

## Método de cálculo de la variable “Índice de precipitación estandarizado” (alias = spi)

El “Índice de precipitación estandarizado”  $SPI[X]_{00}^m$  (adimensional) para una ventana temporal  $[X]$  (meses), cuantifica la precipitación observada como una desviación estandarizada de una función de distribución de probabilidad seleccionada que modela los datos de precipitación sin procesar. Es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)).

Es un índice ampliamente utilizado para caracterizar la sequía meteorológica en una variedad de escalas de tiempo  $[X]$ . En escalas de tiempo cortas, el  $SPI[X]_{00}^m$  está estrechamente relacionado con la humedad del suelo, mientras que en escalas de tiempo más largas, el  $SPI[X]_{00}^m$  puede estar relacionado con el almacenamiento de aguas subterráneas y embalses. El  $SPI[X]_{00}^m$  se puede comparar entre regiones con climas marcadamente diferentes, ya que cuantifica la precipitación observada como una desviación estandarizada de una función de distribución de probabilidad seleccionada que modela los datos de precipitación sin procesar. Los datos brutos de precipitación generalmente se ajustan a una distribución *gamma* o *Pearson Tipo III* y luego se transforman a una distribución normal. Los valores  $SPI[X]_{00}^m$  se pueden interpretar como el número de desviaciones estándar por las que la anomalía observada se desvía de la media a largo plazo. El  $SPI[X]_{00}^m$  se puede crear para diferentes períodos de 1 a 36 meses, utilizando datos de entrada mensuales. Para la comunidad operativa, el  $SPI[X]_{00}^m$  ha sido reconocido como el índice estándar que debería estar disponible en todo el mundo para cuantificar y reportar sequías meteorológicas. Han surgido preocupaciones sobre la utilidad del  $SPI[X]_{00}^m$  como una medida de los cambios en la sequía asociados con el cambio climático, ya que no se ocupa de los cambios en la evapotranspiración. Se han propuesto índices alternativos que se ocupan de la evapotranspiración (ver  $SPEI[X]_{00}^m$ ).

### PUNTOS FUERTES:

- Utiliza precipitación solamente. Puede caracterizar la sequía o la humedad anormal en diferentes escalas de tiempo que se corresponden con la disponibilidad temporal de diferentes recursos hídricos (ejemplo: humedad del suelo, capa de nieve, agua subterránea, descarga de ríos y almacenamiento en embalses).
- Más comparable entre regiones con diferentes climas que el Índice de sequía de gravedad de Palmer (PDSI).
- Menos complejo de calcular que el PDSI.

### LIMITACIONES CLAVE:

- Como medida únicamente del suministro de agua, el  $SPEI[X]_{00}^m$  no tiene en cuenta la evapotranspiración, y esto limita su capacidad para captar el efecto del aumento de las temperaturas (asociado con el cambio climático) en la demanda y disponibilidad de humedad.
- Sensible a la cantidad y confiabilidad de los datos utilizados para ajustar la distribución (30-50 años recomendado).
- No considera la intensidad de la precipitación y sus impactos potenciales en la escorrentía, caudal y disponibilidad de agua dentro del sistema de interés.

(Keyantash, John y personal del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (Eds). Última modificación el 7 de agosto de 2018. "La guía de datos climáticos: índice de precipitación estandarizada (SPI)". Obtenido de <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-index-spi>).

El texto siguiente fue aportado por el Dr. John Keyantash, Universidad Estatal de California, Dominguez Hills, enero de 2014:

El Índice de Precipitación Estandarizado  $SPI[X]_{00}^m$  es un índice ampliamente aceptado para la cuantificación de la sequía. De hecho, el  $SPI[X]_{00}^m$  fue recomendado a través de la Declaración de Lincoln sobre la Sequía

como el índice preferido internacionalmente para la sequía meteorológica (Hayes et al., 2011). El  $SPI [X]_{00}^m$  aborda específicamente la intensidad de la sequía meteorológica, o déficit de precipitaciones. La escasez de precipitaciones es una métrica fundamental e intuitiva para la sequía, quizás la descripción más básica posible. Sin embargo, interpretar la magnitud del déficit de precipitaciones puede ser un desafío, porque la climatología de las precipitaciones varía ampliamente en las regiones geográficas, así como en las escalas temporales. Por ejemplo, cuando un mes inusualmente húmedo está inmerso en un período de sequía prolongado, ¿debería el mes considerarse seco o no? Además, el nivel de déficit/exceso de precipitación debe juzgarse en relación con alguna norma climatológica del lugar. Por lo tanto, el desafío de la definición de sequía no radica en la medición bruta de datos hidrometeorológicos, sino en la evaluación objetiva de las observaciones.

El  $SPI [X]_{00}^m$  aborda este desafío comparando la precipitación total para el intervalo elegido con una distribución de probabilidad acumulada para los datos de precipitación (para el intervalo idéntico). Por ejemplo, ¿cuál es la interpretación estadística del total de precipitación de un mes (por ejemplo, 29 mm), en comparación con todos los totales de un mes conocidos? Obviamente, la ubicación geográfica y la época del año son restricciones importantes. Si la precipitación fue durante abril de 2005 en el suroeste de Idaho, su magnitud solo debe juzgarse contra los datos de abril de otros años, en el suroeste de Idaho. Por lo tanto, es necesario visualizar la sequía de acuerdo con las normas climatológicas del lugar y la estación.

El  $SPI [X]_{00}^m$  puede calcular la intensidad de la sequía en cualquier intervalo deseado, por ejemplo, un mes, cinco meses o 200 días. Sin embargo, una de las características más poderosas del  $SPI [X]_{00}^m$  es su capacidad intrínseca para evaluar simultáneamente la sequía en un conjunto de escalas de tiempo. Por ejemplo, los investigadores utilizan habitualmente los totales de precipitación para duraciones de uno, tres, seis, 12, 18, 24, 36, 48 y 60 meses para calcular el  $SPI [X]_{00}^m$  para los mismos intervalos respectivos.

El  $SPI [X]_{00}^m$  puede lograr la evaluación simultánea de la sequía porque la precipitación observada durante cada período de tiempo se considera una muestra estadística de una población principal más grande. Es decir, cada observación de precipitación se puede considerar como un solo dato, una muestra aleatoria, de la distribución de probabilidad de precipitación más amplia. Para precisión computacional, Guttman (1999) recomienda un mínimo de 50 años de datos de precipitación. Los datos de observación no necesitan ser preprocesados en las agregaciones deseadas; códigos de software disponibles (como los disponibles en el Centro Nacional de Mitigación de Sequías [NDMC]) aceptan datos de entrada mensuales (que suele ser la frecuencia de intervalo mínima utilizada para estudiar la sequía [es decir, el  $SPI [X]_{00}^m$  de un mes]) y los agregan a los intervalos deseados (por ejemplo, precipitación de seis meses, para el  $SPI [X]_{00}^m$  de seis meses).

Se sabe que la precipitación sigue una distribución de frecuencia asimétrica, con la mayor parte de las ocurrencias en valores bajos y una probabilidad rápidamente decreciente de precipitaciones totales más grandes. Hay una serie de distribuciones analíticas asimétricas positivas, seis de las cuales fueron analizadas para cálculos SPI por Guttman (1999). La distribución del SPI adoptada por McKee et al. (1993), así como el NDMC, es la distribución gamma incompleta. Los algoritmos SPI analizan los datos de entrada para estimar de manera óptima dos coeficientes clave que gobiernan la transformación, y los datos de precipitación observados se transforman en equivalentes gaussianos (normales). Los datos de precipitación transformados se utilizan luego para calcular el valor SPI adimensional, definido como la anomalía estandarizada de la precipitación:

$$SPI [X]_{00}^m = \frac{P[X]_{00}^m \cdot p_{00}^{1961-2000}}{\sigma_p}$$

donde:

$SPI [X]_{00}^m \Rightarrow$  índice de precipitación estandarizado anual en el periodo interanual  $m$  y en la ventana temporal  $X$

$P[X]_{00}^m \Rightarrow$  precipitación acumulada anual en el periodo interanual  $m$  y en la ventana temporal  $X$

$p_{00}^m \Rightarrow$  precipitación acumulada anual media en el periodo de referencia 1961-2000

$\sigma_p$  ⇒ desviación estándar de la precipitación

Los valores adimensionales del  $SPI [X]_{00}^m$  generalmente se asocian con las descripciones de sequía de "seco", "moderadamente seco" o "extremadamente seco", así como otras etiquetas para condiciones casi normales o excesos de precipitación.

Referencias:

Guttman, NB, 1999: Aceptación del índice de precipitación estandarizado: un algoritmo de cálculo. J. Amer. Recurso de agua. Asociación, 35(2), 311-322

Organización Meteorológica Mundial, (2012) Guía del usuario del índice de precipitación estandarizada (M. Svoboda, M. Hayes y D. Wood). (OMM-Nº 1090), Ginebra. [PDF]

McKee, TB, NJ Doesken y J. Kliest, 1993: La relación entre la frecuencia y la duración de las sequías y las escalas de tiempo. En Actas de la 8ª Conferencia de Climatología Aplicada, 17-22 de enero, Anaheim, CA. Sociedad Meteorológica Americana, Boston, MA. 179-18

McKee, TB, NJ Doesken y J. Kleist, 1995. Monitoreo de sequías con múltiples escalas de tiempo. Novena Conferencia sobre Climatología Aplicada, Sociedad Meteorológica Estadounidense, 15-20 de enero de 1995, Dallas TX, pp. 233-236

Keyantash, John, John A. Dracup, 2002: La cuantificación de la sequía: una evaluación de los índices de sequía. Toro. Amer. Meteorito. Soc., 83, 1167–1180.

THOM, HCS, 1958: UNA NOTA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN GAMMA. Lun. Wea. Rev., 86, 117–122.

Lloyd-Hughes, B. y MA Saunders. 2002. Una climatología de sequía para Europa, International Journal of Climatology, 22, 1571-1592.

Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N. y M. Widhalm, 2011. Declaración de Lincoln sobre la sequía: se recomienda el índice universal de sequía meteorológica. Toro. Amer. Meteorito. Soc., 92, 485–488.

Vicente-Serrano, Sergio M., Santiago Beguería, Juan I. López-Moreno, 2010: Un índice de sequía multiescalar sensible al calentamiento global: el índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración. J. Clima, 23, 1696–1718.

Trenberth, KE, A. Dai, G. van der Schrier, PD Jones, J. Barichivich, KR Briffa y J. Sheffield^, 2014: Calentamiento global y cambios en la sequía. Naturaleza Cambio Climático, 4, 17-22

Vicente-Serrano, SM, Beguería, S., López-Moreno, JI (2011). Comente sobre "Características y tendencias en varias formas del Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) durante 1900-2008" por A Dai. J. Geophys. Res. 116: D19112, DOI: 10.1029/2011JD016410.

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable "Índice de precipitación estandarizado para la ventana x" es la siguiente:

`spi[x]_<MCG>_<ESN>_d<m>_<p>_COG.tif`

`spi[x]` = alias de "Índice de precipitación estandarizado para la ventana x"

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual