

LAS SEQUÍAS CLIMÁTICAS EN LA CUENCA DEL DUERO

Nieves GARRIDO DEL POZO ngp@inm.es

Manuel MORA GARCÍA

José Pablo ORTÍZ DE GALISTEO

Juan Pablo ÁLVAREZ ALONSO

Gabriel BUENDÍA MOYA

C. M. T. en Castilla y León

INM

RESUMEN

Haciendo uso de los datos de los observatorios principales de la cuenca y del índice SPI (*Standardized Precipitation Index*) se han determinado los episodios de sequía de la Cuenca del Duero en el periodo 1945 al 2005. Además con los datos de la red de estaciones pluviométricas, se ha estudiado la extensión, duración e intensidad de las mismas. En particular, se ha analizado la distribución espacial y temporal de las sequías de 1990-1993 y 2004-2005, así como la situación sinóptica media en superficie correspondiente al primer evento. Por último se estudia la relación entre el índice NAO (*North Atlantic Oscillation*) en los meses de invierno y los periodos de sequías.

1.- INTRODUCCIÓN

La sequía es un fenómeno relativamente frecuente en la Cuenca del Duero, y muy importante desde el punto de vista socioeconómico, ya que la agricultura es uno de los sectores en los que se basa la economía de Castilla y León.

Aunque no existe una definición universal de sequía, podríamos referirnos a ella como: “un periodo de tiempo suficientemente largo donde existe un déficit en la disponibilidad de agua dulce en un lugar determinado”

Como fenómeno adverso, sus efectos son más destructivos que los de las inundaciones, mientras que éstas se suelen restringir a áreas muy pequeñas generalmente los valles de los ríos, y a periodos de tiempo cortos, las sequías afectan a grandes zonas y los periodos son largos.

Dependiendo de la disciplina desde la que analicemos el fenómeno, podríamos distinguir distintos tipos: sequía meteorológica, agrícola, hidrológica o socioeconómica.

La sequía meteorológica está basada en valores climáticos, en general refleja la desviación de las precipitaciones respecto a una media, aunque también intervienen otros factores como la temperatura, la evaporación etc... En la mayoría de las definiciones hay una dependencia muy grande de la zona geográfica. Así, por ejemplo, mientras que en Indonesia (Bali) se define como “Periodo de seis días sin lluvia” en Libia es “Precipitación anual inferior a 180 mm” (Hudson y Hazen, 1964).

La sequía agrícola se produce cuando no hay suficiente humedad en el suelo para que se pueda desarrollar un cultivo determinado. Como depende muy estrechamente del tipo de cultivo, y del tipo de suelo, la relación con la sequía meteorológica es muy variable.

En cuanto a la sequía hidrológica como hace referencia al caudal de las aguas superficiales, además de la precipitación registrada, depende directamente de la capacidad de gestionar los recursos hídricos. Tiene en general un retardo respecto a la meteorológica y si aumenta la precipitación en poco tiempo, a veces no se manifiesta. Por secuencia temporal tendríamos primero la sequía meteorológica, después la agrícola y por último la hidrológica.

La sequía socioeconómica se produce cuando la escasez de agua puede dar lugar a daños en la economía o en las personas, por lo que la dependencia del estado de desarrollo económico es muy grande. En un país en vías de desarrollo cuya economía esta basada en la agricultura una sequía leve puede producir desequilibrios económicos importantes.

Todas las sequías que se han producido en España han ocasionado perturbaciones sociales y económicas en el pueblo, ya que por su causa se han visto diezmadas las poblaciones por hambrunas, y han impulsado movimientos migratorios masivos y provocado crisis económicas, sociales y políticas. Hoy en día, no obstante, los problemas del agua son más acuciantes, debido al aumento de la población, la puesta en regadío de grandes extensiones de terreno y a las necesidades industriales de agua. No es un fenómeno reciente, de las consecuencias de la sequía en el pasado ponemos como ejemplo lo que nos relata J.H.Elliott en su obra “El Conde Duque de Olivares” (pag 409): “Al hundimiento de la confianza y del comercio se añadió una depresión de primera magnitud en la agricultura durante el periodo de 1629 a 1632, que se vio reflejada en índices de mortalidad excepcionalmente altos y en la numerosa migración interna de gente desesperada que se trasladaba de Castilla a Andalucía. La crisis agraria se produjo, al parecer, por la sequía general que sufrió Castilla: las pobres cosechas que producía el árido suelo conducían a unos precios de hambre”.

Las sequías de mediados del siglo XX, pusieron en evidencia el desfase existente entre las necesidades de consumo y los recursos disponibles, impulsando una política de obras públicas, con la construcción de embalses.

La sequía de los años 80 también tuvo su trascendencia: la agricultura de secano empezó su decadencia, con el aumento desorbitado de las perforaciones acuíferas, y aparecieron los problemas de abastecimiento de aguas en grandes núcleos urbanos.

La de principios de los noventa fue tan intensa que sensibilizó a la opinión pública, y el propio gobierno envía al consejo Nacional de Agua, en abril 1993, el anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional, abriendo un debate al que todavía estamos asistiendo.

En lo que sigue nos centraremos en el estudio, distribución espacial y temporal y magnitud de las sequías meteorológicas, basándonos únicamente en los datos de precipitación.

2.- PLUVIOMETRÍA DE LA CUENCA

Para estudiar la distribución de la precipitación en la Cuenca del Duero, se parte de los datos de precipitación de 250 estaciones, del treintenio 1961-1990, que es el que se considera como normal por el Instituto Nacional de Meteorología (INM).

El aislamiento de la Cuenca del Duero, rodeada de montañas relativamente altas excepto en el nordeste y oeste queda reflejado en el mapa pluviométrico, donde las precipitaciones medias anuales no llegan a superar los 600 mm (figura 1). Los valores oscilan entre los 319

mm y los 1.594 mm. Por debajo de los 450 mm, se encuentra la mitad oeste de la provincia de Valladolid, este de Zamora, nordeste de Salamanca, norte de Ávila y noroeste de Segovia. La mayor parte de la meseta se encuentra dentro de la isoyeta de 600 mm. Los valores más altos se registran en las zonas montañosas del norte, del suroeste y en Sanabria.

La estación más lluviosa es el invierno, con una precipitación media de 194 mm (mínimo de 104 y máximo de 609 mm). La distribución es muy similar a la total, pues la isoyeta de 150 mm abarca a todo el centro de la cuenca y se extiende en gran parte de la provincia de Soria.

La siguiente estación, teniendo en cuenta la cantidad pluviométrica, es otoño con una precipitación media de 164 mm (oscilando entre 100 y 431 mm) y una distribución más uniforme, aunque el norte montañoso y Sanabria tienen valores relativamente elevados.

La primavera es más irregular, con una precipitación media de 160 mm (mínimo de 89 y máximo de 385 mm). En gran parte de la provincia de Soria las precipitaciones son superiores a la media y los máximos se siguen produciendo en las mismas zonas.

Como corresponde al clima continental, los veranos son secos, se podría hablar de sequía estival, pues la precipitación media es de 81,2 mm (mínimo de 47 y máximo de 160 mm), tan solo se superan los 100 mm en las zonas montañosas.

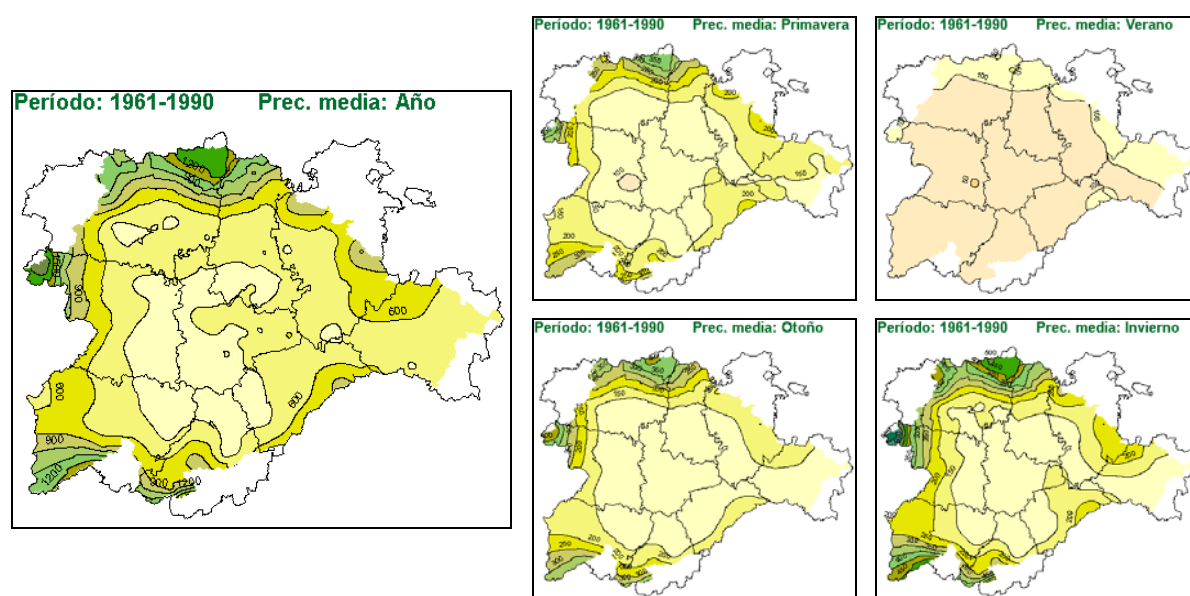


Figura 1. Mapas de precipitación media anual y estacional (primavera, verano, otoño e invierno), periodo 1960-1991.

3.- CÁLCULO DE LOS PERIODOS DE SEQUÍA EN LA CUENCA DEL DUERO

El comparar la precipitación registrada en un determinado lugar en un periodo de tiempo dado no es cálculo sencillo, dado que la precipitación es un elemento climático que no se distribuye de manera uniforme, en general la media de una serie pluviométrica es un número abstracto que no tiene nada que ver con la mediana.

En principio el problema se resolvería si comparamos la precipitación en una determinada zona con la de un periodo suficientemente largo (el recomendado por la Organización

Meteorológica Mundial es el treintenio 1961-1990), en términos de frecuencia. La técnica consiste en dividir la distribución de ocurrencias pluviométricas en 5 intervalos (quintiles). Un mes, una estación, un año, etc..., se considera muy seco, cuando la precipitación registrada se halla en el intervalo correspondiente al 20 % de los meses (años, estaciones...) más secos, seco cuando está entre el 20 % y el 40 %, normal cuando está entre el 40 % y el 60%, húmedo entre el 60% y el 80 % y muy húmedo superior al 80 %.

El inconveniente de este método es que depende del treintenio que hayamos tomado como referencia y por otra parte este índice no es extrapolable de unas zonas a otras climáticamente distintas.

En 1993 McKee et al, desarrollaron el Índice Estandarizado de Precipitación (*SPI, Standarized Precipitation Index*), que nos permite fijar el comienzo y fin de la sequía, así como su intensidad. Este índice se calcula a partir de los datos de precipitación acumulada mensual de una serie de datos suficientemente larga (mínimo de 30 años). Se genera una nueva serie de precipitaciones acumuladas en periodos de “p” meses, de forma que la precipitación de un mes determinado representa la precipitación acumulada de los p meses anteriores. Como la precipitación acumulada no se distribuye de acuerdo a una distribución normal, se define una función de la precipitación que una vez tipificada se ajusta a una distribución de este tipo. A cada valor de la precipitación acumulada se le asigna un valor de la función y se determina la probabilidad de ocurrencia de esta función que coincide con la probabilidad de precipitación (SPI del dato de precipitación acumulada). El valor del SPI representa la probabilidad de ocurrencia de una determinada precipitación acumulada. No es otra cosa que el número de veces que un valor concreto de la precipitación acumulada en un periodo temporal se separa de la media de la serie, medido en unidades de desviación típica. La ventaja de este índice consiste en que se asigna un único valor numérico, y estos valores son comparables en zonas climáticamente distintas.

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.

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

$2,0 < \text{SPI}$	Extremadamente húmedo
$1,5 < \text{SPI} < 1,99$	Muy húmedo
$1,0 < \text{SPI} < 1,49$	Moderadamente húmedo
$-0,99 < \text{SPI} < 0,99$	Normal
$-1,49 < \text{SPI} < -1,0$	Moderadamente seco
$-1,99 < \text{SPI} < -1,5$	Severamente seco
$\text{SPI} < -2,0$	Extremadamente seco

Para determinar los periodos de sequía hemos partido de los datos de precipitaciones mensuales de las estaciones principales (Villafría-Burgos, Villanubla-Valladolid, V.del Camino-León, Matacán-Salamanca, Soria, Valladolid, Segovia, Zamora y Ávila) desde enero de 1945 hasta octubre del 2005, y tomando como periodo de referencia 12 meses. 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 correspondientes a las sequías (figura 2).

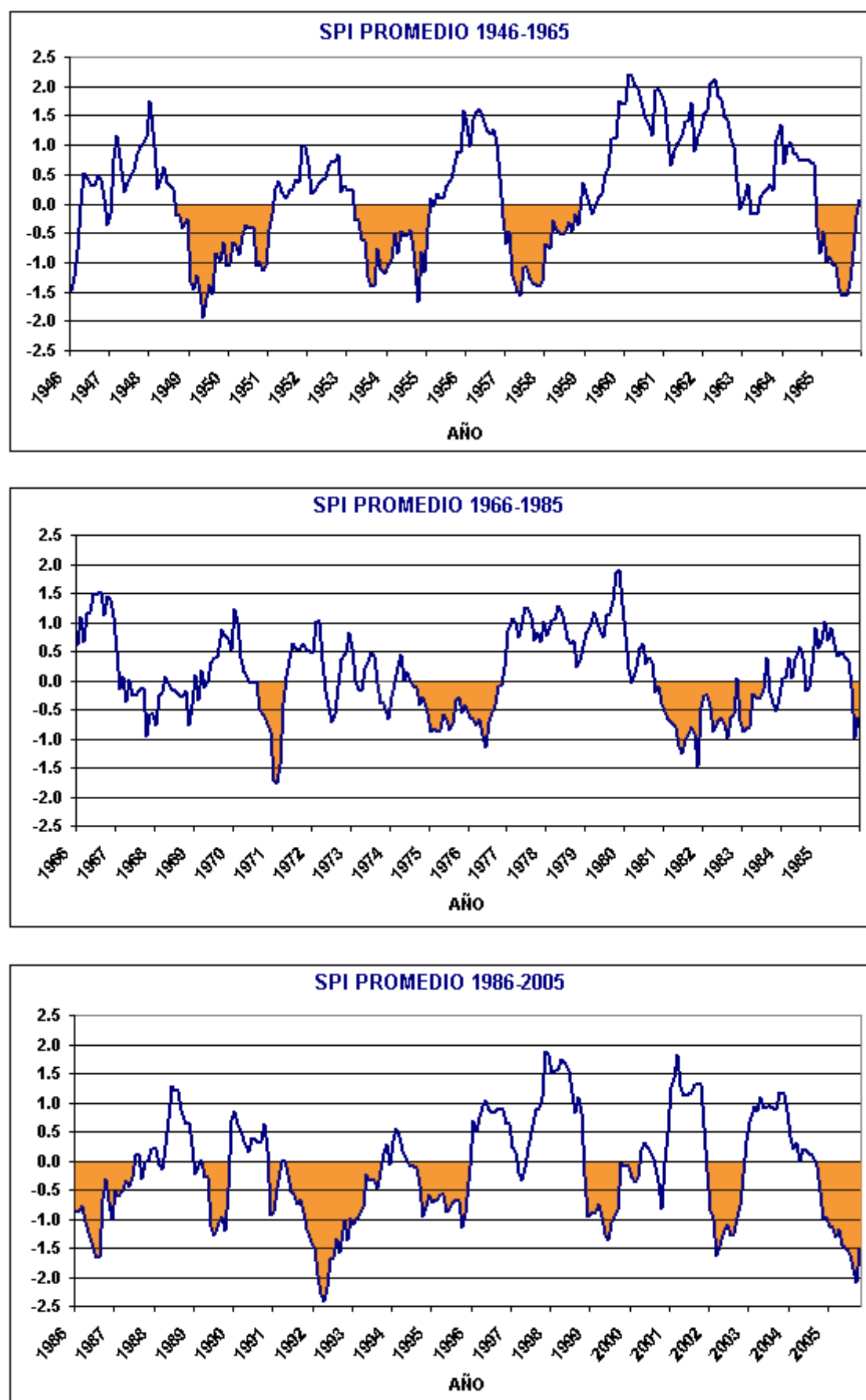


Figura 2. Evolución del SPI promedio con los periodos secos sombreados (1946-2005).

Aunque la distribución es muy irregular, y como se puede apreciar no se ajusta a ningún tipo de periodicidad, las sequías de los últimos veinte años (1986-2005) son más similares a los primeros (1946-1965). En el periodo 1966-1985 fueron menos frecuentes, sólo hubo tres episodios, intensas y duraderas. Mientras que en los primeros veinte años tuvimos 4 episodios de sequías y en el último veinteno aumentó la frecuencia y fueron 7 los episodios.

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 mismas. En la tabla 2 aparece de forma resumida el análisis para cada uno de los episodios.

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

PERIODO		Σ SPI			% Observatorios SPI < - 1,5	Número de meses	
Desde	Hasta	MAX	MIN	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

La intensidad de la sequía se ha estimado a través de la suma del SPI (en la tabla 2 aparecen los valores máximos mínimos y medios) para cada uno de los periodos. 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.

En la cuarta columna se ha calculado el porcentaje de observatorios dentro de cada sequía, en el que ha habido sequía severa o extrema. La extensión de la severidad fue más importante en la del 48-51, seguida de la del 90-93.

Para conocer su duración 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).

En lo que sigue analizaremos de forma más detallada la sequía de diciembre 1990-septiembre 1993 y la de septiembre 2004-octubre 2005.

3.1.- 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 el 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 hoy aún continúa abierto.

Para una mejor visualización de la evolución, se ha elaborado la tabla 3 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 mes a mes.

Aunque el índice SPI es negativo 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 como la 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.

En las sequías, los mapas de presión de superficie son de tipo anticiclónico (figura 4). En estos sistemas se producen descensos de la columna de aire, y por consiguiente se impide el movimiento vertical ascendente y el desarrollo de nubes. Los frentes nubosos, que son los que dan lugar a las precipitaciones, se mueven por latitudes más altas. Son periodos de bloqueo que se mantienen durante meses e incluso años, como veremos en el análisis de esta sequía que estamos estudiando.

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

Año	Mes	Sequía severa: $-1,5 > \text{SPI} > -2,0$			Sequía extrema: $\text{SPI} < -2,0$			% área $\text{SPI} < -1,5$
		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							

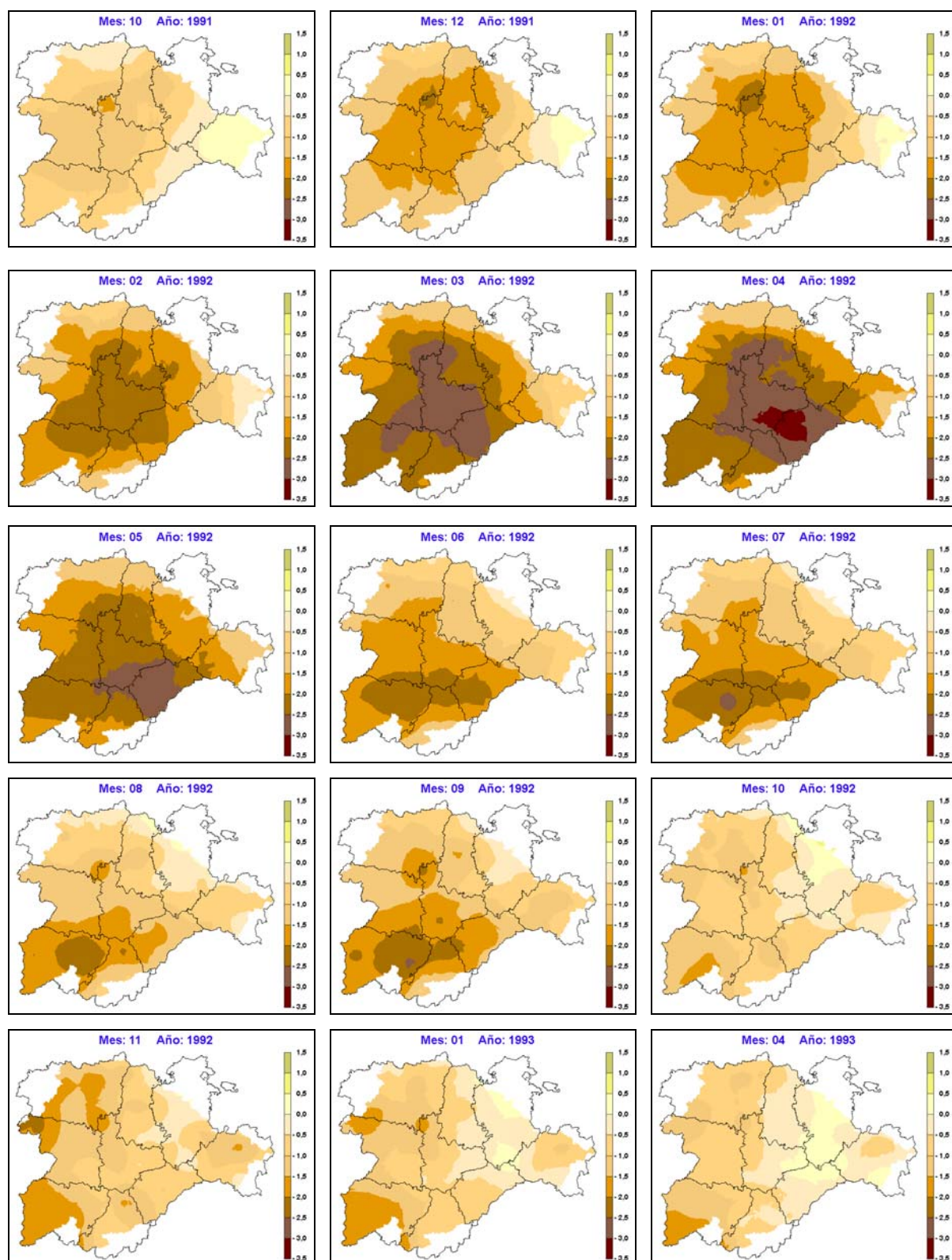


Figura 3. SPI mensual en la Cuenca del Duero durante la sequía 1990-1993.

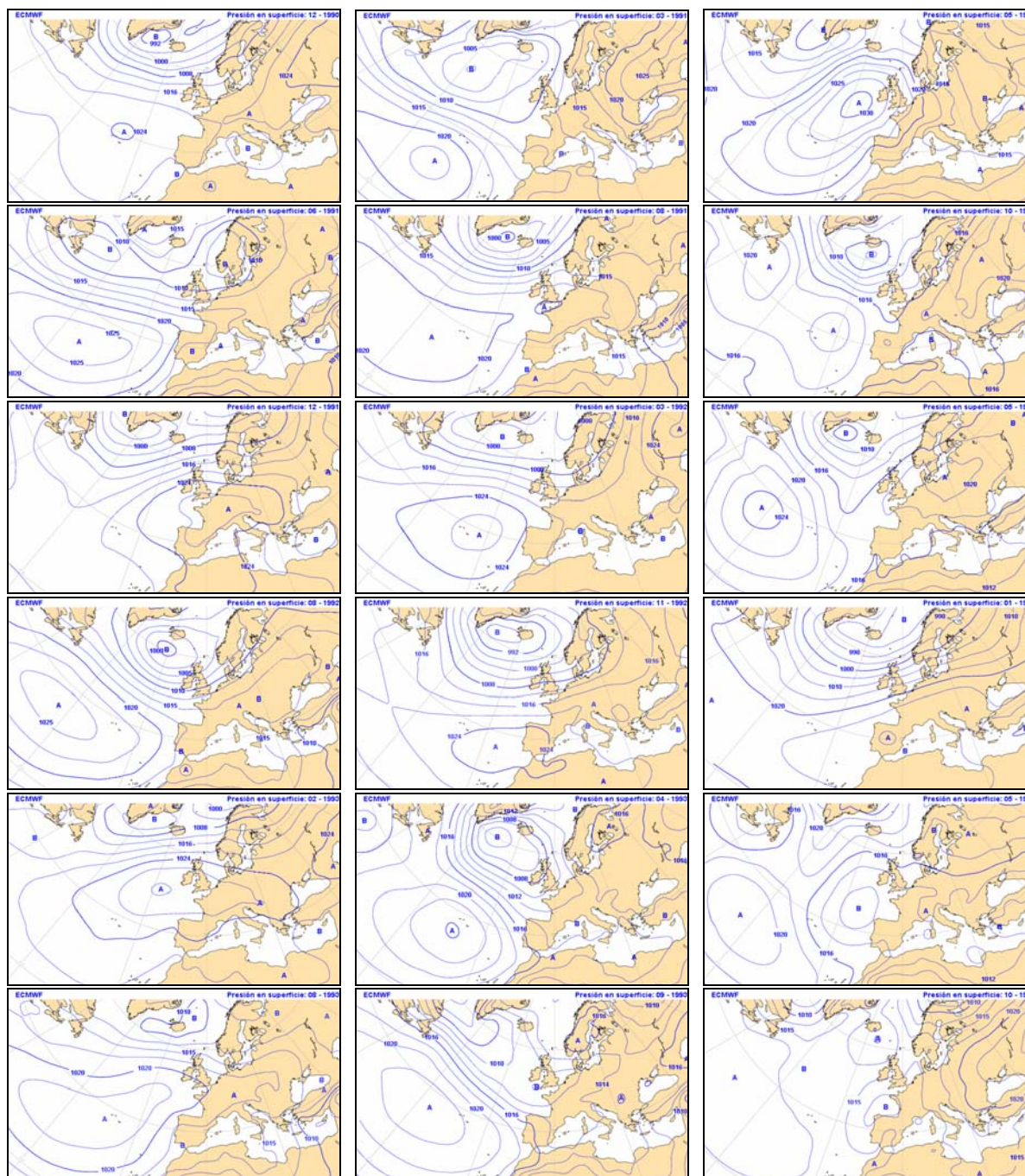


Figura 4. Mapas mensuales de presión media en superficie.

A partir de diciembre de 1990 el anticiclón de las Azores se extiende en cuña por el sur de Europa durante los meses invernales. En marzo de 1991 se retira ligeramente hacia las Azores, para volver a reforzarse y desplazarse hacia Francia, de forma que el mapa de presión media en mayo de 1991 es totalmente excepcional, con valores de 1030 hpa al suroeste de Irlanda. En junio de 1991 retrocede hacia Azores, dejando sobre la península Ibérica un pantano barométrico durante el verano y parte del otoño, con valores de presión altos, entre 1015 y 1020 hpa. En diciembre de 1991, se refuerza y se desplaza de nuevo hacia Francia, permaneciendo allí durante todo el invierno. En marzo vuelve a su posición habitual de las Azores, aunque extendiéndose en cuña sobre la península. En mayo de 1992, nuevamente se presenta una situación de pantano barométrico en nuestra región y que afectará a la primavera

y al verano, con presiones medias entre 1015 y 1020 hpa. En noviembre de 1992 se refuerza y se desplaza al suroeste de la península, centrándose en ella con un máximo de 1030 hpa en enero de 1993. En febrero se traslada hacia el sur de las islas británicas y en abril retorna a las islas Azores debilitándose. En mayo de 1993 predominan bajas presiones relativas sobre la península, con valores medios entre 1010 y 1015 hpa, con precipitaciones abundantes, aunque de forma transitoria, pues el anticiclón de las Azores se refuerza en los meses sucesivos y se extiende en cuña sobre la península. En octubre de 1993 predominan de nuevo las bajas presiones, dando por finalizado el episodio. En los meses sucesivos, la situación de bloqueo típica invernal en periodo de sequías, no se produce.

3.2.- Sequía septiembre 2004 - octubre 2005

En duración y extensión es inferior a la anterior, pero los valores del SPI medio son de los más bajos desde el año 1945. El año hidrometeorológico que concluye el 31 de agosto del 2005, fue a nivel global de toda la Península el más seco desde que se inicia el cálculo de volúmenes de precipitación en el año 1947.

Tabla 4. Resumen de la sequía 2004-2005 elaborada con los datos de las estaciones pluviométricas.

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	
2004	09 -							
	10							
	11	2.380	686	Sa				3,07
	12	8.800	774	Sa, Za				11,35
2005	01	9.533	784	Bu,,Sa, Za				12,30
	02	8.188	786	Bu, Sa, Za				10,56
	03	9.306	849	Bu, Pa, Sa Sg, So, Va Za				12,01
	04	10.723	853	Bu, Sa, Sg So, Za				13,84
	05	25.180	893	Todas excepto Le	1.013	934	Bu, Sg, So	33,80
	06	29.209	887	Todas excepto Le	2.701	976	Bu, Sg, So	41,17
	07	30.793	889	Todas excepto Le	4.642	1.004	Bu, Sg, So	45,72
	08	36.519	872	Todas	16.536	939	Bu, Sa, Sg So, Va, Za	68,45
	09	41.969	896	Todas	24.984	910	Bu, Pa, Sa Sg, So, Va Za	86,38
	10	17.830	1.030	Todas excepto Sa	2.025	1.081	So	25,62

La sequía que comienza en el otoño del 2004, empieza a ser importante en la primavera cuando casi la mitad de la cuenca padece de sequía severa o extrema, y llega al 86 % a final del verano. A pesar de que en el mes de octubre las precipitaciones en conjunto superaron los

valores medios, seguía siendo severa en alguna parte de todas las provincias de la comunidad excepto en Salamanca y afectaba a más del 25 % de la cuenca.

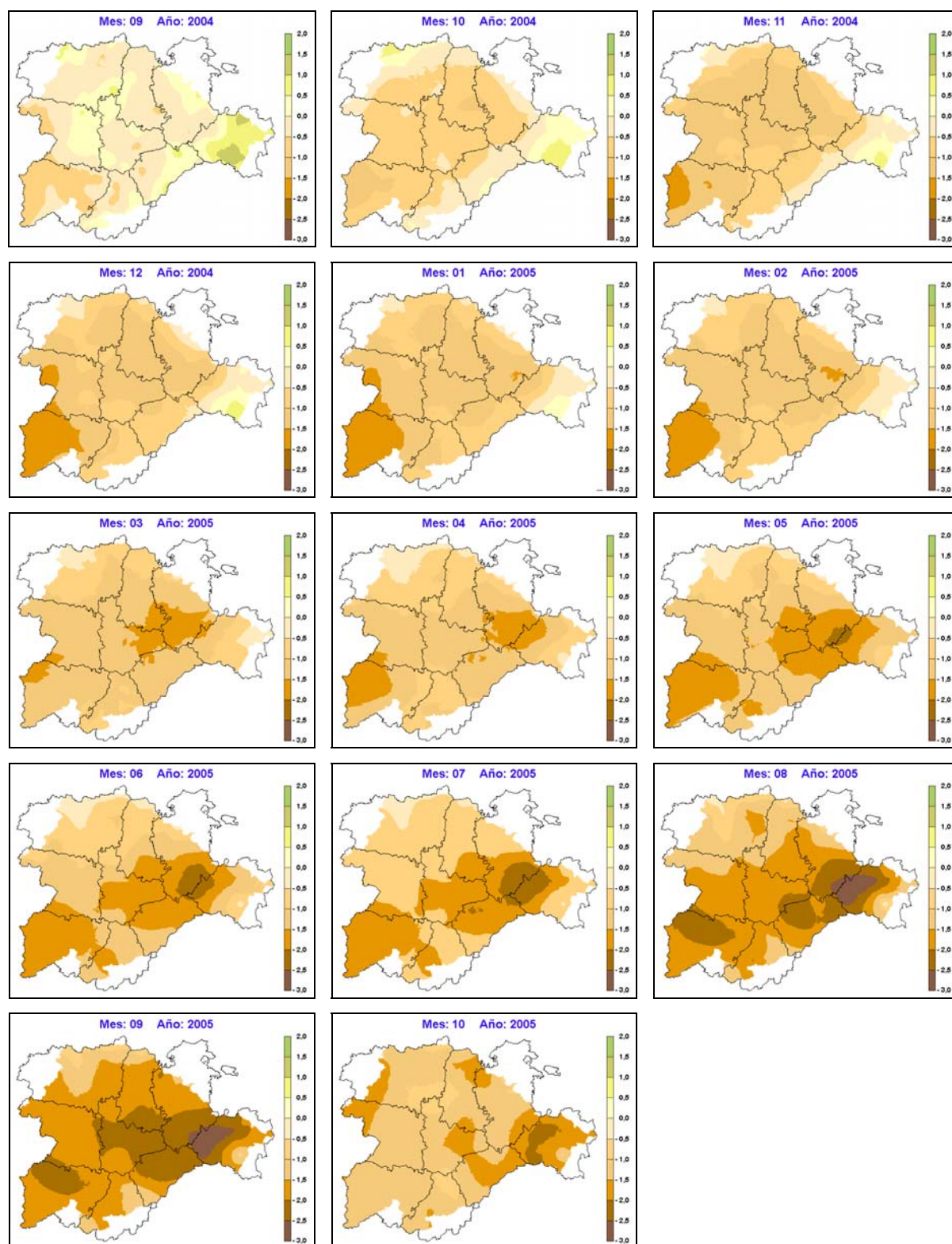


Figura 5. SPI mensual en la Cuenca del Duero durante la sequía 2004-2005.

En la secuencia mensual podemos apreciar que la sequía, que se inicia en el suroeste, empieza a ser severa en noviembre, a partir de febrero del 2005 se extiende hacia el este, donde se hace extrema, va creciendo la zona afectada y aumentando su intensidad y en el mes

de septiembre es severa en toda la cuenca excepto una estrecha franja en el norte y el sur. Es curioso como en octubre del 2005 comienza a recuperar los valores en el suroeste (en la misma zona donde se ha iniciado).

4.- RELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN EN EL ATLÁNTICO NORTE Y LA PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.

Entre los modelos de circulación que condicionan el clima de la península ibérica destaca la Oscilación del Atlántico Norte (NAO-North Atlantic Oscillation) (Barnston and Livezey 1987).

La NAO se refiere al debilitamiento o reforzamiento de dos sistemas de presión cuasipermanentes del Atlántico, la baja de Islandia y el anticiclón de las Azores. Cuando ambos sistemas de presión se refuerzan, es decir, anomalías de presión positivas en el anticiclón de las Azores y anomalías de presión negativas en la baja de Islandia, estamos en la fase positiva. En este caso la circulación aumenta en Europa Central, las borrascas, más frecuentes e intensas que lo normal, se desplazan por el Atlántico con una componente hacia el norte, se dan condiciones más frías de lo normal en el Atlántico noroeste y más cálidas de lo normal en Europa, así como un aumento de las precipitaciones respecto a las normales desde Islandia hasta Escandinavia y una disminución en el sur de Europa siendo escasas en la vertiente atlántica de la península. Esta teleconexión, de la que se tenía noticia desde el siglo XVIII, y que fue documentada por Walker and Bliss en 1932, es más acusada en los meses de invierno, donde la correlación entre la fase positiva de la NAO y la disminución de precipitación sobre la vertiente atlántica peninsular es mayor. En la situación opuesta, es decir anomalías de presión negativas en el anticiclón de las Azores y anomalías de presión positiva en la baja de Islandia, estamos en la fase negativa, debilitándose la circulación aunque es más zonal, por lo que aunque las borrascas atlánticas sean menos frecuentes e intensas en general, afectan al sur de Europa, con tiempo frío y relativamente seco en el norte de la misma.

La magnitud de la NAO se mide mediante índices. Normalmente se calcula mediante la presión al nivel del mar entre un punto de Islandia (Stykkisholmu) y otro de la zona de influencia del anticiclón de las Azores, que puede ser Azores (Punta Delgada), Lisboa o Gibraltar, mediante dos lecturas diarias promediadas desde octubre a marzo.

Utilizando los campos medios mensuales de presión al nivel del mar, procedente de la base de datos ERA-40 del ECMWF (que contiene los reanálisis del ECMWF entre 1957 y 2002), hemos analizado el patrón de circulación media en superficie y en 500 hpa para un mes muy seco y para un mes muy húmedo durante el mes de enero.

Analizaremos el mes de enero de 1993, mes extremadamente seco y que corresponde a la sequía de diciembre90-septiembre93 (figura 6). Vemos que los mapas medios muestran una situación anticiclónica, con una presión en superficie de 1030 hpa centrado en la península, y dorsal en niveles medios, con la isohipsa de 5.600 mgp sobre la vertical. Esta situación actúa como bloqueo de la circulación zonal, impidiendo el acceso de las borrascas atlánticas a la península. De forma grosera, la presión media sobre Islandia fue de unos 985 hpa y sobre Azores de 1025 hpa, correspondiendo con una fase positiva de la NAO, con índice mensual +2,1.

En contraposición, el mes de enero de 1970 fue extremadamente húmedo. Los mapas medios muestran una circulación del suroeste sobre la península, tanto en superficie como en niveles medios, lo que da idea de que varias borrascas la afectaron de forma sucesiva. En superficie, la península se encuentra bajo la acción de la borrasca ubicada al sur de Groenlandia, con la isobara de 1010 hPa, con curvatura ciclónica, cruzando la región. En niveles medios, es la isohipsa de 5440 mgp, también con curvatura ciclónica, la que pasa por la vertical. De forma grosera, la presión media sobre Islandia fue de 1000 hPa y sobre Azores de 1005 hPa, correspondiendo con una fuerte fase negativa de la NAO, con un valor del índice mensual de -2,9.

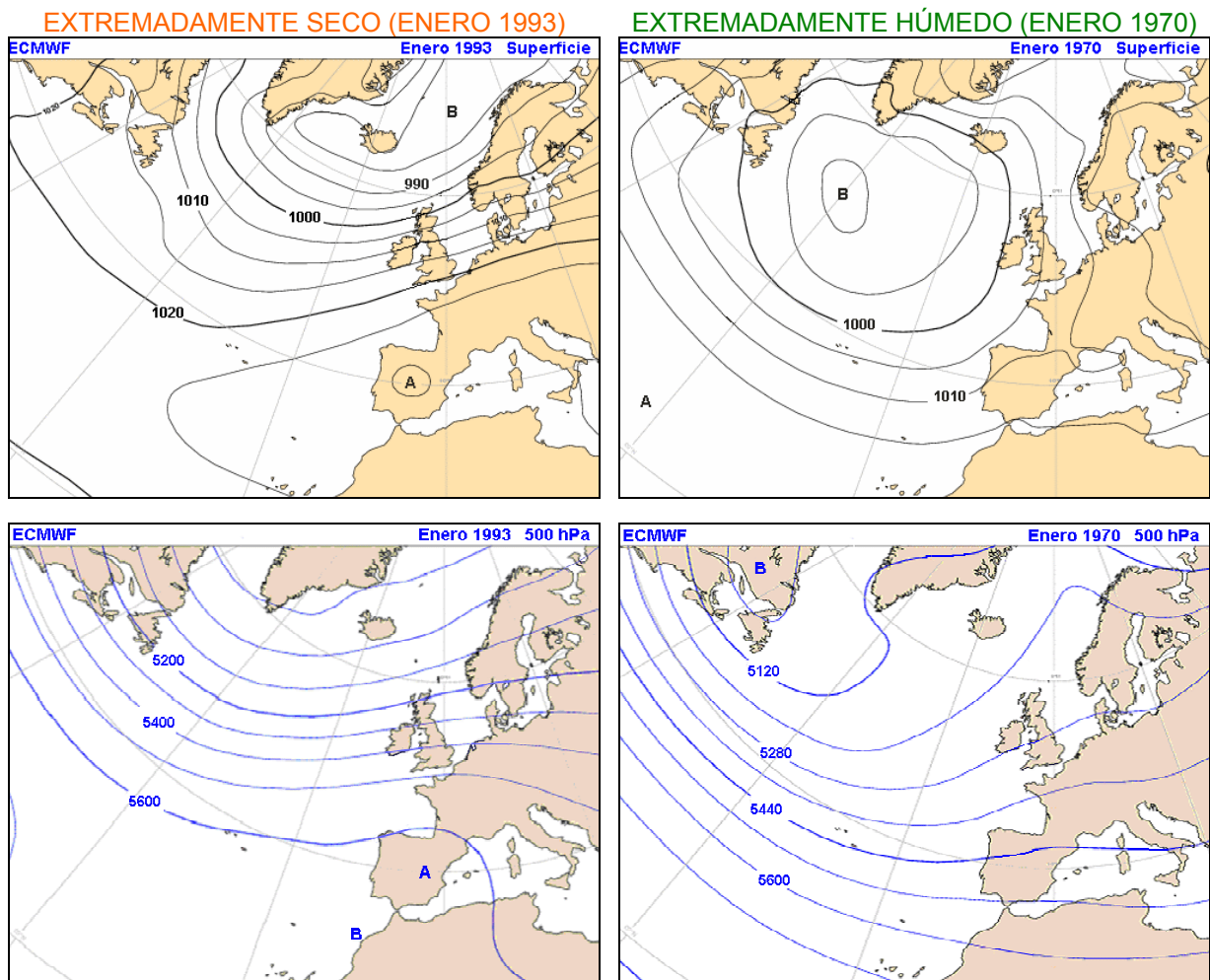


Figura 6. Mapas de superficie y de 500 hPa de un mes extremadamente seco y otro extremadamente húmedo.

Consideramos que los mapas medios mensuales de los meses de invierno son útiles a la hora de discernir episodios muy secos o muy húmedos. Para ver la utilidad del índice NAO, para el conjunto de todas las sequías en nuestra región, hemos promediado dicho índice para los meses de invierno (diciembre, enero, febrero y marzo), basado en las anomalías de presión al nivel del mar normalizados en el periodo 1864-1983 del NCAR, resultando ser positivo en todos los episodios de sequías registrados, excepto en la del periodo 1964-65, la del 70-71 y la del periodo 85-87 que fue negativo (tabla 6). Respecto al índice mensual, no todos los

episodios de sequía tienen índices positivos en los meses de invierno, sino que en muchas ocasiones este índice es negativo.

Tabla 6 – Promedio del índice NAO en los meses de invierno en los periodos de sequía. En la tabla el año se refiere a los meses de enero, febrero, y marzo (por ejemplo en el año 1949 índice NAO es la media de los meses diciembre de 1948, y enero, febrero y marzo de 1949).

Sequía		Años	Índice NAO	Sequía		Años	Índice NAO
Desde	Hasta			Desde	Hasta		
11-1948	02-1951	1949	1,34	10-1985	06-1987	1986	0,5
		1950	1,87			1987	-0,75
03-1953	03-1955	1954	0,13	12-1990	09-1993	1991	1,03
12-1956	11-1958	1957	1,52			1992	3,28
11-1964	11-1965	1965	-2,88			1993	2,67
06-1970	04-1971	1971	-0,96	06-1994	12-1995	1995	3,96
07-1974	11-1976	1975	1,63	11-1998	03-2000	1999	1,70
		1976	1,32			2000	2,80
10-1980	07-1983	1981	2,05	12-2001	11-2002	2002	0,76
		1982	0,80	09-2004	10-2005	2005	0,12
		1983	3,42				

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. Vol94, 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.
- Calvo, F.: "Efectos sociales y económicos de las sequías en España". Lección inaugural de apertura del curso 200-2001, I.E. S. Alfonso X el Sabio, Murcia 18 septiembre del 2001.
- Font Tullot, I.: "Climatología de España y Portugal", pp 212- 216.
- Centro Meteorológico en Castilla y León: "Boletines climatológicos mensuales". Publicaciones internas.
- Hans W., Molin T.82005): "Early nineteenth century drought in east central Sweeden inferred from dendrochronological and historical archives". Clima resarch. Vol.29, pp63-72.
- Hayes m., Svoboda M., et. al. (1999): "Monitoring the 1996 Droght using the Standarized 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.
- Marcos Valiente, O.(2001): "Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación". Investigaciones geográficas, nº 26 pp59-80.
- 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. Vol. 26:5-15, 2004.