

UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE LA SEQUIA EN LA REGION DE MURCIA.

Ramón Garrido Abenza.

Instituto Nacional de Meteorología. Centro Meteorológico Territorial de Murcia.

En este trabajo se introduce un nuevo índice para cuantificar el fenómeno de la sequía, mediante algunas modificaciones en el Standardized Precipitation Index (SPI) y el Palmer Drought Severity Index (PDSI). El nuevo Índice de Precipitación Normalizado (IPN) se plantea como la solución a la ecuación:

$$F(x) = \frac{1 + \operatorname{Erf} (IPN / \sqrt{8})}{2}$$

siendo $F(x)$ la función de distribución de probabilidad acumulada empírica y Erf la función error. Es aplicable tanto a volúmenes de precipitación sobre una región como a precipitaciones puntuales, puede estar referido a diversas escalas temporales de acumulación y permite identificar el comienzo y el final de una sequía, así como su intensidad. Como el SPI se distribuye normalmente y posee la ventaja adicional de que el número y definición de las diversas categorías se establecen de una manera similar a como se hace con el PDSI, con una sencilla clasificación de las situaciones en base a los números enteros. Frente al PDSI, que llega a catalogar como sequía extrema alrededor de un 10 % de los casos, el nuevo índice limita esa categoría al 2,3 % de las situaciones.

El sistema de seguimiento puesto en marcha en la Región de Murcia ofrece, cuando se manejan volúmenes de precipitación, además del valor del índice en la escala mensual, información sobre la evolución en los últimos 4 años de los valores del índice interanual, establece las cantidades excedentarias o deficitarias respecto de los umbrales enteros del índice, proporciona unas previsiones para valores futuros del índice hasta un plazo de 5 meses y ofrece la distribución geográfica en la Región de los valores de los índices mensuales e interanuales de las precipitaciones puntuales.

1. INTRODUCCION.

La sequía es una característica del clima que puede llegar a alcanzar la consideración de desastre natural, con consecuencias en muchos ámbitos. Debido al amplio abanico de impactos, parece que es imposible dar una definición universal de lo que es la sequía. En general, las definiciones existentes se realizan desde un punto de vista o sector de actividad determinado, aunque una característica parece común a todas ellas: la sequía se origina por una deficiencia en la precipitación durante un período de tiempo, más o menos largo.

Aquí nos vamos a centrar en la sequía meteorológica, establecida sobre la base del grado de humedad existente en comparación con una referencia climatológica que podríamos considerar como "normal" y, dentro de estas, nos vamos a limitar prácticamente a aquellas basadas en la precipitación, que es la variable más importante del proceso.

2. ALGUNOS INDICADORES DE SEQUIA.

No vamos a extendernos en un repaso amplio de las múltiples definiciones de sequía existentes ni de su aplicabilidad, dado que unas recopilaciones extensas pueden encontrarse, por

ejemplo, en Appa (1986) o Sánchez (1991). Por citar algunos ejemplos, ni el método de los quintiles de la función de distribución acumulada (f.d.a.) de la precipitación (utilizado con frecuencia por el Instituto Nacional de Meteorología) ni el sistema de los deciles establecido por Gibbs (1987) para Australia son aplicables en el sureste peninsular. El primero de ellos porque limita la situación "normal" únicamente a la tercera quintila, mientras que el segundo, por ejemplo, daría por concluida una sequía con tal de que cualquier precipitación trimestral superara el séptimo decil.

Más complejo es el *Palmer Drought Severity Index (PDSI)*, que establece una comparación con unas condiciones de humedad de referencia (Palmer, 1965). Se resuelve una ecuación de balance hídrico, estimando términos como la evapotranspiración, la reserva en el suelo o la escorrentía. La clasificación de las condiciones de humedad se establece de acuerdo con la tabla 1. Al margen de una mayor necesidad de datos y de asumir hipótesis que no siempre son adecuadas, el método de cálculo del *PDSI* conduce a que determinadas situaciones, como las de sequía extrema o severa, se den con mayor frecuencia en unas regiones que en otras (Willeke *et al.*, 1994). Además, la categoría de sequía extrema se puede alcanzar en demasiadas ocasiones, alrededor del 10%.

McKee *et al.* (1993) introdujeron el *Standardized Precipitation Index (SPI)*, calculando la diferencia entre la precipitación registrada y el valor medio, dividiendo entre la desviación típica e introduciendo una corrección para que el *SPI* se distribuya normalmente, considerando las categorías indicadas en la tabla 2. La estandarización del *SPI* permite determinar claramente la rareza de un episodio en términos de probabilidad. Sin embargo, los límites entre categorías no surgen de un modo intuitivo (hay mezcla de números enteros y fraccionarios) y la categoría normal es demasiado extensa (68% de las ocasiones), perdiendo poder descriptivo.

3. EL INDICE DE PRECIPITACION NORMALIZADO (IPN).

Tratando de incorporar el poder descriptivo del *PDSI* y las ventajas de la

<i>PDSI</i>	Categoría
Mayor que 4	Extremadam. húmedo
Entre 3 y 4	Muy húmedo
Entre 2 y 3	Moderadam. húmedo
Entre 1 y 2	Ligeramente húmedo
Entre 0,5 y 1	Incipientem. húmedo
Entre -0,5 y 0,5	Normal
Entre -0,5 y -1	Incipientem. seco
Entre -1 y -2	Sequía ligera
Entre -2 y -3	Sequía moderada
Entre -3 y -4	Sequía severa
Menor que -4	Sequía extrema

Tabla 1. Categorización de las situaciones según el *PDSI*.

<i>SPI</i>	Categoría
Mayor que 2	Extremadam. húmedo
Entre 1,5 y 2	Muy húmedo
Entre 1 y 1,5	Moderadam. húmedo
Entre -1 y 1	Normal
Entre -1 y -1,5	Sequía moderada
Entre -1,5 y -2	Sequía severa
Menor que -2	Sequía extrema

Tabla 2. Categorización de las situaciones según el *SPI*.

estandarización del *SPI*, nos planteamos conseguir un índice con una categorización similar a la del primero, una normalización análoga a la del segundo y una separación entre categorías que surja de forma natural, en base a números enteros.

Dada una f.d.a. $F(x)$, puede demostrarse que el *SPI* correspondiente a un valor aleatorio de la precipitación x se podría obtener, simplemente, como la solución de la ecuación que iguala $F(x)$ a la f.d.a. normal en la variable *SPI*, es decir:

$$F(x) = \frac{1 + \text{Erf} (SPI / \sqrt{2})}{2} \quad (1)$$

siendo *Erf* la función error. Esta ecuación es generalizable en función de un parámetro m , de manera que $\pm 2m$ represente los valores alcanzados por el índice en los límites de las categorías extremas, en la forma:

$$F(x) = \frac{1 + \text{Erf} (IPN / m\sqrt{2})}{2} \quad (2)$$

De esta manera, si las categorías están delimitadas por números enteros distintos de 0, el número total de categorías vendrá dado por $4m+1$. Para $m=1$ los límites de las categorías extremas vendrían dados por ± 2 , como sucedía en el caso del *SPI*, y el número de categorías quedaría reducido a 5. Si deseamos un número de categorías superior, podemos hacer $m=2$ y así los límites de las categorías extremas vendrán dados por ± 4 , mientras que el número de categorías se elevará hasta 9, muy próximo al número de categorías del *PDSI*. Con esta elección, la ec. a resolver habría de ser:

$$F(x) = \frac{1 + \text{Erf} (IPN / \sqrt{8})}{2} \quad (3)$$

donde el segundo miembro es la f.d.a. normal en la variable $IPN / 2$. Tras esto, podemos establecer una categorización en base al *IPN* como la reflejada en la tabla 3, donde los valores del

<i>IPN</i>	Categoría	f.d.a. (%)	Tiempo en categoría (%)	
Mayor que 4	4: Extremadam. húmedo	97,7 - 100	2,3	30,9
Entre 3 y 4	3: Muy húmedo	93,3 - 97,7	4,4	
Entre 2 y 3	2: Moderadam. húmedo	84,1 - 93,3	9,2	
Entre 1 y 2	1: Ligeram. húmedo	69,1 - 84,1	15,0	
Entre -1 y 1	0: Normal o próx. normal	30,9 - 69,1	38,3	38,3
Entre -2 y -1	-1: Sequía ligera	15,9 - 30,9	15,0	30,9
Entre -3 y -2	-2: Sequía moderada	6,7 - 15,9	9,2	
Entre -4 y -3	-3: Sequía severa	2,3 - 6,7	4,4	
Menor que -4	-4: Sequía extrema	0 - 2,3	2,3	

Tabla 3. Categorización de las situaciones según el *IPN*.

índice y el nombre de las categorías coinciden prácticamente con los de la clasificación de Palmer. La categoría más probable es la normal, incluso globalizando todas las de sequía o todas las de humedad. Los porcentajes de las categorías moderadas, severas y extremas coinciden con las del índice de McKee. En cada una de las extremas sólo se incluye al 2,3% de las situaciones, un porcentaje típico de un evento extremo (Wilhite, 1995).

La metodología empleada es referible a escalas temporales diversas y aplicable a otras variables, como el volumen de precipitación sobre una región, dando lugar a un Índice de Volumen de Precipitación Normalizado (*IVPN*).

4. EL SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE LA SEQUIA EN LA REGION DE MURCIA.

Dada la gran variabilidad y estacionalidad de la lluvia en la Región de Murcia, es imprescindible recurrir a algún índice que desestacionalice los datos, como puede ser uno basado en la precipitación interanual (12 últimos meses), la cual presenta la ventaja de su estabilidad. En este último caso, es posible plantearse una previsión de los valores futuros del índice a un plazo de varios meses a la vista, dado que en cualquier momento se dispone ya de información relativa a los meses anteriores, mientras que la información correspondiente a los meses venideros se puede estimar a partir de referencias climatológicas (aunque podría llegar a ser de gran utilidad disponer de otro tipo de predicciones a plazo de varios meses, como las basadas en las teleconexiones climáticas).

Se ha realizado una simulación retrospectiva, que abarca desde enero de 1991 hasta septiembre de 1997, para analizar la calidad de las previsiones del *IVPN* interanual. Lógicamente, los resultados muestran (fig. 1) un aumento del error absoluto medio a medida que aumenta el plazo de previsión, manteniéndose inferior a la unidad hasta un plazo de 5 meses.

El sistema de seguimiento diseñado para la Región de Murcia consta de dos partes. En la primera (fig. 2, original en color y tamaño A4) se ofrece información sobre los valores del *IVPN* mensual y, sobre todo, interanual, con una perspectiva de los 4 últimos años y un énfasis especial en los 2 años precedentes. Ofrece también una previsión de los valores del índice, hasta 5 meses a la vista, y establece las cantidades excedentarias o deficitarias del volumen de precipitación respecto de los valores umbrales asociados a cada uno de los valores enteros del índice, lo que permite conocer cuál es el margen de maniobra frente a una futura e hipotética situación de sequía. En la segunda parte (fig. 3, original en tamaño A4) se representa los valores del *IPN* obtenidos a partir de las precipitaciones puntuales, en las escalas temporales mensual e interanual y se calcula el valor medio de dichos índices en la Región, el cual siempre es similar al *IVPN*.

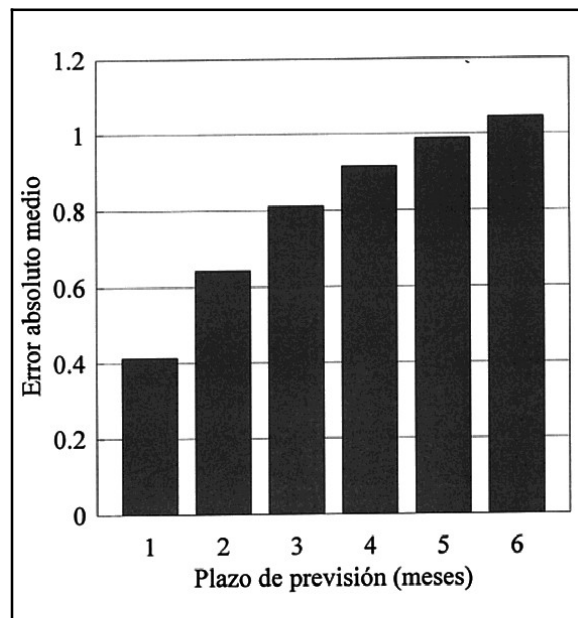


Figura 1. Error absoluto medio de las previsiones del *IVPN* frente al plazo de previsión.

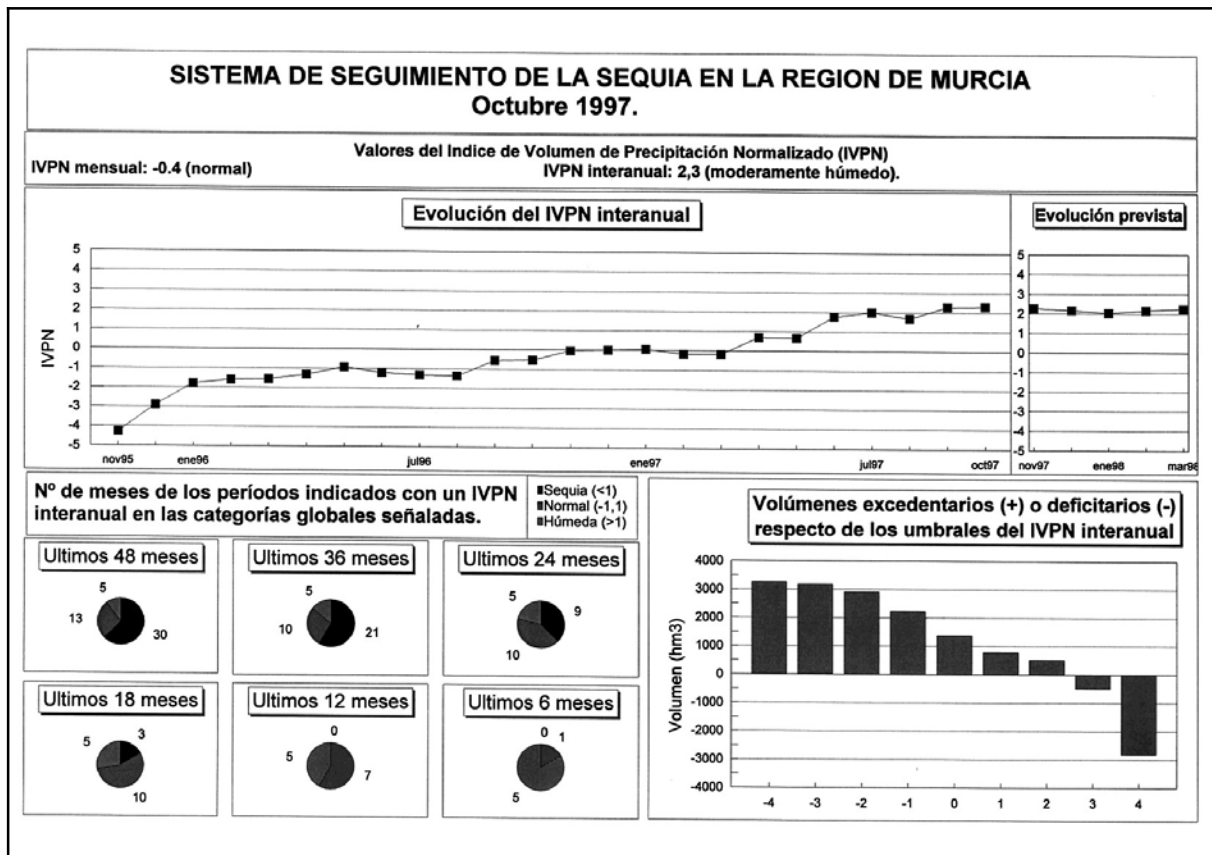


Figura 2. Primera parte del sistema de seguimiento de las sequías.

5. CONCLUSIONES.

- 1ª) El fenómeno de la sequía requiere del establecimiento de un sistema de vigilancia permanente, pero parece que no es posible adoptar una definición universal de sequía. Aglutinando algunas características positivas de otros indicadores existentes, se ha diseñado un Índice de Precipitación Normalizado (IPN), obtenido como la solución de la ecuación que iguala la f.d.a. empírica a la f.d.a. normal en la variable $IPN/2$. Con este índice surge de manera intuitiva una clasificación de las situaciones en 9 categorías, siendo la más probable la categoría "normal" y limitando las "extremas" a menos del 5% de las ocasiones. El IPN puede estar referido a escalas temporales diversas y la metodología puede aplicarse a otras variables relacionadas, para construir, por ejemplo, un Índice de Volumen de Precipitación Normalizado (IVPN).

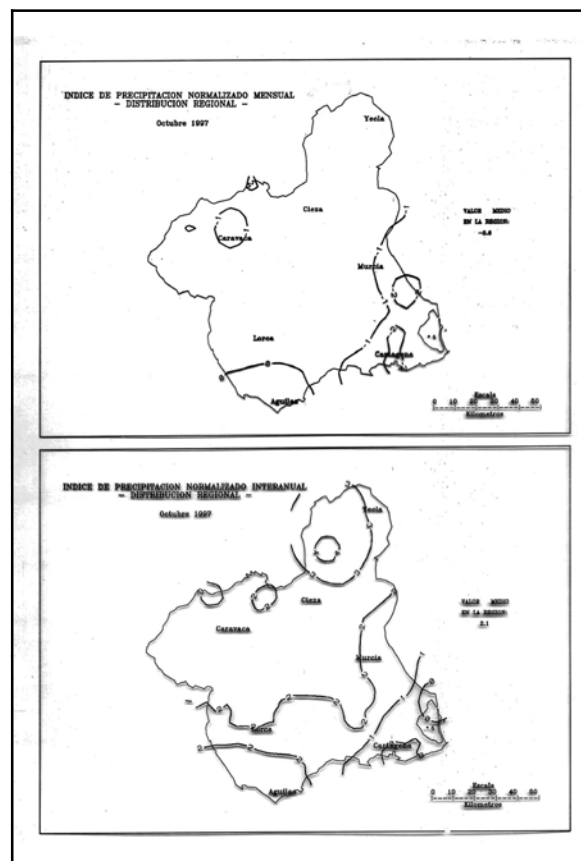


Figura 3. Segunda parte del sistema de seguimiento de la sequía.

- 2ª) Es posible elaborar unas previsiones de los valores futuros de *IVPN* interanual, con un error absoluto medio inferior a la unidad hasta un plazo de 5 meses. También se pueden establecer cuáles son las cantidades excedentarias o deficitarias del volumen de precipitación respecto de los valores umbrales del *IVPN*. Los valores puntuales del *IPN* pueden ser representados en un mapa, para conocer su distribución geográfica, en las escalas temporales deseadas.
- 3ª) La información anterior ha sido integrada en un sistema de seguimiento de la sequía que se ha puesto en marcha para la Región de Murcia. El sistema evolucionará en el futuro, ampliando la cobertura al conjunto de la Cuenca del Segura, incorporando otras escalas temporales y tratando de extender el plazo de las previsiones, recurriendo a teleconexiones climáticas.

AGRADECIMIENTOS.

El autor agradece la ayuda prestada por el personal del Centro Meteorológico Territorial de Murcia, en especial por Fermín Gallego, Juan M. Martín, Francisco Martínez y Luis Sánchez.

REFERENCIAS.

Appa, G. (1986): *Mapas de probabilidad de sequías*. Comisión de Meteorología Agrícola. Org. Meteor. Mundial, Ginebra, 75 pp.

Gibbs, W. J. (1987): *A Drought Watch System*. World Meteor. Org., TD nº 193, WCP-134, 23 pp. + 1 app.

McKee, T. B. *et al.* (1993): The relationship of drought frequency and duration to timescales. *8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, pp. 179-184.

Palmer, W. C. (1965): *Meteorological drought*. Research Paper no. 45. U. S. Dept. of Commerce, Weather Bureau, Washington D. C., 58 pp.

Sánchez, L. (1991): Definición de sequía. Clima y sequía. La predicción de sequías. Sequías en la Península Ibérica. *Rev. Real Acad. Ciencias Exact., Fís. y Nat.*, **LXXXV**, pp. 433-453.

Wilhite, D. A. (1995): *Developing a precipitation-based index to assess climatic conditions across Nebraska*. Final report subm. to the Nat. Resources Commission, Lincoln, Nebraska.

Willeke, G. *et al.* (1994): *The National Drought Atlas*. Inst. for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.