

INCERTIDUMBRE EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SEQUÍAS SPI EN LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA, COLOMBIA

Carolina Vega-Viviescas y Erasmo A. Rodríguez

Grupo de Investigación en Ingeniería de los Recursos Hídricos (GIREH), Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
E- mail: cvvegav@unal.edu.co, earodriguezs@unal.edu.co

Introducción

Las sequías se definen como una deficiencia en la precipitación en relación con los valores esperados (es decir, los promedios de largo plazo). Cuando éstas se prolongan durante un largo período de tiempo, se manifiestan en la incapacidad de satisfacer las demandas de las actividades humanas y del medio ambiente (Hayes et al., 2010).

Una gran variedad de índices, han sido propuestos para describir las sequías. Sin embargo, el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee, Doesken, & Kleist, 1993) es uno de los más usados, ya que permite describirlas de forma sencilla a través de la diferencia de precipitación con respecto a la media y desviación estándar de un período específico, proporcionando así, un medio para analizar los períodos de sequía en diferentes escalas de tiempo.

En las últimas décadas, se ha incrementado el uso de bases de datos complementarias a los datos observados, como el uso combinado de datos puntuales con información hidrometeorológica de reanálisis y derivada de sensores remotos. Con el objeto de analizar la incertidumbre en el cálculo del SPI asociada con la incertidumbre de la precipitación utilizada, en este artículo se calcula el SPI en la Macrocuenca Magdalena-Cauca (McMC), el principal hidrosistema en Colombia, a partir de las series de precipitación observadas, los datos de precipitación (forzamientos) de dos productos de reanálisis.

Independientemente de la distribución estadística utilizada para el cálculo del SPI, los resultados tienen una incertidumbre asociada con la longitud y características de las series de precipitación evaluadas. Varios autores han analizado la incertidumbre del SPI, y en este estudio se implementa la metodología desarrollada por Hu et al. (2015) basada en el procedimiento Bootstrap y en la distribución muestral de los valores del SPI, que cuantifica la incertidumbre de los resultados en términos del sesgo e intervalos de confianza (IC).

Materiales

El área de estudio corresponde a la McMC, ubicada entre las cordilleras Occidental y Oriental de los Andes colombianos (Figura 1), por donde fluyen los ríos Cauca y Magdalena, desde su nacimiento, a una altura de 3,685 msnm, hasta su desembocadura en el Mar Caribe. La McMC tiene una extensión de aproximadamente 257,000 km², y concentra alrededor del 80% de las actividades económicas del país.

La McMC cuenta con alrededor de 2,670 estaciones meteorológicas operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), de las cuales se seleccionaron 2,256 con datos diarios de precipitación para crear campos interpolados diarios de precipitación a escala de 0.1° utilizando la metodología de Kriging con Deriva Externa (KED), para el período 1980-2010.

Adicionalmente, se han investigado dos forzamientos: el primero denominado Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP), una mezcla de diferentes fuentes de datos de precipitación, como interpolaciones de datos de estaciones y misiones satelitales ajustadas (Beck et al., 2017), construida a escala mensual, diaria y subdiaria. Y el segundo, denominado WATCH Forcing Data Methodology Applied to ERA-Interim reanalysis data (WFDEI), el cual, fue desarrollado

con la metodología del proyecto WATCH, incluyendo la simulación del el reanálisis ERA-Interim a través de una serie de modelos hidrológicos y corregido a través de la comparación con resultados de otros modelos globales (Weedon et al., 2014)

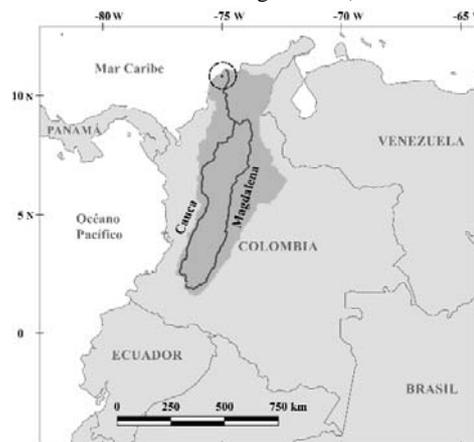


Figura 1.- Área de estudio y celda de muestra (círculo).

Los campos de precipitación de los forzamientos MSWEP y WFDEI fueron re-escalados de 0.25° y 0.50° respectivamente, a 0.1°, aproximadamente 10 x 10 km, utilizando un método de aproximación de interpolación bilineal. A partir de estos fueron calculados los campos distribuidos del índice SPI.

Métodos

McKee et al. (1993) describen el SPI como un indicador que permite determinar la rareza de una sequía o un evento anómalamente húmedo en una escala de tiempo particular. En su determinación, se selecciona una función de distribución de probabilidad (FDP) que ajuste las series de precipitación en diferentes escalas de tiempo (e.g. τ : 1,3,6,9,12,24, etc. meses), para luego ser normalizada (media cero y varianza unitaria), transformando la probabilidad acumulada (PA) derivada de la FDP en el valor de SPI.

Por otro lado, Hu et al. (2015) proponen evaluar la incertidumbre del SPI a partir de la metodología de Bootstrap, obteniendo tanto una estimación puntual, como un IC que considera el impacto de la incertidumbre asociada con la naturaleza de la muestra (series de precipitación), sobre la incertidumbre de los valores estimados del SPI.

Esta metodología se ha aplicado a cada una de las 2,215 celdas de aproximadamente 100 km² que corresponden al dominio de la McMC, investigando los tres campos de precipitación (Observado – InSitu, MSWEP y WFDEI) para los 372 meses del período de análisis (1980-2010). A manera de ilustración se presentan los resultados para las series de SPI del mes de mayo, para las escalas τ : 1, 3 y 12 meses en una de las celdas (N° 21 - Figura 1) localizada al norte de la cuenca, cerca de la desembocadura del río Magdalena en el Mar Caribe.

Resultados

Inicialmente, se aplicó la metodología tradicional de cálculo del SPI para las escalas τ : 1, 3 y 12 meses), con los tres campos de

precipitación distribuida, tal como se muestra en la Figura 2 para la celda de muestra. Los resultados del SPI derivado de los dos forzamientos evaluados, fueron comparados con los resultados de las series observadas a través de la Correlación de Spearman (ρ), encontrando siempre valores positivos y la métrica RMSE con valores entre 0.2 y 1.2. Para la celda de muestra los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.- Estadísticas de desempeño de los forzamientos en el cálculo del SPI frente a los calculados con datos observados.

	WFDEI			MSWEP		
	SPI 1	SPI 3	SPI 12	SPI 1	SPI 3	SPI 12
ρ	0.71	0.76	0.87	0.71	0.77	0.88
RMSE	0.71	0.65	0.49	0.71	0.65	0.48

Seguidamente se aplicó el procedimiento de análisis de incertidumbre propuesto por Hu et al. (2015), realizando un muestreo ($N=1000$) de las series de precipitación por celda, y calculando el valor de SPI de la serie original (es decir de cada campo de precipitación) con los parámetros de la función de distribución ajustada (Gamma en este caso), para cada serie del muestreo.

Además, con cada uno de los conjuntos Bootstrap de SPI se calcularon los IC del 90% central (Percentil 5 y 95) del SPI para

las escalas evaluadas, como se presenta en la Figura 3, a la izquierda los IC del WFDEI y a la derecha los del MSWEP, ambos frente a los valores puntuales calculados tradicionalmente con los datos InSitu y su IC.

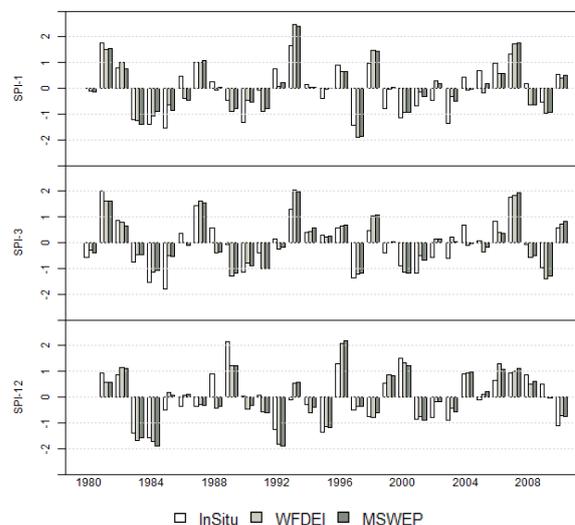


Figura 2.- SPI a escalas de tiempo de 1, 3 y 12 meses con los tres campos de precipitación. (Serie mes de mayo en la celda de muestra).

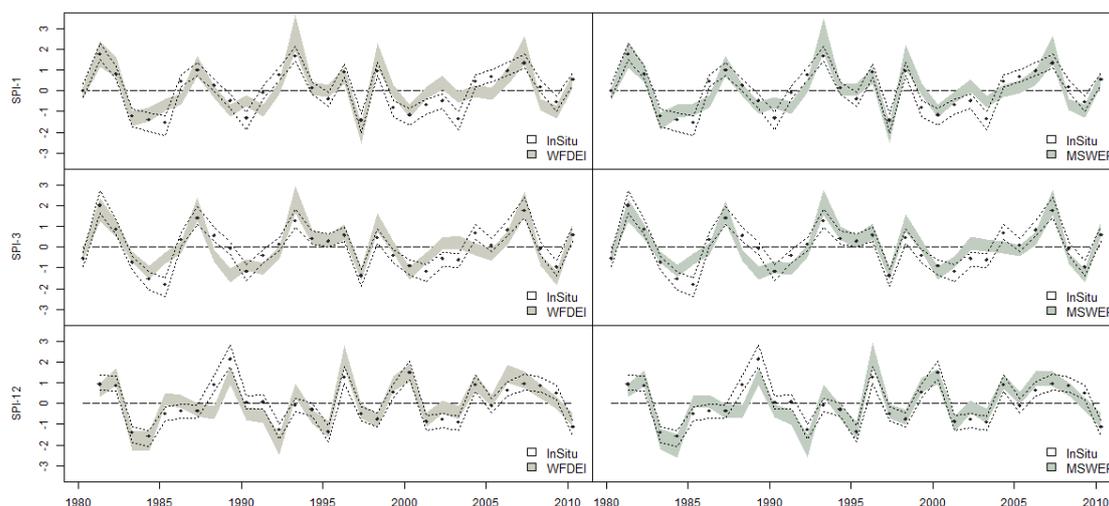


Figura 3.- Intervalos de confianza del 90% del SPI [Series observadas vs forzamientos] a escalas de tiempo de 1, 3 y 12 meses considerando la incertidumbre del muestreo. Resultados para el mes de mayo en la celda de muestra.

Conclusiones

De acuerdo con las evaluaciones de desempeño realizadas, los valores de SPI, calculados con los forzamientos en la MCMC, tienen una alta correlación con deducidos a partir de observaciones, y bajas diferencias de acuerdo con el RMSE estimado. Esto indica la factibilidad de utilizar los forzamientos (WFDEI y MSWEP) para derivar satisfactoriamente el SPI en la MCMC y en otras zonas en Colombia con baja densidad de información observada.

Se calcularon adicionalmente los intervalos de confianza de la estimación del indicador con cada forzamiento, cuyos resultados permiten concluir que la incertidumbre en la estimación del SPI, debido a la serie de precipitación utilizada, es muy similar a la incertidumbre del mismo cálculo con series observadas, lo que indica nuevamente consistencia en resultados del SPI derivados de datos de precipitación de reanálisis.

Referencias

- Beck, H. E., Dijk, A. I. J. M. Van, Levizzani, V., Schellekens, J., & Miralles, D. G. (2017). MSWEP: 3-hourly 0.25 global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data, 589–615. <https://doi.org/10.5194/hess-21-589-2017>
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M. (2010). The Lincoln declaration on drought indices. *American meteorological society*, (april), 485–488. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1>
- Hu, Y. M., Liang, Z. M., Liu, Y. W., Wang, J., Yao, L., & Ning, Y. (2015). Uncertainty analysis of SPI calculation and drought assessment based on the application of Bootstrap. *International Journal of Climatology*, 35(8), 1847–1857. <https://doi.org/10.1002/joc.4091>
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *AMS 8th Conference on Applied Climatology*, (January), 179–184. <https://doi.org/citeulike-article-id:10490403>
- Weedon, G. P., Balsamo, G., Bellouin, N., Gomes, S., Best, M. J., & Viterbo, P. (2014). The WFDEI meteorological forcing data set: Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data. *Water Resources Research*, 50, 7505–7514. <https://doi.org/10.1002/2014WR015638>