

## Problemática sobre la disponibilidad del agua en el periodo de estiaje del río Pixquiac, Veracruz

*Problems on the availability of water in the dry  
season of the Pixquiac river, Veracruz*

Socorro Menchaca-Dávila <sup>a</sup>  
Victoria de los Ángeles Ulloa-Gutiérrez <sup>b</sup>

**Recibido:** 18 de septiembre de 2021

**Aceptado:** 6 de octubre de 2021

---

<sup>a</sup> Universidad veracruzana, Centro de Ciencias de la Tierra, Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, Xalapa, México. Contacto: [socorro.menchaca@gmail.com](mailto:socorro.menchaca@gmail.com) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4471-9602>

<sup>b</sup> Universidad Politécnica de Tapachula, Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz del Centro de Ciencias de la Tierra, UV. Xalapa, México. Contacto: [uogv12@gmail.com](mailto:uogv12@gmail.com)

**RESUMEN:** En este artículo se analiza la sequía hidrológica del río Pixquiac, en relación a la disponibilidad de agua, usos y factores relacionados con la variación del recurso hídrico de acuerdo con la percepción y opinión de los habitantes que viven en el contexto cercano al cuerpo de agua, encontrando que el caudal y la precipitación están disminuyendo; y que existe una presión sobre el recurso hídrico, por actividades de carácter antrópico que la comunidad aledaña al río realiza por usos domésticos, agrícolas, pecuarios y acuacultura, lo que afecta sensiblemente al cuerpo de agua natural

**Palabras clave:** Ríos; sequía; caudal; precipitación; comunidad.

**ABSTRACT:** *This article analyzes the hydrological drought of the Pixquiac River, in relation to the availability of water, uses and factors related to the variation of the water resource according to the perception and opinion of the inhabitants who live in the context close to the body of water, finding that the flow and precipitation are decreasing; and that there is pressure on the water resource, due to activities of an anthropic nature that the community surrounding the river carries out for domestic, agricultural, livestock and aquaculture uses, which significantly affects the natural water body.*

**Keywords:** *rivers, drought, flow, precipitation, community.*

## Introducción

SE establece que los cuerpos naturales identificados como ríos son sistemas dinámicos complejos, porque reúnen una serie de condiciones en cuanto a su función como es el transporte del recurso agua, sedimentos y nutrientes, seres vivos, entre otros; y además, por vincularse con los servicios ambientales ecosistémicos expresados en el paisaje y regulación del clima en un determinado territorio, lo que en conjunto reúne beneficios múltiples para los seres humanos, y también implica que sean impactados y afectados de manera significativa (Ollero, García, citados por Colladón, Caamaño, 2009). En adición a lo anterior, se establece que un río está determinado por un flujo de agua que escurre y drena una cuenca las zonas riparias y llanuras de inundación a través de su cauce (Hernández, 2018).

Para el estudio de esos cuerpos de agua, bajo un enfoque interdisciplinario, se establece el concepto de hidrosistema como las complejas interacciones entre los procesos relacionados con tres componentes relativos a la geomorfología (cauce del río, ribera y planicie inundable), la hidrología (caudal) y la ecología (funcionamiento de los sistemas acuáticos) (Hernández, 2018) componentes que están en permanente interacción y pueden establecer condiciones de interdependencia. Cabe señalar que los ríos, el sistema hídrico y sus componentes, son impactados y/o afectados por diversas condiciones naturales y antrópicas, de ahí deviene la importancia de conocer sus cambios y dinámicas, lo que se estudia bajo diversos enfoques, debido a que los cuerpos de agua se relacionan directamente con la disponibilidad entendida como la cantidad y calidad del recurso hídrico; y por la importancia tanto para la vida natural, como para el bienestar humano.

Se establece por principio que los efectos de las actividades antrópicas diversas en el contexto del clima, precipitaciones y los procesos físicos relacionados con el caudal de ríos son relevantes, como se señala en una investigación realizada en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich. En ésta se

destaca que después de analizar miles de series de tiempo sobre caudales, reportados por observatorios ubicados en distintas regiones del mundo, se indica que las tendencias de cambio en los caudales de los ríos muestran que la influencia humana está afectando considerablemente, es decir, el cambio climático de orden antrópico altera el flujo fluvial de la Tierra. Los autores observan, además, que la variación de caudal en algunos cuerpos de agua naturales disminuye en algunas regiones, los ríos se están secando y otros tienen un aumento en el volumen de agua, lo que indica patrones de tendencias espacialmente complejos, y los cambios en el caudal registrados siguen siendo inciertos (Gudmundsson, et al., 2021).

Al respecto, se establece que la precipitación es uno de los elementos climáticos de mayor importancia para el hombre debido a que no sólo influye en la configuración del medio natural, sino que también condiciona las actividades humanas. Es importante conocer su distribución y comportamiento ya que determina significativamente aspectos sociales y económicos de una región, sobre todo en aquellas donde las precipitaciones son escasas (Gómez y Pérez, 2011); además, los cambios en la precipitación podrían implicar la pérdida de riqueza de especies, ya que solamente las especies con una tolerancia ambiental amplia serán capaces de responder a la nueva situación ecológica (Cramer et al., 2011).

También se señala que, el análisis de la variación de la precipitación está relacionado con situaciones diversas en el ámbito de la hidrología, como es la alta intensidad de lluvias y la desigual distribución espacio - temporal de las precipitaciones a lo largo del mundo (Cortes, 2010). Un aspecto importante de señalar es que, los recursos hídricos disponibles en los ríos se redujeron entre un 10% y un 20% en la segunda mitad del siglo XX. Se han detectado descensos significativos del caudal anual en más del 50% de las estaciones de aforo a nivel mundial. Las razones principales de esta merma son el aumento de la evapotranspiración y, secundariamente, la reducción de las precipitaciones (Matus, 2008).

También el análisis sobre la evolución del caudal de los principales ríos del mundo, durante la última mitad del siglo XX mostró una tendencia a la disminución de los caudales anuales, tanto invernales como primaverales. La reducción de las corrientes de invierno y primavera se atribuye a los cambios en el patrón de lluvias; además, se ha pronosticado un posible aumento generalizado respecto a la intensidad y magnitud de las sequías meteorológicas e hidrológicas bajo escenarios de cambio climático (Martínez y Gómez, 2012). Todo ello dará lugar a un menor flujo de agua (escorrentía) y de la recarga subterránea de las reservas, lo que dará lugar a una reducción de la aportación hídrica a los ríos (Montero et al., 2010).

En el escenario global expuesto en el Foro Económico Mundial de 2017, la crisis en el contexto del agua se presenta como el tercer riesgo de mayor impacto, lo que representa significativos problemas en el contexto de la seguridad hídrica, cuestión que se relacionan con eventos de cambio climático extremo (Martínez et al., 2019), entre otros factores de carácter tanto ambientales, como social y económico, los que deben observarse, identificarse, medirse, analizarse, etc., para comprender la variación de la disponibilidad del agua en los cuerpos naturales, y proponer medidas de gestión y manejo del recurso hídrico.

El río Pixquiatic, se está secando desde hace algunos años, cuando ha sido un cuerpo de agua perenne. La presente investigación tiene como propósito analizar la disponibilidad del agua en el contexto del caudal y precipitación en la temporada de sequía; así como analizar tanto los usos del recurso hídrico, como la opinión y percepción comunitaria sobre los eventos que se relacionan con la variación de la disponibilidad del agua en cantidad del río Pixquiatic, mismo que conecta la montaña del Cofre de Perote con las costas del Puerto de Veracruz.

## 1. Disponibilidad de agua y ríos

Los fenómenos y problemáticas del agua tienen invariablemente como contexto la complejidad, debido a que están determinados por la relación del hombre y/o sociedad con el medio ambiente, lo que implica la medición, análisis en interpretación de los datos relativos a los ámbitos tanto del medio ambiente, como al social y económico, y su posible interrelación e interdependencia, lo que exige el desarrollo del enfoque interdisciplinario (Menchaca, 2020). Se señala, además, que dicho ámbito de conocimiento que implica objetos de estudio complejos está determinado por múltiples dimensiones que establecen su complejidad, como es la disponibilidad del agua en los ríos, mismos que tienen su origen en el ciclo natural del agua y derivan en las múltiples afectaciones de carácter antrópico. Dichas dimensiones están integradas en lo ambiental, como se estableció anteriormente, al menos por los siguientes ámbitos que son la hidrología y la ecología, lo que constituye la llamada ecohidrología y la geomorfología; y también lo social y económico por los diversos usos del recurso en los ámbitos doméstico, agrícola, pecuario, acuicultura, industria, servicio, entre otros.

Existen factores de orden natural y antrópico que afectan a la disponibilidad del agua en ríos. En el contexto natural se identifica la disminución de precipitación, la erosión y la aparición de socavones, entre otros; y en el antrópico son: cambio climático, los procesos relativos al deterioro por impactos permanentes a la biodiversidad terrestre y acuática; la agricultura intensiva, cambio de uso del suelo, modificación de los cauces del río, aumento significativo de la demanda de agua para uso humano e industrial, que prevalece en los hábitos de uso y consumo del recurso hídrico, entre otros aspectos que amenazan la seguridad hídrica en distintas regiones del planeta, en países (Vörösmarty et al., 2010). En México, solamente considerando los efectos demográficos, se establece que para el 2030 gran parte de la población en distintas zonas del territorio se encontrarán 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, 2019).

En relación al balance hídrico, la Comisión Nacional del Agua estima que 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, 2018). En adición a lo anterior, en México se identifican distintas escalas de alteración ecohidrológica en los ríos como muestra un estudio realizado en 393 cuencas hidrográficas del territorio. Los resultados indican que se tiene una alteración signada como Muy Alta, lo que representa el 31%; 77 están en la categoría Alta y Media con un 42%; por otra parte, 312 fueron tipificados como Baja y Muy Baja respecto a los niveles de alteración con el 27% (Garrido citado en Hernández, 2014). Se señala, además, que los ríos y arroyos son los cuerpos de agua que reciben las mayores descargas de aguas residuales sin tratamiento previo, a lo que se

añade también los vertidos industriales y agrícolas y la falta de información precisa respecto a la calidad del agua (Hernández, 2014).

En el contexto local la microcuenca del río Pixquiac (donde se ubica el río del mismo nombre) que abastece agua a localidades de cinco municipios y a Xalapa, se han identificado tanto impactos como afectaciones a los servicios ambientales relacionados con las cuencas hidrológicas y de bosques, derivadas por actividades de los usuarios del agua en los contextos agrícola, pecuaria, acuacultura, doméstica e industrial. El factor antrópico identificado con la degradación del ecosistema mostró que las actividades de todos los usuarios del agua afectan a los recursos hidrológicos de la microcuenca del río Pixquiac, generando una disminución de la disponibilidad del agua en cantidad y calidad del recurso (Menchaca y Alvarado, 2011).

Cabe señalar que, no se encontró información sobre la disponibilidad del agua de los cuerpos naturales respecto a la cantidad del recurso hídrico en la microcuenca y del río Pixquiac, sin embargo, estudios realizados por el OABCC respecto a la calidad del agua en dicho contexto, muestran que el recurso hídrico se está contaminado por actividades antrópicas, ya que presenta características físicas, químicas, metales pesados y microbiológicas, lo que disminuye la disponibilidad del agua en cantidad para uso humano, y representa un riesgo significativo para la salud de la población de la región (Menchaca y Zapata, 2021). Al respecto, se señala que resulta importante identificar tanto la opinión como la percepción sobre la problemática de orden ambiental, ya que la comunidad que habita en una zona determinada tiene información directa sobre los problemas que se presentan debido a que las personas tienen una relación de proximidad con los recursos naturales; además son los habitantes quienes hacen uso del recurso de manera permanente como es el agua, ya que está presente en su vida cotidiana (Menchaca y Zapata, 2021).

El Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas) inicia un estudio sobre factores naturales y antrópicos relacionados con la disponibilidad del agua del río Pixquiac en la temporada de estiaje, como se ha establecido. Al respecto se señala, que el análisis de los eventos relacionados con la disponibilidad del agua, requiere estudios de carácter diacrónico que incluyan un monitoreo sistemático y permanente sobre los diversos factores naturales y antrópicos vinculados con el recurso hídrico.

## 2. Metodología

### 2.1 Descripción de la zona de estudio

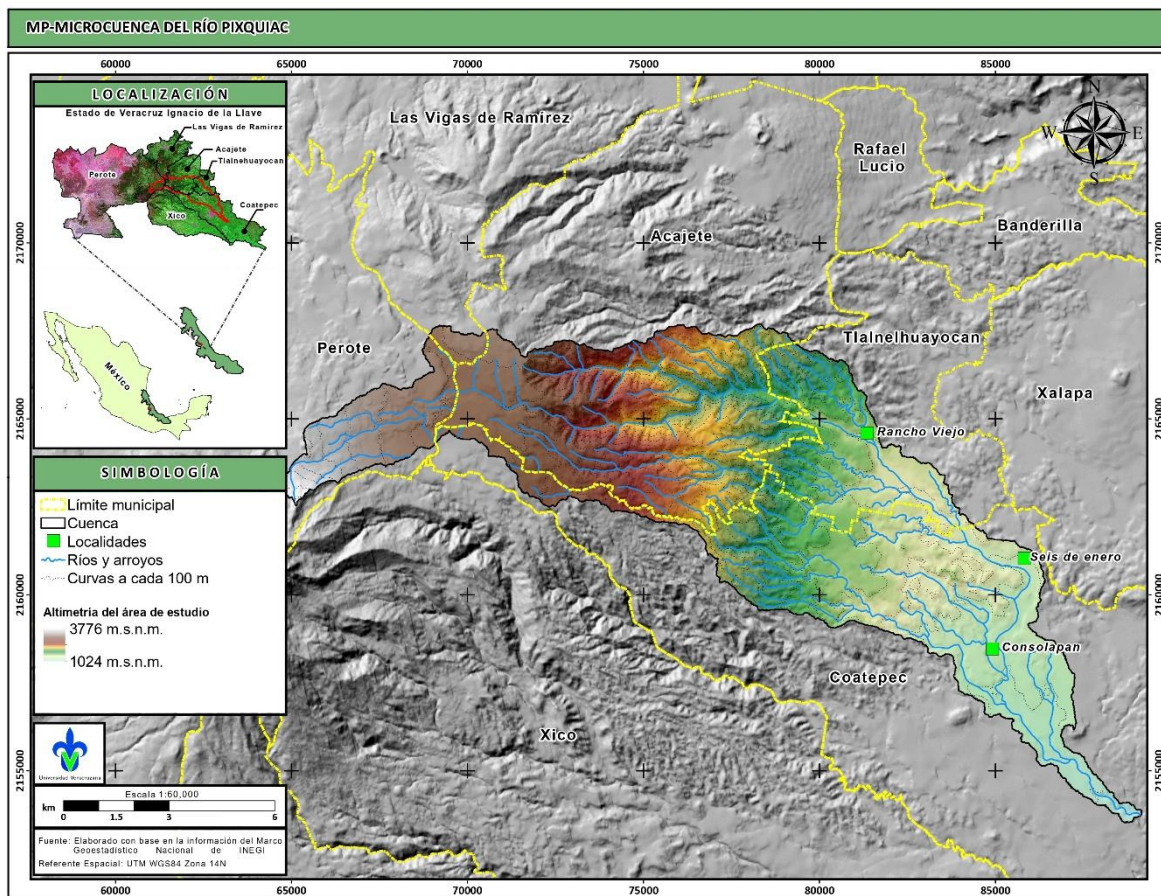
El río que se estudia se ubica en microcuenca del río Pixquiac que lleva el mismo nombre, la que nace en la vertiente nororiental del sistema montañoso volcánico del Cofre de Perote a una altura de 3,760 msnm, tiene un área estimada de 107 km<sup>2</sup> y abarca parcialmente los territorios municipales de Perote, Las Vigas de Ramírez, Acajete, Tlalnelhuayocan y Coatepec (Menchaca et al., 2015).

Para fines de investigación, el OABCC ha dividido a la microcuenca en tres zonas: la alta o de cabecera, se encuentra en un rango altitudinal de 3,760 msnm hasta los 2,500 msnm; la zona media,

se encuentra entre los 2,500 y 1,500 msnm; la zona baja se delimita descendiendo de altitud desde los 1,500 msnm a los 1,300 msnm de la microcuenca. Los tipos de clima en la microcuenca varían de templado semifrío con una temperatura entre los 6 y 10°C en la zona alta a semicálido con una temperatura entre los 18 y 20°C en la zona baja.

Respecto al contexto del río Pixquiac, este nace en la ladera occidental del Cofre de Perote, a una altitud de 3 600 metros. Fluye hacia el Este en terreno montañoso de los municipios de Acajete y Tlalnahuayocan, a la altura del Rancho Loma Escondida (Congregación Zoncuantla, Coatepec) cambia su rumbo en dirección Sureste-Suroeste hasta la confluencia del Río Sordo, delante de la población de La Orduña. Los otros ríos que conforman la microcuenca, fluyen en dirección Noreste, todos provenientes de la ladera occidental del Cofre de Perote y en esta dirección es que confluyen con el río Pixquiac. Estos ríos son: Xocoyolapan y Actopan (Vidriales et al., 2012). Se señala, además, que el río Pixquiac conecta mediante el sistema hidrológico de la cuenca de La Antigua, las montañas que nacen en el Cofre de Perote con las costas del Puerto de Veracruz, mediante los ríos Sordo, Pescados y La Antigua.

Para el presente estudio se consideraron a las siguientes localidades y/o colonias aledañas al cuerpo de agua de interés, tanto para la realización de los muestreos sobre el caudal del río como para la aplicación del cuestionario a la población que vive en la zona: localidad de Rancho Viejo perteneciente al Municipio de Tlalnahuayocan, que se encuentra ubicada en la parte media de la microcuenca del río Pixquiac, que es una zona rural donde prevalece un ecosistema mayormente conservado y tiene 885 habitantes; la colonia de Seis de Enero tiene 1,283 personas que viven en la región y la localidad de Consolapan solamente 663; cabe señalar que estas dos últimas zonas son semi rurales o periurbanas, es decir, son zonas campestres con un ecosistema que presenta mayores afectaciones antrópicas en sus servicios ambientales (Menchaca y Alvarado, 2011) y pertenecen al Municipio de Coatepec, mismas que se encuentran en la zona baja de la microcuenca, que en su conjunto tienen un mayor número de población (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de la microcuenca del río Pixquiatic.  
Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021

## 2.2 Procedimiento metodológico

El estudio es de tipo exploratorio – descriptivo en relación con la medición del caudal del río Pixquiatic en época de estiaje, asociado con la determinación del patrón de precipitación; los usos del agua, los factores naturales y antrópicos relacionados con la variación del agua. También se expone tipo de muestreo utilizado.

a. La disponibilidad del agua del río se determinó mediante: 1. Aforos mensuales en tres puntos ubicados en Rancho Viejo, Seis de Enero y Consolapan. Estos se monitorearon durante el periodo de estiaje comprendido de diciembre de 2020 a mayo de 2021. Para diseñar la curvatura del hidrograma, se consideró a la localidad de Rancho Viejo como el Punto 1 de aforo que se ubica en el Municipio Tlalnahuayocan; el Punto 2 y 3 están localizados en la colonia Seis de Enero y la localidad de Consolapan respectivamente, ambos lugares pertenecen al Municipio de Coatepec, Veracruz. Para determinar la velocidad del caudal del agua se utilizó un flujómetro marca Global Water modelo FP201. En relación al caudal del río se utilizó la técnica de Aparicio (2003) en donde se estableció el área transversal del río asumiendo la formación de un canal trapezoidal; para todos los puntos se calculó el caudal mediante la sumatoria del producto del área transversal dividido en

dovelas, multiplicado por la velocidad del flujo registrado para cada una de las zonas. 2. El comportamiento del caudal del río se analizó mediante los gráficos de la variación media mensual para cada uno de los puntos de monitoreo, estos datos se analizaron respecto al patrón de precipitación para el periodo de diciembre 2020 a mayo 2021 en el río. El indicador de precipitación se obtuvo mediante la interpolación de cinco estaciones climatológicas: Coatepec (ID: 30026), Briones (ID: 30452), Banderilla (ID: 30469), Rancho Viejo-Ver (ID: 30140) y Tembladeras (ID: 30175) las que se encuentran en las cercanías o el interior de la microcuenca del río Pixquiac, usando el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés) para generar un mapa de contornos, donde se trazaron líneas que unen puntos de igual valor, aplicando un gradiente de valores de precipitación. De esta manera se establecieron los promedios de precipitación mensual en la microcuenca. 3. Para realizar la comparación entre caudal y precipitación se ajustó la información a escala mensual, con la función de distribución de probabilidad de acuerdo a Gumbel (1958) por su alta calidad en los datos (Koutsoyiannis y Baloutsos, 2000; Koutsoyiannis, 2004). Se analizó el comportamiento de los indicadores de precipitación y caudal, por medio del coeficiente PP/E (que indica cuántas veces la precipitación supera al caudal) lo que permitió analizar el comportamiento de dicho coeficiente en función al periodo de la investigación (diciembre 2020 – mayo 2021). Cabe señalar que, se utilizaron los promedios mensuales tanto de caudal como de precipitación, con el propósito de comparar dichos indicadores que miden la disponibilidad del agua del río Pixquiac.

- b. Identificación de los usos del agua se estableció mediante un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas, mismo que se aplicó mediante entrevistas con los habitantes que viven en la zona aledaña al río Pixquiac; y también mediante trabajo de campo en donde se hicieron recorridos a lo largo del cuerpo de agua en donde se identificaron a los usuarios del recurso hídrico (Tabla 1).
- c. Los factores naturales y antrópicos relacionados con la variación del recurso hídrico, se midieron mediante la opinión y percepción de los habitantes a partir de un cuestionario aplicado mediante entrevistas personales, el instrumento de investigación integró preguntas abiertas y cerradas (Tabla 1).

Cabe señalar que el cuestionario de usos del agua y variación de la disponibilidad del agua se aplicó en la localidad de Rancho Viejo, colonia Seis de Enero y localidad de Consolapan, zonas que coinciden con los lugares del monitoreo del caudal del río Pixquiac.



**Tabla 1**  
*Variables e indicadores*

Variable	Indicador
Disponibilidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal del río</li> <li>- Variación de la precipitación mensual</li> <li>- Percepción sobre la disponibilidad del agua.</li> </ul>
Usos del agua	<p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agrícolas</li> <li>- Pecuarias</li> <li>- Acuacultura</li> <li>- Domésticas</li> </ul>
Variación de la disponibilidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opinión sobre factores naturales y antrópicos relacionados con variación del agua.</li> <li>- Opinión sobre el año en que inicia la sequía.</li> <li>- Percepción sobre los meses en que se presenta la sequía.</li> </ul>

Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

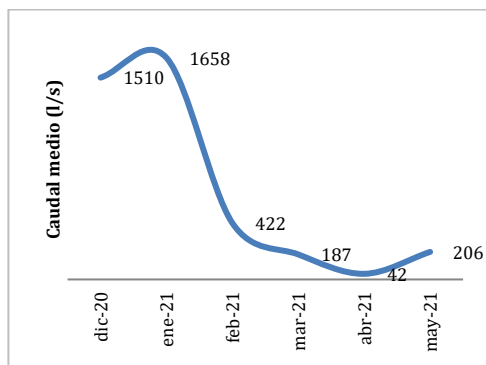
El tamaño de la muestra (n) se obtuvo a partir del universo (N) correspondiente al total de habitantes de las tres localidades del censo poblacional 2010 del INEGI, considerando un nivel de confianza (Z) de 95%, y un margen de error (e) de 15%. Dichos cálculos arrojaron un tamaño de muestra que fue distribuido de manera proporcional en los lugares considerados en el estudio, de esta forma se aplicaron 8 cuestionarios en Rancho Viejo, 23 en la colonia Seis de Enero y 9 en la localidad de Consolapan, siendo un total de 40 instrumentos de investigación aplicados. El trabajo de campo se realizó durante el mes de febrero y marzo del año 2021, el tipo de muestreo fue discrecional o por juicio, cuya característica fue que los habitantes tuvieran su domicilio al lado o cercano al cauce del río (Cuesta, 2016). En este sentido, las personas que se incluyeron en el estudio viven en un contexto colindante al río Pixquiac, es decir, en lugares aledaños o contiguos al cuerpo natural del agua.

### 3. Resultados

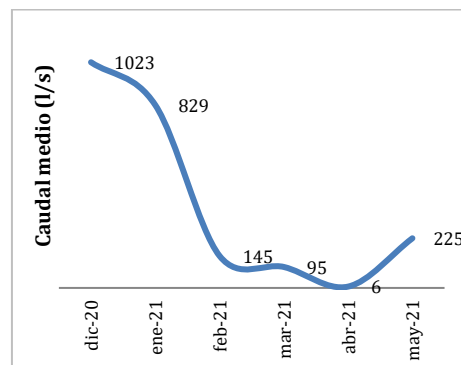
#### 3.1 Disponibilidad del agua

El caudal del río Pixquiac, en el periodo de muestreo tuvo una variación mensual significativa, ya que va de 1,658 L s<sup>-1</sup> valor más alto registrado en Rancho Viejo a 0 L s<sup>-1</sup> valor mínimo en la localidad de Consolapan, puntos que se ubican en la zona media y baja de la microcuenca, lo que establece un promedio de 350 L s<sup>-1</sup> del caudal del río (Figuras 2a y 2c).

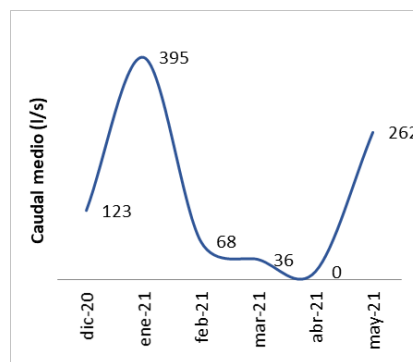
En relación con la variación mensual del caudal en la comunidad rural de Rancho Viejo, se registraron valores máximos de 1,658 L s<sup>-1</sup> con una disminución notable de 42 L s<sup>-1</sup> en la temporada de estiaje (Figura 2a). En la colonia Seis de Enero la variación se presentó con los valores de 1023 L s<sup>-1</sup> a 6 L s<sup>-1</sup> correspondientemente (Figura 2b). En Consolapan, la variación registrada en el periodo de estudio fue de 395 L s<sup>-1</sup> a 0 L s<sup>-1</sup> (Figura 2c). Cabe señalar que los registros con el mínimo de caudal o sequía hidrológica en los tres puntos de muestreo, se presentaron en el mes de abril.



**Figura 2a.** Caudal del río Pixquiac Rancho Viejo



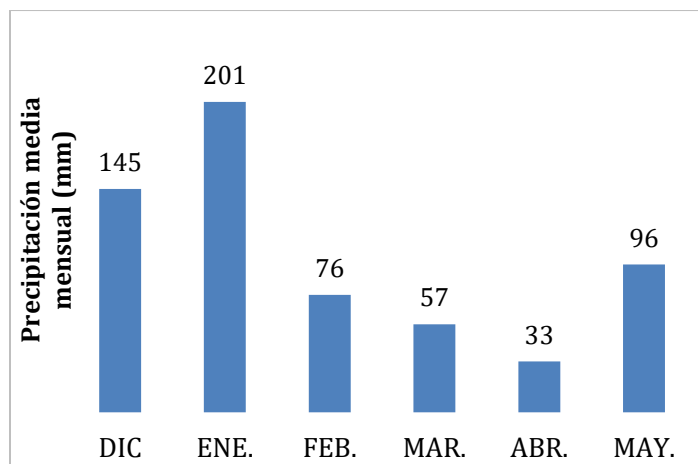
**Figura 2b.** Caudal del río Pixquiac Seis de Enero



**Figura 2c.** Caudal del río Pixquiac Consolapan.  
 Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

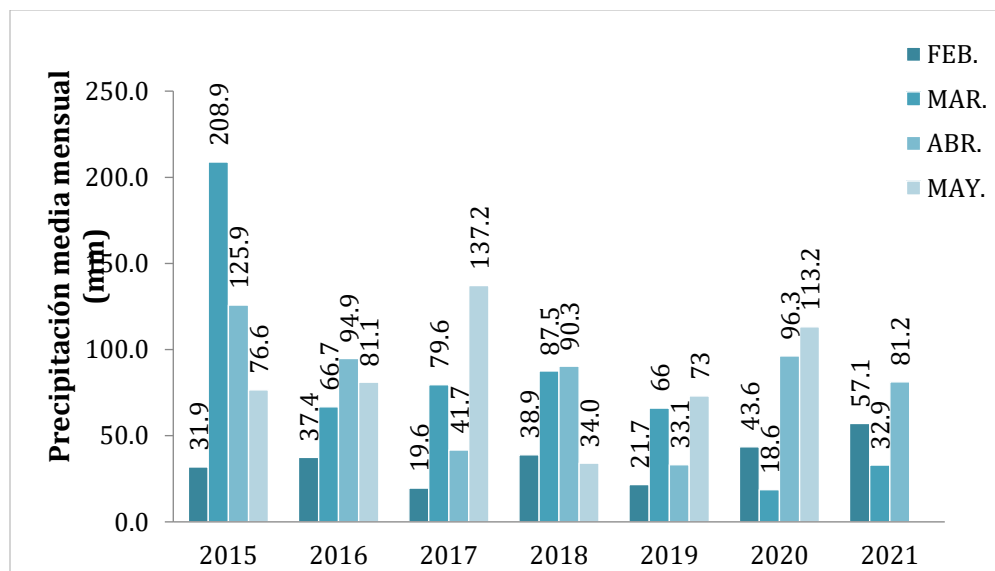
En la variación mensual del caudal del río respecto al comportamiento histórico de la precipitación pluvial, se observó una relación entre estos dos indicadores ya que presentan una disminución a lo largo del periodo de diciembre del año 2020 a mayo del año 2021, esto en las tres zonas de estudio.

Además, se señala una notable disminución de la precipitación al iniciar el mes de febrero la cual se prolonga al mes de mayo, teniendo como valor medio mínimo 33 mm en el mes de abril, mismo que se incrementa en el mes de mayo (Figura 3).



**Figura 3.** Variación de la precipitación en el periodo 2020-2021.  
Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

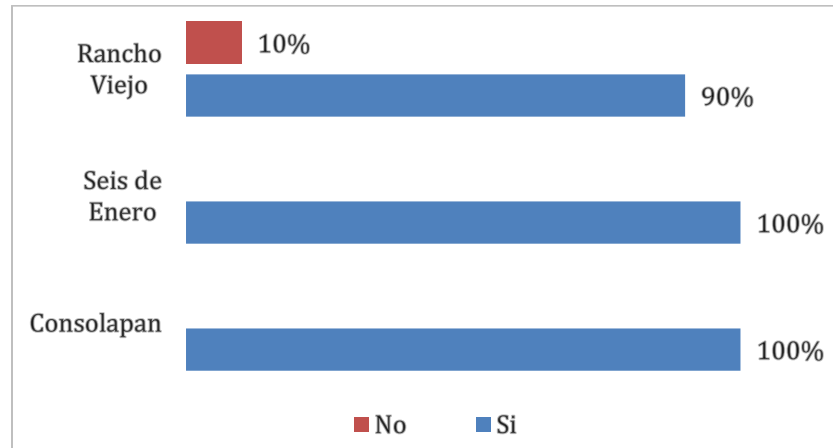
Respecto a la variación de la precipitación mensual en temporada de estiaje del periodo 2015 al 2021, se observa que el año más lluvioso con valores mensuales superiores a los 200 mm es el 2015, valor mensual por arriba de los registrados en los seis periodos posteriores. Por otra parte, se identifica una disminución de lluvias en el año 2019 lo que se refleja en los valores mensuales acumulados, siendo el año más seco en el periodo de estudio, ya que la precipitación mensual acumulada no supera los 100 mm durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo (**Figura 4**).



**Figura 4.** Variación de la precipitación en temporada de estiaje 2015-2021.  
Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

El comportamiento observado en los datos obtenidos en los muestreos del río Pixquiac refieren que tanto los caudales como la precipitación tienen una tendencia negativa en el periodo de estudio, lo que señala que, en los meses de estiaje, ambos indicadores disminuyeron, información que se constatan con la opinión de la población.

Respecto a la disponibilidad de agua, la población percibe de manera significativa que el recurso hídrico del río Pixquiac está disminuyendo, excepto el 10% de personas que viven en Rancho Viejo, zona rural ubicada en el Municipio de Tlalnahuayocan (Figura 5).



**Figura 5.** Percepción sobre la disminución del agua. Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

### 3.2 Usos del agua

El uso doméstico del agua del río Pixquiac es el que significativamente se utiliza por la población que vive en el contexto contiguo o aledaño al cuerpo de agua en las tres zonas, se observa un aumento gradual de la comunidad rural a la zona donde existe un mayor número de habitantes en su conjunto, ubicada en las zonas campestre o periurbanas; le siguen los usos agrícola y pecuario en la localidad rural de Rancho Viejo y en la Colonia de Seis de Enero; y el uso del recurso hídrico para la actividad de acuacultura, solamente se utiliza en el contexto de la zona rural del río Pixquiac (Figura 6).

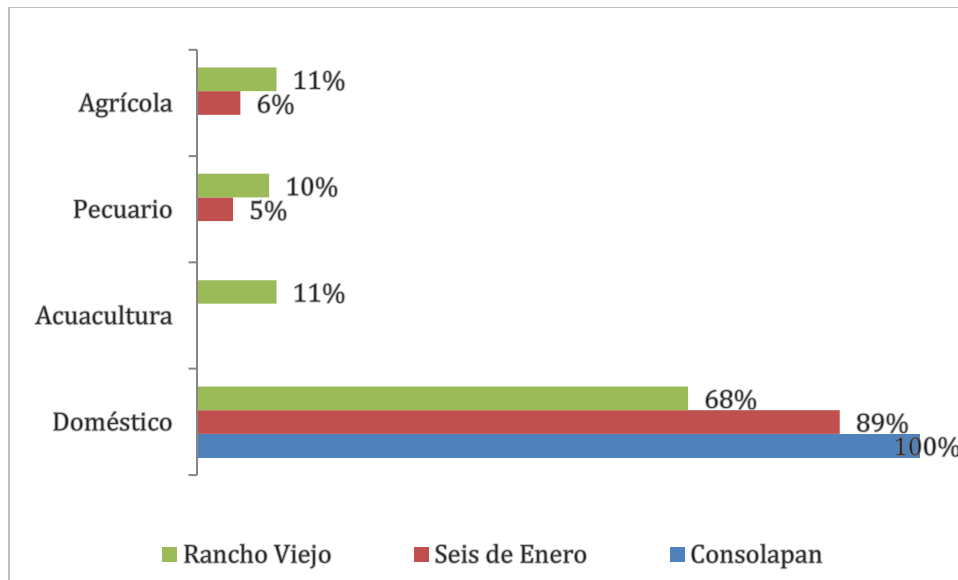
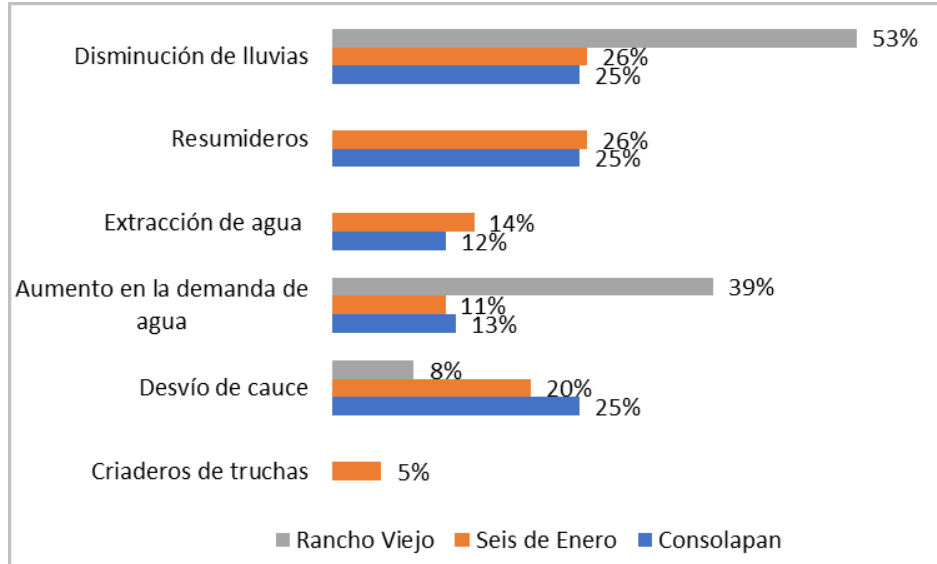


Figura 6. Usos del agua. Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021

### 3.3 Variación de la disponibilidad del agua

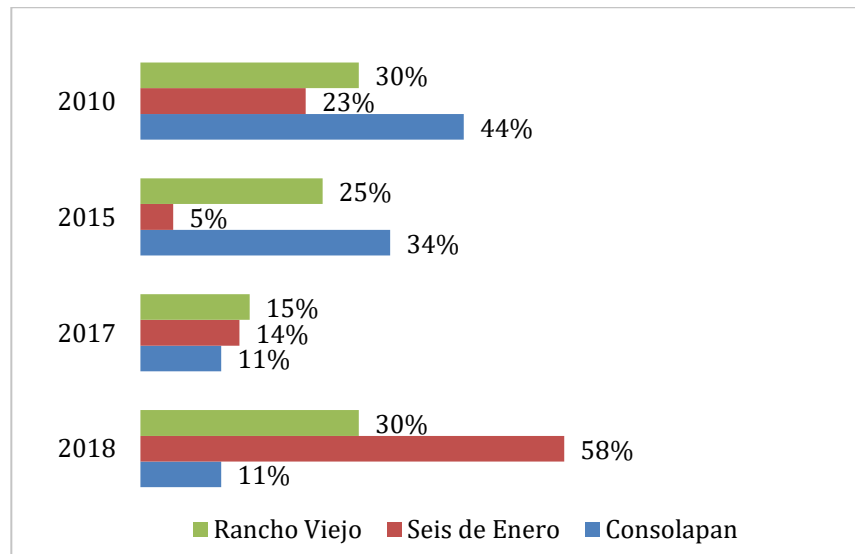
Los factores que la comunidad aledaña al río Pixquiac identifica como causantes de la variación del agua, son múltiples y corresponden a distintas dimensiones que se ubican en ámbitos naturales y antrópicos. En el ámbito natural, la identificación de la disminución de lluvias es significativa, lo que se establece principalmente, por los habitantes que viven en la comunidad rural de Rancho Viejo; y también los resumideros y/o socavones que la población ubica en distintos lugares de la Colonia Seis de Enero y la localidad Consolapan. En el ámbito antrópico, en orden de importancia, se establece el aumento a la demanda del agua, en la localidad de Rancho Viejo; el desvío del cauce del río con valores que muestran un incremento en las zonas periurbanas; la extracción del agua en la colonia Seis de Enero y la localidad de Consolapan; y, por último, el criadero de truchas, actividad antrópica que se realiza únicamente en la zona rural ubicada en la zona media de la microcuenca del río Pixquiac (Figura 7).



**Figura 7.** Opinión sobre factores naturales y antrópicos relacionados con variación del agua.

Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021

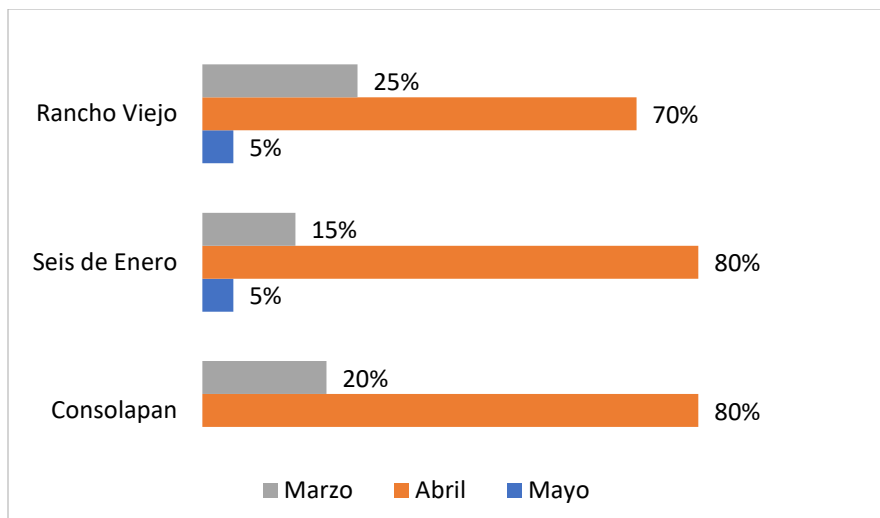
Respecto a los años en que inicia la sequía hídrica en el río Pixquiac, la población ubica años específicos: el 2018 es en el que la mayoría de los habitantes de la región señalan una notable disminución del recurso natural; le siguen los años de 2010, 2015 y 2017 en donde también se ha presentado dicho evento (Figura 8).



**Figura 8.** Año en que inicia la sequía.

Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021.

Respecto al periodo en el que ocurre la sequía en el río Pixquiac, la población indica que los meses son marzo, abril y mayo, ubicando abril como el mes en el que principalmente se seca el cuerpo de agua (Figura 9).



**Figura 9.** Meses en que se presenta la sequía.  
 Fuente: OABCC. Menchaca, Ulloa, 2021

#### 4. Análisis de Resultados

Como se ha señalado, el Observatorio del Agua (OABCC) inicia un estudio de carácter diacrónico en el contexto del río Pixquiac, con el propósito de medir, analizar, comprender e interpretar las condiciones que están determinando los eventos de sequía hídrica; y porque no existe información sobre registros del caudal del río en relación a la precipitación en la región de la microcuenca, entre otros aspectos, relativos a las distintas condiciones relacionadas sobre la disponibilidad del agua del río de interés, que ha sido un cuerpo de agua perenne.

La sequía hidrológica en el río Pixquiac, en esta primera etapa del estudio, se presenta en las tres zonas donde se midió el flujo del agua con valores que van de 42 L s<sup>-1</sup> en la zona rural de Rancho Viejo a 6 L s<sup>-1</sup> y 0 L s<sup>-1</sup> en las zonas campestres o periurbanas de la colonia Seis de Enero y la Localidad de Consolapan incluidas en el estudio. Se señala que, Rancho Viejo localidad que se localiza en la zona media de la microcuenca, se ve favorecida por su ubicación geográfica ya que por efectos de montaña recibe mayores lluvias que la zona baja de la microcuenca, pues el viento que asciende en el sistema montañoso pierde su humedad en forma de precipitación.

De esta manera, el recurso hídrico va disminuyendo gradualmente su flujo río abajo hasta que el cuerpo de agua se seca totalmente en el territorio en donde el cauce se ubica al lado de las viviendas que usan de manera constante el recurso hídrico. Por otra parte, el caudal y la precipitación disminuyen como es normal en la época de sequía, pero esto se presenta de manera significativa en el mes de abril, lo que coincide con la percepción comunitaria de la mayoría de la población que vive en las zonas de estudio, ya que es el mes que señalan que disminuye el agua y/o se seca el río. Se establece aquí, la relevancia de medir la percepción y opinión de la población, ya que representa una herramienta útil para valorar cómo ocurren o se comportan los fenómenos y/o eventos naturales, sociales o económicos ya que la información de carácter cognitiva es interpretada con un nivel aceptable de confiabilidad, por lo que es muy útil para la valoración de problemáticas socio-ambientales (Menchaca y Zapata, 2016).

En relación con la precipitación en la zona de estudio en donde se ubica el río Pixquiac, se observa que la temporada de lluvias inicia en el mes de junio y finaliza en noviembre, por lo que esta temporada tiene mayor duración que el promedio nacional (CONAGUA, 2018) favoreciendo el flujo de agua del río. Sin embargo, pese a que el periodo de lluvias registrado en la microcuenca es ligeramente más largo al establecido a nivel nacional, la precipitación media anual es de 1,095 mm/año, valor que se ubica por debajo de la normal media del estado de Veracruz que es de 1,500 mm/año (CONAGUA, 2021). Lo anterior, puede estar relacionado con la disminución de la disponibilidad de agua en los meses de estiaje en Rancho Viejo, Seis de Enero y Consolapan.

Además, se señala que las condiciones climáticas presentes en la microcuenca durante la temporada de estiaje correspondiente al año 2019, se relacionan con la presencia del Fenómeno del Niño en el país, lo cual mantuvo condiciones de sequía moderadamente seca a muy seca indicada por la previa proyección del déficit del Índice Estandarizado de Precipitación (CONAGUA, 2018). Es probable que dichas condiciones regularon el patrón de la precipitación en el estado de Veracruz de julio 2018 a junio 2020, evento que se relaciona con la disminución del caudal en el río Pixquiac, condiciones mayormente notorias en los meses de febrero a mayo. Es significativo el hecho que la comunidad que vive en las márgenes aledañas al río Pixquiac en las tres zonas que integran el estudio, identifique de manera contundente que fue el año de 2018 el inicio de la sequía del río Pixquiac.

En adición a lo anterior, la comunidad que vive en los tres puntos de muestreo, percibe de manera significativa que el recurso hídrico del cuerpo natural está disminuyendo, lo que es congruente con los datos registrados sobre la disminución del caudal y precipitación en época de estiaje, es decir, la percepción comunitaria es cercana al medio ambiente, ya que permite tener información directa de los acontecimientos del entorno de las personas ya que establecen una relación de proximidad con los recursos naturales, pues son quienes hacen uso del recurso de manera permanente, porque está presente en su vida cotidiana (Menchaca y Zapata, 2021).

Importante es señalar que el caudal de los ríos se relaciona con la seguridad hídrica en México, en donde se establece que los aspectos de cantidad del recurso natural y su gestión son temas centrales para enfrentar los retos en el futuro cercano (Martínez et al., 2019). Al respecto, se establece que en la microcuenca del río Pixquiac no se desarrollan políticas y estrategias de gestión y manejo integral del recurso hídrico, para proteger la disponibilidad del recurso tanto en cantidad como en calidad (Menchaca y Uscanga, 2018) lo que podría convertirse en un aspecto que debe ser prioritario para atender en la región.

Respecto a los usos del recurso hídrico del río Pixquiac, estos se centran en las actividades domésticas como son lavar trastes, ropa, limpieza de la casa, entre otros; los usos agrícolas en cultivos de maíz, frijol y hortalizas; el pecuario respecto a la cría de ganado lechero principalmente, y ambas actividades son generalmente para consumo familiar; mientras que la cría de peces se realiza generalmente para la venta. Al respecto, se señala que las actividades antrópicas que contaminan el agua disminuyen la disponibilidad en cantidad para el uso humano. No se tiene información sobre la calidad del agua en relación a las actividades antrópicas que se realizan en el contexto aledaño al río Pixquiac; sin embargo, afluentes como el río Medio Pixquiac ubicados en la microcuenca de interés, están contribuyendo significativamente a la contaminación del recurso hídrico, por ejemplo, las actividades agrícolas con cadmio que es un metal pesado debido al uso de agroquímicos; la pecuaria por el manejo inadecuado de las heces fecales; y la doméstica por que la



población incinera la basura y tiene una inadecuada disposición de baterías (Menchaca et al., 2018; Menchaca y Ríos, 2020). También las actividades domésticas, pecuaria y acuacultura contribuyen a la contaminación microbiológica, por heces fecales y totales (Menchaca et al., 2019).

En relación con la opinión de la comunidad sobre los factores asociados con la variación del agua en el río Pixquiac, se señala preponderantemente, la disminución del recurso hídrico en las tres zonas, principalmente por las personas que viven en Rancho Viejo con un 53%. Esto se relaciona con lo establecido anteriormente, respecto a la disminución del caudal y precipitación y también con la percepción ambiental al respecto. También se detectan los resumideros en el periodo de estiaje en zonas específicas, como en las colonias de la Pitaya y Seis de Enero, ubicadas en el Punto 2 de muestreo en donde la población hace jornadas para taparlos con piedras, debido a la urgencia de preservar el recurso ante la sequía hídrica.

Respecto a la opinión sobre los factores de carácter antrópico, en orden de importancia, se establece el aumento de la demanda del recurso hídrico; el desvío del cauce del río hacia residencias privadas, para abastecer de agua a ganado; y también la extracción de agua del Pixquiac, en época de estiaje, que se hace con pipas que extraen agua del río dos o tres veces por semana, por la extracción que algunas casas ya que conectan mangueras al cuerpo de agua natural, así como el acarreo del recurso en cubetas. Estos tres factores que relaciona la comunidad con la disminución del recurso natural, coinciden con la deficiente cobertura de agua potable, ya que en algunos municipios de México la cobertura está en el rango inferior al 60% en donde se incluye al estado de Veracruz (Martínez et al., 2019), es decir, la falta de servicio de agua establece una fuerte presión sobre la disponibilidad en cuerpos naturales, ya que puede estar comprometido también la conservación del caudal ecológico (Menchaca et al., 2019). En adición a lo anterior, se establece que todas las actividades antrópicas perturban la estructura y funcionamiento natural de las masas de agua por las “presiones” al recurso; por los “efectos” en la estructura y diversidad de las comunidades biológicas y en las particularidades de los hábitats físicos (Franco, 2013)

## 5. Conclusiones y recomendaciones

En el contexto del río Pixquiac, si bien se inicia el estudio con la medición de la disponibilidad del agua en época de sequía, se señala que el río presenta eventos de sequía hídrica lo que puede relacionarse con el cambio climático antrópico que se expresa en la disminución del caudal y la precipitación. Dicha condición tiene como principal referente, la información de los habitantes que viven en la zona desde más de seis décadas, ya que establecen que el cuerpo de agua se está secando desde el 2010 a la fecha, cuando nunca había sucedido dicho evento, ya que el río es perenne; además existe una significativa presión sobre el recurso hídrico, por la demanda de los distintos usuarios del agua. Dichos aspectos establecen una problemática compleja que se constata mediante aspectos físicos cuantitativos y por los cualitativos basados en la opinión y percepción de los habitantes, que viven el contexto aledaño al cuerpo de agua natural.

El estudio muestra la importancia de medir, analizar e interpretar la disminución de la disponibilidad de agua en cantidad en el contexto del ciclo natural, cuestión que se presenta en los ríos a nivel mundial, nacional y local; y también la medición del ciclo antrópico del recurso hídrico

en el contexto de la gestión de los usos del agua, misma que no se atiende por las autoridades correspondientes.

Los factores naturales y antrópicos que la comunidad identifica mediante la opinión y percepción son relevantes, ya que también de éstos se derivan condiciones específicas que ubican la problemática de variación del recurso hídrico: los resumideros en algunas zonas del río en el ámbito de la geomorfología; la antropización de la vegetación riparia y la calidad del agua, relacionados con la hidrología y la ecología; así como los factores antrópicos como es la extracción del recurso, desvío del cauce, aumento a la demanda del agua, entre otros aspectos que están impactando y afectando sensiblemente al río Pixquiac.

Se ha establecido que el Observatorio del Agua (OABCC), inicia un estudio de carácter diacrónico que implica medir el caudal y la precipitación del ciclo natural del agua, para analizar e interpretar el desarrollo de los eventos de sequía hídrica, esto en relación con los usos del agua en el río Pixquiac. Los resultados muestran también la necesidad de desarrollar estudios sobre la vegetación riparia y la calidad del agua, entre otros ámbitos de conocimiento, que permitan comprender los eventos de sequía hídrica y las condiciones de impacto y afectación ecohidrológica de carácter antrópico.

## Referencias

- Aparicio F.** (2003). Fundamentos de Hidrología de superficie. Editorial Limusa. México DF. 39 .
- Colladón, L. y Caamaño, G.** (2009). Umbrales de desborde. Procedimientos geométricos de identificación.  
[http://irhfce.unse.edu.ar/Rios2009/CD/TC/E/TC\\_E01\\_Colladon\\_Umbrales%20de%20desbord e.pdf](http://irhfce.unse.edu.ar/Rios2009/CD/TC/E/TC_E01_Colladon_Umbrales%20de%20desbord e.pdf)
- CONAGUA** (2018). Estadísticas del Agua en México. Edición 2018. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México. 303 pp.
- CONAGUA** (2021). Perspectiva de porcentaje de precipitación respecto a la media por estado. Pronostico climático. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México.
- Cortes G.** (2010). Diagnóstico de la calidad del agua del río Pixquiac en la congregación Zoncuantla, Municipio de Coatepec, Veracruz. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Recuperado de:  
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42150/CortesSotoNancy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuesta I.** (2016). Unidad didáctica 5, el muestreo. Euroinnova, 1–24. Recuperado de:  
<https://isabelcuesta50.files.wordpress.com/2014/09/unidad-didc3a1ctica-4-elmuestreo.pdf>
- Cramer W, Bondeau A, Woodward F.** (2011). Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century. *Global Biogeochemical Cycles* 15:183-206.
- Gómez B.** (2015). Tesis de licenciatura de minoridad y familia. Universidad del Aconcagua.  
[http://bibliotecadigital.uda.edu.ar/objetos\\_digitales/503/tesis4964-voluntariado.pdf](http://bibliotecadigital.uda.edu.ar/objetos_digitales/503/tesis4964-voluntariado.pdf)
- Gómez C. V. y Pérez, M. E.** (2011). Los períodos secos en la provincia del chaco entre los años 1957 y 2005. *Revista Geográfica Digital, IGUNNE, Facultad de Humanidades*, 15, pp. 1-19.
- Gudmundsson L., Boulange J., Hong X. Do S., Gosling N., Manolis G., Aristeidis G., Leonard M., Liu J., Müller Schmied H. Lamprini P., Yadu P., Seneviratne S., Satoh Y., Thiery W., Westra S., Zhang X.,**

- Zhao F. (2021). Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change. *Science*. Vol 371, Issue 6534.1159-1162 pp.: [www.10.1126/science.aba3996](http://www.10.1126/science.aba3996)
- GUMBEL**, E.J. *Statistics of Extremes*. New York: Columbia University Press, 1958.
- KOUTSOYIANNIS**, D. and **BALOUTSOS**, G. Analysis of a Long Record of Annual Maximum Rainfall in Athens, Greece, and Design Rainfall Inferences. *Natural Hazards*. Vol. 22, No. 1. 2000, pp. 29-48.
- KOUTSOYIANNIS**, D. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: 1. Theoretical investigation. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 49, No. 4, 2004, pp. 575-590.
- Hernández I.** (2014). La calidad del agua en los ríos de México. *Impluvium*, 3, 7-13.
- Hernández V.**, Nélica C. (2018). Ríos y su territorio. *Espacio de libertad. Un concepto de gestión*. <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/72157132006.pdf>
- Martínez**, P., Díaz, C., y Moeller, G. (2019). Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del Agua*, 23 (2), 107-121.
- Martínez**, A. y Gómez, P. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad del agua en México. *Ciencias del Agua*. Vol.III, número 1, enero-marzo 2012.
- Matus J.** (2008). Panorama de las causas de los conflictos por el agua en México: Nuevas líneas de investigación para su prevención y resolución. *Escuela del Agua, Malinalco Estado de México*.
- Menchaca**, S. (2020). La complejidad como base metodológica para la construcción de conocimientos en el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, OABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas). *UVServa*, (10), 110-116.
- Menchaca M.** del S., y Alvarado, E. L. (2011). Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiác. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 85-96.
- Menchaca S.**, Alvarado, E.L., Zapata, K., y Pérez, M.A. (2015). Construcción del riesgo por contaminación del agua y principio de precaución en la microcuenca del río Pixquiác. En T. García y A.C. Travieso (coord.), *Derecho y Gestión del Agua* (pp. 239-265). Editorial Ubijus, México.
- Menchaca**, S., Calva, A., y 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.
- Menchaca**, S., y Zapata, K. (2021). Percepción comunitaria sobre el agua en la microcuenca del río Pixquiác, Veracruz, México. *UVServa* (No.11), abril-septiembre 2021. [www.doi.org/10.25009/uvs.v0i11.2776](http://www.doi.org/10.25009/uvs.v0i11.2776)
- Montero**, M., Martínez, J., Castillo, N. y Espinoza, B. (2010). Escenarios climáticos en México proyectados para el siglo XXI: precipitación y temperaturas máximas y mínimas. En *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp. 39-63.
- Secretaría** de Protección Civil (2020). Temporada de Sequía y Estiaje. Dirección General de Prevención de Riesgos. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Vidriales**, G. (2016). Análisis de la gestión del agua de la ciudad de Xalapa: aportaciones para la construcción de nuevos modelos de gestión del recurso hídrico. *El Colegio de Veracruz*. [http://colver.com.mx/RepositorioTesis/MDRS/2010-2012\\_VidrialesChan\\_Georgina\\_29-11-2016.pdf](http://colver.com.mx/RepositorioTesis/MDRS/2010-2012_VidrialesChan_Georgina_29-11-2016.pdf)
- Vidriales**, G., García I., Martínez, A., Gerez, P. Y Muñoz, M. (2012). Características del medio natural. Al filo del agua: Congestión de la subcuenca del río Pixquiác, Veracruz. UNAM, 1ed. [http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/bitstream/IIS/4996/1/Al\\_filo\\_del\\_agua.pdf](http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/bitstream/IIS/4996/1/Al_filo_del_agua.pdf)

**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, 2010, pp. 555-561.

**Welcomme, R.L. (1980).** Cuencas fluviales. FAO, Doc. Téc.Pesca, (202):62 p.