

# ANÁLISIS DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO TEPALCATEPEC

Iván González Arreguín, Luis Daniel Oseguera Toledo, Omar Lucas Urbina,  
Sonia Tatiana Sánchez Quispe y Julio C. Orantes A.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

E-mail: ivan.g.92.a@hotmail.com, luidan27@gmail.com, orlucas53@gmail.com, soniatsq@hotmail.com, julio.orantes@gmail.com

## Introducción

Las áreas que presentarían valores de alta vulnerabilidad ante las sequías tienen correspondencia con las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, así como los lugares donde se concentra la población y las actividades económicas. En el caso de México, se pueden presentar en el centro del país. Los estados de Baja California, Coahuila, Jalisco, Colima, Nayarit, Querétaro, Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Sonora e Hidalgo tendrían más del 68% de su superficie con un alto grado de vulnerabilidad a la desertificación (Pérez, 2016).

La cuenca del Río Tepalcatepec RH18J se encuentra ubicada en la zona Pacífico Centro de México entre los estados de Jalisco y Michoacán, con una superficie de 11,668 km<sup>2</sup>, pertenece a la Región Hidrológica RH18 del Balsas, tiene como corriente principal el Río Tepalcatepec, con una longitud de 241 kilómetros, cuenta con 4 presas de almacenamiento (Vicente Villa Señor, San Juanico, Los Olivos y Apatzingán de la Constitución de 1814, siendo esta última la de mayor importancia con un volumen útil de 320 hm<sup>3</sup>).

La población que alberga esta cuenca es de 500 000 habitantes concentrándose la mayor parte en la cuenca media y baja, con una demanda urbana aproximada de 28 hm<sup>3</sup>, cuenta también con una superficie de riego de 120 000 ha, con un requerimiento de agua anual de 530 hm<sup>3</sup>. La precipitación media anual de la cuenca es de 864 mm, considerándose un clima semiárido.

Es importante tener una correcta gestión de recursos hídricos, que entre otros aspectos requiere que se estimen las sequías. Existen diversas variantes de la sequía, en estas se incluyen, la sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola, sequía socioeconómica (Mishra y Singh, 2010).

El objetivo principal de este trabajo es calcular y analizar las sequías meteorológicas e hidrológicas en la Cuenca del Río Tepalcatepec.

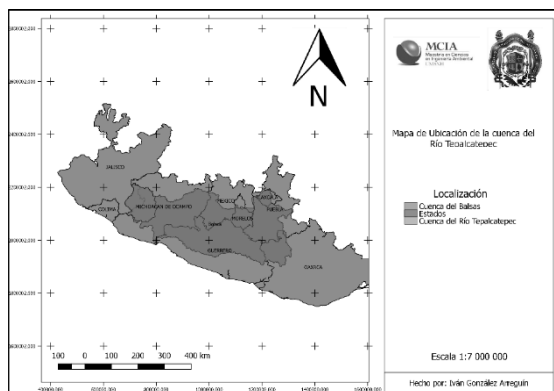


Figura 1.- Localización de la cuenca de estudio.

La sequía meteorológica o climatológica está basada en datos climáticos y es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un periodo de tiempo determinado (Marcos, 2001). Ante la dificultad de establecer una duración y magnitud del déficit pluviométrico válidas para

áreas geográficas, algunas definiciones de sequía meteorológica optan por no especificar umbrales fijos. La sequía hidrológica involucra el periodo durante el cual los caudales son inadecuados para satisfacer los usos establecidos bajo un determinado sistema de gestión de aguas.

McKee y otros (1993) han propuesto el índice de Precipitación Estandarizado (IPE) para definir y dar seguimiento a la sequía como un indicador basado en la probabilidad de lluvia, en cualquier periodo de tiempo. El cálculo del IPE 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 normal, de manera que el IPE medio para el lugar y periodo sea cero.

## Metodología

El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI por sus siglas en inglés: Standardized Precipitation Index) se estimó a partir de la serie histórica de precipitaciones mensuales en el periodo comprendido entre 1980 y 2017. La serie se ajustó a la distribución de probabilidad Gamma y posteriormente se normalizó. Una vez que el SPI estuvo normalizado, tanto los periodos húmedos como los secos se representaron de la misma manera y aplicando este índice se hizo un seguimiento del sitio en el periodo de estudio (McKee, 1993).

Tabla 1.- Categorías de intensidad de sequía meteorológica.

Valores SPI	Categoría de sequía	Categoría en tiempo
0 to -0.99	Sequías medias	-0.24
-1.00 to -1.49	Sequía moderada	0.092
1.50 to -1.99	Sequía severa	0.044
≤-2.00	Sequía extrema	0.023
		-0.4

La sequía hidrológica para este trabajo fue calculada con el Índice de Sequías en Escurrimiento Superficial (SDI por sus siglas en Inglés: Standardized Drought Index), asumiendo que las series de volúmenes de escurrimiento mensuales  $Q_{i,j}$  están disponibles,  $i$  denota el año hidrológico y  $j$  el mes dentro del año hidrológico ( $j=1$  para octubre). Basado en las series obtenidas se tiene:

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad i = 1,2 \dots \quad j = 1,2, \dots, 12 \quad k = 1,2,3,4$$

Donde  $V_{i,k}$  es el volumen de escurrimiento superficial acumulado para el  $i$ -ésimo año hidrológico y el  $k$ -ésimo periodo de referencia,  $k=1$  para octubre-diciembre,  $k=2$  para octubre-marzo,  $k=3$  para octubre-junio, y  $k=4$  para octubre-septiembre.

Basado en el volumen de escurrimiento superficial acumulado  $V_{i,k}$  el SDI fue definido por cada periodo de referencia de el  $i$ -ésimo año hidrológico como sigue:

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_{k_i}}{s_k} \quad i=1,2,\dots, \quad k=1,2,3,4$$

Donde  $\bar{V}_k$  y  $s_k$  son respectivamente la media y la desviación estándar del escurrimiento superficial acumulado de referencia en el periodo  $k$  (Nalbantis, 2008).

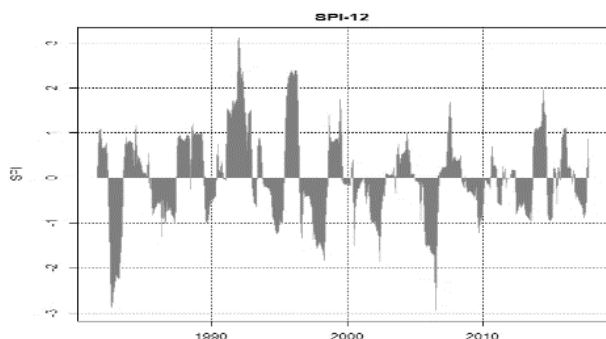
Los resultados obtenidos fueron comparados con la siguiente tabla para estimar el grado de sequía del cauce.

**Tabla 2.-** Categorías de intensidad de sequía hidrológica.

Estado	Descripción	Criterio	Probabilidad (%)
0	No sequía	$SDI \geq 0.0$	50
1	Sequía media	$-1 \leq SDI < 0.0$	34.1
2	Sequía moderada	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	9.2
3	Sequía severa	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	4.4
4	Sequía extrema	$SDI < -2.0$	2.3

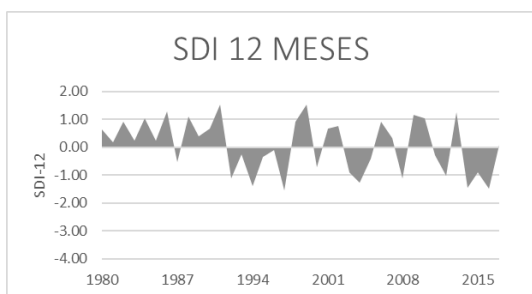
## Resultados

Es muy difícil proporcionar una interpretación absoluta de la sequía, porque su significado físico varía según cada región. (Dagbegnon, 2017). Sin embargo, los resultados del SPI, muestran que hubo un episodio de sequía extrema a principios de la década de 1980. De ahí en adelante se estimaron sequías moderadas en la década de 1990 y de 2010 a la fecha, se observa otro periodo de sequías medias recurrentes año a año. (Figura 2).



**Figura 2.-** SPI-12 de la Cuenca del Río Tepalcatepec.

Por otro lado, en el SDI de 1980 a 1992 prácticamente se puede observar que no existieron sequías meteorológicas, no así, en el periodo de 1992 a 1996 se observa un periodo de sequías meteorológicas moderadas, en el 2006 y 2010 un episodio de sequía media y de 2015 a 2017 sequía moderada consecutivo sin recuperación (Figura 3).



**Figura 3.-** SDI-12 de la Cuenca del Río Tepalcatepec.

En el cálculo del SPI se alcanza a observar la recuperación existente a finales del año 2017 debido a un incremento en la precipitación, en el SDI ya no se alcanza a notar en el cálculo del SDI dicha recuperación, con esto y con la observación de distintos periodos se resalta que no existe firme relación temporal entre la ocurrencia de sequías meteorológicas e hidrológicas porque como lo explica Huang (2017) son independientes ya que existe una gran cantidad de factores que influyen en esto, además de la mano del hombre.

## Conclusiones

En la cuenca del Río Tepalcatepec se presentan sequías hidrológicas y meteorológicas medias y moderadas que pueden ser mitigadas con una correcta gestión de los recursos hídricos, es por esto que, es importante el conocimiento de la cuenca y predecir posibles eventos que se puedan presentar para poder adoptar medidas que amortigüen efectos relacionados tanto con existencia de sequías operativas (Haro, 2014) como del cambio climático (Marcos-García, 2017).

Se tiene entonces con el SPI y SDI, índices para un cálculo práctico del estado de sequías en la cuenca que nos permitirán actuar ante las mencionadas situaciones.

## Referencias

- Pérez, M. J. (2016).** "Evaluación del riesgo de sequía en la Cuenca del Río Tepalcatepec RH18J". Tesis de Maestría, MCIA UMSNH, febrero de 2016.
- Mishra, A. K., y Singh, V. P. (2010).** "A review of drought concepts". *Journal of Hydrology*. Elsevier.
- Dagbegnon, S. (2017).** "Bridging drought and climate aridity". *Journal of Arid Environments*, 144, 170-180.
- Marcos, V. O. (2001).** "Sequía, definiciones, tipologías y métodos de cuantificación". *Investigaciones Geográficas*. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. 26 59-80.
- McKee, T. B., N. J., Doesken, and J. Kleist. (1993).** "The relationship of drought frequency and duration to time scales". *Conference on applied Climatology, California, American Meteorological Society*, 179-184.
- Nalbantis, I. (2008)** "Evaluation of a Hydrological Drought Index", *European Water*, 23/24,67-77,2008.
- Huang, S., Li P., Huang, Q., Leng, G., Hou, B., Ma, L. (2017)** "The propagation from meteorological to hydrological drought and its potential influence factors", *Journal of Hydrology*, 547,184-195,2017.
- Haro, D., Solera, A., Pulido-Velázquez M., Pedro-Monzoníz, M., Andreu, J. (2014)** "Optimal Management of the Jucar River and Turia River Basins under Uncertain Drought Conditions", *Procedia Engineering*, 89, 1260-1267, 2014.
- Marcos-García, P., López-Nicolás, A., Pulido-Velázquez, M.,(2017)** "Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin", *Journal of Hydrology*, 554,292-305,2017.