

El índice xerocórico.
Un indicador geográfico de la sequía pluviométrica
(España y Polonia)

*The xerochoric index: a geographical indicator of rainfall
drought (Spain and Poland)*

JUAN JOSÉ SANZ DONAIRE*

INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha recogido en la bibliografía española una gran cantidad de indicadores de sequía, por cuanto que ésta tiene una presencia recurrente, que obliga a los autores a considerarla con repetición. Entre las recopilaciones destacan las del Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante (Gil Olcina y Morales Gil, 2001), y Óscar Marcos Valiente (2001) quien reúne 13 índices, especialmente del ámbito de habla anglosajona. Una comparación de resultados aplicando distintos enfoques para el caso español concluye en la dependencia de los resultados respecto de las definiciones iniciales (Sanz Donaire, 2006). También son importantes las aportaciones propias de otros investigadores españoles, con mención especial la de M^a Fernanda Pita López (2000), que ya ha suscitado adeptos (Gómez Navarro, 2002) o la anterior de Guerra Sierra & Almarza Mata (1996). Sin pretender un análisis total del aspecto, no obstante, se ha considerado oportuno exponer aquí alguno de los índices más frecuentes en la actualidad. Omitimos el SWSI o *Surface Water Supply Index* (Shafer & Dezman, 1982) y otros (Kogan, 1995; Willeke *et al.*, 1994; Wilhite, 1995; Le Houérou *et al.*, 1993 y Gommès & Petrassi, 1994).

* Cátedra de Geografía Física. Universidad Complutense de Madrid.

INDICADORES DE SEQUÍA

Porcentajes respecto de la normal

Entre las ventajas destaca que es un cálculo sencillo, que suele ser suficiente en programas divulgativos, esto es, para una la audiencia general. Es bastante efectivo si se usa en comparaciones dentro de una única región o estación (astronómica). Se calcula dividiendo la precipitación real por la precipitación normal, que por lo general se considera la media de una treintena de años, y se multiplica por 100, dando un porcentaje. Con ello se logra relativizar, esto es, hacer adimensional¹, el valor, lo que implica que las comparaciones entre lugares incluso alejados son bastante fáciles. Se puede calcular para lapsos de tiempo distintos: desde un solo mes a un grupo de meses que puedan representar una estación astronómica, hasta un año civil o hidrológico. Como se comprende fácilmente la precipitación normal es el 100%.

El mayor inconveniente reside en que, por lo general, es malentendido, dado que la normal es una construcción matemática que no se corresponde necesariamente con lo que se espera que sea el tiempo.

Problemas que se pueden suscitar: que la media de un período o de toda la serie no coincida con la mediana, lo que supone que la distribución de la precipitación no es normal. Esta es la situación más frecuente. Además la distribución puede cambiar de una treintena a otra, lo mismo que de un lugar a otro. Es difícil, cuando no imposible, establecer la relación entre los valores derivados de una supuesta distribución normal y los de la distribución que mejor se ajuste a la realidad en cada momento y localidad.

Índice estandarizado de precipitación (IEP = SPI en inglés)

Se basa en la probabilidad de la precipitación para cualquier escala temporal (Mckee et al., 1993 y 1995; Doesken et al., 1991). Es muy versátil, y por ello bastante apreciado, especialmente entre los planificadores. Este es el motivo de que su uso, en EE.UU.A. y otros lugares donde la red mundial está bien activa, esté muy extendido: prácticamente todos los estados federados de Norteamérica lo utilizan para establecer los diferentes niveles de alarma (Edwards & Mckee, 1997).

1. Recuérdese que sólo se obtendrá un valor adimensional mediante un cociente, si las unidades en el numerador y denominador son las mismas, y, fruto de la división, "se van".

Ventajas: se puede calcular para escalas temporales diversas y admite comparaciones entre lugares; ofrece una alarma temprana en la determinación de la sequía y ayuda a conocer la severidad de la misma. Es más fácil de calcular que el índice de Palmer, pues precisa un menor número de datos. Es un índice estandarizado.

Inconvenientes: los valores basados en datos preliminares pueden cambiar. Necesidad de transformaciones de los datos para obtener una distribución normal de la precipitación, transformaciones además diferentes según de qué período de acumulación se trate. Ignora las pérdidas en general y en espacial la demanda de agua.

Valores significativos:

- $\geq 2,0$ extremadamente húmedo
- 1,5 a 1,99 muy húmedo
- 1,0 a 1,49 moderadamente húmedo
- -0,99 a 0,99 aproximadamente normal
- -1,0 a -1,49 moderadamente seco
- -1,5 a -1,99 gravemente seco
- ≤ -2 extremadamente seco

Este índice suele calcularse para diferentes lapsos de tiempo: 3, 6, 12, 24 y 48 meses. Nosotros pensamos que la razón de no realizarlo para todos y cada uno de los meses obedece a la dificultad de trabajo con datos en meses de fortísimo sesgo positivo. El modo de paliar este hecho sería la toma de datos agrupados en varios meses para que el mencionado sesgo se reduzca.

Presenta necesidad de registros de precipitación suficientemente largos, a los que se ajusta una distribución de precipitación, que se estima siempre en la distribución gamma, luego transformada en una distribución normal, de tal modo que la media del índice IEP sea cero². Se corresponden, pues, con la mediana. Al estar normalizados los valores del IEP se pueden trabajar de igual modo los valores de condiciones más secas y más húmedas.

2. Llamo ahora la atención sobre el hecho de que por normalización en estadística se entiende, en principio, la estandarización, esto es, el resultado de relativizar cada uno de los datos mediante la resta de la media y la división por la desviación típica. Bien diferente es el concepto normalización en el sentido de conversión en normal de una distribución, lo que se logra mediante las *transformaciones*, y que se consigue en los casos de sesgo positivo mediante la potenciación, el logaritmo y el logaritmo del logaritmo. Sobre este hecho se volverá en el comentario al índice estandarizado de sequía.

¿Cuándo se considera sequía según el IEP?

Con valores ≤ -1 ; la sequía cesa cuando el IEP es positivo. De este modo la duración de la sequía se fija perfectamente. La intensidad viene dada por el valor del IEP. La magnitud puede calcularse a través de la suma (en positivo) de los valores del índice de todos los meses que dura la sequía.

Suele aceptarse, para las estaciones de Colorado que el 24% del tiempo hay sequías suaves, 9,2% del tiempo son moderadas, 4,4% son severas y 2,3% son extremas. Estos datos, en la medida en que proceden de una distribución normal (por estandarizada), coinciden con lo que se denominaría extremo en casos normalizados. No así el índice de Palmer que alcanza casos extremos en más del 10% del tiempo estudiado (en las Grandes Llanuras norteamericanas). La estandarización permite determinar la rareza de la sequía así como la probabilidad de la precipitación necesaria para que termine la sequía en curso.

Índice de severidad de la sequía de Palmer (ISSP = PDSI en inglés)

Es un algoritmo de humedad calibrado para regiones homogéneas, las semiáridas y semihúmedas de los EE.UU.A. (Iowa central, Kansas occidental) (Alley, 1984), aunque se aplica al conjunto de los Estados, pues ha sido adoptado por el Departamento de Agricultura (Karl & Knight, 1985). Tiene el inconveniente de que puede no acusar sequía hasta varios meses después de que ésta se produzca. No se ajusta bien a lugares montañosos o a áreas con extremos climáticos frecuentes: se ha usado en Australia y en Sudáfrica, a pesar de que allí es problemático (Smith *et al.*, 1993). Es complejo y posee una escala temporal no especificada que puede conducir a errores. Fue desarrollado por Palmer en 1965, aunque en 1968 presentó otro.

Clasificación de Palmer:

- $\geq 4,0$ extremadamente húmedo
- 3,0 a 3,99 muy húmedo
- 2,0 a 2,99 moderadamente húmedo
- 1,0 a 1,99 ligeramente húmedo
- 0,5 a 0,99 período húmedo incipiente
- 0,49 a -0,49 casi normal
- -0,5 a -0,99 período seco incipiente
- -1,0 a -1,99 sequía suave

- -2,0 a -2,99 sequía moderada
- -3,0 a -3,99 sequía grave
- $\leq -4,0$ sequía extrema

Se trata de un índice estandarizado para que se puedan establecer comparaciones entre meses y entre distintas localidades.

Es un índice de sequía meteorológica, que tiene en cuenta el balance hídrico, por lo que se calcula no sólo con datos de precipitación, sino también de temperatura, teniendo también presente el contenido del suelo en agua disponible. Sólo aparecen representados ciertos sumandos del balance hídrico natural (evapotranspiración, recarga del suelo, escorrentía y pérdida de humedad del suelo), pero no los impactos humanos (por ejemplo, el regadío). Algunos autores piensan que es un índice más hidrológico que meteorológico, pues esencialmente es un índice de humedad disponible, por lo que lo tildan de índice de sequía hidrológica de Palmer (ISHP = PHDI en inglés), al basarse en entradas como la precipitación, salidas como la escorrentía y almacenamientos y no tener en cuenta las tendencias a largo plazo. Fue muy importante en su definición el establecer con precisión el comienzo y el final de la racha seca: así un mes anormalmente húmedo dentro de una secuencia de sequía no debe cambiar el sentido de la racha seca; tampoco unos meses aproximadamente normales dentro de una secuencia de sequía sería implican que la sequía haya terminado.

Índice de Palmer (IP)

Desde 1989 (Heddinghaus & Sabol, 1991) existe una modificación del índice anterior, más conocida por Índice de Palmer (IP) o SDI (Standardized Drought Index), especialmente utilizado por el NDMC (National Drought Mitigation Center). Los casos extremos son valores de 6,0 y -6,0. En principio, al estar estandarizados los valores, a valores iguales, sequías iguales, independientemente de su localización en el tiempo como en el espacio. Es útil en la agricultura, por la alerta temprana que suscita, pero que, frecuentemente, es falsa.

Limitaciones del índice:

- La cuantificación de la intensidad y el comienzo y final del período seco son arbitrarios.
- Problema de la escasa representatividad del suelo estándar en un territorio grande.

- El suelo se considera en sus dos horizontes superiores, pero se reducen a uno: es demasiado general.
- No se tiene en cuenta la precipitación nivosa ni la cubierta de nieve ni el suelo helado en el modelo: esto restringe y llega a impedir el uso en lugares con fríos inviernos, o montañosos.
- No se trabaja con el retraso natural entre la precipitación y la escorrentía.
- En el modelo la escorrentía no se produce hasta que se satura la superficie y el suelo. Además se considera, de un modo injustificable, que el suelo tiene una capacidad constante de agua que se estima en 100 mm.
- La evapotranspiración potencial se calcula según Thornthwaite: a pesar de su gran aceptación, constituye sólo una aproximación.
- No se ajusta bien a lugares de extremos, ni con gran variabilidad de precipitación (Australia, Sudáfrica, mundo mediterráneo).

Recuérdese que si se compara con otros índices, éste alerta de condiciones extremas cuando los demás no: no se puede argumentar que el 10% del tiempo en las Grandes Llanuras es de sequía extrema, cuando otros índices reducen dicha cifra al 2,3%.

Método de los deciles

Agrupa las rachas de las precipitaciones mensuales en deciles, lo que implica, por definición que “muy inferior a la normal” significa que no ocurre nada más que el 20% del tiempo. Es una medida estadística precisa de la precipitación, aunque para que los resultados sean adecuados necesita registros de precipitación largos. Fue creado por Gibbs y Maher en 1967.

Clasificación por deciles:

- deciles 1-2: 20% inferior: muy por debajo de lo normal
- deciles 3-4: otro 20% más: por debajo de lo normal
- deciles 5-6: 20% central: casi normal
- deciles 7-8: otro 20% más alto: por encima de lo normal
- deciles 9-10: 20% superior: muy por encima de lo normal

Es sencillo de calcular, aplicable a escalas temporales distintas, cuyos términos son fácilmente entendibles y claros. Es un método no paramétrico y no presupone ninguna distribución estadística de las precipitaciones. Se puede utilizar para comparar localidades distintas. Mejora las debilidades

que ofrece el método del “porcentaje de la precipitación normal”. Por definición el 5º decil es la mediana y el 10º el valor más alto (percentil 100). En su aplicación a Australia está legislado que los agricultores puedan pedir ayudas al estado cuando se producen sequías de las que tienen un tiempo de recurrencia de 20-25 años (deciles 1-2 en una serie de 100 años de registro) y que se haya prolongado durante más de 12 meses (White & O’Meagher, 1995). El único gran inconveniente es que se precisa un registro de 100 años para que los cálculos sean adecuados. Como todos los índices estrictamente pluviométricos, no tiene en cuenta ni las pérdidas ni la demanda.

*Método de la “depreciación” de la precipitación
(MDP, en inglés RDM = Rainfall Depreciation Method)*

Es un método derivado, más hidrológico, no es propiamente un índice de sequía, basado en un pseudobalance hídrico, en el que se va depreciando progresivamente las precipitaciones antecedentes. En su contra está que no se puede aplicar a distintas localidades y que las velocidades de depreciación son un tanto arbitrarias, pues se establecen en cada caso: son valores *ad hoc*, que, una vez fijados, arrojan resultados poco reales. No es lo mismo que se consuman 10 mm de precipitación con valores mensuales totales de 200 mm o de 10 mm.

Para el área estudiada de un atolón de las islas Kiribati (White *et al.*, 1999), el método de los deciles, el SPI y este método arrojan los mismos resultados, por lo que los autores prefieren finalmente el método de los deciles por su sencillez y exactitud.

Índice de sequía de Guerra-Almarza (I.S.)

Inicialmente se plantea las desventajas de los demás índices, por lo que se adentra en la propuesta de uno nuevo, apenas aplicado sino a la Cornisa Cantábrica (Guerra y Villa, 1992) y la estación de Madrid-Retiro (Guerra y Almarza, 1996). Entre sus virtudes está el cálculo relativamente fácil, pues sólo trabaja con registros de precipitación, la aplicación a los datos mensuales. No obstante, presenta el inconveniente de que, injustificadamente –por no decir arbitrariamente–, se aplica a datos de un mes a los que se suman los de los anteriores 11 meses, y que igualmente éstos se restan a la media y se relacionan con las desviaciones típicas del año precedente y de todos los meses homónimos del conjunto de la serie. Precisa, por ello, de una serie suficientemente larga. Mediante este índice se pretende

corregir el problema de la definición exacta del comienzo, así como del final de una sequía, obteniéndose un índice objetivo. Se obviaría, pues, la incongruencia de que adolecen ciertos índices en los que una precipitación copiosa pone fin a una secuencia seca, que podría continuar todavía algunos meses más. Personalmente pienso que, aunque se alcance un valor numérico, ello no significa mayor objetividad, sino que las operaciones matemáticas están realizadas correctamente, y no necesariamente que se haya descrito convenientemente la sequía. Todo depende, en definitiva, de la concepción del índice (Wilhite & Glantz, 1985) que pone más o menos énfasis en uno u otro aspecto, luego con ponderación subjetiva.

Índice estandarizado de sequía pluviométrica (IESP)

Literalmente la página *web* de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ofrece la siguiente definición y modo de cálculo, que sigue lo expuesto en Pita López (2000 y 2001).

“El índice estandarizado de sequía pluviométrica se calcula a partir de las precipitaciones mensuales en tres etapas sucesivas. En la primera de ellas se calcula la anomalía pluviométrica de cada uno de los meses de la serie, a partir de la expresión: $AP_i = P_i - PMED$, donde:

- AP_i = Anomalía pluviométrica mensual.
- P_i = Precipitación mensual.
- $PMED$ = Precipitación mediana del mes.

En la segunda fase se calculan las anomalías pluviométricas acumuladas, desde el primer mes de la serie. En el momento en que se encuentra una anomalía acumulada negativa se iniciaría una secuencia seca, que concluiría con la aparición de una anomalía acumulada positiva, dando paso a una secuencia excedentaria en agua; durante esta secuencia excedentaria, las anomalías siguen acumulándose hasta que aparezca de nuevo una anomalía pluviométrica negativa, momento en que se iniciaría una nueva secuencia seca, que se obtiene por el mismo método, recomenzando el cálculo de las acumulaciones a partir de ese valor negativo de anomalía pluviométrica. En consecuencia, el cálculo de esta segunda fase se resume de la forma siguiente:

- $AP_{i+1} = AP_i + P_{i+1}$.
- Desde $i = 1$ hasta $AP_i < 0$ y $AP_{i-1} = 0$, donde:
- AP_{i+1} = Anomalía pluviométrica acumulada del mes.

Por último, en la tercera fase se estandarizarían estas anomalías acumuladas mediante su conversión en puntuaciones z : $ZAPAI = (APAI - APA) / sAPA$, donde:

- $ZAPAI$ = Anomalía pluviométrica acumulada estandarizada del mes.
- APA = Valor medio de las anomalías pluviométricas acumuladas de todos los meses de la serie.
- $sAPA$ = Desviación típica de las anomalías pluviométricas acumuladas de todos los meses de la serie.

El proceso de estandarización de las anomalías pluviométricas acumuladas se facilita porque éstas se ajustan a una curva normal y, una vez efectuado, tiene una ventaja doble: por un lado, la obtención de valores universalmente válidos y comparables para diferentes observatorios y, por otro lado, la expresión de estos valores en términos de probabilidad de ocurrencia de las anomalías, dado que es bien conocido que en la curva normal cada valor de z es expresivo de un determinado valor de probabilidad."

La aplicación a la estación de Alicante (serie 1857-2004) de este índice arroja el siguiente resultado, que se expone mediante los gráficos 1 a 4. Efectivamente en el Gráfico 1 se representa la variación mensual de la desviación respecto de la mediana (primera fase del cálculo). El Gráfico 2 muestra los valores de esta misma desviación (respecto de la mediana) pero de un modo acumulado, establecidas las rachas a la manera anteriormente citada (fase segunda). Como se puede apreciar los períodos de sequía y de exceso de agua se entremezclan de tal modo que es difícil apreciar el comienzo y final de cada uno: téngase en cuenta que, con la variabilidad aleatoria de la precipitación, en ningún caso se alcanzan rachas secas superiores a 8 meses seguidos, ni las húmedas rebasan los 10 meses. La representación temporal de la sequía, a través del IES, es objeto del Gráfico 3 (tercera fase del cálculo). Debe advertirse que se trata de un calco del gráfico 2 aunque con la escala "normalizada" a puntuaciones z . Desgraciadamente existe bastante confusión por la utilización del término "normalización": en realidad es una estandarización, que sólo tendría sentido probabilístico si se aplicase a datos cuya mejor distribución fuera normal. Está dicho y demostrado hasta la saciedad que no es el caso de las precipitaciones, por lo que, a pesar de lo engañoso del nombre, la variable no se ha normalizado. Prueba de ello es que el Gráfico 4, el cual muestra la relación entre los IES y los valores acumulados, no es simétrico. Por el contrario, el sesgo hacia los valores positivos es bien patente. Como se sabe las distribuciones

GRÁFICO 1

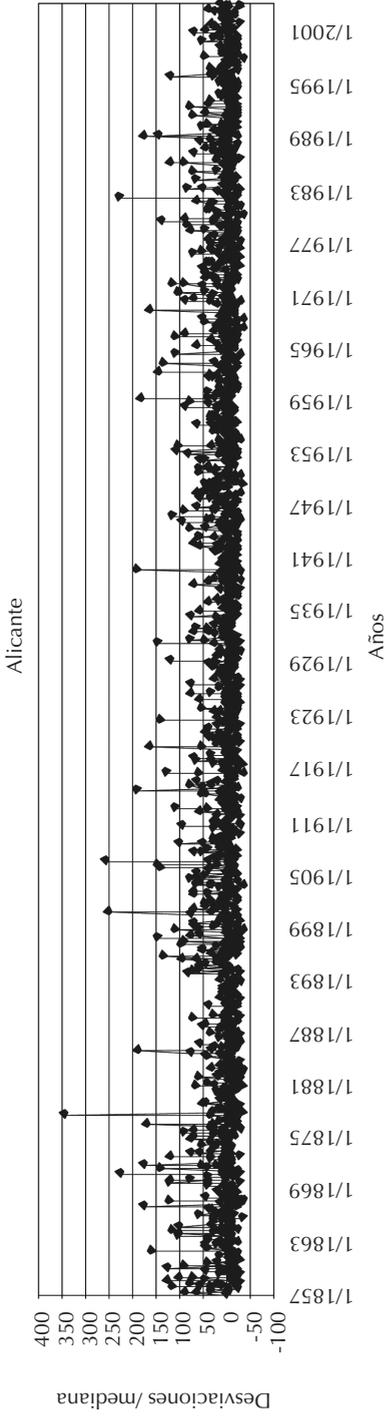


GRÁFICO 2

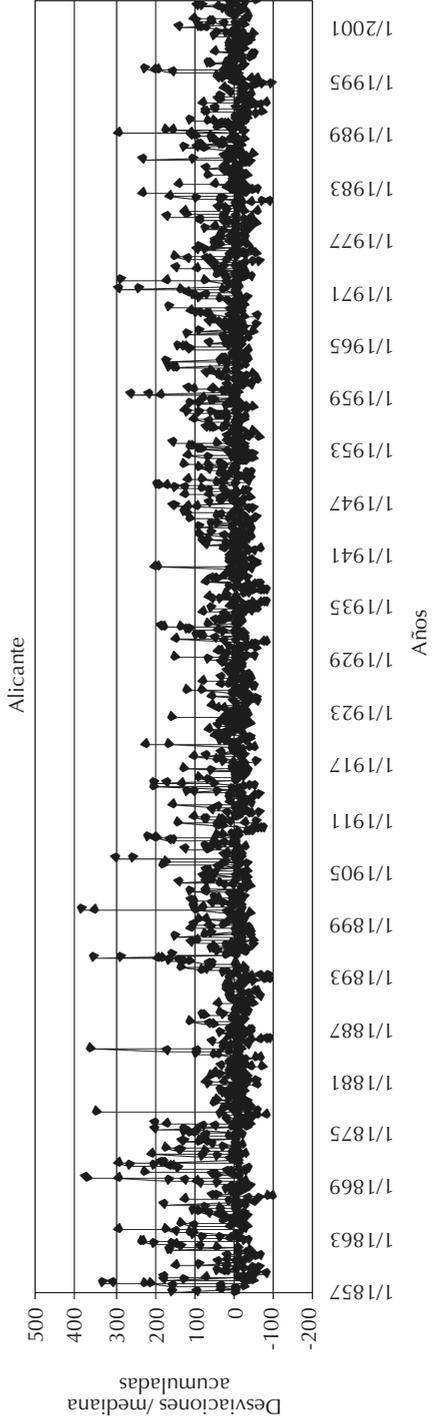


GRÁFICO 3

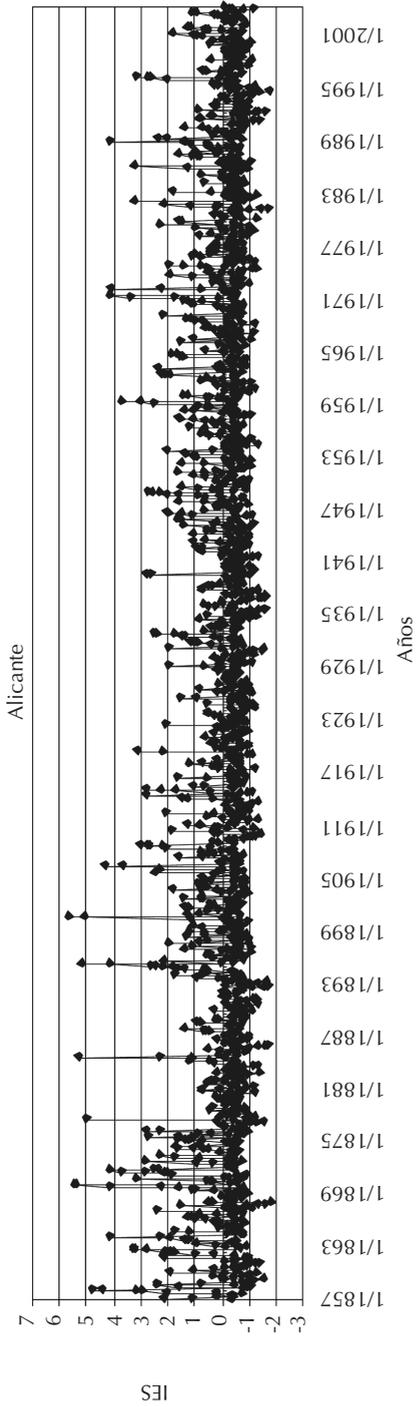
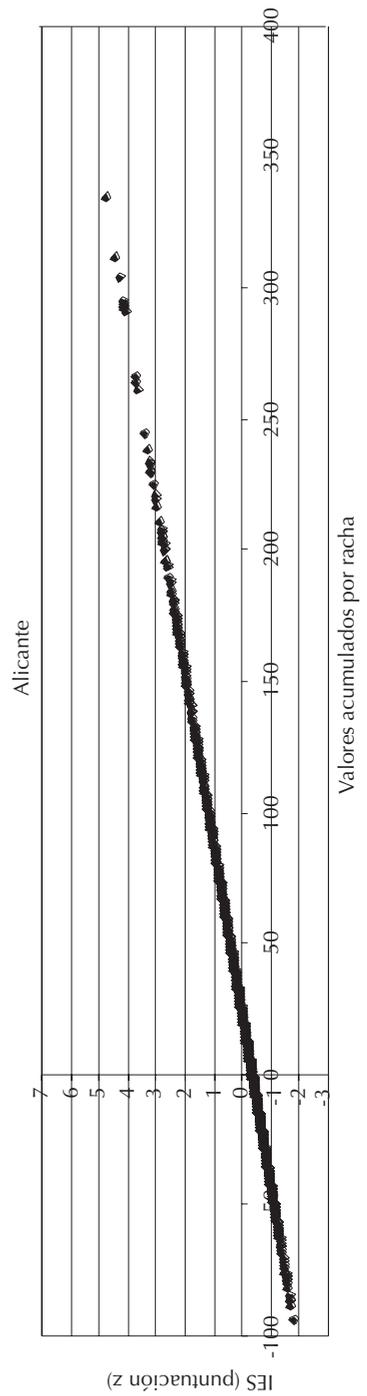


GRÁFICO 4



que mejor explican el comportamiento de las precipitaciones son la gamma u otras. Para la España peninsular y balear se ha demostrado que existe un condicionante geográfico (la diagonal de sequía progresiva entre el NW húmedo y el SE árido) en las distribuciones que mejor se ajustan a los datos pluviométricos (Pérez González y Sanz Donaire, 2000 y 2001).

UNA NUEVA PROPUESTA

Tras la exposición sucinta de algunos de los índices más conocidos, yo deseo plantear un nuevo reto. Se trata de llegar a un índice pluviométrico geográfico, bien entendido que no pretendo adoptar los llamados índices geográficos que plantean como geográfico la confluencia de factores (Olcina Cantos, 2001).

Yo propongo un índice geográfico que efectivamente esté basado sobre lo que es inexcusablemente geográfico: lo espacial. De ahí que creo que deba asentarse sobre un estudio territorial, que es tanto como decir cartográfico, de la sequía. Llamo indistintamente secarral o sequedal al territorio afectado por la sequía³. No obstante, a efectos de poder ofrecer a la ciencia internacional un nombre más fácilmente utilizable por todos los idiomas, propongo el nombre de “xerocora”. Como se puede observar no es sino un neologismo procedente del griego, en el que se unen los conceptos de seco = ξέρος [pronunciado “xeros”] y comarca o territorio = χώρα [leído “jora”] (que a través de una transcripción latina se convertiría en “chora” [cora] y finalmente en el castellano “cora”). En cierto sentido se opondría a las higrócoras⁴ que ya he definido en otro lugar (Sanz Donaire, 2000). La grafía de estos espacios sería en inglés “xerochore (-s)”, “xérochore (-s)” en francés, “Xerochore (-n)” en alemán, ξεροχώρα en griego moderno, o “ксерохора” en ruso. La ventaja de utilizar vocablos basados en raíces griegas, además de mantener una tradición terminológica de gran raigambre en la ciencia, estriba en que permite la relación de estos términos con infinidad de otros propios del acervo científico.

3. No comparto la idea de que estas palabras (secarral y sequedal) estén más cercanas al concepto de aridez, sino que me limito a destacar su etimología.

4. En realidad las “higrócoras” son, en mi definición, los humedales, territorio generalmente de menor extensión que las xerócoras aquí definidas. No obstante, hecha esta salvedad, a las áreas húmedas, por oposición a estas xerócoras, se las podría denominar ombrocoras, dado que son las precipitaciones, en su mayoría en forma de lluvia, las causantes de la delimitación.

En definitiva, se trata de destacar un valor dentro del *continuum* de datos, que pueda definir el área de sequía, en el conjunto de España, pues ésta es la parte escogida para presentar el índice.

Para ello se ha realizado un estudio cartográfico de las áreas que, en porcentaje de desviación respecto de sus respectivas medias, poseen valores negativos. Se calcula del siguiente modo:

$$xerocora = \frac{100 \left(x_i - \bar{x} \right)}{\bar{x}}$$

donde

x_i = dato de la precipitación de un mes

\bar{x} = media de todos los meses homónimos

La unidad temporal de trabajo ha sido el mes. No se me escapa que no es la mejor unidad a efectos del cómputo de la sequía, pero tampoco podemos hacer *tabula rasa* de todas las unidades temporales, aunque dejen de tener sentido pluviométrico⁵. El mes se ha escogido al menos por estas dos causas: es una unidad que, multiplicada por el más largo número de años posible (como se tendrá ocasión de justificar posteriormente), ofrece una cantidad estadísticamente importante, como para que los tratamientos numéricos arrojen resultados casi definitivos. En segundo lugar, es una unidad de medida del tiempo (cronológico⁶) tan arraigada que no tiene demasiado sentido desterrar, por lo que muchos datos se ofrecen precisamente en ella.

El ámbito geográfico, de prueba, se ha ceñido a la España peninsular, por varios motivos: en primer lugar por la disponibilidad de datos; en segundo, por la macicez del territorio, que le hace especialmente interesante como banco de ensayos. No se me oculta que, en contra, posee una orografía contrastada y elevada, que hace más compleja la obtención de datos

5. El calendario lunar no tiene, que sepamos, repercusiones sobre el comportamiento de la meteorología ni del clima.

6. Perdónesenos esta redundancia, pero debe distinguirse, y más en un artículo sobre clima y tiempo atmosférico. Volvemos a pedir perdón porque no es correcta la expresión "tiempo cronológico", sino que debiera ser simplemente "tiempo crónico", pero en español lo crónico no equivale a temporal, aunque éste sea el significado originario griego, sino a periódico, que se repite cada cierto tiempo. En realidad "cronológico" es relativo a la ciencia del tiempo. De este modo y literalmente "tiempo cronológico" sería el tiempo relativo a la ciencia del tiempo físico.

significativos espacialmente hablando, así como su interpretación. No obstante, y para validar parte de los resultados que aquí se puedan alcanzar se ha procedido a hacer algunos estudios comparados con Polonia, país europeo de semejante compacidad a la de España y con una hipsometría mucho más homogénea y suave, que matiza las diferencias posiblemente provocadas por un accidentado relieve. La cartografía se ha realizado mediante un procedimiento automático apoyado en el programa SURFER© 8.0, con interpolación de datos mediante el método del krigeado, a fin de destacar las tendencias espaciales.

TABLA 1. AÑO DE ENTRADA EN SERVICIO DE LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS EN ESPAÑA Y GIBRALTAR

Año	Nombre de las estaciones
1791	Gibraltar
1805	San Fernando
1839	Cádiz
1841	Madrid
1850	Barcelona
1851	Oviedo
1856	Alicante
1858	Salamanca, Santiago de Compostela, Sevilla, Valencia, Valladolid, Zaragoza
1859	Bilbao
1862	Albacete, Badajoz, Burgos, Ciudad Real, Huesca, León, Murcia, Soria
1864	Granada
1868	Jaén
1876	Coruña
1878	San Sebastián
1879	Teruel
1880	Tortosa
1881	Málaga
1882	Lérida, Logroño, Pamplona
1883	Cáceres
1884	Cazorla ICONA
1894	Córdoba
1901	Pontevedra
1902	Segovia
1903	Huelva
1909	Almería, Cuenca, Toledo, Zamora
1912	Cazorla Hornico, Cazorla Nava de San Pedro, Santander
1913	Ávila
1923	Gijón

En cuanto a la secuencia temporal, se ha tratado de hacer un estudio lo más completo posible, lo que equivale a comenzar a realizar mapas

cuando, al menos hay tres datos, aunque, espacialmente, ello equivalga sólo a definir un plano. Por esta razón, el inicio del estudio se realiza en 1852 (con 5 estaciones, las nombradas en la tabla 1). No obstante, se ha recomenzado realmente en 1865, por cuanto que desde entonces existen al menos 22 estaciones para el territorio peninsular, cuya identificación vuelve a hacerse en la Tabla 1. Los datos están tomados de las publicaciones del INM (Almarza *et al.*, 1996) y Noaa, 2005, terminando, por lo general, en 1994.

A pesar de lo dicho, me ha sorprendido que los valores territoriales de sequía no sean tan dispares en el primer caso (mínimo 5 estaciones) respecto de cuando se considera una mucho más alta cifra de estaciones (superior a 20, aproximadamente la mitad del conjunto de observatorios considerados). A efectos de exposición de estas diferencias nimias véase el cuadro 1:

CUADRO 1. SERIE ESPAÑOLA ESTUDIADA

Serie	N	media	σ	Tests de normalidad					
				χ^2	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilks	Sesgo estand.	Kurtosis estanda.	Grado signific.
1852-1994	1716	59,4	29,8	No	No	No	No	No	99%
1865-1994	1560	59,7	29,3	No	No	No	No	No	99%

En el cuadro 1 también se puede observar que existe una mayor importancia de las áreas secas respecto de las húmedas para el territorio estudiado (mensualmente). Este sesgo notable hacia los secarrales también se patentiza de la lectura de los tests de normalidad efectuados. En todos los casos se puede aseverar, con el 99% de significación, que la distribución normal no se ajusta a la realidad de los sequedales españoles.

En el caso de Polonia los resultados del análisis arrojan los resultados en el Cuadro 2.

Para Polonia los datos se han tomado de 38 estaciones (Noaa, 2005), lo que da una representatividad espacial bastante semejante a la española, de aproximadamente una estación por cada 10.000 km². La serie va desde 1951 a 1995, como primera aproximación, a efectos de contrastar resultados con los de la España peninsular. Como se puede observar se han aportado los datos de los mapas de Agosto y de los valores anuales. La superficie afectada por una precipitación inferior a la media es aquí también superior a la húmeda: las xerocoras dominan a las ombrocoras. Este hecho

parece poner de manifiesto que en ambos los casos existe espacialmente un sesgo hacia las áreas secas, comprobado por la falta de ajuste de una distribución normal. Como se tendrá ocasión de mostrar más adelante, los valores anuales probablemente expliquen bien la variación de todo el territorio si se trabajase a escala mensual.

CUADRO 2. SERIE POLACA ESTUDIADA

Serie	N	Media	σ	Tests de normalidad					
VALORES ANUALES				χ^2	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilks	Sesgo estand.	Kurtosis Estanda.	Grado signific.
1951-1995	45	53,1	34,6	No 99	No	No	No	No	95%
VALORES AGOSTO				χ^2	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilks	Sesgo estand.	Kurtosis Estanda.	Grado signific.
1951-1995	45	54,0	28,9	No 99	No	No	No	No	95%
TOTAL VALORES				χ^2	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilks	Sesgo estand.	Kurtosis Estanda.	Grado signific.
1951-1995	90	53,5	31,7	No	No	No	No	No	99%

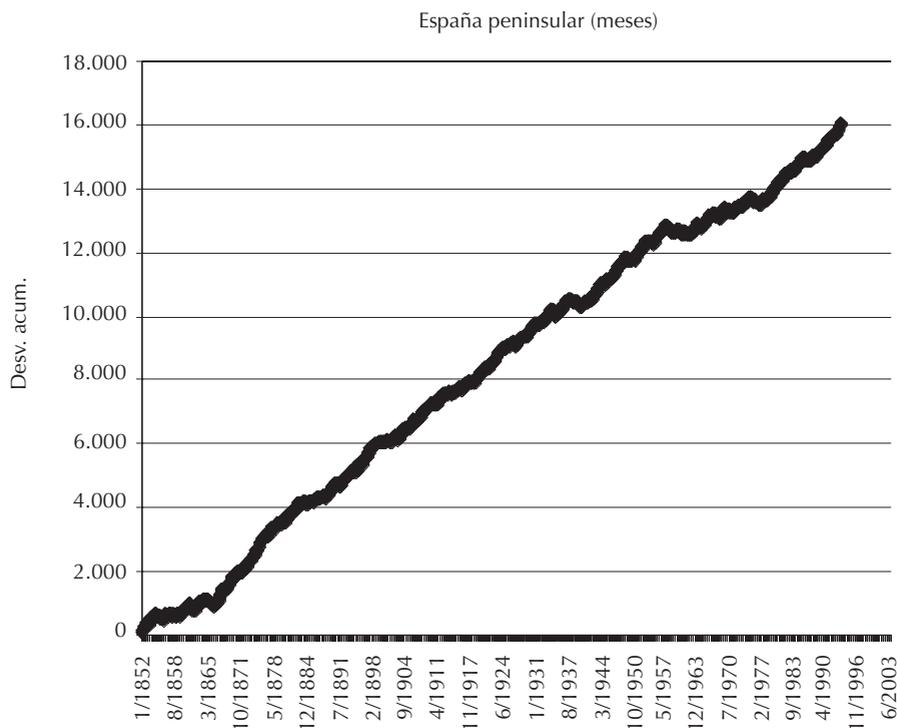
En la España peninsular el hecho de que en todos los meses se produzca un sesgo hacia las áreas de sequedal queda especialmente patente en el gráfico 5, en el que se han dibujado las desviaciones acumuladas de las superficies secas respecto del supuesto valor medio (50% del territorio); y digo “supuesto” porque –en efecto– el valor medio no es ése, sino el 59,3% ya mencionado en el cuadro 17. Como en cada valor mensual existe un sesgo, éste origina un valor acumulado, que, cuando se representa, muestra un constante ascenso. La desventaja del gráfico (Gráfico 5) es que no plasma los períodos secos o húmedos, que validarían la utilización del índice.

Por esa causa se ha procedido a hacer una nueva representación (Gráfico 6) de las desviaciones acumuladas respecto del valor medio, aún a sabiendas de que éste se halla dentro del área determinada como secarral, pero que patentiza los períodos secos y húmedos, no tanto desde el punto de vista de la pluviometría estricta, sino de la distribución espacial de la misma. Es más, el valor de la mediana xerocórica asciende a un 63,02% de la superficie. En el mencionado gráfico 6 puede verse que existió entre el

7. El “supuesto” valor medio es la media en la hipótesis de una distribución normal o uniforme; no así en la sesgada que adopta la realidad xerocórica.

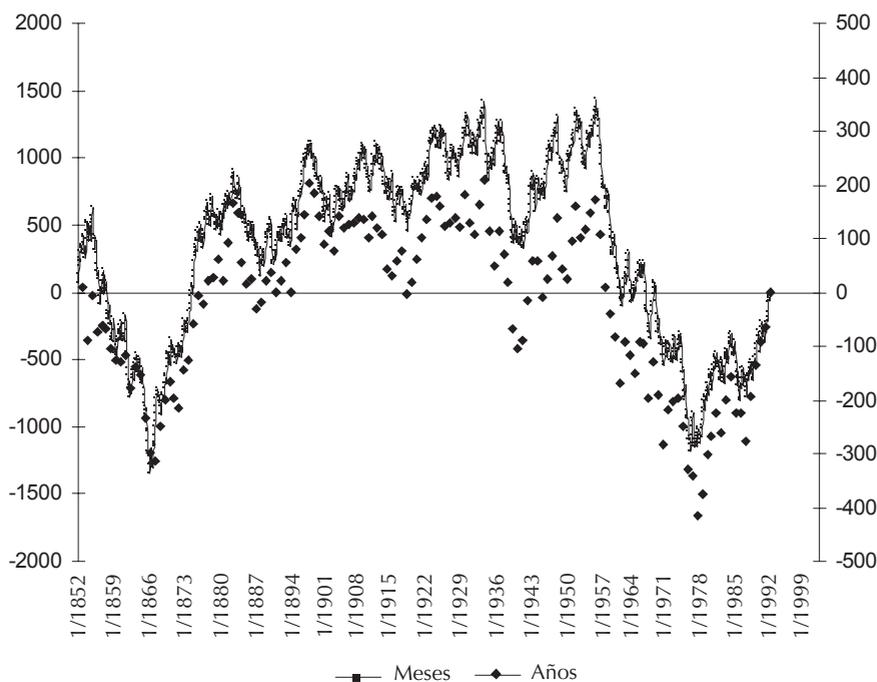
mes de diciembre de 1854 al de marzo de 1867 un período de aumento casi continuado del área seca en la España peninsular, seguido de una etapa de progresión del área húmeda hasta enero de 1884. Comienza en ese momento una tercera etapa, hasta noviembre de 1958, en la que, si bien la tendencia general es al aumento de la superficie húmeda, existen, sin embargo unos altibajos, casi periódicos que compartimentan en cuatro subetapas el período. Se pasa luego a un tiempo caracterizado por la progresión del área húmeda, casi ininterrumpida hasta junio de 1978 en que el área seca empieza a recuperar terreno hasta el final de la serie en diciembre de 1994.

GRÁFICO 5



Este gráfico 6 también muestra que si, en lugar de trabajar con los valores mensuales, se hace con los anuales, las tendencias son igualmente válidas, ahorrando una gran cantidad de trabajo (nada menos que 12 mapas por año), sin perjuicio grave para la determinación de los períodos xerocóricos. Efectivamente, los cambios de tendencia estarían ahora en los momentos que recoge el Cuadro 3.

GRÁFICO 6. ÁREAS SECAS EN ESPAÑA

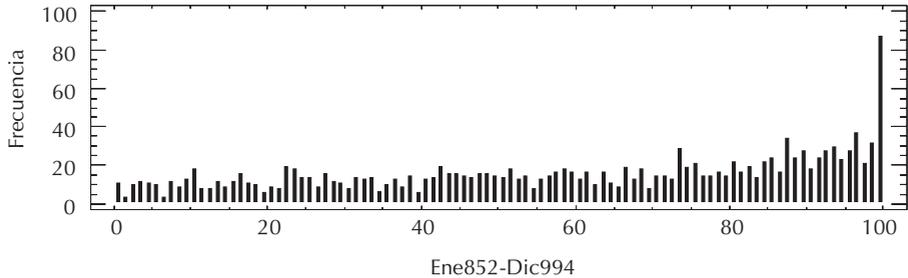


CUADRO 3

MENSUAL				ANUAL			
ETAPAS		SUBETAPAS		ETAPAS		SUBETAPAS	
Fecha cambio tendencia	Predominio de terreno	Fecha cambio tendencia	Predominio de terreno	Fecha cambio tendencia	Predominio de terreno	Fecha cambio tendencia	Predominio de terreno
-12/854	Seco						
-3/867	Húmedo			-12/867	Húmedo		
-1/884	Seco			-12/883	Seco		
	Estable con tendencia a seco	-7/889	Húmedo		Estable aunque con oscilaciones	-12/888	Húmedo
		-1/900	Seco			-12/899	Seco
		-3/904	Húmedo			-12/919	Estable y húmedo
		-8/913	Seco			-12/935	Seco
		-11/919	Húmedo			-12/942	Húmedo
		-10/935	Seco			-12/58	Seco
		-12/943	Húmedo				
-11/958		-11/958	Seco	-12/958			
-6/978	Húmedo			-12/979	Húmedo		
		-12/986	Seco			-12/986	Seco
		-7/988	Húmedo			-12/989	Húmedo
-12/994	Seco	-12/994	Seco	-12/994	Seco	-12/994	Seco

Como puede observarse las diferencias sólo significan el paso de 15 etapas y subetapas a 12.

GRÁFICO 7. HISTOGRAMA DE SUPERFICIES XEROCÓRICAS



Volviendo a los valores del área que tienen que alcanzarse para que se entre en una sequía por el método espacial propuesto, de la división en 100 del recorrido de la variable (superficie seca) se extrae que existen ciertos cortes, bastante bien definidos en ciertos valores (Gráfico 7), que podrían actuar de delimitación de las diferentes clases:

- 59%: media
- 69%: delimitarían por encima las sequías leves
- 84%: valor máximo de las sequías moderadas
- 91%: extremo superior de las sequía graves
- 100%: límite superior de las sequías extremas

De modo análogo puede considerarse que:

- desde 58,9% a 40%: humedad leve
- hasta 20%: humedad moderada
- hasta 8%: fuerte humedad
- hasta 0%: humedad extrema

De la aplicación de estos valores a la serie mensual de mapas de xerocoras, se pone de manifiesto los siguientes comportamientos:

1. consideramos que sólo cuando al menos 3 meses mantienen valores de xerocoras superiores al 91% de la superficie española peninsular, se puede

hablar de *sequía extrema*. Esta, en ningún caso de los 143 años estudiados, ha sobrepasado los 4 meses de duración. Hasta 1854 (1-4/1852; 7-10/1853 y 9-12/1854) son algo más frecuentes las sequías extremas, lo que sin duda es debido al bajo número de estaciones con las que se trabaja en la cartografía. Desde ese momento se han producido únicamente 4 sequías extremas, en las fechas que ahora se señalan: 1-4/1896; 5-8/1924; 2-5/1945 y 7-10/1978. Esto significa que en 140 años ha habido 4 sequías extremas, por lo tanto, con un período de retorno de 35 años.

2. por *sequías graves* entendemos aquellos casos en los que la superficie peninsular española seca cubre entre un 84% y 91%. Existen dos tipos de sequías, según la duración: una de cinco meses y 10 de cuatro. La primera se presentó de 7-11/1978. Las segundas, además de las consabidas tres ocasiones entre 1852 y 1854 citadas en el apartado anterior, que "caracterizaban" a los primeros años de la serie, cuando el número de estaciones se mantiene muy bajo, en otros 7 momentos: 1-4/1868; 3-6/1870; 5-8/1879; 1-4/1896; 5-8/1924; 2-5/1945 y 4-7/1965. Como puede notarse, en siete circunstancias se solapan las sequías graves con las extremas, añadiéndose únicamente cuatro casos más.
3. las *sequías moderadas* quedan definidas por el intervalo de superficie de las xerocoras 70-84%. Existen de duraciones más largas: una de 7 meses (10/1867-4/1868), 7 de seis meses, 8 de cinco y 25 de cuatro. La lista de las segundas y las terceras está reflejada en el cuadro 4, con las correspondencias con las de otras intensidades.
4. finalmente las *leves*, con superficie desde el 59% en adelante hasta 69%, son de duraciones largas: 1 de 12 meses; 7 de 7; 14 de 6; 18 de 5 y 30 de 4. Igualmente para las de duración superior a 5 meses puede verse la fecha exacta en el cuadro 4.
5. se agrega un tipo de sequía, llamada "*absoluta*", porque es cuando todo el territorio estudiado es xerocora. Existe 1 caso de tres meses consecutivos, 3 de dos meses seguidos y 43 de un único mes de duración. Los dos primeros tipos están también recogidos en el cuadro 4. Como puede observarse, se presentan en los primeros momentos de la serie, antes de que el número de estaciones sea suficiente como para arrojar luz sobre los procesos espaciales reales. Por ello, no debe ser tenido en cuenta como método de definición de la sequía en los casos de un número bajo de estaciones.
6. también se consideran, finalmente, los casos de sequía xerocórica *progresiva*, definida en aquellos meses seguidos en los que la superficie de la xerocora, sobrepasado el valor de 59%, aumenta. Existen 3 casos

considerados relevantes: 1 de seis meses, y 2 de cuatro meses. De los tres, sólo uno coincide con sequía definida por algún otro criterio (sequía leve), por lo que el método parece autoexcluirse habida cuenta de los pocos frutos que da.

CUADRO 4. SEQUÍA POR XEROCORAS

Absoluta	Extrema	Grave	Moderada	Leve	Progresiva
	1-4/852	1-4/852			
7-9/853	7-10/853	7-10/853			
2-3/854					
11-12/854	9-12/854	9-12/854			
8-9/861					
			4-8/867		
		1-4/868	10/867-4/68	10/867-4/68	
		3-6/870			
			7-12/1873	7-12/1873	
			1-6/1875	7/874-6/75	
				10/875-4/76	
			11/875-4/76		
		5-8/879			
					10/884-1/85
				6-11/890	
	1-4/896	1-4/896	11/895-4/96	11/895-4/96	
			4-8/898		
			12/904-5/05	12/904-5/05	
				4-10/916	
			7-11/917	7-12/917	
				11/920-4/21	
	5-8/924	5-8/924	4-8/924		
				7-12/936	
	2-5/945	2-5/945		2-7/945	
				6-12/946	
				10/949-3/50	
				9/952-3/53	
				4-10/954	
			10/956-3/57	10/956-3/57	
					5-8/962
		4-7/965			
			7-11/970	7-12/970	
				11/972-4/73	11/972-4/73
			9/974-1/75	8/974-1/75	
	7-10/978	7-11/978	7-11/978		
				1-6/982	
			6-10/985		
			11/991-4/92	11/991-5/92	

CUADRO 5. COMPARACIÓN DE SEQUÍAS MUY GRAVES POR DECILES Y GRAVES POR XEROCORAS

Estación	Coruña	Stgo Comp	Oviedo	Santder	Bilbao	S.Sebas.	Burgos	Vallad.	Salam.	Badajoz	Mahón	Valencia	Alicante	Granada	Xero-coras
Período															
1865-74							11/7-8/8 3-7/0	10/7-7/8	8/7-4/8 1-7/0	10/8-7/9					1-4/8 3-6/0
1875-84	5-9/5	11/6-6/7 1-5/8 11/1-3/2	10/9-3/0 2-5/8 6-9/4	10/1-3/2			7/3-1/4 2-7/8 11/1-4/2		11/5-4/6 10/7-3/8 7-12/3	2-6/8	11/6-8/7 11/2-7/3 2-9/9 6-12/8	3-9/1			5-8/9
1885-94			5-10/9 2-6/7						5/2-3/3 11/9-5/0	6-11/0	6-10/4		6/9-1/0 4-11/2		
1895-1904	1-5/6 4-8/1 6-9/8 3-6/2 8/4	1-5/6		7-11/4 11/5-2/6 12/8-3/9 8-11/9	1-4/2		1-5/6 6-10/7		10/8-7/9 3-8/5 10/4-						1-4/6
1905-14	-2/5 1-11/8 12/6-3/7 8-11/4	5-11/6		12/2-3/3	6-9/6 12/2-3/3				-6/5	3-8/2	9/9-3/0 6-11/3		6-12/1		
1915-24		12/0-5/1 7-12/1		12/3-8/4	6-10/0	4-12/6	4-12/7	11/0-4/1	7-12/7	7-12/7 5-10/4	5-10/3	5-12/3	1-10/7		5-8/4
1925-34		11/8-5/9		6-9/6 12/1-3/2					4-9/3	6-11/4 5-9/1	3-8/7	3-10/0	12/0-6/1	4-10/4	
1935-44	8-12/6 2-5/9	6-10/7 2-6/3 11/3-3/4											2-9/7	1-9/2 5-10/3	
1945-54		1-6/9					2-7/5			6-11/8 5-10/1	2-8/5		1-7/2	4-10/3	2-5/5

1955-64	7-10/5 4-7/0	7/7-2/8	6-9/2	12/6-3/7 10/3-1/4	8-12/4	4-9/4 5-9/8 3-7/3	1-7/5								
1965-74						8/4- -1/5 5-9/4 11/5-5/6		4-7/5							
1975-84	7-11/8 6-9/9	4-8/5 7-11/8	9-12/3	9-12/3	2-7/0 4-8/5	7-12/4 6-11/5	2-9/0 11/5-5/6	11/0-5/1							
1985-94		5-10/0 8/8-1/9	5-10/9	8/8-1/9	10/1-3/2	6-11/5	7/8-2/9 5-10/3 6-10/7 5-9/0 11/4-	4/1-2/2 7/2-1/3 11/2-4/3							
Total meses	74	68	36	50	51	38	60	41	71	94	104	74	90	74	28

La comparación de este cuadro con otros métodos de delimitar la sequía (Sanz Donaire, 2006), en concreto con el de los deciles, da una vaga correspondencia, que se ha querido poner de manifiesto en el Cuadro 5. Efectivamente, todos los períodos xerocóricos aparecen reflejados en, al menos, alguno de los observatorios estudiados. Pero la recíproca no es cierta. Nótese que se han subrayado los valores de las estaciones que tienen en ese período el máximo de meses con sequía. Aparece nítido que los resultados del método xerocórico no son redundantes respecto de otros, más utilizados en estudios temporales.

También se ha realizado una comparación entre los resultados del análisis xerocórico para la España peninsular y Polonia. Debe destacarse que en el caso de climas continentalizados no se distribuyen las áreas secas del mismo modo que en los climas subtropicales y templados españoles. Los percentiles más significativos de Polonia, en contraste con los españoles, son los reflejados en el Cuadro 6:

CUADRO 6. COMPARACIÓN DE LOS PERCENTILES XEROCÓRICOS

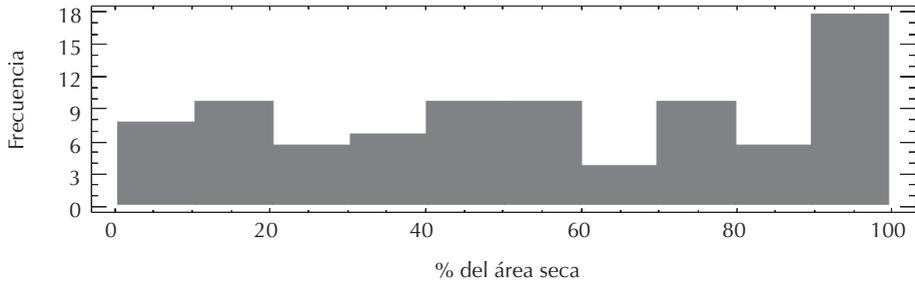
País	P10	P20	P40	Mediana	P60	P80	P90
España	15,08	27,67	51,72	63,02	73,71	89,88	96,26
Polonia	9,23	17,72	43,27	52,32	66,40	90,26	94,07

El Cuadro 6 muestra el sesgo que poseen las xerocoras en los ámbitos mediterráneos, de fuerte sequía estival. Por el contrario, en Polonia, en esa región de degradación continental de los climas templado-húmedos, los percentiles están bastante ajustados a los teóricos en una distribución uniforme, para las áreas húmedas, mientras que se apartan de los valores esperables en los momentos secos. En ambos casos el sesgo positivo es nítido, lo que puede reconocerse en el gráfico correspondiente (Gráfico 8).

El indicador de siete clases: los septosectos

Con el fin de ver la bondad de partición de los tipos xerocóricos, se procedió a clasificar los diferentes meses de toda la serie de años en 7 clases, cuyos límites se encontraban ya perfilados en los percentiles mencionados en el cuadro 6. A continuación se pasó a caracterizar cada clase mediante un valor ordinal tal que las diferencias por encima y por debajo de los valores medianos se compensasen, originándose un gráfico de la evolución temporal de las siete clases, a las que he denominado "septosectos". La equivalencia entre septosectos y valor ordinal es la expresada en el cuadro 7.

GRÁFICO 8. HISTOGRAMA DE SUPERFICIES XEROCÓRICAS DE POLONIA

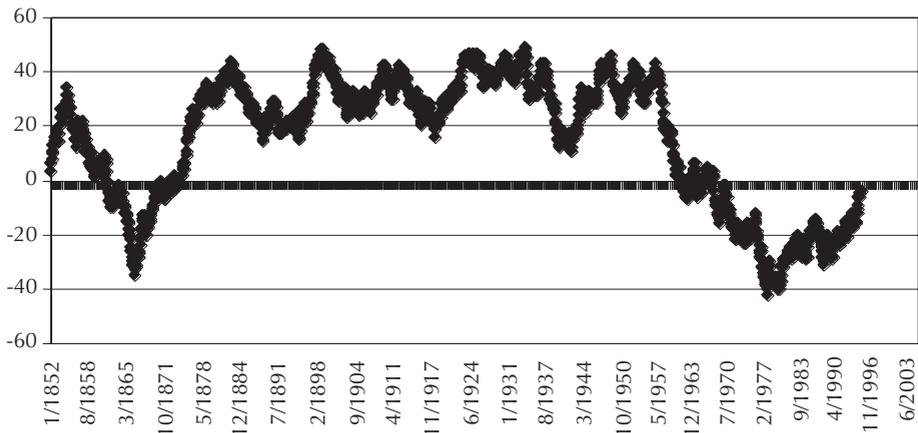


CUADRO 7. CORRESPONDENCIA ENTRE LOS SEPTOSECTOS Y LAS ÁREAS XEROCÓRICAS

Septosecto	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
España	0 - 15,08	15,09-27,67	27,68-51,72	51,73-73,70	73,71-89,87	89,88-96,25	96,26-100
Polonia	0 - 9,23	9,24-17,72	17,73-43,27	43,28-66,39	66,40-90,25	90,26-94,06	94,07-100

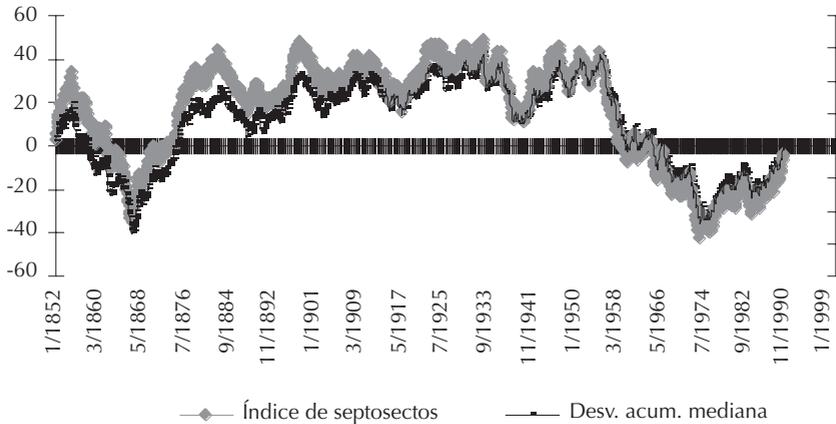
El gráfico 9 muestra la evolución temporal de los períodos secos y húmedos según esta clasificación de septosectos para la España peninsular.

GRÁFICO 9. ÍNDICE MENSUAL DE SEPTOSECTOS



Y con el fin de ver la correspondencia entre este gráfico (nº 9) y el número 6 se ha confeccionado el compuesto, número 10.

GRÁFICO 10. RELACIÓN SEPTOSECTOS A DESV. ACUMULADAS



Como bien puede apreciarse, la equivalencia es casi perfecta, de donde se colige que ambos métodos son igualmente útiles en la determinación de los períodos xerocóricos y ombrocóricos.

Al propio tiempo puede afirmarse de la contemplación de los gráficos que, si bien en los últimos años estamos en una etapa de aumento de la superficie peninsular seca, ello no debe enmascarar que ya en el pasado las etapas semejantes han sido más continuadas, así como mayor el valor del cambio. Este hecho nos consuela del pensamiento inmediato de sospechar que los cambios en los últimos años no tienen parangón con los del pasado; que ahora han estallado las alarmas, porque la secuencia hacia unas catástrofes es más clara que nunca. Los datos muestran, más bien, que estamos ante una de esas escaladas de la superficie seca peninsular, que, como en otros momentos, se han dejado sentir en nuestro solar hispano, pero que no se corresponde con valores extremos. Efectivamente, en lo concerniente a los septosectos, los cambios intranuales más drásticos son los que acaecieron en 1852 y 1970 para la sequía, y en 1855, 1902, 1959 y 1968 para la humedad. En cuanto a las variaciones intradecadales, el decenio de cambio hacia seco más notable fue 1872-1881, y hacia húmedo el 1932-41. Si se toman las series de 30 años desde 1852, el treintenio de más cambio a sequedal fue

1852-1871, y el de mayor cambio a húmedo 1942-1971. Si, de modo semejante, se tienen en cuenta los datos de desviación acumulada, tal y como refleja el gráfico 6, las variaciones máximas y mínimas también coinciden, pues, al fin y al cabo, están basados los tratamientos en los mismos datos.

Como conclusión quiero recalcar que el *índice xerocórico* propuesto está basado no tanto en que una estación presente sequía, cuanto en que un territorio se vea afectado por la sequía; cuanto mayor sea el área cubierta por este fenómeno tanto mayor será la intensidad del mismo, pudiéndose establecer grados. La sequía, según este índice, comienza cuando al menos el 59% de la superficie en estudio se considera xerocora (desviación porcentual negativa respecto de la media del período), y se mantendrá hasta que se cruce el mencionado umbral en sentido contrario. No se ha creído oportuno aportar cartografía de las áreas secas por cuanto que existen 1.716 mapas para España (los 12 meses de los 143 años) y otros 540 para Polonia (12 meses x 45 años), siendo éstos sólo necesarios para calcular el área que ocupan las xerocoras en el territorio estudiado. Debo anotar finalmente que no es tan importante dónde se localicen las xerocoras (lo que obligaría a la inclusión de los mapas), cuanto el valor del área total que éstas ocupan, independientemente del patrón espacial que muestren.

Recibido 21.02.2007

Aceptado 11.09.2007

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEY, W.M. (1984): "The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, nº 23, pp. 1100-1109.
- ALMARZA MATA, C., LÓPEZ DÍAZ, J. A. y FLORES HERRÁEZ, C. (1996): Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España. INM, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 318 pp.
- DOESKEN, N. J., MCKEE T. B. & KLEIST, J. (1991). *Development of a surface water supply index for the western United States*. Climatology Report Number 91-3, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- EDWARDS, D.C. & MCKEE, T. B. (1997): *Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales*. Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- GIBBS, W. J. & MAHER, J. V. (1967). *Rainfall deciles as drought indicators*. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (2001): *Causas y consecuencias de las sequías en España*, Caja de Ahorros del Mediterráneo e Instituto Universitario de Geografía (Universidad de Alicante), 574 pp.

- GÓMEZ NAVARRO, L. (2002): "Aproximación metodológica al estudio de secuencias secas de larga duración: el caso de las islas Baleares", pp. 427-436. En GUIJARRO PASTOR, J.A., GRIMALT GELABERT, M., LAITA RUIZ DE ASÚA, M. Y ALONSO OROZA, S. (edit.): *El agua y el clima*. Publicaciones AEC, Serie A, nº 3, Planográfica Balear, Marratxi (Mallorca), XII + 594 pp.
- GOMMES, R. & PETRASSI, F. (1994): *Rainfall variability and drought in Sub-Saharan Africa since 1960*. Agrometeorology Series Working Paper No. 9, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- GUERRA SIERRA, J. y ALMARZA MATA, C. (1996): "Análisis del último período seco en Madrid por medio de un nuevo índice estadístico", pp. 291-298. En: MARZOL, M^a V., DORTA, P. y VALLADARES, P. (edit.): *Clima y agua, La gestión de un recurso climático*. Tabapress, 398 pp.
- GUERRA SIERRA, J. y VILLA, D. (1992): "Análisis estadístico de sequías". *La Meteorología en el Mundo Iberoamericano*, nº 10, pp. 39-42.
- HEDDINGHAUS, T.R. & SABOL, P. (1991): "A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here?" En: Proc. 7th Conf. on Applied Climatology, pp. 242-246. American Meteorological Society, Boston.
- KARL, T.R. & KNIGHT, R. W. (1985): *Atlas of Monthly Palmer Hydrological Drought Indices (1931-1983) for the Contiguous United States*. Historical Climatology Series 3-7, National Climatic Data Center, Asheville, North Carolina.
- KOGAN, F.N. (1995): "Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data". *Bulletin of the American Meteorological Society* vol. 76, nº 5, pp. 655-668.
- LE HOUÉROU, H.N., POPOV, G. F. & SEE, L. (1993). *Agrobioclimatic classification of Africa*. Agrometeorology Series Working Paper No. 6, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- MARCOS VALIENTE, O. (2001): "Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación", *Investigaciones Geográficas*, Instituto Universitario de Geografía, Alicante, nº 26, pp. 59-80.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J. & KLEIST, J. (1993): "The relationship of drought frequency and duration to time scales". Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, pp. 179-184. January 17-22, Anaheim, California.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J. & KLEIST, J. (1995). "Drought monitoring with multiple time scales". Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, pp. 233-236. January 15-20, Dallas, Texas.
- OLCINA CANTOS, J. (2001): "Causas de las sequías en España. Aspectos climáticos y geográficos de un fenómeno natural", pp. 49-109, en GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (edit.): *Causas y consecuencias de las sequías en España*, Caja de Ahorros del Mediterráneo e Instituto Universitario de Geografía (Universidad de Alicante), 574 pp.
- PALMER, W.C. (1965): *Meteorological drought*. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- PALMER, W.C. (1968): "Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index". *Weatherwise*, nº 21, pp. 156-161.
- PÉREZ GONZÁLEZ, M^a E. y SANZ DONAIRE, J.J. (2000): Distribuciones estadísticas ajustadas a las series temporales de totales anuales de precipitación española: aspectos geográficos. *Geographicalia*, Zaragoza, 38, pp. 13-31.
- PÉREZ GONZÁLEZ, M^a E. y SANZ DONAIRE, J.J. (2001): Aspectos geográficos de las distribuciones estadísticas ajustadas a las series temporales rellenadas de totales anuales de precipitación española, *Nimbus*, Almería, nº 7-8, pp. 135-159.
- PITA LÓPEZ, M^a F. (2000): "Un nouvel indice pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (sud-ouest de l'Espagne)", *Publicacions de l'Association Internationale de Climatologie*, 13, pp. 225-233.
- PITA LÓPEZ, M^a F. (2001): "Sequías en la Cuenca del Guadalquivir", pp. 303-343, en GIL OLCINA, A. y MORALES GIL (edit.): *Causas y consecuencias de las sequías en España*, Caja de

- Ahorros del Mediterráneo e Instituto Universitario de Geografía (Universidad de Alicante), 574 pp.
- SANZ DONAIRE, J.J. (2000): "Descriptive and functional wetland typology and classification", *Observatorio Medioambiental*, IUCA (Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de la Universidad Complutense de Madrid), Madrid, nº 3, pp. 311-339.
- SANZ DONAIRE, J.J. (2006): "Indicadores pluviométricos de sequía para España (1865-2004)". *Observatorio Medioambiental*, IUCA (Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de la Universidad Complutense de Madrid), Madrid, nº 9, pp. 187-213.
- SHAFFER, B. A. & DEZMAN L. E. (1982): "Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas", pp. 164-175. En: *Proceedings of the Western Snow Conference*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- SMITH, D.I., HUTCHINSON, M.F. & MCARTHUR, R.J. (1993). "Australian climatic and agricultural drought: Payments and policy". *Drought Network News* vol. 5 nº 3, pp. 11-12.
- WHITE, D. H. & O'MEAGHER B. (1995): "Coping with exceptional droughts in Australia". *Drought Network News* vol. 7, nº 2, pp. 13-17.
- WILHITE, D. A. (1995): *Developing a precipitation-based index to assess climatic conditions across Nebraska*. Final report submitted to the Natural Resources Commission, Lincoln, Nebraska.
- WILHITE, D.A. & GLANTZ M.H., (1985): "Understanding the drought phenomenon: The role of definitions". *Water International*, vol. 10, nº 3, pp. 111-120.
- WILLEKE, G., HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. & GUTTMAN N. B. (1994): *The National Drought Atlas*. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers
- WHITE, I. FALKLAND, T. & SCOTT, D. (1999): *Droughts in small coral islands: Case Study, South Tarawa, Kiribati*, UNESCO, París, International Hydrological Programme-V Technical Documents in Hydrology, No. 26, 55 pp.

Resumen ["El índice xerocórico Un indicador geográfico de la sequía pluviométrica (España y Polonia)"]

Frente a algunos índices de sequía, aquí se propone uno de carácter espacial, basado en la superficie del territorio que sufre sequía. Aunque los valores medianos varían de unos países a otros, muestran un sesgo hacia los ámbitos xerocóricos. Se delimitan las sequías leves para la España peninsular en un territorio seco hasta el 69%, moderadas hasta el 84%, severas hasta el 92%, y las restantes son extremas. Los valores para Polonia son bastante semejantes, por lo que el método parece tener cierta validez continental. Finalmente se realiza una clasificación de los meses en 7 clases (llamadas *septosectos*) que casi coincide con la de las desviaciones porcentuales acumuladas expuestas en otros casos.

Palabras clave: sequía, índices, España, Polonia.

Abstract ["The xerochoric index: a geographical indicator of rainfall drought (Spain and Poland)"]

Opposite to some drought indices, a new proposal for a spatial index is made according to the area that suffers drought. Although median values may change from one state to another, they show a clear skewness towards xerochoric conditions. In peninsular Spain light droughts arise until the territory is dry up to 69%, moderate droughts up to 84%, severe droughts up to 92% and extreme drought up to 100%. In Poland values are quite similar, so that this method may be considered of continental validity. At the end a classification of months into 7 groups (called "septosect") is made, which results in almost the same as cumulative percentage deviations elsewhere.

Key words: drought, index, Spain, Poland.

Résumé [“L’indice xérochorique: un indicateur géographique de la sécheresse pluviométrique (Espagne et Pologne”]

Par opposition à quelques indices de sécheresse, ici on propose un index spatial, basé sur l’aire du territoire sec. Les valeurs médianes peuvent changer pour des pays différents mais elles montrent une importante asymétrie vers les conditions xérochoriques. La sécheresse lève est emprisonnée par l’extension du 69%, la sécheresse modérée par 84% du territoire, la sécheresse grave par 92% et le reste dévient sécheresse extrême. Les valeurs pour la Pologne sont très semblables. C’est pour ça qu’ un peut distinguer cette méthode avec validité continentale. À la fin on a fait une classification des mois avec 7 groupes (“septosects”) très près des résultats des pourcentages des déviations accumulées qu’on a défini d’ailleurs.

Mots clé: sécheresse, indices, Espagne, Pologne.