

► Scarcity index: A water availability indicator or a tool for water management?

ÍNDICE DE ESCASEZ: ¿Un indicador de disponibilidad o una herramienta para LA GESTIÓN DEL AGUA?

NOTA BREVE

Por: Paul Hernández-Romero · Carlos Patiño-Gómez · Benito Corona Vásquez · Polioptro F. Martínez Austria



EL USO
GLOBAL DEL
AGUA



AUMENTÓ
UNA TASA
APROXIMADA

DEL 20%
ENTRE 1960
Y EL 2000

Y

DEL 10%
ENTRE 2000 Y
EL 2010

Para el año
2050
se proyecta que
la disponibilidad
de agua per
cápita se reduzca
en promedio en
un **50%** con
condiciones
climáticas
normales.

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en una región o cuenca se presenta cuando los suministros de este recurso natural ya no son adecuados para cubrir los requerimientos de agua para diferentes usos, incluyendo el medio ambiente. Es decir, cuando la cantidad demandada de los cuerpos de agua (superficial y subterránea) es mayor en cierto porcentaje que el escurrimiento superficial y el volumen de agua en acuíferos. Así, el estrés hídrico se agrava en regiones donde hay una alta tasa de crecimiento poblacional y cambios continuos en los esquemas de consumo debido a la variabilidad climática. El recurso hídrico está cada vez más estresado con el aumento de la escasez en los diferentes niveles

geográficos (regiones, países, estados y cuencas hidrológicas). El uso global de agua aumentó en una tasa aproximada de 20% por década entre 1960 y 2000, y de 10% entre el año 2000 y el 2010, con claras diferencias cuando se hace un análisis regional, de entre 15 y 32% (Vörösmarty, Lévêque y Revenga, 2005).

Dado que la disponibilidad de agua en cada región varía en espacio y tiempo, actualmente sólo el 25% de la población mundial está asentada en cuencas con «abundancia» relativa de agua, quedando el 75% restante con un estrés hídrico de moderado a grave. Para el 2050, se proyecta que la disponibilidad de agua per cápita se reduzca en promedio en un 50% con condiciones climáticas normales, sólo como resultado del incremento poblacional.

ANTECEDENTES

Con base en lo anterior, uno de los criterios utilizados para establecer la disponibilidad de agua en una región o cuenca es conocer el grado de presión ejercido sobre el recurso hídrico o el índice de escasez hídrica (WSI, por sus siglas en inglés). De los índices basados en extracciones de agua, uno de los más utilizados es el WSI, propuesto inicialmente por Vörösmarty et al. (2005), al que también llamó índice de uso relativo local del agua. La clasificación de esta primera propuesta del WSI consideró el planteamiento realizado por la ONU en su documento «Evaluación integral de los recursos de agua dulce del mundo». Sin embargo, el WSI de Vörösmarty no consideraba los requerimientos ambientales de agua

(EWR, por sus siglas en inglés) en su evaluación. Así, Smakhtin, Revenga y Döll (2004), con base en su trabajo previo sobre EWR, propuso agregar este componente a la ecuación del WSI. Generalmente, en los documentos de la CONAGUA (2018a) no se toman en cuenta los requerimientos ambientales de agua. En este trabajo se ha optado por considerar el WSI tomando en cuenta los EWR (Smakhtin, Revenga y Döll, 2004) y como un caso de estudio se ha aplicado en la cuenca del río Conchos en el norte de México, el cual se propone para que sea utilizado como una herramienta que aporte información a los tomadores de decisiones para gestionar de una manera más eficiente el recurso hídrico.

Tabla 1. Clasificación del WSI.

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

● **Descripción del área de estudio**

La cuenca del río Conchos es el afluente más importante del noreste de México, el cual desemboca en el río Bravo que, en ese tramo, es la frontera entre Estados Unidos y nuestro país. Está ubicada casi totalmente dentro del estado de Chihuahua, tiene un área de drenaje de 66,682 km² y se estima que el cauce principal tiene una longitud de 750 km. Esta cuenca cuenta con características únicas que la hacen muy vulnerable. El grado de presión en la región es alto. De acuerdo con la CONAGUA el volumen concesionado de uso consultivo para abastecer toda la región es de 2,442.60 hectómetros cúbicos por año (hm³/año), de los cuales el 95.3% es destinado para el uso agrícola, lo cual supera el promedio nacional que se estima en un 68%. Además, el 75% del agua en uso proviene de fuentes superficiales.

● **INFORMACIÓN Y MÉTODOS**

● **Índice de escasez hídrica (WSI)**

El WSI es calculado con la siguiente ecuación:

$$WSI = \frac{W_i}{WA_i - EWR_i} \quad (1)$$

Donde: W_i = demanda de agua anual para diferentes usos (hm³/año), WA_i = disponibilidad natural anual de agua superficial y subterránea (hm³/año) y EWR_i = requerimientos ambientales de agua (hm³/año).

Para clasificar el WSI se toma en consideración la relación uso/disponibilidad, a la cual se le ha denominado relación crítica o de criticidad (CR, por sus siglas en inglés). En la tabla 1 se muestra la clasificación del WSI.

La W_i se obtiene del registro público de derechos de agua (REPDA), de acuerdo a la ubicación geográfica de las concesiones de los aprovechamientos y el tipo de fuente dentro de la cuenca (figura 1). La WA_i superficial se determinó por el método lluvia-escorrentía recomendado por la SEMARNAT en la NOM-011-CONAGUA-2015. La WA_i subterránea se obtuvo con base a la información oficial de disponibilidad por acuíferos de la CONAGUA (2018a). Los EWR_i se estimaron como un porcentaje (30%) de la disponibilidad de agua superficial considerando la recomendación para el mantenimiento en buenas condiciones y supervivencia de la mayoría de las formas de vida acuática de los ecosistemas dependientes del agua dulce (Tennant, 1976).

En la tabla 2 se muestra el resumen de las variables involucradas para el cálculo del WSI por subcuenca.

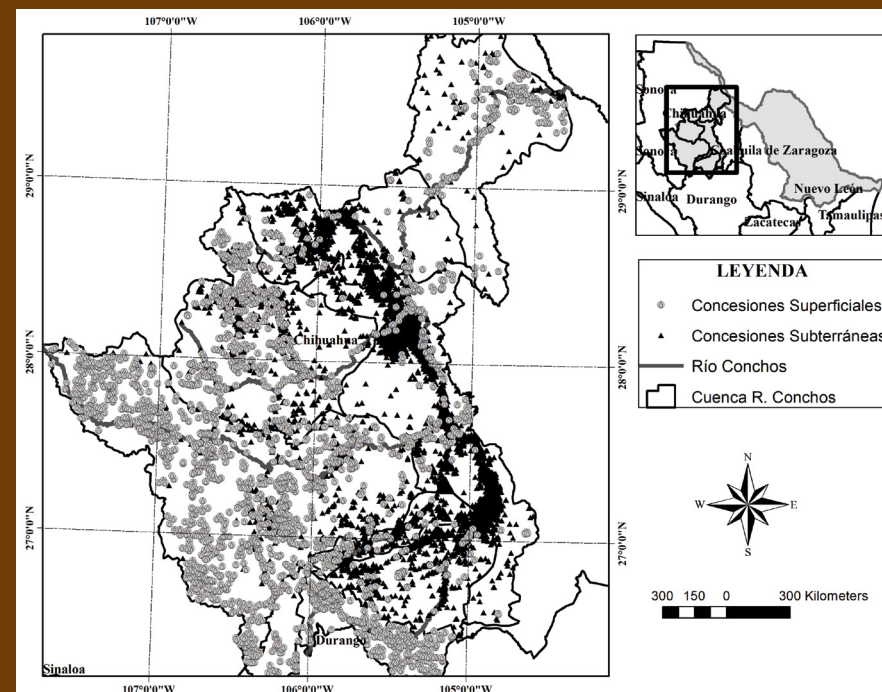
◆ **RESULTADOS**

Una vez contando con las variables necesarias analizadas (W_i , WA_i y EWR_i) se puede calcular el WSI conforme a la ecuación 1 para cada una de las subcuencas. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS ES EL AFLUENTE MÁS IMPORTANTE DEL NORESTE DE MÉXICO.



Figura 1. Aprovechamientos superficiales y subterráneos de la cuenca del río Conchos.



Elaborada con información de CONAGUA (2018b).

● **Discusión de resultados**

Los resultados de la tabla 3 manifiestan que la mayor parte de la cuenca del río Conchos está en una condición crítica. La única subcuenca donde no hay estrés hídrico es la zona alta, donde llueve más, dando como resultado un escurrimiento mayor, contando con más del 45% del agua renovable de toda la cuenca. Ahí la población es menor a la del resto de las subcuencas, por consiguiente, es poca la demanda de agua para uso público-urbano, además de no contar en esta zona con importantes demandas para riego agrícola.

Las subcuencas con grados «altos» de escasez (R. Florido y R. Conchos 4) más importantes aquellas donde se encuentran distritos de riego importantes en la zona: 103 río Florido y 090 bajo río Conchos, respectivamente. Además

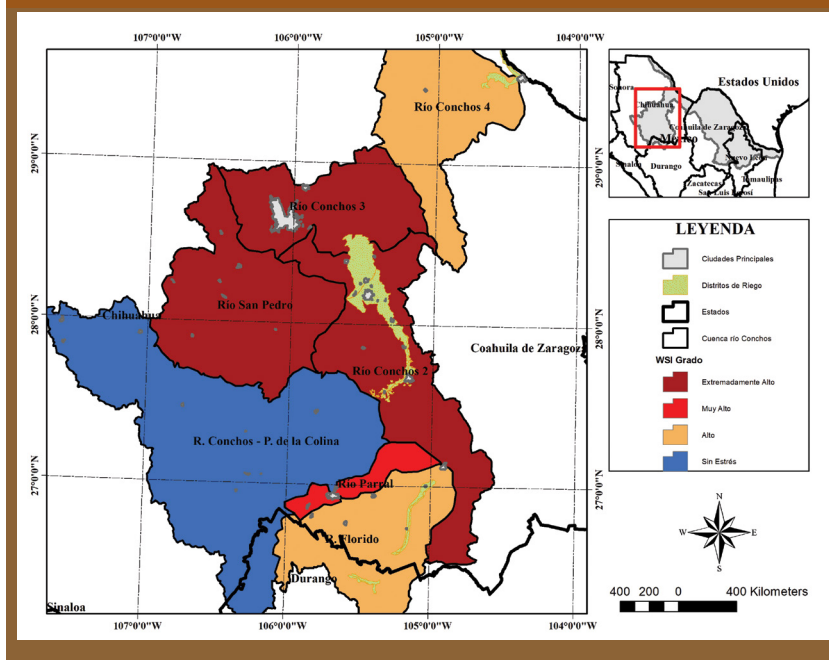
Tabla 2. Valores de las variables para el cálculo del WSI.

Subcuenca	W_i	WA_i	EWR_i
R. Conchos - P. de la Colina	54.87	1,236.88	327.11
Río Parral	40.40	60.09	18.03
Río Florido	142.53	321.23	79.77
San Pedro	287.55	314.14	94.24
Conchos 2	350.43	304.12	91.24
Conchos 3	157.59	152.41	34.91
Conchos 4	105.78	219.23	47.15
Σ=	1,139.14	2,608.10	692.44

Tabla 3. Resultados del cálculo del wsi.

Subcuenca	WSI	Grado de estrés
R. Conchos - P. de la Colina	0.060	Sin Estrés
Río Parral	0.961	Muy Alto
Río Florido	0.590	Alto
San Pedro	1.308	Extremadamente Alto
Conchos 2	1.646	Extremadamente Alto
Conchos 3	1.341	Extremadamente Alto
Conchos 4	0.615	Alto

Figura 2. Resultados del wsi por subcuenca.



de ciudades como Santa Barbara, Mariano Matamoros, Villa Ocampo, Villas las Nieves, José Esteban Coronado, José Mariano Jiménez, más comunidades rurales en la subcuenca R. Florido (67,083 habitantes en total) y Santiago Coyame, Manuel Ojinaga, más comunidades rurales en la subcuenca del R. Conchos 4 (25,960 habitantes en total).

Las subcuencas con un grado «extremadamente alto» de escasez son: 1) R. Conchos 2, donde están asentados los distritos de riego más grandes de la región: 005 Delicias y 113 alto río Conchos, además de demandar un poco más del 30% del volumen de agua para todos los usos de toda la cuenca, 2) R. Conchos 3, donde se encuentra la ciudad de Chihuahua, siendo la ciudad con más habitantes (809 mil) y 3) R. San Pedro, que demanda un poco más del 25% del volumen total de agua de toda la cuenca. En la figura 2 se muestran los resultados del

Una variable importante considerada es el EWR, el cual impacta en cada una de las subcuencas, ya que, si se descuentan los requerimientos ambientales de agua para el medio ambiente en este análisis, el grado de escasez queda en «alto» para las subcuencas Parral, Florido, San Pedro y Conchos 4 y «muy alto» para Conchos 2 y Conchos 3.

CONCLUSIONES

El wsi es un indicador que permite analizar la disponibilidad de agua de una región o cuenca donde se implemente. Pero su alcance va mucho más allá de sólo «indicar» si hay o no agua disponible, sino que es una herramienta de gestión que evalúa si se cuenta con información histórica de las demandas concesionadas contra el escurrimiento natural a través de los años y, con ello, ayudar a los administradores del agua a tomar mejores decisiones conforme a las tendencias resultantes. También permite

focalizar cuencas críticas, como la analizada en este trabajo, con el objetivo de priorizar e implementar una gestión hídrica más eficiente. Por último, el wsi, soportado en un sistema de información geográfico (SIG), permite evaluar las regiones con asentamientos urbanos o agrícolas que demandan más agua en una cuenca, y con ello proponer e implementar medidas sustentables: como reúso, tecnificación, recarga artificial de acuíferos, etcétera. De igual for-

ma, esta herramienta de gestión podría ayudar a establecer políticas públicas que contribuyan a la conservación del recurso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Cátedra UNESCO-UDLAP en Riesgos Hidrometeorológicos y a la Universidad de las Américas Puebla por todo el apoyo y las facilidades prestadas para la elaboración de esta investigación.



Paul Hernández-Romero

Ingeniero civil por la Universidad Autónoma de Baja California. Maestro en Ingeniería y actualmente candidato a doctorado en Ciencias del Agua por la Universidad de las Américas Puebla. Su tesis doctoral se titula: "Índice de seguridad hídrica para México". Actualmente es líder climático y voluntario en The Climate Reality Project. paul.hernandezro@udlap.mx



Carlos Patiño-Gómez

Ingeniero civil de profesión y maestro en Ciencias en Hidráulica, egresado del Instituto Politécnico Nacional. Tiene el título de doctor en Ingeniería Civil y un post-doctorado en Ingeniería Civil, con especialidad en recursos hídricos y medio ambiente, por parte de la Universidad de Texas en Austin, EE.UU.. Miembro del SNI - Nivel 1. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de las Américas Puebla. carlos.patino@udlap.mx



Benito Corona Vásquez

Doctor en Ingeniería Ambiental y Maestro en Ciencias por la University of Illinois at Urbana-Champaign. El Dr. Corona es de los principales expertos en el país sobre el impacto que tiene la desinfección secuencial sobre la calidad microbiológica del agua, constantemente realiza proyectos relacionados con metodologías alternativas para el tratamiento de agua potable y residual, así como la comprensión de los mecanismos involucrados en la inactivación microbiológica con desinfección química, física y secuencial. Actualmente, es miembro de la Cátedra UNESCO en Riesgos Hidrometeorológicos con sede en la UDLAP. benito.corona@udlap.mx



Polioptro F. Martínez-Austria

Doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México. Autor de 192 publicaciones académicas, entre artículos científicos, libros y capítulos de libros. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1994. Actualmente profesor de la UDLAP y director de la Cátedra UNESCO-UDLAP en riesgos Hidrometeorológicos. Ha recibido diversos reconocimientos nacionales e internacionales. polioptro.martinez@udlap.mx

REFERENCIAS

- CONAGUA. (19 de junio de 2018a). *Aguas subterráneas*. Recuperado de: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Disponibilidad_Acuiferos.html
- CONAGUA. (18 de diciembre de 2018b). *Datos Abiertos*. Otorgamiento de concesiones, asignaciones y permisos para el uso, explotación y/o aprovechamiento de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/concesiones-asignaciones-permisos-otorgados-y-registros-de-obras-situadas-en-zonas-de-libre-alu/resource/39b4278f-6796-47c3-ada2-31778b00f7c7>
- 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.
- Tennant, D. L. (1976). *Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources*. *Fisheries*, 6-10. doi:10.1577/1548-8446(1976)001<0006:IFRFFW>2.0.CO;2
- 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.
- Vörösmarty, C. J., Lévêque, C. y Revenga, C. (2005). *Fresh Water*. En *Ecosystem and Human Well-being: Current Status and Trends, Volume 1* (pp. 167-207). Washington, D.C.: Island Press.