Press, pp 594.
- BRETERTHON CS, SMITH C, WALLACE JM. (1992). An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data. *Journal of Climate*. 5: 541-560.
- DESER C, BLACKMON ML. (1993). Surface climate variations over the North Atlantic ocean during winter: 1900-1989. *Journal of Climate*. 6: 1743-1753.
- ESTEBAN-PARRA MJ, RODRIGO FS, CASTRO-DIEZ. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *International Journal of Climatology* 18: 1557-1574.
- FONT I. (2000). *Climatología de España y Portugal*. 2nd edn. Ediciones Universidad de Salamanca, Spain. pp422.
- GARCÍA L. (1985). La predicción del Tiempo en el Valle del Ebro. Technical Report Serie A, Nº 38, INM, Madrid.
- GIBSON JK, KALLBERG P, UPPALA S, HERNANDEZ A, ÑOMURA A, SERRANO E. 1997. ERA description. Technical Report Re-analysis Project Report Series 1, ECMWF, Reading, UK
- GLOWIENKA-HENCE R. (1990). The North Atlantic Oscillation in the Atlantic-European SLP *Tellus* 42: 497-507.
- HOLTON JR. (1992). *An introduction to dynamic meteorology*. 3rd Ed. Int. Geophys. Ser, 48. Academic Press, pp 511.
- MARTÍN ML, LUNA MY, MORATA A, VALERO F. (2004). North Atlantic teleconnection patterns of low-frequency variability and their links with springtime precipitation in the western Mediterranean. *International Journal of Climatology*. 24: 213-230. DOI: 10.1002/joc.993.
- MORATA A, MARTÍN ML, LUNA MY, VALERO F. (2006). Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology* 85: 41-59. DOI: 10.1007/s00704-005-0175-7.
- MORATA A., MARTÍN ML, SOTILLO M, VALERO F, LUNA MY. (2008). Iberian autumn precipitation characterization through observed, simulated and reanalysed data. *Advances in Geosciences*. 16: 49-54. www.adv-geosci.net/16/49/2008/.

PALUTIKOF JP, KELLY PM, DAVIES TD, HALLIDAY JA. (1987). Impacts of spatial and temporal windspeed variability on wind energy output. *Journal of Applied Meteorology* 26: 1124-1133.

RODRIGUEZ-PUEBLA C, ENCINAS AH, NIETO S, GARMENDIA J. (1998). Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*. 18: 299-316.

ROGERS JC. (1990). Patterns of low-frequency monthly sea level pressure variability (1899-1986) and associated wave cyclone frequencies. *Journal of Climate* 3: 1364-1379.

SIMMONS AJ, GIBSON, JK. (2000). The ERA-40 Project Plan. ERA-40 Project Report Series No. 1. ECMWF, Reading, UK.

SOTILLO MG, MARTÍN ML, VALERO F, LUNA MY. (2006). Validation of an homogeneous 41-year (1961-2001) winter precipitation hindcasted dataset over the Iberian Peninsula: assessment of the regional improvement of global reanalysis. *Climate Dynamics*. DOI: 10.1997/s00382-006-0155-3. 27: 627–645. DOI 10.1007/s00382-006-0155-3.

THUILLEIR RH. (1987). Real-time of local wind patterns for application to nuclear-emergency response. *Bulletin of the American Meteorological Society* 68: 1111-1115.

VALERO F, MARTÍN ML, SOTILLO MG, MORATA A, LUNA MY. (2009). Characterization of the autumn Iberian precipitation from long-term data sets: comparison between observed and hindcasted data. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.1526. 29: 527-541. DOI: 10.1002/joc.1726.

ZURANSKI JA, JASPINKA B. (1996). Directional analysis of extreme wind speeds in Poland. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 65: 13-20.