

# Uso de datos de sensores remotos para la estimación de un índice para evaluar sequías

Leticia Vicario<sup>1,2</sup>, Carlos Marcelo García<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional del Agua. Centro de la Región Semiárida. Córdoba, Argentina

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

---

**Resumen**— La precipitación es considerada la variable principal a tener en cuenta para la evaluación del fenómeno extremo de la sequía meteorológica a nivel de cuenca. En Argentina, específicamente en la región central, la disponibilidad de series de precipitaciones de una longitud importante para una caracterización de los ciclos secos y húmedos, no es habitual, por lo que los estudios de sequías en esta región son limitados. Debido a esto es posible utilizar la información pluviométrica obtenida a través de misiones satelitales. En el presente trabajo se utilizan datos de precipitaciones mensuales estimadas a través de TRMM en una estación de superficie ubicada en la cuenca alta del río Suquía dentro de la región central de Argentina, para extender una serie de índices SPI calculados a partir de datos observados (1943-1999) ya que, por la metodología de dicho índice, el sesgo entre los datos observados y estimados es desestimado. En la estación utilizada, se obtuvo una serie de índices SPI de más de 70 años para la caracterización de las sequías meteorológicas.

**Palabras clave**— Precipitación– TRMM – Índice SPI – Sequía meteorológica.

---

**Abstract**— Precipitation is considered the main variable for the evaluation of the extreme phenomenon such as the meteorological drought in a basin. In Argentina, specifically in the central region, the availability of rainfall series of an important length for a characterization of dry and wet periods is not usual, so drought studies in this region are limited. Due to this it is possible to use the rainfall information obtained through satellite missions. In this study, monthly rainfall estimated through TRMM are used in a station located in the upper basin of the Suquia River (central region of Argentina) to extend a series of SPI indices calculated from observed data (1943-1999), since by the methodology of this index, the bias between observed and estimated data is discarded. At the station used, a series of SPI indexes of more than 70 years were obtained for the characterization of meteorological droughts.

**Keywords**— Observed precipitation - TRMM – SPI Index - Meteorological drought

---

## INTRODUCCIÓN □

Para la evaluación y monitoreo de las sequías meteorológicas a nivel de cuenca, la precipitación es considerada la variable principal a tener en cuenta, por lo cual es conveniente contar con series de datos históricos consecutivos de una longitud considerable, con la finalidad de observar distintas características del fenómeno. En Argentina, los antecedentes relacionados a la sequías tienen, predominantemente, un enfoque climático y agrícola (Scian y Donnari, 1997; Hartmann et al., 2003; Havrylenko et al., 2013) o bien, forman parte de un estudio con otros ejes temáticos (Scarpati y Capriolo, 2013); con distintas características de las series de datos utilizadas.

Específicamente en la región central de Argentina, la disponibilidad de información de variables hidrometeorológicas durante periodos prolongados de tiempo es escasa, por lo que los estudios de sequías en esta región son limitados.

Se destaca la importancia de estudiar y buscar nuevas herramientas de estimación de datos de precipitaciones a nivel de cuenca, tal como el uso de información remota registrada por satélites.

En noviembre de 1997 comenzó la misión satelital TRMM (por sus siglas en inglés de la Misión Tropical de Medición de Precipitaciones) desarrollada en forma conjunta entre la NASA y la agencia japonesa de exploración aeroespacial: JAXA, con el fin de estudiar las precipitaciones para investigaciones climatológicas. La misión TRMM finalizó en Abril del año 2015, ofreciendo alrededor de 17 años de información para la investigación y

Leticia Vicario. Instituto Nacional del Agua. Centro de la Región Semiárida. Av. Ambrosio Olmos N° 1142. 1er. Piso. Ciudad de Córdoba. Provincia de Córdoba. Arg. (X5000JGT).  
lvicariotm@gmail.com

mejora del conocimiento sobre el clima y las precipitaciones. Estos datos admiten aplicaciones para la evaluación de la dinámica hidrológica, en distintas regiones (Campos et al., 2014).

En general, los valores de lluvia estimados a través de satélites presentan errores de distinto tipo y por distintas causas (Semiere et al., 2012). Rasmussen et al., (2013) mostró que es necesario examinar el sesgo de los valores obtenidos por TRMM ya que puede afectar la percepción de la climatología y de la hidrología en regiones relativamente áridas.

Este trabajo se basa en lo observado por Vicario *et al.* (2017) al utilizar datos de precipitaciones de TRMM para el cálculo de un índice representativo de las sequías meteorológicas, el cual implica una normalización de los valores y por ende el sesgo es desestimado. De esta manera se considera que es posible evaluar la evolución temporal de las sequías meteorológicas a través de un índice pertinente, utilizando información de sensores remotos previamente validada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La cuenca alta del río Suquía, también llamada cuenca del dique San Roque, tiene su sección de cierre en dicho dique. El dique es una presa de gravedad, de hormigón que está en funcionamiento desde el año 1944, ubicada a unos 40 kilómetros, hacia el oeste de la ciudad de Córdoba. Su cuenca de aporte posee una superficie 1750 km<sup>2</sup> y se ubica en el Valle de Punilla, provincia de Córdoba (Figura 1). La misma se encuentra definida al norte por el dorso de La Cumbre; al sur por el Cordón de Santiago, al oeste por las divisorias de las aguas del Río Pintos, de la Pampa de San Luis y de la Sierra Grande. Los dos tributarios principales son los ríos San Antonio y Cosquín, mientras que en menor medida lo son los arroyos Las Mojarras y Los Chorrillos. En el sector Este del perillago se encuentra emplazada la estación pluviométrica San Roque la perteneciente a la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba, la cual posee datos observados desde el año 1943 hasta 1999 (Figura 2).

La importancia del sistema que conforman la cuenca alta del río Suquía y la obra hidráulica del dique San Roque radica en sus objetivos múltiples; entre los que se destacan: el abastecimiento de agua potable a la zona norte de la ciudad de Córdoba, siendo ésta una de las principales ciudades del país; la contención de crecidas en períodos de excesos hídricos, la generación hidroeléctrica y la provisión de agua para riego a la región, además cabe destacar el permanente desarrollo de la actividad turística en la cuenca. Con las demandas mencionadas, la gestión integrada del recurso hídrico es fundamental y para ello es importante caracterizar los periodos de sequías.

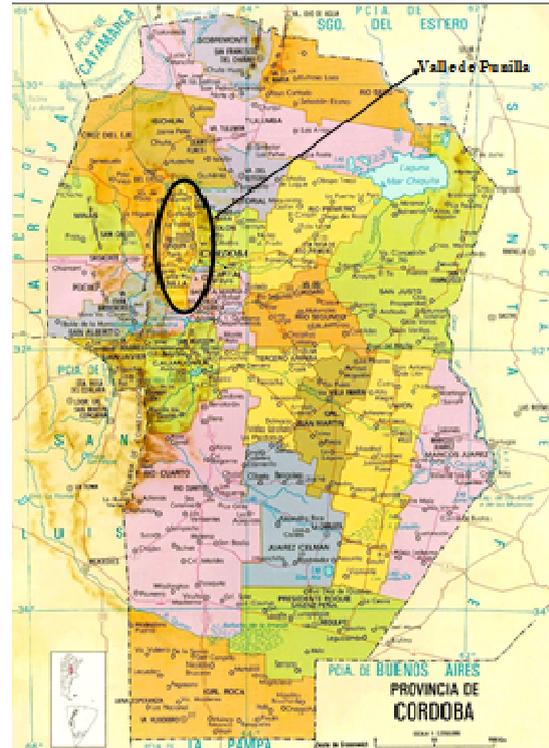


Fig. 1. Ubicación del Valle de Punilla. Provincia de Córdoba.

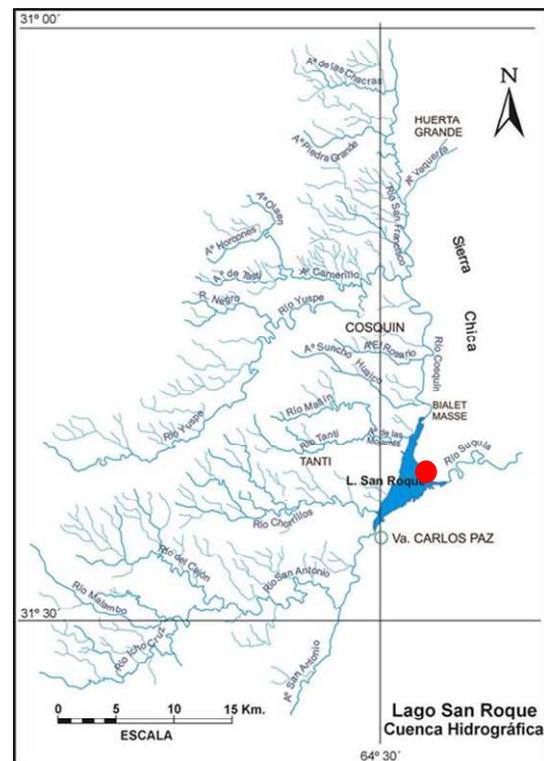


Fig. 2. Cuenca hidrográfica alta del río Suquía. Se destaca la estación pluviométrica San Roque (marca roja)

## Información utilizada

Para el análisis de sequías en la cuenca alta del río Suquia, Vicario (2008) utilizó la serie de precipitaciones mensuales observadas de la estación San Roque. Esta serie tiene 57 años de registros y se extiende hasta 1999 (Figura 3) siendo la serie con mayor longitud de datos observados en la mencionada cuenca.

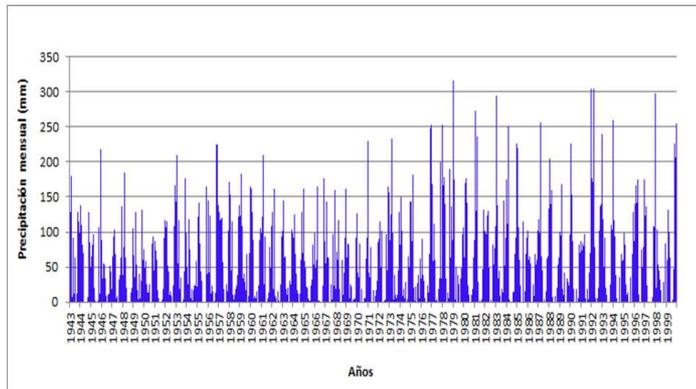


Fig. 3. Precipitaciones mensuales de la estación San Roque (1943-1999)

Con la finalidad de prolongar la serie de precipitaciones existentes, se utilizaron valores de precipitaciones estimadas a través de la TRMM en las misma ubicación geográfica (definidas por coordenadas) correspondiente a las estación con registros en superficie. Se obtienen datos de precipitaciones diarias a partir del año 1998 hasta el año 2015, los cuales fueron procesados y agregados en paso de tiempo mensual.

## Índice SPI

Se utiliza el Índice estandarizado de precipitaciones, SPI (por sus siglas en inglés: Standardized Precipitation Index) propuesto por McKee et al. (1993). El SPI fue diseñado para mejorar la detección del comienzo de la sequía y para el monitoreo de la misma; el mismo se fundamenta en las probabilidades de ocurrencia de precipitación para un período dado.

La Organización Meteorológica Mundial (2012) indica que el cálculo del SPI para una localidad se basa en el registro de precipitaciones a largo plazo para un período deseado, sin considerar otras variables tales como las condiciones del suelo o la evapotranspiración. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades y a continuación se transforma en una distribución normal de modo que el SPI medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997). Este índice puede estimarse en distintos intervalos del tiempo (2, 6, 9 o 12 meses). Los valores de clasificación para el SPI se presentan en la Tabla 1.

Velasco y Aparicio (2004) mencionan que es el índice que sintetiza más apropiadamente las características de la sequía como fenómeno natural, partiendo del principio de que la precipitación pluvial (lluvia) es parte fundamental del ciclo hidrológico.

Se define una sequía cuando el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de 1,0 o inferior, y continúa

hasta que el SPI se torna positivo. La duración de la sequía es definida por el intervalo entre el comienzo y el final del período.

TABLA 1. Valores característicos del índice estandarizado de precipitación (SPI) (McKee et al., 1993)

Valor SPI	Categoría de sequía
>2,00	Extremadamente húmedo
1,99 a 1,50	Muy húmedo
1,49 a 1,00	Moderadamente húmedo
0,99 a -0,99	Normal
-1,00 a -1,49	Sequía moderada
-1,50 a -1,99	Sequía severa
<-2,00	Sequía extrema

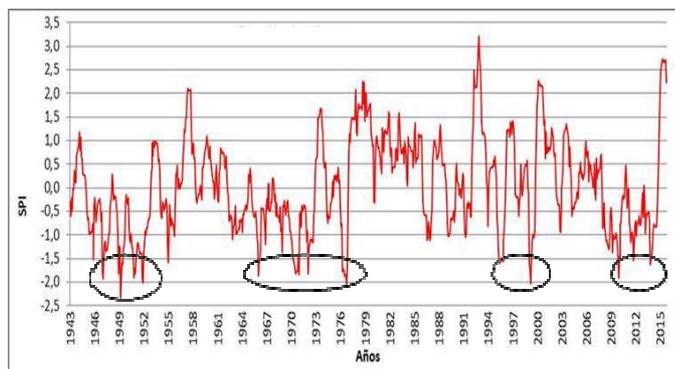
La Organización Meteorológica Mundial (2012) destaca las siguientes ventajas de dicho índice:

- Es flexible: se puede calcular para diversas escalas temporales
- Mediante los SPI de escalas temporales cortas, por ejemplo, de uno, dos o tres meses, se pueden ofrecer avisos tempranos de sequía y se puede ayudar a evaluar la severidad de la sequía.
- Tiene coherencia espacial: permite realizar comparaciones entre distintas localidades con climas distintos.
- Su carácter probabilístico le otorga un contexto histórico, muy adecuado para la adopción de decisiones.

## RESULTADOS

En la Figura 4 se observa la serie completa de los valores del índice SPI (12 meses) para el periodo 1943-2015 estimados con la serie de datos observados (1943-1999) y completada con datos de precipitaciones obtenidas con TRMM hasta el año 2015.

Se pudieron observar periodos de sequías severas y extremas hacia finales de la década del '40 y principios de la década del '50; luego se identifica un periodo de aproximadamente de 10 años, desde la segunda mitad de la década del '60 hasta 1977. También se observan periodos de sequías intensas, aunque de menor duración en la segunda mitad de la década del '90 y hacia finales de la década del 2000 hasta el año 2014 aproximadamente.



**Fig 4.** Índice SPI (período 1943-2015) obtenida a partir de registros observados y estimados de TRMM, en la estación San Roque. Se destacan los periodos con sequías severas y extremas.

## CONCLUSIONES

Fue posible extender 16 años la serie calculada a partir de datos observados de un índice representativo de sequías meteorológicas, tal como el SPI, en la estación San Roque, con la utilización de datos de precipitaciones estimadas por TRMM en la misma localización.

De esta manera se logró obtener una serie del índice SPI de 73 años; lo que permite observar los periodos secos intensos (además de periodos húmedos, entre otros) en una estación de una cuenca de gran interés regional, tal como lo es la cuenca alta del río Suquia.

## REFERENCIAS

- [1] Campos, A. N., Figueroa Schibber, E. y García, A. G. 2014. Evaluación de la información satelital para el estudio de la dinámica hidrológica de la Llanura Pampeana. 2º Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos. Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires, Argentina.
- [2] Edwards, D. C. and McKee T. B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report 97-2, Departamento de Ciencia Atmosférica, Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins, Colorado.
- [3] Hartmann, T., Di Bella, C. and Oricchio, P. 2003. Assessment of the possible drought impact on farm production in the SE of the province of Buenos Aires, Argentina. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 57 (4), 281-288.
- [4] Havrylenko, S. B., Bodoque, J. M., Zucarelli, G. V. and Mercuri, P. A. 2013. Agricultural drought analysis in the Arrecifes basin [Pampa region, Argentina] using the SWAT model. In International SWAT Conference & Workshops. Toulouse, Francia.
- [5] McKee, T.B., Doesken N. J. and Kliest, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, Anaheim, CA. American Meteorological Society. Boston, MA. 179-184.
- [6] NASA Homepage 2015. Sitio web: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/> (consulta: marzo 2016) National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA. Sitio web: <http://www.aoml.noaa.gov> (consulta Diciembre de 2015).
- [7] ONU- Habitat. Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos Humanos. 2012. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe. ISBN Serie 978-92-1-133397-8 ISBN 978-92-1-132469-3.
- [8] Organización Meteorológica Mundial. 2012. Índice normalizado de precipitación Guía del usuario © OMM-No 1090. ISBN 978-92-63-31090-3.
- [9] Rasmussen, K. L., Choi, S. L., Zuluaga, M. D. and Houze R. A. Jr. 2013. TRMM precipitation bias in extreme storms in South America. Geophysical Research Letters, 40, 3457-3461, doi:10.1002/grl.50651.

- [10] Scarpati, O. E. y Capriolo, A. D. 2013. Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. Vol 2013 (82), 38-51.
- [11] Scian, B. and Donnari, M. 1997. Retrospective analysis of the Palmer Drought Severity index in the semi-arid pampas region, Argentina. International Journal of Climatology, 17(3), 313-322.
- [12] Semiere F. A., Mohd –Mokhtar R., Ismail W., Mohamad N. and Mandeep, J.S. 2012. Ground validation of space-borne satellite rainfall products in Malasya. Advances In Space Research 50: 1241-1249.
- [13] Velasco I. y Aparicio, J. 2004. Evaluación de índices de sequía en las cuencas de afluentes del río Bravo/Grande. Ingeniería Hidráulica en México, XIX (3), 37-53.
- [14] Vicario, L. 2008. Evaluación de las sequías hidro-meteorológicas en la cuenca del dique San Roque, Córdoba. Tesis de Maestría. FCEFYn. Universidad Nacional de Córdoba, 190 pp.
- [15] Vicario, L., García, C.M. y Domínguez, F. 2017. Validación de precipitaciones mensuales estimadas con TRMM para estudios de sequías meteorológicas. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. ISSN 2007-2422. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (trabajo en evaluación)