

## INDICADORES METEOROLÓGICOS

Se resume a continuación una recopilación de los indicadores que se utilizan con más frecuencia para expresar numéricamente las condiciones de sequía meteorológica.

Es conveniente puntualizar que, en la mayoría de los casos, no se utiliza un solo indicador, sino varios a la vez, para conseguir una mejor caracterización de la sequía en una zona determinada. Aunque ninguno de los indicadores principales es, en todas las circunstancias, intrínsecamente superior a los demás, sí es cierto que, para algunos casos, son mejores unos indicadores que otros.

Por ejemplo, El Indicador de Intensidad de la Sequía de Palmer se ha utilizado mucho en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para determinar cuándo se debe conceder ayudas de socorro para la sequía; pero el Indicador Palmer se adapta mejor a zonas muy extensas, con topografía uniforme. Los estados del oeste de los Estados Unidos, que tienen un terreno montañoso y, por ello, unos microclimas regionales muy complejos, prefieren complementar el Indicador de Palmer con otros indicadores, como es el Indicador de Suministro de Aguas Superficiales, que tiene en cuenta la masa de nieve y otras condiciones únicas.

El Centro Nacional para la Mitigación de la Sequía de los EE.UU. utiliza un indicador recientemente desarrollado, el Indicador de Precipitación Normalizada, para hacer un seguimiento de las condiciones de humedad. Los rasgos distintivos de este indicador son que reconoce las sequías en fase de preparación, meses antes que el Indicador Palmer, y que se calcula en varias escalas de tiempo.

La presente síntesis dista mucho de ser completa, y puede ser ampliada sobre la base de nueva información y de los resultados de los trabajos de investigación y desarrollo, en curso, en diferentes países.

### **Indicador de la Intensidad de la Sequía de Palmer (PDSI)**

Es un algoritmo de la humedad del suelo, calibrado para regiones relativamente homogéneas. Se trata de un indicador meteorológico, y responde a condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o anormalmente húmedas.

Fue creado por Palmer (1965), para medir la pérdida de humedad, basándose en el concepto de oferta y demanda de la ecuación del balance hídrico, teniendo en cuenta algo más que la sola escasez de precipitaciones en lugares determinados. El objetivo de este indicador es ofrecer medidas normalizadas de las condiciones de

humedad, para poder establecer comparaciones entre distintos lugares y entre meses diferentes. Cuando las condiciones cambian de secas a normales, o a húmedas, termina el periodo medido por el PDSI, sin tener en cuenta el caudal de los ríos, ni los niveles de los lagos y embalses, ni otros impactos hidrológicos a largo plazo.

El indicador se calcula en base a datos termo-pluviométricos, y de Contenido de Agua Disponible (CAD) del suelo. A partir de las entradas se pueden calcular todos los términos básicas de la ecuación del balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, la recarga del suelo, la escorrentía y la pérdida de humedad del horizonte superficial. Los efectos humanos sobre el balance de agua, como es el regadío, no se tienen en cuenta. Una descripción completa de la ecuación de este índice se puede encontrar en la publicación original del autor (Palmer, 1965).

Los valores del Indicador de Palmer oscilan entre -6,0 y +6,0. Por lo general se calcula mensualmente, pero también se calculan valores semanales, durante cada temporada vegetativa, para las diferentes zonas climáticas de los EE.UU. y dichos valores se publican en el Boletín Semanal del Clima y los Cultivos (Weekly Weather and Crop Bulletin).

Los valores del PDSI durante periodos secos y húmedos se ordenan como sigue:

|                |                    |
|----------------|--------------------|
| 4,00 ó más     | humedad extrema    |
| 3,00 a 3,99    | muy húmedo         |
| 2,00 a 2,99    | humedad moderada   |
| 1,00 a 1,99    | ligeramente húmedo |
| 0,50 a 0,99    | humedad incipiente |
| 0,49 a - 0,49  | casi normal        |
| -0,50 a - 0,99 | sequía incipiente  |
| -1,00 a -1,99  | sequía ligera      |
| -2,00 a -2,99  | sequía moderada    |
| -3,00 a -3,99  | sequía intensa     |
| -4,00 ó menos  | sequía extrema     |

El indicador de Palmer tiene buena aceptación en EEUU porque: ofrece a los responsables de la toma de decisiones una medida de las anomalías

meteorológicas recientes, para una región determinada, ofrece una oportunidad para situar las condiciones actuales en la perspectiva histórica, y proporciona representaciones en el espacio y en el tiempo de las sequías históricas.

Sin embargo, a la hora de utilizar este indicador, existen limitaciones y desventajas considerables pues, por ejemplo, puede tardar varios meses en pronosticar las previsiones de sequías, no es muy adecuado para zonas montañosas o con frecuentes cambio climáticos extremos, es complejo y por lo tanto tiene una escala de tiempos integrada y sin especificar, que puede inducir a error.

### **Indicador de la Humedad del Cultivo (CMI)**

El indicador CMI utiliza un enfoque meteorológico para hacer un seguimiento semanal de las condiciones de los cultivos. Fue desarrollado por Palmer, en 1968, a partir del método de cálculo del PDSI. Mientras el PDSI hace un seguimiento meteorológico de los períodos húmedos y secos a largo plazo, el CMI fue diseñado para evaluar las condiciones de humedad a corto plazo en las principales regiones dedicadas a la producción agrícola. Se basa en los datos medios semanales de temperatura y pluviometría total, dentro de una zona climática (en los EE.UU.), así como en el valor del CMI de la semana anterior. Responde con rapidez a los cambios de condiciones, se mide por lugares y por tiempos para que los mapas que representan los valores semanales del CMI puedan ser utilizados para comparar las condiciones de humedad entre diferentes localidades.

Por estar diseñado para hacer un seguimiento a corto plazo de las condiciones de humedad que afectan a un cultivo en desarrollo, el CMI no es un buen instrumento para hacer un seguimiento de la sequía a largo plazo. Otro rasgo característico del CMI, que limita su uso, es que, normalmente, comienza y finaliza cada temporada vegetativa con valores próximos a cero, por lo que no se puede utilizar para valorar las condiciones de humedad fuera de la época vegetativa general, y, en especial, en períodos de sequía que se prolongan durante varios años. El CMI tampoco es de aplicación durante la fase de germinación de las semillas, al comienzo del período de crecimiento de un cultivo concreto.

### **Indicador del Suministro de Aguas Superficiales (SWSI)**

Este indicador fue desarrollado por Shafer y Dezman, en 1982, como un complemento del Indicador de Palmer, con el fin de evaluar las condiciones de humedad en el estado de Colorado. Fue concebido para ser un indicador de las condiciones del agua superficial ligada al proceso de fusión nival, es decir, representativo de regiones en las que la masa de nieve de las montañas es un componente principal del ciclo del

agua.

El SWSI utiliza cuatro variables principales: la masa de nieve, el caudal de los ríos, la precipitación y el agua almacenada en los embalses. Debido a que depende de la temporada, el SWSI se computa durante el invierno sólo con la masa de nieve, las precipitaciones y las reservas de agua acumuladas. Durante los meses de verano, el caudal sustituye a la masa de nieve, como componente dentro de la ecuación del SWSI.

El procedimiento para determinar el SWSI de una cuenca en particular es el siguiente: se recogen y suman los datos mensuales de todas las estaciones pluviométricas, embalses y estaciones de aforo y de medida de la nieve de la cuenca. Cada dato de la suma se normaliza utilizando un análisis de frecuencia recopilado de una serie de datos a largo plazo, y, en base a este análisis de frecuencias, se calcula para cada dato la probabilidad de que las sumas sucesivas del mismo no sean mayores que la suma actual, lo cual permite realizar comparaciones entre las probabilidades de unos y otros sumandos. Cada componente de la suma tiene un peso asignado, dependiendo de su forma de contribuir al agua superficial, dentro de esa cuenca, y estos elementos ponderados son sumados para determinar un valor de SWSI que represente a la cuenca entera. El valor de SWSI tiene su punto medio en el cero y oscila entre -4,2 y +4,2.

El SWSI se ha utilizado, junto con el Indicador de Palmer, para poner en marcha la activación y desactivación del Plan de Sequías en Colorado. Una de sus ventajas es que es sencillo de calcular y que ofrece una medida representativa de los recursos de aguas superficiales. Sin embargo, algunas de sus características limitan su aplicación, por el hecho de que el SWSI se calcula específicamente para cada cuenca o región y, por ello, es difícil comparar los valores del mismo entre unas y otras. Cualquier cambio o interrupción en las mediciones tomadas por cualquier estación de observación, o en la gestión del agua dentro de la cuenca, como puede ser la desviación del cauce o el establecimiento de nuevos embalses, significa que todo el cálculo del SWSI para esa cuenca tiene que ser realizado de nuevo, al objeto de tener en cuenta las nuevas distribuciones de frecuencia y/o los cambios en el peso de cada elemento de las sumas. Los fenómenos extremos, si están fuera de las series históricas de datos, también suponen un problema, y el indicador tendrá que ser calculado de nuevo para incluir estos fenómenos dentro de la distribución de frecuencias de un elemento de la cuenca.

## Indicador Normalizado de Precipitaciones (SPI)

Es un indicador basado en la probabilidad de lluvias, en cualquier período de tiempo. Fue desarrollado, en 1993, por McKee et al., para cuantificar el déficit de precipitaciones durante múltiples periodos de tiempo. Estos periodos reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos.

Las condiciones de humedad del suelo responden a las anomalías pluviométricas en un intervalo de tiempo relativamente corto, mientras que el agua subterránea, el caudal de los cursos superficiales y el agua embalsada reflejan tales anomalías a largo plazo, razón por la cual, originalmente, el SPI se calculaba para periodos de tiempo de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.

El cálculo del SPI para cualquier lugar se basa en los registros de precipitaciones a largo plazo durante el periodo deseado. Este registro de datos a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidad que entonces se transforma en una distribución normal, de manera que el SPI medio, para el lugar y período deseado, sea cero. Los valores positivos o negativos del SPI indican que las precipitaciones son, respectivamente, mayores o menores que la media. Dado que el SPI está normalizado, los climas más húmedos y más secos se pueden representar de la misma forma y, con el uso de este indicador, también se puede hacer el seguimiento de los periodos húmedos. Los valores del SPI se clasifican como sigue:

| Valores del SPI   | Interpretación     |
|-------------------|--------------------|
| 2,0 o superior    | humedad extrema    |
| 1,5 a 1,99        | muy húmedo         |
| 1,0 a 1,49        | humedad moderada   |
| -0,99 a 0,99      | casi normal        |
| -1,0 a -1,49      | moderadamente seco |
| -1,5 a -1,99      | muy seco           |
| -2,0 o por debajo | sequedad extrema   |

Una sequía se produce siempre que el SPI sea permanentemente negativo y alcance una intensidad de -1,0, o menor; el fenómeno finaliza cuando el SPI se hace positivo. Cada fenómeno de sequía, por lo tanto, tiene una duración definida por su comienzo y su final, y una intensidad diferente para cada mes que dure el fenómeno. La

magnitud de la sequía puede también ser la magnitud acumulada de la sequía, es decir, la suma de todos los valores positivos del SPI durante los meses que ésta dura.

Las ventajas de este indicador son: que el SPI se puede calcular para diferentes periodos de tiempo, que da una señal de alerta temprana de la sequía, que ayuda a valorar la intensidad de la misma y que es menos complejo que el Indicador de Palmer. La desventaja es que los valores del SPI se basan en unos datos previos, que pueden cambiar.

### **Indicador USBR de la Sequía (RDI)**

Este indicador ha sido desarrollado recientemente por el Bureau of Reclamation norteamericano (USBR), como un instrumento para definir la intensidad y duración de las sequías, y para predecir su comienzo y su final.

Al igual que el SWSI, el RDI se calcula en el ámbito de una cuenca fluvial, e incorpora los grados de suministro de los componentes de las precipitaciones, la masa de nieve, el caudal de los ríos y el agua almacenada en los embalses. El RDI se diferencia del SWSI en que incorpora un componente de demanda, basado en la temperatura y en una duración. Este indicador se puede adaptar a cualquier región concreta, y su mayor ventaja es su capacidad para tener en cuenta, tanto el factor clima, como el factor agua.

Los valores del RDI y sus calificaciones de severidad son los siguientes: Sequía

Calificación Humedad

De 0 a -1,5 normal a suave de 0 a 1,5

-1,5 a - 4,0 moderada de 1,5 a 4,0

< - 4 extrema > 4,0 La ventaja del RDI es que, incluyendo un componente de temperatura, también tiene en cuenta la evaporación. Sin embargo, debido a que este indicador es único para cada cuenca, las comparaciones dentro de una misma cuenca no son posibles.

### **Referencias Indicadores**

Alley, W.M. (1984): The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions - Journal of Climate and Applied Meteorology, 23:1100-1109.

McKee, T.B. - N.J. Doesken - J. Kleist (1995): Drought monitoring with multiple time scales -Preprints of the 9th Conference on Applied Climatology, 117-22 January, Anaheim, California, pp. 179-184.

Palmer, W.C. (1965): Meteorological drought. Documento de Investigación Nº 45,

Oficina Meteorológica del Departamento de Comercio, Washington, D.C.

Palmer, W.C. (1965): Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index - Weatherwise, 21:156-161.

Shafer, B.A. - L.E. Dezman (1982): Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas - Actas de la Conferencia sobre la Nieve en el Oes-te, pp. 164-175.