

REVISTA DE

EL COLEGIO DE SAN LUIS

Nueva época • año X, 21 • enero a diciembre de 2020

Cálculo del índice de pobreza
del agua en la Zona Media de
San Luis Potosí

Calculation of the water poverty index
in the Zona Media of San Luis Potosi

Denisse Janette Santa María Torres
Briseida López Álvarez

Revista multidisciplinaria enfocada
en las Ciencias Sociales y las Humanidades

REVISTA DE

EL COLEGIO DE SAN LUIS

DIRECTOR

Fernando A. Morales Orozco

CONSEJO EDITORIAL

Luis Aboites / *El Colegio de México* / México
José Antonio Crespo / *Centro de Investigación y Docencia Económica* / México
Jorge Durand / *Princeton University* / E.U.A.
Carmen González Martínez / *Universidad de Murcia* / España
Mervyn Lang / *Salford University* / Reino Unido
Óscar Mazín Gómez / *El Colegio de México* / México
Antonio Rubial García / *Universidad Nacional Autónoma de México* / México
José Javier Ruiz Ibáñez / *Universidad de Murcia* / España
Javier Sicilia / *Revista Ixtus* / México
Valentina Torres Septién / *Universidad Iberoamericana* / México

COMITÉ EDITORIAL

Neyra Alvarado
Agustín Ávila
Sergio Cañedo
Javier Contreras
Julio César Contreras
Norma Gauna
José A. Hernández Soubervielle
Danira López

EDICIÓN

Jorge Herrera Patiño / *Jefe de la Unidad de Publicaciones*
Diana Alvarado / *Asistente de la dirección de la revista*
Pedro Alberto Gallegos Mendoza / *Asistente editorial*
Adriana del Río Koerber / *Corrección de estilo*

COORDINADOR DE ESTE NÚMERO

Fernando A. Morales Orozco

DISEÑO DE MAQUETA Y PORTADA

Ernesto López Ruiz



PRESIDENTE

David Eduardo Vázquez Salguero

SECRETARIA ACADÉMICA

Claudia Verónica Carranza Vera

SECRETARIO GENERAL

Jesús Humberto Dardón Hernández

La Revista de El Colegio de San Luis, nueva época, año X, número 21, enero a diciembre de 2020, es una publicación continua editada por El Colegio de San Luis, A. C., Parque de Macul 155, Fraccionamiento Colinas del Parque, C. P. 78294, San Luis Potosí, S. L. P. Tel.: (444) 8 11 01 01. www.colsan.edu.mx, correo electrónico: revista@colsan.edu.mx. Director: Fernando A. Morales Orozco. Reserva de derechos al uso exclusivo núm. 04-2014-030514290300-203 / ISSN-E: 2007-8846.

D. R. Los derechos de reproducción de los textos aquí publicados están reservados por la Revista de El Colegio de San Luis. La opinión expresada en los artículos firmados es responsabilidad del autor.

Los artículos de investigación publicados por la *Revista de El Colegio de San Luis* fueron dictaminados por evaluadores externos por el método de doble ciego.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE POBREZA DEL AGUA EN LA ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ

Calculation of the water poverty index in the Zona Media of San Luis Potosi

DENISSE JANETTE SANTA MARÍA TORRES*
BRISEIDA LÓPEZ ÁLVAREZ**

RESUMEN

El índice de pobreza del agua evalúa los factores físicos y socioeconómicos relacionados con la disponibilidad de este recurso; establece nexos entre pobreza, marginación social, integridad ambiental y salud a través de cinco componentes: recurso hídrico, acceso, capacidad, medio ambiente y uso, evaluados en una escala de 0 a 1. Esta investigación se enfocó en la Zona Media del estado de San Luis Potosí, México. Esta zona es la segunda región de mayor extensión del estado y está subdividida en las microrregiones Media Este y Media Oeste. Estas microrregiones presentan significativas diferencias tanto en recursos hídricos como en condiciones socioeconómicas. En la microrregión Media Oeste se encuentra la conurbación de los municipios de Rioverde y Ciudad Fernández, principal centro poblacional y motor económico de la zona por la actividad agrícola. En la Zona Media, la dependencia del agua subterránea es de 52 por ciento y de 48 por ciento del agua superficial. Esta aporta 2.9 por ciento del producto interno bruto estatal. El índice de pobreza del agua obtenido para la Zona Media es de 55.3 puntos.

PALABRAS CLAVE: RECURSO HÍDRICO, ACCESO, CAPACIDAD, USO, MEDIO AMBIENTE, ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ.

* El Colegio de San Luis. Correo electrónico: deny_jan10@hotmail.com

** El Colegio de San Luis. Correo electrónico: briseida.lopez@colsan.edu.mx

ABSTRACT

The water poverty index assesses the physical and socioeconomic factors related to the availability of the resource; It establishes links between poverty, social marginalization, environmental integrity and health through five components: water resource, access, capacity, environment and use, assessed on a scale of 0 to 1. This research focused on the Middle Zone of the State of San Luis Potosi, Mexico. This area is the second region with the largest extension of the state and is subdivided in the Middle East and Middle West micro-regions. The micro-regions present significant differences in both water resources and socioeconomic conditions. In the Middle West micro-region, there is the conurbation of the municipalities of Rioverde and Ciudad Fernández, the main population center and economic engine of the area with agricultural activity. In the Middle Zone, groundwater dependence is 52 percent and 48 percent of surface water, and contributes 2.9 percent of State GDP. The water poverty index obtained for the Middle Zone was 55.3 points.

KEYWORDS:

Recepción: 17 de abril de 2019.

Dictamen 1: 7 de septiembre de 2019.

Dictamen 2: 19 de marzo de 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21696/rcls1102120201176>

INTRODUCCIÓN

El índice de pobreza del agua (IPA) fue desarrollado en el Centro de Ecología e Hidrología, en Wallingford, Reino Unido. El IPA es una herramienta holística cuya finalidad es evaluar la pobreza del agua en los países, regiones o comunidades, tomando en cuenta tanto factores físicos como socioeconómicos relacionados con la disponibilidad del agua (Sullivan *et al.*, 2003). La metodología considera cinco componentes: los recursos hídricos, el acceso, la capacidad, el uso y el medio ambiente, que son evaluados en una escala de 0 a 1.

El IPA tiene como propósito la expresión de una medida interdisciplinaria que vincula el bienestar de los hogares con la disponibilidad del agua e indica el grado de los efectos de la escasez del agua en las poblaciones humanas (López-Álvarez *et al.*, 2013). Este índice hace posible el establecimiento de nexos entre pobreza, marginación social, integridad ambiental, disponibilidad del agua y salud (Lawrence, Meigh y Sullivan, 2002).

En 2002 se presentó una evaluación del IPA para 140 países, en la cual la diferencia entre el país con mayor puntuación (Finlandia, 78) y el país con menor puntuación (Haití, 35) fue de 43 puntos (Lawrence, Meigh y Sullivan, 2002). En este mismo reporte, México obtuvo una calificación de 57. En años recientes, el IPA ha sido aplicado con adaptaciones metodológicas en distintos países (Abraham, Fusari y Salomón, 2005; Jiménez, 2007; Cook *et al.*, 2007; Kamal El-Din El-Gafy, 2008; Giné Garriga y Pérez-Foguet, 2010; Van der Vyver, 2013; Thakur, Neupane y Mohanan, 2017).

En 2013 se evaluó el valle de San Luis Potosí (Zona Centro, semiárida), cuya dependencia del agua subterránea es de casi 98 por ciento. Este tiene una actividad industrial importante para todo el estado. Las deficiencias tanto en la disponibilidad física del recurso (cantidad y calidad) como en los componentes sociales ponen a esta región en una condición desfavorable en el acceso al recurso hídrico. Su calificación fue de 46 puntos (López-Álvarez *et al.*, 2013).

La metodología fue aplicada una vez más en 2015 en la Zona Huasteca (semitropical), en la Cuenca del Río Valles, donde se mostró que la dispersión de la población limita el acceso de esta a servicios como agua entubada, no solo en cantidad, sino también en calidad de manera importante, a pesar de que cuenta con abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos. En este caso, la principal actividad económica es la agricultura. La puntuación obtenida entonces fue 59 (López-Álvarez *et al.*, 2015).

Otro caso de aplicación es una zona semiárida en el altiplano potosino cuyas condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas han condicionado y limitado en algunos casos no solo el acceso al agua en cantidad y calidad, sino además el tipo de vegetación y las actividades productivas. La dependencia del agua subterránea en el municipio de Santo Domingo es de 99 por ciento del acuífero El Barril, y se usa primordialmente para la agricultura. El resultado de la aplicación del índice es de 27 puntos (López-Álvarez *et al.*, 2019).

El factor común en la medición del IPA en las diferentes regiones de San Luis Potosí es la mala gestión de los recursos hídricos, lo que origina una disponibilidad deficiente de agua para la población y para las actividades económicas.

El presente trabajo contribuye al estudio del IPA en la entidad potosina, en particular en la llamada Zona Media, ubicada entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra de Álvarez, lo que da origen principalmente a llanuras extensas (véase la figura 1). En esta zona se aloja 10.24 por ciento de la población estatal, con

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ



278 531 habitantes (INEGI, 2015). La extensión territorial de la Zona Media es de 12 638.651 kilómetros cuadrados, lo que representa 20.51 por ciento del territorio total de la entidad (SEDESOL, 2014).

Esta región está conformada por 12 municipios divididos en dos microrregiones: la microrregión Media Oeste (Cerritos, Ciudad Fernández, Rioverde, San Ciro de Acosta, San Nicolás Tolentino y Villa Juárez) y la microrregión Media Este (Alaquines, Cárdenas, Ciudad del Maíz, Lagunillas, Rayón y Santa Catarina).

La Zona Media pertenece a la región hidrológica 26 Río Pánuco; su corriente principal es el Río Verde. En la zona predominan dos tipos de clima: el seco estepario BS1(g)hw, en 90 por ciento del territorio, y el templado lluvioso (Cw), en 10 por ciento de la zona de estudio (García, 2004). De igual manera, como se puede ver en la figura 1, la agricultura de temporal y el bosque de pino-encino han sido las categorías cuya extensión territorial se ha incrementado (Santa María Torres, 2018). La temperatura media anual es de 20.67 °C, la precipitación media anual es de 888.1 milímetros y una evaporación media anual de 1 576.6 milímetros (SEGOB SLP, 2015). Esta condición origina corrientes de carácter intermitente y contribuye a la captación de 38.334 hectómetros cúbicos de agua en un total de 24 presas. Las obras de mayor cabida son Las Golondrinas, en el municipio de San Nicolás Tolentino, con una capacidad de 22.460 hectómetros cúbicos, y Álvaro Obregón o Palomas, en Alaquines, con una capacidad de 4.00 hectómetros cúbicos (CONAGUA, 2016a).

Un cuerpo de agua natural que contribuye en buena medida a la disponibilidad del agua y al beneficio económico para los sectores agrícola y turístico es el manantial de la Media Luna, con un volumen de descarga promedio anual de 135.3 hectómetros cúbicos, en el municipio de Rioverde (CONAGUA, 2014). Adicionalmente, la Zona Media tiene una disponibilidad media anual de agua subterránea de 204.1221 hectómetros cúbicos (CONAGUA, 2015).

Ahora bien, en la microrregión Media Oeste (MMO) se encuentra el principal motor económico de la región, la agricultura protegida, la horticultura, la fruticultura y el turismo, así como la actividad comercial destinada al mercado regional y una industria manufacturera con un desarrollo incipiente (SEGOB SLP, 2015), además de la agroindustria en Rioverde (Centro de Producción Santa Rita) y la producción de cementos en Cerritos (Cementos Moctezuma).

En general, la MMO aporta el 2.9 por ciento del producto interno bruto (PIB) estatal (SEDECO, 2015). Además, la conurbación de los municipios de Rioverde y Ciudad Fernández (135 500 habitantes) (INEGI, 2015) configura el centro poblacional más importante de la Zona Media, con una dinámica social y productiva que

no se observa en el resto de los municipios de la microrregión, y ejerce influencia en toda esta Zona (SEGOB SLP, 2009).

Por otro lado, en la microrregión Media Este (MME), los principales centros poblacionales son los municipios de Cárdenas y Ciudad del Maíz. Esta microrregión se caracteriza por una presencia significativa de grupos étnicos en los municipios de Rayón y Santa Catarina, así como una limitada cobertura de servicios básicos (SEGOB SLP, 2015). Es una de las principales expulsoras de migrantes de todo el estado, pues ha registrado tasas de alta y muy alta intensidad migratoria. Estados Unidos es el destino pretendido por estos emigrantes para trabajar (López, 22 de abril de 2016).

La economía de esta microrregión está basada en la actividad primaria, los servicios y un incipiente desarrollo industrial. La producción agropecuaria, principalmente de temporal, contribuye al abasto de su propio mercado y aporta granos básicos y carne bovina al consumo de la capital del estado (SEGOB SLP, 2015).

METODOLOGÍA

La estructura y la metodología de este trabajo se sustentan en la propuesta de Lawrence, Meigh y Sullivan (2002), que considera cinco componentes clave (recurso, acceso, capacidad, uso y medio ambiente). En el cuadro 1 se mencionan los componentes y los subcomponentes que conforman el índice. La estructura matemática en la que se basa el IPA se expresa como:

$$IPA = \frac{\sum_{i=1}^n W_{X_i} X_i}{\sum_{i=1}^n W_{X_i}} \quad (1)$$

De forma desarrollada:

$$IPA_i = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E + w_q Q}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e + w_q} \quad (2)$$

Donde IPA_i es el índice de pobreza del agua para una zona en particular, que resulta de la suma ponderada de los componentes (X_i): recurso (R), acceso (A), capacidad (C), uso (U) y medio ambiente (E). Los componentes del IPA son pesados con respecto de su relativa importancia, usando funciones de peso w .

Cada componente tiene una influencia en el IPA, expresada en pesos efectivos. El peso efectivo (w_{X_i}) puede ser calculado para cada componente de acuerdo con la ecuación (3) (Ramos, 2002).

$$W_{X_i} = \frac{X_{r_i} \cdot X_{w_i}}{\sum_{i=1}^N W_{X_i}} \quad (3)$$

Donde X_{r_i} es el valor de cada componente, X_{w_i} es el peso teórico para cada componente y W_{x_i} es la sumatoria de los pesos teóricos.

CUADRO I. COMPONENTES DEL ÍNDICE DE POBREZA DEL AGUA

Componente del IPA	Definición	Datos usados
1) Recursos (R)	Disponibilidad física del agua superficial y subterránea tomando en cuenta el uso de esta y el balance hídrico.	Agua superficial. Agua subterránea. Volumen de aprovechamiento.
2) Acceso (A)	Nivel del acceso a agua segura para uso humano.	Porcentaje de población con acceso a agua potable. Porcentaje de población con acceso a saneamiento. Porcentaje de tierras arables con acceso al riego.
3) Capacidad (C)	Eficacia de la capacidad de la población en el manejo del agua.	Índice de ingresos. Tasa de mortalidad de niños menores de 5 años. Índice de educación. Coeficiente de Gini.
4) Uso (U)	Las formas en las cuales es usada el agua para diferentes propósitos. Incluye los usos doméstico, agrícola e industrial.	Porcentaje de uso doméstico del agua en litros por día. Porcentaje de agua usada para la agricultura y la industria ajustado con el porcentaje de PIB para cada sector.
5) Medio ambiente (E)	Evaluación de la integridad ambiental relacionada con el agua (CUSV). Evaluación de la calidad del agua para uso humano (Q).	Análisis espaciotemporal de la cobertura vegetal, cambios del uso del suelo y vegetación por medio de las series del INEGI. Datos de la calidad del agua superficial y subterránea. Monitoreos del ICA del CONAGUA.

Fuente: elaboración propia con base en Lawrence, Meigh y Sullivan, 2002.

Debido a que las microrregiones tienen marcadas diferencias tanto en los recursos hídricos como en las características socioeconómicas, se tomó la decisión de calcular el IPA para cada una de ellas; de esta manera se evitará hacer evaluaciones que no representen condiciones reales o que sean extrapoladas.

Recurso (R)

Este componente está relacionado con la disponibilidad física del agua en el área de estudio y que es utilizada en las diferentes actividades humanas. Considera dos subcomponentes: el agua superficial (A_{sup}) y el agua subterránea (A_{sub}). En el caso del agua superficial, la cantidad disponible depende de factores como el almacenamiento en presas, la precipitación anual y la evapotranspiración. En tanto, la recarga y la extracción son los parámetros más importantes para los cálculos en el caso del agua subterránea (López Álvarez *et al.*, 2013). El peso asignado a cada subcomponente está vinculado al porcentaje del uso según el origen de la fuente. Este componente tiene la siguiente expresión matemática:

$$R = W_{Asup} * A_{sup} + W_{Asub} * A_{sub} \quad (4)$$

$$Asup (Mm^3) = \frac{Vol.almacenado}{Vol.precipitación\ anual} \quad (4.1)$$

$$Asub (Mm^3) = \frac{Recarga - Extracción}{2 * Extracción} \quad (4.2)$$

En la MMO, el volumen de agua subterránea aprovechada es de 108.87 hectómetros cúbicos anuales (52 por ciento) y de agua superficial es de 100.38 hectómetros cúbicos anuales (48 por ciento). En la MME, el volumen de agua subterránea aprovechada es de 21.19 hectómetros cúbicos anuales (54 por ciento) y de agua superficial es de 18.22 hectómetros cúbicos anuales (46 por ciento) (CONAGUA, 2015b). En el cuadro 2 se sintetizan los datos de los subcomponentes para cada microrregión, los cuales tuvieron que ser normalizados con el método de mínimo-máximo para obtener el valor dentro del IPA.

CUADRO 2. DATOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
EN LAS MICRORREGIONES DE LA ZONA MEDIA

Microrregión Media Oeste			
Vol. almacenado (hm ³)	Vol. precipitado (hm ³)	Recarga (hm ³)	Extracción (hm ³)
27.241	3509543	529.806	111.116
Microrregión Media Este			
11.093	4131.357	90.051	16.773

Fuente: elaboración propia con base en Santa María, 2018.

Acceso (A)

Este componente toma en cuenta el porcentaje de la población que tiene acceso a agua segura (A_{ap}) para uso doméstico y para la satisfacción de necesidades básicas, el porcentaje de agua que recibe saneamiento (A_s) y, finalmente, la relación de tierras cultivables entre las tierras con acceso al riego (A_r). La expresión que define a este componente es:

$$A = W_{Aap} * A_{ap} + W_{As} * A_s + W_{Ar} * A_r \quad (5)$$

La asignación de pesos para este subcomponente se obtuvo mediante un análisis de pesos (Ramos, 2002). Para el componente acceso, los datos de los diferentes subcomponentes en cada microrregión se mencionan en el cuadro 3.

CUADRO 3. DATOS DE ACCESO EN LAS MICRORREGIONES DE LA ZONA MEDIA

Peso del subcomponente	Valor del subcomponente
MMO $W_{Aap} = 0.566$; MME $W_{Aap} = 0.450$	MMO $A_{ap} = 0.722$; MME $A_{ap} = 0.471$
MMO $W_{As} = 0.033$; MME $W_{As} = 0.000$	MMO $A_s = 0.200$; MME $A_s = 0.000$
MMO $W_{Ar} = 0.032$; MME $W_{Ar} = 0.002$	MMO $A_r = 0.159$; MME $A_r = 0.033$

Fuente: elaboración propia con base en Santa María, 2018.

Capacidad (C)

Este componente se basa en el índice de desarrollo humano (IDH); evalúa las variables socioeconómicas que pueden afectar el acceso al agua o ser un reflejo del acceso y la calidad de esta. Introduce el coeficiente de Gini en un intento de ajustar la capacidad de disfrutar del acceso a agua limpia por una medida de distribución desigual del ingreso (Lawrence *et al.*, 2002).

En México, el IDH se ha calculado para el ámbito municipal realizando ajustes a causa de las restricciones en la disponibilidad de la información, sin alterar su naturaleza. Uno de estos ajustes atañe a los ingresos (PNUD, 2014). Los subcomponentes son el índice de ingresos (I_i), la tasa de mortalidad de niños menores de 5 años (M_i), el índice de educación (I_e) y el coeficiente de Gini (CG). La capacidad es evaluada a través de la expresión 6:

$$C = W_{Ii} * I_i + W_{Mi} * M_i + W_{Ie} * I_e + W_{CG} * CG \quad (6)$$

Los pesos asignados se obtuvieron mediante un análisis de pesos (Ramos, 2002). Los datos de los diferentes subcomponentes para evaluar la capacidad en cada microrregión se presentan en el cuadro 4.

CUADRO 4. DATOS DE CAPACIDAD EN LAS MICRORREGIONES DE LA ZONA MEDIA

Peso del subcomponente	Valor del subcomponente
MMO $W_{li} = 0.310$; MME $W_{li} = 0.284$	MMO $C_{li} = 0.630$; MME $C_{li} = 0.578$
MMO $W_{Mi} = 0.000$; MME $W_{Mi} = 0.000$	MMO $C_{Mi} = 0.004$; MME $C_{Mi} = 0.007$
MMO $W_{Ic} = 0.212$; MME $W_{Ic} = 0.158$	MMO $C_{Ic} = 0.560$; MME $C_{Ic} = 0.476$
MMO $W_{CG} = 0.059$; MME $W_{CG} = 0.075$	MMO $C_G = 0.412$; MME $C_G = 0.418$

Fuente: elaboración propia con base en Santa María, 2018.

Uso (U)

Este componente evalúa los tres principales usos, que a su vez son considerados como subcomponentes: agua para uso doméstico (U_d), agua para uso industrial (U_i) y agua para uso agrícola (U_a), además del impacto económico que genera dicho aprovechamiento, y se determina con base en la siguiente ecuación:

$$U = W_{U_d} * U_d + W_{U_i} * U_i + W_{U_a} * U_a \quad (7)$$

El peso asignado a los subcomponentes está basado en el porcentaje del uso del agua en la zona de estudio, tal como se muestra en el cuadro 5. El uso es un componente que presenta marcadas diferencias entre las microrregiones; ejemplo de ello es la dotación (litros por habitante al día): la MMO tiene rangos más elevados en comparación con los municipios de la MME, que son menores, sobre todo en los municipios de Lagunillas y Santa Catarina.

CUADRO 5. DATOS DEL USO EN LAS MICRORREGIONES DE LA ZONA MEDIA

Peso del subcomponente	Valor del subcomponente
MMO $W_{U_d} = 0.309$; MME $W_{U_d} = 0.264$	MMO $U_d = 0.618$; MME $U_d = 0.529$
MMO $W_{U_a} = 0.002$; MME $W_{U_a} = 0.000$	MMO $U_a = 0.011$; MME $U_a = 0.000$
MMO $W_{U_i} = 0.011$; MME $W_{U_i} = 0.000$	MMO $U_i = 0.011$; MME $U_i = 0.000$

Fuente: elaboración propia con base en Santa María, 2018.

Medio ambiente (E)

Este componente se divide en dos subcomponentes; el primero de ellos es el cambio del uso del suelo y vegetación (CUSV) y el segundo es la calidad del agua (Q).

Para evaluar el subcomponente CUSV se clasificaron nueve categorías del uso del suelo y vegetación (agricultura de riego, de temporal, bosque de pino-encino,

matorral crasicaule, pastizal inducido, selva baja y mediana, vegetación halófila, cuerpos de agua y zona urbana) en la Zona Media, y los cambios fueron evaluados para el periodo entre 1980 y 2013 con apoyo de las cartas de uso del suelo y vegetación, series I y V (INEGI, 1980; INEGI, 2013).

Para asignar un valor al cambio del uso del suelo y vegetación se consideró que, si es entre 0 y 20 por ciento, el valor del componente es 1; entre 20 y 40, es 0.8; entre 40 y 60, es 0.6; entre 60 y 80, es 0.4, y entre 80 y 100, es 0.2 (López-Álvarez *et al.*, 2013).

En lo que respecta al subcomponente calidad del agua (Q), este se evaluó a través de la Red Nacional de Monitoreo (RNM) mediante el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). En la actualidad, la RNM cuenta con ocho sitios de monitoreo de aguas superficiales y ocho de agua subterránea en la zona de estudio (CONAGUA, 2016b).

La calidad del agua superficial (ríos, arroyos, lagos, lagunas, presas y zonas costeras), así como del agua subterránea (pozos), se reporta con fundamento en tres indicadores: la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), y para el agua subterránea solo se registra un indicador que es los sólidos disueltos totales (SDT) (CONAGUA, 2016b). Los criterios y la clasificación de los indicadores de calidad se presentan en el cuadro 6.

CUADRO 6. CRITERIOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Agua superficial				Agua subterránea			
Criterio	Clasificación	Criterio	Clasificación	Criterio	Clasificación	Criterio	Clasificación
0 < DBO5 ≤ 3	Excelente	0 < DQO ≤ 10	Excelente	0 < SST ≤ 25	Excelente	STD ≤ 1000	Dulce
3 < DBO5 ≤ 6	Buena calidad	10 < DQO ≤ 20	Buena calidad	25 < SST ≤ 75	Buena calidad	1000 < STD < 2000	Ligeramente salobre
6 < DBO5 ≤ 30	Aceptable	20 < DQO ≤ 40	Aceptable	75 < SST ≤ 150	Aceptable	2000 < STD < 10000	Salobre
30 < DBO5 ≤ 120	Contaminada	40 < DQO ≤ 200	Contaminada	150 < SST ≤ 400	Contaminada	STD > 10000	Salina
120 < DBO5	Fuertemente contaminada	200 < DQO	Fuertemente contaminada	400 < SST	Fuertemente contaminada		

Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2016b.

El componente medio ambiente fue evaluado considerando toda la región como un solo sistema y su cambio durante un intervalo de tiempo, para después detallar

el tipo de cambio por microrregión (Santa María, 2018). Para la evaluación de este componente utilizamos la siguiente ecuación:

$$E = wCUSV + wQ \tag{8}$$

Para el cálculo del valor del medio ambiente dentro del IPA, el valor máximo de los pesos para cada subcomponente fue de 0.5, con el fin de obtener un valor total de 1, por lo que, de esta manera, toma una importancia equitativa entre el cambio del uso del suelo y la vegetación y la calidad de agua en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para cada componente (X_i) se graficaron en un polígono, en el que las aristas representan el 100 por ciento para cada componente. El máximo es 1, lo que significaría *riqueza de agua*, en contraste con la *pobreza de agua*, que estaría al centro del polígono con un valor igual a 0. El polígono ideal es aquel en el que todos los componentes del IPA alcancen valores de 1 y formen un pentágono regular, pues las condiciones de disponibilidad del agua serían las óptimas para un desarrollo aceptable de la población. En el cuadro 7 se representan las puntuaciones, los pesos y el resultado del índice de pobreza de agua en cada microrregión.

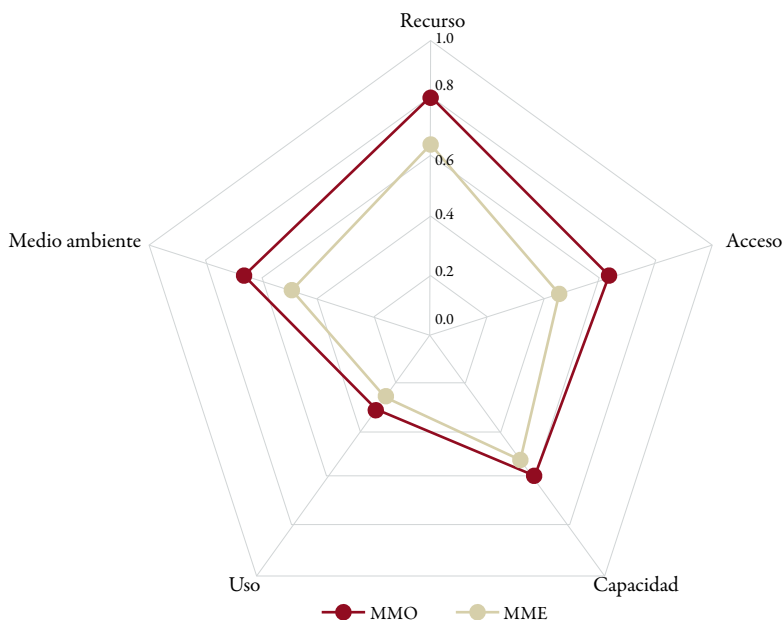
Cabe mencionar que, si bien los valores obtenidos son entre 0 y 1, estos son multiplicados por 100 (véase el cuadro 7). El valor del IPA en la microrregión Media Oeste es de 61.4, en la microrregión Media Este es de 49.2 y en la Zona Media es de 55.3 puntos.

CUADRO 7. VALORES OBTENIDOS PARA CADA COMPONENTE, PESOS Y VALORES RESULTANTES DEL IPA EN LAS MICRORREGIONES MEDIA OESTE Y MEDIA ESTE DE SAN LUIS POTOSÍ

Componente	MMO		MME		IPA	
	X	W	X	W	(X*W) * 100	
Recurso	0.802	0.3	0.651	0.3	24.1	19.5
Acceso	0.631	0.2	0.452	0.2	12.6	9.0
Capacidad	0.581	0.2	0.517	0.2	11.6	10.3
Uso	0.322	0.2	0.264	0.2	6.4	5.3
Medio ambiente	0.667	0.1	0.500	0.1	6.7	5.0
					61.4	49.2

A partir del polígono resultante es posible identificar aquellos componentes que presentan deficiencias o, bien, tienen mejores valoraciones en cada microrregión. En general, el comportamiento en las microrregiones es muy similar (véase la figura 2).

FIGURA 2. POLÍGONO DEL ÍNDICE DE POBREZA DEL AGUA EN LAS MICRORREGIONES MEDIA ESTE Y MEDIA OESTE



Agua y desarrollo económico

El agua es un vínculo crucial entre el sistema climático, la sociedad humana y el medio ambiente (ONU-DAES, 2014). Esta vinculación permite, entre otras cosas, la realización de las distintas actividades productivas. En el caso de la agricultura, es un componente esencial para asegurar la producción e incrementar los rendimientos, lo que impacta de forma directa en la rentabilidad de los productos.

La agricultura es la principal actividad económica en la Zona Media. 35.37 por ciento de la población es económicamente activa; esta se dedica principalmente a las actividades agropecuarias, incluso en las localidades rurales, situación que se ve reflejada en el bajo desarrollo socioeconómico de la población, sin dejar de lado que, por lo general, las principales actividades en las cabeceras municipales son

el comercio y los servicios, por lo que la industria queda en tercer lugar, con una demanda de trabajadores muy baja (INEGI, 2015).

En este sentido, el componente uso es el que presenta un valor bajo (véase el cuadro 7 y la figura 2). El valor en la MMO es de 0.322 y en la MME es de 0.264. Los valores obtenidos están asociados con las diferencias socioeconómicas entre las microrregiones. En la MMO se halla el sistema urbano regional más importante de la Zona Media, la conurbación de Rioverde-Ciudad Fernández, y los centros de población de Cárdenas, Cerritos y Ciudad del Maíz. Esta región tiene potencial para atraer inversión destinada a la creación de empresas maquiladoras y al desarrollo de agroindustrias productoras de naranja, cacahuete, maíz, sorgo y hortalizas, así como de la ganadería de doble propósito, actividades para las cuales cuenta con vocación natural y experiencia productiva (SEGOB SLP, 2015).

Este panorama no solo se ve reflejado en el componente uso, sino también en los componentes recurso (0.802), acceso (0.631) y capacidad (0.581). La MMO cuenta con abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos, por lo que constituye un importante polo de desarrollo para el estado de San Luis Potosí. El agua subterránea ha significado el sustento de las actividades socioeconómicas, con la existencia de la infraestructura de distribución del agua a la población, así como la que contribuye al desarrollo de la agricultura (red de canales y pozos de extracción).

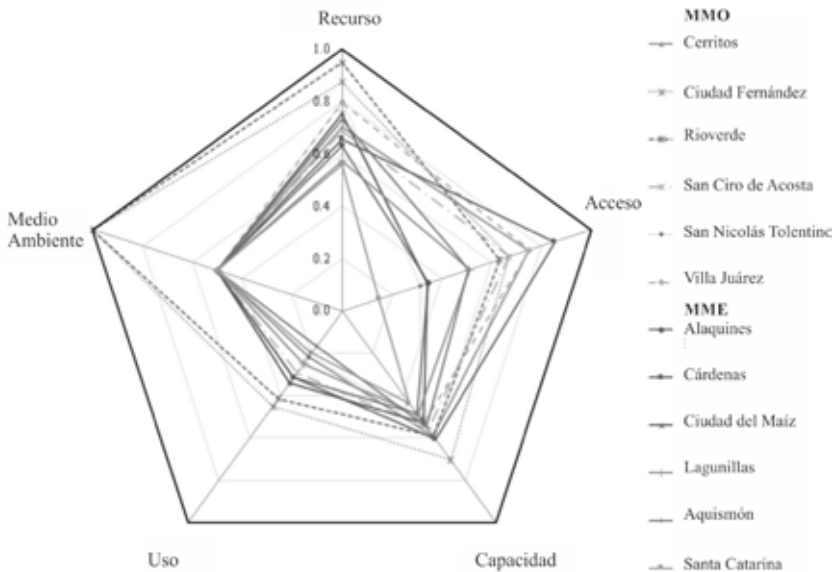
En el caso de la MME, la evaluación del componente uso (0.322) está asociada a que la economía se basa en las actividades primarias, los servicios y un desarrollo industrial incipiente. La producción agrícola, principalmente de temporal, contribuye al abasto de su propio mercado y aporta granos básicos y carne de bovinos al consumo de la capital del estado. En varios municipios, la comercialización de los productos se destina al autoconsumo. Cuando se tienen excedentes, se comercializan en el ámbito local o en la misma región (SEGOB SLP, 2015). La obra de captación más importante es la presa Álvaro Obregón (Palomas), en Alaquines, con una capacidad de 4.00 mm³ (CONAGUA, 2016).

Esta situación se ve reflejada en los componentes de acceso (0.452) y capacidad (0.517). Según el censo agrícola, ganadero y forestal de 2007 hecho por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 12 por ciento del total de la superficie agrícola disponible para cultivo en el área de estudio tiene acceso a agua para riego. En los municipios de Alaquines y Rayón, solo uno por ciento de la superficie agrícola cuenta con acceso a agua de riego.

Como se puede observar en la figura 3, de los 12 municipios de la Zona Media, Rioverde y Ciudad Fernández son los que resultaron mejor evaluados en los cinco

componentes, a causa, en gran medida, del desarrollo económico asociado a las actividades agrícola y turística. Además, la población urbana (65 por ciento) dispone de servicios públicos, incluso servicios educativos de nivel superior (en Rioverde), condición que no está presente en ningún otro municipio (López-Álvarez, 2019).

FIGURA 3. POLÍGONO DEL ÍNDICE DE POBREZA DEL AGUA POR MUNICIPIO



En tanto, Santa Catarina (véase la figura 3) es el municipio que resultó con más deficiencias. En este caso, más de 70 por ciento de la población se encuentra en localidades con pocos habitantes y de forma dispersa (19 habitantes por kilómetro cuadrado), lo cual contribuye a la carencia de servicios básicos. Es importante señalar que este municipio es el que tiene la mayor proporción de población indígena en la Zona Media (López-Álvarez, 2019).

Agua y medio ambiente

El agua brinda un sinnúmero de servicios ecosistémicos para todos los seres vivos. Sin embargo, el hombre, en busca de cubrir las necesidades de alimento, de vestido, de vivienda, de recreación y otras no esenciales, ha hecho un uso excesivo de los recursos naturales, lo cual ha deteriorado, incluso agotado o extinguido,

especies vegetales y animales, lo que ha causado un desequilibrio irreversible en los ecosistemas.

La Zona Media ha experimentado alteraciones en el medio ambiente. Como lo indica el cambio del uso del suelo de la serie I del INEGI (1980), la mayor parte del territorio era matorral crasicaule, además del bosque de pino-encino; treinta y tres años después (serie V del INEGI, 2013) tuvo lugar la expansión de la agricultura de temporal, expansión vinculada primordialmente al incremento de las poblaciones urbanas y rurales (Santa María, 2018).

Esta situación ha tenido efectos directos en el componente medio ambiente (véase el cuadro 7 y la figura 2). La evaluación (0.5) de la MME obedece al deterioro y la pérdida de una porción de selva baja y media principalmente en los municipios de Santa Catarina y Lagunillas, donde la agricultura de temporal ha pasado a ocupar grandes hectáreas de terreno (Santa María, 2018). Sin embargo, los impactos en el medio ambiente en esta microrregión han sido menores, posiblemente a causa de un bajo desarrollo económico y, por lo tanto, demográfico, lo que contiene la gran demanda de recursos naturales.

En el caso de la MMO, la evaluación (0.667) corresponde a la existencia de dos áreas naturales protegidas de orden federal, El Potosí y la Sierra de Álvarez, así como dos de orden estatal, el manantial de la Media Luna y la Palma Larga. Sin embargo, uno de ellos, la Sierra de Álvarez, carece de un plan de manejo que garantice la conservación y, en algunos casos, el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. No obstante, un tema pendiente es la calidad del agua. Urbano-Peña (2017) menciona que el agua para uso agrícola tiene una buena calidad en términos generales, pero los altos contenidos de sólidos totales disueltos (STD), en particular sales, afectan la calidad del suelo y, por consiguiente, de los cultivos.

A la mala calidad del agua se suma el aporte de desechos residuales municipales (sustancias químicas, sólidos metales, basura, grasas, aceites, detergentes y organismos coliformes) sin tratamiento, principalmente en los municipios de Ciudad del Maíz y Cárdenas, en la MME, y Rioverde y Ciudad Fernández, en la MMO. Además, el problema aumenta y se vuelve más complejo en el transcurso del río Verde, en la zona agrícola, por la incorporación de altas concentraciones de fósforo y nitrógeno (fertilizantes); pero también hay indicios de sustancias asociadas a pesticidas (SEGAM, 2000).

En general, los procesos históricos de aprovechamiento del agua subterránea (de 1888 a 1902) tuvieron efectos significativos en la MMO. El afloramiento de los manantiales ha representado un uso superficial importante para el turismo local, regional y nacional, pero también para la agricultura como una alternativa de acceso

al agua, lo que ha dado lugar al agotamiento de manantiales, la disminución de los caudales, la contaminación y al descenso generalizado de los niveles piezométricos en la llanura de Rioverde.

La relación hombre-naturaleza ha posibilitado el bienestar, el desarrollo social y económico; sin embargo, la naturaleza no puede valorarse solo en una escala de precios, y sobre esta conferir valores ecológicos, estéticos, culturales y económicos. La naturaleza es un patrimonio, antes que un capital (Gudynas, 2003).

CONCLUSIONES

El índice de pobreza del agua es una herramienta muy útil para evaluar la disponibilidad de agua en las poblaciones estudiadas en relación con las condiciones socioeconómicas de estas. La aplicación del IPA en las diferentes regiones del estado de San Luis Potosí permite reafirmar que lo que establece la pobreza o la riqueza hídrica no es la cantidad de agua de que se disponga, sino la eficacia en el uso y en el manejo de esta.

La limitación de la metodología de este índice radica, por un lado, en el acceso a datos en el ámbito municipal. Es más fácil obtener información si la unidad de análisis tiene mayor actividad económica o si su población es urbana, pues las fuentes de información generan datos con relativa periodicidad. Otra desventaja es la escala de análisis: si no se logra empatar la escala de los datos biofísicos con los socioeconómicos es posible la expresión de valoraciones no reales.

La ventaja principal de la metodología aplicada es la flexibilidad que cada componente permite para su evaluación. Cada caso de estudio tiene condiciones particulares y heterogéneas, incluso en el interior de cada componente en espacios relativamente cercanos, como en el caso de disponibilidad del agua o de servicios públicos.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, E.; Fusari, M., y Salomón, M. (2005). Índice de pobreza hídrica: aplicación y ajuste metodológico a nivel local y de comunidades. Estudio de caso. Departamento de Lavalle. Mendoza (Argentina). En A. Fernández Cirelli y E. Abraham (eds.). *Uso y gestión del agua en tierras secas* (pp. 25-40). Mendoza, Argentina: CYTED XII Aprovechamiento y Gestión de los Recursos Hídricos.

- AGUILAR-ORTEGA, F. (2010). *Evolución reciente y estado actual del aprovechamiento del agua subterránea de la llanura de Rioverde, San Luis Potosí, México* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- CEFIMSLP (Coordinación Estatal para el Fortalecimiento Institucional de los Municipios de San Luis Potosí) (2017). Recuperado de <http://www.transparenciamunicipalslp.gob.mx/>
- CHARCAS-SALAZAR, H. (2002) *Proceso de conformación agrícola de la región de Rioverde, San Luis Potosí, México* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2016b). *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Monitoreo de calidad del agua*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=calidadAgua>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014). *Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Río Verde, clave 2415, en el estado de San Luis Potosí, región hidrológico-administrativa Golfo Norte*. San Luis Potosí, México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5362355&fecha=02/10/2014
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2015a). *Acuerdo por el que se dan a conocer los resultados de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas de los acuíferos de la Zona Media en el estado de San Luis Potosí, región hidrológico-administrativa Golfo Norte*. San Luis Potosí, México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2015b). *Volúmenes inscritos, REPDA. Fuente predominante para usos consuntivos por municipio*. Distrito Federal, México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2016a). *Sistema de seguridad de presas*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-de-seguridad-de-presas>
- COOK, S.; Rubiano, J. E.; Sullivan, C.; Andah, W.; Ashante, F.; Wallace, J. F.; Terrason, I.; Nikiéma, A.; Kemp-Benedict, E. J.; Tourino, I., y Yiran, G. A. (2007). *Water poverty mapping in the Volta Basin: looking for linkages between water and poverty. Basin Focal Project Workshop Report*. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/2fc6/61453d7a814fd00b12a8c7e528d11bfac0bd.pdf?_ga=2.263137740.1722636879.1566420414-258630619.1566420414
- FENWICK, C. (2010). *Identifying the water poor: an indicator approach to assessing water poverty in rural Mexico* (Tesis de doctorado). University College Lon-

- don. Londres, Reino Unido. Recuperado de <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/708398/1/708398.pdf>
- GARCÍA, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Distrito Federal, México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- GINÉ GARRIGA, R., y Pérez-Foguet, A. (2010). The enhanced water poverty index: targeting the water poor at different scales. WISA 2010 Biennial Conference. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9752/WISA2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2015). *Plan estatal de desarrollo urbano 2012-2030. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Síntesis ejecutiva*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Recuperado de <https://slpfinanzas.gob.mx/pdf/planeacionypresupuesto/pedu-2012-2030.pdf>
- Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2016). *Plan estatal de desarrollo 2015-2021. Eje rector 1: San Luis próspero*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Recuperado de http://www.slp.gob.mx/plan2015-2021/assets/plan2016_eje1.pdf
- GUDYNAS, E. (2003). El impacto de la mercantilización de la naturaleza en la investigación y la sustentabilidad. En C. Miranda Larrea (ed.), *Memorias del Simposio Internacional Prioridades de Investigación Científica sobre Recursos Naturales Renovables para el Desarrollo Sostenible* (pp. 147-155). La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible, Academia de Ciencias de Bolivia. Recuperado de <http://ambiental.net/wp-content/uploads/2015/12/InvestigacionBiodivGoberLaPaz03.pdf>
- HERRERA CASTELAZO, A.; Salas Plata Mendoza, J. A.; Solís, S. S., y Gustavo Córdova, G. (2007). Incorporating flood vulnerability to the water poverty index in the Juarez municipality. Paper 14. Recuperado de https://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=ucowrconfs_2007
- ILIZARRITURRI-HERNÁNDEZ, C. A. (2006). *Modelo de intervención educativa para el parque estatal Manantial de La Media Luna, Rioverde, San Luis Potosí* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1980). Carta de uso de suelo y vegetación. Escala: 1 000 000. Serie I. Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2002). *Estudio hidrológico del estado de San Luis Potosí*. San Luis Potosí, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2007). *Censo agropecuario 2007*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825292867>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013). Carta de uso de suelo y vegetación. Escala: 1 000 000. Serie V. Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://www.sema.gob.mx/SRN-SIIAECC-USO-USV01.php>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2015). *Encuesta intercensal 2015*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018). *Marco geoestadístico nacional*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/>
- JIMÉNEZ, M. C. (2007). *Construcción del índice de pobreza de agua para el recurso hídrico superficial. Estudio de caso para 24 municipios de la cuenca del Río Bogotá. Cundinamarca Colombia*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <https://www.orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/construccion-del-i-ndice-de-pobreza-de-agua-para-el-recurso-hi-drico-superficial-estudio-de-caso-para-24-municipios-de-la>
- KAMAL EL-DIN EL-GAFY, I. (2008). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(2), 173-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2015.09.008>
- LAWRENCE, P.; Meigh, J., y Sullivan, C. (2002). The water poverty index: an international comparison. *Keele Economics Research Papers*, 19 (October), 17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1477-8947.00054>
- LÓPEZ-ÁLVAREZ, B. (2019). *Caracterización sociodemográfica por municipio de la Zona Media del estado de San Luis Potosí*. San Luis Potosí, México: El Colegio de San Luis.
- LÓPEZ-ÁLVAREZ, B.; Ramos Leal, J. A.; Santacruz, G.; Morán Ramírez, J.; Carranco Lozada, S. E.; Noyola Medrano, M. C., y Pineda Martínez, L. F. (2013). Cálculo del índice de pobreza del agua en zonas semiáridas: caso valle de San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 249-260. Recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/31936/39168>
- LÓPEZ-ÁLVAREZ, B.; Rizo-Fernández, Z.; Ramos-Leal, J. A.; Morán-Ramírez, J., y Almanza-Tovar, O. G. (2019). Water poverty index in arid zones: The Barril Aquifer,

- Santo Domingo, San Luis Potosi, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 35-46 DOI: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.03>
- LÓPEZ-ÁLVAREZ, B.; Santacruz de León, G.; Ramos Leal, J. A., y Morán Ramírez, J. (2015). Índice de pobreza del agua en zonas subtropicales: el caso de la Huasteca potosina, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(2), 173-184. Recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/46748/45022>
- LÓPEZ, N. (22 de abril de 2016). SLP, expulsor de migrantes. *Plano Informativo*. Recuperado de <http://planoinformativo.com/455461/slp-expulsor-de-migrantes-slp>
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2010). *El derecho humano al agua*. Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). Organización Mundial de la Salud (OMS), Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa Conjunto de Seguimiento de la OMS y UNICEF. Recuperado de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/facts_and_figures_human_right_to_water_spa.pdf
- ONU-DAES (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas) (2014). *Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, ONU-Agua. Recuperado de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
- Panorama Agrario* (26 de mayo de 2016). Invernadero de Santa Rita, fuente de empleo y productividad. Recuperado de <https://panoramaagrario.com/2016/05/invernadero-santa-rita-fuente-empleo-productividad/>
- Plano Informativo* (21 de mayo de 2013). Construirán cinco plantas de tratamiento de agua. Recuperado de <http://planoinformativo.com/258397/construiran-cinco-plantas-de-tratamiento-de-agua-slp>
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2014). Índice de desarrollo humano municipal en México: nueva metodología. Distrito Federal, México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de <https://www.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesReduccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/UNDP-MX-PovRed-IDHmunicipalMexico-032014.pdf>
- RAMOS, J. A. (2002). *Validación de mapas de vulnerabilidad acuífera e impacto ambiental: caso Río Turbio, Guanajuato* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

- SANTA MARÍA TORRES, D. J. (2018). *Cálculo del índice de pobreza de agua en la Zona Media de San Luis Potosí* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- SEDECO (Secretaría de Desarrollo Económico) (2009). *V. Regiones de San Luis Potosí. Generalidades. Plan estatal de desarrollo 2009-2015*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- SEDECO (Secretaría de Desarrollo Económico) (2015). *Distribución del PIB por regiones de San Luis Potosí*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) (2014). Unidad de microrregiones. Cédulas de información municipal (SCIM). Catálogo de localidades. Recuperado de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx?tipo=clave&campo=mun&valor=24>
- SEGAM (Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Gobierno del Estado) (2000). *Plan de ordenamiento ecológico del valle de Rioverde y Ciudad Fernández*. San Luis Potosí, México: Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental.
- SEGOB SLP (Secretaría de Gobernación de San Luis Potosí) (2009). *Plan estatal de desarrollo 2009-2015. V. Generalidades por regiones de San Luis Potosí*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- SEGOB SLP (Secretaría de Gobernación de San Luis Potosí) (2015). *Plan estatal de desarrollo urbano de San Luis Potosí 2012-2030*. San Luis Potosí, México: Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Recuperado de <http://www.slpfinanzas.gob.mx/pdf/planeacionypresupuesto/Plan-Estrategico-de-Desarrollo-Regional-2012-2030.pdf>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2015). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2014*. Distrito Federal, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Subdirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108923/Inventario_2014.pdf
- SULLIVAN, C. A. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development*, 30 (7), 1195-1210.
- SULLIVAN, C. A.; Meigh, J. R., y Giacomello, A. M. (2003). The water poverty index: development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 27(3), 189-199. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1477-8947.00054>
- THAKURA, J. K.; Neupane, M., y Mohanan, A. A., (2017). Water poverty in upper Bagmati River Basin in Nepal. *Water Science*, 31(1), 93-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsj.2016.12.001>

- URBANO PEÑA, M. (2017). *Índice de pobreza del agua en los acuíferos de Cerritos-Villa Juárez y Rioverde de la Zona Media de San Luis Potosí* (Tesis de maestría). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnología, A.C. San Luis Potosí, México.
- VAN DER VYVER, C. (2013). Water poverty index calculation: additive or multiplicative function? *Journal of South African Business Research*, article ID 615770 (2013), 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.5171/2013.615770>.

