

Distribución espacial de índices de frecuencia de precipitación diaria en la Península Ibérica

María de la Cruz GALLEGO HERREZUELO, José Agustín GARCÍA GARCÍA
y José M. VAQUERO

Universidad de Extremadura; Departamento de Física
maricruz@unex.es, agustin@unex.es, jvaquero@unex.es

RESUMEN

Según se ha puesto de manifiesto en la bibliografía, una de las regiones mayormente afectadas por la variabilidad climática en el Atlántico Norte es la Península Ibérica. En este trabajo, tratamos obtener información acerca de la estructura y distribución de la precipitación diaria en dicha región en cada una de las estaciones del año. Para ello, y fijándonos en uno de los aspectos de dicha variable, se han construido series de índices de frecuencia de precipitación: número de días de lluvia y duración de periodos secos entre eventos lluviosos. Nos interesa, particularmente, la distribución espacial en la geografía peninsular de los valores medios de cada uno de los índices definidos. Los resultados muestran regiones de comportamiento similar a lo largo de la Península Ibérica para los valores medios de los índices estudiados.

Palabras clave: precipitación diaria, distribución espacial, Península Ibérica.

Spatial distribution of daily rainfall frequency indices over the Iberian Peninsula

ABSTRACT

According to the bibliography, one of the regions more affected by the climatic variability of the North Atlantic is the Iberian Peninsula. In this work we try to get some information about the structure and distribution of the daily precipitation series over this region in each of the year seasons. For this purpose, and taking into account one of the aspects of this variable, series of precipitation frequency indices have been constructed: number of rainy days and dry spells. We are particularly interested in the spatial distribution over the peninsular geography of the mean values of each defined indices. The results show regions with similar behaviour over the Iberian Peninsula for the mean values of the studied indices.

Keywords: daily rainfall, spatial distribution, Iberian Peninsula.

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Datos. 3. Distribución espacial de los índices de frecuencia. 4. Conclusiones. 5. Agradecimientos. 6. Referencias bibliográficas.

1. INTRODUCCIÓN

La gran variabilidad de la precipitación sobre la Península Ibérica y la irregularidad de su régimen hídrico hacen muy interesante cualquier estudio sobre la precipitación en nuestra geografía, influenciada, entre otros, por la variabilidad climática del Atlántico Norte. En este trabajo nos vamos a centrar en el estudio de la precipitación diaria, a través de la definición de índices que nos describan la frecuencia de ocurrencia de dicha variable. Nos interesaremos por la distribución espacial en nuestro territorio de

los campos medios asociados a cada índice. De esta forma, podemos ver cómo se distribuyen éstos en la geografía peninsular y observar si existen ciertas regiones de valores medios similares. Este trabajo previo es muy interesante para un posterior estudio de las posibles tendencias existentes en las series de índices.

2. DATOS

No es fácil encontrar series de precipitación diaria en la Península Ibérica lo más largas posible y sin demasiadas lagunas. Después de un minucioso chequeo a partir de un conjunto inicial, el conjunto final de series de trabajo lo componen series de datos de precipitación diaria correspondientes a 35 observatorios distribuidos a lo largo de la geografía de la Península Ibérica con periodos de registro variados, dependiendo del observatorio en cuestión, y procedentes de distintas fuentes —Instituto Nacional de Meteorología de España (INM), European Climate Assessment and Dataset (ECA) (<http://www.knmi.nl/samenw/eca>) ó Real Instituto y Observatorio de la Armada Española en San Fernando (Cádiz) (ROA)—. Las series seleccionadas constituyen una muestra representativa de la orografía y diversidad geográfica de la Península Ibérica. Una descripción más detallada aparece en la Tabla 1.

2.1. SERIES ESTACIONALES DE ÍNDICES DE PRECIPITACIÓN

El análisis estadístico de los procesos de precipitación es muy complejo, debido a que la precipitación es una variable eminentemente episódica. Por ello, un estudio exhaustivo de la misma requiere analizar tanto la frecuencia de ocurrencia como la intensidad de los sucesos (Trenberth et al. 2003). Existen en la literatura científica diversos modelos estadísticos utilizados en el estudio de los procesos de precipitación: las cadenas de Markov, la teoría de los procesos de recurrencia, procesos de Poisson, modelos «cluster» de Neyman-Scott, etc. En el estudio que nos ocupa, en vez de aplicar directamente a los datos de lluvia diaria alguno de los modelos estacionarios mencionados, hemos construido series de *índices de precipitación* que nos permiten analizar, de manera más sencilla, posibles variaciones en la estructura de la precipitación a escala diaria.

Teniendo en cuenta que los cambios en la precipitación pueden ser debidos a cambios en la frecuencia, en la intensidad o una combinación de ambos, los índices de precipitación podemos clasificarlos de entrada en dos bloques. En primer lugar, los referidos a *frecuencia de precipitación*, dados en *número de días* y que hablan de la velocidad —en el sentido del número de eventos lluviosos en un cierto intervalo temporal— con que se suceden los fenómenos de precipitación y los periodos secos entre ellos. En segundo lugar, los referidos a *intensidad de precipitación*, asociados a la cantidad de agua caída en cada suceso. Debido al alto grado de estacionalidad que presentan las precipitaciones en la Península Ibérica, se ha hecho un análisis de los datos para cada estación por separado: primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto), otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero

Tabla 1. Series de precipitación diaria escogidas para el estudio

Observatorio	Coordenadas	Periodo	Fuente
Almadén	04 50 37 W 38 46 27 N 535 m	1940 01 01 - 1999 12 31	INM
Badajoz	06 58 20 W 38 52 42 N 195 m	1901 01 01 - 1999 12 31	INM
Barcelona	02 07 27 E 41 25 05 N 420 m	1917 01 01 - 1999 12 31	INM
Beja	07 52 00 W 38 01 00 N 246 m	1941 01 01 - 1999 12 31	ECA
Braganza	06 44 00 W 41 48 00 N 690 m	1945 01 01 - 1999 12 31	ECA
Barracas	00 41 47 W 40 00 40 N 981 m	1948 01 01 - 1999 12 31	INM
Cáceres	06 22 00 W 39 29 00 N 459 m	1908 01 01 - 1999 12 31	INM
Coimbra	08 25 00 W 40 12 00 N 141 m	1941 01 01 - 1994 12 31	ECA
La Coruña	08 25 10 W 43 22 02 N 57 m	1917 01 01 - 1999 12 31	INM
Daroca	01 24 39 W 41 06 53 N 779 m	1910 01 01 - 1999 12 31	INM
Embalse Cierva	01 29 17 W 38 03 40 N 395 m	1934 01 01 - 1999 12 31	INM
Embalse Fuensanta	02 13 09 W 38 23 35 N 680 m	1934 01 01 - 1999 12 31	INM
Grazalema	05 22 07 W 36 45 30 N 823 m	1913 01 01 - 1999 12 31	INM
Haro	02 51 07 W 42 34 30 N 479 m	1940 01 01 - 1999 12 31	INM
Lisboa	09 09 00 W 38 43 00 N 77 m	1941 01 01 - 1999 12 31	ECA
Madrid	03 40 41 W 40 24 40 N 667 m	1951 01 01 - 1999 12 31	ECA
Málaga	04 29 17 W 36 40 00 N 7 m	1942 01 01 - 1999 12 31	ECA
Navacerrada	04 00 37 W 40 46 50 N 1890 m	1946 01 01 - 1999 12 31	ECA
Oporto	08 36 00 W 41 08 00 N 93 m	1941 01 01 - 1999 12 31	ECA
Pozo Alcón	02 55 07 W 37 46 30 N 1020 m	1952 01 01 - 1999 12 31	INM
Pozoblanco	04 51 17 W 38 22 40 N 649 m	1940 01 01 - 1999 12 31	INM
Presa Puentes Viejas	03 34 17 W 40 59 32 N 960 m	1945 01 01 - 1999 12 31	INM
Salamanca	05 29 41 W 40 56 50 N 790 m	1951 01 01 - 1999 12 31	ECA
San Sebastián	02 02 22 W 43 18 24 N 259 m	1928 01 01 - 1999 12 31	INM
San Esteban Gozmar	03 12 17 W 41 34 25 N 860 m	1943 01 01 - 1999 12 31	INM
San Fernando	06 12 00 W 36 28 00 N 97 m	1870 01 01 - 1999 12 31	ROA
Tavira	07 39 00 W 37 07 00 N 25 m	1941 01 01 - 1994 12 31	ECA
Torre Juan Abad	03 09 55 W 38 39 56 N 810 m	1945 01 01 - 1999 12 31	INM
Torre vieja	00 42 39 W 37 58 38 N 1 m	1927 01 01 - 1999 12 31	INM
Tortosa	00 29 29 E 40 49 14 N 48 m	1910 01 01 - 1999 12 31	ECA
Valencia	00 22 52 W 39 28 48 N 11 m	1938 01 01 - 1999 12 31	INM
Valladolid	04 46 27 W 41 38 40 N 735 m	1931 01 01 - 1999 12 31	INM
Villameca	06 04 27 W 42 38 30 N 978 m	1932 01 01 - 1999 12 31	INM
Zamora	05 45 20 W 41 29 56 N 667 m	1933 01 01 - 1999 12 31	INM
Zaragoza	01 00 29 W 41 39 43 N 48 m	1951 01 01 - 1999 12 31	ECA

y febrero). De esta forma, las series de índices resultantes serán series estacionales para cada uno de los índices y emplazamientos escogidos y su longitud será igual a la duración del periodo de registro.

En este trabajo, vamos a analizar la distribución espacial de índices de frecuencia de precipitación diaria en la Península Ibérica. Un estudio similar utilizando índices relacionados con la intensidad de la precipitación diaria puede encontrarse en Gallego (2004).

2.1.1. NÚMERO DE DÍAS DE LLUVIA

El número de días de precipitación se establece en un periodo determinado. Podríamos considerarlo un proceso de Poisson, interesado por el número de sucesos en un intervalo. En nuestro caso, el número de días de lluvia lo contabilizaremos en cada periodo estacional: 90 días en invierno, 91 días en otoño y 92 días en primavera y verano.

Para describir la frecuencia de la precipitación a través del número de eventos de precipitación, no basta con contar el número de días de lluvia. Refiriéndonos al número de casos en general, no sería posible saber si un cambio en la frecuencia de la precipitación es producido por un cambio en el número de días con precipitación muy intensa o ligera (Karl y Knight 1998). De esta forma, para obtener la máxima información, nos vemos en la necesidad de discriminar entre distintas categorías de precipitación que deben definirse a través de umbrales específicos que sean representativos para cada una de ellas. La literatura al respecto no tiene un criterio homogéneo para la definición de las categorías y la toma de umbrales frontera. Existen autores que toman umbrales «fijos» y la categoría definida depende del régimen pluviométrico de la zona de estudio. Por ejemplo: Brázdil et al. (1999) y Zhai et al. (1999) analizan datos de precipitación mayores que decenas de mm/día; Groisman et al. (1999), Plummer et al. (1999) y Karl et al. (1995) utilizan como umbrales múltiplos enteros de una pulgada; Brunetti et al. (2002), Manton et al. (2001), Akinremi et al. (1999) y Kunkel et al. (1999) también utilizan umbrales fijos. Existen autores que se decantan por el uso de umbrales «móviles», basados en percentiles de lluvia. Sin embargo, suele ser para el estudio de lluvia intensa, tomándose percentiles altos (90%, 95% y 99%), como hacen Suppiah y Hennessy (1998) y Nicholls y Murray (1999), por citar algunos. En los estudios referidos a determinadas zonas de la Península Ibérica también encontramos una variada casuística.

Ante esta diversidad de criterios, debemos pensar cuál es más acertado en nuestro caso. La diversidad orográfica de nuestra península y los fenómenos locales hacen que las intensidades de lluvia varíen mucho de una zona a otra, por lo que la elección de umbrales fijos parecería no muy adecuada. En este sentido la elección de umbrales móviles sería más acertada, aunque en este caso una misma categoría englobaría valores de lluvia muy dispares de una zona a otra. Para paliar un poco estos efectos que comentamos, podemos llegar a un compromiso entre ambas definiciones tomando como umbrales fijos la media de los valores de percentiles estacionales de los observatorios. Algo similar hacen Haylock y Nicholls (2000) en un estudio de la precipitación en Australia, argumentando la gran variabilidad espacial de la intensidad de la lluvia en dicho lugar. De esta forma, los valores de umbrales seleccionados no han sido escogidos al azar sino que, intentando reproducir los límites de las categorías de la forma más real posible, hemos tomado un valor aproximado a la media de los terciles estacionales de cada observatorio (33% —media aprox. 2.5 mm— y 66% —media aprox. 7.5 mm—). En base a los umbrales citados, vamos a establecer cuatro categorías de precipitación: lluvia ligera, moderada, intensa y muy intensa. Las series de frecuencia en cada una de ellas junto con la lluvia total serán:

- *número total de días de lluvia*: según la definición de evento lluvioso dada por la OMM, número de registros mayores que 0.1 mm/día.

- *número de días de lluvia ligera*: número de registros contenidos en el intervalo $0.1 \text{ mm/día} < \text{cantidad de lluvia por evento} \leq 2.5 \text{ mm/día}$.
- *número de días de lluvia moderada*: incluirá todos los registros comprendidos en el intervalo $2.5 \text{ mm/día} < \text{cantidad de lluvia por evento} \leq 7.5 \text{ mm/día}$.
- *número de días de lluvia intensa*: registro sea superior a 7.5 mm/día .
- *número de días de lluvia muy intensa*: registros mayores que 15 mm/día y superiores a un umbral cercano a la media de los valores de 90% percentil.

Por definición, el número total de días de lluvia en una estación es igual a la suma del número de días de lluvia ligera, moderada e intensa.

2.1.2. DURACIÓN DE PERIODOS SECOS

El índice «opuesto» al anterior sería aquel que tuviera en cuenta aquellos días en los que no se produce precipitación. Justamente esa condición es la que evalúa la duración de periodos no lluviosos, cuantificando el número de días secos entre dos húmedos. Entraría dentro de los procesos de renovación, que interesan por la distancia entre sucesos. Resulta muy interesante la información que nos puede ofrecer este índice como complemento al anterior. Se puede alcanzar un mismo valor de precipitación acumulada en un determinado intervalo temporal de muy diversos modos: con largos periodos secos y escasos días de precipitación muy intensa, con muchos días de precipitación ligera continuados, alternando días secos y húmedos con un valor de precipitación moderada... De esta forma, a partir de la duración de periodos secos en cada estación se puede obtener información adicional para conocer la estructura de precipitación. Estableceremos dos series de estudio:

- *medianas*: 50% percentil de la duración de periodos secos en una estación determinada; nos da información de los eventos de sequía «normales».
- *máximos*: 100% percentil de la duración de periodos secos registrados en una estación determinada; refleja los eventos de sequía extremos.

El periodo seco más largo que podremos registrar coincidirá con la duración de la estación del año que estemos considerando.

3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ÍNDICES DE FRECUENCIA

Vamos a realizar un estudio de la distribución espacial de los valores medios de los índices de frecuencia de precipitación en la geografía peninsular. Los valores medios que mostramos se han calculado estacionalmente tomando como referencia el periodo común 1958-1997. También se han elaborado cálculos paralelos tomando los periodos completos de cada serie, para tener así la máxima información disponible, y los resultados son muy similares.

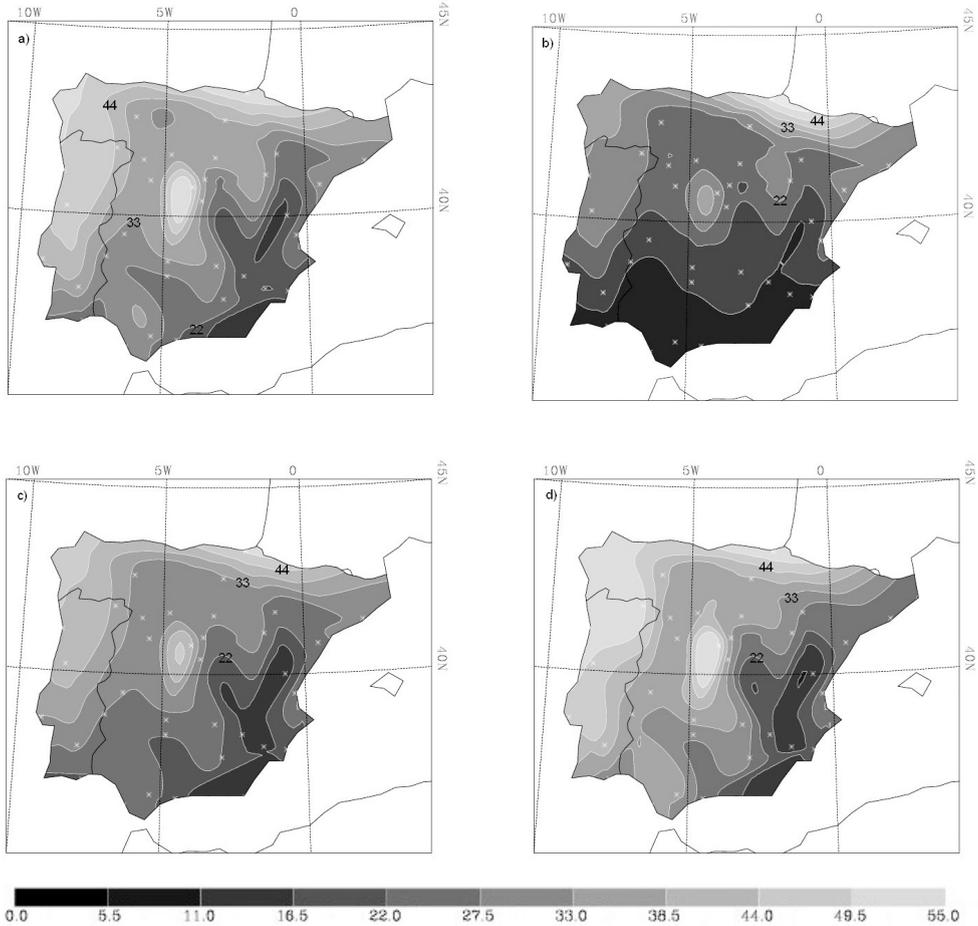


Figura 1. Distribución espacial del número total de días de lluvia: a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

La Fig. 1 muestra la distribución espacial de los promedios del número total de días de lluvia en cada estación del año. Para primavera, otoño e invierno, los esquemas de precipitación son muy parecidos. Se distinguen básicamente tres zonas. La primera es la cornisa cantábrica que, junto con la mitad norte portuguesa y la sierra de Madrid, constituyen la región con mayor número de días de lluvia en promedio, en cualquier caso mayor que 38.5 días por estación del año y que en el caso del invierno (Fig. 1d) presenta una gran parte del área en la categoría entre 49.5 y 55 días. Una segunda zona que se observa para estas tres estaciones del año es la que abarca la costa de Almería y el pre-litoral alicantino-valenciano, y que constituye la parte de la península en la que se registran menor número de días lluviosos por estación, en el intervalo de 5.5 a 22 días (los menores valores también en invierno). El resto de la península que

queda confinada entre la primera zona (noroeste) y la segunda (sureste), salvando la isleta del Sistema Central, constituye una zona de valores intermedios que van de 22 a 38.5 días. Para el verano, aparece el mapa típico en el que la península se divide en norte y sur: la parte norte, con valores mayores que 16.5 días, alcanzándose los 55 días en la zona de San Sebastián, y en la que incluso en los meses cálidos se mantienen niveles de precipitación considerables (Font 1983b); y la zona sur, con valores en el intervalo 5.5-16.5 días (Fig. 1b). Este gradiente estival sur-norte presenta en invierno una distribución sureste-noroeste. La primavera y el otoño pueden entenderse como estaciones de transición en la evolución de estos patrones invernales a estivales y viceversa. Estos mapas recogen bastante bien las estructuras a gran escala que aparecen en los mapas de precipitación media (Font 1983a).

Las Figs. 2-5 nos muestran la distribución espacial del porcentaje de número medio de días con lluvia ligera, moderada, intensa y muy intensa, respectivamente. A partir de ellas, podemos hacernos una idea de qué tipo de lluvia predomina por término medio en las distintas zonas de nuestra geografía. Se observa que el número de casos de lluvia ligera (Fig. 2) constituye un porcentaje del número total de días de lluvia mayor del 40% en buena parte de la península en todas las estaciones del año. Incluso llega a ser superior al 70% en verano en casi toda la geografía portuguesa y en la zona de Almería, y en primavera, verano e invierno en una pequeña parte de la submeseta sur, de la depresión del Ebro y de la costa valenciana. Este alto porcentaje del número de días de lluvia ligera frente al número total de días lluviosos parece indicar la existencia de una asimetría importante en la precipitación de las citadas regiones; asimetría que aumentaría en verano. En algunas zonas de la Cordillera Cantábrica, Sistema Central, Sistemas Béticos y zona este del Sistema Ibérico, la lluvia ligera tiene mucho menos peso que en el resto de la península, en cualquier caso menor del 40%. Este hecho se acusa en la zona pre-litoral mediterránea, en la que en la Sierra de Grazalema, Sierra Nevada y la parte oriental del Sistema Ibérico se alcanzan valores menores del 20%.

La distribución del número de días de lluvia moderada (Fig. 3) es mucho más homogénea que la anterior y oscila entre valores del 30% al 50% en toda la península. Existen pequeñas isletas de menor peso (del 20% al 30%) localizadas en la zona centro portuguesa en verano, en Grazalema en invierno y en la costa valenciana en todas las estaciones del año.

La Fig. 4 muestra la distribución del porcentaje de días de lluvia intensa. A primera vista parece «opuesta» a la distribución que encontrábamos para la lluvia ligera y que mostraba la Fig. 2. Ciertamente, las zonas que allí aparecían con un porcentaje más alto, aquí pasan a ser las de porcentaje más bajo, y viceversa. Esta categoría de lluvia tiene un peso mayor en las zonas montañosas (superior al 50%), sobre todo en las inmediaciones de la Sierra de Grazalema y la parte oriental del Sistema Ibérico, donde se llegan a alcanzar valores superiores al 80% en primavera, otoño e invierno. Los valores menores (inferiores al 30%) se presentan en la depresión del Ebro y parte de la submeseta sur durante todo el año, en el flanco occidental de la península en verano y en la costa de Almería en primavera y verano.

El caso de la lluvia muy intensa se refleja en la Fig. 5 y es equivalente al anterior pero con unos valores porcentuales algo más bajos. En este caso los valores

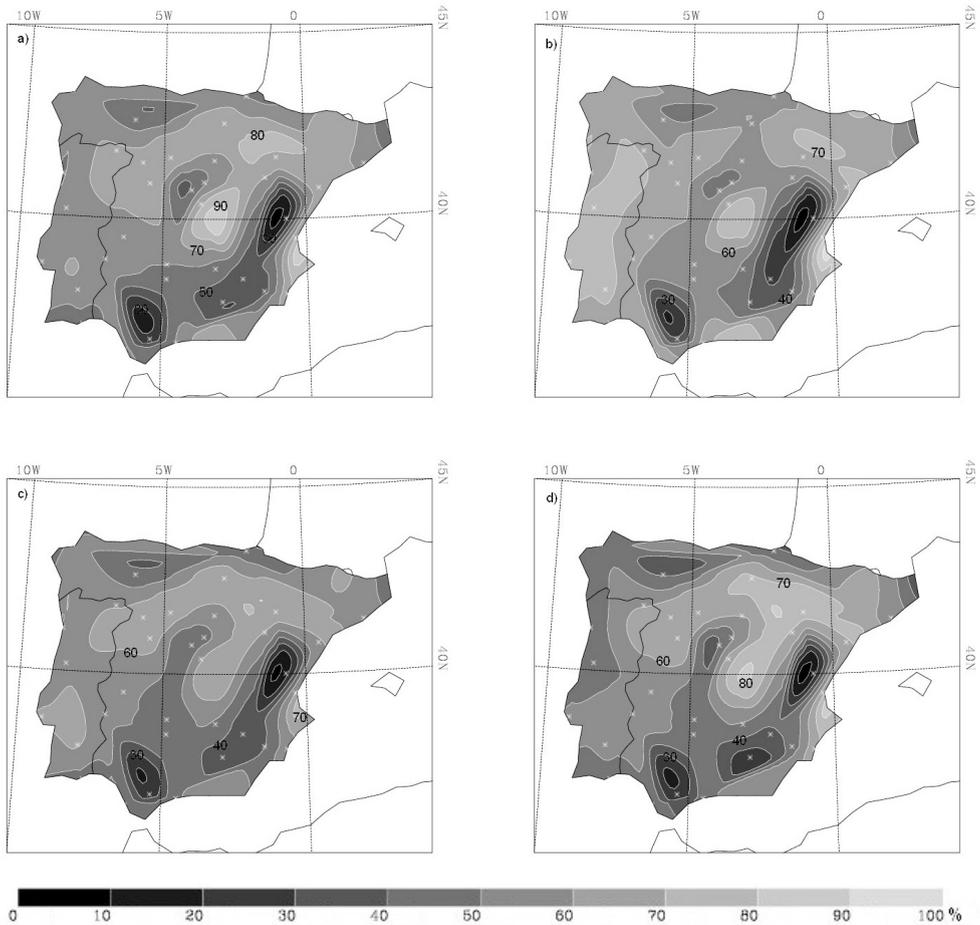


Figura 2. Distribución espacial de la proporción del número de días de lluvia ligera frente a la total (%):a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

mayores pertenecen a la banda del 70% al 80% y únicamente los logra Grazalema en invierno.

A la vista de los mapas descritos anteriormente, podemos decir a grandes rasgos que la lluvia intensa juega un papel predominante en el régimen hídrico de las zonas montañosas, mientras que en las zonas de menor altura tiene más importancia la lluvia ligera. La lluvia moderada presenta una distribución más homogénea en la geografía peninsular.

Las Figs. 6 y 7 nos muestran la distribución espacial de los valores medios de las series de medianas y máximos de duración de periodos secos, respectivamente. Estos mapas son, en cierto modo, opuestos a los que veíamos para el caso del número total de días lluviosos. Y es que, es de esperar que en las zonas en las que antes

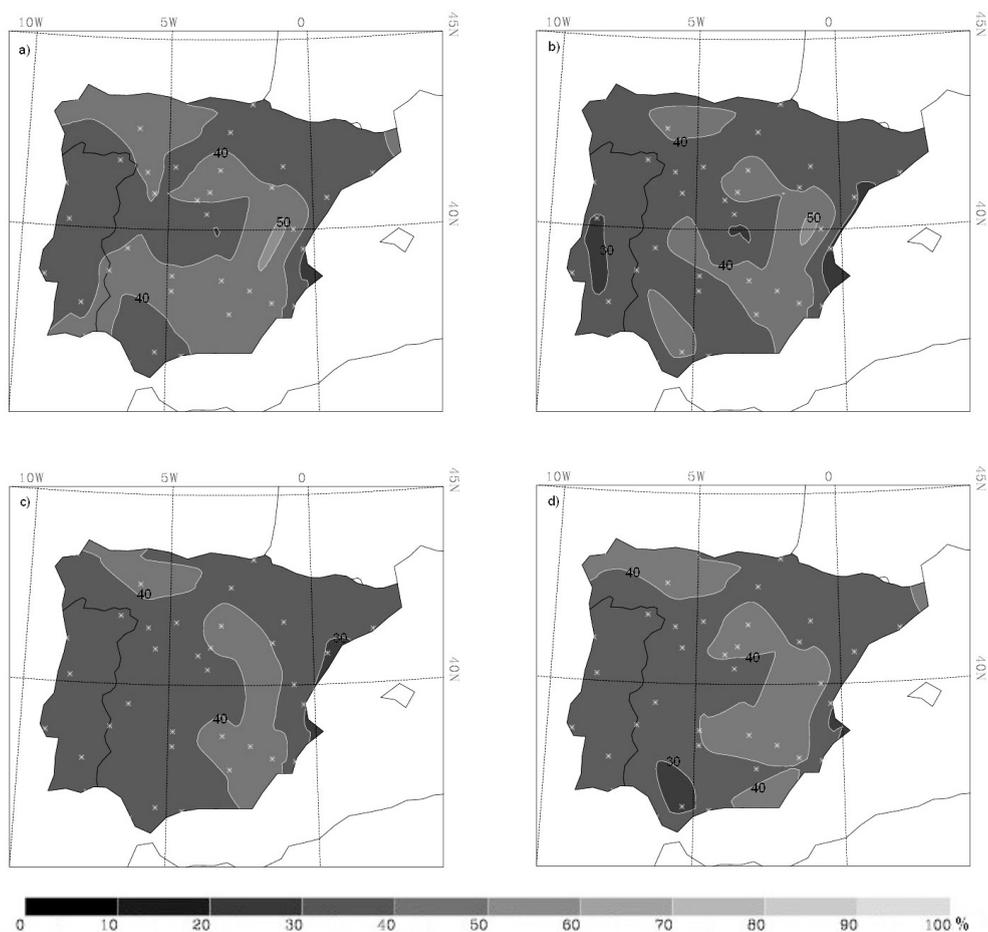


Figura 3. Distribución espacial de la proporción del número de días de lluvia moderada frente a la total (%):a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

encontrábamos el número de días de lluvia más alto, ahora encontremos la duración de periodos secos más baja, y viceversa. Así, para el caso de las medianas, en primavera, otoño e invierno, se definen las tres zonas que ya citábamos: cantábrico y mitad norte de Portugal (ampliada en primavera e invierno al englobar la sierra de Madrid) con valores de duración menores que 4.8 días —podríamos llamarla «zona húmeda», en cuanto a frecuencia se refiere, para estas tres estaciones— la costa de Almería y el pre-litoral alicantino-valenciano con valores mayores que 8 días (alcanzando la banda entre 14.4 y 16 días en la parte oriental del Sistema Ibérico) —sería la «zona seca», en iguales términos— y el resto de la península, con valores de periodos secos entre 4.8 y 8 días (Figs. 6a, 6c y 6d). En verano, los valores mayores de medianas de duración de periodos secos se registran en la costa de Almería (de 14.4 a 16 días secos) y los

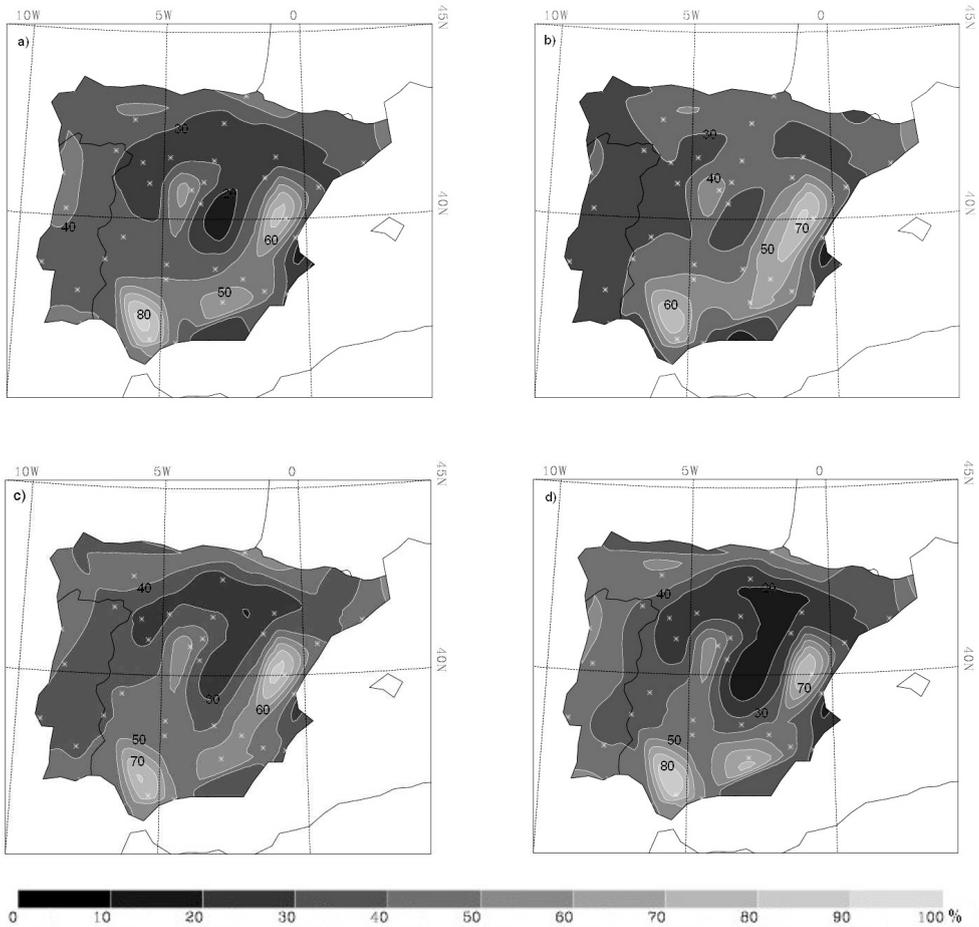


Figura 4. Distribución espacial de la proporción del número de días de lluvia intensa frente a la total (%): a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

menores en la zona de San Sebastián y el pirineo navarro-aragonés (1.6 a 4.8 días); en el resto de la península vamos gradualmente de norte a sur aumentando el número de días secos entre eventos lluviosos (Fig. 6b). Para los máximos de duración de periodos secos, las estructuras son equivalentes a las que acabamos de describir, pero con valores mucho más altos (Fig. 7). En primavera, otoño e invierno, la zona húmeda registra valores máximos de periodos secos entre 15 y 22.5 días, la zona seca oscila entre 37.5 y 60 días, y la intermedia entre 22.5 y 37.5 días. Los valores más altos de máximos se registran en verano en la costa sur peninsular (entre 67.5 y 75 días); en toda la mitad sur peninsular no bajamos de 45 días secos. Vamos disminuyendo gradualmente, hasta valores de 7.5 a 15 días en San Sebastián y el pirineo navarro-aragonés.

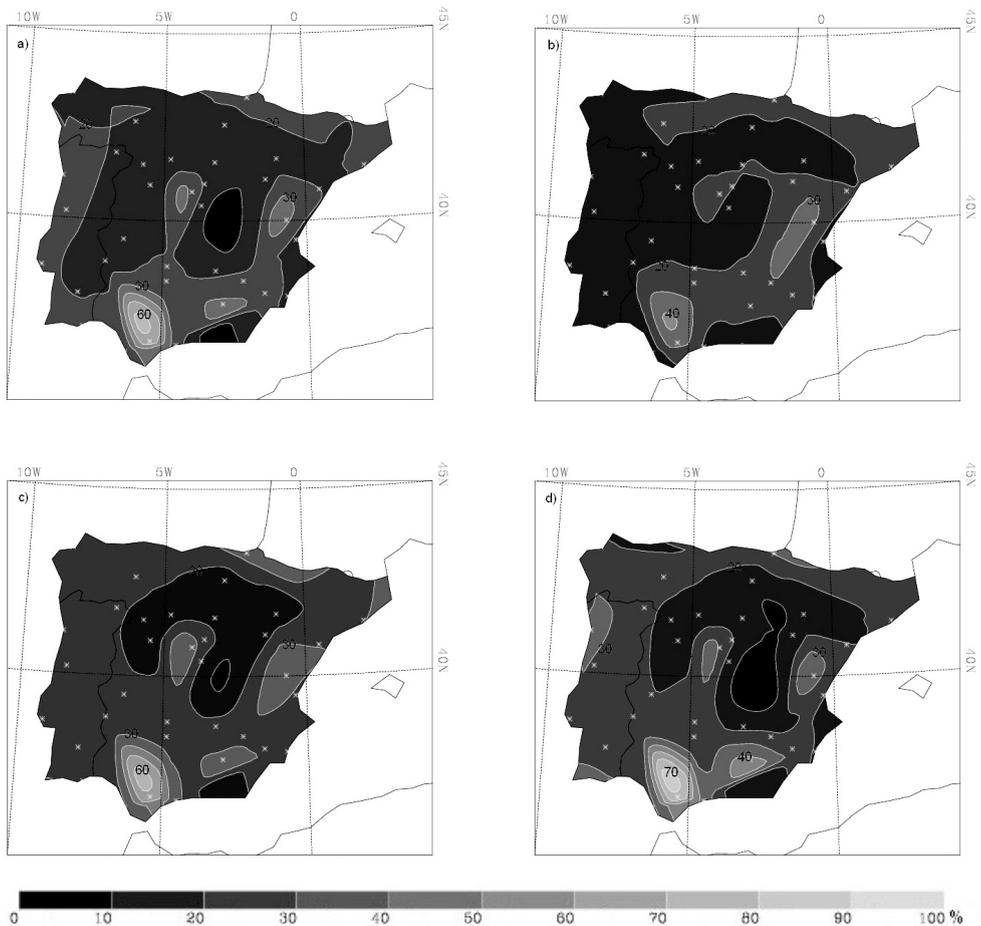


Figura 5. Distribución espacial de la proporción del número de días de lluvia muy intensa frente a la total (%): a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

Parece que las distribuciones obtenidas para los valores medios de los distintos índices son coherentes entre sí y reflejan las distintas zonas que se pueden apreciar en la península (Font 1983a) (la denominada España seca, España húmeda, las zonas de montaña,...).

4. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, podemos concluir que existe un gradiente sureste-noroeste en primavera, otoño e invierno y sur-norte en verano para número de días de lluvia total. El gradiente es de sentido contrario en las series de duración

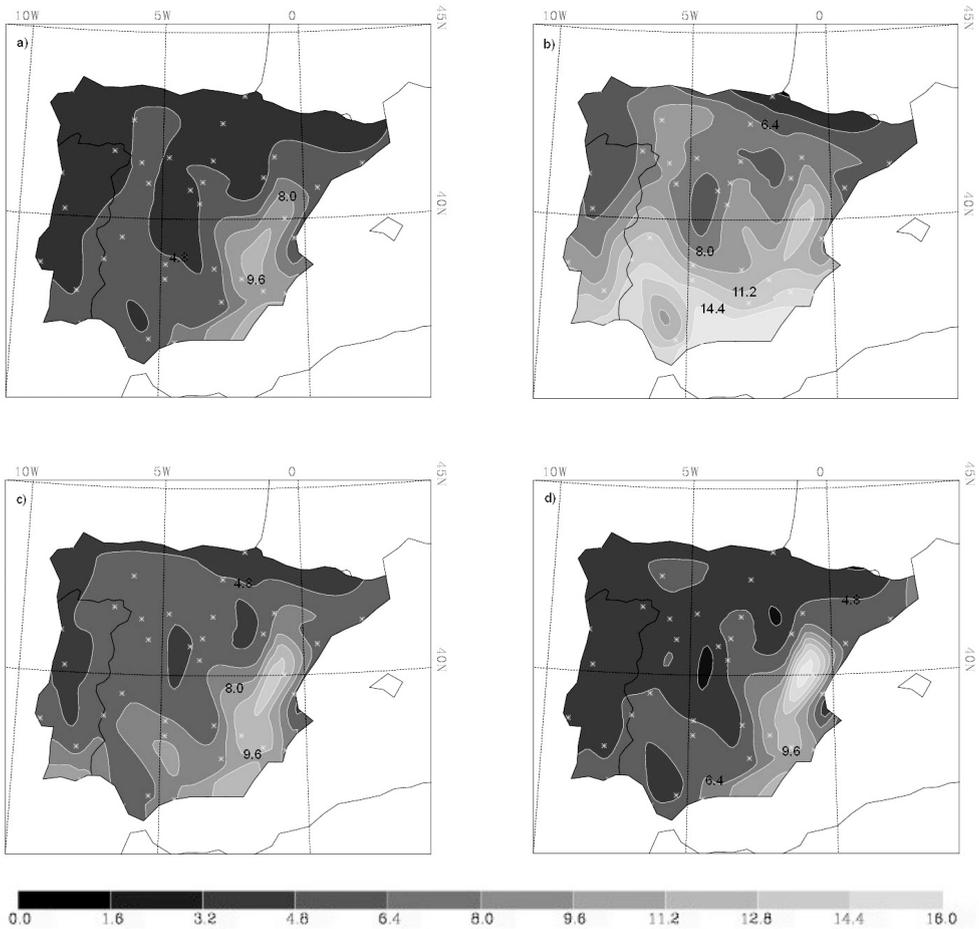


Figura 6. Distribución espacial de medianas de duración de periodos secos: a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

de periodos secos. También se observa que el número de días de lluvia ligera predomina en gran parte de la península. El número de días de lluvia intensa y muy intensa es más importante en aquellas regiones en las que la lluvia ligera tiene menor influencia.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante los proyectos CLI99-0845-C03-03 y REN2002-04558-C04-03.

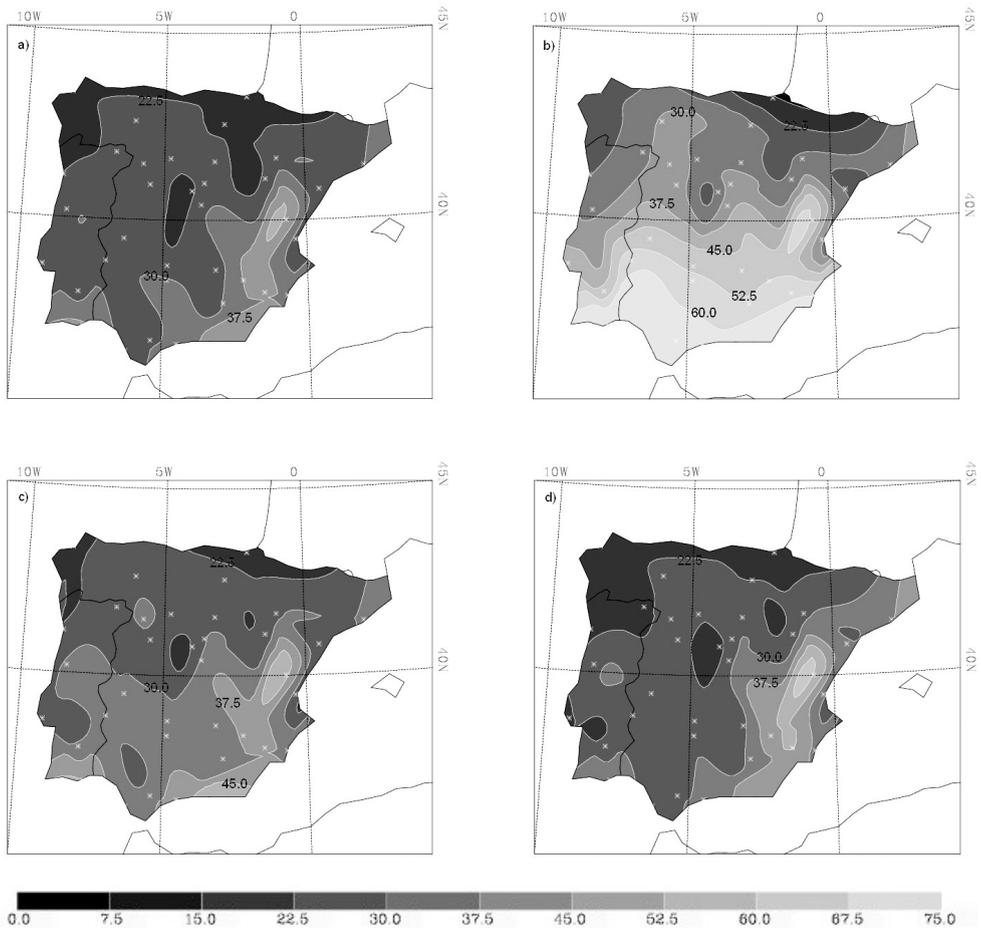


Figura 7. Distribución espacial de máximos de duración de periodos secos: a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINREMI, O. O.; S. M. MCGINN & H. W. CUTFORTH (1999). Precipitation trends on the Canadian Prairies. *J. Climate*, 12, 2996-3003.
- BRÁZDIL, H. R.; R. FORLAND, H. TUOMENVIRTA, H. ALEXANDERSSON, M. BENISTON, C. PFISTER, M. REBETEZ, G. ROSENHAGEN, S. RÖSNER & J. WIBIG (1999). Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe. *Climatic Change*, 42, 151-181.
- BRUNETTI, M.; M. MAUGERI, T. NANNI & A. NAVARRA (2002). Droughts and extreme events in regional daily italian precipitation series. *Int. J. Climatol.*, 22, 543-558.
- FONT, I. (1983a). *Atlas climático de España*. INM. 43 pp.

- FONT, I. (1983b). *Climatología de España y Portugal*. INM. 422 pp.
- GALLEGO HERREZUELO, M. C. (2004). *Un estudio de la variabilidad climática en la Península Ibérica*. Universidad de Extremadura. Tesis doctoral (en prensa).
- GROISMAN, P. Y.; T. R. KARL, D. R. EASTERLING, R. W. KNIGHT, P. F. JAMASON, K. J. HENNESSEY, R. SUPPIAH, C. M. PAGE, J. WIBIG, K. FORTUNIAK, V. N. RAZUVAEV, A. DOUGLAS, E. FORLAND & P. ZHAI (1999). Changes in the Probability of heavy precipitation: important indicators of climatic change. *Climatic Change*, 42, 243-283.
- HAYLOCK, M. & N. NICHOLLS (2000). Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998. *Int. J. Climatol.*, 20, 1533-1541.
- KARL, T. R.; R. W. KNIGHT & N. PLUMMER (1995). Trends in high frequency climate variability in the twentieth century. *Nature*, 377, 217-220.
- KARL, T. R. & R. W. KNIGHT (1998). Secular trends of precipitation, frequency and intensity in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 231-241.
- KUNKEL, K. E.; K. ANDSAGER & D. R. EASTERLING (1999). Long-term trends in extreme precipitation events over conterminous United States and Canada. *J Climate*, 12, 2515-2527.
- MANTON, M. J.; P. M. DELLA-MARTA, M. R. HAYLOCK, K. J. HENNESSY, N. NICHOLLS, L. E. CHAMBERS, D. A. COLLINS, G. DAW, A. FINET, D. GUNAWAN, K. INAPE, H. ISOBE, T. S. KESTIN, P. LEFALE, C. H. LEYU, T. LWIN, L. MAITREPIERRE, N. OUPRASITWONG, C. M. PAGE, J. PAHALAD, N. PLUMMER, M. J. SALINGER, R. SUPPIAH, V. L. TRAN, B. TREWIN, I. TIBIG & D. YEE (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *Int. J. Climatol.*, 21, 269-284.
- NICHOLLS, N. & W. MURRAY (1999). Workshop on indices and indicators for climate extremes: Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997. Breakout Group B: precipitation. *Climate Change*, 42, 23-29.
- PLUMMER, N.; M. J. SALINGER, N. NICHOLLS, R. SUPPIAH, K. J. HENNESSEY, R. M. LEIGHTON, B. TREWIN, C. M. PAGE & J. M. LOUGH (1999). Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Climatic Change*, 42, 183-202.
- SUPPIAH, R. & K. J. HENNESSY (1998). Trends in total rainfall, heavy rain events and the number of dry days in Australia. 1910-1990. *Int. J. Climatol.*, 18, 1141-1164.
- TRENBERTH, K. E.; A. DAI, R. M. RASMUSSEN & D. B. PARSONS (2003). The changing character of precipitation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, 1205-1217.
- ZHAI, P.; A. SUN, F. REN, X. LIU, B. GAO & Q. ZHANG (1999). Changes of climate extremes in China. *Climatic Change*, 42, 203-218.