

# REGIONALIZACIÓN DE LA SEQUÍA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA DESDE 1950 HASTA 2007 A PARTIR DEL SPI Y UNA MODELIZACIÓN DIGITAL TERRENO

D. Poquet<sup>(1)</sup>, F. Belda<sup>(1)</sup> y F.J. García-Haro<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Delegación Territorial en Valencia. AEMET. C/ Botánico Cavanilles, 3 (46010) Valencia

[dpoquet@inm.es](mailto:dpoquet@inm.es), [fbelda@inm.es](mailto:fbelda@inm.es)

<sup>(2)</sup> Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica. Universitat de Valencia. C/ Dr. Moliner, 50 (46100) Burjassot, Valencia.

[j.garcia.haro@uv.es](mailto:j.garcia.haro@uv.es)

## RESUMEN

Hoy en día el problema del agua es algo cada vez más importante en la Península Ibérica, por eso realizar un estudio que haga un seguimiento de la sequía a lo largo de un periodo de tiempo es algo de gran interés para poder analizar las situaciones climáticas y meteorológicas que se dieron en las épocas de sequía. Es este estudio analizaremos diversas situaciones de sequía utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) (McKee et al., 1993), que nos permitirá hacer un seguimiento de la sequía meteorológica analizando los déficit de precipitación, ya que este índice sólo depende de la cantidad de precipitación registrada por las estaciones meteorológicas.

Es sabido que no podemos analizar el régimen de precipitaciones en la Península Ibérica sin tener en cuenta la orografía (Belda et al., 2001). En este sentido en la regionalización y generación de las diferentes imágenes, integramos un modelo Digital del Terreno (MDT) a 1 Km. de resolución.

## INTRODUCCIÓN

La sequía repercute en el ser humano y en la sociedad desde tiempos inmemoriales, cuando un largo periodo de sequía podía hacer peligrar la vida de miles de personas al perder cosechas y ganado por la falta de agua. Hoy en día el panorama no es muy distinto, la escasez de agua afecta a sectores económicos y sociales, tanto para la agricultura, el transporte o el desarrollo industrial como para el consumo y la higiene personal.

Debido a estos problemas y a la distribución geográfica y temporal de la sequía, es difícil encontrarle una definición única. Este estudio se basa en el concepto de sequía meteorológica, en analizar las condiciones meteorológicas que provocan ausencia o reducción de la precipitación durante un periodo prolongado de tiempo (semanas, meses o incluso años). Desde el punto de vista meteorológico es necesario el estudio de las sequías cortas (importantes para la agricultura) o muy prolongadas (relevantes para evaluar la

disponibilidad de agua subterránea, la escorrentía y los niveles de reservas de agua).

En vista de que la sequía es un problema cada vez más importante en la Península Ibérica analizamos su evolución, repercusiones e incidencias más graves desde 1950 hasta 2007. Para ello hemos utilizado el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) a diferentes escalas temporales (1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses), debido a que es un índice de escasa complejidad, sobretodo comparado con otro índices para la estimación y medida de la sequía como puede ser el PDSI (WMO, 1975), al estar basado únicamente en la precipitación pero que a su vez aporta una valiosa información ya que al ser un índice normalizado los climas húmedos y secos se pueden representar de la misma manera con el SPI.

## DATOS

Construimos una base de datos con imágenes de precipitación y SPI a 1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses a 1 Km de resolución desde 1950 hasta 2007. Los datos de precipitación utilizados en el presente trabajo han sido recopilados de toda la red de Observatorios de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) existentes durante este periodo de 57 años. Como podemos ver en la Figura 1 esta red de Observatorios consta actualmente de unas 2600 estaciones, pero a lo largo de nuestro periodo de estudio fue aumentando desde unas 1500 en el año 1950 hasta alcanzar el número máximo de 4800 estaciones en 1974.

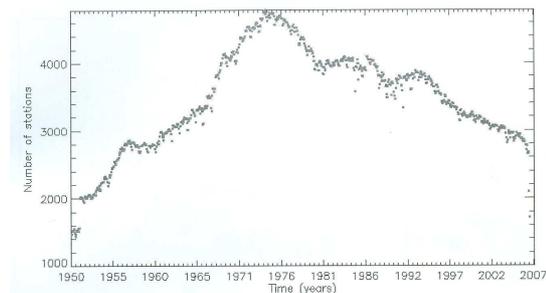


Figura 1.- Número de estaciones operativas entre 1950 y 2007

## METODOLOGÍA

A partir de los datos de precipitación se calcula el SPI utilizando el método desarrollado por McKee et al. (1993). En él el SPI es calculado ajustando la distribución de frecuencia de la precipitación de un lugar dado, en la escala de tiempo de interés, con una función teórica de densidad de probabilidad. Según varios autores como Thom (1966), Young (1992) y Lloyd-Hughes (2002) entre otros, la distribución más apropiada para este ajuste es la *Gamma*, si bien ésta ofrece algunas dificultades en las zonas de muy poca precipitación, debido a que no se encuentra definida para valores de la variable iguales a 0. La función de densidad es luego transformada a una distribución normal estandarizada (con media igual a 0 y varianza igual a 1), siendo el SPI el valor resultante de esta transformación. Este índice representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico. Cuando el SPI toma valores negativos representa un déficit de precipitación, mientras que si el valor del SPI es positivo indica que hemos tenido una precipitación superior al promedio histórico. Para el análisis de la sequía tendremos en cuenta las categorías de sequía moderada, severa y extrema a partir del SPI.

Con los valores obtenidos se establece una clasificación de los eventos como muestra la tabla 1, según establece McKee et al. (1993)

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 del SPI

Se evaluaron diferentes métodos de interpolación para la obtención de las imágenes, tanto de precipitación como de SPI, a saber, Kriging, Kriging modificado y Co-Kriging. Para la regionalización utilizamos principalmente el Kriging como método de interpolación y un Modelo Digital del Terreno (MDT) para el posterior análisis (Kriging Modificado). Con el MDT hacemos una regionalización de la Península Ibérica en función de la precipitación registrada en cada zona, clasificándolo mayoritariamente en cuencas hidrográficas y cordilleras peninsulares.

Al utilizar el método de Kriging para generar nuestras imágenes tenemos un suavizado de los máximos y mínimos de precipitación obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas, ya que al interpolar para completar los puntos de grid alrededor de nuestras estaciones tomamos los valores de los puntos de grid cercanos con valores conocidos.

## RESULTADOS

Como puede verse en las Figuras 2a y 2b las zonas que registran una mayor precipitación corresponden principalmente a las zonas con una orografía más acentuada, mientras que en las cuencas de los ríos tenemos una menor precipitación. En la figura 2b se muestra la imagen de cual ha sido la precipitación media registrada en el periodo de estudio (1950-2007).

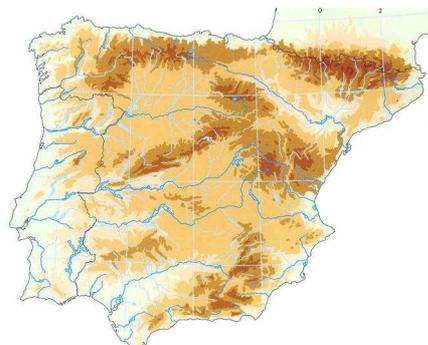


Figura 2a.- Mapa físico de la Península Ibérica

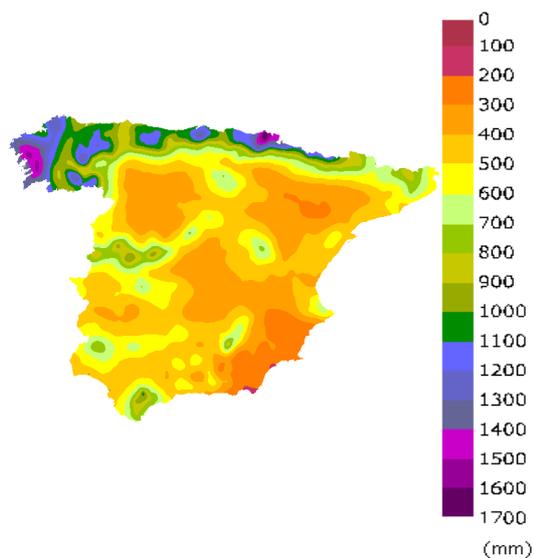


Figura 2b.- Precipitación media entre 1950 y 2007

Durante el periodo que engloban los años 1950 y 2007 la Península Ibérica ha tenido varios periodos de sequía, entre ellos son muy destacados

los de 1980-84 y 1990-95 (Rico, 2004), además del que estamos viviendo ahora mismo.

En el caso del 80-83 podemos observar en las figuras 3a, 3b y 3c cómo varía el SPI de cada zona dependiendo el número de meses que abarque el índice. Vemos en las Figuras 3a y 3b cómo fue avanzando la sequía a medida que iban transcurriendo los meses. En la Figura 3a el periodo tomado es de 3 meses (SPI3) y podemos observar un índice de sequía moderada en gran parte de la Península excepto el norte y noreste, llegando a tener sequía severa en el este y el sureste de la Península e incluso nos podemos percatar de puntos de sequía extrema.

Al analizar la Figura 3b vemos cómo se ha extendido la sequía al ampliar el periodo de estudio a los 3 meses siguientes. En ella se aprecia la intensa sequía que recorre prácticamente toda la Península, destacando el sureste peninsular en el que se llegan a alcanzar valores del SPI inferiores a -3.

En la Figura 3c correspondiente al penúltimo año de este periodo de sequía vemos como aún persisten índices de sequía moderada y extrema en el centro oriental y el sureste de la Península.

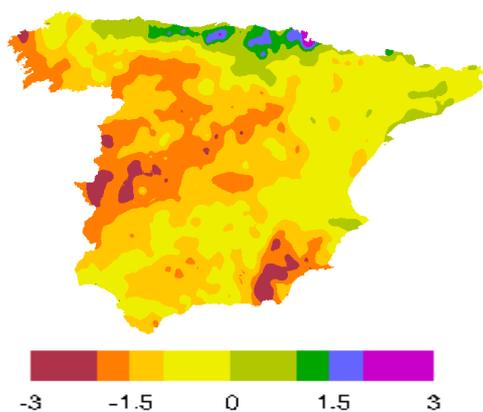


Figura 3a.- SPI3 correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero de 1981

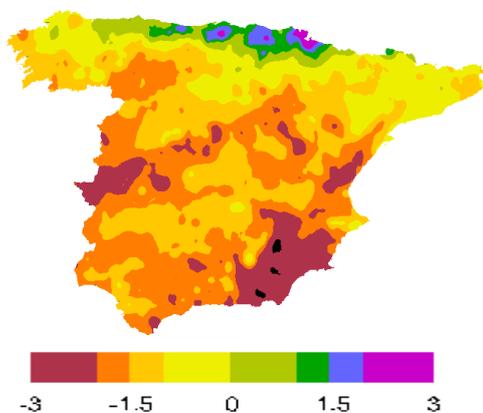


Figura 3b.- SPI6 correspondiente al periodo entre noviembre de 1980 a marzo de 1981.

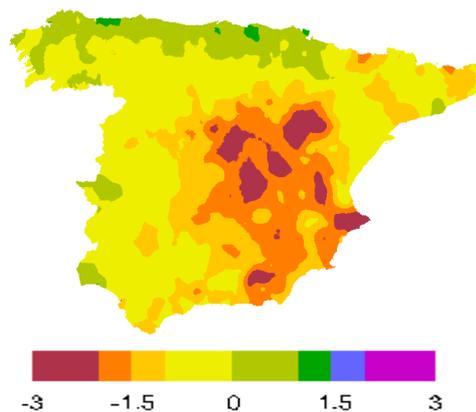


Figura 3c.- SPI12 correspondiente al año 1983

Mediante el método utilizado para representar el SPI en mapas como los vistos en las Figuras 3 también podemos obtener la evolución histórica del SPI en los distintos puntos de grid de la matriz generada. De esta forma podemos visualizar en forma de gráfico cómo ha ido cambiando el SPI calculado para distintos intervalos de tiempo.

En las Figuras 4 podemos ver la evolución anual del SPI. Hemos elegido diversos puntos de la Península según la cantidad de precipitación registrada. De esta forma en la Figura 4a vemos la evolución anual del SPI en un punto de la provincia de A Coruña, en ella podemos observar que el SPI muestra mayoritariamente un clima muy húmedo, salvo en las ocasiones en que se registra una ligera sequía, alcanzándose el estatus de sequía moderada en muy pocas ocasiones. La Figura 4c nos muestra una tendencia cada vez más clara de que la sequía se acentúa en cada nuevo episodio con el paso del tiempo en el centro peninsular.

Prácticamente en todas las Figuras 4 nos percatamos cuales son los periodos de sequía más acentuado, como pueden ser el de mediada la década de 1950 o el de principios de los 90

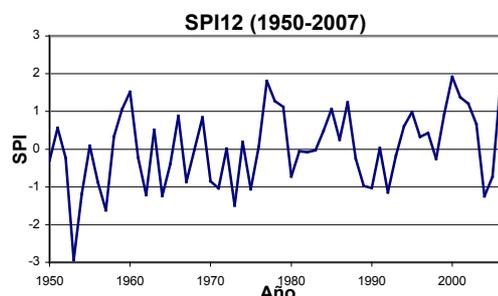


Figura 4a.- Evolución del SPI12 en un punto de la provincia de A Coruña

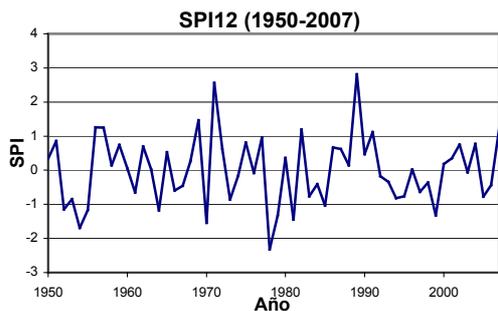


Figura 4b.- Evolución del SPI12 en un punto de la provincia de Valencia

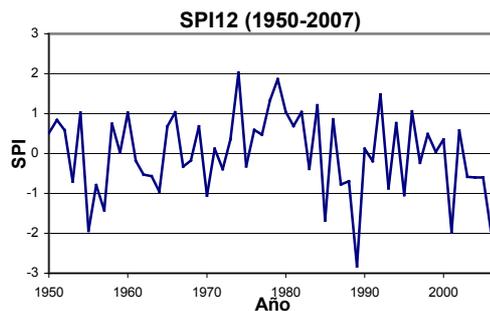


Figura 4f.- Evolución del SPI12 en un punto del País Vasco

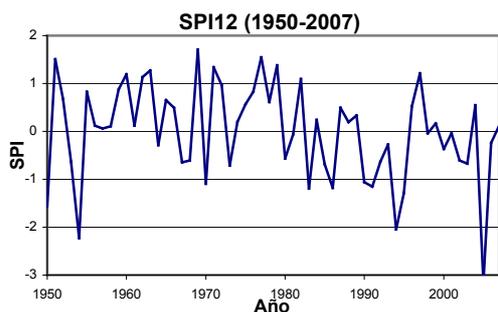


Figura 4c.- Evolución del SPI12 en un punto del centro de la Península

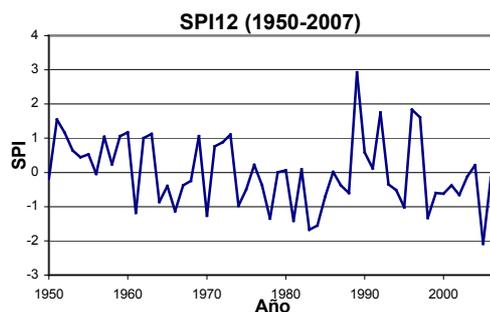


Figura 4g.- Evolución del SPI12 en un punto de Almería

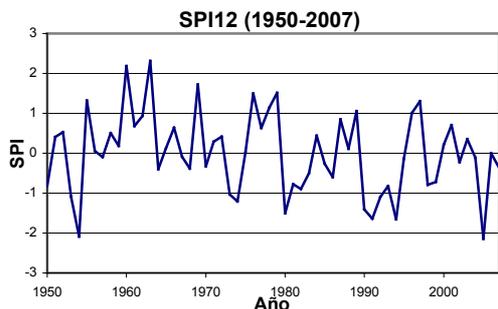


Figura 4d.- Evolución del SPI12 en un punto de la cuenca del río Guadiana

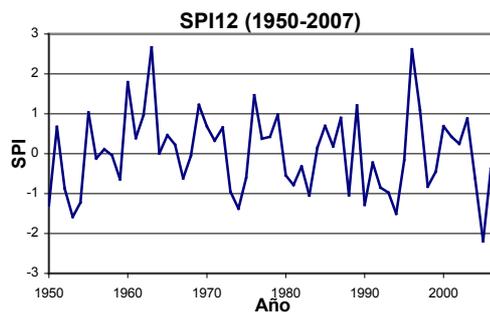


Figura 4h.- Evolución del SPI12 en un punto de la provincia de Andalucía

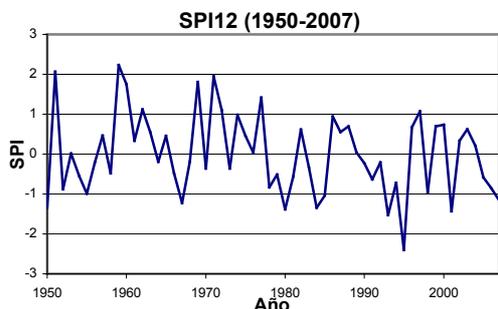


Figura 4e.- Evolución del SPI12 en un punto de la cuenca del río Ebro

## CONCLUSIONES

Con el Modelo Digital del Terreno hemos podido clasificar por zonas la precipitación media registrada en el periodo comprendido entre 1950 y 2007. Queda visiblemente claro que las zonas con un valor medio de precipitaciones superior al resto quedan ubicadas en las cordilleras o sistemas montañosos de la Península, mientras que la Meseta Central y las cuencas de los ríos presentan menores precipitaciones, lo que nos hace darnos cuenta de la importancia de la orografía para establecer cualquier tipo de clasificación climática.

Podemos distinguir unas 8 o 9 zonas dependiendo de las precipitaciones que en ellas se registran. La mayor precipitación media en la

Península se registra en el norte y noroeste, esto es debido a situaciones de tipo baja dinámica que junto al forzamiento topográfico que ejerce la cordillera Cantábrica nos provoca una elevada precipitación centrada, sobretodo, en los meses invernales. De la misma forma, las elevadas precipitaciones medidas en el este y sur de la Península son debidas a situaciones meteorológicas similares. Por otro lado en las costas mediterráneas tendremos precipitaciones debidas a forzamientos dinámicos que empujan el aire cálido y húmedo del Mediterráneo hacia el interior. En último lugar las precipitaciones registradas en el interior de la Península suelen venir marcadas por forzamientos térmicos y dinámicos, y son de menor magnitud que las comentadas anteriormente.

Cabe destacar que las zonas del sur de la Península presentan, por norma general, unos índices SPI menores que las zonas del norte. A lo largo de estos 57 años, en el sur se registran un mayor número de años con situaciones de sequía moderada e incluso extrema, mientras que en las zonas septentrionales predominan los años con índices entre 1 y -1 que indican una cierta normalidad complementados con épocas húmedas o muy húmedas. En un análisis global tenemos una predominancia de periodos secos durante los 57 años que cubre el estudio.

Por último, hemos podido analizar los dos últimos periodos de sequía más importantes de la Península Ibérica, el de 1980-84 y 1990-95, corroborando con nuestro método de estudio lo que ya ha sido tratado anteriormente en la bibliografía existente, y es la situación de sequía extrema que se vivió durante gran parte de esos dos periodos.

## 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

## 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. and Vanyarkho (1999): "Monitoring the 1996 drought using SPI". *Bulletin of American Meteorology Society*, 80, 429-438.
- Lloyd-Hughes, B. and Saunders, M.A. (2002): "A drought climatology for Europe". *International Journal of Climatology*, 22, 1571-1592.
- McKee, TB., Doesken, NJ. and 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, EO. (1985): "A comparative performance analysis of three meteorological drought indices". *International Journal of Climatology*, 5, 655-664.
- Rico, Antonio 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.º 81,116-22.
- WMO. (1975): "Drought and Agriculture". *Technical Note*. N.º 138. WMO – N.º 392
- Young, K.C. (1992): "A three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values". *Monthly Weather Review*, 120, 2561-2569.