

# LA BASE DE DATOS MOPREDAS (MONTHLY PRECIPITATION DATABASE OF SPAIN) Y EL ANÁLISIS SUBREGIONAL DE LAS TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL EN ESPAÑA (PERIODO 1945-2005).

J Carlos GONZÁLEZ-HIDALGO<sup>1,2</sup> (\*), Michele BRUNETTI<sup>2</sup>, Petr STEPANEK<sup>3</sup>, Martín DE LUIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza. 50009, Zaragoza, España.. <sup>2</sup> Instituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima ISAC-CNR, Bologna, Italy. <sup>3</sup>Hydrometeorological Service, Brno División, Czech Republic.

(\* e-mail: [jcgh@posta.unizar.es](mailto:jcgh@posta.unizar.es)

## RESUMEN

Hemos elaborado una nueva base de precipitaciones mensuales de la España peninsular (periodo 1946-2005) tras analizar la totalidad de los registros digitalizados en la Agencia Estatal de Meteorología española (AEMET). La nueva base de datos, bautizada MOPREDAS (MONTHLY PRECIPITATION DATABASE OF SPAIN), consta de 6821 series originales de las que se ha logrado la reconstrucción de 2670 en el periodo señalado. MOPREDAS se ha elaborado para analizar el comportamiento subregional de las precipitaciones, la respuesta de los sistemas naturales y ayudar a validar con técnicas de downscaling modelos regionales. Los análisis de tendencias mensuales confirma una gran variabilidad espacial y temporal en el periodo de estudio. Las tendencias varían de mes en mes en la misma área, y los únicos patrones generalizados significativos se han detectado en Marzo, Junio (ambos con signo negativo) y Octubre (signo positivo). Los resultados sugieren que las tendencias de precipitación mensual en Península Ibérica dependen tanto de factores macro regionales como locales, entre los que la distribución de las cadenas montañosas parece jugar un papel determinante en la escala subregional.

**Palabras Clave:** Bases de datos, Precipitación, tendencias de precipitación, España, Mediterráneo occidental

## ABSTRACT

We have developed a new monthly precipitation dataset for the conterminous Spain (1946-2005) after analyzing the complete information digitalized at Spanish Meteorological Agency archives. The new dataset, called MOPREDAS, consists of 6821 original data series, from which we reconstructed 2670 during 1946-2005. MOPREDAS has been elaborated to analyze precipitation trend, the natural system response and to calibrate regional models. Trend analyses confirm a high spatial and temporal variability. Trends vary from month to month in the same area, and we have only found generalized and significant spatial pattern during March, June (negative) and October (positive). The results suggest that precipitation trends in Iberian Peninsula depend on macroregional and local factors.

**Key Words:** Precipitation database, Rainfall trends, Spain, Western Mediterranean.

## 1. INTRODUCCION.

La precipitación es uno de los elementos del clima que más afecta a las sociedades, a las actividades económicas y a los sistemas naturales (RANDALL et al., 2007). Son además uno de los elementos del clima más variables en el espacio y tiempo (MITCHELL y JONES 2005; KARAGIANNIDIS et al., 2008), y su variabilidad espacial es inherentemente superior en la escala de detalle a la de las temperaturas (GIORGI 2002). De este modo sus cambios solamente se pueden detectar si existe una densa red de observaciones, situación que se acentúa cuando predominan regímenes convectivos en cuyo caso la concentración temporal causa que los registros de una estación meteorológica sean solamente representativos de una pequeña área (MOSMANN et al., 2004; DEL RÍO et al., 2005).

Las razones apuntadas han llevado a que el informe AR4 (IPCC 2007) renueve el interés de su estudio y sugiera su análisis subregional especialmente allí donde el agua es un recurso escaso y esté sometido a una fuerte demanda. Las áreas de clima mediterráneo, entre las que se encuentra la cuenca del mismo nombre, cumplen esta condición. La cuenca se localiza en una transición climática y ofrece un claro gradiente de situaciones en sentido sur-norte. Su clima está afectado por las condiciones reinantes en el Atlántico, tiene un marcado ciclo estacional entre la estación húmeda y seca (DÜNKELOH y JACOBET 2003), y una fuerte variabilidad pluvial (LIONELLO et al., 2006). Finalmente la cuenca mediterránea es un sistema a pequeña escala donde el acoplamiento océano-atmósfera ofrece una rápida respuesta a los forzamientos climáticos (XOPLAKI et al., 2004).

Hasta el momento, los estudios sobre las precipitaciones no han detectado un patrón generalizado ni en la escala global ni en la regional (NEW et al., 2001; LAWRIKMORE et al., 2001; KLEIN-TANK et al., 2002), y lo mismo ocurre en el entorno mediterráneo (XOPLAKI et al., 2004; NORRANT y DOUGUÉDROIT, 2005), aunque se ha sugerido una tendencia negativa no significativa en los valores anuales desde los años cincuenta (SCHÖNWISE y RAPP, 1997). La ausencia de tendencias mensuales en la segunda mitad del siglo XX se confirman en su sector oriental (FEIDAS et al., 2007), en la zona centro (DELITALA et al., 2000; BRUNETTI et al., 2006), y en el sector occidental (ESTEBAN-PARRA et al., 1998; SERRANO et al. 1999 b; GONZÁLEZ-ROUCO et al., 2001). Por su parte los estudios estacionales confirman una elevada variabilidad de sus tendencias (QUADRELLI et al., 2001; DÜNKELOH y JACOBET 2003).

La Península Ibérica es un caso especial por su posición en el extremo SW de Europa, localización entre masas de agua contrastadas, elevada altitud promedio y alineación E-W predominante de sus orografía (vide VALERO et al. 2009; MORATA et al., 2006; MARTIN-VIDE, 2004; ROMERO et al., 1998), con un resultado que se expresa en la frase “ la precipitación es el elemento del clima más importante en España” (de Castro et al. 2005).

Los estudios sobre precipitación en España no han detectado señales generalizadas de tendencia significativas en el siglo XX en los valores anuales, estacionales y mensuales, aunque es difícil su comparación por la diferencia de observatorios y periodos analizados. Entre ellos destacan, por la longitud del periodo y el número de observatorios analizados, los trabajos de MILLÁN (1996), ESTEBAN-PARRA et al. (1998), SERRANO et al. (1999 b), GONZÁLEZ ROUCO et al. (2001) LANA y BURGUEÑO (2000), SOTILLO et al. (2006) y VALERO et al., (2009). Los mismos resultados se observan en los estudios regionales realizados en el Ebro (ABAURREA et al., 2002), sureste (CHAZARRA y ALMARZA 2002), Meseta sur (GALÁN et al. 1999), Cataluña (SALADIÉ et al., 2004), costa mediterránea y

cuenca del Ebro (DE LUIS et al., 2009), etc. Esta disparidad se resume del modo siguiente “*la tendencia a un descenso de precipitaciones en los totales... no es fácilmente verificable en España...., cuyo estudio debería realizarse con un masivo empleo de series climáticas no disponibles en el momento. En resumen, en el momento presente carecemos de un estudio detallado con resolución de detalle que cubra el país*” (DE CASTRO et al., 2005, p. 20).

En este trabajo presentamos la nueva base de precipitaciones mensuales MOPREDAS y el análisis de las tendencias mensuales durante sesenta años (1946-2005). MOPREDAS extiende la base de datos anteriormente elaborada en la fachada mediterránea MOPREDAMES (GONZÁLEZ-HIDALGO et al., 2009) a la totalidad de la España peninsular.

## **2. FUENTES**

Los archivos de la Agencia estatal de Meteorología de España (AEMET) almacenan una ingente cantidad de información de datos pluviométricos procedentes de más de 10,000 observatorios, incluyendo los archipiélagos y las antiguas provincias africanas, así como datos del norte de Marruecos hasta los años cincuenta. Esta información ha sido empleada en ocasiones (CANO y GUTIERREZ 2004, LUNA y ALMARZA 2004; SOTILLO et al., 2006; MORATA et al., 2006; VALERO et al., 2009; HERNÁNDEZ et al. 1999; NINYEROLA et al. 2007), aunque hasta el momento no se ha utilizado para reconstruir la mayor cantidad posible de series de precipitación.

Tanto los citados trabajos como aquellos enfocados a análisis más específicos (véase revisión en GONZÁLEZ HIDALGO et al, 2010) ofrecen una visión general sin el detalle sugerido por el AR4. Más aún, los observatorios analizados por encima de 750 m s.n.m. son escasos, y casi ausentes los superiores a 1000 m. Sin embargo diversos estudios de detalle sí que presentan una elevada densidad de observaciones, lo que sugiere que los archivos de AEMET ofrecen la oportunidad de construir una base de datos de alta resolución y prolongada en el tiempo.

### **2.1. La evolución de la red española de observatorios pluviométricos (siglo XX)**

La evolución del número de observatorios es semejante a la observada en el mundo por NEW et al. (2001), en los Alpes por AUER et al. (2005) y por BRUNETTI et al. (2006) en Italia: crecimiento continuado durante el siglo XX, con rupturas causadas por inestabilidad social, y descenso acusado en los últimos años (Figura 1). En nuestro caso se pueden diferenciar las siguientes fases. De 1900 hasta la Guerra Civil (GC) hay un continuo aunque suave incremento en el número de observatorios. En 1900 operaban 29, en 1911 el número ascendió a 111, se duplicó en 1914 y un año antes de la GC se registraba la precipitación en 944 observatorios. La distancia promedio al vecino mas cercano descendió de 91.7 km en 1900, a 11.8 km en 1935. La GC causó el colapso del sistema de recogida de datos. En 1939 los observatorios con registros solamente eran 544, aumentando la distancia media entre vecinos a 14.2 km. La tercera etapa es la inmediata recuperación post bélica. Al año de terminar, registraban precipitación 670 observatorios, y 1120 en 1945, llegando a un máximo de 5241 en 1975. La distancia mínima descendió de 13,8 en 1940 a 5.9 km en 1975. El periodo final comienza a partir de 1975 hasta el presente y está caracterizado por el descenso continuado del número de observatorios, con un mínimo en 2005 (3401). Como consecuencia la distancia mínima entre vecinos ha subido a 7.3 km. En términos relativos en los últimos 30 años se han cerrado el 35% de observatorios (1840), un descenso semejante al producido por la GC.

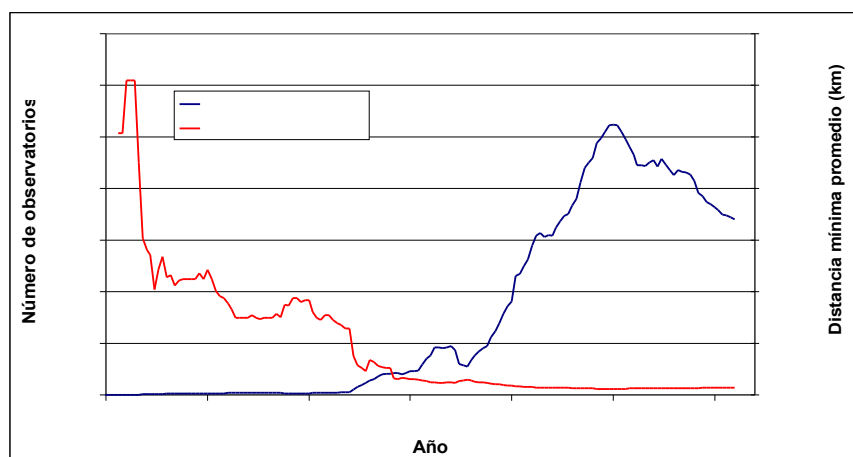


Figura 1. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE OBSERVATORIOS Y DISTANCIA MÍNIMA AL VECINO MÁS CERCANO (1900-2005)

### 3. MÉTODOS

Tanto el control de calidad como la reconstrucción de las series se basaron en la sucesiva elaboración de series de referencia a partir de series de observatorios vecinos. El control de calidad se aplicó en dos pasos: la detección y eliminación de datos sospechosos, y la detección y corrección de inhomogeneidades. La reconstrucción se realizó con series de referencia a 10 y 25 km. Detalles del proceso, la construcción de las series de referencia y la reconstrucción final se encuentran en GONZÁLEZ-HIDALGO et al., (2009 y 2010). El software empleado fue Anclim y ProclimDB (ŠTEPÁNEK 2008 a y b).

La base de datos consta de 6821 series libres de datos sospechosos e inhomogeneidades, de las que hemos logrado la reconstrucción de 2670 durante el periodo 1946-2005, en las cuales el 69.2 % de datos son originales, el 21.7% procede de vecinos a menos de 10 km de distancia, y el 9.1% de información procedente entre 10 y 25 km

Tabla 1. DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE OBSERVATORIOS RECONSTRUIDOS (1946-2005)

Altitud (m)	<250	250-500	500-750	750-1000	1000-1500	>1500	Total
% de territorio	13,0	20,7	23,6	23,6	15,6	3,5	100
Observatorios	562	524	653	561	353	17	2670
Densidad (km <sup>-2</sup> )	1/115	1/196	1/179	1/208	1/219	1/1019	1/185

Las series reconstruidas incluyen también información hasta 1500 m s.n.m., lo que representa una significativa mejora. En la Tabla 1 se muestra la distribución por intervalos de altitud de los observatorios en el periodo 1946-2005. La densidad promedio es 1/185 km<sup>2</sup> con valores alrededor de esta cifra según intervalos hasta 1500 m s.n.m. Excepto algunas áreas con muy baja densidad de población como Monegros, Bardenas y la Mancha, el grado de cubrimiento es muy elevado. Finalmente el análisis de tendencias mensuales se realizó con la prueba no paramétrica de Mann-Kendall sugerida por la propia OMM (p<0,10). Por último la base de datos fue transformada a una malla de resolución 0.1° x 0.1° para facilitar el análisis

espacial y la comparación con modelos. La malla se elaboró refinando el método aplicado en Brunetti et al., (2006) aplicando un filtro radial para prevenir el intercambio de información a grandes distancias, y otro angular para ponderar el número de observatorios que intervenían en cada celda.

#### 4. TENDENCIAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN ESPAÑA PENINSULAR 1946-2005.

Las tendencias mensuales de precipitación en la España peninsular en el periodo analizado tienen patrones espaciales muy diversos. En la Tabla 2 se muestra el área afectada según signo de tendencia y significación, a partir de la malla calculada con MOPREDAS. Si se considera como referencia el valor  $p < 0.10$  en la significación de la tendencia, solamente en los meses de Marzo, Junio y Octubre el área afectada es de consideración; en los meses restantes únicamente se han detectado áreas de menor extensión con tendencias significativas.

Tabla 2. TENDENCIAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (1956-2005) EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DE TERRITORIO AFECTADO, MANN-KENDALL TEST.

Tendencia	p	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D
(+)	< 0,05	0,0	1,6	0,0	1,7	0,0	0,0	2,2	0,4	0,2	21,4	1,2	0,0
	< 0,10	0,0	2,4	0,0	5,0	0,0	0,1	6,1	1,6	1,3	33,7	3,3	0,0
(-)	< 0,10	6,1	1,9	68,9	3,6	0,6	31,8	6,2	5,1	0,3	1,4	0,0	0,8
	< 0,05	1,9	0,4	57,0	2,8	0,2	16,2	2,2	1,4	0,1	0,1	0,0	0,2

Los valores de la tabla se han obtenido a partir de la conversión de la base de datos a una malla de 0,1° de resolución.  $P < 0,05$  y  $p < 0,10$  expresan los valores de probabilidad en la prueba de Mann-Kendall

La tendencia negativa del mes de Marzo ha sido detectada en diferentes periodos a lo largo del siglo pasado en Castilla y León (DEL RÍO et al., 2005), Andalucía occidental (AGUILAR et al. 2006), costa mediterránea y cuenca del Ebro (GONZÁLEZ-HIDALGO et al., 2009), Portugal y áreas centrales y sudoccidentales de la península (LÓPEZ-BUSTINS, 2006; PAREDES et al., 2006; TRIGO y DACAMARA, 2000; NORRANT y DOUGUEDROIT 2005), y en el conjunto de la península entre 1921-1995 (SERRANO et al., 1999 b). Su descenso podría relacionarse con las tendencias negativas de precipitación de primavera, pese a su falta de significación, encontradas en partes de la meseta sur (GALÁN et al., 1999), cuenca del Duero (DEL RÍO et al., 2005), y áreas del NE (SALADIÉ et al., 2002, 2004), de tal modo que parece ser hasta el momento la única señal clara detectada en la escala estacional (DE CASTRO et al., 2005). El área afectada es el 68.9% del territorio analizado ( $p < 0.10$ ) (Tabla 2, Figura 2 izquierda). La migración de las perturbaciones hacia el norte ha sido citada como la causa principal (PAREDES et al., 2006), así como el signo de esta tendencia es consistente con el valor positivo de insolación observada por Sánchez-Lorenzo et al. (2007). La situación de Octubre es la opuesta: predomina la tendencia positive que afecta el 33.7% del territorio ( $p < 0,10$ , Figura 2 derecha, Tabla 2). La señal más clara se encuentra en la meseta norte (en acuerdo con DEL RÍO et al., 2005), Galicia y Pirineos centrales. Al sur, la señal, aunque positive es menos clara. Esta tendencia positive fue sugerido por PAREDES et al. (2006) en el periodo 1941- 1997 para toda la península, aunque NORRANT y DOUGUEDROIT (2005) sugirieron un signo negativo en la costa mediterránea durante el periodo 1951-2000 que aparece también en MOPREDAS. Simultáneamente se ha detectado una tendencia negativa de insolación en el occidente peninsular (SÁNCHEZ-LORENZO et al. 2007). En los restantes meses solamente se pueden delinear áreas homogéneas de menor extensión con tendencias significativas, en muchas ocasiones delimitadas por la orografía.

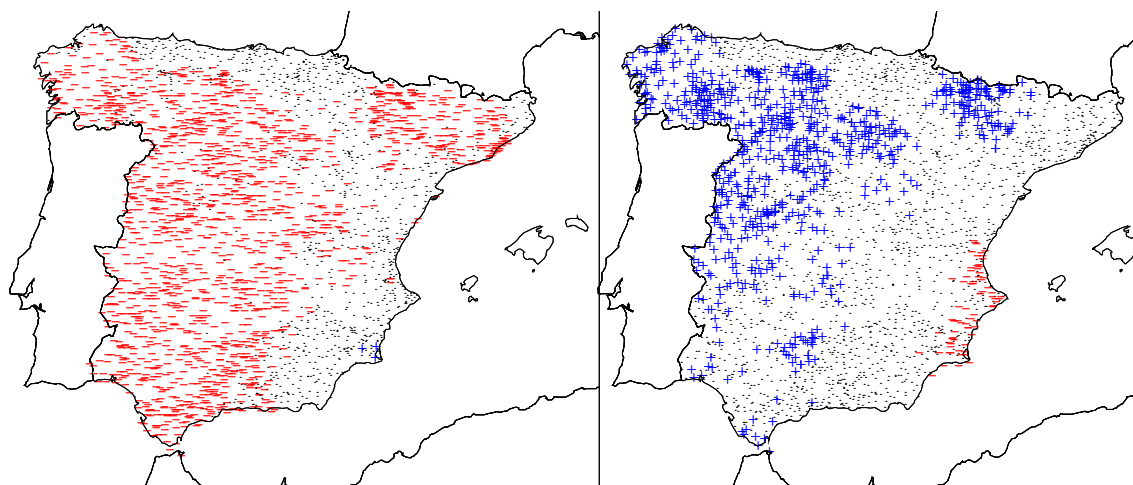


Figura 2. TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN DE MARZO (izquierda) y OCTUBRE (derecha), 1946-2005. (-) tendencia negativa, (+) tendencia positiva (p 0,10), Estaciones con tendencia no significativa (.).

La distribución en el espacio de las tendencias está relacionada con las principales cadenas montañosas. Como ejemplo, en la Figura 3 se muestra el efecto de las montañas cantábricas durante el mes de Marzo y Octubre. Al norte y sur de la divisoria son visibles los cambios o bien en el signo de tendencia, o en el valor de significación. Se observa además que Galicia es más cercana en su comportamiento a la meseta norte que a la propia cornisa cantábrica. Las montañas cantábricas actúan por tanto como barrera que aísla la cornisa del resto peninsular en el comportamiento de las tendencias de precipitación. El mismo efecto ha sido observado en el Sistema Bético (meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Junio y Octubre), una clara indicación de que los flujos del norte, oeste y suroeste no alcanzan la zona en cuestión, que queda bajo predominio de flujos del este y SE. Del mismo modo se ha observado una asimetría en el Sistema Central (meses de Enero, Abril y Junio).

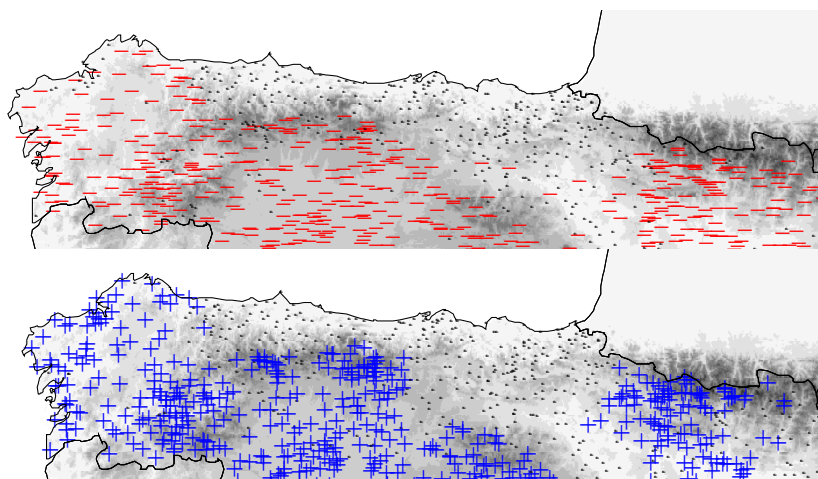


Figura 3. VARIACIONES DE LA TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL A AMBOS MÁRGENES DE LA DIVISORIA CANTÁBRICA. EN LOS MESES DE MARZO (IQZ) Y OCTUBRE (DCHA) (véase leyenda Figura 2)

Por último la disposición del Sistema Ibérico, NW-SE, crea una transición desde la costa

cantábrica al Mediterráneo a lo largo del valle del Ebro. Esta transición ha sido sugerida por SERRANO et al (1999 a) y en fecha más reciente por MUÑOZ-DÍAZ y RODRIGO (2004), quien a su vez sugirió que el valle del Ebro se comporta de modo semejante a la costa mediterránea. Opinión contrapuesta a la de FERNÁNDEZ-MILLS (1995) que liga el comportamiento del Ebro a la Cuenca del Duero y Tajo, especialmente en otoño; opinión recogida recientemente por MORATA et al., (2006). En cualquier caso, el Sistema Ibérico constituye un límite espacial de las influencias atlánticas, y se configura como una frontera climática desde el punto de vista de las tendencias de precipitaciones.

Este efecto de la orografía sobre las tendencias de las precipitaciones concuerda con la opinión de DÜNKELOH y JACOBET (2003) en sus estudios sobre la distribución de las precipitaciones en la cuenca Mediterránea, y con SOTILLO et al., (2003) sobre la distribución global de las precipitaciones en la Península Ibérica. En resumen, en la Península Ibérica el relieve afecta la distribución espacial de las tendencias de precipitaciones mensuales. Por ello las tendencias de precipitación en España dependen tanto factores globales como locales.

## **5. CONCLUSIONES**

La nueva base de datos de precipitaciones mensuales de España peninsular MOPREDAS cubre una laguna existente hasta el momento en cuanto a resolución espacial tal como se demanda en el Informe Nacional de Impactos del Cambio del Clima en España. Por descontado que en la base de datos pueden aún existir errores o inhomogeneidades, pero a tenor de la coherencia de los resultados obtenidos creemos que alcanza un nivel satisfactorio para conocer en detalle el comportamiento de las tendencias mensuales de precipitación durante los últimos sesenta años.

El estudio de tendencias refleja una elevada variabilidad en el espacio y el tiempo. Meses consecutivos ofrecen tendencias de signo opuesto, y la distribución espacial de la señal varía enormemente de mes en mes. En consecuencia los valores de tendencias estacionales o anuales deben presentarse con extrema precaución. Mensualmente hemos observado patrones de tendencia generales (Marzo, Junio y Octubre) y patrones de ámbito sub-regional o incluso local lo cual sugiere que las tendencias de la precipitación en la zona de estudio son el resultado del solape de factores generales y locales. El relieve parece jugar un papel decisivo en el reparto espacial de las precipitaciones en la Península Ibérica.

## **6. AGRADECIMIENTOS.**

Gobierno de España, Proyecto CGL2008-05112-C02-01/CLI, Gobierno Regional de Aragón DGA, Grupo de Investigación Consolidado "Clima, Agua, Cambio Global y Sistemas Naturales" (BOA 69, 11-06-2007). EU-COST-ACTION ES0601 "Advances in homogenization methods of climate series: an integrated approach (HOME)". Este trabajo se redactó durante una estancia de investigación de JC González-Hidalgo en el ISAC-CNR, Bologna, Italia, Programa de movilidad del Profesorado (Gobierno de España).

## **7. REFERENCIAS**

ABAURREA J, ASÍN J, CENTELLES A. 2002. Caracterización espacio-temporal de la evolución de la precipitación anual en la cuenca del Ebro. *El Agua y el clima*. Asociación Española de Climatología, Palma de Mallorca: 113-124.  
AGUILAR M, SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ E, PITA MF. 2006. Tendencia de las

- precipitaciones de marzo en el sur de la Península Ibérica. *Clima Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología, Zaragoza: 41-51.
- AUER I, BÖHM R, JURKOVIC A, *et al.* 2005. A new instrumental precipitation dataset for greater Alpine region for the period 1800-2002. *International Journal of Climatology* **25**: 139-166.
- BRUNETTI M, MAUGERI M, MONTI F., NANNI T. 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *International Journal Climatology* **26**: 345-381.
- CANO R, GUTIÉRREZ JM. 2004. Relleno de lagunas y homogeneización de series de precipitación en redes densas a escala diaria. *El Clima entre el mar y la montaña*. Asociación Española de Climatología, Santander: 431-440.
- CHAZARRA, Z, ALMARZA C. 2002. Reconstrucción desde 1864 de la serie de precipitación útil en las cuencas del Sureste y Levante. *El Agua y el Clima*. Asociación Española de Climatología, Palma de Mallorca: 159-168.
- DE CASTRO M, MARTÍN-VIDE J, ALONSO S. 2005. El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. *Impactos del cambio climático en España*. Ministerio Medio Ambiente, Madrid.
- DE LUIS M, GONZÁLEZ-HIDALGO JC, LONGARES LA AND ŠTEPÁNEK P. 2009. Seasonal Precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century. *International Journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc.1778.
- DEL RIO S, PENAS A, FRAILE R. 2005. Analysis of recent climatic variations in Castile and Leon (Spain). *Atmospheric Research* **73**: 69-85.
- DELITALA A, CESARI D, CHESA P, WARD M. 2000. Precipitation over Sardinia (Italy) during the 1946-1993 rainy seasons and associated large-scale climatic variations. *International Journal of Climatology* **20**: 519-541.
- DÜNKELOH A, JACOBET J. 2003. Circulation dynamics of mediterranean precipitation variability 1948-1998. *International Journal Climatology* **23**: 1843-1866.
- ESTEBAN-PARRA M, RODRIGO F, CASTRO MY. 1998. Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *International Journal Climatology* **18**: 1557-1574.
- FEIDAS H, NOULOPOULOU C, MAKROGIANNIS T, BORA-SENTA E. 2007. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. *Theoretical and Applied Climatology* **87**: 155-177.
- FERNÁNDEZ AJ, MARTÍN-VIDE J. 2004. Tendencias de los patrones de circulación estivales en Europa en la segunda mitad del siglo XX. Precipitaciones asociadas en la Península Ibérica. *El Clima entre el mar y la montaña*. Asociación Española de Climatología, Santander: 273-282.
- GALÁN E, CAÑADA R, RASILLA D, FERNÁNDEZ F, CERVERA B. 1999. Evolución de las precipitaciones anuales en la Meseta Meridional durante el siglo XX. *La climatología en España en los albores del siglo XXI*, Barcelona: 169-180.
- GIORGI F. 2002. Variability and trends of subcontinental scale surface climate in the twentieth century. Part I: observatorios. *Climate Dynamics* **18**: 675-691.
- Gonzalez-Hidalgo JC, López-Bustins JA, Štepánek P, Martín-Vide J, de Luis M. 2009. Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *International Journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc.1780.
- GONZÁLEZ-HIDALGO JC, BRUNETTI M, DE LUIS M, (2010) A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (Monthly precipitation trends December 1945- November 2005). *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2115



- GONZÁLEZ ROUCO JF, JIMÉNEZ JL, QUESADA V AND VALERO F. 2001. Quality control and homogeneity of precipitation data in Southwest of Europe. *International Journal of Climatology* **14**: 964-978.
- HERNÁNDEZ A, QUESADA V, VALERO F. 1999. Mapas de autosimilaridad de la precipitación en España en baja frecuencia. *La climatología en España en los albores del siglo XXI*. Asociación Española de Climatología, Barcelona: 253-258.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KARAGIANNIDIS AF, BLOUTSOS AA, MAHERAS P, SACHSAMANOGLU CH. 2008. Some characteristics of precipitation in Europe. *Theoretical and Applied Climatology* **91**: 193-204.
- KLEIN-TANK AM, WINJGAARD JB, KÖNNEN GP, et al. 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology* **22**: 1441-1453.
- LANA X, BURGUEÑO A. 2000. Some statistical characteristics of monthly and annual pluviometric irregularity for the Spanish Mediterranean coast. *Theoretical and Applied Climatology* **65**: 79-97.
- LAWRIMORE JH, HALPERT MS, BELL GD et al. 2001. Climate assesment for 2000. *Bulletin American Meteorological Society* **82**: 1-39.
- LIONELLO P, BOSCOLO R, MALANOTTE-RIZZOLI P. 2006. (eds) *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier. Amsterdam.
- LÓPEZ-BUSTINS JA. 2006. Temperatura de la estratosfera polar y precipitación de la Península Ibérica en marzo (1958-2004). *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología, Zaragoza: 175-189.
- LUNA MY, ALMARZA C. 2004. Interpolation of 1961-2002 daily climatic data in Spain. *Proceedings of International Meeting on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology*. Budapest, Hungary.
- MARTIN-VIDE J. 2004. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology* **24**: 959-971.
- MILLÁN T. 1996. *Variaciones seculares de las precipitaciones en España*. PhD Thesis, Universidad de Barcelona, Spain (unpublished).
- MITCHELL TD, JONES, PD. 2005. An improved method of construction a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* **25**: 693-712.
- MORATA A, MARTIN ML, LUNA MY, et al. 2006. Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology* **85**: 41-59.
- MOSMANN V, CASTRO A, FRAILE R, et al. 2004. Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of mainland Spain. *Atmospheric Research* **70**: 43-53.
- MUÑOZ-DÍAZ D, RODRIGO FS. 2004. Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison. *Annales Geophysicae* **22**: 1435-1448.
- NEW M, TODD M, HULME M AND JONES P. 2001. Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology* **21**: 1899-1922.
- NINYEROLA M, PONS, X, ROURE, JM. 2007. Monthly precipitation mapping of the Iberian Peninsula using spatial interpolation tools implemented in a Geographic Information System. *Theoretical and Applied Climatology* **89**: 195-209.
- NORRANT C, DOUGUEDROIT A. 2005. Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theoretical and Applied Climatology* **83**: 89-106
- PEREDES D, TRIGO RM, GARCIA-HERRERA R, FRANCO-TRIGO I. 2006. Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: Weather typing and storm-

tracking approaches. *Journal of Hydrometeorology* **7**:101-113.

QUADRELLI R, PAVAN V, MOLTENI F. 2001. Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Climate Dynamic* **17**: 457-466.

RANDALL DA, WOOD RA, BONY S, COLMAN R, et al. 2007. Climate Models and Their Evaluation. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ROMERO R, GUIJARRO JA, ALONSO S. 1998. A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study. *International Journal of Climatology* **18**: 541-560.

SALADIÉ O, BRUNET M, AGUILAR E, SIGRÓ J, LÓPEZ D. 2002. Evolución de la precipitación en el sector suroriental de la depresión del Ebro durante la segunda mitad del siglo XX. *El Agua y el clima*. Asociación Española de Climatología, Palma de Mallorca: 335-346.

SALADIE O, BRUNET M, AGUILAR E, SIGRÓ J, LÓPEZ D. 2004. Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el sistema Mediterráneo catalán (1901-2000). *El Clima, entre el mar y la montaña*. Asociación Española de Climatología, Santander: 399-408.

SANCHEZ-LORENZO A, BRUNETTI M, CALBO J, MARTIN-VIDE J. 2007. Recent spatial and temporal variability and trends of sunshine duration over the Iberian Peninsula from homogenized data set. *Journal of Geophysical Research* **12**: D20115 doi: 10.1029/2007/JD008677.

SCHÖNWISE CD, RAPP J. 1997. *Climate trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SERRANO A, GARCÍA JA, MATEOS VL, CANCELLO ML, GARRIDO J. 1999 a. Monthly modes of variation of precipitation over the Iberian peninsula. *Journal of Climate* **12**: 2894-2919.

SERRANO A, MATEOS VL, GARCÍA JA. 1999 b. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995. *Physics and Chemistry of the Earth Part B-Hydrology Oceans and Atmosphere* **24**: 85-90.

SOTILLO MG, MARTÍN ML, VALERO F, LUNA MY. 2006. Validation of a homogeneous 41-year (1961-2001) winter precipitation hindcasted dataset over the Iberian Peninsula: assessment of the regional improvement of global reanalysis. *Climate Dynamic* **27**: 627-645.

SOTILLO MG, RAMIS C, ROMERO R, ALONSO, S, HOMAR V. 2003. Role of orography in the spatial distribution of precipitation over the Spanish Mediterranean zone. *Climate Research* **23**: 247-261.

ŠTEPÁNEK P. 2008 a. *AnClim - software for time series analysis (for Windows 95/NT)*. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno, 1.47 MB.

ŠTEPÁNEK P. 2008 b. *ProClimDB - software for processing climatological datasets*. CHMI, regional office, Brno.

TRIGO RM, DACAMARA C. 2000. Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal Climatology* **20**: 1599-1581.

VALERO F, MARTÍN ML, SOTILLO MG, MORATA A, LUNA MY. 2009. Characterization of the autumn Iberian precipitation from long-term datasets: comparison between observed and hindcasted data. *International Journal of Climatology* **29**: 527-541.

XOPLAKI E, GONZÁLEZ-ROUCO F, LUTERBACHER J, WANNER. 2004. Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large scale dynamics and trends. *Climate Dynamics* **23**: 63-78.