

CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS SEQUÍAS CLIMÁTICAS EN LA CUENCA DEL DUERO (1946-2005)

*Nieves Garrido del Pozo, Manuel Mora García, José Pablo Ortiz de Galisteo
Juan Pablo Álvarez Alonso, Gabriel Buendía Moya
C. M. T. en Castilla y León*

La comunidad autónoma de Castilla y León, que es la más extensa de Europa, superando en superficie incluso a varios de los países miembros, tiene en la agricultura uno de los pilares de su economía, siendo el único sector que mantiene una importancia relativa en la producción nacional. Las tierras de cultivo ocupan aproximadamente el 40 % de su superficie y tan solo un 5,7 % (13,7 % de las áreas cultivadas, 420.347 ha INE 2001) se explotan como regadío, de lo que se concluye la importancia de las sequías desde el punto de vista socioeconómico.

El aspecto general de la Región, es el de una superficie esencialmente llana (cuenca o meseta, a la que confiere unidad la red del Duero), donde se ubican la mayoría de las tierras de cultivo, rodeada de una franja montañosa más o menos enérgica a la que se asocian diversas depresiones periféricas (cuencas del Tajo, Miño y Ebro). La sensación de aislamiento de la cuenca, con respecto al resto de la Península, que ejerce las barreras montañosas, se ve aparentemente alterada en el extremo NE y en el SW, reflejándose en los mapas pluviométricos donde las precipitaciones medias anuales no superan los 600 mm.

Si entendiéramos la sequía como una disminución de la precipitación en un periodo de tiempo determinado sería fenómeno recurrente en nuestra Región en verano. Como corresponde a un clima continental, la precipitación media durante esta estación es de tan sólo 81,2 mm (mínimo 47 y máximo 160 mm, obtenido con los datos de precipitaciones mensuales de 250 estaciones pluviométricas en el treintenio 1961-1990) y sólo se superan los 100 mm en zonas montañosas. Pero esta escasez de precipitación estival esta asumida en el tipo de vida y de cultivos fundamentalmente cerealista de nuestra cuenca.

Partiendo de la idea de la gran diversidad de términos que existen tanto para la definición de sequía como para la caracterización de la misma, nos hemos centrado en aquella que de alguna manera refleje como las anomalías de pluviosidad pueden afectar al normal desarrollo de la actividad en nuestra Región.

En 1993 McKee et al, desarrollaron el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), que nos permite fijar el comienzo y fin de la sequía así como su intensidad. Tiene la ventaja de que puede ser calculado para escalas de tiempo variables, y al ser estandarizado, se asigna un único valor numérico, y estos valores son comparables en zonas climáticamente distintas.

El SPI de escala «p» se calcula a partir de los datos de precipitación mensual acumulada de una serie suficientemente larga (mínimo 30 años), se genera una nueva serie de precipitaciones acumulada para un periodo de «p» meses, de forma que la precipitación en un mes determinado representa la precipitación acumulada de los p meses anteriores.

El SPI se calcula ajustando la distribución de frecuencias de la nueva serie de precipitación a una función teórica de densidad de probabilidad. De acuerdo con varios autores (Thom, 1966; Young, 1992; Lloyd- Hughes, 2002, entre otros), la función más apropiada

para este ajuste es la Gamma. La función densidad es luego transformada a una distribución normal estandarizada (con media cero y varianza igual a 1). Este índice representa el número de desviaciones estándar en el que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico (el cual queda representado por 0). Los valores negativos del SPI representan déficit de precipitación y, contrariamente, los valores positivos indican que la precipitación ocurrida ha sido superior al promedio histórico.

Se fija el inicio de un periodo de sequía en el caso de que el SPI sea continuamente negativo con un valor inferior o igual a -1,0, y su finalización cuando sea positivo.

2,0 < SPI	Extremadamente húmedo
1,5 < SPI < 1,99	Muy húmedo
1,0 < SPI < 1,49	Moderadamente húmedo
-0,99 < SPI < 0,99	Normal
-1,49 < SPI < -1,0	Moderadamente seco
-1,99 < SPI < -1,5	Severamente seco
SPI < -2,0	Extremadamente seco

Tabla 1. Clasificación de los periodos secos y húmedos en función del SPI

CÁLCULO DE LOS PERIODOS DE SEQUÍA EN LA CUENCA DEL DUERO

El déficit de precipitación impacta en la humedad del suelo, en la escorrentía, en la reserva de agua, en el nivel de la capa freática, etc., dependiendo de la escala de tiempo. Así la sequía agronómica ha sido representada por el SPI de escalas de 2 y 3 meses, y se han encontrado fuertes relaciones entre el SPI a escalas de 6 a 24 meses y la variación del nivel de la capa freática, por lo que se ha tomado la escala de 12 meses como apropiada para definir los periodos de sequía en la cuenca del Duero.

Para determinar dichos episodios hemos partido de los datos de precipitaciones mensuales de las estaciones principales (Villafría-Burgos, Villanubla-Valladolid, Virgen del Camino-León, Matacán-Salamanca, Soria, Valladolid, Segovia, Zamora y Ávila) desde enero de 1945 hasta octubre del 2005 (con una escala de referencia de 12 meses) y una vez calculado el SPI para cada uno de los observatorios hemos determinado el SPI medio.

Para su mejor visualización lo hemos representado en periodos de veinte años y hemos sombreado los episodios correspondientes a las sequías (figura 1). Se observa que la frecuencia ha aumentado de forma espectacular los últimos veinte años, donde podemos contar siete episodios, los mismos que en los cuarenta años anteriores.

Los valores más bajos del SPI medio (cerca de -2,0), se alcanzan en las sequías del 48-51, 90-93 (con un valor de -2,5), y en la última del 2004- 2005.

Partiendo de los datos de la red pluviométrica (hemos seleccionado aquellas de las que se disponían más de 30 años), hemos calculado el SPI para cada una de las estaciones y con ayuda de un SIG (Sistema de Información Geográfica) hemos estimado la intensidad, extensión y duración de las sequías. En la tabla 2 aparece de forma resumida el análisis para cada uno de los episodios.

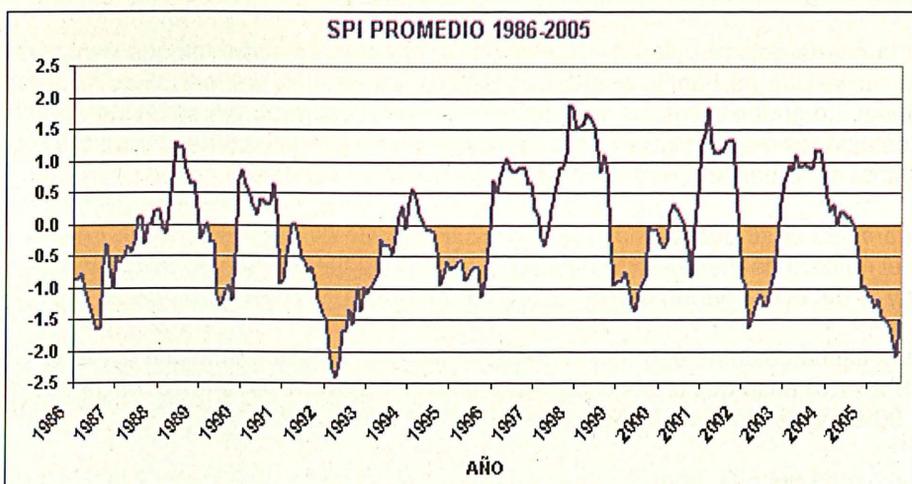
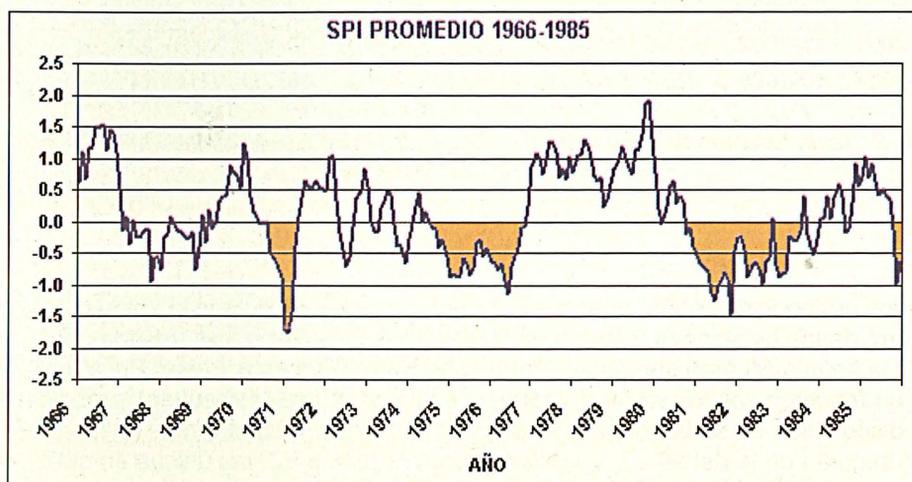
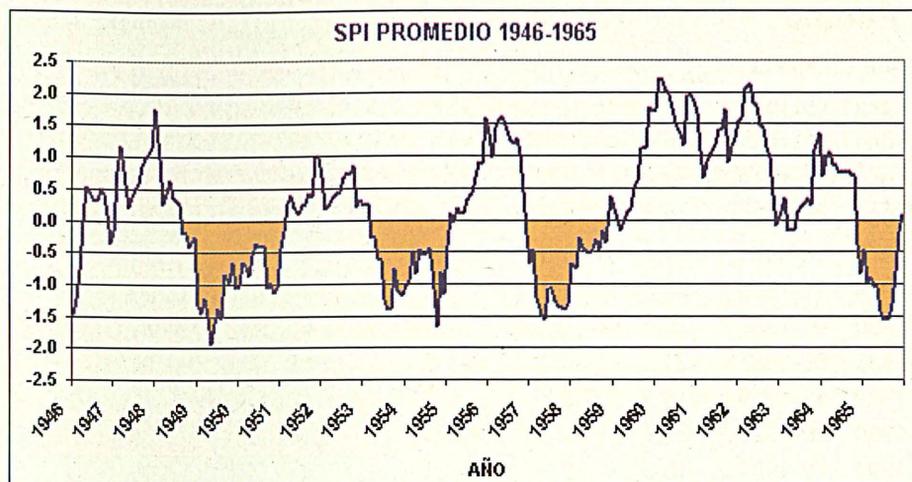


Figura 1. Evolución del SPI promedio con los periodos secos sombreados (1946-2005).

PERIODO		? SPI			% Observatorios SPI < - 1,5	Número de meses	
Desde	Hasta	MAX (val. abs.)	MIN (val. abs.)	MEDIO		SPI medio < 0	SPI medio < - 1,5
11-1948	02-1951	-44,0	-12,2	-29,6	89	28	4
03-1953	03-1955	-38,2	6,3	-18,4	52	25	1
12-1956	11-1958	-26,8	-7,6	-17,5	59	24	2
11-1964	11-1965	-20,6	-8,7	-14,1	68	14	2
06-1970	04-1971	-14,4	-1,6	-7,5	49	11	2
07-1974	11-1976	-26,8	-3,2	-16,4	44	29	0
10-1980	07-1983	-36,7	-13,5	-24,0	63	34	0
10-1985	06-1987	-21,3	-3,9	-13,3	52	21	3
01-1989	11-1989	-16,5	-0,5	-7,9	42	11	0
12-1990	09-1993	-39,7	-13,2	-28,5	76	34	8
06-1994	12-1995	-15,6	-5,9	-10,5	27	19	0
11-1998	03-2000	-16,2	-2,4	-10,8	27	17	0
12-2001	11-2002	-16,0	-5,4	-11,1	49	12	1
09-2004	10-2005	-20,9	-4,4	-14,8	66	14	5

Tabla 2. Tabla resumen de caracterización de los periodos de sequía elaborada con los datos de la red pluviométrica

De los periodos de sequía antes determinados, hemos calculado la suma del SPI, para cada una de las estaciones y cada uno de los episodios como una medida de la intensidad de la sequía (el área sombreada para cada una de las estaciones). En la tabla 2 aparecen un resumen con los valores máximos, mínimos (en valor absoluto) y medios, de los datos disponibles en cada periodo. Podríamos decir que la sequía más intensa fue la del 48-51, seguida de la del 90-93, y en tercer lugar la del 80-83, las únicas en que la media de la suma del SPI fue inferior a -20.

En la cuarta columna se ha calculado el porcentaje de observatorios dentro de cada sequía, en el que ha habido sequía severa o extrema (una vez calculado el número de estaciones en el que en algún mes dentro del periodo el SPI < -1,5 se divide por el número de estaciones disponibles en ese mismo evento). La extensión de la severidad fue más importante en la del 48-51 (89%), seguida de la del 90-93 (76%).

Para conocer su duración media, hemos estudiado de la gráfica del SPI medio y contando el número de meses en los que el SPI se mantiene por debajo de 0: las sequías del 90-93 y la del 80-83 tienen una duración de 34 meses, y la del 48-51 de 28.

En la última columna aparece el número medio de meses (calculado con el SPI medio inferior a -1,5) en la que la sequía fue severa o extrema. Destaca los ocho meses del episodio 90-93 y los cinco de la última sequía (2004-2005).

Con ayuda del SIG, hemos representado sobre un mapa de la cuenca la suma del SPI, para cada una de las sequías como una medida de la distribución espacial de la intensidad de las mismas (figura 2). Se aprecia claramente como la sequía más importante fue

la del 48-51 donde, excepto en puntos aislados, en la mayor parte de la cuenca la suma del SPI fue inferior a -35 y más severa en la provincia de Segovia. En la del 90-93 el área con SPI inferior a -35 ocupa todo excepto el norte montañoso y el extremo este, Burgos y Soria. La del 80-83 afectó sobre todo a las provincias más occidentales.

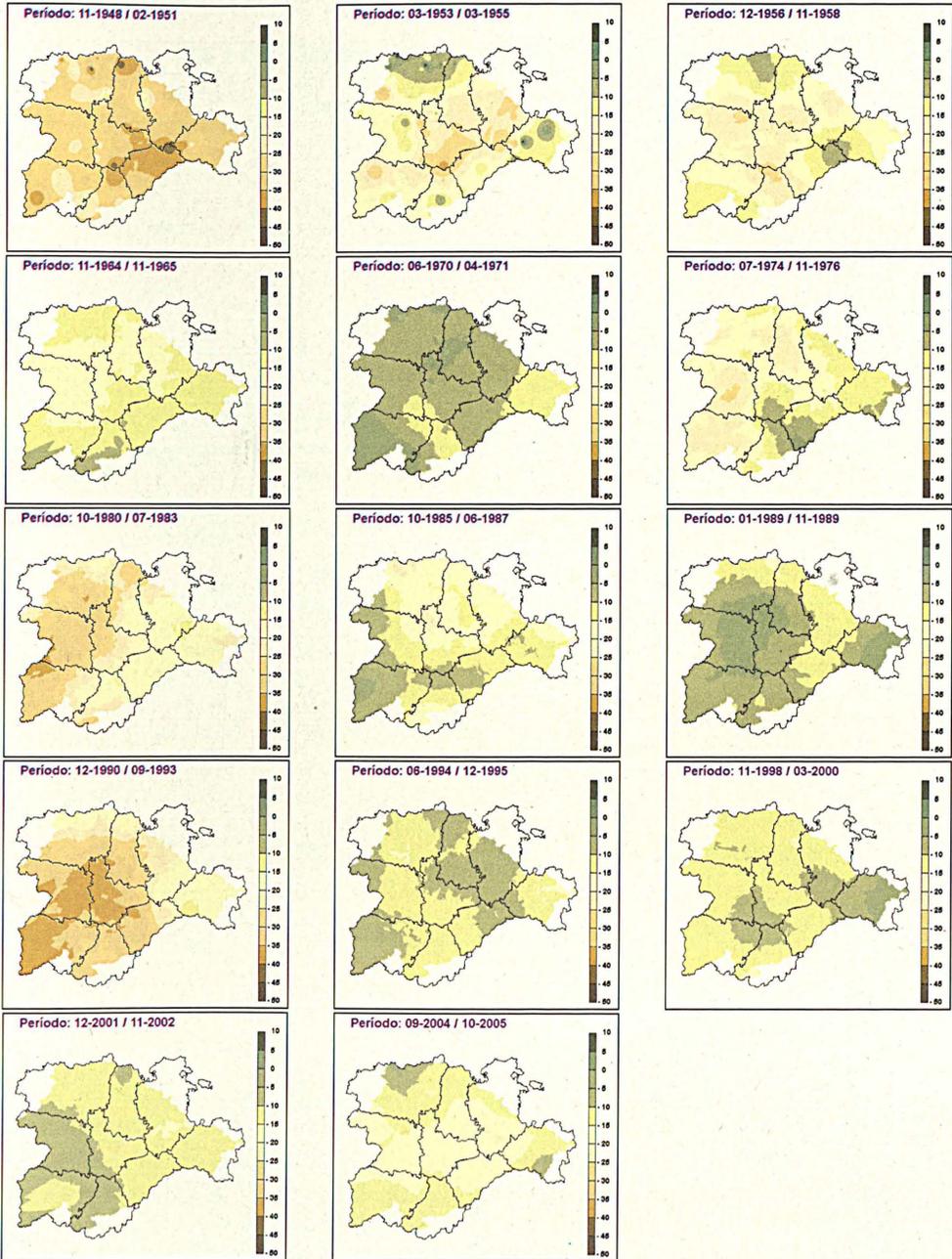


Figura 2. Distribución de la suma SPI para cada uno de los periodos de sequía.

SEQUÍA DICIEMBRE 1990 – SEPTIEMBRE 1993

Es la sequía de periodo más largo (34 meses), la que alcanza valores de SPI medio más bajos, precedida además por una en el año 1989, que apenas se recuperó en 1990, seguida por otra en el 94-95. Trascendió a la opinión pública de tal forma que provoca el inicio de un debate sobre la política de aguas que aún hoy continúa abierto.

Año	Mes	Sequía severa: $-1,5 > \text{SPI} > -2,0$			Sequía extrema: $\text{SPI} < -2,0$			% área SPI < -1,5
		Área (Km ²)	Altitud media (m)	Provincias	Área (Km ²)	Altitud media (m)	Provincias	
1990	12							
1991	01 - 09							
	10	621	763	Va				0,80
	11	13.935	763	Av, Sa, Va Za	106	757	Va	18,12
	12	29.051	791	Todas excepto So	111	778	Le, Va	37,63
1992	01	36.309	802	Todas excepto So	2.167	799	Av, Le, Pa Va	49,64
	02	28.215	900	Todas excepto So	27.111	800	Todas excepto So	71,38
	03	15.503	1.005	Todas	49.970	857	Todas excepto So	84,48
	04	16.626	1.069	Todas	52.943	857	Todas	89,76
	05	25.160	981	Todas	40.995	842	Todas	85,36
	06	28.372	844	Av, Le, Sa Sg, Va, Za	12.283	837	Av, Sa, Sg Va, Za	52,45
	07	25.603	856	Av, Le, Sa Sg, Va, Za	13.029	830	Av, Sa, Sg Va, Za	49,84
	08	17.403	814	Av, Le, Sa Sg, Va, Za	4.051	854	Av, Sa	27,68
	09	22.853	829	Av, Le, Pa Sa, Sg, Va Za	8.494	751	Av, Sa, Sg Va, Za	40,44
	10	1.735	905	Sa, Va				2,24
	11	14.220	878	Av, Le, Sa So, Va, Za	879	1.227	Za	19,48
	12	4.244	871	Sa, Va, Za				5,48
1993	01	8.766	887	Le, Sa, Va Za				11,31
	02	5.889	897	Le, Sa, Va Za				7,60
	03	3.637	805	Sa				4,69
	04	2.658	859	Av, Sa				3,43
	05 - 08							

Tabla 3. Resumen de la sequía 1990-1993 elaborada con los datos de las estaciones pluviométricas.

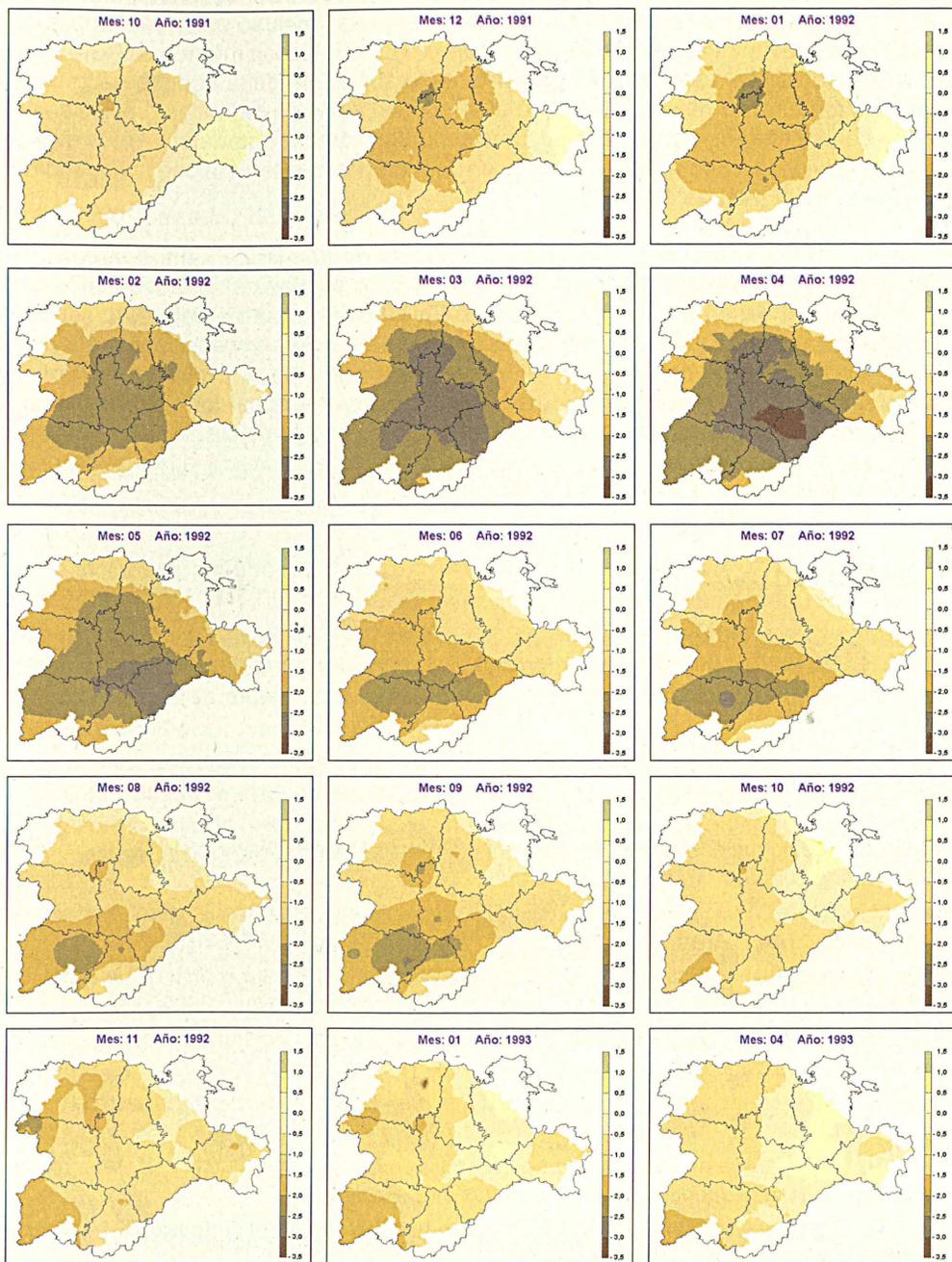


Figura 3. SPI mensual en la Cuenca del Duero durante la sequía 1990-1993

Para una mejor visualización de la evolución, se ha elaborado la tabla 3, a partir de SPI mensual de los datos de la red de estaciones pluviométricas y con ayuda del GIS, en donde se ha calculado el área, la altitud media, las provincias y el tanto por ciento de superficie afectada por la sequía severa o extrema ($SPI < -1.5$) mes a mes.

Aunque la sequía comienza en diciembre del 90, empieza a ser severa a partir de octubre 91, y extrema en noviembre 91. En el mes de abril hay incluso una zona amplia en la provincia de Segovia y Valladolid donde los valores del SPI fueron inferiores a -3,0. Desde enero hasta agosto de 1992 en más del 50 % de la superficie de la cuenca había sequía severa o extrema, en el mes de abril llegó al 90 %, con parte de todas las provincias afectadas por sequía extrema, disminuyó sustancialmente el área afectada en el mes de agosto, aunque volvió a aumentar hasta el 40 % en septiembre manteniéndose la severidad en alguna zona hasta abril de 1993.

Para ver la distribución espacial, sobre los mapas de la cuenca hemos representado los valores del SPI mes por mes (figura 3). Vemos como empieza a ser severa en el norte de Valladolid y se extiende por todo el centro. En el mes de marzo del 92, la sequía es severa o extrema en la totalidad de la cuenca excepto en el extremo norte de León y Palencia, un poco de la provincia de Burgos y gran parte de la provincia de Soria (la menos afectada). En el mes de abril de 1992 se aprecia una zona con valores excepcionales (inferiores a -3,0), ocupa el sur de Valladolid y gran parte de Segovia, posteriormente la zona con valores severos y extremos se desplazan hacia el suroeste manteniéndose en Salamanca y Ávila hasta abril del 93.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a René Cenera Vañes, jefa de la sección de climatología de C. M. T. por su ayuda en la adquisición de datos de la base histórica, y a Víctor Manso Ramos, predictor del G. P V., por la ayuda en el tratamiento de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNEW C. T.: «Using the SPI to Identify Drought». Drought Network News. Vol. 12, No. 1, Winter 1999- Spring 2000.
- ALMARZA MATA, C.(2000): «Sequías: indicadores de alerta, intensidad y Seguimiento. Análisis espacio temporal». Rev.R.Acad.Cien.Exac.Fis.Nat. Vol. 94, nº 2, pp265-273, 2000.
- ALMARZA, C., CHAZARRA, A., PEDRAZA, B. (2000): «Adaptación del SPI para el análisis de la precipitación media en las grandes cuencas». Calendario Meteorológico del año 2000. INM.
- HANS W., MOLIN T. (2005): «Early nineteenth century drought in east central Sweden inferred from dendrochronological and historical archives». Clima research. Vol.29, pp63-72.
- HAYES M., SVOBODA M., et. al. (1999): «Monitoring the 1996 Drought using the Standardized Precipitation Index». Bulletin of American Meteorological Society.Vol80, No. 3, March 1999, pp 429-438.
- GARRIDO, R.: «Un sistema de seguimiento de la sequía en la región de Murcia». 1ª Asamblea Hispano- Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Almería, España.
- MCKEE T. B., DOESKEN N. J. D KLEIST J. (1993): «Standardized Precipitation Index (SPI)». Esta disponible en la página web: Drought.unl.edu.
- NÚÑEZ S., NÚÑEZ L. et. al. (2005). «El índice estandarizado de precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: una prueba de concepto». Noveno congreso de meteorología argentino.
- VICENTE-SERRANO, S., GONZALEZ-HIDALGO, J., et. al.(2004): «Drought patterns in the mediterranean area:the Valencia region (eastern Spain)». Clima Research.