

# CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA INTRAANUAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.

Leoncio GARCÍA BARRÓN<sup>1</sup>, Juan M. CAMARILLO NARANJO<sup>2</sup>, JULIA MORALES  
GONZÁLEZ<sup>3</sup>, Arturo SOUSA MARTÍN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Dpto. de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.* <sup>2</sup> *Dpto. de Geografía Física,  
Universidad de Sevilla.* <sup>3</sup> *Dpto. de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla*  
[leoncio@us.es](mailto:leoncio@us.es), [jmcamarillo@us.es](mailto:jmcamarillo@us.es), [jmoraes@us.es](mailto:jmoraes@us.es), [asousa@us.es](mailto:asousa@us.es)

## RESUMEN

Un aspecto destacable en el conocimiento del clima es la determinación del régimen pluviométrico intraanual. Multitud de procesos ambientales y sociales se encuentran en estrecha vinculación con el comportamiento que a lo largo del año presentan las precipitaciones. En la Península Ibérica el análisis del régimen intraanual es un instrumento de categorización climática, por el que el dominio mediterráneo predominante queda fragmentado en un conjunto de subdominios. El método de caracterización aplicado se basa en parámetros de centralización  $G$  y concentración  $R$  por momentos de primer y segundo orden de la distribución intraanual de los promedios mensuales de precipitación. La finalidad de este análisis es establecer una parametrización pluviométrica en cada observatorio estudiado para clasificar y, posteriormente, elaborar una cartografía peninsular con indicación del comportamiento de las distintas zonas pluviométricas.

**Palabras claves:** Precipitación intraanual, centralización, concentración, distribución espacial, Península Ibérica

## ABSTRACT

One of the most relevant feature in the understanding of climate behaviour is the identification of annual precipitation patterns. Many different type of environmental and social processes are closely linked with the precipitation throughout the year. The use of the intra-annual regime of precipitation in the Iberian Peninsula as an indicator for climate classification allows the identification within the Mediterranean domain of a number of particularized subdomains. The characterization method applied is based on parameters of centralization  $G$  and concentration  $R$  for moments of first and second order of the intra-annual distribution of monthly precipitation averages. The purpose of this analysis is to assign to each weather station its specific rainfall parameters that can be later used to classify and map the peninsular precipitation subdomains.

**Key words:** Rainfall intra-annual, centralization, concentration, spatial distribution, Iberian Peninsula

## 1. INTRODUCCIÓN

Las clasificaciones climáticas más habituales se basan en la descripción del comportamiento de las variables meteorológicas, principalmente precipitación y temperatura. Se han establecido índices bioclimáticos (Emberger, Papadakis, ...) que establecen la relación entre determinadas variables meteorológicas y la implantación y el desarrollo vegetativo de las especies. En este sentido, un aspecto destacable en el estudio del clima es el régimen intraanual de las precipitaciones. La localización del periodo de lluvias en unos meses determinados, la longitud temporal de tales periodos y la intensidad que alcanza son los elementos más relevantes en caracterización de la pluviometría intraanual. Estos elementos, además, juegan un papel fundamental en la comprensión de la variedad paisajística, natural y ambiental de la Península Ibérica, y tienen influencia en una multitud de procesos que afectan a la presencia y distribución de especies animales y vegetales. Destacamos la repercusión sobre el régimen de humedales y disponibilidad de recursos hídricos, la economía agropecuaria y producción de cultivos de secano, el manejo de tierras de dehesa y la gestión forestal (incluida la prevención de incendios), la erosividad, el turismo, etc. Entre las consecuencias interesa también la floración, la generación y diseminación de esporas y hongos, especialmente aquellos con incidencia social por su carácter alérgico. Por tanto, resaltamos la estrecha relación entre la distribución de las precipitaciones a lo largo del año y sus efectos en procesos ecológicos, económicos y sociales. En la Península Ibérica el análisis del régimen intraanual de las precipitaciones es un instrumento para la clasificación climática, en la que el dominio mediterráneo predominante queda fragmentado. Existen estudios sobre irregularidad pluviométrica interanual en la Península (GARCÍA-BARRÓN *et al*, 2010) o distintos enfoques acerca de la repartición de las precipitaciones y su regionalización (MUÑOZ-DÍAZ *et al*, 2003; NINYEROLA *et al*, 2005; GARCÍA *et al*, 2006; VICENTE SERRANO, 2006; AGUILAR, 2007; De LUIS *et al*, 2008), pero desconocemos análisis generales sobre zonificación de la precipitación intraanual.

Se pretende caracterizar sintéticamente la pluviometría intraanual de cada observatorio por medio de un sistema de tres parámetros complementarios. Cada uno de los valores de la terna  $[P, G, R]$  informa sobre un aspecto, de modo que en conjunto obtenemos información sobre la precipitación anual y su distribución a lo largo del año. Así, el objetivo de este análisis es establecer una cuantificación del comportamiento pluviométrico en cada observatorio estudiado. A partir de los mismos se puede determinar la caracterización espacial del conjunto y, consecuentemente, elaborar una cartografía peninsular de la distribución intraanual de precipitación, que distinga ámbitos pluviométricos. Esta cartografía, elaborada con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica aporta información relevante para fundamentar el posterior análisis bioclimático sobre la distribución de ecosistemas. Indicadores de concentración y desfase (LOPEZ-DÍAZ, 2002) y métodos de centralización y concentración, similares a los del presente artículo (GARCÍA BARRÓN *et al*, 2008), se han utilizado para analizar la evolución temporal de la pluviometría intraanual.

La sección 2 indica la localización geográfica del conjunto de observatorios utilizados. El método de caracterización pluviométrica aplicado se basa, junto con la precipitación anual  $P$ , en parámetros de centralización  $G$  y concentración  $R$  por momentos temporales de primer y segundo orden de la distribución intraanual de los promedios mensuales de precipitación. En la sección 3 se expone detalladamente la metodología. Este estudio, en particular, está orientado a ofrecer una visión espacial; de forma complementaria y por métodos similares, se puede realizar el análisis temporal de la evolución de la pluviometría intraanual en algunos observatorios o zonas geográficas. La sección 4 muestra la aplicación del método a los

observatorios seleccionados; la comparación de los resultados obtenidos conduce a la elaboración de la cartografía peninsular de las variables pluviométricas  $G$  y  $R$  propuestas. Así mismo, se incluye apoyo gráfico que explica la clasificación zonal. La sección 5 recoge brevemente las conclusiones generales.

## 2. AREA DE ESTUDIOS Y DATOS

El método se ha aplicado a un conjunto de observatorios de la Península Ibérica de los cuales se posee registros mensuales completos del treintenio 1971-2000. Los datos básicos corresponden a los promedios mensuales de las series completas de precipitación durante dicho periodo. Los valores de los observatorios españoles han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología y los portugueses del Instituto Portuges de Meteorologia. No existen lagunas ni se han detectado inhomogeneidades. Para cada uno de los observatorios elegidos se ha calculado el centro de precipitación anual  $G$  y la concentración respecto del mismo  $R$ . Esto permite establecer su distribución espacial y, en consecuencia, caracterizar pluviométricamente el área de estudio. La distribución espacial de los 50 observatorios empleados cubre con homogeneidad el territorio a estudiar, incluye a todas las ciudades de mayor importancia y comprende la diversidad de situaciones climáticas que se presentan la Península Ibérica. En la figura 1, junto al mapa de precipitaciones de la Península Ibérica (NINYEROLA *et al*, 2005) se ha superpuesto la localización de observatorios meteorológicos seleccionados en el presente estudio. La distribución aproximadamente es equivalente a un retículo de  $1,0 \cdot 10^2$  km de lado. Por tanto, aceptamos que, a escala peninsular, el conjunto de observatorios es suficiente y adecuado.

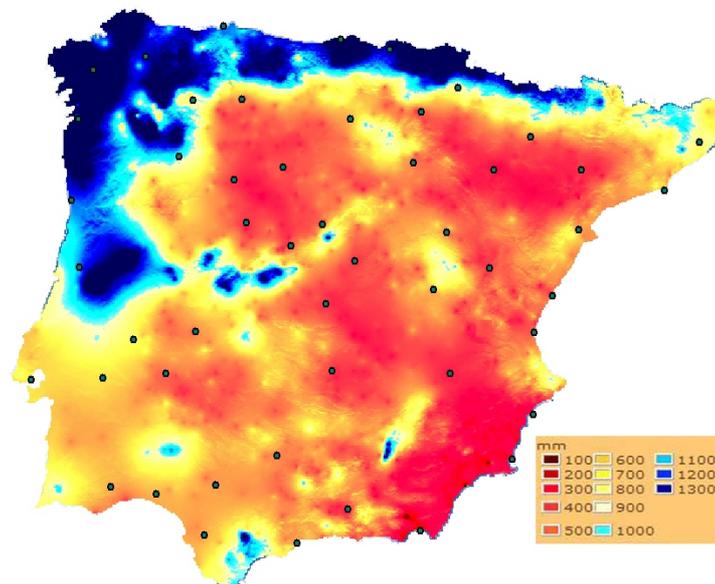


Fig 1. Superficie de precipitación anual de la Península Ibérica y observatorios utilizados  
Fuente: Atlas Climático Digital de la Península Ibérica

La comparación de los resultados obtenidos permite contrastar el comportamiento de cada uno de los observatorios y, en su caso, agruparlos espacialmente para establecer subdominios pluviométricos diferenciados. Como consecuencia, es posible elaborar la cartografía de la distribución intraanual de la precipitación en la Península Ibérica.

### 3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

La caracterización pluviométrica que presentamos se basa en la elaboración en dos fases consecutivas de los parámetros temporales de centralización y de concentración. La asignación de una coordenada temporal implica la elección de un origen del sistema temporal de referencia común para todos los observatorios. Dado el carácter cuasi-cíclico de la precipitación, el origen se ha determinado en función de la simetría del perfil pluviométrico de promedios mensuales de la serie completa. En consecuencia, en el presente estudio el origen anual elegido es el 1 de agosto, coincidente con el cambio anual de ciclo vegetativo. Por tanto, en este estudio, el término “fecha” indica también el número de orden diario a partir del 1 de agosto. La información de las series temporales de precipitación utilizadas vienen expresadas por los totales mensuales. Al asignar la fecha de concentración mensual consideramos que la distribución de precipitación es aproximadamente una función lineal tal que la posición intramensual sea proporcional a los valores de precipitación de los meses anterior y posterior. Para unificar la información entre distintos observatorios expresamos la proporción de precipitación mensual relativa al total anual.

#### 3.1. Centralización pluviométrica

Bajo la hipótesis establecida de expresar la precipitación mensual como una función discreta puntualmente concentrada en un solo día, consideramos

$$\Sigma(x_i p_i) = G \Sigma(p_i) \quad ; \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (1)$$

en que  $p_i$  representa la precipitación correspondiente al mes  $i$ ,  $x_i$  el orden del día, desde el 1 de septiembre, al que se le asigna el total mensual correspondiente ( $1 < x_i < 365$ ).

A partir de esta expresión se obtiene un valor  $G$ , el parámetro de centralización por momentos de primer orden, el cual corresponde al ordinal de la fecha que cumple la condición establecida:

$$G = \Sigma(x_i p_i) / \Sigma(p_i) \quad ; \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (2)$$

Representa, por tanto, aquel día del año en que si consideramos teóricamente concentrada en él toda la precipitación anual, el momento de primer orden respecto del origen coincide con el que se obtiene de la precipitación real distribuida a lo largo del año. Evidentemente, las lluvias otoñales desplazan el centro  $G$  hacia el origen, -uno de septiembre- mientras las lluvias de primavera incrementan su valor.

#### 3.2. Concentración/dispersión pluviométrica

El grado de concentración pluviométrica  $R$  mide, para cada observatorio, la intensidad de la precipitación vinculada a la proximidad de  $G$ . Se obtiene a partir de la suma de términos mensuales correspondientes a los momentos temporales de segundo orden ( $z_i^2 \cdot p_i$ ), siendo  $z_i$  el intervalo entre la fecha asignada al mes  $i$  en el apartado anterior, y la fecha  $G$  del centro de precipitación anual obtenido. La concentración  $R$  indica el intervalo teórico, tal que el momento temporal de segundo orden de la precipitación total anual coincide con el momento real resultante de las precipitaciones mensuales a lo largo del año, tomando en ambos casos el instante  $G$  como origen de tales momentos.

Los cuadrados de los intervalos temporales  $z_i$  hacen que los sumandos mensuales sean positivos, con independencia que el mes de referencia sea anterior o posterior a  $G$ . Definimos la concentración pluviométrica como la raíz cuadrada de la suma de los momentos mensuales dividido por la precipitación total

$$\Sigma(z_i^2 p_i) = R^2 \Sigma(p_i) ; \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (3)$$

$$R = [\Sigma(z_i^2 p_i) / \Sigma(p_i)]^{1/2} \quad (4)$$

Valores bajos indican que la pluviometría está concentrada en los meses cercanos (anteriores o posteriores) a la fecha  $G$ , y valores altos que se encuentra distribuida a lo largo del año. Proporciona, por tanto, información complementaria a la que ofrece la centralización, y permite valorar la dispersión pluviométrica respecto de tal posición central. Por tanto, para la correcta interpretación téngase en cuenta que *valores altos* del parámetro de concentración significan *gran dispersión* de la pluviometría intraanual. Dimensionalmente tanto  $G$  como  $R$  se miden en “días”.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada observatorio se ha calculado la concentración pluviométrica  $G$  y el grado de concentración/dispersión pluviométrica  $R$ , que junto a la precipitación total anual forma la terna  $[P, G, R]$ , la cual caracteriza la precipitación intraanual. Posteriormente se procedió a su espacialización para el conjunto de la Península Ibérica a partir de la construcción de un grid de 2,5 KM de resolución a partir de la interpolación mediante Splines con el objetivo de caracterizar los posibles gradientes espaciales de dichos parámetros.

La observación de las figuras que expresan las superficies interpoladas de los parámetros de centralización  $G$  y de concentración  $R$ , permite detectar los gradientes espaciales que determinan la localización y el peso de las precipitaciones estacionales en la distribución anual de las mismas en el conjunto de la Península Ibérica.

En la figura número 2 (parámetro de centralización  $G$ ), puede observarse el dominio de las lluvias del inicio otoñales en la estrecha franja estrictamente mediterránea. Es en esta zona donde encontramos los valores más bajos del parámetro de centralización -correspondientes a la fecha de concentración próximas al 1 de Enero ( $G = 154$ )- ya que el peso de las lluvias por ciclogénesis convectivas (embolsamientos de aire frío en altura) suponen un porcentaje muy alto de los totales pluviométricos anuales que se alcanzan en estas regiones. La franja atlántica presenta la siguiente clase en los valores de centralización, ya que el peso de las lluvias de final de otoño e invierno desplazan dicho parámetro hacia fechas de concentración de 15-25 de Enero ( $160 < G < 170$ ). Por el contrario, en la meseta y en la prolongación hacia el Pirineo Oriental es donde el parámetro de centralización se encuentra más desplazado del origen ( $G > 180$ ), indicador significativo del mayor peso de las lluvias primaverales y estivales. Desde esta perspectiva es posible distinguir por tanto grandes dominios peninsulares, la franja

mediterránea, la Iberia Atlántica y la Meseta, con gradientes muy bien marcados en transiciones abruptas que se reflejan con claridad en la cartografía generada.

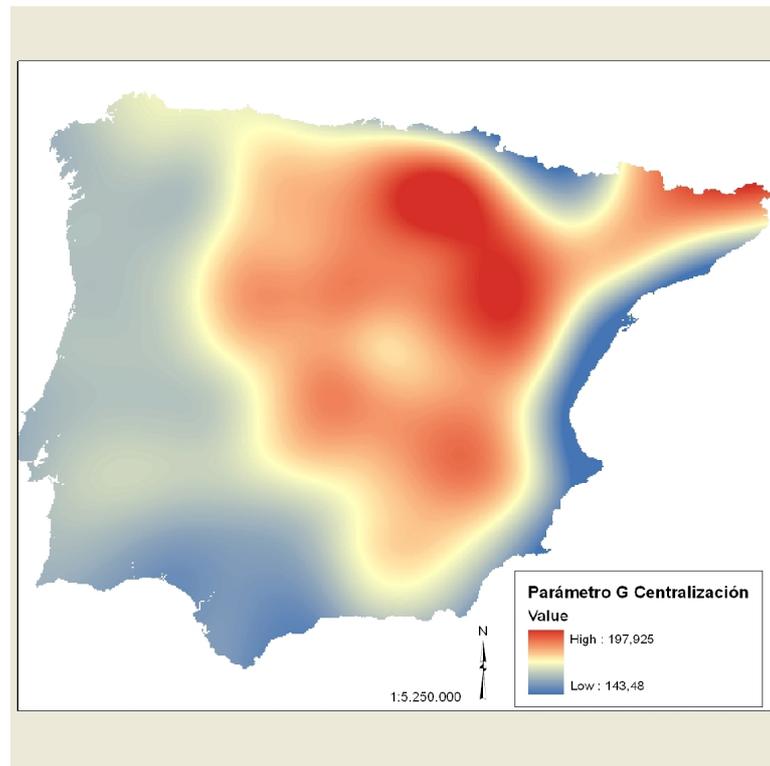


Figura 2: Superficie interpolada del parámetro de centralización  $G$  en la Península Ibérica

El segundo parámetro analizado  $R$ , muestra la concentración de la precipitación en torno a la fecha de centralización calculada, siendo por tanto expresivo, no solo de la localización predominante de la precipitación en el año, sino del grado de concentración/dispersión de dichos valores pluviométricos. La figura 3 muestra claramente un patrón espacial muy marcado SW-NE, expresando el peso estacional que presentan los diferentes procesos dinámicos ciclogénicos que determinan la pluviometría de los diferentes conjuntos y regiones pluviométricas de la Península Ibérica. La propia dinámica atmosférica, marcada por la incidencia de borrascas del NW, asociadas a circulación zonal, y más intensas del SW debidas a la presencia de vaguadas en altura del jet, determina la caracterización espacial de amplias zonas de la Península Ibérica. En Andalucía y sur de Portugal se obtienen valores de  $R < 70$ , mientras que en el noreste peninsular se alcanzan valores  $R > 95$ . Este gradiente observable hacia la vertiente NE muestra una cada vez mayor dispersión de los valores pluviométricos anuales, indicativos de una distribución bimodal y por lo tanto menos concentrada en torno a una fecha de la precipitación en dichas zonas, resultado del peso de mecanismos pluviométricos genéticos diferenciados asociados a las estaciones otoñal y primaveral respectivamente. Es interesante destacar el valor de los parámetros alcanzados respectivamente en la vertiente normediterránea y en el sector oriental de la Submeseta Norte, con valores de concentración similares, si bien desplazamientos opuestos hacia el Otoño (mediterráneo) y la primavera (meseta). Por el contrario en el sector mediterráneo encuadrado en el arco levantino y SE andaluz, el grado de concentración pluviométrica es alto, fundamentalmente asociado a factores relacionados con la circulación atmosférica otoñal, que posteriormente se describen.

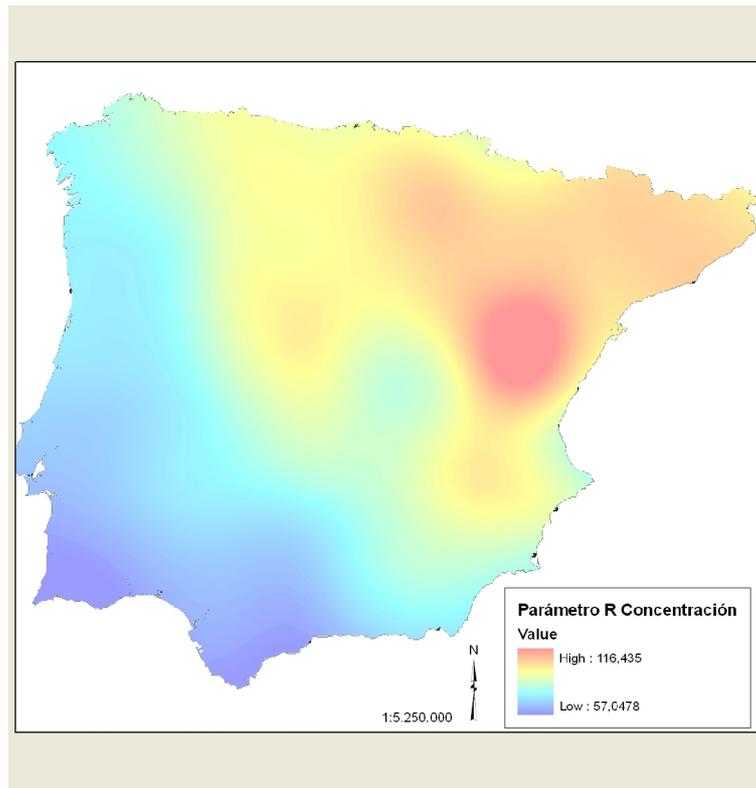


Figura 3: Superficie interpolada del parámetro de concentración  $R$  en la Península Ibérica

La superposición de los resultados representados en los mapas de las figuras 2 y 3 nos permite establecer una tipología en los regímenes pluviométricos de la Península Ibérica. Pueden apreciarse comportamientos sensiblemente diferentes en la distribución intraanual de las precipitaciones. Aun cuando la información que proporciona la terna  $[P, G, R]$  es suficiente por sí para la interpretación intraanual de la precipitación también se incluye la representación gráfica de los patrones de los regímenes de precipitación de las áreas peninsulares resultantes (Figura 4). La observación de las gráficas facilita la comprensión del significado de la terna característica. En cada una se representa el perfil de la distribución mensual relativa, suavizada polinómicamente. Además, se incorpora la línea vertical que señala la posición de la fecha de centralización  $G$ , y la fecha doble horizontal, centrada en  $G$ , cuya longitud indica el grado de concentración  $R$ . Valores de  $G$  inferiores a 170 días corresponden a distribución pluviométrica desplazada hacia otoño o concentradas a principio de invierno. Por el contrario, valores de  $G$  superiores a 180 días indican predominio de precipitaciones primaverales. Sin embargo, nótese que el valor de  $G$  no es suficiente para interpretar la distribución intraanual: el centro de simetría de un perfil unimodal con máximo en enero puede coincidir con el de un perfil bimodal con máximos en octubre y mayo. Por tanto, es preciso introducir el parámetro  $R$ , medida de la concentración/dispersión en torno al valor central. Así, valores de  $R$  inferiores a 80 días indican precipitación concentrada alrededor del máximo invernal; por el contrario valores superiores representan observatorios con precipitaciones otoñales y/o primaverales y, por tanto, dispersas respecto de la fecha de centralización

- En las gráficas 4a y 4b, correspondientes al área atlántica hispano-portuguesa, se observa un perfil triangular de distribución, ligeramente asimétrico, con vértice en diciembre y con la pendiente otoñal más pronunciada y primaveral más suave. Los observatorios representados de Faro (Portugal)  $[480, 164, 63]$  y Santiago de

Compostela [1895, 168, 79] muestran que las fechas de centralización son muy próximas pero con máxima concentración invernal (inferiores valores de  $R$ ) en Faro. Las isolíneas de la figura 3 ponen de manifiesto el gradiente en el grado de concentración, con origen en Algarve, de sur a norte y de oeste a este. La influencia del anticiclón de las Azores, situado al suroeste de Portugal durante gran parte del año, limita la entrada de borrascas del SW que son desplazadas hacia regiones más septentrionales. Ello explica, dentro del mismo ámbito, la diferencia entre el soroeste y noroeste peninsular: mayor precipitación distribuida más regularmente. Como curiosidad indicamos que aunque la precipitación total anual en el litoral occidental gallego (Vigo [1918, 168, 77]) es muy superior a la del litoral mediterráneo andaluz (Almería [198, 167, 75]) las correspondientes distribuciones intraanuales son semejantes. Ello muestra la capacidad del método propuesto para identificar el modo de precipitación.

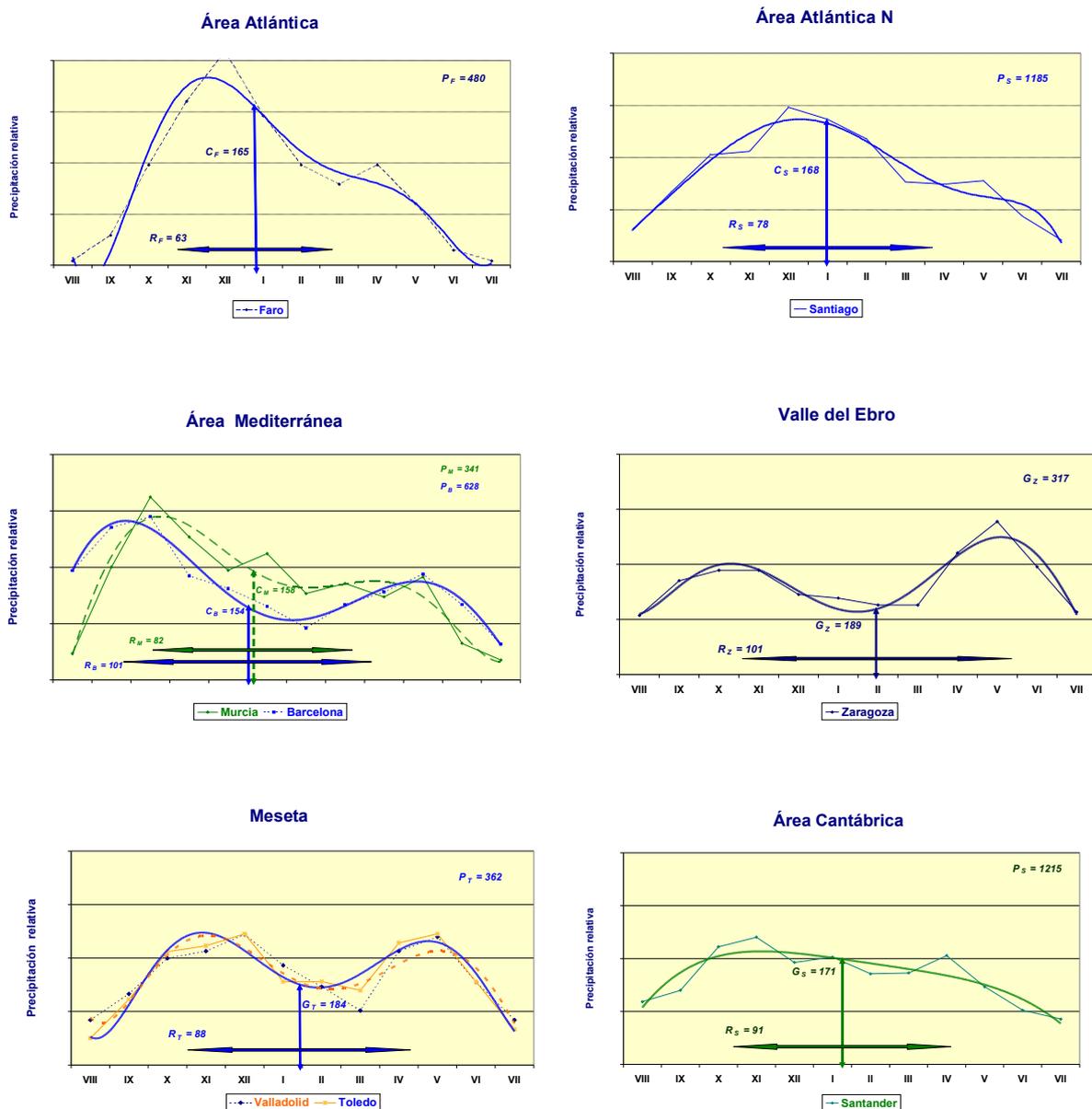


Fig. 4: Clasificación pluviométrica de la Península Ibérica con el perfil intraanual y los parámetros característicos [ $P$ ,  $G$ ,  $R$ ] de los ámbitos resultantes: a,b: atlántico; c: mediterráneo; d: valle del Ebro; e: mesetas; f: cantábrico.

- La grafica 4c, referida a la costa mediterránea del este español, presenta una distribución bimodal con el máximo principal en octubre, el secundario en mayo, y un valle invernal con mínimo en febrero, más pronunciado al ascender por la línea de costa. La fecha de centralización  $G$  es baja en Barcelona [628, 154, 101] y en Murcia [339, 158, 82] consecuencia de la intensidad relativa de lluvias en otoño. Sin embargo, los valores mayores del parámetro de concentración  $R$  en Barcelona indican mayor dispersión intraanual por la existencia, además, del periodo de lluvias al final de primavera, más intenso hacia el noreste mediterráneo. Factores relacionados con la circulación atmosférica estacional de otoño -embolsamientos de aire frío en altura, generación de gotas frías y la cercanía de la Baja del Golfo de León y sus flujos húmedos del NE, así como la presencia combinada de factores geográficos entre los que cabe destacar la posición costera respecto al Mediterráneo, y las temperaturas marinas alcanzadas en los momentos finales del verano - explican la mayor frecuencia de las lluvias localizadas en los inicios de la temporada otoñal.
  - La figura 4d muestra el perfil bimodal asimétrico con el máximo principal desplazado hacia final de primavera. Zaragoza [317, 189, 101]. Obsérvese que el parámetro de concentración coincide ( $R = 101$ ) con el de Barcelona pero las respectivas fechas de centralización ( $G = 189$ , en Zaragoza frente  $G = 154$  en Barcelona) indican desplazamientos opuestos de los máximos principales. Ambas imágenes son especulares entre sí.
  - La gráfica 4e muestra la distribución intranual de Santander [1215, 171, 91], representante de la costa cantábrica, con repartición casi uniforme de la precipitación a lo largo del año, salvo en verano. La débil estacionalidad pluviométrica es consecuencia de la presencia de frentes atlánticos del NW durante gran parte del el año.
  - La figura 4f presenta el perfil característico de ambas mesetas: bimodal, centrado, casi simétrico, con máximos relativos en noviembre/diciembre y en mayo, con un valle poco profundo hacia febrero/marzo. Toledo [359, 184, 88], Valladolid [451, 182, 93]. El efecto de continentalidad, por dificultad de penetración de los frentes atlánticos, se manifiesta en comparación con gran parte del territorio portugués adyacente.
- En todos los casos se produce una época de sequía estival.

## 5. CONCLUSIONES

Hemos puesto de manifiesto que el método empleado es válido para caracterizar la precipitación intraanual de cada observatorio, de forma sintética, por medio de la terna de parámetros [ $P$ ,  $G$ ,  $R$ ]. La información proporcionada por estos parámetros – total anual, centralización y concentración- determina de modo condensado y preciso la distribución pluviométrica intranual. Si se eligen periodos simultáneos de distintos observatorios, la comparación del comportamiento de estos permite la clasificación territorial. El tratamiento espacial genera la cartografía en que se manifiestan los distintos ámbitos diferenciados. Así, la relación de los valores de las nuevas variables pluviométricas y del comportamiento de su estacionalidad sobre la Península Ibérica nos ha permitido clasificar y describir en función de los valores obtenidos de  $G$  y  $R$  cinco grandes áreas que hemos denominado: atlántica, mediterránea, cantábrica, mesetas y valle del Ebro.

El conjunto de procesos ambientales relacionados con la distribución intraanual de la precipitación, -estrés estacional de la vegetación, establecimiento de los límites de las cliseries

potenciales de la vegetación, procesos de aridez y desertificación, incidencia de alérgenos, etc.- son algunas de las aplicaciones futuras que pretenden ser abordados en futuros estudios.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el MEC a través del proyecto CGL2006-07194/BOS y del proyecto CGL2009-10683.

## 6. REFERENCIAS

- AGUILAR M. (2007). Cambios y tendencias recientes en las precipitaciones de Andalucía. En: Sousa et al (Eds). *Climate Change in Andalusia: trends and environmental consequences*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla, pp 99-116
- DE LUIS M, GONZALEZ-HIDALGO J C, LONGARES L A, STEPANEK P. (2008). Regímenes estaciones de precipitación en la vertiente mediterránea. En: Sigró et al. (Eds). *Cambio climático regional y sus impactos*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 6, pp 81-90
- GARCÍA JA, GALLEGO MC, SERRANO A, VAQUERO JM. (2006). Trends in Block-Seasonal Extreme Rainfall over the Iberian Peninsula in the Second Half of the Twentieth Century. *J Climate* 20, pp113–13
- GARCIA-BARRÓN L, CORZO M, MORALES J, SOUSA A. (2008). Aplicación de métodos de centralización y concentración al análisis de la evolución pluviométrica intraanual en Andalucía. En: Sigró et al. (Eds). *Cambio climático regional y sus impactos*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 6, pp 353-261
- GARCÍA-BARRÓN L, AGUILAR M, SOUSA A. (2010). Evolution of annual rainfall irregularity in the Southwest of the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*. DOI: 10.1007/s00704-010-0280-0
- LÓPEZ-DÍAZ JA. (2002). Evolución de la concentración de la precipitación y su desfase en San Fernando. En: J. A. Guijarro et al. (Eds.). *El agua y el clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A nº 3, pp 353-261.
- MUÑOZ-DÍAZ D, RODRIGO FS. (2003). Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912–2000) using cluster and principal component analysis: comparison. *Annales Geophysicae* 22, pp 1435–1448
- NINYEROLA M, PONS X Y ROURE JM. (2005). Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. ISBN 932860-8-7. Universidad Autónoma de Barcelona.
- VICENTE-SERRANO S (2006). Spatial and temporal analysis of droughts in the Iberian Peninsula (1910–2000). *Hydrolog Sci J* 5, pp 83-97

