

# CLASIFICACIÓN TOPOCLIMÁTICA DE LA SEQUÍA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA DE 1950 A 2007 A PARTIR DEL SPI

David POQUET VILLARROYA<sup>1</sup>, Fernando BELDA ESPLUGUES<sup>1</sup>, Francisco Javier GARCÍA-HARO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Delegación Territorial en Valencia. AEMET (Agencia Estatal de Meteorología)*

<sup>2</sup> *Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica. Universitat de València*  
dpoquet@inm.es, fbelda@inm.es, j.garcia.haro@uv.es

## RESUMEN

Desde el punto de vista científico y social es interesante estudiar y clasificar los periodos de sequía que han ocurrido en la Península Ibérica en los últimos 50 años para poder identificar qué zonas tienen más susceptibilidad a padecer una escasez de agua. Mediante un estudio orográfico y una clasificación sinóptica podemos clasificar la Península en distintas zonas según la precipitación registrada en este periodo de tiempo y las situaciones meteorológicas que predominan en cada una de las zonas. Así podemos intentar analizar cuáles pueden ser las regiones con una tendencia más propensa a los periodos de sequía. Para establecer el criterio de sequía utilizamos el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) que nos proporciona una información directa y homogénea de la situación climática en cada momento. De esta forma clasificamos la Península Ibérica dividiéndola en 9 zonas características a partir de las cuales estudiamos la evolución del SPI utilizando el Índice para la escala temporal de 12 meses. Analizando los gráficos de la evolución anual del SPI localizamos y comprobamos episodios de sequía ocurridos a lo largo de nuestro periodo de estudio.

**Palabras clave:** SPI, Precipitación, Sequía, Kriging, Modelo Digital del Terreno (MDT)

## ABSTRACT

From the scientific and social point of view it is interesting to study and to classify the drought's episode that the Iberian Peninsula has had in the last 50 years with this idea we are able to identify which areas are more susceptible to suffer a water shortage. By means of an orographical and synoptic study we can classify the Peninsula under different zones according to the rainfall registered in this period and the meteorological synoptic patterns in each of the zones. This way we can try to analyze which can be the regions with a high tendency to the periods of drought. To establish the criterion of drought we use the Standardized Precipitation Index (SPI) that provides us a direct and homogeneous information of the climatological situation in every moment. In this way we classify the Iberian Peninsula divided into 9 typical zones from which we study the evolution of the SPI using the Index for the time scale of 12 months. Analyzing the graphs of the annual evolution of the SPI we locate and verify episodes of drought happened along our period of study.

**Key words:** SPI, Precipitation, Drought, Kriging, Digital Terrain Model (DTM)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la situación de cambio climático hace que se reduzca el índice de precipitaciones y que, con el tiempo, las sequías se agraven en intensidad y frecuencia.

La sequía es un problema climático que preocupa a una sociedad cada vez más pendiente de los cambios que se originan a su alrededor y que afectan negativamente al medio ambiente. Los periodos de sequía suponen un problema para toda la población con grandes repercusiones a todos los niveles, desde la economía hasta la política, por esto intentar esclarecer qué regiones son más propensas a sufrir los estragos de la sequía podría servir para ayudarnos a tomar medidas en el futuro para poder mitigar sus efectos en la medida de lo posible.

Nuestro estudio está enfocado a la sequía meteorológica, la cual estamos sufriendo en la actualidad desde hace 4 años, agravándose en los dos últimos años sobretodo en la parte nororiental de la Península, lo que nos lleva a una situación de extrema sequía en gran parte de Cataluña y este de Aragón. Los episodios más recientes e importantes de sequía en la Península los encontramos en los años 1980-1984 y 1990-1995 (RICO, 2004), actualmente nos encontramos en un periodo que lleva camino de alcanzar la misma magnitud que los mencionados.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Datos

La base de datos de la Agencia Estatal de Meteorología nos ha permitido utilizar largas series de datos pluviométricos. Exactamente hemos tomado todos los datos recogidos por la Red de Observatorios de AEMET desde el año 1950 hasta el 2007, incluyendo tanto las estaciones meteorológicas que existen hoy en día como las que han ido apareciendo y desapareciendo en los últimos 57 años.

Para ver cómo ha sido la evolución del número de estaciones en este periodo de tiempo podemos observar el gráfico de la Figura 1.

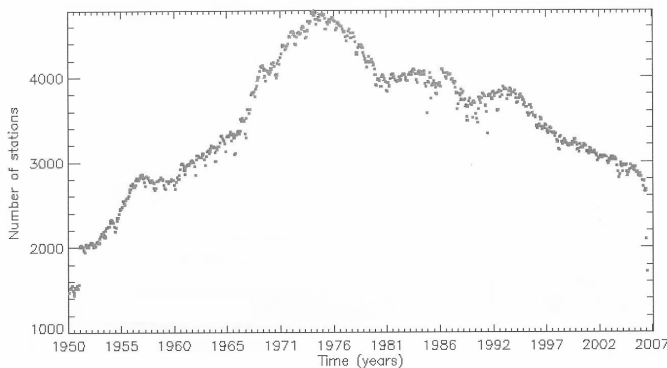


Fig.1: Número de estaciones entre 1950 y 2007

A partir de estos datos y tal como se explica en el siguiente apartado hemos creado una base de datos propia con imágenes de precipitación y SPI correspondientes a las escalas temporales de 1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses. De esta forma se pueden apreciar los efectos de la sequía a corto y largo plazo.

El cálculo del SPI, en cualquiera de sus escalas temporales, depende únicamente de la calidad de las series de datos pluviométricos utilizadas (HAYES *et al.*, 1999). En nuestro trabajo hemos considerado que la mejor forma de optimizar los resultados del SPI era utilizar estas series pluviométricas sin realizar una criba anterior a su uso. Es decir, mantenemos las series aunque su extensión temporal no sea demasiado extensa, ya que estas series suelen corresponder a estaciones meteorológicas alejadas de las estaciones principales y para nuestro propósito final (la interpolación al resto del territorio) pensamos que es mejor tener el mayor número de puntos del mapa con datos para poder realizar el kriging.

### 3.2. Cálculo del SPI

El SPI (Índice Estandarizado de Precipitación) es uno de los índices más utilizados de la bibliografía a la hora de hacer estudios sobre la sequía. En este trabajo lo hemos escogido debido a su sencillez de interpretación y su cálculo utilizando una sola variable, la precipitación, en lugar de otros índices utilizados por otros autores como pueden ser el PDSI, CMI o SWSI y que presentan una mayor complejidad (WMO, 1975 y OLADIPIO, 1985). Como su propio nombre indica este índice viene normalizado sobre sí mismo, de forma que los valores que toma son bastante significativos y puede utilizarse tanto para regiones húmedas como secas.

El método utilizado para calcular el SPI es el desarrollado por McKEE *et al.* (1993). En él se ajusta la distribución de frecuencia de precipitación en un punto con una función de densidad de probabilidad a distintas escalas temporales según el interés del estudio para el que se vaya a utilizar. La función de densidad de probabilidad la elegimos según lo propuesto y comprobado por varios autores (THOM, 1966; YOUNG, 1992 y LLOYD-HUGHES, 2002). Tal como indica la Tabla 1, la sequía se clasifica según los valores que tome el SPI.

Valor SPI	Clasificación
$\geq 2.00$	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
0 a 0.99	Ligeramente húmedo
0 a -0.99	Ligeramente seco
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco (sequía moderada)
-1.50 a -1.99	Muy seco (sequía severa)
$\leq -2.00$	Extremadamente seco (sequía extrema)

Tabla 1: CLASIFICACIÓN DE LA SEQUÍA SEGÚN EL SPI

Para la construcción de nuestra base de datos de imágenes, tanto de precipitación como de SPI, se utilizó el Kriging ordinario como método de interpolación. Así obtenemos imágenes de la Península con valores de precipitación o SPI en cada punto de grid, de forma que podemos

sacar información de cada uno de esos puntos de forma independiente de los demás, pudiendo visualizar tanto su evolución temporal o máximos y mínimos históricos como las tendencias presentadas en los distintos periodos de interés.

Estas imágenes de precipitación y SPI integradas en un modelo digital del terreno de la Península Ibérica nos proporciona un estupendo instrumento para analizar las distintas regiones climáticas de la Península y poder ver la influencia de la orografía en nuestro estudio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Clasificación regional

Para la clasificación hemos utilizado las imágenes de precipitación obtenidas superpuestas a un modelo digital del terreno a 1 km de resolución, ya que para analizar la distribución de precipitaciones en la Península es necesario tener en cuenta la orografía de cada zona (BELDA *et al.* 2001)

En la Figura 2 podemos ver la distribución de precipitaciones medias anuales registradas en la Península entre 1950 y 2007. En función de esta distribución y de una clasificación sinóptica a partir de patrones de precipitación (RIBALAYGUA y BORÉN, 1996) podemos establecer diferentes zonas climáticas.

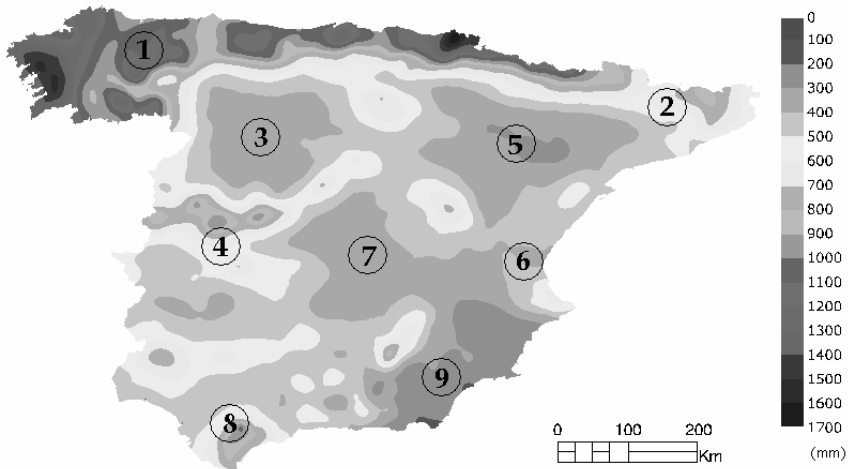


Fig. 2: Precipitación media anual en la Península Ibérica desde 1950 a 2007

A rasgos generales podemos decir que los mayores registros de las precipitaciones en la Península Ibérica se centran en la vertiente cantábrica, la parte atlántica de Galicia y las zonas con una orografía lo suficientemente importante como para que se den forzamientos topográficos que permitan descargar grandes cantidades de precipitación. Así vemos que en las

cuencas hidrográficas tenemos, por norma general, menor registro de precipitaciones al igual que en las zonas rodeadas de sistemas montañosos.

**Zona 1:**

Esta zona es la comprendida por Galicia y el norte Peninsular correspondiente a la Cornisa Cantábrica. Suele estar influenciada por una baja dinámica (RIBALAYGUA y BORÉN, 1996) de forma que los forzamientos frontal y topográfico son los predominantes (Fig. 3). Su orografía propicia que mediante el forzamiento topográfico las precipitaciones que queden en la cara norte de la Cordillera Cantábrica. En la zona del País Vasco podemos tener también la influencia de bajas térmicas que unidas a las anteriormente comentadas pueden producir un aumento de las precipitaciones regionales.

**Zona 2:**

Situada en los Pirineos y la parte más oriental de Cataluña. Las precipitaciones de esta zona vienen dadas por la influencia de bajas térmicas peninsulares. Los forzamientos térmico y topográfico son los responsables de los ascensos de las masas de aire para la parte interior de los Pirineos. Las precipitaciones localizadas en la parte de Cataluña vienen determinadas por el aire marítimo arrastrado hacia el interior por efecto de la baja térmica.

**Zona 3:**

Podemos hablar de que esta zona está compuesta por gran parte de la comunidad de Castilla y León. Esta área se encuentra bajo la influencia de baja dinámica del oeste, siendo muy importante para la precipitación en estos tipos de configuración atmosférica los forzamientos topográficos. Como podemos ver en la imagen con el MDT (Fig. 3), esta zona está rodeada de cordilleras (Montes de León, Sierras de Gata, Gredos y Guadarrama y los Picos de Urbión) que es donde se localizan las precipitaciones.

**Zona 4:**

La zona occidental de la Península. Destacan sobretodo las precipitaciones en la cara sur de las Sierras de Gata y Gredos, el forzamiento topográfico favorece que las bajas dinámicas predominantes en la región descargan precipitaciones en la cara sur. En la Sierra Morena tenemos un caso similar aunque a una escala mucho menor.

**Zona 5:**

Zona de Aragón y Cataluña, cuenca del Ebro. Las mayores precipitaciones suelen estar centradas en la costa de Tarragona, siendo provocadas por el flujo del Mediterráneo, un viento húmedo y relativamente cálido que focaliza las precipitaciones en la costa. La escasez de precipitaciones en la cuenca del Ebro e interior de Aragón es debida al apantallamiento producido por los Pirineos que impide el alcance del flujo de componente norte.

**Zona 6:**

Las precipitaciones en la Comunidad Valenciana son debidas principalmente a la influencia mediterránea. Aquí el flujo incide más perpendicularmente que en el resto del litoral levantino. El aire impulsado desde el Mediterráneo es aire húmedo y cálido que al encontrarse con los sistemas montañosos de la región asciende rápidamente produciendo gran parte de las precipitaciones al sur de Valencia y norte de Alicante, sobretodo en la zona de Pego donde se registran las mayores precipitaciones. También puede presentarse un forzamiento dinámico pudiendo generarse núcleos convectivos que producen fuertes precipitaciones en otoño.

Zona 7:

La zona del centro de la Península suele estar influenciada por una baja térmica peninsular. En esta zona tenemos un forzamiento térmico que provoca los ascensos de las masas de aire, unido a la topografía circundante hace que en esta zona las precipitaciones no sean muy cuantiosas.

Zona 8:

La zona compuesta por el sur de la Península con eje paralelo a la costa peninsular y centrada en latitudes más meridionales (Golfo de Cádiz y Cordilleras Béticas) está marcada por la influencia de una baja dinámica. En el Golfo de Cádiz el aire húmedo atlántico con componente sur incide sobre el Estrecho de Gibraltar descargando precipitaciones. Las Cordilleras Béticas ejercen un forzamiento topográfico en su cara noroccidental, registrándose la mayor parte de las precipitaciones en esa parte del sistema montañoso.

Zona 9:

El sureste peninsular compuesto por Almería y Murcia es la zona que presenta unas menores precipitaciones medias a lo largo del año. Aquí la influencia mediterránea es menor que en la Comunidad Valenciana y el forzamiento dinámico es muy débil. Las precipitaciones que se registran son de naturaleza convectiva.

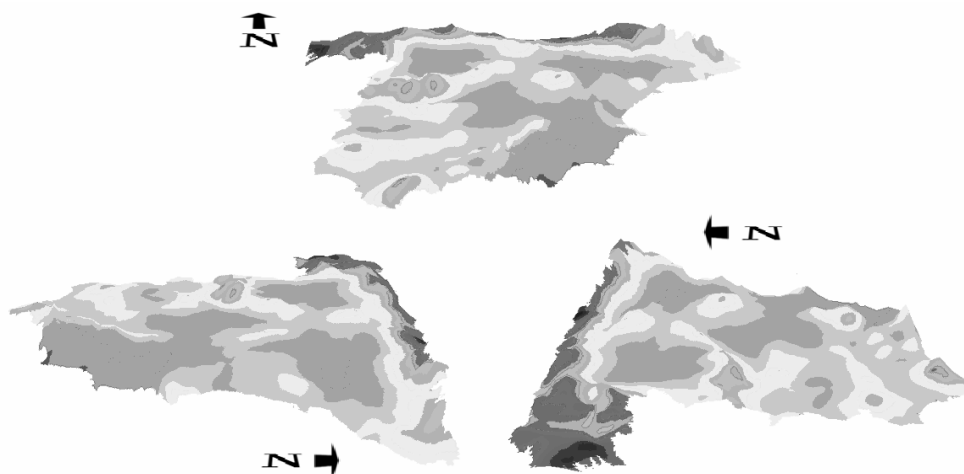


Fig. 3: Vistas del Modelo Digital del Terreno

#### 4.2. Evolución del SPI entre 1950 y 2007

Con la idea de hacer una descripción temporal de la sequía desde 1950 hasta 2007 se presenta en la figura 4 la evolución del SPI12 para cada una de las zonas definidas en el apartado anterior.

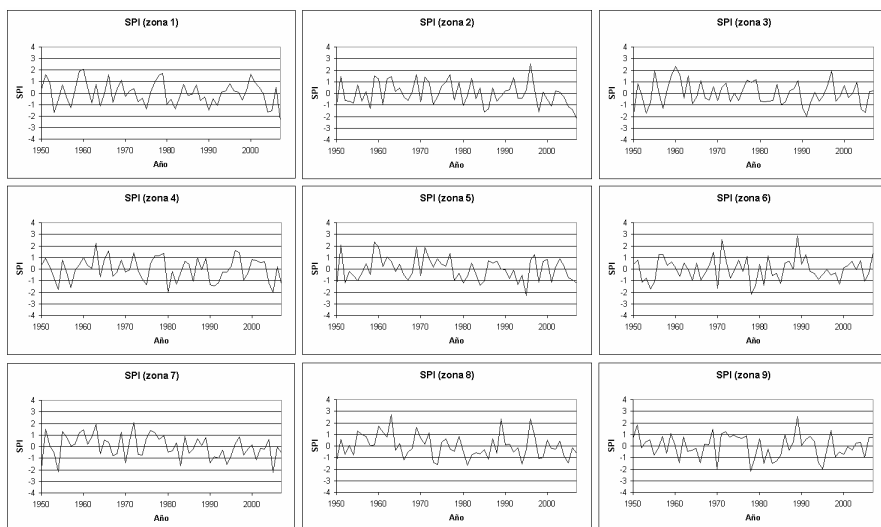


Fig. 4: Evolución del SPI12 anual entre 1950 y 2007 en las nueve regiones.

En estas gráficas (Fig. 4) podemos observar los periodos de sequía anteriormente comentados destaca el comportamiento del SPI en las regiones 1, 2 y 5 de los últimos años en comparación con el resto de zonas. Vemos que el Índice ya se sitúa en el rango de sequía extrema y parece continuar con esa tendencia descendente.

### 4.3. Sequía 2004-2007

Como podemos observar en la figura 4 desde el año 2004 estamos atravesando un periodo de sequía en gran parte de la Península Ibérica. Este periodo comenzó a extenderse desde el oeste de la Península alcanzando un máximo de gravedad el año 2005, donde en muchas zonas se registran índices de sequía extrema, sobretudo en el centro peninsular.

En 2006 parece haber una ligera recuperación en las zonas más críticas pero empeora notablemente en el norte y empiezan a saltar las alarmas en el noreste de la Península. El año pasado, 2007, fue un año muy seco para toda la región peninsular de España salvo en algunos puntos de la Comunidad Valenciana donde se dieron índices SPI elevados. Por otra parte este mismo año la situación de la sequía en Galicia y Cataluña se vuelve a recrudecer visiblemente.

Si obtenemos una imagen del SPI calculado para 24 meses podemos analizar el impacto de la sequía a largo plazo. Obtener el SPI a esta escala de tiempo nos permite visualizar mejor la tendencia del índice. Como la precipitación a grandes escalas de tiempo engloba periodos más pequeños, el SPI tendrá menores anomalías y el resultado tendrá una menor dispersión.

En la figura 6 podemos ver un claro ejemplo de esto último. Antes veíamos en las figuras 5c y 5d cómo la sequía destacaba en la zona de Cataluña pero al analizar la imagen del SPI24 vemos que la situación real de los dos últimos años es incluso peor que la que se observa estudiando las imágenes de los años 2006 y 2007 por separado.

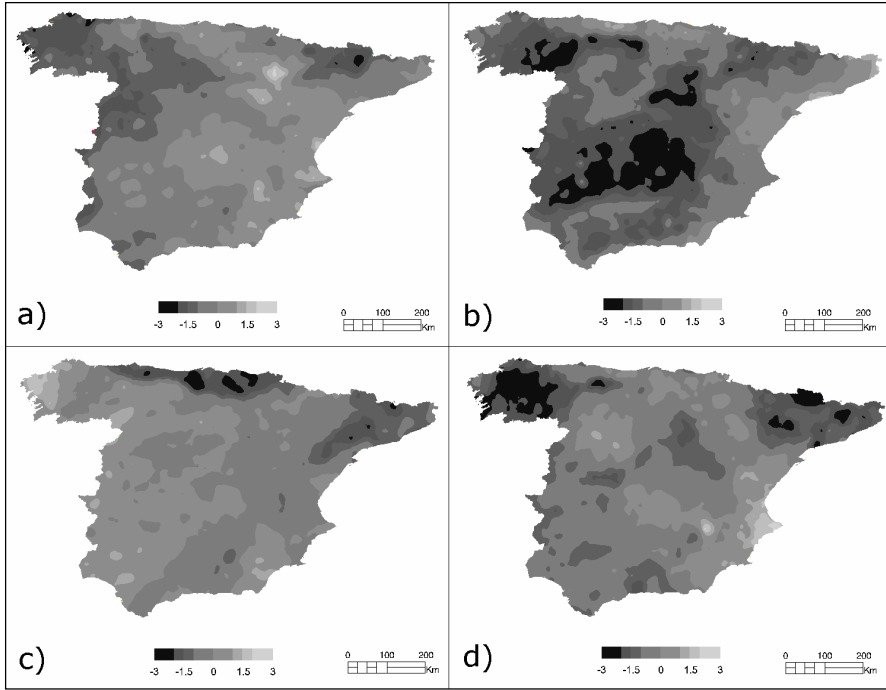


Fig. 5: SPI12 calculado para: a) año 2004; b) año 2005; c) año 2006; d) año 2007

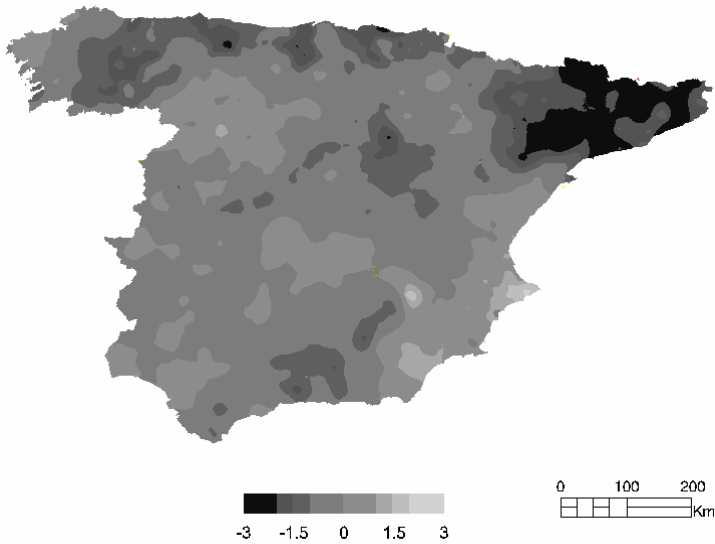


Fig. 6: SPI24 calculado para los años 2006-2007



## 5. CONCLUSIONES

La inclusión de un modelo digital del terreno en el estudio de la Península Ibérica y las precipitaciones registradas en ella nos permite poder hacer una clasificación por zonas de la Península. De esta forma tanto la orografía como la situación de la Península, rodeada por el mar Mediterráneo y el océano Atlántico, hace que las lluvias tiendan a acumularse en el norte de la Península y en las cordilleras más importantes. Del mismo modo las cuencas de los ríos y el sureste peninsular acumulan menos precipitaciones por término medio.

Analizando las imágenes obtenidas con los diferentes SPI acumulados, podemos hacer un seguimiento de los periodos de sequía que se han ido sucediendo desde 1950 hasta 2007.

Las diferentes escalas temporales a las que hemos calculado el SPI (1, 3, 6, 9, 12 y 24) nos sirven para comprobar la magnitud e importancia de los episodios de sequía. El Índice a 1 o 3 meses nos refleja el impacto de la sequía a corto plazo, con el inconveniente de que pueden llevar a engaño los resultados obtenidos ya que hay que tener en cuenta las condiciones climáticas de la zona de estudio. El SPI a 6 o 9 meses nos muestra la tendencia de la precipitación a medio plazo y sirve para comparar la precipitación entre estaciones. Por último el SPI para largo plazo (12 o 24 meses) es el que realmente indica la magnitud e intensidad de un periodo de sequía porque refleja la evolución de las precipitaciones sin verse alterado por episodios lluviosos puntuales.

De igual forma, estudiar las gráficas de la evolución del SPI anual en las distintas regiones de la Península nos permite visualizar más claramente los periodos de sequía que han ido ocurriendo, así como las tendencias que presentan dichos episodios.

En la actualidad Cataluña está sufriendo una de las sequías más importantes de los últimos años, dándose prácticamente en toda la comunidad índices de sequía extrema. La situación del norte de la Península y de Galicia no es mucho mejor, sobretodo teniendo en cuenta que son las zonas con mayores medias anuales de precipitación.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está realizado dentro del proyecto CICYT: "DULCINEA. Desarrollo de Metodologías para caracterizar las cubiertas vegetales a partir de sensores de última generación. Cambio Climático y su incidencia en la vegetación de la Península Ibérica". Ref. CGL2005-04202

## 7. REFERENCIAS

- BELDA, F.; MELIÁ, J. y SEGARRA, D. (2001). "Estudio climatológico en el sur de la comunidad valenciana utilizando un modelo digital del terreno (MDT)". *2º Congreso de la Asociación Española de Climatología*.
- BELDA, F.; PENADÉS, M.C. (2006). "Seguimiento de la sequía a partir de índices climáticos y patrones sinópticos utilizando técnicas de Minería de Datos". *5ª Asamblea hispano-portuguesa de geodesia y geofísica*

- HAYES, M.; SVOBODA, M.; WILHITE, D.A. y VANYARKHO, O. (1999): "Monitoring the 1996 drought using SPI". *Bulletin of American Meteorological Society*, 80(3), 429-438.
- LLOYD-HUGHES, B. y SAUNDERS, M.A. (2002): "A drought climatology for Europe". *International Journal of Climatology*, 22, 1571-1592.
- McKEE, T.B.; DOESKEN, N.J. y KLIEST, J. (1993): "The relationship of drought frequency and duration to time scales". *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA*. American Meteorological Society: Boston, MA; 179-184.
- OLADIPIO, E.O. (1985): "A comparative performance analysis of three meteorological drought indices". *International Journal of Climatology*, 5, 655-664.
- RIBALAYGUA, J. y BORÉN, R. (1996): "Clasificación sinóptica a partir de patrones de precipitación" *Biblioteca de Módulos TEMPO: Modelos conceptuales a escala sinóptica*.
- RICO, A. M. (2004). "Sequías y abastecimientos de agua potable en España" *Boletín de la A.G.E. N.º 37 - 2004, págs. 137-181*
- THOM, H.C.S. (1966): "Some methods of Climatological Analysis". *WMO Technical Note*. n°. 81,116-22.
- WMO. (1975): "Drought and Agriculture". *Technical Note* N° 138. WMO – N° 392
- YOUNG, K.C. (1992): "A three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values". *Monthly Weather Review*, 120, 2561-2569.