

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Observatorios

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi16.2930>

Variación del caudal del río Pixquiác, Veracruz

Variation of the Flow of the Pixquiác River, Veracruz

Socorro Menchaca Dávila ^a | Rafael Gutiérrez Martínez ^b
David Lozano Laez ^c | José Eduardo Ortiz Juan ^d

Recibido: 2 de marzo de 2023.

Aceptado: 16 de agosto de 2023.

^a Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: socorro.menchaca@gmail.com | ORCID: [0000-0002-4471-9602](https://orcid.org/0000-0002-4471-9602)
*Autora para correspondencia.

^b Observatorio del Agua para el estado de Veracruz (OABCC) y del Observatorio de Procesos Territoriales y Paisajes (OPTP), Facultad de Economía, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: ragutierrez@uv.mx | ORCID: [0000-0003-3212-6954](https://orcid.org/0000-0003-3212-6954)

^c Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: dlozano@uv.mx

^d Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: joseduardo.ness@gmail.com

Cómo citar:

Menchaca-Dávila, S., Gutiérrez-Martínez, R., Lozano-Laez, D., Ortiz-Juan, J. E. (2023). Variación del caudal del río Pixquiác, Veracruz, *UVserva*, (16), 14-24. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi16.2930>

Resumen: Se presentan los metadatos de carácter diacrónico correspondientes al río Pixquiac, ubicado en la microcuenca del mismo nombre; así como la metodología utilizada y la información que contextualiza la compleja problemática sobre la disponibilidad del agua en dicho contexto.

Palabras clave: Agua; río; variación; escasez.

Abstract: *The diachronic metadata corresponding to the Pixquiac river, located in the micro-basin of the same name, are presented; as well as the methodology used and the information that contextualizes the complex problem of water availability in that context.*

Keywords: *Water; River; Flow; Variation; Scarcity.*

Introducción

PODEMOS establecer que el agua es el recurso natural insustituible para la vida de los ecosistemas del planeta y para el humano. Esto representa su alta relevancia e importancia, ya que es un medio en el que se llevan a cabo tanto los procesos como las funciones de carácter biológico en los ámbitos que comprenden desde lo celular hasta lo ecosistémico, por lo que traspasa la vida de los organismos que habitan el planeta Tierra, así como también los medios de producción de bienes y servicios.

La Agenda 20-30 en su Objetivo 6 sobre “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” señala la importancia que tiene el recurso natural para la humanidad, porque es un factor imperativo que de manera transversal se relaciona con los retos en salud, superación de la pobreza, producción económica, equidad de género, preservación de ecosistemas y acceso a la educación (ONU, 2016; Sandoval-Minero, 2017).

Sin embargo, disponibilidad del agua en cantidad y calidad está siendo impactada de manera permanente por las actividades antrópicas y por diversas condiciones como el clima, las precipitaciones y los procesos físicos, entre otros, como se señala una investigación realizada en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich. En ésta se establece que al analizar miles de series de tiempo sobre caudales de ríos –desarrolladas por observatorios ubicados en distintas regiones del mundo– encuentra que la influencia humana (factor antrópico) está afectando considerablemente a los cuerpos de agua naturales; es decir, el cambio climático de orden antrópico altera el flujo fluvial global, observando, además, que la variación de caudal en algunos cuerpos de agua disminuye en algunas regiones, los ríos se están secando y otros se están volviendo más húmedos, generando un aumento en el volumen de agua, lo que indica patrones de tendencia espacialmente complejos y los cambios en el caudal registrados siguen siendo inciertos (Gudmundsson, *et al.*, 2021).

Otra aproximación, respecto a la explicación del fenómeno que ocurre en relación con las causas de disminución de la disponibilidad de agua, señala que los sistemas hidrológicos de agua dulce han tenido un impacto directo en la biodiversidad debido a múltiples factores, como son los siglos de actividad humana, la contaminación del agua,

el cambio climático, la sobrepesca, la introducción de especies no autóctonas, entre otros. Aunque se desconoce la escala y la magnitud global específica sobre los impactos y las afectaciones en los ecosistemas hídricos.

Para abordar lo anterior, en el Laboratorio de Evolución y Diversidad de Toulouse diversos investigadores evaluaron el cambio en la biodiversidad de agua dulce –debido a las actividades humanas en los últimos 200 años– en un conjunto de 2.456 cuencas fluviales del mundo. En los resultados se muestra que el 53 % de las cuencas fluviales del mundo, que abarca el 40 % de la superficie del planeta, han sufrido marcados cambios en la biodiversidad, especialmente en las regiones templadas (Su *et. al.*, 2021).

En el contexto mundial, y del fenómeno, un estudio de 1980-2015 identifica que seis de quince regiones, respecto al comportamiento de la sequía, experimentaron un aumento estadísticamente significativo, estableciendo que es necesario realizar múltiples estudios para ampliar la comprensión sobre la compleja interacción entre la sequía y los impactos que –en términos generales– se identifican en las graves afectaciones a los ecosistemas por el estrés evaporativo excesivo, los incendios forestales, la disminución de recursos hídricos, la reducción de la calidad del aire y la disminución de alimentos.

En dicho estudio, las regiones con mayor ocurrencia de sequías fueron –principalmente– las ubicadas en los trópicos y subtropicos de Brasil, en el Gran Valle de Rift –ubicado al este de África– y la India, con sequías del 30 al 40 % en un periodo de 36 años. Otras regiones que presentan una menor ocurrencia –que van desde un 20 % a un 30 %– están en el centro de México (que incluye la zona de estudio ubicada en la microcuenca del río Pixquiac del estado de Veracruz), la península de Indochina y el norte de Australia (Christian, *et al.*, 2021).

En México, en términos generales, el sistema hídrico se ve expuesto a crecientes presiones por los usuarios del agua, ya que actualmente el 76 % se usa para las actividades agrícolas y pecuarias, el 15 % para abastecimiento público que incluye el uso doméstico, 5 % para actividades industriales y el 4 % que resta se utiliza en diversas actividades, incluida la termoelectricidad, esto se ve con serias posibilidades de cambio en el ritmo e intensidad de consumo a futuro, encauzado principalmente por la expansión demográfica, el crecimiento económico y la política pública que han permitido un crecimiento constante de año con año, en un 0.9 % de volumen concesionado (Vega-López, 2019).

En adición a lo anterior, se identifican escalas distintas de alteración ecohidrológica en cuerpos de agua naturales como son los ríos, ya que los resultados de un estudio realizado muestran que en 393 cuencas hidrográficas del territorio, siete tienen una alteración signada como *Muy Alta*, lo que representa un 31 %; 77 están en *Alta* y *Media*, que representa el 42 %; y 312 fueron tipificadas como *Baja* y *Muy Baja*, respecto a los niveles de alteración, con un 27 % de afectaciones en el ecosistema hídrico (Garrido citado en Hernández-Vázquez, 2014). Además, se advierte que los ríos y arroyos son los cuerpos de agua que reciben los mayores impactos por descargas de aguas residuales sin tratamiento previo, los vertidos industriales y agrícolas, además de la falta de información precisa respecto a la calidad del agua (Hernández-Vázquez, 2014).

Al escenario anterior, se tienen frecuentes fases de sequías, el aumento de la deforestación y la pérdida de las funciones de los ecosistemas, el crecimiento demográfico, el uso no racional del recurso, entre otras circunstancias, que configuran condiciones desfavorables que pueden construir una crisis, en el contexto de la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico, lo que podría significar una grave presión tanto para el ecosistema hídrico como en los ámbitos sociales y económicos de los países y regiones del mundo (Menchaca-Dávila y Ulloa-Gutiérrez 2021).

En el mismo contexto, se establece que en el 2030 gran parte de la población –en distintas zonas del territorio– se encontrarán en condiciones de estrés hídrico (1000 a 1700 m³/hab/año) y en escasez (500 a 1000 m³/hab/año) o escasez absoluta (<500 m³/hab/año) (Martínez-Austria *et al.*, 2019). Lo anterior, se basa en tendencias como es el balance hídrico, realizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que estima existe una sobreexplotación de acuíferos, lo que significa que sus usos exceden a la recarga anual promedio, indicando que, de continuar esta tendencia, habrá impactos ambientales negativos a los servicios ambientales de los ecosistemas (CONAGUA, 2016).

En adición a lo anterior, para el mes de marzo 2021, el 70 % del territorio mexicano se consideraba que padecía algún nivel de sequía, principalmente los estados del norte de país, donde la ocurrencia de este fenómeno llegaba hasta el 100 % de su territorio (Breña-Naranjo, 2021).

Además, México se considera que tiene un alto potencial para padecer sequias, dado que el 52 % del territorio nacional se puede catalogar como árido o semiárido. Esto presenta un significativo reto respecto a las temáticas sobre gestión del recurso, el que se refuerza por la falacia de la abundancia del agua en el que viven algunas personas, ocasionada –en parte– por la acción de abrir un grifo y obtenerla sin tener la información básica de los procesos involucrados para abastecer a las poblaciones (Esparza, 2014) y las condiciones reales en que se encuentra la variación o disminución del agua de los cuerpos naturales, y las posibles repercusiones para los habitantes de las comunidades.

En el contexto local, la CONAGUA, a través del Programa Nacional Contra la Sequía, cataloga a la zona metropolitana de Xalapa como una célula de planeación con alta vulnerabilidad climática dado los retos presentes en temáticas como: planeación para satisfacer la demanda del vital líquido al 2030, la estimación del impacto en las actividades económicas comerciales e industriales, así como en la agricultura y el grado de explotación de los acuíferos que mantienen el área (CONAGUA, 2021).

Con base en el escenario anterior, y por los múltiples factores que éste implica, se vuelve necesario reconocer la importancia que tienen los cuerpos de agua naturales. Los ríos son sistemas complejos y dinámicos, los que –con base en una definición reduccionista– se definen por la función del escurrimiento de agua. Sin embargo, existen funciones más amplias e importantes como son el transporte del agua, los nutrientes y sedimentos que sostienen la vida acuática de los seres vivos, proporcionan distintos servicios ambientales como la regulación del clima y paisaje, mismo que incluye a la zona riparia (Menchaca-Dávila y Ulloa-Gutiérrez 2021).

En relación con el río Pixquiac, el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC) (Menchaca-Dávila y Ulloa-Gutiérrez 2021) ha identificado diversos factores

de carácter natural y antrópico que afectan al caudal del recurso hídrico, mediante la opinión y percepción de los habitantes que viven en la zona aledaña al cuerpo de agua natural. El principal factor de la de la disminución de la disponibilidad de agua es por el decremento de la precipitación y también porque se detectan resumideros en zonas específicas en el cauce del río. Se señala, además, que la comunidad hace jornadas de trabajo para taparlos y evitar que se acentúe la escasez que prevalece principalmente en época de estiaje y ante la sequía hídrica significativa que se presenta desde 2018.

Sobre los factores de carácter antrópico la comunidad señala, en orden de importancia: la creciente demanda del recurso hídrico; el desvío del cauce del río a casas privadas y para abastecer al ganado de la región; la constante extracción de agua del cuerpo natural, principalmente en época de estiaje, ya que pipas extraen el líquido del río o las casas por medio de mangueras, así como por acarreo en cubetas. La falta de servicio de agua determina condiciones de una fuerte presión sobre la disponibilidad en cuerpos naturales, además ya compromete la conservación del caudal ecológico (Menchaca-Dávila y Ulloa-Gutiérrez 2021).

Por lo señalado con antelación y por el fenómeno de la sequía, se vuelve imperativo como herramienta para superar las dificultades inherentes al tema, el monitoreo y diagnóstico de la sequía, construyendo índices cuantitativos, donde incurran variables meteorológicas, hidrológicas, de uso y propiedades físicas de suelo (Lobato-Sánchez y Mejía-Estrada, 2021), así como estudios sobre calidad de agua, y de opinión y percepción ambiental comunitaria.

1. Zona de estudio

1.1. La microcuenca del río Pixquiac

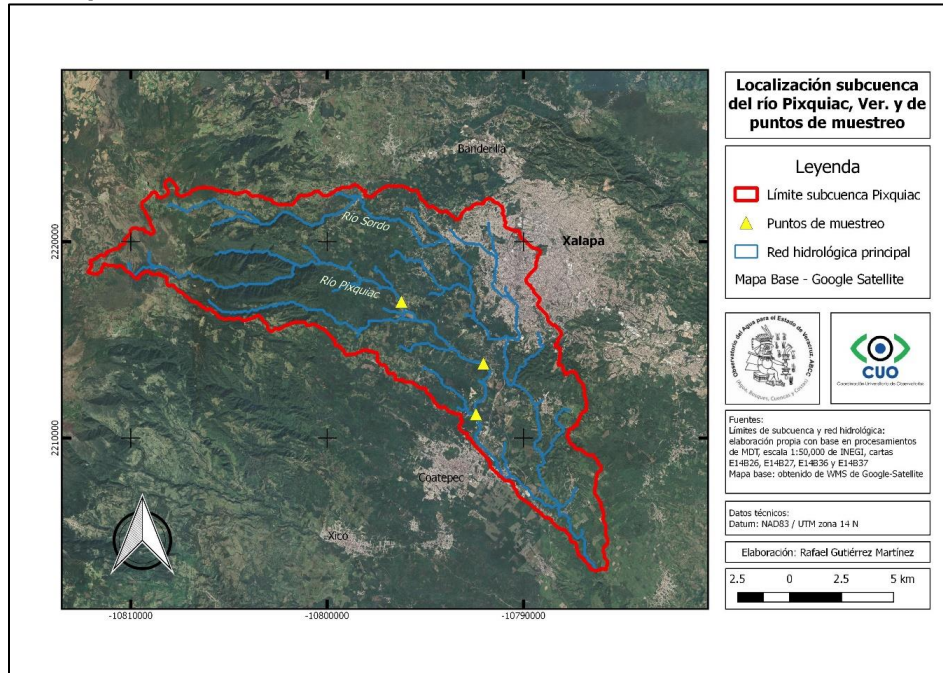
El área de estudio conocida como la subcuenca del río Pixquiac se extiende al oeste, sur oeste y sur de la ciudad de Xalapa, entre ésta y la ciudad de Coatepec. Tiene una forma alargada y levemente semicircular. La red hidrológica de la subcuenca está integrada por dos cauces principales y sus afluentes, el primero corresponde al río Sordo, el cual se ubica en la franja norte de la subcuenca; mientras que el de la franja sur es propiamente el llamado río Pixquiac.

Ambos escurren con un patrón dendrítico alargado y semiparalelo. Nacen en la ladera alta, ubicada al noreste de la cima del Cofre de Perote. En la subcuenca alta, los cauces fluyen hacia el este por aproximadamente 15 kilómetros, para luego dirigirse hacia el sureste. Los dos ríos confluyen en las cercanías del poblado Mahuixtlán, y más adelante desembocan en el río de Los Pescados.

Topográficamente, la subcuenca tiene un desnivel de 2780 metros, con un rango altitudinal que va desde los 3440 msnm. En las cercanías de la comunidad de “El Conejo”, hasta los 660 m. s. n. m., en la confluencia del río Pixquiac con el Texolo.

El origen geológico de toda la región, que consiste básicamente de una antigua y compleja combinación de eventos volcánicos, ha resultado en una topografía con distintas geoformas (ver **Figura 1**).

Figura 1
 Río Pixquiác, Veracruz, México



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales se puede hablar de una zonificación de la subcuenca en los siguientes términos: una subcuenca alta, compuesta por un par de elevaciones montañosas con barrancas profundas y de pendientes abruptas a muy abruptas (de más de 20° y hasta mayores a 40°), pero que están asociadas en su parte más alta, a terrenos de altiplanos que tienen lomeríos pequeños con pendientes suaves, que pueden ser hasta menores a 10°, y que son conocidos localmente como llanos.

Los terrenos abruptos están ocupados predominantemente por áreas boscosas bien conservadas, mientras que los llanos y laderas de menor pendiente están dedicados a actividades agropecuarias diversas.

Una segunda zona, que podemos definir como de cuenca media, conformada por una zona de laderas accidentadas, con barrancas semiparalelas –menos profundas–, cuyos cauces se orientan hacia el sureste, y predominantemente son terrenos con pendientes entre 15° y 40°. Entre ellos, se distribuyen algunos pocos llanos ocupados por pequeñas congregaciones y predios dedicados a actividades agropecuarias y otros ya urbanizados. En esta sub-zona aún se conservan muy amplias superficies cubiertas por bosques de distintas asociaciones vegetales, incluyendo áreas agrícolas correspondientes a cafetales bajo sombra.

Finalmente, la cuenca baja del Pixquiác es una zona en la que predominan geformas de lomeríos medios y pequeños, con pendientes predominantemente suaves y moderadas, y terrenos desde planos hasta 20° de inclinación.

Solamente existen algunos lomeríos alargados con laderas de pendientes mayores a 20°. Esta zona de la subcuenca está ocupada por terrenos dedicados intensamente a usos agrícolas y otros ya urbanizados por localidades antiguas, como Pacho Viejo, Las Lomas, La Orduña y varios otros sitios en franco proceso de urbanización.

Tales características de la subcuenca –incluyendo las condiciones en que se integran los elementos topográficos, geológicos, edafológicos, y de cobertura del suelo– resultan en que esta integra una zona privilegiada desde el punto de vista geohidrológico, y su potencial de recarga y abasto de agua para satisfacer los usos de todo tipo que dependen del agua que ahí se almacena subterráneamente o que fluye por sus cauces.

En este contexto, los puntos de control para el monitoreo del caudal del río Pixquiac están ubicados en sitios que permitan reconocer, en el caso del punto de monitoreo más alto, el caudal acumulado de esta, pues se encuentra –prácticamente– en donde termina la subcuenca alta.

Los datos obtenidos en los otros dos puntos ubicados en la transición a la subcuenca baja, nos permiten sumar la acumulación registrada en su transcurso por la subcuenca media. Así, los datos obtenidos permiten contar con una idea general de la variabilidad espacial y temporal del caudal de la subcuenca del río Pixquiac.

1.2. Metodología cartográfica

Para la elaboración del mapa que sustenta a esta caracterización, se recopilaron los modelos digitales de terreno (MDT), disponibles en el sistema de consulta de mapas de INEGI (<https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>). La zona correspondiente a la subcuenca del río Pixquiac abarca terrenos incluidos en las cartas topográficas, hojas E14 B26 Perote, E14 B27 Xalapa, E14 B36 Xico y E14 B37 Coatepec, a escala 1:50,000.

Tales cartas se unieron y se procesaron según lo requieren los métodos necesarios para obtener el mapa del MDT específico de la subcuenca del Pixquiac, así como el de los límites de la subcuenca, para elaborar el mapa aquí presentado.

Para la descripción, algunos detalles y datos, como el de las altitudes y las pendientes, fueron corroborados o –en su caso– corregidos, mediante un análisis visual de las mismas cartas topográficas disponibles en formato digital. Mediante análisis también visual de imágenes de satélite disponibles en visores de mapas, como *Google Earth*, se complementó información para poder hacer la descripción relacionada con las coberturas generales del suelo.

2. Metodología

2.1. Determinación de la variable e indicador

Tabla 1

Definición e indicador de disponibilidad del agua

Variable	Definición conceptual	Indicador
Disponibilidad de agua	La disponibilidad hídrica se basa en el estado general del comportamiento hidrológico natural de la cuenca en relación con las actividades humanas, que implica una evaluación sobre el estado promedio de dicha relación (CONAGUA - IMTA, 2015).	Caudal de agua (unidad de volumen dividida por la unidad de tiempo representado en m ³ /s).

Fuente: OABCC 2023.

2.2. Procedimiento

En el procedimiento metodológico para evaluar la disponibilidad del caudal de agua en el río se desarrollan las siguientes consideraciones, de acuerdo con el manual de aforos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (Kennedy-Pérez *et al.*, 2000).

El cálculo del caudal de un río se realiza por medio del aforo de su corriente, donde es importante considerar la velocidad de tránsito de la misma y el área del cauce del río (Chow, 1994). Para lo anterior, se utiliza el método de área y velocidad, que consiste en determinar el área de una sección transversal de río y la velocidad del agua a través de ésta; la primera mediante sondeos y la velocidad a través de un molinete electrónico.

El molinete consiste especialmente en dos partes que son: una hélice de aspas, que el agua en movimiento hace girar y un mecanismo electrónico que permite contar el número de vueltas que da la hélice a intervalos de tiempo definido y así obtener la relación velocidad-número de revoluciones.

Para obtener el caudal que pasa por una sección transversal del río, se procedió a determinar los puntos de muestreo, considerándose tres: localidad de Rancho Viejo, Colonia Seis de Enero de la Congregación de Zoncuantla y localidad de Consolapa.

En estos se toman medidas de profundidad subdividiendo en dovelas el cauce total del río, en cada una de las dovelas se registra la velocidad media del flujo de agua mediante el molinete electrónico. Para obtener el caudal se aplica la ecuación de continuidad, la cual establece que la sumatoria del producto del área de cada dovela multiplicada por la velocidad del flujo de agua en esa sección, permitirá obtener el caudal total del río. A continuación, se indica la ecuación utilizada:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i v_i = \sum_{i=1}^n q_i$$

Donde:

Q = Caudal total en m³/s

a_i = Área de la dovela i en m²

v_i = Velocidad media en la dovela i en m/s

q_i = Caudal en la dovela i

i = Número de dovelas

3. Datos

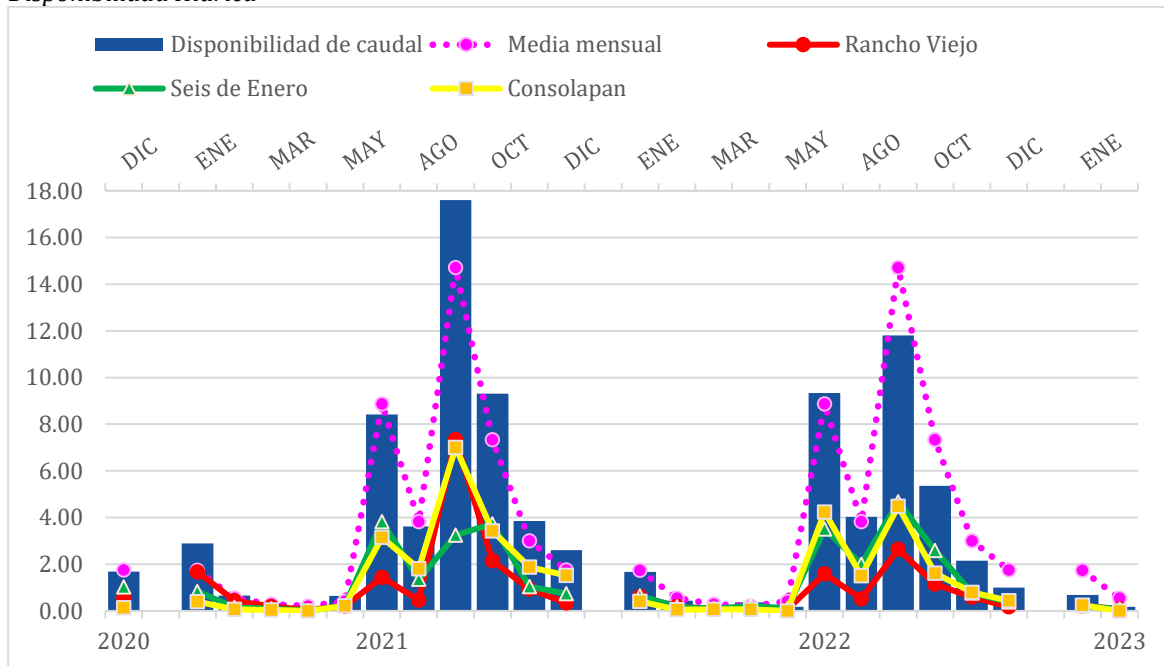
Apéndice: Datos

Tabla 2
Disponibilidad del caudal (m³/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
2020												1.68	1.68
2021	2.89	0.65	0.32	0.05	0.65	8.41	3.62	17.61	9.30	3.86	2.60	49.96	
2022	1.67	0.43	0.23	0.37	0.18	9.33	4.03	11.80	5.36	2.15	1.00	36.56	
2023	0.68	0.17										0.68	
Media	1.75	0.54	0.28	0.21	0.41	8.87	3.83	14.70	7.33	3.00	1.76		

Fuente: OABCC, 2023.

Figura 2
Disponibilidad Hídrica



Fuente: OABCC, 2023.

4. Consideraciones finales

Se presenta información útil y confiable (ver **Figura 2**) para que tanto la sociedad se informe sobre la problemática relacionada con la sequía –que está ocurriendo en la zona de estudio– como para los estudiosos del fenómeno del agua tanto nacionales, como internacionales, investiguen y se generen conocimientos sobre el comportamiento y/o variación de los caudales en los ríos debido a que, como se ha

señalado, son diversos los factores de carácter natural y antrópico que impactan y afectan la disponibilidad del agua en cuanto a la cantidad del volumen del recurso hídrico.

Generalmente, las dependencias de gobierno miden la disponibilidad de agua en los ríos caudalosos de mayor volumen o aquellos que son perennes, lo que significa que no presenta cambios significativos en su caudal a lo largo del año, ya que su ubicación permite recibir tasas constantes de precipitación o abundantes lluvias. El río Pixquiac se ha vuelto un cuerpo de agua estacional, ya que presenta variaciones significativas en su caudal respecto al periodo de sequía o de lluvias.

El Pixquiac no está en el registro de disponibilidad del agua de las dependencias gubernamentales. Lo anterior se presenta, no obstante, a que es un cuerpo natural que tiene una inobjetable importancia, puesto que conecta la montaña del Cofre de Perote con las costas del municipio de La Antigua, ubicadas en el Golfo de México; y brinda a la región importantes servicios ambientales al ecosistema e innumerables beneficios sociales y económicos a las comunidades que habitan la región, por lo que es fundamental la medición de su caudal de manera constante.

Se considera que es importante que se amplíe la medición a los demás ríos del sistema hidrológico de la microcuenca del río Pixquiac, debido al fenómeno de sequía, y porque abastece a cinco municipios (Perote, Acajete, Las Vigas, Tlalnelhuayocan y Coatepec) y a la capital del estado de Veracruz.

Referencias

- Breña-Naranjo, A.** (2021). Seguridad hídrica en tiempos de sequía. *Perspectivas IMTA*, 2(14). <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-14>
- Chow, V. T.** (1994). *Hidráulica de canales abiertos* (J. G. Saldarriaga, Trad). McGraw-Hill Education.
- Christian, J. I., Basara, J. B., Hunt, E. D., Otkin, J. A., Furtado, J. C., Mishra, V., Xiao, X., y Randall, R. M.** (2021). Global distribution, trends, and drivers of flash drought occurrence. *Nature Communications*, 12(6330). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26692-z>
- CONAGUA** (2016). *Estadísticas del Agua en México edición 2016*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2016.pdf
- CONAGUA** (2021). *Estadísticas del Agua en México 2021*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2021.pdf
- CONAGUA-IMTA** (2015). Estudio para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales en las cuencas de las regiones hidrológicas 10 y 11, Pacífico Norte. México, D.F. Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Esparza, M.** (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 195-219. <https://doi.org/10.18234/secuencia.v0i89.1231>

- Gudmundsson, L., Boulange, J., Do, H. X., Gosling, S. N., Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Leonard, M., Liu, J., Müller Schmied, H., Papadimitriou, L., Pokhrel, Y., Seneviratne, S. I., Satoh, Y., Thiery, W., Westra, S., Zhang, X., y Zhao, F. (2021).** Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change. *Science*, 371(6534), 1159–1162. <https://doi.org/10.1126/science.aba3996>
- Hernández-Vázquez, I. (2014).** La calidad del agua en los ríos de México. *Impluvium*, (3), 7-13. <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero03.pdf>
- Kennedy-Pérez, A., Fragoza Díaz, F., Peña Peña, E. y Moreno Bañuelos, E. (2000)** *Manual de aforos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/971>
- Lobato-Sánchez, R., y Mejía Estrada, P. I. (2021).** Perspectiva sobre la sequía actual en México. *Perspectivas IMTA*, 2(16). <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-16>
- Martínez-Austria, P. F., Díaz-Delgado, C., y Moeller-Chávez, 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-Dávila, S. y Ulloa-Gutiérrez, V. (2021).** Problemática sobre la disponibilidad del agua en el periodo de estiaje del río Pixquiac, Veracruz. *UVserva*, (12), 224–243. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi12.2813>
- ONU (2016),** Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. ISBN: 978-92-1-058643-6
- Sandoval-Minero, R. (2017).** El agua en la agenda 2030 y su relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. En *El agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica* (pp. 123-147). Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://tinyurl.com/3emvfk7>
- Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S., y Brosse, S. (2021).** Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, 371(6531), 835-838. <https://doi.org/10.1126/science.abd3369>
- Vega-López, E. (2019).** Presiones hídricas, amenazas climáticas y pérdidas de biodiversidad en México: agenda y políticas inaplazables del nuevo gobierno. *Economía UNAM*, 16(46), 126-135. <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.46.439>