

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN EN CUATRO PAÍSES DISTANTES Y SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

Andrés F. Villalba-Barrios^{1,2}, Oscar E. Coronado-Hernández³, and Modesto Pérez-Sánchez⁴.

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, Grupo GICA, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana Campus Montería, Montería, Colombia; Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia; ocoronadoh@unicartagena.edu.co; Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

afvilbar@upv.es, andres.villalba@upb.edu.co, mopesan1@upv.es.

INTRODUCCIÓN

La gestión de los embalses en escenarios climáticos afectados por el cambio en los regímenes de lluvias cada vez es más exigente, y requieren del análisis numérico de los eventos presentados, en donde sus resultados faciliten la toma de decisiones en su operación.

Los embalses de generación de energía no solo son útiles para este fin, sino que también son agentes reguladores de los excesos y la falta de agua que se dan de forma natural en la cuenca. En donde su operación sirve para amortiguar las crecientes repentinas en época de invierno y bajar la severidad de las sequías hidrológicas, mejorando la cantidad de agua y la duración de los niveles bajos en el río.

Existen modelos matemáticos que permiten estimar si los regímenes de lluvias de una región están en los umbrales de sequías, son normales o están en condiciones húmedas. Para la sequía meteorológica existen índices que representan la variabilidad de las lluvias en referencia a su condición de precipitación normal, actualmente son muy usados el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés) (Svoboda, M., 2012), (Belayneh, A., 2012), el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI por sus siglas en inglés) (Karl, T. 1985) y el Índice Estandarizado de Precipitación y Índice de Evaporación (SPEI por sus siglas en inglés), y otros también disponibles (Mo, K. C. 2008).

La estacionalidad es uno de los factores que más influye en las sequías meteorológicas e hidrológicas (Hao, Z., 2018), en donde la inclinación del eje y la posición de la Tierra con respecto al sol inciden de manera directa en el

comportamiento del clima.

El comportamiento de los índices de sequías tiene una relación directa con la estacionalidad climática de cada punto específico del planeta, en donde las condiciones climáticas en España que está en Europa son muy distintas a la de Irán que está en Asia, aunque ambos se encuentren en el hemisferio norte, entre el Trópico de Cáncer y el Círculo Polar Ártico. Así mismo, Brasil en el continente americano y Sudáfrica en el africano se encuentran ubicados en el hemisferio sur, aunque Brasil está situado en la zona intertropical y Sudáfrica entre el Trópico de Capricornio y el Círculo Polar Antártico.

Esta variabilidad climática no es un problema al realizar comparaciones de distintos valores de SPI para distintas zonas del mundo, dado que el Índice Estandarizado de Precipitación es un parámetro normalizado en donde marca de manera clara cuál es el déficit de precipitaciones que presenta en una región específica (Svoboda, M., 2012).

Las cuencas tenidas en cuenta en este estudio, de cada país tienen una característica importante, y es que todas controlan el caudal que pasa por los ríos dado que cuentan con embalses de agua para generación de energía y para abastecimiento de agua para agricultura y ciudades.

Entender el comportamiento de las sequías lleva a establecer políticas operacionales en los embalses que maximicen la generación de energía y la distribución de agua para actividades antrópicas, en escenarios de sequías extremas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se analiza una cuenca en Brasil, específicamente en el río Jaguaribe, donde las plantas hidroeléctricas generan el 64% de la energía del país (Van Oel, 2018). Esta producción energética se ha visto afectada por el déficit de precipitación que ocurren en algunas regiones del territorio nacional brasileiro. Para el análisis multiescalar del Índice de Precipitación Estandarizado, se utilizaron valores del SPI correspondientes a la región norte de Brasil, zona expuesta a un mayor estrés hídrico y cuyo sistema fluvial está influenciado por 16 embalses con capacidad para almacenar un volumen considerable de agua. Los valores multianuales del SPI abarcan desde 1979 hasta 2015. Los datos provienen de estaciones ubicadas en la cuenca del río Jaguaribe, localizada en el norte de Brasil, la cual tiene una longitud de 610 km y un área de 75669 km² (Van Oel, 2018).

Así también, se eligió para este análisis a Irán, de donde se examinan datos de SPI para la cuenca del río Karkheh, caracterizada por un clima semiárido, con un área de 41470 km² y una longitud de 755 km. Este embalse cumple funciones de generación de energía, control de inundaciones y almacenamiento de agua para uso agrícola. El clima semiárido iraní está influenciado por la estacionalidad climática propia de su ubicación geográfica. Las sequías en Irán presentan una tendencia creciente generalizada a lo largo de las estaciones climáticas anuales (Modaresi Rad, A., 2016).

Como tercer país se toman valores de SPI en España, en el contexto del estudio de caso realizado en la cuenca del río Tajo y su afluente, el río Guadiela. Estos cursos fluviales se encuentran fuertemente regulados mediante los embalses de Entrepeñas y Buendía, respectivamente, y se utilizan para satisfacer la creciente demanda hídrica en la región mediterránea suroriental del país. La cuenca del río Tajo posee una superficie total de 80600 km², de los cuales el 69% corresponde a territorio español y el 31% a Portugal. Adicionalmente, el río Tajo tiene una longitud de 1009 km, con un 73% de su recorrido en España y un 27% en territorio portugués (Lorenzo-Lacruz, J., 2010).

Finalmente, se seleccionó Sudáfrica como cuarto país de estudio, específicamente en la cuenca del río Luvuvhu (LRC). Sudáfrica es una nación que experimenta eventos de sequía de manera recurrente. En el año 2016, enfrentó un

evento extremo asociado al fenómeno de El Niño. Para el análisis del SPI a 12 meses, se utilizó la serie temporal de la estación KA, la cual cubre el período comprendido entre 1986 y 2016. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Levuvhu, afluente del río Limpopo, el cual es regulado por tres embalses: Albasini, Vondo y Nandoni. El embalse Albasini abastece a la ciudad de Makhado, aunque no aporta directamente al caudal del sistema hídrico (Mathivha, F. I., 2020).

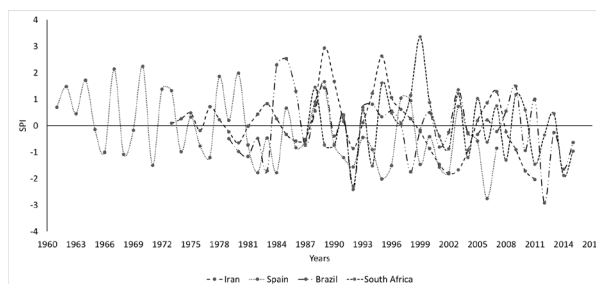


Figura 1.- Valores de SPI para Irán, España, Brasil y Sur África.

RESULTADOS

Para el análisis de las sequías se generó una gráfica que muestra el comportamiento del índice según la ubicación de los eventos presentados.

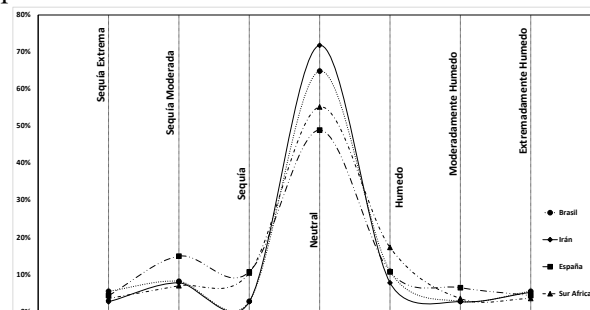


Figura 1.- Curva de concentración de valores de SPI para Irán, España, Brasil y Sur África.

En primera instancia resaltamos que los cuatro países revisados presentan mayoritariamente escenarios normales en su medición del índice estandarizado de precipitación, pero con diferencias significativas entre ellos, dado que España tiene el menor porcentaje en condiciones de normalidad con un 48.94%, lo que nos deja ver que este país está experimentando cambios importantes en los regímenes de lluvia. A este le siguen Sudáfrica y Brasil 55.17% y 64.86% respectivamente. Irán es el de menor variabilidad.

En el lado derecho de la curva se muestra el comportamiento de los valores de SPI de los

años en que se tuvo periodos húmedos, es decir, con lluvias por encima de los promedios normales. En el lado izquierdo se muestra la acumulación de valores de SPI de los años en los que se presentaron eventos de sequías.

Como se ve en la Figura 2, en el lado izquierdo, España tiene su curva por encima de los demás, lo que demuestra que la variabilidad mostrada en sus lluvias normales obedece a que están en aumento los eventos secos. España con valores de SPI ubicados en sequías acumula un 29.79%, de los cuales 4.26% están en sequía extrema, 14.89% en sequía moderada y 10.64% en sequías, lo que ha dificultado de manera clara operación de los embalses Entrepeñas y Buendía en la generación de energía, el abastecimiento de zonas urbanas e industriales y el riego agrícola.

Con el aumento de la variabilidad climática y de los regímenes de lluvias en todos los países evaluados, en donde los eventos de sequías son más recurrentes, es notable la necesidad acoplar la operación de los embalses con las mediciones de sequías y así optimizar su operación para cumplir con los crecientes requerimientos de la sociedad actual.

CONCLUSIONES

En los cuatro países analizados se nota un crecimiento de la variabilidad climática representada en el cambio de la cantidad de lluvia que se encuentra en los rangos promedios normales. Esta variabilidad está representada en el aumento de los eventos de sequías en diferentes ubicaciones geográficas del planeta.

Los eventos secos y su aumento dificultan la operación de las centrales de generación de energía y el uso del agua almacenada para diferentes usos antrópicos.

Gestionar los embalses en escenarios secos amerita un enfoque diferencial que tenga en cuenta la variabilidad de los regímenes de lluvias y la aparición con mayor frecuencia de los eventos de sequías extremos.

REFERENCIAS

Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). Standardized precipitation index: user guide.

Belayneh, A., & Adamowski, J. (2012). Standard precipitation index drought forecasting using neural networks, wavelet neural networks, and support vector regression. *Applied computational*

intelligence and soft computing, 2012, 6-6.

Karl, T. (1985). *Atlas of Monthly Palmer Moisture Anomaly Indices (1895-1930) for the Contiguous United States (Vol. 3)*. National Climatic Data Center.

Mo, K. C. (2008). Model-based drought indices over the United States. *Journal of Hydrometeorology*, 9(6), 1212-1230.

Hao, Z., Singh, V. P., & Xia, Y. (2018). Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 108-141.

Van Oel, P. R., Martins, E. S., Costa, A. C., Wanders, N., & Van Lanen, H. A. (2018). Diagnosing drought using the downstreamness concept: the effect of reservoir networks on drought evolution. *Hydrological Sciences Journal*, 63(7), 979-990.

Modaresi Rad, A., Khalili, D., Kamgar-Haghighi, A. A., Zand-Parsa, S., & Banimahd, S. A. (2016). Assessment of seasonal characteristics of streamflow droughts under semiarid conditions. *Natural Hazards*, 82(3), 1541-1564.

Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M., López-Moreno, J. I., Beguería, S., García-Ruiz, J. M., & Cuadrat, J. M. (2010). The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). *Journal of Hydrology*, 386(1-4), 13-26.

Mathivha, F. I. (2020). Drought in Luvuvhu River catchment-South Africa: assessment, characterisation and prediction (Doctoral dissertation).