

## Disponibilidad hídrica del manantial “Ojo de Agua” ubicado en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz

*Water availability of the "Ojo de Agua" spring located in the microwatershed of the Pixquiac river, Veracruz*

Socorro Menchaca Dávila <sup>a</sup> | Alitzel Calva Maldonado <sup>b</sup> |  
Glen Dean Jiménez Windsor <sup>c</sup> | Sergio Francisco Juárez Cerrillo <sup>d</sup> |

**Recibido:** 8 de septiembre de 2022.

**Aceptado:** 17 de octubre de 2022.

---

<sup>a</sup> Universidad Veracruzana, Investigadora y profesora del Centro de Ciencias de la Tierra. Responsable del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas), Xalapa, México. Contacto: [socorro.menchaca@gmail.com](mailto:socorro.menchaca@gmail.com) | ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4471-9602> \*Autora para correspondencia.

<sup>b</sup> Consultora ambiental de SICAM México e integrante del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas), Xalapa, México. Contacto: [alicalvam@gmail.com](mailto:alicalvam@gmail.com)

<sup>c</sup> Operador en plantas de tratamiento de agua en ODIS Asversa e integrante del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas). Contacto: [glen.d.jimenez@outlook.com](mailto:glen.d.jimenez@outlook.com)

<sup>d</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, colaborador del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas). Xalapa, México. Contacto: [sejuarez@uv.mx](mailto:sejuarez@uv.mx)

---

**Resumen:** Se presenta la información de carácter diacrónico sobre el caudal total, el volumen para uso antrópico y caudal ecológico del manantial "Ojo de Agua" ubicado en la microcuenca del río Pixquiac, y la metodología utilizada; así como la información que contextualiza la compleja problemática sobre la disponibilidad del agua.

**Palabras clave:** Datos; agua; manantial; usos; conservación.

**Abstract:** *Diachronic information is presented on the total flow, the volume for anthropic use and the ecological flow of the "Ojo de Agua" spring located in the Pixquiac river micro-basin, and the methodology used; as well as the information that contextualizes the complex problem of water availability.*

**Keywords:** *Data; Water; Spring; Uses; Conservation.*

## Introducción

La importancia del agua, tiene distintas vertientes ya que es la fuente de vida humana y es la base para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos, contribuye a regular el clima en la Tierra, modela el paisaje, entre otros aspectos. El 97% del agua es salada y menos del 1% del total del recurso se ubica en manantiales, ríos, lagos, etc., y puede ser utilizado por la población. Si bien el agua dulce es indispensable, este recurso debe tener características específicas en cuanto a la calidad para su uso; pero también es necesario para la producción de bienes de origen vegetal o animal, y en el sector industrial y de servicios, entre otros.

Un atributo específico de este recurso natural es que no se crea ni se destruye, solo se transforma, como sucede con la energía; además, el agua tiene como características esenciales la continua circulación, movimiento y el cambio de estado físico. Sin embargo, la cantidad de agua en el planeta permanece constante, es decir, el agua que llueve se evapora o almacena en ríos, manantiales, arroyos, lagos, lagunas y zonas costeras, etc., para finalmente llegar a los océanos. En la actualidad, el agua dulce está siendo utilizada a una tasa extremadamente veloz, lo que no permite que los ecosistemas acuáticos se recuperen o sean resilientes, por lo que este recurso, considerado como renovable, se empieza a transformar en no renovable (Mazari, 2022).

Existen diversos factores de carácter natural y antrópico que afectan a la disponibilidad del agua como la variación de precipitación, la erosión del suelo, el cambio climático, la degradación de la biodiversidad en los contextos terrestres y acuáticos; la modificación de los cauces del río; la agricultura de tipo intensivo, el cambio de uso del suelo y el crecimiento de la población; así como el aumento en la demanda para la producción industrial y de servicios, mismos que ponen en riesgo la seguridad hídrica en distintas regiones del planeta y países (Vörösmarty et al., 2010).

En México, considerando solamente los efectos demográficos, se señala que para el 2030, gran parte de la población en distintas regiones del territorio estarán en condiciones de estrés hídrico (1000 a 1700 m<sup>3</sup>/hab/año) y en escasez (500 a 1000 m<sup>3</sup>/hab/año) o escasez absoluta (<500 m<sup>3</sup>/hab/año) (Martínez et al., 2019).

En el contexto de la microcuenca del río Pixquiac, que abastece de agua a la capital del estado de Veracruz y a localidades de cinco municipios, se han identificado múltiples impactos y afectaciones a los servicios ambientales conexos al agua, relativos a las cuencas hidrológicas y de bosques. Estos

se producen por las actividades de los sectores de agricultura, ganadería, acuicultura, doméstico, industria y servicios. Dicho factor antrópico genera degradación al ecosistema y disminuye la disponibilidad del agua (Menchaca & Alvarado, 2011; Menchaca & Uscanga, 2016) sin que existan políticas y estrategias dirigidas a la preservación de los ecosistemas conexos al agua, mismas que, por principio, deben basarse en la medición de la cantidad y calidad del recurso hídrico de los cuerpos de agua, sobre todo aquellos que abastecen a comunidades humanas.

Respecto a lo anterior, el registro, monitoreo, análisis de carácter diacrónico y permanente sobre la variación de caudales de agua debe ser un principio básico, ya que en la Ley de Aguas Nacionales en el artículo 7 fracción III, se establece que la medición de la cantidad, calidad y en términos generales el ciclo hidrológico, representa uno de los instrumentos fundamentales para conocer o controlar la extracción del recurso hídrico, así como explotación, uso o aprovechamiento tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas, con el propósito de desarrollar una gestión eficiente en beneficio de la colectividad (Ley de Aguas Nacionales, 2017).

Sin información confiable sobre la disponibilidad de agua en cantidad y calidad no puede desarrollarse una política y estrategias eficientes de gestión y manejo de agua, basada en un beneficio social, responsable porque debido al incremento de la población y la producción de bienes y servicios, también ha aumentado la demanda de cantidad de agua en cantidad y calidad para uso humano.

Es importante mencionar que los volúmenes nacionales se agrupan en usos consuntivos del agua (agrícola, abastecimiento público que integra la producción agrícola, abastecimiento doméstico, industria, y termoeléctrica); y los usos no consuntivos que comprenden tanto al funcionamiento de las hidroeléctricas, y de los ecosistemas y sus servicios ambientales, como es la conservación ecológica (CONAGUA, 2019).

Se señala que, tanto los usos consuntivos como no consuntivos que dan cuenta de la disponibilidad total del agua respecto a los volúmenes del recurso, se encuentran en una declarada competencia y tienen una desigual distribución, ya que por ejemplo, el 77% está concesionado para la producción agrícola, un 14% es usado para el abastecimiento público como uso doméstico y servicios, el 5% para la generación de energía, y el 4% restante es utilizado para la industria (García, 2018). Cabe señalar, que las cantidades de volúmenes para usos no consuntivos no se identifican o miden en su totalidad, no obstante que son la base fundamental para disponer de agua, ya que permiten el funcionamiento de los ecosistemas. En adición a lo anterior, a nivel nacional en el año 2018, el volumen para los distintos usos consuntivos que provenía de fuentes superficiales fue del 60.8%, y el resto de las fuentes subterráneas, que implica retos específicos para su medición (CONAGUA, 2019).

Como se ha mencionado, la conservación de los ecosistemas ecohidrológicos superficiales o subterráneos, requiere medir la cantidad de agua de los cuerpos de agua, pero también desarrollar un enfoque de sustentabilidad mediante la medición de carácter permanente del flujo del caudal ecológico, que es el retorno del agua al ecosistema. Dicha medición es un instrumento valioso para la gestión ya que permite un manejo sostenible de los recursos hídricos; conocer del flujo de agua que es necesaria para mantener o restaurar la biodiversidad, así como conservar las funciones y los procesos resilientes de los ecosistemas acuáticos, mismos que proporcionan bienes y servicios en beneficio a la sociedad (Conferencia de Brisbane, 2007, citado por Menchaca & Calva, 2019).

El caudal ecológico está referido en la Ley de Aguas Nacionales como el "Uso ambiental" o "Uso para conservación ecológica" y solamente establece que "debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema"; sin embargo, la medición de dicho caudal, debería ser la política central para la conservación y/o restauración del ambiente acuático

(Menchaca & Calva, 2019). Con base en los aspectos establecidos con antelación, las fuentes naturales de abastecimiento para uso humano o doméstico son de vital importancia, por lo que es fundamental contar con información confiable sobre los aspectos relacionados con el ciclo natural para asegurar que se conserve la función de los ecosistemas acuáticos y se asegure la demanda presente y futura de la sociedad.

Los datos que se presentan provienen del cuerpo de agua subterráneo "Ojo de Agua" que es un manantial. La medición se realizó durante cuatro años y ocho meses (enero 2016 – agosto 2020) respecto a la disponibilidad total de agua, el caudal para uso antrópico y del caudal ecológico que retorna al ecosistema. Dicha información tiene como base un proceso de investigación en el tema de gestión y manejo de los recursos hídricos que realizaba el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (Agua, Bosques, Cuencas y Costas [OABCC]). Dicho proceso metodológico permite relacionar los aspectos relativos a disponibilidad de agua de un cuerpo natural con el uso del agua, para valorar si este es racional o eficiente por parte de la comunidad; además de evaluar la gestión y el manejo del agua que se realiza en dicho contexto el organismo operador del servicio de agua CMAS/Coatepec, según Reglamento Interno (Menchaca et al., 2019; Menchaca & Calva, 2022).

Se señala que es el municipio de Coatepec, la entidad gubernamental que tiene la concesión para otorgar el servicio de agua a la población de la Congregación de Zoncuantla, y que al inicio del proceso de investigación, el volumen del caudal de agua del manantial "Ojo de Agua" (**Figura 1**) no se medía en dicho contexto, es decir, dicha entidad gubernamental solamente registraba el volumen de agua en la caja de abastecimiento a la población. Por ello, el OABCC tuvo la iniciativa de medir y analizar la información con bases científicas y técnicas (**Figura 2**). Posteriormente, no fue posible continuar con dicha labor debido a que el gobierno municipal realizó una modificación en la estructura del cuerpo de agua (**Figura 3**), lo que impidió continuar con la medición e investigación referida.

**Figura 1**  
*Manantial "Ojo de agua"*



Fuente: OABCC, 2019.



**Figura 2**  
*Medición de caudal ecológico*



Fuente: OABCC, 2019.

**Figura 3**  
*Nueva estructura en el manantial "Ojo de Agua"*



Fuente: OABCC, 2020.

# 1. Zona de estudio

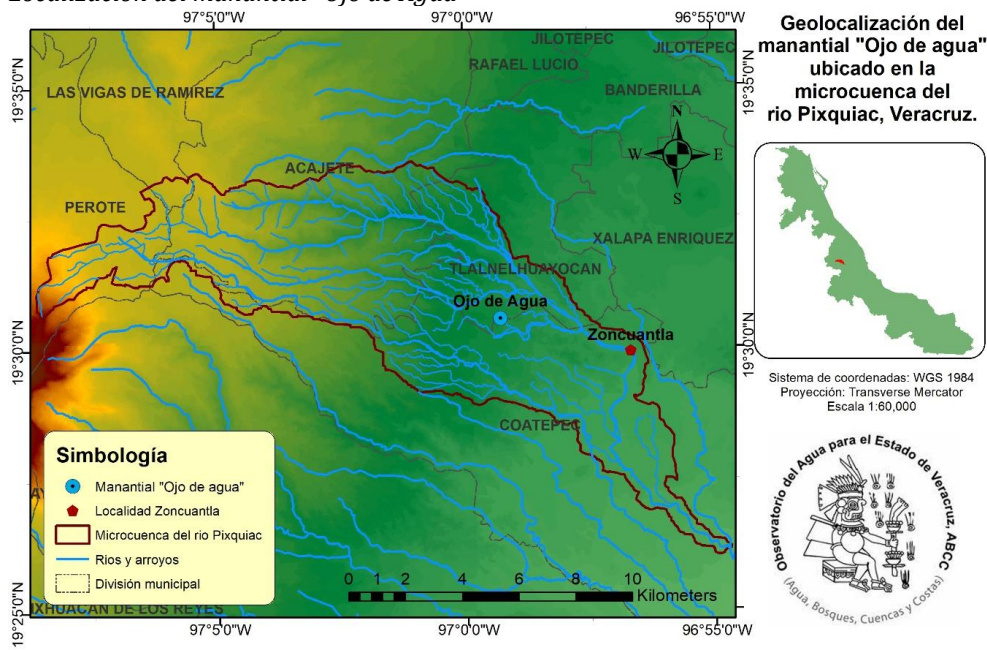
La microcuenca del río Pixquiac es el contexto territorial donde se ubica el manantial "Ojo de Agua", objeto de estudio al que corresponden los datos que se presentan en el presente artículo. La palabra pixquiac (*pixquitl*) significa en náhuatl "cosecha de agua", lo que denota el atributo principal que tenía la región desde tiempos ancestrales. El río Pixquiac nace en la vertiente nororiental del Cofre de Perote, a una altura de 3,760 msnm, y se une con el río Sordo a 1,030 msnm, punto en el que se delimita la superficie de la microcuenca.

La zona se ubica en la región central del estado de Veracruz, y tiene un área estimada de 107 km<sup>2</sup> que abarca parcialmente los municipios de Perote, Las Vigas de Ramírez, Acajete, Tlalnahuayocan y Coatepec. La microcuenca del río Pixquiac, tiene una significativa importancia ya que se encuentra en la zona alta o zona de cabecera, de la cuenca del río Huitzilapan o río La Antigua, la que se considera como una Región Hidrológica Prioritaria de Alta Biodiversidad (Arriaga et al., 2002). Se estima que en dicha microcuenca se captan aproximadamente 216,911,190 m<sup>3</sup> de agua al año, del cual el 31.5% (68,378,780 m<sup>3</sup>) se pierde en evapotranspiración, el 35.1% (76,130,490 m<sup>3</sup>) se infiltra y el 33.4% (72,401,920 m<sup>3</sup>) escurre superficialmente (García et al., 2009). El sistema hidrológico superficial y subterráneo de dicha microcuenca es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua de Xalapa, capital de Veracruz y de los municipios, y localidades que abarca la microcuenca.

Específicamente, el manantial "Ojo de Agua" se ubica en una zona rural del municipio de San Andrés Tlalnahuayocan, Veracruz, cuyas coordenadas son 19°30'34.27" N y 96°59'17.47" (Menchaca et al., 2019). Se señala, que el cuerpo de agua natural abastece a la Congregación de Zoncuantla del Municipio de Coatepec, e integra a cinco colonias (Plan de la Cruz, La Pitaya, Seis de Enero, Mariano Escobedo y el Atorón) cuya población es de aproximadamente dos mil personas (Figura 4).

**Figura 4**

*Localización del manantial "Ojo de Agua"*



Fuente: OABCC, 2022.

## 2. Metodología

### 2.1. Determinación de la variable e indicadores

Las metodologías relacionadas a la determinación de la disponibilidad de agua respecto a la cantidad, generalmente, hacen referencia únicamente al total del caudal de un cuerpo de agua. Sin embargo, es necesario señalar que la información en términos holísticos es muy útil, para identificar sobre la eficiencia del servicio que el gobierno brinda a la sociedad en términos de las políticas administrativas, así como el aprovechamiento relativo a los distintos usos, ya que permite analizar la demanda, el crecimiento de la misma y el uso racional, entre otros. También es útil para conocer la información sobre el caudal ecológico, para asegurar que el ecosistema hídrico se conserve, y evitar que los cuerpos de agua no sean sobreexplotados.

En ese sentido, medir la disponibilidad del agua es útil no sólo para conocer el volumen, sino también contar con la información sobre el proceso de gestión y manejo para el eficiente aprovechamiento del recurso hídrico y el cuidado de las fuentes naturales y/o el ecosistema hídrico. A continuación, se presenta el desarrollo metodológico de la disponibilidad de agua de un cuerpo natural que abastece a una comunidad, donde se mide tanto el caudal total del Manantial "Ojo de Agua", como el caudal para uso antrópico y el ecológico (**Tabla 1**).

**Tabla 1**

*Definición de variables e indicadores*

Variable	Definición conceptual	Indicadores
Disponibilidad de agua.	El agua disponible de un cuerpo natural para el uso y consumo en las diferentes actividades realizadas por el ser humano (Gil <i>et al.</i> , 2014).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de la disponibilidad total del agua.</li> <li>• Medición del caudal para uso antrópico.</li> <li>• Medición de caudal ecológico.</li> </ul>

Fuente: OABCC. Menchaca y Calva, 2022.

### 2.2. Determinación de la variable e indicadores

A. La disponibilidad del agua del manantial, el caudal de abastecimiento y el ecológico, se determinaron mediante aforos mensuales, durante el periodo comprendido de enero de 2016 a agosto de 2020 en el contexto del trabajo del Observatorio del Agua (OABCC). El instrumento utilizado fue un flujómetro marca Global Water modelo FP201, número de serie 92117, que permite cuantificar el caudal mediante la unidad de litros por segundo ( $L s^{-1}$ ).

B. Se identifica el lugar donde se ubica la estructura hidráulica del manantial que permite la conducción del recurso hídrico a las fuentes de abastecimiento para las cinco colonias mencionadas con antelación. Se identifican en dicha estructura los tres puntos en los siguientes contextos: el primero, es el que da cuenta de la disponibilidad total del agua (entrada); el segundo, identifica la cantidad de agua que se conduce para usos antrópicos/humanos; y el tercero, es el que permite conocer la cantidad del agua del llamado caudal ecológico, en donde se registra la cantidad que fluye o retorna al sistema acuático y/o ecosistema ecohidrológico (salida).

C. Se establecen puntos de muestreo en la entrada (disponibilidad total del agua) en el flujo de abastecimiento a la población (caudal antrópico) y en la salida de dicho sistema (caudal ecológico).



D. Para estimar el caudal de los tres puntos, se calcula el área transversal de los conductos por donde pasa el flujo de agua y se multiplica por el valor de la velocidad media del flujo del recurso hídrico, determinada por el flujómetro.

E. Para determinar la disponibilidad del agua del cuerpo natural, el caudal de abastecimiento a la población y ecológico, se realiza un balance hídrico de las entradas y salidas del sistema hidráulico, con base en los muestreos realizados de manera mensual.

### 3. Datos

Se tienen las observaciones de disponibilidad hídrica mensuales a partir de enero del 2016 hasta agosto del 2020. No se disponen de los datos correspondientes a los meses de julio. En total se cuenta con 56 registros, de estos 5 corresponden a observaciones no disponibles (NA) para la disponibilidad total, el uso antrópico y el caudal ecológico. En la **Tabla 2** se presentan las mediciones de  $T_t$  = disponibilidad hídrica total en el tiempo  $t$ ,  $D_t$  = uso antrópico en el tiempo  $t$  y  $E_t$  = caudal ecológico en el tiempo  $t$ ,  $t = 1, \dots, 56$ . Los datos satisfacen el balance hídrico.

$$T_t = D_t + E_t, \quad t = 1, \dots, 56.$$

#### Apéndice: Datos

Mes-Año	Disponibilidad total	Uso antrópico	Caudal ecológico
ene-16	36.77	28.81	7.96
feb-16	26.92	22.97	3.95
mar-16	30.77	23.02	7.75
abr-16	28.66	24.34	4.33
may-16	23.04	21.01	2.03
jun-16	24.87	24.87	0.00
jul-16	NA	NA	NA
ago-16	35.78	29.62	6.17
sep-16	42.14	31.95	10.18
oct-16	44.51	33.04	11.47
nov-16	46.88	34.10	12.78
dic-16	46.63	35.33	11.30
ene-17	34.38	26.22	8.16
feb-17	30.02	26.34	3.69
mar-17	25.93	21.26	4.67
abr-17	26.31	24.93	1.37
may-17	21.81	21.79	0.03
jun-17	22.86	22.86	0.00
jul-17	NA	NA	NA
ago-17	26.75	25.24	1.51
sep-17	57.09	45.79	11.30
oct-17	47.08	38.75	8.34
nov-17	40.46	30.16	10.30

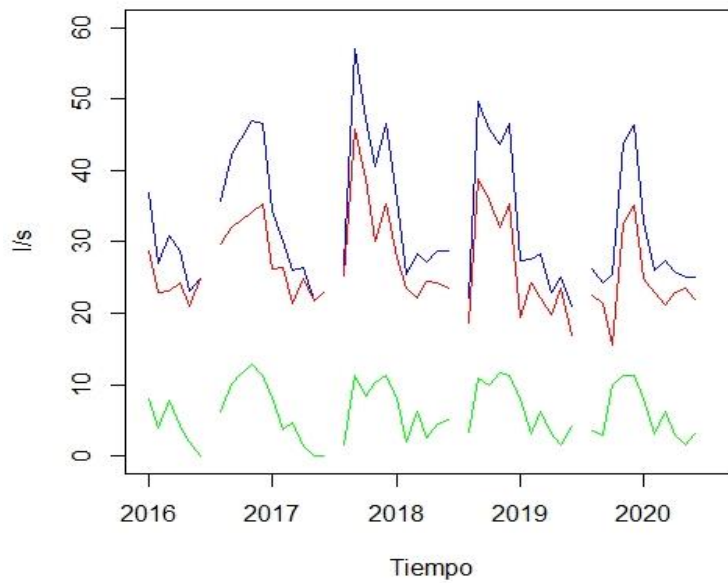


Mes-Año	Disponibilidad total	Uso antrópico	Caudal ecológico
dic-17	46.63	35.33	11.30
ene-18	35.81	27.75	8.06
feb-18	25.51	23.45	2.06
mar-18	28.36	22.20	6.16
abr-18	27.17	24.54	2.62
may-18	28.63	24.22	4.41
jun-18	28.72	23.58	5.14
jul-18	NA	NA	NA
ago-18	22.04	18.64	3.40
sep-18	49.61	38.76	10.85
oct-18	45.80	35.94	9.86
nov-18	43.67	32.02	11.64
dic-18	46.63	35.33	11.30
ene-19	27.42	19.36	8.06
feb-19	27.55	24.33	3.21
mar-19	28.36	22.20	6.16
abr-19	23.00	19.82	3.17
may-19	25.03	23.50	1.53
jun-19	21.06	16.90	4.16
jul-19	NA	NA	NA
ago-19	26.13	22.56	3.58
sep-19	24.27	21.31	2.96
oct-19	25.34	15.49	9.86
nov-19	43.91	32.62	11.30
dic-19	46.42	35.13	11.30
ene-20	32.86	24.79	8.06
feb-20	26.05	22.83	3.21
mar-20	27.36	21.20	6.16
abr-20	25.79	22.93	2.86
may-20	25.03	23.50	1.53
jun-20	24.98	21.88	3.10
jul-20	NA	NA	NA
ago-20	26.05	22.47	3.58

Fuente: OABCC 2022

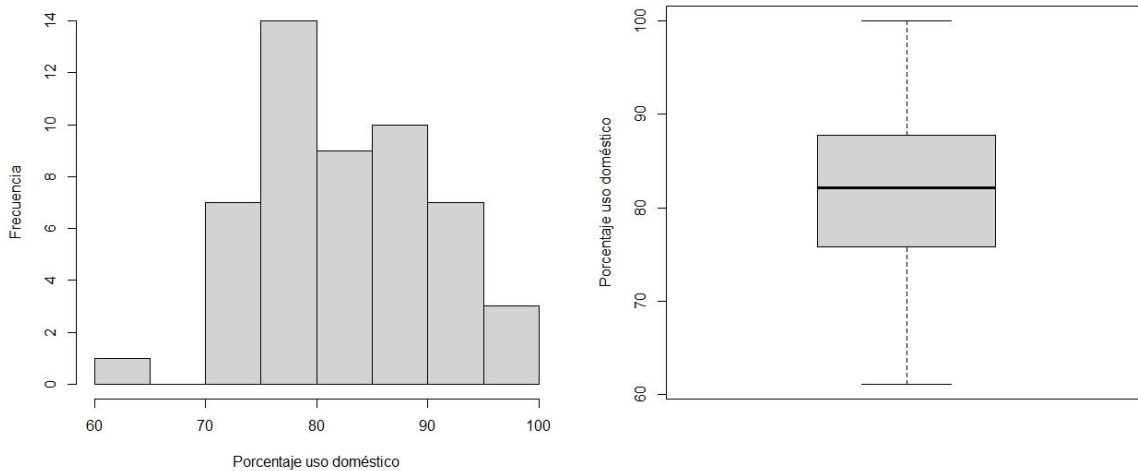
En la **Figura 5** se muestran a las tres series de tiempo:  $T_t, D_t, E_t$ . En la **Figura 6** vemos la distribución de los porcentajes de uso destinado al uso antrópico  $(D_t/T_t) \times 100\%$ . Vemos que durante el período de observación el uso antrópico mensual siempre fue superior al 60% del caudal total.

**Figura 5**  
Disponibilidad hídrica



Nota: Línea I) azul: Disponibilidad total, II) roja: uso antrópico, III) verde: caudal ecológico. Fuente: OABCC, 2022.

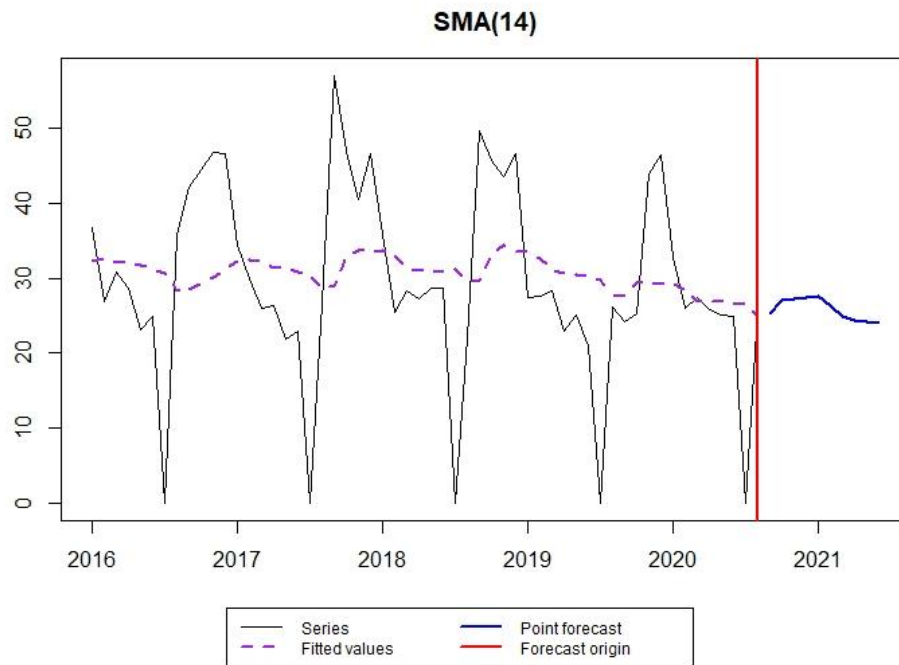
**Figura 6**  
Porcentaje del caudal mensual que se destina a uso antrópico



Fuente: OABCC, 2022.

Finalmente, con propósitos descriptivos, en la **Figura 7**, incluimos un suavizamiento de medias móviles junto con un pronóstico a 1 año de la disponibilidad hídrica total. Se aprecia una tendencia a la disminución del caudal total en el manantial "Ojo de Agua".

**Figura 7**  
 Tendencia y pronóstico de la disponibilidad hídrica



Fuente: Elaboración propia, con datos del OABCC.

## 4. Consideraciones finales

La información que se presenta abre la oportunidad para que científicos nacionales e internacionales puedan investigar el comportamiento del caudal de un acuífero subterráneo como es el manantial "Ojo de Agua", que es fuente de abastecimiento para una comunidad, ya que como se ha mencionado, existen múltiples condiciones que están afectando la disponibilidad del agua en cuanto a la cantidad del volumen del recurso hídrico.

Se reitera que el medir los caudales de los cuerpos de agua es una de las leyes y/o políticas más importantes en el contexto de la gestión y manejo de los recursos hídricos, con especial atención para aquellos que abastecen a la población, ya que permite contar con información confiable para analizar el comportamiento diacrónico sobre la disponibilidad de agua, en relación a la demanda de los usuarios del recurso hídrico, pero también conservar los ecosistemas conexos al agua, lo que es fundamental para que la sociedad tenga los beneficios ambientales en el presente y futuro.

El OABCC espera realizar las gestiones pertinentes con gobierno municipal, para que a partir de la información que aquí se publica, se completen las series de tiempo que debería tener el organismo operador en cumplimiento al Reglamento Interno de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) para analizar el comportamiento de la disponibilidad del agua y establecer estrategias dirigidas a conservar y/o restaurar las condiciones naturales y de infraestructura del cuerpo de agua; además de la regulación de la demanda, entre otros aspectos que puedan asegurar el bienestar de la comunidad que recibe ese preciado servicio ambiental.

## Referencias

- Arriaga, L., Aguilar, V., & Alcocer, J. (2002).** *Aguas continentales y diversidad biológica de México: Fichas técnicas y mapas.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA (2019)** Acciones y programas: *Sistema nacional de Información de Agua, SINA.* <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>
- García, I., Martínez, A., & Vidriales, G. (2009).** *Balance hídrico de la cuenca del río Pixquiac.* Documento técnico, Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable (SENDAS) A.C. Proyecto: NCMA3-08-03 "Delimitación de zonas prioritarias y evaluación de los mecanismos existentes para pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Pixquiac, Veracruz, México".
- García, L. (2018)** *Problemáticas económicas del agua en México.* <https://ciencia.unam.mx/leer/775/problematicas-economicas-del-agua-en-mexico>
- Ley de Aguas Nacionales (2017):** <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/ley-de-aguas-nacionales-54002>
- Gil, M., Reyes, H., Márquez, L., & Cardona, A. (2014).** Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 63, 67-73. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2014633612>
- Mazari, M. (2022)** El agua como recurso. *¿Cómo ves?*, 54, 10-12. <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>
- Martínez-Austria, P., Díaz-Delgado, C., Moeller-Chavez, G. (2019).** Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del Agua*, 23 (2), 107-121. <https://doi.org/10.4995/Ia.2019.10502>
- Menchaca, S., & Alvarado, E. (2011).** Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 85-96. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000700007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700007)
- Menchaca, S., Calva, A., & Hernández, H. (2019).** Disponibilidad del manantial "Ojo de Agua" y ahorro del uso doméstico del recurso hídrico en la localidad de Zoncuantla, Coatepec, Veracruz, México. *UVServa*, 6, 33-42. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i6.2580>
- Menchaca, S., & Calva, A. (2019).** Ecosistemas: cuerpos de agua y caudal ecológico. *La Ciencia y el Hombre*, 32 (1), 42-45. <https://issuu.com/pacocobosprior/docs/lcyeh-xxxii1-sm>
- Menchaca, S., & Calva, A. (2022)** Metodología sobre la disponibilidad de agua, políticas públicas y usos del recurso hídrico. *UVServa*, 13, 68-77. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2862>
- Menchaca, S., & Uscanga, A. (2016).** *Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos.* SEMARNAT, Universidad Veracruzana.
- Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Liermann, C., & Davies, P. (2010).** Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>