

Variación diacrónica del caudal de agua en épocas de estiaje y lluvia del río Pixquiac, Veracruz, México

Long-term variation in water discharge during dry and rainy seasons in the Pixquiac River, Veracruz, Mexico

Socorro Menchaca-Dávila ^{a*} | Xamanek Cortijo-Palacios ^b
Carmen Rossana González-Báez ^c | Edgar Abraham Fernández-Roque ^d

Recibido: 23 de enero de 2026.

Aceptado: 23 de marzo de 2026.

^a Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), 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 Universidad Veracruzana (UV), Xalapa, México. Contacto: libcortijo@uv.mx | ORCID: [0000-0001-6361-1245](https://orcid.org/0000-0001-6361-1245)

^c Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Contacto: ross100884@gmail.com | ORCID: [0009-0003-3721-0300](https://orcid.org/0009-0003-3721-0300)

^d Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Contacto: edgarabraham12@gmail.com | ORCID: [0009-0003-5420-7533](https://orcid.org/0009-0003-5420-7533)

Cómo citar:

Menchaca-Dávila, S., Cortijo-Palacios, X., González-Báez, C. R. y Fernández-Roque, E. A. (2026). Variación diacrónica del caudal de agua en épocas de estiaje y lluvia del río Pixquiac, Veracruz. *UVserva*, (21), 50-64.
<https://doi.org/10.25009/uvs.vi21.3199>

Resumen: Se analiza la variación diacrónica del río Pixquiac, respecto al periodo de estiaje y de lluvia, que abarca del año de 2021 al 2025. Para la medición de los aforos, la metodología usada es la establecida por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Respecto al análisis de los datos se realizó mediante un análisis descriptivo, en el que se destacan las tendencias y la información más relevante de ambos periodos. Los resultados muestran una disminución con relación a la disponibilidad de agua en la época de lluvia, y la tendencia de convertirse en un cuerpo de agua estacional. Esto implica diversas afectaciones bióticas y abióticas, así como de los servicios ambientales, ámbitos que sostienen al ecosistema hídrico de la región ubicada en la microcuenca del río Pixquiac.

Palabras clave: Agua; caudal; sequía; afectación; ecohidrología.

Abstract: *This study analyzes the long-term variation in the water discharge of the Pixquiac River during its low-flow and rainy seasons from 2021 to 2025. Flow measurements were conducted following the methodology established by the Mexican Institute of Water Technology. Data were analyzed using descriptive statistics, emphasizing trends and the most relevant information for both periods. The results indicate a decrease in water availability during the rainy season and a trend toward the river becoming a seasonal water body. This trend implies various biotic and abiotic impacts, as well as effects on environmental services, key factors that sustain the aquatic ecosystem of the Pixquiac River microbasin.*

Keywords: *Water; Discharge; Drought; Impact; Ecohydrology.*

Introducción

Los sistemas hidrológicos, generalmente, tienen como función básica transportar agua, sedimentos y nutrientes desde un territorio determinado en la geografía terrestre hasta los océanos. Sus funciones se centran en los ámbitos hidrogeomorfológicos como el régimen hidrológico y la continuidad del caudal. Es decir, el flujo del recurso natural y la disponibilidad de agua; la provisión de servicios ecosistémicos, como el abastecimiento de agua para uso humano, la producción de alimentos, la regulación del clima, la recreación mediante la belleza escénica natural o del paisaje; así como el mantenimiento de la biodiversidad, entre otros aspectos.

Desde la perspectiva hidrológica, estos sistemas interconectados facilitan el intercambio de agua, materiales y organismos. Dicha conectividad resulta fundamental para la conservación de la biota que sostiene la biodiversidad a escala de red, así como para el funcionamiento del ecosistema en su conjunto, mediante procesos complejos que contribuyen al equilibrio planetario.

A pesar de su importancia ecológica, los ríos y sus redes asociadas cubren menos del 2% de la superficie terrestre, lo que representa una proporción notablemente pequeña del territorio. Esta limitada extensión los hace particularmente vulnerables. En la actualidad, los ríos se encuentran entre los tipos de ecosistemas más amenazados del mundo debido al deterioro de su integridad ecológica, ocasionado por la reducción

de los caudales y el deterioro de la calidad del agua. La gravedad de esta crisis se acentúa por el hecho de que una de cada tres especies ribereñas en hábitats críticos se encuentra en peligro de extinción (Datry *et al.*, 2023).

De acuerdo con el enfoque de complejidad en el contexto de cuencas, se concibe a los ríos perennes y estacionales como segmentos que integran una red sistémica hídrica espacialmente variable, donde existe un intercambio de agua, organismos, materiales físicos, químicos y biológicos que bajo procesos diversos sustentan tanto la vida humana, como la de los ecosistemas (Menchaca & Bello, 2015). Un aspecto fundamental de dichos cuerpos de agua naturales superficiales, es que las acciones para su restauración mediante el desarrollo de estrategias para devolver a los ríos a su condición prístina se han mostrado como irreal, ya que dicha condición no puede lograrse debido a la situación ambiental actual (Datry *et al.*, 2023).

Dado lo anterior, el cuidado, la observación y la conservación permanente deben ser tareas constantes de las instancias gubernamentales, las universidades y la población. Por lo tanto, el cuidado de dichos cuerpos de agua es fundamental mediante acciones de gestión ambiental como, por ejemplo, incidir en que los procesos naturales de resiliencia trabajen, respetar los caudales ecológicos, evitar que los factores antrópicos continúen degradando los servicios ambientales y la vegetación riparia, registrar el régimen hidrológico, entre otras múltiples acciones permanentes para facilitar su conservación.

Otra condición que es determinante en el contexto de la afectación a los ríos mediante la disminución de la disponibilidad de agua se debe al fenómeno de la sequía que prevalece a nivel mundial. Al respecto, se plantean dos aproximaciones realizadas con base en la medición *in situ* de las condiciones a escala global acerca de los impactos: afectaciones y degradación ambiental en que se encuentran los ecosistemas hídricos, y el análisis de miles de series de tiempo sobre caudales de ríos desarrolladas por observatorios ubicados en distintas regiones del mundo, entre otros.

La primera, se basa en que los ecosistemas conexos al agua dulce están siendo amenazados por las actividades humanas a escalas global y local. En una evaluación mundial sobre las amenazas globales a la seguridad del agua y a la biodiversidad, se establecen distintos factores significativos de carácter antrópico: el cambio de uso de suelo o cobertura vegetal, cambio climático, urbanización, industrialización, las trasvases entre cuencas o territorios para maximizar el acceso de agua, la provisión de agua a procesos productivos y económicos, entre otros muchos factores, degradan los ecosistemas y sus servicios ambientales (Vörösmarty *et al.*, 2010). Al respecto, se ha evaluado el cambio en la biodiversidad de los ecosistemas hídricos y los resultados muestran que el 53% de las cuencas fluviales del mundo, que abarca el 40% de la superficie del planeta, han sufrido cambios significativos, especialmente en las regiones templadas (Su *et al.*, 2021).

La segunda aproximación atribuye la significativa afectación de los cuerpos de agua naturales al cambio climático derivado también de actividades antrópicas, es decir, se reconoce que son dichas acciones las que alteran el flujo fluvial a escala global. En este sentido, Gudmundsson *et al.* (2021) señalan que la variación del caudal en los cuerpos de agua presenta patrones espacialmente complejos: mientras que en algunas regiones el caudal disminuye y los ríos se secan, en otras el volumen de agua aumenta,

volviéndose más caudalosos. Esta situación revela tendencias contrastantes y, según los autores, los cambios registrados en el caudal continúan siendo inciertos.

Otro aspecto importante para considerar respecto al fenómeno de sequía es su identificación en contextos regionales del planeta. El estudio se centra en el análisis de series de datos de carácter diacrónico que abarca un periodo de 36 años, donde como resultado se identificaron las regiones con mayor ocurrencia de sequías, con un aumento estadísticamente significativo, mismas que se ubican en los trópicos y subtropicos de Brasil, el Gran Valle de Rift ubicado al este de África y la India, con sequías del 30% al 40%. Las regiones que presentan una menor ocurrencia de (entre un 20% a 30%) se encuentran en el centro de México, la península de Indochina y el norte de Australia (Christian *et al.*, 2021). Cabe señalar que, en esta última categoría se ubica la microcuenca del río Pixquiac, en el estado de Veracruz.

De carácter específico, diversos estudios del río Pixquiac, realizados por el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC) han identificado información relevante respecto al comportamiento del caudal y la percepción sobre la disponibilidad de agua y su variación, misma que se establece a continuación:

En la microcuenca del río Pixquiac, los usuarios domésticos han percibido una disminución progresiva del agua en sus comunidades durante los últimos nueve años. Esta percepción varía según las distintas zonas del territorio: en la parte baja de la microcuenca, la escasez del recurso hídrico se ha percibido desde hace once años; en la zona media, desde hace cinco; y en la parte alta, los habitantes señalan que el caudal del río ya no transporta la misma cantidad de agua, desde hace cuatro años (López *et al.*, 2024).

La población también identifica hitos temporales específicos en los que se acentuó esta disminución. De acuerdo con los habitantes, el año 2018 marca un punto de inflexión en la reducción del caudal, seguido de los años 2010, 2015 y 2017 como periodos críticos (López *et al.*, 2024). En cuanto a la estacionalidad del fenómeno, la comunidad reconoce que la disminución del recurso hídrico ocurre principalmente durante marzo, abril y mayo. Sin embargo, estudios señalan que el cuerpo de agua llega a secarse por completo durante el mes de abril (Menchaca y Ulloa, 2021).

Entre otros problemas que afectan la disminución de la disponibilidad de agua en dicho río, que la comunidad asocia a los factores naturales son: la disminución de precipitación; los resumideros y/o socavones que la población ubica en distintos lugares de la Colonia Seis de Enero y la localidad de Consolapan. En el ámbito antrópico, en orden de importancia, se establece el aumento a la demanda del agua; el desvío del cauce del río; y la extracción del recurso en distintos puntos del cuerpo del río (Menchaca y Ulloa, 2021).

En adición a lo anterior, se ha observado una tendencia de transición de río Pixquiac de perenne a estacional, ya que en el periodo de 2021 a 2024 el caudal del cuerpo natural de agua ha disminuido en un 47.7%. (Menchaca *et al.*, 2024; OABCC, 2025). Esto resulta significativo, ya que los habitantes que viven en las zonas aledañas al río usan el recurso en labores domésticas, agrícolas y pecuarias, principalmente.

Esparza (2014) establece que la sequía se determina como la disminución o la ausencia de precipitaciones pluviales de acuerdo con lo registrado en el índice anual. Puntualmente, la sequía hidrológica se define cuando por falta de lluvias, situación que puede prevalecer durante una o más estaciones del año, el caudal baja

significativamente o se seca el río por completo (Meulenert, 2006). Esta situación puede tener graves afectaciones en el sistema ecohidrológico, tanto en los servicios ambientales, como en los aspectos bióticos y abióticos, así como en el ámbito socioeconómico.

De acuerdo con algunos escenarios relacionados con el cambio climático, se establece que la dinámica estacional de los ríos va a cambiar, ya que la tendencia muestra que de manera significativa los ríos perennes y permanentes pasarán a ser intermitentes (Andrade-López, 2018). Esta tendencia puede agravarse por los factores antrópicos de degradación ambiental en los cuerpos de agua y las zonas riparias, tales como la sobreexplotación del recurso hídrico, el no respeto al caudal ecológico, la creciente demanda del recurso, el cambio de uso de suelo, entre otros múltiples factores.

El régimen hidrológico de un río es fundamental para el ecosistema, la vida acuática y para la gestión del recurso hídrico. Este régimen o modelo, está determinado por el patrón de flujo y la disponibilidad del agua a lo largo del tiempo, e incluye variaciones estacionales, duración de caudales altos y bajos, por lo que cualquier cambio, debe tener una bitácora de medición y seguimiento puntual, incluyendo el análisis del sistema hidrológico general en una región, como es la microcuenca del río Pixquiac. Es decir, el comportamiento de los caudales del conjunto de cuerpos naturales que integran dicho sistema.

El río Pixquiac es el cuerpo de agua natural que articula a la montaña del Cofre de Perote con mar del Golfo de México, lo que representa una específica importancia para el sistema hidrológico de la región, por los beneficios ecohidrológicos y socioambientales de la microcuenca que lleva su nombre, y para las comunidades que habitan en la Cuenca de la Antigua, de Veracruz.

El propósito del presente artículo es analizar el comportamiento del caudal del río Pixquiac, en las etapas de lluvia y estiaje, de manera diacrónica, brindar información confiable que sirva para alertar a las instancias gubernamentales correspondientes, a la sociedad y a la comunidad académica, sobre los cambios que están sucediendo en dicho cuerpo natural de agua y sus posibles impactos y afectaciones al sistema hidrológico de la región.

1. Zona de estudio

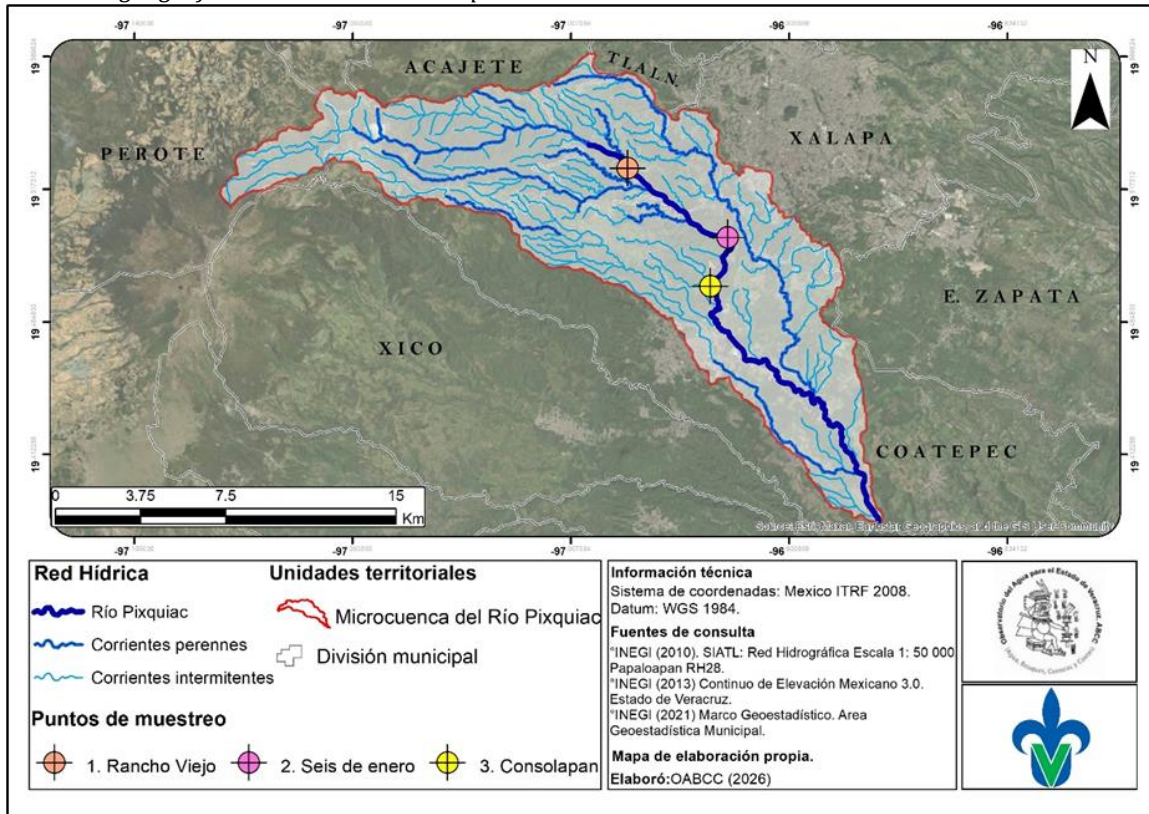
La microcuenca el río Pixquiac se ubica en las coordenadas 19°33'35" y 19°26'05" latitud norte y 96°54'39" y 97°08'45" longitud oeste. Su área es de 104.47 km², y su superficie se distribuye en los municipios de Perote (8.88%), Las Vigas (1.05%), Acajete (36.08%), Tlalnahuayocan (14.31%) y Coatepec (39.62%). El punto más alto de la microcuenca se ubica a 3 783 m s. n. m., mientras que el más bajo se encuentra a 612 m s. n. m. Su desnivel es de 3 171 m.

Es el río Pixquiac el cuerpo hídrico natural que le da nombre a la microcuenca. Se trata de un cuerpo de agua de 26.97 kilómetros de longitud con dirección al sursuroeste, que escurre aproximadamente a partir de los 1,700 m s. n. m. y recorre los municipios de Tlalnahuayocan y Coatepec.

El río transcurre por laderas accidentadas con barrancas semiparalelas de menor profundidad, además de terrenos con pendientes de entre 15° y 40°, para finalmente descender por lomeríos medios y pequeños de pendientes suaves a moderadas y terrenos planos de hasta 20°. Es la corriente principal de la red hidrológica. Cifras del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas [SIATL] (2010) y de la Información Topográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2023) señalan que el río concentra aguas de 186 afluentes tributarias de tipo intermitente y 22 afluentes de carácter perenne, encargadas de nutrir su caudal.

Figura 1

Ubicación geográfica del cauce del río Pixquiac



Fuente: Elaboración propia del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas). Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 2026.

Los tres puntos de muestreo del caudal del río Pixquiac, se ubican en la localidad de (1) Rancho Viejo del Municipio de Tlalnahuayocan; (2) Colonia Seis de Enero, de la Congregación de Zoncuantla, Municipio de Coatepec; y (3) Consolapan, localidad que se ubica también en el Municipio de Coatepec.

2. Metodología

2.1. Procedimiento de medición del caudal

La disponibilidad de agua se determinó mediante el indicador del caudal del río Pixquiac, durante el periodo de diciembre de 2021 a diciembre de 2025, con la participación de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa (CMAS) desde marzo de 2023.

El indicador se midió de manera mensual, de acuerdo con el manual metodológico de aforos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1992), mismo que se establece a continuación:

1. El caudal de un río se calcula mediante el aforo de su corriente, donde se considera la velocidad de tránsito de esta y el área del cauce del río (Chow, 1983).
2. De acuerdo con lo anterior, se utiliza el método de área y velocidad, que establece determinar el área de una sección transversal de río y la velocidad del agua a través de ésta, es decir, el área mediante sondeos y la velocidad a través de un molinete mecánico de copas.
3. El molinete consta de dos partes: una hélice de aspas, que el agua en movimiento hace girar y un mecanismo que permite contar el número de vueltas que da la copa a intervalos de tiempo definido y así obtener la relación velocidad-número de revoluciones.
4. Para el cálculo del caudal se determinaron los tres puntos de muestreo referidos en el mapa del río Pixquiac (**Figura 1**). En estos sitios 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 mecánico de copas.
5. Para obtener el caudal del río, 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 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 m^3/s

a_i = Área de la dovela i en m^2

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

q_i = Caudal en la dovela i

i = número de dovelas

2.1. Procedimiento de medición del caudal

El tratamiento de los datos se establece de forma cuantitativa y cualitativa, mediante un análisis descriptivo, que pondera tanto las tendencias más significativas que se presentan, así como la información que se considera más importante de acuerdo con el comportamiento y variación del caudal del río Pixquiac durante el tiempo que se registra.

3. Resultados y análisis de datos

En la temporada de estiaje como se muestra en la **Tabla I**, respecto el promedio por mes de agua, el río tiene un caudal de $1\,660\text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, esta situación cambia a la ausencia del recurso hídrico de forma crítica durante los meses de marzo a mayo. Se identifica a abril como el mes que presenta el caudal más bajo ($0.170\text{ m}^3/\text{s}$) como se observa en la **Figura 2**.

Figura 2
Río Pixquiac en el mes de abril



Fuente: Elaboración propia del OABCC (2026).

Un dato particularmente revelador es el repunte inesperado de mayo de 2025 con $1.646\text{ m}^3/\text{s}$, que contrasta marcadamente con los $0.068\text{ m}^3/\text{s}$ de mayo de 2023. Esta variabilidad extrema (24 veces mayor) señala que el régimen hidrológico está

perdiendo su regulación cíclica natural, respondiendo de manera errática a los eventos de lluvia tardía.

Durante 15 de los 30 meses analizados correspondientes al periodo de estiaje (50% del tiempo) el caudal se mantuvo por debajo de $0.500 \text{ m}^3/\text{s}$, umbral que los estudios ecológicos identifican como crítico para mantener la conectividad longitudinal y la integridad del ecosistema acuático. El promedio del recurso hídrico por año está determinado por una significativa sequía del recurso hídrico, ya que únicamente en el 2021, el río tuvo agua en este periodo.

La recuperación observada en los años de 2024 a 2025 (0.720 y $0.940 \text{ m}^3/\text{s}$) representa sólo el 60-79% del caudal inicial de 2021, lo que hace evidente una tendencia significativa respecto a la disminución de disponibilidad de agua del río. Se señala que, en este periodo analizado, el 70% de los meses registrados no fluye agua de manera longitudinal en todos los puntos de muestreo, lo que establece un cambio drástico en el comportamiento del caudal, ya que el régimen hidrológico ha perdido su capacidad de recuperación en el ciclo de estiaje.

Tabla 1

Cantidad de agua disponible en temporada de estiaje

Año	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	PROMEDIO POR AÑO (m^3/s)
2021	2.596	2.889	0.652	0.324	0.049	0.646	1.193
2022	1.003	1.672	0.432	0.234	0.371	0.177	0.648
2023	0.779	0.678	0.171	0.221	0.068	0.068	0.331
2024	2.022	1.233	0.506	0.204	0.296	0.030	0.715
2025	1.901	1.151	0.722	0.132	0.069	1.646	0.937
PROMEDIO POR MES (m^3/s).	1.660	1.525	0.497	0.223	0.171	0.513	TOTAL: $0.764 (\text{m}^3/\text{s})$.

Fuente: Elaboración propia del OABCC (2026).

En relación con la temporada de lluvia, como se establece en la **Tabla 2**, septiembre es el mes que concentra la mayor disponibilidad de agua con el 47% del caudal total del periodo, con un promedio mensual de $9.220 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que representa la expresión más alta de disponibilidad de agua del río Pixquiac. Los datos revelan que, en el año 2021, se obtuvo el mayor registro del caudal con un $17.607 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de septiembre, como se observa en la **Figura 3**. Sin embargo, en los años posteriores se muestra una tendencia de disminución significativa del recurso hídrico.

En términos generales, el periodo 2021-2025 se identifica una disminución progresiva del caudal de agua, ya que el año 2021 fue el último de “abundancia” con $8.560 \text{ m}^3/\text{s}$ respecto al promedio anual, iniciando en junio la temporada con $8.410 \text{ m}^3/\text{s}$; en septiembre se tiene el máximo registro con $17.607 \text{ m}^3/\text{s}$, presentando una disminución gradual hacia noviembre de dicho año.

El año que se considera como crítico en relación con la disminución de la cantidad de agua fue el 2023, con solamente $1.890 \text{ m}^3/\text{s}$ como promedio anual. Destaca el caso del mes de junio, que con $0.0790 \text{ m}^3/\text{s}$ representó la prolongación de la

temporada de estiaje, lo que a su vez profundizó la crisis por la falta de agua en el río Pixquiac.

Por último, los años 2024 y 2025 se muestran con una recuperación no significativa con $4.360 \text{ m}^3/\text{s}$ y $5.450 \text{ m}^3/\text{s}$ en promedio de estos años, respectivamente. Sin embargo, esto fue superior a 2023, ya que alcanzan solamente un 51% a 64% del caudal del río registrado en el 2021. Esta recuperación del caudal revela que el proceso de resiliencia del río no ha sido suficiente, debido probablemente a factores de carácter natural (presencia del Fenómeno del Niño en el 2023 o por antrópicos), aspectos que no han permitido la recuperación del caudal hídrico. Se presenta también una disminución en la cantidad de agua en época de lluvia, ya que el promedio del caudal redujo casi el 50% m^3/s , y por año también disminuyó un $3.110 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 3

Cauce del río Pixquiac



Fuente: Elaboración propia del OABCC (2026).

Esta recuperación del caudal revela que el proceso de resiliencia del río no ha sido suficiente, debido probablemente a factores de carácter natural (presencia del Fenómeno del Niño en el 2023 o por antrópicos), aspectos que no han permitido la recuperación del caudal hídrico. Se presenta también una disminución en la cantidad de agua en época de lluvia, ya que el promedio del caudal redujo casi el 50% m^3/s , y por año también disminuyó un $3.110 \text{ m}^3/\text{s}$.

En relación con los periodos de estiaje y lluvia, y como se puede observar en las **Tablas 1 y 2**, mientras que en el mes de septiembre el río puede transportar $17.607 \text{ m}^3/\text{s}$, en abril “sobrevive” manteniendo su caudal de sólo un $0.049 \text{ m}^3/\text{s}$, diferencia de 359 veces, lo que muestra un sistema hidrológico extremadamente variable.

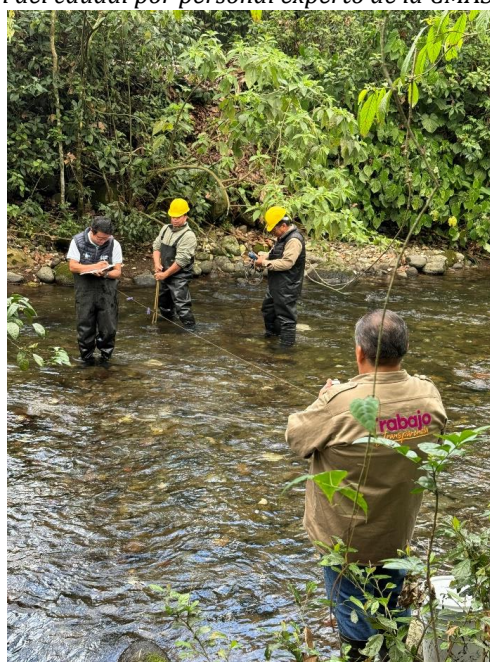
Tabla 2*Cantidad de agua disponible en temporada de lluvia*

Año	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	PROMEDIO POR AÑO (m ³ /s).
2021	8.410	3.624	17.607	9.303	3.855	8.560
2022	9.331	4.032	11.801	5.362	2.148	6.530
2023	0.079	3.160	2.556	1.926	1.732	1.890
2024	2.591	3.848	6.960	5.437	2.977	4.360
2025	7.215	3.321	7.152	5.567	3.982	5.450
PROMEDIO POR MES (m ³ /s).	5.530	3.600	9.220	5.520	2.940	TOTAL: 5.360 (m ³ /s).

Fuente: Elaboración propia del OABCC (2026).

Mientras el estiaje muestra cierta recuperación en los años de 2024-2025 (0.720→0.940 m³/s) en la época de lluvia se presenta también una leve recuperación del caudal (4.360 a 5.450 m³/s) como se observa en la **Figura 4**. Esto sugiere que los mecanismos de recarga y regulación han sido alterados sustancialmente. El 2023 emergió como el año del colapso sincronizado: tanto en estiaje (0.33 m³/s) como en lluvias (1.89 m³/s) el río registró sus valores más bajos de la serie. Esta coincidencia señala que los factores de sequía actúan de manera sinérgica y acumulativa, afectando el modelo hidrológico.

Las condicionantes que muestran que el río Pixquiac, respecto a la temporada de estiaje, que la mayoría de los meses no fluye caudal a lo largo del cuerpo de agua y por el significativo descenso de disponibilidad de agua, nos indica una tendencia que marca una fase de transición ser un cuerpo de agua perenne a estacional, lo que tiene implicaciones ambientales y socioeconómicas.

Figura 4*Medición del caudal por personal experto de la CMAS, Xalapa*

Fuente: Elaboración propia del OABCC (2026).

4. Consideraciones finales

El río Pixquiac, tuvo un caudal abundante que abastecía con suficiente agua a los habitantes, haciendas, a las actividades agropecuarias de las diferentes zonas, a todas las necesidades humanas y brindaba un muy agradable espacio de recreación a los visitantes. Lo anterior, fue informado al Observatorio del Agua (OABCC) por habitantes que albergan en sitios aledaños al cuerpo de natural. Las personas aseguran que el río nunca se secaba en ninguna estación, que el permanente sonido del fluir del agua los acompañaba durante todo el año.

Actualmente, cuando el Pixquiac se seca totalmente y de nuevo vuelve a fluir el agua, los habitantes contiguos, sus vecinos, aunque sea de noche, salen de sus casas a constatar que el agua nuevamente está presente.

La progresiva transformación del río Pixquiac en un cauce estacional genera impactos multifacéticos. En episodios de estiaje, caracterizados por caudales mínimos o inexistentes, la atención se debe centrar en el comportamiento del ecosistema hídrico de la región, así como desarrollar estrategias diversas de gestión para atender las demandas de los sectores social y económico.

Los factores de orden abiótico (no vivo) se alteran por el aumento de la temperatura y la concentración de contaminantes en el suelo, ya que las propiedades fisicoquímicas (pH, conductividad, salinidad, etc.) sufren alteraciones cuando el cauce del río se reduce (Cáceres *et al.*, 2024; Him *et al.*, 2025) mientras que los contaminantes como metales pesados y plaguicidas se concentran en los suelos en condiciones de estiaje (Cáceres *et al.*, 2024; Cruz-Santiago *et al.*, 2020) Además, se reduce la conexión del sistema hidrológico en una cuenca o sistema hidrológico, se disminuye las recargas de las reservas de agua subterránea, entre otros aspectos. Por otra parte, los factores bióticos (seres vivos) afectados son la vegetación y la vida de especies en la zona riparia, la pérdida de la biodiversidad terrestre y acuática, la migración y enfermedades de especies y el aumento de las plagas, entre otros.

Se señala, además, la estrecha relación que existe en los humanos y los ecosistemas, ya que las actividades antrópicas afectan sustantivamente a los servicios ambientales, y que el ecosistema brinda a las comunidades humanas los aspectos básicos para mantenerse vivos.

La sequía en los ríos o de los distintos cuerpos de agua interviene directa e indirectamente al bienestar humano y en la producción económica, ya que afecta a los siguientes servicios ambientales, los que se conceptualizan como: de apoyo para la producción de materias primas, la producción de oxígeno, la formación del suelo; de provisión que se relacionan con el agua dulce, la obtención de alimentos, combustibles, fibras y los recursos energéticos, entre otros; de regulación que incluyen el control del clima, el mantenimiento de la calidad del aire, control de la erosión, la regulación de las enfermedades humanas y la purificación del agua, etc.; y, los culturales, que son los beneficios intangibles de los ecosistemas mediante el enriquecimiento espiritual, la reflexión, la recreación y las experiencias artísticas y estéticas (Menchaca y Uscanga, 2016).

Como se estableció, una condición inamovible es que las comunidades humanas y los sistemas naturales se influyen mutuamente, por lo que es indispensable que el

gobierno –en sus distintos niveles–, la sociedad y las instituciones de educación superior realicen de manera conjunta acciones para proteger los ecosistemas hídricos. Los ríos y los distintos cuerpos de agua dulce representan el corazón de la vida en la Tierra y de sus habitantes.

La variación diacrónica del caudal de agua en épocas de estiaje y lluvia del río Pixquiac, en el periodo de 2021 a 2025 muestran la importancia de desarrollar acciones permanentes que permitan medir los caudales en todos los ríos de la microcuenca del río Pixquiac, el desarrollo de estrategias integrales y eficientes de conservación de los servicios ambientales y el desarrollo de una cultura que se centre en el uso racional del agua, dirigido a todos los sectores de la sociedad.

La microcuenca del río Pixquiac y su sistema hídrico es fundamental, ya que abastece de agua al menos a seis municipios, incluyendo la capital del estado de Veracruz. Además, este territorio alberga el ecosistema de bosques de niebla, que ahora presenta una alta fragmentación y degradación, por lo que es impostergable su mitigación y conservación, por un bien común sustentable y sostenido.

Agradecimientos

Se menciona que, a partir de marzo de 2023, la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa (CMAS) colabora con el Observatorio del Agua (OABCC) en la fundamental labor de medición del caudal del río Pixquiac. Por lo que agradecemos este significativo apoyo, a la Unidad de Gestión Integral de Recursos Hídricos de CMAS Xalapa, realizado por la Lic. Erendira Aguirre y de la Mtra. Rossana González, y también al Mtro. Francisco Hernández asesor especializado de dicha Unidad. Así como el valioso trabajo desarrollado por el aforista Manuel González y su equipo de trabajo, que pertenecen a la Gerencia de Operación y Mantenimiento de la CMAS – Xalapa.

Referencias

- Andrade-López, J.** (2018). Ríos intermitentes: modelos ideales para estudiar metacomunidades y cambio climático. *Revista De Biología Tropical*, (1), Blog. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i1.35752>
- Cáceres Obada, M. C., Zegarra Oliveira, M. E. F., Meza Elguera, N. Y., Sosa Pulcha, S. E., Portocarrero Banda, A. A., Quispe Ortiz, J. A., Salinas Murillo, V., y Jiménez Pacheco, H. G.** (20245). Evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos superficiales: Influencia estacional en la cuenca Majes-Camaná de la región Arequipa, Perú. *Resultados En Ingeniería*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103673> DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103673
- Cruz-Santiago, O., Ilizaliturri-Hernández, C. A., Mejía-Saavedra, J. J., Espinosa-Reyes, G., Alfaro-de la Torre, M. C. y González-Mille, D. J.** (2020). Evaluación preliminar de biomarcadores enzimáticos en caracoles de agua dulce (*Pachychilus* sp.) del

- humedal “Ciénaga de Tamasopo”, México. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 255-264. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75095>
- Chow**, V. T. (1983). Hidráulica de los canales abiertos (Trad. J. G. Saldarriaga). Ed. Diana.
- 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(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26692-z>
- Datry**, T., Boulton, A. J., Fritz, K., Stubbington, R., Cid, N., Crabot, J., y Tockner, K. (2023). Non-perennial segments in river networks. *Nature reviews. Earth & environment*, 4, 815–830. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00495-w>
- Esparza**, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 193-219. <https://tinyurl.com/tz8a6w8f>
- 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>
- Him**, J. J., Fuentes, Z., y Villarreal, Y. (2025). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en la desembocadura conjunta de los ríos Playita y Pavo en Arenas de Quebro (Veraguas, Panamá). *Mesoamericana*, 27(1). <https://doi.org/10.48204/j.mesoamericana.v27n1.a7369>
- Instituto** Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (1992) Manual de aforos. IMTA.
- Instituto** Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2023). Información Topográfica E14B37 Coatepec escala 1:50 000. *INEGI*. <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>
- López-Olvera**, S., Menchaca Dávila, S., y Romero-López, R. (2024). Disponibilidad del agua: caudales, percepción y opinión en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*, ((17)), 266–287. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3025>
- 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>
- Menchaca Dávila**, S., y Uscanga Morales, A. (2016). Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos. *SEMARNAT*, Universidad Veracruzana.
- Menchaca Dávila**, S., Gutiérrez Martínez, R., Lozano-Laez, D., y Ortiz-Juan, J. E. (2024). Variación del caudal del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*, (16), 14–24. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi16.2930>
- Menchaca**, S., y Bello, J. (2015). La gestión para el manejo integral de cuencas desde el enfoque de sistemas complejos. En I. Mora (coord.), *Metodologías aplicadas a las ciencias de la tierra* (pp. 78-92). *IETEC ARANA Editores*, Xalapa.
- Meulenert**, Á. (2006). Condiciones de sequía y precipitaciones en América del Sur durante el período 2004 al 2006. Instituto de Astronomía y Meteorología-Universidad de Guadalajara, México, 2006.

- Observatorio** del Agua para el Estado de Veracruz (Agua, Bosques, Cuencas y Costas). (2025). Variación diacrónica del caudal del río Pixquiac, Veracruz (2022-2024). (Reporte Técnico). OABCC, Universidad Veracruzana.
- Simulador** de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. (2010). *Red hidrográfica escala 1:50 000, Papaloapan RH28. SIATL, INEGI*. <https://tinyurl.com/2rwf9zbn>
- 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>
- Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Liermann, C., y Davies, P.** (2010). Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity. *Nature* 467, 467(7315) 555–56. <https://doi.org/10.1038/nature09440>