

# ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VOLATILIDAD DE EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

\*Jorge J. LOA, \*William CABOS NARVÁEZ, \*Francisco J. ALVAREZ GARCÍA,

\*Antonio RUIZ de ELVIRA, \*\*Alexander GERSHUNOV

\*Departamento Física

Universidad de Alcalá

\*\*Scripps Institution of Oceanography

University of California, San Diego.

## RESUMEN

El presente estudio aborda un análisis preliminar de las características climatológicas de los extremos de precipitación diaria registrados en 43 estaciones meteorológicas de la Península Ibérica durante los últimos 56 años. Examinamos tres propiedades estadísticas de los datos diarios: la mediana, la desviación estándar y la volatilidad. Estratificamos nuestro análisis por mes con el fin de determinar si existen en la Península diversos regímenes climatológicos en lo que a los estadísticos anteriores respecta. Encontramos dos pautas claras que aglutinan, por una parte, a las estaciones ubicadas en la costa atlántica y, por otra, a las que ocupan la franja centro-este peninsular. Las primeras se caracterizan por un ciclo estacional con mínimo estival en la mediana y en la desviación estándar de los datos diarios de precipitación, mientras la volatilidad alcanza un señalado máximo en verano. Las segundas estaciones poseen un máximo estival en la mediana y en la desviación estándar, y carecen de variaciones estacionales marcadas en la volatilidad. El resto de estaciones presenta características mixtas. Por último, efectuamos un análisis clásico basado en la prueba cuantil-cuantil que nos permite corroborar el resultado de que la función exponencial es un modelo válido sólo en algunas estaciones, y nos enfrenta al problema, no tratado aquí, de la determinación de un modelo óptimo en la totalidad de estaciones.

## ABSTRACT

This study addresses a preliminary analysis of the climatological properties of the extremes of daily precipitation recorded in 43 weather stations in the Iberian Peninsula during the last 56 years. Three statistical properties are examined: the median, the standard deviation and the volatility. The analysis is stratified by month in order to determine whether distinct climatological regimes exist in the Peninsula in terms of the previous statistics. Two patterns are identified, grouping together on the one hand the stations along the Atlantic margin and the south-western Peninsula, and, on the other, the locations in the middle-eastern Peninsula. The former are characterized by a seasonal cycle with a summer minimum in the median and the standard deviation, whereas the volatility reaches a marked maximum in summer. The latter locations show a summer maximum in the median and standard deviation, and lack pronounced seasonal variations in the volatility. The rest of stations display mixed features. Lastly, a classical analysis based on the quantile-quantile test confirm the known result that the exponential distribution is a valid model only at a few locations, which leads to the problem, not dealt with in this work, of determining the optimal model for all stations.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los fenómenos climatológicos extremos, tanto de temperatura como de precipitación, pueden ocasionar grandes pérdidas humanas y económicas. Diversos estudios de modelado de escenarios de cambio climático, tanto globales como regionales, así como análisis empíricos, sugieren que el cambio climático de origen antropogénico puede venir acompañado de un aumento en la frecuencia de episodios extremos de precipitación (KARL y TRENBERTH, 2003; GROISMAN *et al.*, 2005; FREI *et al.*, 2006). La investigación acerca de las propiedades estadísticas y la probabilidad de ocurrencia de tales eventos extremos ha cobrado, en consecuencia, gran importancia en el área de las ciencias del clima en la actualidad. En este trabajo se exploran, de manera preliminar, las características de los datos diarios de precipitación registrados en estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo de la Península Ibérica. Además de la mediana y la desviación estándar de dichos datos, examinamos la magnitud conocida como volatilidad, que definimos como el cociente entre un determinado percentil (90, 95 ó 99) y la mediana. Elegimos percentiles elevados con el fin de que la volatilidad así computada represente el comportamiento de los eventos extremos con respecto al que es típico en la distribución de precipitación diaria en la localidad de que se trate. La volatilidad ofrece información acerca de la forma de esa distribución de probabilidad, y del peso relativo que tienen en ella los episodios en las colas. La determinación de la función que rige esa distribución es una cuestión problemática: las distribuciones estadísticas utilizadas habitualmente (exponencial, Weibull, Gamma, etc..) para el modelado de la precipitación diaria pueden subestimar la probabilidad de la ocurrencia de eventos extremos, según han mostrado PANORSKA *et al.* (2006) mediante la aplicación de una metodología basada en la teoría de picos sobre el umbral (POT) a datos procedentes de estaciones de América del Norte (Canadá, Estados Unidos y México).

## 2. DATOS Y METODOLOGIA

En el presente trabajo se utilizan los datos de precipitación diaria de 43 estaciones meteorológicas situadas en la Península Ibérica para un período mínimo de 55 años, teniendo la mayoría de estaciones 56 años de información. Esta pequeña diferencia en la longitud de las series temporales no afecta los resultados de nuestro análisis, ya que se estudia el ciclo estacional de los eventos extremos de la precipitación diaria. Estos datos se obtuvieron de la página web de la European Climate Assessment and Dataset (<http://eca.knmi.nl/>), y del Instituto Nacional de Meteorología (INM). Los datos utilizados han sido homogenizados según el siguiente procedimiento: en primer lugar, se aplicó una prueba de homogeneidad para la precipitación usando como variable el número de días con precipitación por encima de un umbral de  $1\text{ mm}$ . A continuación se aplicaron cuatro pruebas de homogeneidad: la prueba de homogeneidad Normal estándar, la prueba de rango de BuisHand, la prueba de Pettit y, finalmente, la prueba de índice de von Neumann. Únicamente se han considerado los resultados para periodos con al menos 80% de datos disponibles.

Para el análisis de los datos, consideramos únicamente los días con precipitación. Se calculan diferentes estadísticos separadamente para los doce meses del año (tomando los datos de los días correspondientes a cada mes) en los diferentes observatorios. Se ha

calculado en cada uno de ellos, en cada mes, la mediana de toda la serie temporal de la precipitación diaria del periodo de 55 ó 56 años en estudio, la desviación estándar de la misma serie, y la volatilidad utilizando el valor del percentil 90, 95, 99 y, adicionalmente, el valor máximo. Examinamos los ciclos estacionales de estos estadígrafos con el fin de determinar si pueden identificarse en ellos pautas climatológicas diferenciadas dentro del área de la Península Ibérica.

### 3.- RESULTADOS

#### 3.1.- Características del valor de la mediana en la Península.

La mediana de los datos diarios de precipitación presenta cuatro comportamientos paradigmáticos de cada uno de los cuales es representativo el correspondiente diagrama de la figura 1. En uno de los casos (figura 1a), la mediana presenta un ciclo estacional con un máximo estival señalado; éste tipo de comportamiento es típico de estaciones del este del interior peninsular, como la que utilizamos para ilustrarlo (Moratalla), y refleja la tendencia a que los días de lluvia en verano se caractericen por elevadas cantidades de precipitación en el régimen climático de dicha área. Estas estaciones suponen el 14% del número total de observatorios analizados.

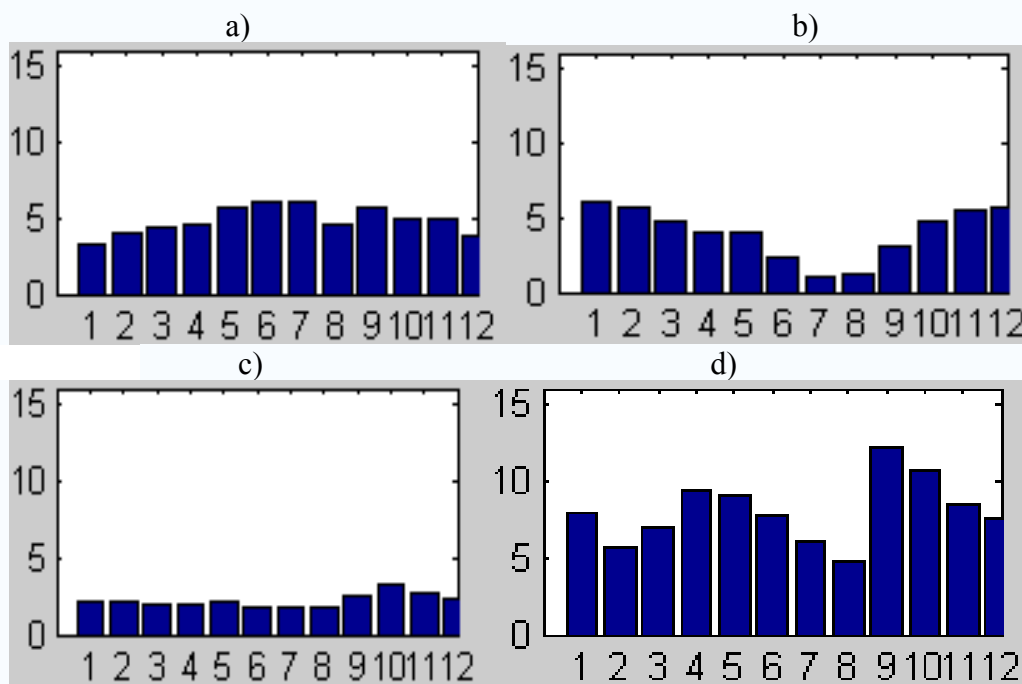


Figura 1a.- Un ejemplo de la distribución mensual de la mediana de la precipitación diaria en la estación localizada en Moratalla (lon.-1.8°, lat. 38.4°). Figura 1b.- Un ejemplo de la distribución mensual de la mediana de la precipitación diaria en la estación localizada en Porto (lon.-8.6°, lat. 41.1°). Figura 1c.- Un ejemplo de la distribución mensual de la mediana de la precipitación diaria en la estación localizada en Madrid (lon. -3.7°, lat.40.4°). Fig. 1d.- Un ejemplo de la distribución mensual de la mediana de la precipitación diaria en la estación localizada en Cartagena (lon. -0.99°, lat. 37.7°). En todos los casos en el eje de las abscisas corresponde al mes y el eje ordenado corresponde a la precipitación en [mm].

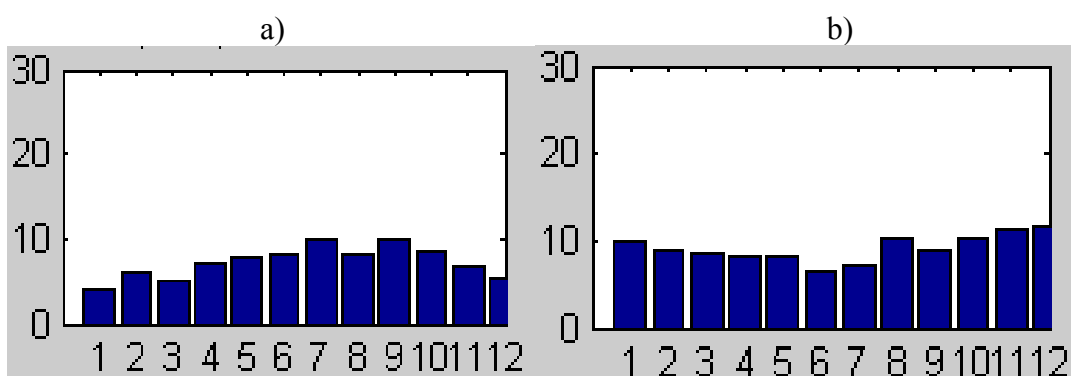
El segundo caso observado es el de estaciones con un ciclo estacional en el que la mediana de la precipitación diaria muestra un mínimo estival (figura 1b). Este comportamiento es característico de las estaciones de la costa atlántica y del sudoeste peninsular, en las que la diferencia entre la precipitación veraniega y la recogida en otras estaciones del año es notablemente marcada, hecho que queda reflejado en el ciclo de la mediana. Este comportamiento se da en 40% de estaciones examinadas.

El tercer tipo corresponde a estaciones en las que la mediana de los datos diarios de precipitación apenas presenta oscilación estacional (figura 1c). Se trata de estaciones en el interior peninsular, en las que, si bien el régimen pluviométrico sí posee un claro ciclo estacional cuando se examina sobre una base mensual acumulada, las diferencias en la precipitación diaria no son pronunciadas. Esta característica aparece en un 37% de las localidades estudiadas.

Finalmente, en un 9% de las estaciones analizadas se observa un comportamiento bimodal como el de figura 1d, en el que las estaciones de otoño y primavera se caracterizan por un aumento en la mediana de la cantidad de precipitación recogida en un día. Estas estaciones, más escasas, se distribuyen de manera no uniforme en la península, lo que sugiere que son factores locales los que influyen en su pluviometría.

### 3.2.- Características de la precipitación en términos de la desviación estándar.

Cuatro regímenes similares a los de la mediana son identificables en las desviaciones estándar de la precipitación diaria en las estaciones analizadas: las estaciones del este del interior peninsular presentan, como anteriormente, un ciclo con máximo estival en la desviación estándar (figura 2a). Las de la costa atlántica y sudoeste peninsular también repiten en la desviación estándar el comportamiento de la mediana, y poseen un mínimo en verano (figura 2b). En el centro peninsular domina el comportamiento homogéneo a lo largo del año de la figura 2c. El resto de estaciones corresponden al tipo bimodal de la figura 2d, con una distribución espacial poco uniforme.



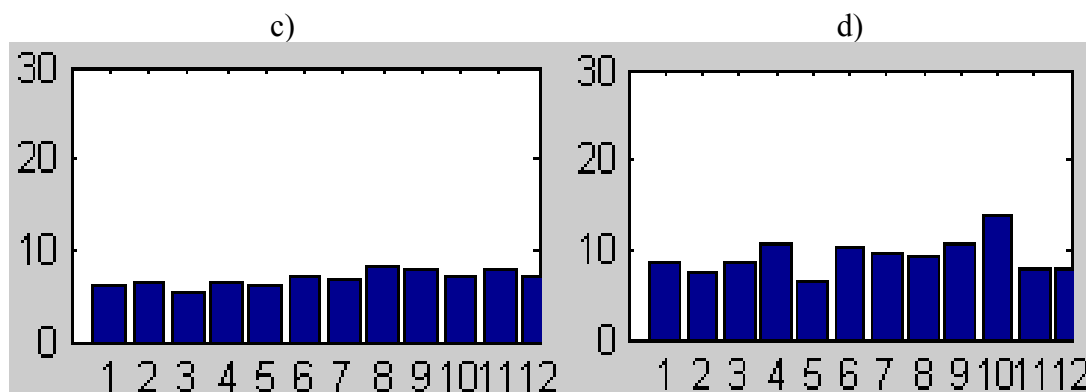


Figura 2a.- Un ejemplo de la distribución mensual de la desviación estándar de la precipitación diaria en la estación localizada en Albacete (lon.  $-1.8^{\circ}$ , lat.  $38.9^{\circ}$ ). Figura 2b.- Un ejemplo de la distribución mensual de la desviación estándar de la precipitación diaria en la estación localizada en Lanjaron (lon.  $-3.5^{\circ}$ , lat.  $36.9^{\circ}$ ). Figura 2c.- Un ejemplo de la distribución mensual de la desviación estándar de la precipitación diaria en la estación localizada en Madrid Cuatro Vientos (lon.  $-3.8^{\circ}$ , lat.  $40.4^{\circ}$ ). Figura 2d.- Un ejemplo de la distribución mensual de la desviación estándar de la precipitación diaria en la estación localizada en Lorca (lon.  $-1.7^{\circ}$ , lat.  $37.7^{\circ}$ ). En todos los casos en el eje de las abscisas corresponde al mes y en el eje ordenado corresponde a la precipitación en [mm].

### 3.3.- Características del valor de la volatilidad en la Península.-

Según se ha indicado más arriba, definimos la volatilidad con tres percentiles alternativos (90, 95 y 99), además de con el valor máximo, tomando el cociente sobre la mediana. Una de las características más llamativas de la volatilidad en la mayor parte de las estaciones estudiadas es su brusco aumento al computarla a partir del percentil 99, con respecto al resultado obtenido a partir del percentil 95 (figura 3a); no se da un cambio similar al pasar del valor proporcionado por el percentil 90 al suministrado por el percentil 95. Esto sugiere que la distribución de los datos diarios de precipitación es, en buena parte de las localidades, de cola densa, en congruencia con las conclusiones de estudios previos que encuentran que la distribución exponencial, utilizada con frecuencia en estudios de precipitación diaria, a menudo subestima la probabilidad de ocurrencia de episodios extremos (PANORSKA et al., 2006), tal y como se ha señalado más arriba. La prueba cuantil-cuantil, realizada sobre nuestros datos suponiendo la convergencia a una familia de exponenciales, revela que en apenas la décima parte de las estaciones es posible utilizar la función de Gumbel y por tanto la distribución de los datos diarios se ajusta bien a una función exponencial (un ejemplo se presenta en la figura 4a), en tanto que en la gran mayoría de localidades la prueba indica que no es adecuada la utilización de esta función de distribución (un ejemplo se ilustra en la figura 4b).

El comportamiento estacional de la volatilidad es menos variado que el de la mediana y el de la desviación estándar: las estaciones examinadas pueden dividirse en dos grandes grupos, caracterizados bien por la práctica ausencia de un ciclo estacional, bien por la presencia de un destacado máximo estival. Las estaciones de la costa atlántica y del sudoeste peninsular, caracterizadas por el mínimo estival en la mediana y en la desviación estándar, presentan de manera generalizada este máximo de verano. La volatilidad nos indica así que existe una probabilidad mayor de episodios extremos en

esta zona climática, y en esa estación del año, que la sugerida por la reducción en la mediana y en la desviación estándar. Las estaciones del este del interior peninsular, distinguidas por el máximo estival en la mediana y en la desviación estándar, corresponden en su práctica totalidad al tipo sin ciclo estacional en la volatilidad, por el contrario. La mediana refleja suficientemente el hecho climatológico de un aumento en la cantidad de precipitación típica de los días de lluvia estivales en esa región, de modo que la volatilidad no se separa significativamente de la que se obtiene en las otras estaciones del año.

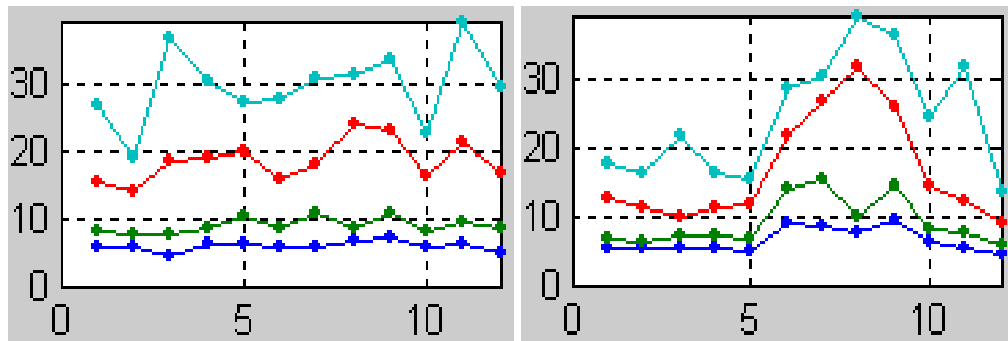


Figura 3a.- Distribuciones mensuales de la volatilidad para la precipitación diaria en la estación localizada en Barcelona (a la izquierda). Fig. 3b.- Distribución mensual de la volatilidad de la precipitación diaria en la estación localizada en Beja (a la derecha). La línea de color azul corresponde a la volatilidad utilizando el percentil 90; la línea de color verde oscuro la volatilidad utilizando el percentil 95; la línea de color rojo la volatilidad utilizando el percentil 99 y la última línea corresponde a los valores de la volatilidad al utilizar el valor máximo en su definición.

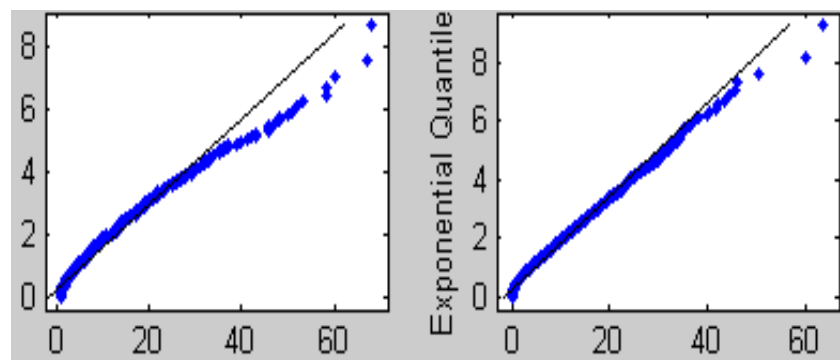


Fig. 4.-Prueba cuantil-cuantil para las estaciones en Albacete y Madrid respectivamente.

#### 4. CONCLUSIONES

En este examen preliminar de los datos de precipitación diaria en la Península Ibérica, discernimos distintos regímenes climáticos en virtud del ciclo estacional de la mediana, la desviación estándar y la volatilidad de los datos diarios de precipitación. Considerados globalmente los cuatro estadígrafos, se diferencian dos áreas climáticas en

la Península: una de ellas corresponde a la costa atlántica y al sudoeste peninsular, mientras la otra incluye las estaciones del interior-este. La primera región se caracteriza por un mínimo estival tanto en la mediana como en la desviación estándar de la precipitación diaria, pero presenta sin embargo un máximo en la volatilidad en la estación de verano. Mientras la mediana y la desviación estándar en esta región informan de la notable reducción de la precipitación en verano en esta zona, con respecto a la recogida en otras estaciones del año, la volatilidad advierte de que este cambio estacional no va acompañado de una reducción proporcional en la probabilidad de episodios extremos, la cual se mantiene comparativamente alta. La otra región climática que distinguimos (estaciones en el interior-este de la Península) se distingue por un máximo estival en la mediana y en la desviación estándar de los datos diarios, mientras que la volatilidad no presenta un ciclo estacional pronunciado. Las lluvias intensas debidas a fenómenos convectivos locales constituyen un elemento esencial de la climatología de la región, y quedan reflejadas en propiedades estadísticas tales como la mediana y la desviación estándar, sin afectar a la volatilidad. El resto de localidades estudiadas presentan características mixtas, que en el caso del centro peninsular indican una transición entre los dos regímenes descritos.

La utilización de definiciones alternativas de la volatilidad basadas en el cociente de distintos percentiles (90, 95 y 99) con la mediana nos permiten detectar un salto brusco en los valores de la volatilidad obtenidos a partir del percentil 95 y los calculados con el percentil 99, cambio que no se aprecia en los cálculos con los percentiles 90 y 95. Este hecho es consistente con las indicaciones de trabajos anteriores relativas a la necesidad de emplear distribuciones de cola densa para modelar la probabilidad de ocurrencia de episodios extremos.

Consideramos que los resultados que se presentan en este estudio deben tomarse en cuenta a la hora de abordar posteriores investigaciones en las propiedades y causas de los episodios extremos de precipitación diaria en la Península Ibérica. Nuestras conclusiones relativas a la identificación de áreas con características diferenciadas y a las propiedades de la volatilidad de los datos diarios pueden ser útiles a la hora de diseñar nuevos análisis de los mismos.

## 5. AGRADECIMIENTOS

J. LOA es un becario Miguel de Cervantes de la Universidad de Alcalá. Este trabajo se ha llevado a cabo gracias al apoyo del proyecto "Señales climáticas interanuales e interdecadales", subvencionado por la Consejería de Investigación de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (PBI-05-002).

## 6. REFERENCIAS

- BROWN, B. G. and KATZ, R. W., (1995). *Regional Analysis of temperature extremes: Spatial analog for climate change?* *J. of Climate*, 8, pp 108-119.
- GERSHUNOV, A., (2004), *ENSO influence on Intraseasonal Extreme Rainfall and Temperature Frequencies in the Contiguous United States: Implications for Long-Range Predictability*, *J. of Climate*, 11, pp 3192-3203.
- GROISMAN P. Ya. *et al.*, (2005), *Trend in intense precipitation in the climate record*, *Journal of Climate*, 18, pp.1326-1350.

- FREI C., R. SCHOELL, S. FUKUTOME, J. SCHMIDLI y P. L. VIDALE, (2006), *Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models*, J. Geophys. Res., 111 D06105, doi: 1029/2005JD005965.
- KARL T.R. y K.E.TRENBERTH,(2003):*Modern global climate change*, Science, 302, 1719-1723.
- MARTIN VIDE J. y OLCINA CANTOS J., (2001), *Climas y tiempos de España*, Editorial Alianza, S.A., Madrid, 2001.
- NIETO, S., FRIAS, M.. D. And RODRIGUEZ-PUEBLA, C. (2004). *Assesing two different climatic models and the NNR data for the description of winter precipitation in the Iberian Peninsula*. International Journal of Climatology, 24, pp. 361-376.
- PANORSKA A. K, A. GERSHUNOV AND T. KOZUBOWSKI, (2006), *From Diversity to Volatility: Probability of Daily Precipitation Extremes*, Journal of Climate in review.
- RUIZ de ELVIRA A. y ORTIZ BEVIÁ, M. J., (1996) *La influencia en el clima de los países mediterráneos de los fenómenos a escala global. Su aplicación a la interpretación de las oscilaciones climatológicas y a la predicción a medio y largo plazo*. Iberdrola Instituto Tecnológico, Bilbao.