

## Evaluación de la disponibilidad de agua para los diferentes usos consuntivos del estado de Guanajuato a través del índice de escasez hídrica

David Alonso Rocha Díaz<sup>1</sup>, Mayra Guadalupe Vázquez Rodríguez<sup>1</sup>, Juan Enrique Collazo Aranda<sup>1</sup>, María de Lourdes Rodríguez Morales<sup>1</sup>, Jimena Vázquez Cisneros<sup>1</sup>, Ismael Orozco Medina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Av. Juárez 77, Zona Centro, Guanajuato, 36000, México; da.rochadiaz@ugto.mx, mg.vazquez.rodriguez@ugto.mx, je.collazoaranda@ugto.mx, mdlrodriguezmorales@ugto.mx, j.vazquezcisneros@ugto.mx

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Av. Juárez 77, Zona Centro, Guanajuato, 36000, México; i.orozco@ugto.mx

### Resumen

Uno de los instrumentos de mayor relevancia en la gestión de los recursos hídricos es estimar la disponibilidad del agua en una región, ya que a partir de sus magnitudes se podrán establecer los niveles de escasez o abundancia, asignar equitativamente los requerimientos de los usuarios o llevar a cabo la planeación del recurso agua a corto, mediano o largo plazo. Es por la gran relevancia del tema que en esta investigación se evalúa la disponibilidad hídrica a través de un índice de escasez hídrica en cada uno de los municipios pertenecientes al estado de Guanajuato. Lo anterior, bajo el antecedente de que la disponibilidad de Guanajuato en los últimos años ha ido declinando debido a la alta demanda de cada uno de los usos consuntivos y de que la implementación del índice como herramienta de apoyo a los tomadores de decisión les permitirá una gestión óptima del recurso hídrico.

**Palabras clave:** disponibilidad; índice de escasez hídrica, grado de estrés.

### Introducción

Uno de los instrumentos de mayor relevancia en la gestión de los recursos hídricos es estimar la disponibilidad del agua en una región, ya que a partir de sus magnitudes se podrán establecer los niveles de escasez o abundancia, asignar equitativamente los requerimientos de los usuarios o llevar a cabo la planeación del recurso agua a corto, mediano o largo plazo (Breña y Breña 2007). Más de 35 millones de mexicanos viven con escasez extrema de agua; arriba de 43 millones con disponibilidad baja. De continuar los actuales esquemas de uso y aprovechamiento ineficiente de los recursos hídricos, el futuro de México se ve seriamente amenazado (Breña y Breña 2007). Según los datos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2020) de la Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA) tanto las fuentes superficiales como las subterráneas de algunos municipios del país han sido declaradas sin disponibilidad en el año 2020 (figura 1). A nivel del estado de Guanajuato sus características climáticas y las crecientes demandas han limitado la disponibilidad de las aguas superficiales, por lo que se ha recurrido de forma masiva a la extracción de agua subterránea, convirtiéndose ésta en la principal fuente de abastecimiento del estado. De acuerdo con la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2016), en el estado hay 15,297 pozos activos que anualmente extraen 3,824 millones de m<sup>3</sup>/año versus los 2,783 millones de m<sup>3</sup>/año que son recargados y que implican un déficit de un 1,041 millones de m<sup>3</sup>/año. Esta situación genera abatimientos promedio de 2 m/año llegando en algunos lugares hasta 5 m/año. A pesar de los datos oficiales anteriores existe un desconocimiento de cual es el grado de escasez hídrica del estado y también a nivel municipal, haciendo fundamental dimensionar o cuantificar la situación de escasez por la que atraviesa el estado.



Figura 1. Disponibilidad de agua, México 2020.

Con base en lo anterior, resulta de gran relevancia evaluar la disponibilidad hídrica a través de un índice de escasez en cada uno de los municipios pertenecientes al estado de Guanajuato. Para con ello, mejorar la planeación, administración, gestión y manejo integral del recurso hídrico del Estado de Guanajuato.

## Caso de estudio

En la presente investigación se eligió como caso de estudio el estado de Guanajuato que tiene una extensión de 30,608 km<sup>2</sup>, lo que representa 1.6 % de la superficie del territorio nacional (figura 2). Su capital es la ciudad de Guanajuato, se divide en 46 municipios. Se encuentra ubicado en el Bajío de la región centro del país, limita al sur con Michoacán, al oeste con Jalisco, al norte con Zacatecas y San Luis Potosí y al este con Querétaro.

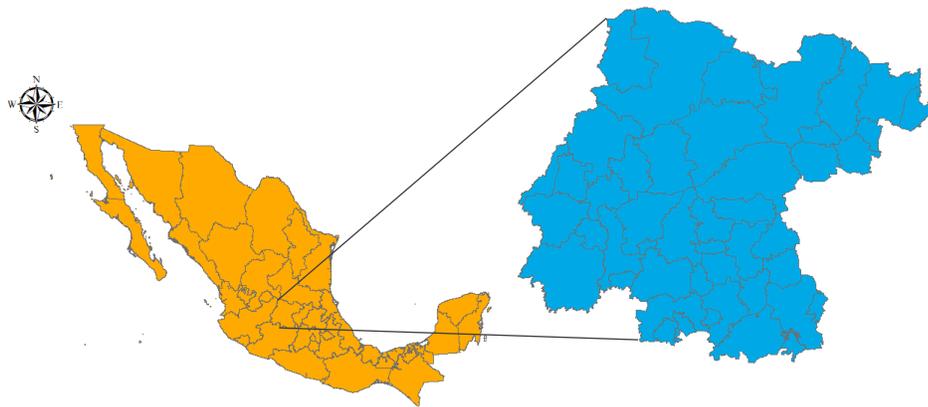


Figura 2. Ubicación geográfica del estado de Guanajuato.

El 43% de la superficie del estado está representado por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región norte; el 33% de la superficie, hacia la parte suroeste y este, se presenta el clima cálido subhúmedo y el 24% restante presenta clima templado subhúmedo. La temperatura media anual es de 18°C. La temperatura promedio más alta es alrededor de 30°C, se presenta en los meses de mayo y junio y la más baja, alrededor de 5.2°C, en el mes de enero. Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de aproximadamente 650 mm anuales. Debido al tipo de suelo y clima, Guanajuato es un estado que se caracteriza por su producción agrícola de cultivos tales como maíz, frijol, cebada, trigo, linaza, garbanzo, además de durazno, manzana ajo, alfalfa, avena, cebada, centeno, jitomate, remolacha, sorgo y chabacano entre otros (INEGI, 2020).

## Metodología

En la evaluación se ha propuesto usar el índice de escasez hídrica (WSI, por sus siglas en inglés) al ser uno de los más utilizados para determinar el grado de afectación de un sistema. El WSI ha sido propuesto por Vörösmarty et al. (2005) e inicialmente fue llamado índice de uso relativo local del agua. El WSI fue completado por Smakhtin et al. (2004) incluyendo los requerimientos ambientales de agua ( $EWR_i$ , por sus siglas en inglés). La ecuación para la obtención del WSI usada en la presente investigación es la siguiente:

$$WSI = \frac{W_I}{WA_I - EWR_I} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde  $W_I$  es la demanda de agua anual para diferentes usos ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) y  $WA_I$  es la disponibilidad natural de agua superficial y subterránea ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ). Tanto la disponibilidad natural de agua superficial como subterránea ha sido obtenida del portal del SINA de CONAGUA (<http://sina.conagua.gob.mx/sina/>). La demanda de agua natural para diferentes usos es obtenida del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). En la tabla 1 se muestran los rangos de clasificación usados para establecer el grado de estrés del área de estudio.

*Tabla 1. Clasificación del WSI (Hernández-Romero et al. 2019).*

Grado	Valor
Sin Estrés	$WSI < 0.1$
Bajo	$0.11 < WSI > 0.2$
Medio	$0.21 < WSI > 0.4$
Alto	$0.41 < WSI > 0.8$
Muy Alto	$0.81 < WSI > 1.0$
Extremadamente Alto	$WSI > 1.0$

## Resultados

El periodo seleccionado para la aplicación del WSI han sido los años 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2020. Este periodo ha sido seleccionado debido a que es la única información disponible en el portal SINA-CONAGUA. Al aplicar la ecuación 1 se ha obtenido que la mayor parte de los municipios del estado de Guanajuato presentan escasez hídrica extremadamente alta con WSI superiores al 1.0. Asimismo, para todos los años evaluados los municipios colindantes a San Luis Potosí y pertenecientes al acuífero de Xichú-Atajea están por debajo del WSI muy alto. En el análisis se ha podido observar que el año 2017 es el más crítico (figura 3) y nuevamente los municipios del acuífero Xichú-Atajea presentan disponibilidad hídrica condicionada por ser el único acuífero sin déficit en el estado. En el mismo contexto, en el año 2020 se observaron indicios de recuperación de algunos municipios al pasar de un WSI extremadamente alto a muy alto (figura 4). Lo anterior, influenciado por el aumento de las precipitaciones y por ende el de la disponibilidad superficial.

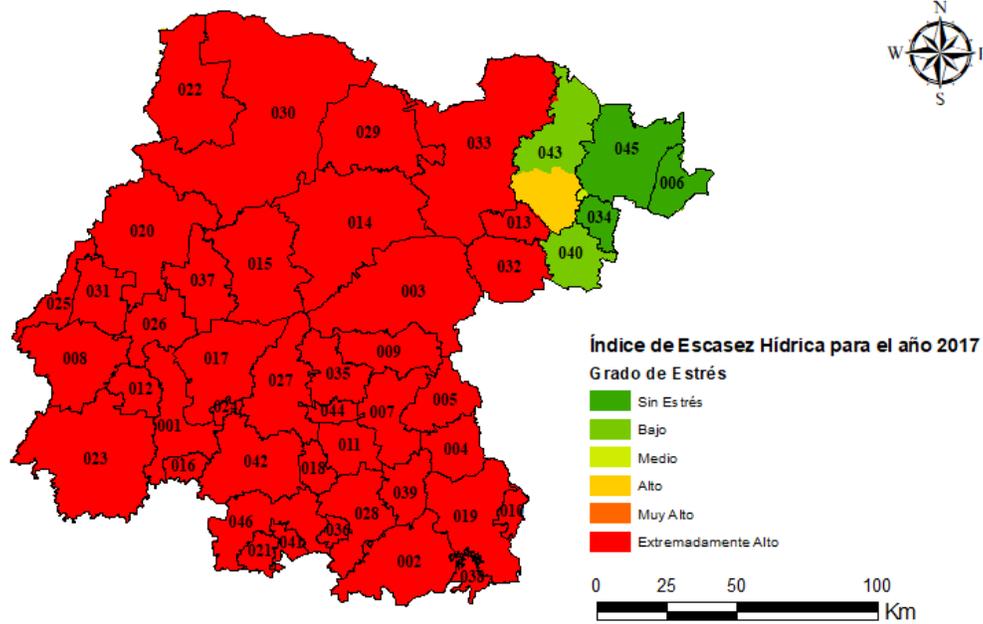


Figura 3. Índice de escasez hídrica para el año 2017 en Guanajuato.

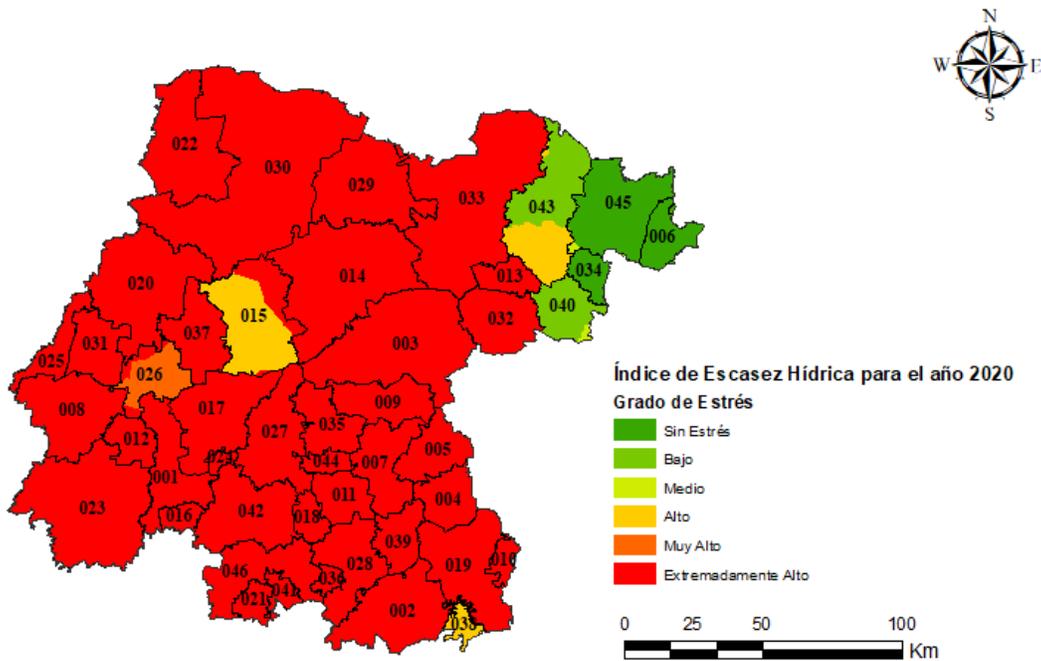


Figura 4. Índice de escasez hídrica para el año 2020 en Guanajuato.

## Conclusión

El uso del índice de escasez hídrica implementado en esta investigación ha permitido establecer los niveles de escasez o abundancia de los 46 municipios que componen el estado de Guanajuato. Los resultados obtenidos en la investigación denotan que para el periodo evaluado existe un grado de estrés hídrico extremadamente alto. Asimismo, han permitido demostrar la gran influencia que tiene sobre este índice la disponibilidad subterránea como ha sido el caso de los municipios dependientes del acuífero Xichú-Atajea.

## Agradecimientos

A la Universidad de Guanajuato y al órgano colegiado a cargo de los veranos de investigación UG-2022 por brindarnos la oportunidad y el financiamiento para participar en esta investigación.

## Referencias

- Breña, A. F., Breña, J.A. (2007). Disponibilidad de agua en el futuro de México. *Ciencia*, 64-71.
- CEAG (2016). Pozos y agua subterránea. [https://agua.guanajuato.gob.mx/disponibilidad\\_2.php](https://agua.guanajuato.gob.mx/disponibilidad_2.php)
- Hernández-Romero, P., Patiño-Gómez, C., Corona, B., Martínez, P.F. (2019). Índice de escasez: ¿Un indicador de disponibilidad o una herramienta para la gestión del agua? *Entorno UDLAP*, 9. <https://entorno.udlap.mx/indice-de-escasez-un-indicador-de-disponibilidad-o-una-herramienta-para-la-gestion-del-agua/>
- INEGI (2020). Economía y Sectores productivos. <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>
- Smakhtin, V., Revenga, C. y Döll, P. (2004). Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments. Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat.
- Vörösmarty, C. J., Douglas, E. M., Green, P. A. y Revenga, C. (2005). Geospatial Indicators of Emerging water stress: An Application to Africa. *AMBIO*, 34(3), 230-236.