

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/390482996>

De la Montaña al Mar. La Problemática de la Contaminación del Agua en las Cuencas y su Relación con los Arrecifes desde la Experiencia de la Cuenca La Antigua, Veracruz

Chapter · April 2025

DOI: 10.26359/EPOMEX02202520

CITATIONS

0

READS

7

3 authors, including:



Loni Hensler

El Colegio de la Frontera Sur

24 PUBLICATIONS 101 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Erick Torralva Apodaca

Institute of Ecology INECOL

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Hensler, L., García-León, S., & E. Torralva-Apodaca. 2025. De la Montaña al Mar. La Problemática de la Contaminación del Agua en las Cuencas y su Relación con los Arrecifes desde la Experiencia de la Cuenca La Antigua, Veracruz, p. 483-520. In: A. Granados-Barba, L.D. Ortiz-Lozano & A.L. Gutiérrez-Velázquez (eds.). Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México: Integrando los Ambientes Costeros. Universidad Autónoma de Campeche. 540 p. ISBN 978-607-8907-34-2. doi 10.26359/EPOMEX02202520.

De la Montaña al Mar. La Problemática de la Contaminación del Agua en las Cuencas y su Relación con los Arrecifes desde la Experiencia de la Cuenca La Antigua, Veracruz

Loni Hensler, Sofía García-León
& Erick Torralva-Apodaca*

Territorios Diversos para la Vida,
Xalapa, Veracruz

*Autor de correspondencia: loni.hensler@terravidamx.org

Resumen

Los arrecifes están interconectados con la montaña por los flujos de agua a lo largo de las cuencas hidrológicas, por lo que su protección requiere una gestión integral de las cuencas desde un enfoque socioecosistémico. Actualmente, México enfrenta una grave y compleja problemática de contaminación de los ríos; la cual es analizada en este capítulo desde la experiencia de la Cuenca La Antigua, Veracruz. Esta cuenca hidrológica desemboca en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México, cerca del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, que es reconocido por su gran relevancia socioecológica. Con el objetivo de integrar y comparar la información oficial y comunitaria para generar una comprensión amplia de esta problemática, se llevó a cabo una metodología mixta desde un enfoque de investigación-acción colaborativa con 33 solicitudes de acceso a la información pública, recopilación de información documental, monitoreo comunitario de la calidad del agua en 13 sitios a lo largo de la cuenca, 11 entrevistas semiestructuradas a profundidad y observación participante. Los principales hallazgos muestran que hay una contaminación preocupante en toda la cuenca que genera una situación de vulnerabilidad a los arrecifes y a las personas que habitan la cuenca y en las costas. Las causas son diversas; se destaca la incongruencia en la información, la deficiente red de drenaje, y la falta de plantas de tratamientos y de mecanismos efectivos para la gestión del agua en las cuencas, así como una ausencia en reconocer y visibilizar la importancia de los ríos y la conectividad de las cuencas con los arrecifes. Esta investigación evidencia el papel clave de una gestión participativa y comunitaria de las cuencas que permiten regenerar los socioecosistemas desde la montaña al mar.

Palabras clave: contaminación del agua, gestión participativa de la cuenca, Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Abstract

The reefs are interconnected with the mountains by water flows along the hydrological basins, so their protection requires an integrated management of the basins from a socio-ecosystemic approach. Currently, in Mexico, we face a serious and complex problem of river pollution, which will be analyzed in this chapter through the case study of the watershed La Antigua Basin, Veracruz, Mexico. This watershed flows into the Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico (CASGM), near the Veracruz Reef System National Park (PNSAV), which is recognized for its great socioecological relevance. With the objective of integrating and comparing official and community information to generate a comprehensive understanding of this topic, we carried out a mixed qualitative and quantitative methodology from a collaborative action research approach with 33 requests for access to public information, review of documentary information, community monitoring of water quality in 13 sites throughout the watershed, 11 semi-structured in-depth interviews and participant observation. The main findings show that there is worrisome contamination throughout the basin that generates a situation of vulnerability for the reefs and the people living in the basin and along the coasts. The causes are diverse; we highlight the lack of and inconsistency in the information, the deficient drainage network, and the lack of treatment plants and effective mechanisms for water management in the basins, as well as a lack of recognition and visibility of the importance of the rivers and the connectivity of the basins with the reefs. This research demonstrates the key role of participatory and community-based watershed management in regenerating socio-ecosystems from the mountains to the sea.

Keywords: Water pollution, Participatory watershed management, Southwestern Gulf of Mexico Reef Corridor.

Introducción

El único lugar en la Tierra en donde confluyen procesos oceánicos, terrestres y atmosféricos son las costas, por lo que se requiere de una mirada integral y ecosistémica para poder entender sus problemáticas (Vera-Hidalgo, 2012). Los arrecifes, siendo el último eslabón de la cuenca, son un bioindicador para conocer el estado de salud de los ríos que la forman. A través de las aguas que se transportan por los flujos hidrológicos de éstos, los arrecifes son impactados directamente por factores como la contaminación fecal, la sedimentación, los agroquímicos y la deforestación (Martínez, 2017).

En las costas marinas se ubican ecosistemas claves para la reproducción de especies, que han sido gravemente afectadas por contaminantes que captan y transportan los ríos en su transcurso a lo largo de la cuenca (Escobar, 2002). A la importancia de la salud de las cuencas para el bienestar de los ecosistemas marinos no se le ha prestado suficiente atención, por lo que fue hasta el año 1970, en la conferencia “*Contaminación marina y sus efectos en los recursos vivos*” por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que se reconoció por primera vez el gran porcentaje de contaminación que aportan los ríos (Utton, 1974). De acuerdo con datos recientes, el 90 % de la contaminación producida en tierra es transportada por los ríos hacia el mar (ONU, 2022).

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más antiguos del planeta y ricos en biodiversidad (Ruiz-Zárate *et al.*, 2008). Algunos de los beneficios que brindan a las personas son: la provisión de ali-

mentos, regulación climática, recreación y la protección de las comunidades costeras de eventos climáticos como los huracanes (PNUMA, 2024). Un cuarto de las especies marinas, y mil millones de personas mundialmente, dependen directamente de los arrecifes de coral, los cuales se encuentran en una crisis (CC-212/2018, 2001). La contaminación se ha reconocido como una amenaza importante para los arrecifes de coral (Olguín *et al.*, 2010), ya que es un factor que puede favorecer su blanqueamiento (Glynn, 1993); sin embargo, no se ha tomado en cuenta suficientemente en las políticas públicas y estudios ecológicos para su remediación.

Los ríos acarrean sedimentos, comunidades bacterianas, altas cargas de nutrientes y materia orgánica que contaminan y desequilibran los ecosistemas marinos, generando una alteración de las funciones ecológicas, reducción de la diversidad biológica, daños a los hábitats acuáticos y pérdida de especies (Escobar, 2002). La contaminación de las cuencas hidrológicas es una realidad evidente en México, en donde se estima que un 90 % de las aguas residuales son descargadas directamente a los ríos, lagos u océanos (UICN, 2016). Un ejemplo de ello es la cuenca del río La Antigua, que tiene su desembocadura a 10 km al norte del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). La cuenca presenta un caudal promedio de 1 700 hm al año (SEMARNAT, 2017), un volumen considerable de agua que se descarga, junto con contaminantes y sedimentos, en los arrecifes cada año.

Debido a su cercanía a la población y a las descargas de los ríos, el PNSAV está constantemente expuesto a gran cantidad de patógenos por descargas fluviales que modifican las características hidrológicas y sedimentológicas de la zona costera (Jiménez-Badillo *et al.*, 2014; Rivera, 2015). Carreón-Palau *et al.* (2017) han documentado “contaminación severa” en casi todos los sitios de muestreo en el PNSAV. Las descargas de los ríos traen consigo contaminación por residuos urbanos, agrícolas, industriales, residuos sólidos humanos y de ganadería, sedimentos a gran escala y plásticos, entre otros (Escobar, 2002). Todo ello, genera un impacto acumulado y un fuerte estrés en la vida arrecifal, así como diversas enfermedades (Rivera, 2015). En los últimos años se han realizado investigaciones puntuales en algunos sitios de la cuenca La Antigua (Javier-Corona, 2010; Olguín *et al.*, 2010; Rivera-Ortega, 2015; Mokondoko, 2018; Menchaca, 2018; Vásquez-Robledo, 2020), pero hace falta integrar la información para tener una comprensión ecosistémica de la problemática (Granados-Barba *et al.*, 2007).

Al mismo tiempo, el papel de las organizaciones comunitarias del agua en esquemas de gestión comunitaria autónoma, o una gestión colaborativa con actores del Estado y la sociedad civil, ha sido importante en la distribución rural y la defensa de este vital líquido en Veracruz. Especialmente, la cuenca La Antigua se ha destacado por la presencia de diferentes colectivos, grupos y organizaciones que han realizado acciones para la protección y defensa de los ríos (Domínguez-Serrano, 2018). Por ejemplo, la lucha de defensa del río La Antigua por los Pueblos Unidos de la Cuenca la Antigua por los

Ríos Libres (Colectivo PUCARL, 2016; Mazadiego-Cruz, 2020), la gestión compartida de las cuencas en la región metropolitana de Xalapa (Paré & García, 2018), la red de monitoreo comunitario del agua asociada con *Global Water Watch* (GWW) México (GWW, 2007) y los recorridos ciudadanos por los cuerpos de agua urbanos en Xalapa.

Otro ejercicio participativo importante se da desde el 2022, a través de las Asambleas Comunitarias por el Agua de la Cuenca La Antigua impulsadas por PUCARL, en donde las comunidades, organizaciones y personas interesadas en el saneamiento del agua analizan las problemáticas y generan propuestas comunitarias de acción. Una de ellas, ha sido el acuerdo para la realización de la presente investigación, así como la capacitación y conformación del grupo de monitoreo comunitario del agua de la cuenca La Antigua para aportar información comunitaria sobre la contaminación con heces fecales en los ríos y, así, generar estrategias integrales para su saneamiento.

En este capítulo, se analiza la compleja problemática de la contaminación del agua en los ríos de la cuenca con base en el caso de estudio de la cuenca La Antigua, y se identifican la aportación que puede hacer la participación comunitaria y la gestión participativa de los ríos a la regeneración de los socioecosistemas desde la montaña al mar. Para ello, se integra y contrasta información de fuentes oficiales y comunitarias sobre la calidad del agua en los ríos a lo largo de la cuenca y la percepción general sobre la problemática. Este trabajo tiene la intención de visibilizar la problemática y sus causas, propiciar información para el saneamiento y la regeneración de los ríos de la cuenca La

Antigua, así como para inspirar a otras comunidades y colectivos para organizarse y empoderarse para una gestión colaborativa y el saneamiento de las aguas en sus cuencas.

Métodos

Contexto de estudio: cuenca hidrológica La Antigua

Veracruz es un estado conformado por 14 cuencas hidrológicas que desembocan en el golfo de México, las cuales sufren diversas problemáticas que finalmente impactan a los arrecifes de coral que resisten en el CASGM. La cuenca de La Antigua (figura 1) forma parte de las tres principales fuentes hidrológicas de contaminación que estarían afectando al arrecife sumergido Monte Negro, ubicado al norte del PNSAV y que forma parte del CASGM, trayendo consigo el acarreo de contaminantes y sedimentos que aportan 27 municipios desde la cuenca alta, naciente

del Cofre de Perote, hasta su final en el golfo de México.

La cuenca de La Antigua conecta dos Áreas Naturales Protegidas (ANP) de gran importancia ecológica y humana, el Cofre de Perote y la zona de amortiguamiento norte del PNSAV (SEMARNAT, 2017). El Parque Nacional Cofre de Perote tiene un total de 11 530 ha, de las cuáles, 4 250 hacen parte de la cuenca La Antigua. En el Cofre de Perote nacen abundantes arroyos que alimentan los ríos de la cuenca. Además, sus bosques favorecen la infiltración del agua de lluvia, alimentando flujos de agua subterránea que afloran en forma de manantiales en

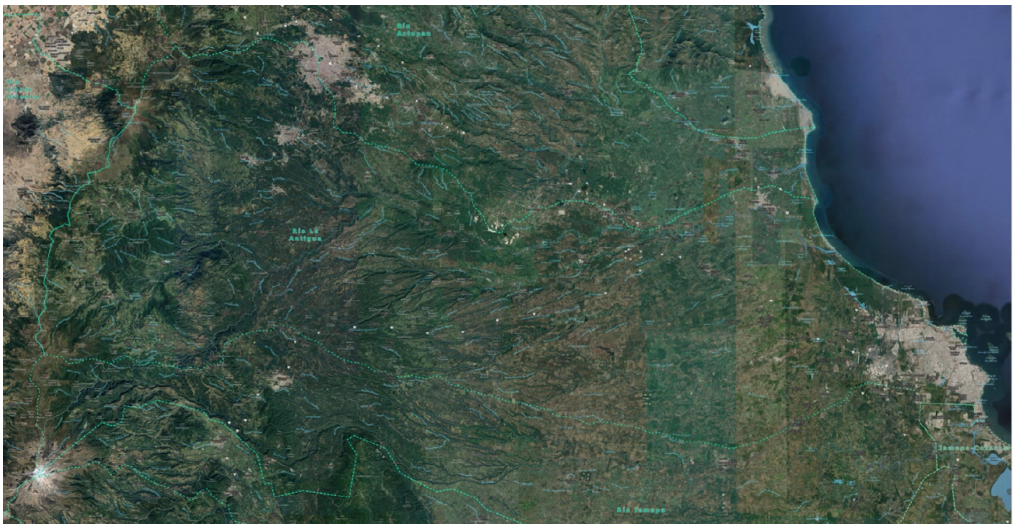


Figura 1. Cuenca hidrológica de La Antigua de acuerdo con la delimitación de CONAGUA.
Fuente: CartoCrítica, 2023.

las partes más baja de la cuenca. En el otro extremo el PNSAV, con una superficie de 65 516 ha, está integrado por al menos 38 arrecifes (Ortiz-Lozano, 2018), un ecosistema sumamente diverso que provee de sustento, protección e identidad a la ciudad de Veracruz y las comunidades costeras colindantes (SEMARNAT, 2017). Se considera único en el golfo de México, y está interconectado en la red de arrecifes del CASGM (Chávez-Hidalgo, 2009; Ortiz-Lozano *et al.*, 2021).

Entre estos dos ecosistemas, existe una red de ríos de diversos tamaños, formas y nombres, como en toda cuenca, que son parte de distintos municipios e incluso Estados. El 19 % de la cuenca de La Antigua se ubica en el estado de Puebla y en un 80.4 % en el de Veracruz; contempla 31 subcuencas con sus afluentes y sus principales ríos son el Matlacobat y El Pescados. El 61.41 % de su superficie corresponde a subcuencas emisoras—aquellas que emiten agua superficial a otra subcuenca—, el 22.07 % a subcuencas receptoras-emisoras— las que recibe agua superficial de aguas arriba pero también descargan a otras y 16.5 % a subcuencas receptoras—solo recibe agua superficial (SEMARNAT, 2017).

En su vertiente social, las personas y comunidades habitantes de la cuenca guardan un vínculo directo gracias a los múltiples beneficios que les otorgan sus cuerpos de agua, así como una relación identitaria que muchas sienten con ella; los ríos de la cuenca forman parte de la vida cotidiana de las comunidades por donde corre su cauce, ahí nacen, tienen su hogar, cultura, trabajo, estudio, alimento y disfrute (Mazadiego-Cruz, 2020). Gracias al vínculo que tienen con la cuenca, parte significativa de los habitantes

dedican su vida al turismo sustentable, a la producción orgánica del café, la agricultura, a la generación de productos con base en la naturaleza de los ecosistemas en los que habitan y en la formación de comités comunitarios del agua. Tan solo del PNSAV depende alrededor de 500 familias de pescadores registrados y otro número similar libres, así como un gran número de dependientes indirectos en la cadena de valor (Jiménez-Badillo, 2007). Asimismo, existen diversos colectivos en defensa de sus ríos ante las amenazas y problemáticas que se enfrentan, como el colectivo de PUCARL, quienes desde hace más de 13 años se han dedicado a proteger y garantizar que los ríos de la cuenca fluyan libremente frente a la amenaza de la construcción de una hidroeléctrica y el levantamiento de las vedas hidrológicas, y que actualmente promueven la organización comunitaria a nivel de cuenca en las Asambleas por el Agua.

Metodología

Esta investigación se realizó desde un enfoque de investigación-acción transdisciplinaria y colaborativa con una metodología mixta que abarca la revisión documental, la realizaciones de solicitudes de acceso a la información vía los mecanismos de transparencia, la realización de entrevistas semi-estructuradas a profundidad a actores clave, la realización de actividades participativas de análisis colectivo, la generación comunitaria de información sobre la presencia de bacterias de heces fecales con la metodología de gww y la observación participante. Este enfoque de investigación se caracteriza por la colaboración con actores comunitarios y el proceso cíclico entre la acción y la reflexión

tendiente a la horizontalidad con un reconocimiento de las injusticias estructurales (Hensler *et al.*, 2024) que se llevó a cabo junto con los integrantes de la asamblea y los monitores comunitarios.

El periodo de análisis abarca del 2016 a agosto 2023 y la información analizada en el presente fueron a partir de las siguientes fuentes de información:

- Solicitudes de información: entre diciembre 2022 y febrero 2023, se ingresaron solicitudes de acceso a la información vía la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) a más de 33 autoridades municipales, estatales y federales; con los siguientes ámbitos temáticos: I) Calidad del agua, II) Contaminación del agua, por descargas y por residuos sólidos, III) Poblacional, IV) Territorial, V) Hidrológico, VI) Social, VII) Biodiversidad, VIII) Tala de árboles y IX) Afectaciones arrecifales, según el ámbito de sus competencias. A través de respuestas otorgadas por autoridades fue posible acceder a datos oficiales que permitieron hacer un comparativo en relación con la situación del agua en la cuenca y en los arrecifes.
- Entrevistas: se realizaron diez entrevistas semiestructuradas a profundidad a personas clave de los sectores comunitarios (3), de organizaciones de la sociedad civil (4), de la academia (2) y de gobierno (1) sobre los ejes temáticos: cosmovisión uso y manejo de agua, problemáticas y afectaciones de los ríos, así como acciones y preocupaciones comunitarias. Las personas fueron seleccionadas con base en un mapeo de actores en la cuenca y la metodología bola de nieve. Buscamos

la diversidad de *expertise* y saberes desde la práctica, el activismo y los saberes científicos.

- Documentos públicos y académicos: se analizaron múltiples documentos generados por diversas entidades ambientales, tales como acuerdos, decretos, leyes, normas, programas territoriales, estudios hidrológicos y datos estadísticos; así como estudios académicos publicados por universidades o instituciones independientes, como la Universidad Veracruzana (UV), el Instituto Nacional de Ecología (INECOL) y documentales generados por instancias internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y órganos internacionales vinculados con el tema.
- Análisis de datos de monitoreos de calidad de agua: en colaboración con la Asamblea Comunitaria por el Agua de la Cuenca La Antigua, se capacitaron 20 monitores comunitarios, incluyendo la primera y segunda autora, con la metodología de GWW - México (GWW, 2005) para levantar datos de 13 sitios durante seis meses con el fin de llenar vacíos de información y/o realizar comparación de los datos otorgados por las autoridades. Adicionalmente, a través de la colaboración de monitores comunitarios de capacitados por GWW, se incluyeron en el análisis datos de 25 sitios de monitoreos realizados entre 2006 y 2023 en la cuenca La Antigua.
- Observación participante: Se participó en diez Asambleas Comunitarias del Agua, en tres recorridos por los cuerpos de agua de la cuenca, y en los 13 sitios de monitoreos comunitarios del agua,

con el fin de comprender las problemáticas desde la observación en campo. El análisis de datos se llevó a cabo a través de un análisis cuantitativo y cualitativo del total de información recabada. Debido a la magnitud y gravedad de este tipo de contaminación en la cuenca, la investigación cuantitativa se enfocó en la contaminación fecal del agua. Estimamos el nivel de contaminación fecal usando como indicador la presencia de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) que hace parte de la microbiota intestinal normal del ser humano y los animales de sangre caliente, y se estima como uno de los mejores indicadores para la presencia bacteriana (Larrea-Murrel, 2013).¹ Para su análisis, el criterio utilizado de manera principal para realizar el análisis

fue el de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); sin embargo, para tener una interpretación amplia también fueron considerados: i) Criterios Ecológicos de Calidad del Agua del Centro de Calidad Ambiental (CE-CCA-001/89), ii) Criterios para aguas residuales de la NOM-001-SEMARNAT-2021, y iii) Criterios de calidad del agua conforme el gobierno de Nueva Zelanda, al ser el estándar más alto de protección a nivel internacional (tabla 1). Asimismo, se llevó a cabo un mapeo digital con las coordenadas de cada uno de los datos de calidad de agua obtenidos. Por su parte, el análisis de entrevistas se realizó de forma inductiva para generar las categorías principales y se sistematizaron los saberes locales para contrastar las fuentes oficiales.

Tabla 1. Diferentes criterios de interpretación de la calidad del agua con el indicador <i>E. coli</i> .	
Criterios de calidad del agua superficial en cuerpos de agua lóticos (ríos, lagos y corrientes) de acuerdo con la CONAGUA:	Criterios Ecológicos de Calidad del Agua del Centro de Calidad Ambiental (CE-CCA-001/89):
• Excelente: ≤ 250 <i>E. coli</i> /100mL • Buena calidad: $250 < EC \leq 500$ <i>E. coli</i> /100mL • Aceptable: $500 > EC \leq 1000$ <i>E. coli</i> /100mL • Contaminada: $1000 < EC \leq 10000$ <i>E. coli</i> /100mL • Fuertemente contaminada: $EC > 10000$ <i>E. coli</i> /100mL	• Protección a la vida acuática (dulce y marina): ≤ 200 /100 mL Coliformes fecales • Uso recreativo para contacto primario: $\leq 200/100$ mL Coliformes fecales • Fuente de abastecimiento de agua potable: $\leq 1000/100$ mL Coliformes fecales
Límite Máximo Permisible de contaminantes del agua para contacto humano, Nueva Zelanda:	Límite Máximo Permisible para aguas residuales conforme a la NOM-001-SEMARNAT:
• Excelente: < 130 <i>E. coli</i> /100mL • Buena calidad: < 130 <i>E. coli</i> - < 260 <i>E. coli</i> /100mL • Aceptable: > 260 <i>E. coli</i> - < 540 <i>E. coli</i> /100mL • Contaminada: ≥ 540 <i>E. coli</i> /100mL • Fuertemente contaminada: > 540 <i>E. coli</i> /100mL	• Promedio mensual: < 250 <i>E. coli</i> /100mL • Promedio diario: < 500 <i>E. coli</i> /100mL • Valor Instantáneo: < 600 <i>E. coli</i> /100mL

¹ La unidad de medición del monitoreo comunitario es Unidad Formadora de Colonias (UFC) y la que emplean las autoridades y la normatividad es Número Más Probable (NMP). Para el análisis se realizó la conversión 1:1 por la correlación cercana del 1:1 que proponen Gronewold y Wolpert (2008).

Resultados

Percepción sobre las principales problemáticas de los ríos en la cuenca La Antigua y su conexión con los arrecifes

Entre las principales problemáticas percibidas por las y los actores claves entrevista-

dos (tabla 2), destaca la grave situación de contaminación de los ríos, específicamente por drenaje y agrotóxicos (principalmente por monocultivos de limón, papa, caña y café), así como otro tipo de residuos (se profundiza en el siguiente capítulo).

Tabla 2. Percepción sobre las principales problemáticas en la cuenca La Antigua.
Fuente: elaboración propia con base en el análisis de entrevistas.

Categoría	Descripción	N	%
Contaminación por drenaje	Las descargas de drenaje sin tratamiento adecuado en las ciudades y comunidades han contribuido a una mala calidad del agua y la contaminación bacteriana con implicaciones para la salud de los ecosistemas y las personas. Está asociado a la falta de redes de drenaje y de plantas de tratamiento, así como su mala gestión.	10	100
Contaminación por agrotóxicos	Contaminación de los ríos por el uso de agrotóxicos para el control de plagas y fertilización en monocultivos específicamente el limón, el cultivo de papá, la caña y los cafetales convencionales.	8	80
Sobreexplotación del agua de los ríos	La sobre-extracción de agua de los ríos por la industrias (cerveceras, embotelladoras, productoras de refresco y papeleras, caña, etc.), por la agricultura (riesgo para el cultivo de limón, caña y cafetal), y para el uso doméstico en donde destaca que una gran cantidad del agua de la cuenca se desvía a la ciudad de Xalapa y se descarga en otra cuenca.	6	60
Falta de infiltración por pérdida de cobertura vegetal	Ha habido una tala inmoderada en los últimos años, una pérdida de la cobertura vegetal y cambios de uso de suelo que redujeron la cantidad de agua disponible así como los ecosistemas en general. Además, la impermeabilización de la superficie de la cuenca, principalmente en las ciudades, agrava la problemática, lo que conlleva a inundaciones.	6	60
Modificación de caudal del río	Las invasiones de los márgenes de los ríos, la modificación de su cauce y la extracción de piedras para la construcción han tenido implicaciones en los ríos.	5	50
Sedimentación	La alteración de los sedimentos en los ríos genera múltiples afectaciones en los ríos, la cuenca, las costas y en los arrecifes. Se observa un exceso de sedimentación por una mala gestión de los márgenes de los ríos y su integración directa a los ríos.	4	40
Contaminación por otro residuos y especies intrusivos	La mala gestión de los residuos en los rellenos sanitarios oficiales y tiraderos generan contaminación por otros lixiviados; también se mencionó el cultivo de cerdos y los talleres mecánicos, así como la mala práctica de lavar autos al lado de los ríos. Además, señalan que algunos beneficios del café contaminan con residuos orgánicos.	3	30
Cambio climático	Se observa un cambio en el patrón de lluvias con una mayor intensidad y concentración de los días de lluvia, lo que implica una dificultad de infiltración, inundaciones y un exceso de agua que pasa por los ríos en poco tiempo, lo que aumenta la sedimentación y modifica sus cauces.	3	30

Le sigue la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la recarga reducida por la tala inmoderada y pérdida de cobertura forestal y vegetal, así como la creciente impermeabilización de la superficie, lo que tiene impactos en la cantidad de agua disponible y se ha reportado una situación preocupante de falta de agua especialmente en los meses de estiaje. La modificación del cauce de los ríos y la invasión de éste, así como cambios en los patrones de sedimentación han sido percibidos como otras afectaciones graves. Aunado a ello, las personas entrevistadas señalan que la situación se agrava por el contexto global de la crisis climática que ha impactado en los patrones de lluvia. Destacan los efectos sinérgicos entre las diferentes problemáticas.

En la raíz de estas problemáticas (tabla 3), las personas expertas comunitarias, de la academia y de organizaciones de la sociedad civil identifican principalmente una visión y valores en relación con el agua como un recurso, como señala una mujer entrevistada: *“la forma de desarrollo y su conceptualización ha contribuido a que no vemos a los ríos como ecosistemas, nada más al agua como un recurso, pero no vemos todo lo demás, la vida que sostiene (...)”* (Entrevista, 2023) o peor aún, los ríos se perciben como una especie de *“drenaje natural”* o *“caños que es mejor entubar y desaparecer”* (Entrevista, 2023). A esto se suma la falta de voluntad política y una mala planeación y gestión en diferentes niveles, así como vacío en la regulación normativa, la falta de una vinculación institucional y una falta de sensibilización y cultura del agua en los usuarios.

Para las personas entrevistadas es evidente la conexión de la cuenca con el mar, así como las afectaciones que las problemáticas

señaladas tienen en los arrecifes y el CASGM, como ilustra esta cita: *“A los arrecifes se los está llevando la bruja, por tantísima contaminación, porque no solo es sedimento, es químicos, es temperatura. Podrías echarle la culpa al cambio climático, pero no solamente, además de lo que le viene de los ríos, suma lo que le echan los poblados en el mar, Veracruz y también cada comunidad que se encuentra a la orilla del mar. Todo ese efecto es adicional, es sumado, integralmente termina en el mar y afecta al sistema arrecifal”* (Entrevista, 2023). Al mismo tiempo, la mayoría indican que esta relación no es visible para una gran parte de la población, como señala un experto comunitario de la cuenca media: *“No se ha tocado el tema de la relación entre el ejido y el mar, ni tampoco el tema de la mirada hacia la cuenca. Para muchas personas, el problema solamente está frente a nuestra comunidad”* (Entrevista, 2023).

Problemática de la contaminación del agua en la Cuenca La Antigua

Falta de información y transparencia

Del total de las 33 solicitudes de acceso a la información realizadas, únicamente el 22 % de las autoridades señalaron tener algún tipo de información, y sólo el 6 % de los municipios mencionaron tener información respecto a estudios de monitoreo de calidad del agua, el resto señalaron no realizar acciones de monitoreo o estudios conforme a la normativa vigente (tabla 4). En consecuencia, el 70 % de las respuestas fueron en el sentido de dirigir la solicitud a otra autoridad o alegar incompetencia, el 20 % era respuesta de negativa de información por inexistencia, el 5 % remitieron a documentos públicos de

Tabla 3. Percepción sobre las causas detrás de las problemáticas de los ríos en la cuenca La Antigua.
Fuente: elaboración propia con base en el análisis de entrevistas.

Categoría	Descripción	N	%
Valores y cultural del agua como un recurso	Hay una visión de desarrollo que percibe al agua como un recurso que está a nuestro servicio en lugar de ser un bien común que tenemos que cuidar por parte de las autoridades y una parte de la población. Incluso, se percibe a los ríos como caños, portadores de drenaje, y ya no como ecosistemas vivos. También hay una visión acotada a lo local y no se mira la problemática a escala de cuenca con impactos interconectados. Falta una cultura del agua.	9	90
Falta de voluntad política e impunidad	La solución más fácil y barata para deshacerse del drenaje es integrarlo a los ríos y entubarlos, lo que ha sido una política común en las ciudades, incluso por descargas de las propias autoridades. Por ello, se percibe una falta de voluntad política para el saneamiento de los ríos. Lo que también se expresa en la falta de consecuencias para aquellas empresas, organismos o personas que generan a la contaminación, lo que junto con la corrupción, ha generado un contexto de impunidad.	5	50
Falta de o mala planeación y gestión	Se dan permisos de modificación del cauce, de extracción de piedras, o de extracción del agua sin hacer los estudios adecuados. Hay una falta de planeación del crecimiento urbano con asentamientos irregulares sin drenaje, asimismo de las políticas agroindustriales y su impacto en los cuerpos de agua. También destaca la falta de planeación para la construcción de las redes de drenaje, la separación del agua residual y pluvial, y de infraestructura de saneamiento. Hay una mala gestión de las plantas de tratamiento y redes de drenaje.	5	50
Vacíos en la regulación	Hay poca regulación sobre la industria que extrae agua o contamina a los ríos, o no se implementa la normatividad vigente. También se menciona la falta de una ley de agua adecuada y el reconocimiento y respaldo legal de la gestión comunitaria del agua como los comités comunitarios del agua.	4	40
Falta de vinculación institucional	Los cambios de gobierno implican importantes cambios en el personal que no permite dar una continuidad en acciones planteadas como la construcción de las plantas de tratamiento. Además, se observa una falta de vinculación institucional entre autoridades de diferentes ámbitos temáticos, entre diferentes niveles municipales, estatal y federal, y entre municipios de una cuenca	3	30
Falta de sensibilización y organización de los usuarios	Hay poca conciencia de los usuarios sobre la problemática por lo que no se responsabilizan y se generan múltiples afectaciones a los ríos. Además, hay una falta de organización entre los usuarios para que participen en la política pública sobre el saneamiento de sus ríos.	3	30

difícil entendimiento y acceso, y solamente el 5 % sí entregaron información conforme lo solicitado, específicamente en cuestiones de monitoreos de calidad de agua y de descargas residuales.

Calidad del agua en los ríos de la cuenca La Antigua

Todos los resultados sobre la calidad de agua obtenidos de fuentes oficiales y pú-

blicas, y por fuentes comunitarias existentes y realizados para esta investigación se encuentran mapeados en la siguiente liga Mapa Datos Calidad del Agua Cuenca La Antigua (https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vpcZ0Wn_rnW2agFuW4LpT_hJM1l8C4c&usp=sharing) que se presentan en la figura 2.

Tabla 4. Respuesta de las autoridades a las solicitudes de acceso a la información sobre la calidad del agua en la Cuenca La Antigua.				
Autoridad	Indicaron tener información	Tipo de información otorgada	Año de la información	Accesibilidad de información
Comisión Nacional de Agua	Si	Técnica, datos de calidad de agua	2020	Pública de difícil acceso
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Si	Técnica, datos de calidad de agua	2016-2017	Solicitud de Acceso a la Información
Secretaría de Marina	Si	Técnica, datos de calidad de agua y georreferencial	2020	Solicitudes de Acceso a la Información
Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	Si	Georreferencial	2019	Solicitudes de Acceso a la Información
Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Comisión del Agua del Estado de Veracruz	Si	Técnica, datos de calidad del agua	2012, 2019 y 2020	Solicitud de Acceso a la Información y un recurso de revisión
Comisión de Agua Potable de Emiliano Zapata	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Comisión de Agua Potable y Saneamiento de Coatepec	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Comisión de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa	Si	Datos calidad de agua	2022	Solicitud de Acceso a la Información
Comisión de Agua Potable y Saneamiento de La Antigua	Si	Datos calidad de agua	2019	Solicitud de Acceso a la Información
Municipio Xico	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Tlaltetela	Si	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Teocelo	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Cosautlán de Carvajal	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Ayahualco		No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Coatepec		No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio de Xalapa		No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Tlalnelhuayocan	Si	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Apazapan	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Emiliano Zapata	Si	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Jalcomulco	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Puente Nacional	No	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Manlio Fabio Altamirano	Si	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio Paso de Ovejas	Si	No otorga	No aplica	Inexistente
Municipio La Antigua	No	No otorga	No aplica	Inexistente

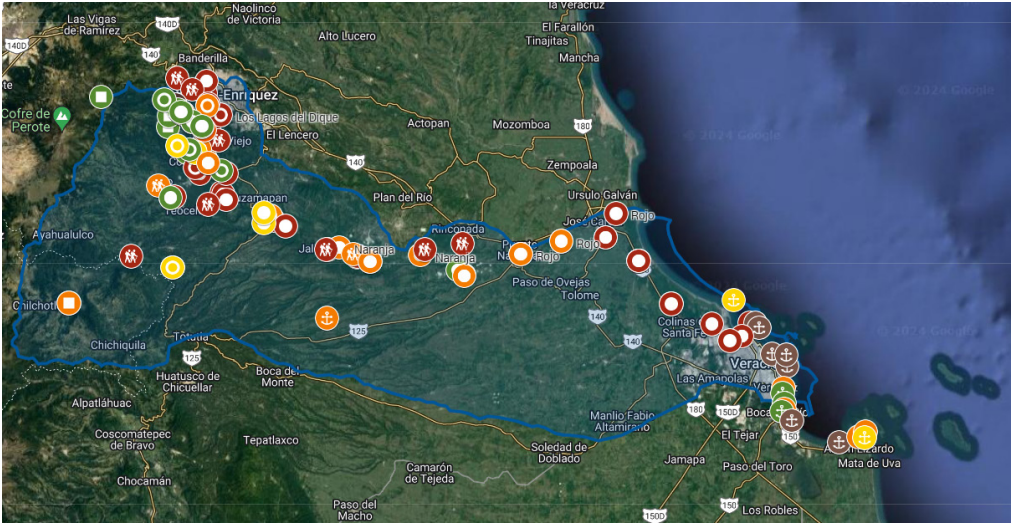


Figura 2. Mapa interactivo de la cuenca La Antigua, conforme a datos obtenidos respecto a calidad del agua clasificado por colores de acuerdo con el criterio de CONAGUA. Nota: verde= excelente, amarillo= buena calidad, café= aceptable, naranja= contaminada, rojo= fuertemente contaminada. Fuentes: elaboración propia con base en información pública y de monitoreo comunitario (https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vpcZ0Wn_rnW2agFuW4LpT_hJM1l8C4c&usp=sharing).

Desde datos oficiales

Datos otorgados por CONAGUA

La CONAGUA cuenta con una base de datos pública sobre la calidad del agua de ríos, lagos, mantos acuíferos y zonas costeras en diferentes puntos del país. De los 2 595 sitios que constituyen la red de monitoreo, la cuenca de La Antigua comprende 60 puntos, se analizaron los resultados de 205 muestreos realizados en 39 de estos sitios durante el período 2017-2022, los cuales corresponden a cuerpos de agua lóticos. En el 72 % (28) de los sitios hay información para cada año del período mencionado; en el 15 % (6) de los sitios, no hay datos para el 2020, y en 13 % (5) solo hay datos para el 2022.

De acuerdo con los estándares de calidad del agua utilizados por la CONAGUA, el 75 % de los sitios de muestreo en cuerpos de

agua lóticos en la cuenca de La Antigua se encuentran en la categoría de “contaminada” (54 %) o en “fuertemente contaminada” (21 %), el 5 % en la de “aceptable” y 10 % en la categoría de “excelente”, en 10 % de los sitios no hay muestreos para *E. coli* pero sí del número más probable (NMP) por cada 100 ml de coliformes fecales. Añadiendo estos cuatro puntos, el 13 % de las muestras reportan una calidad del agua “excelente”, el 5 % “buena” y el otro 7 % “aceptable” (figuras 3).

Datos otorgados por el Instituto Mexicano de Tecnología (IMTA)

El IMTA otorgó una base de datos con 393 observaciones; sin embargo, sólo 80 fueron realizadas dentro de la cuenca de La Antigua en 15 ubicaciones distintas según las coordenadas provistas. La información no

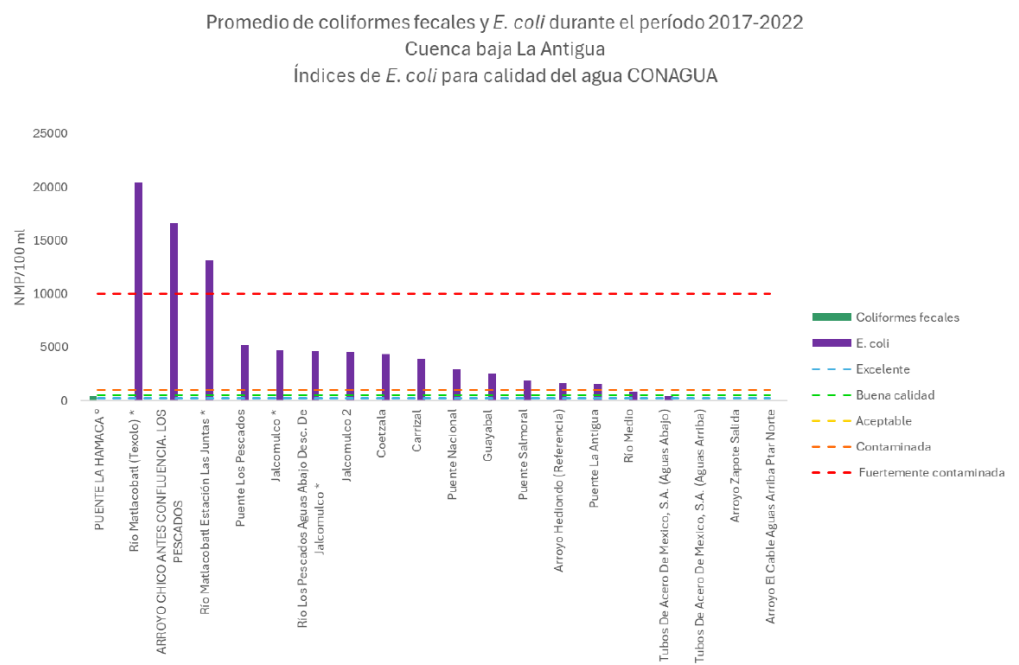
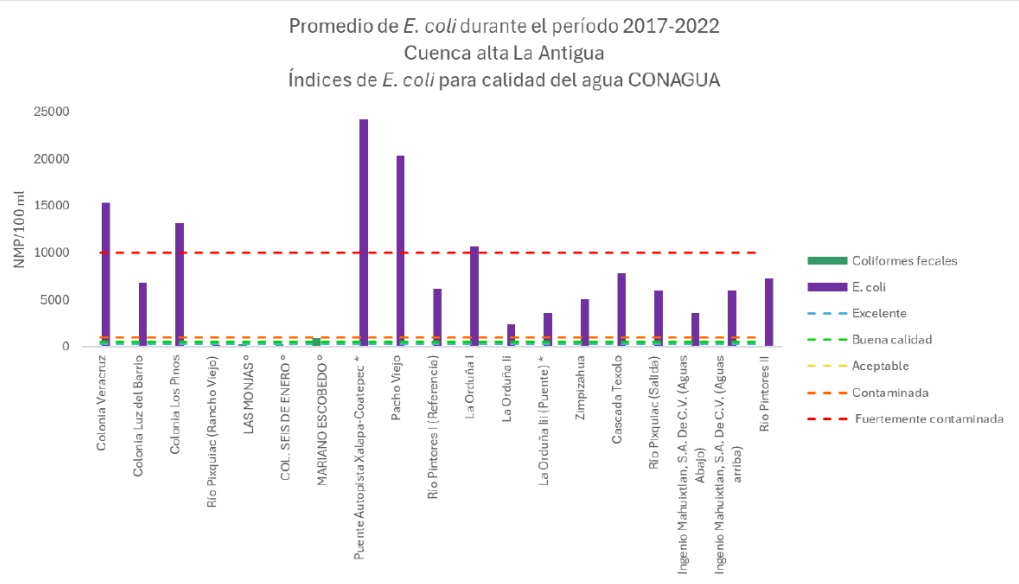


Figura 3. Promedio de coliformes fecales y de *E. coli* durante el período 2017-2022 en la cuenca alta y baja de La Antigua de acuerdo con datos públicos de la CONAGUA. No hay registro de *E. coli*, se graficó coliformes fecales; * No hay registro de *E. coli*, se graficó coliformes fecales; * No hay registros para el 2020; se reporta únicamente el año 2022. Se muestran los límites de cada calificación del índice de calidad del agua establecido por CONAGUA para *E. coli* /100ml: excelente<= 250; buena calidad= 250<EC<= 500; aceptable= 500<EC<=1 000; contaminada= 1 000<EC<=10 000; fuertemente contaminada= EC>10 000.

contaba con una unidad de medida para ninguno de los 14 parámetros cuantificados, se realizó el análisis asumiendo que estaban expresados en las unidades estándar empleadas por CONAGUA. Los muestreos abarcan únicamente tres años, el 44 % de los registros corresponden a 2017, el 31 % a 2016, el 5 % 2018 y 20 % de los registros no tiene fecha. No cuantifican el NMP/100 de *E. coli*, solo reportan coliformes totales y fecales a pesar de que desde el 2004 la OMS recomienda usar a *E. coli* como indicador de contaminación fecal, dado que las otras coliformes pueden estar presentes en aguas naturales no contaminadas y tener un origen no fecal. Destaca además el bajo nivel de estos parámetros; de acuerdo con el IMTA los 15 puntos presentan una calidad del agua excelente (figura 4).

La Secretaría de Marina (SEMAR) otorgó los datos de los muestreos bimestrales de calidad de agua realizados de 2013 a 2022 dentro de los márgenes del PNSAV, así como una explicación de los resultados obtenidos. De acuerdo con la SEMAR los resultados del análisis de variables fisicoquímicas y bacteriológicas señalan que las principales problemáticas de las estaciones monitoreadas son hipoxia, contaminación bacteriana y niveles elevados de nutrientes inorgánicos. Además, encontraron que los niveles de contaminación más elevados corresponden a los sitios con las concentraciones más altas de bacterias coliformes fecales, y enterococos fecales, estos sitios se encuentran cerca de las plantas de tratamiento “Playa Norte” y “Boca del Río” (figura 5), indicando que las plantas no cumplen con el tratamiento adecuado.

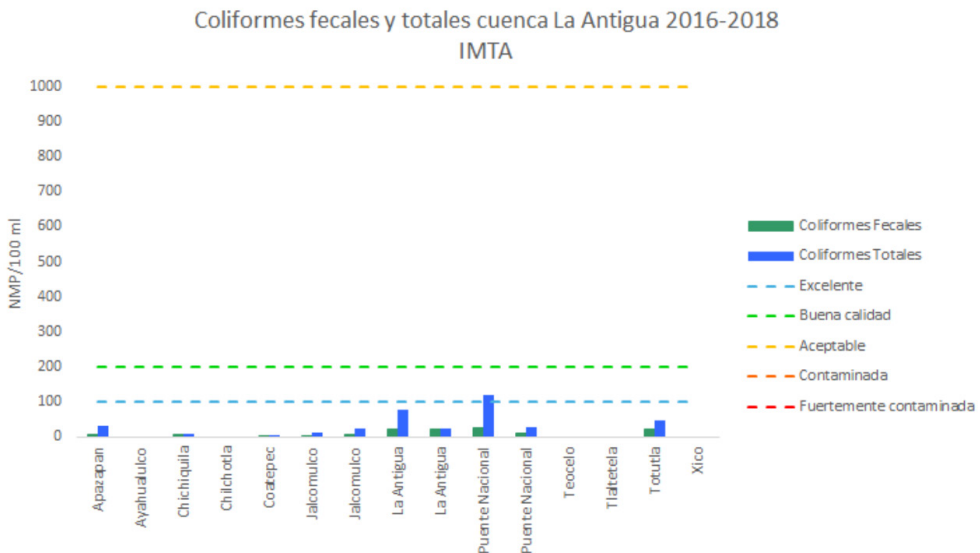


Figura 4. Coliformes fecales y totales en la cuenca La Antigua de acuerdo con datos otorgados por el IMTA. Nota: Se muestran los límites de cada calificación del índice de calidad del agua establecido por CONAGUA para *E. coli* /100ml: excelente: ≤ 250 ; buena calidad: $250 < EC \leq 500$; aceptable: $500 < EC \leq 1000$; contaminada: $1000 < EC \leq 10000$; fuertemente contaminada: $EC > 10000$.

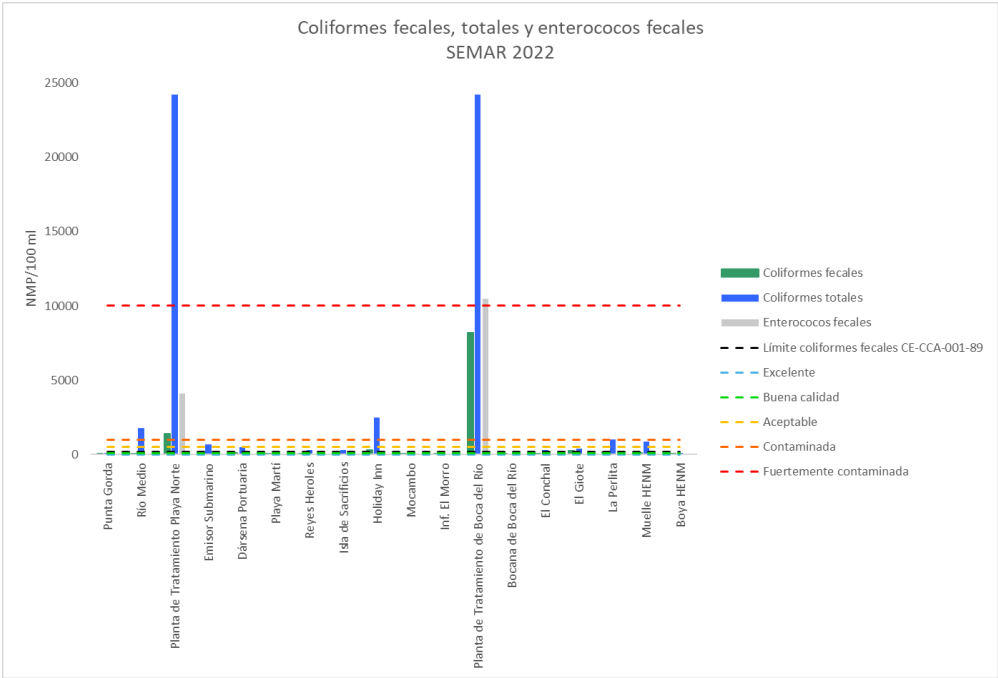


Figura 5. NMP de coliformes totales, fecales y enterococos fecales en la costa del golfo de México durante el 2022 de acuerdo con los datos de la SEMAR. Nota: Se muestran los límites de cada calificación del índice de calidad del agua establecido por CONAGUA para *E. coli* /100ml: excelente: ≤ 250 ; buena calidad: $250 < EC \leq 500$; aceptable: $500 < EC \leq 1\,000$; contaminada: $1\,000 < EC \leq 10\,000$; fuertemente contaminada: $EC > 10\,000$. Fuente: Elaboración propia.

Datos otorgados por la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV)

La CAEV otorgó datos de la calidad del agua en tres puntos de monitoreo de la cuenca de La Antigua, la Cascada de Texolo, Puente La Antigua y Desembocadura Río La Antigua, que abarcan desde el 2012 hasta el 2020 con seis muestreos para cada año, a excepción de los años 2012, 2019 y 2020. El archivo provisto no cuenta con una simbología ni unidad de medida para la interpretación de los resultados; comprende 220 variables, pero no todas se encuentran reportadas. De los datos destaca la elevada concentración

de *E. coli* y coliformes fecales en la Cascada de Texolo y el Puente La Antigua, con un NMP de más de 24 000 y 2 400 bacterias, respectivamente (figura 6). En el 2020, no hay registros para la desembocadura del río La Antigua y en 2019 se reportaron menos de 30 como NMP de bacterias de *E. coli* y 40 de coliformes fecales en los puntos mencionados. En cuanto a los enterococos fecales, para la desembocadura del río de la Antigua, en 2020 se reporta un NMP de más de 24 196 bacterias por 100 ml de agua. Cabe destacar que el formato y los valores eran idénticos al archivo de la CONAGUA.

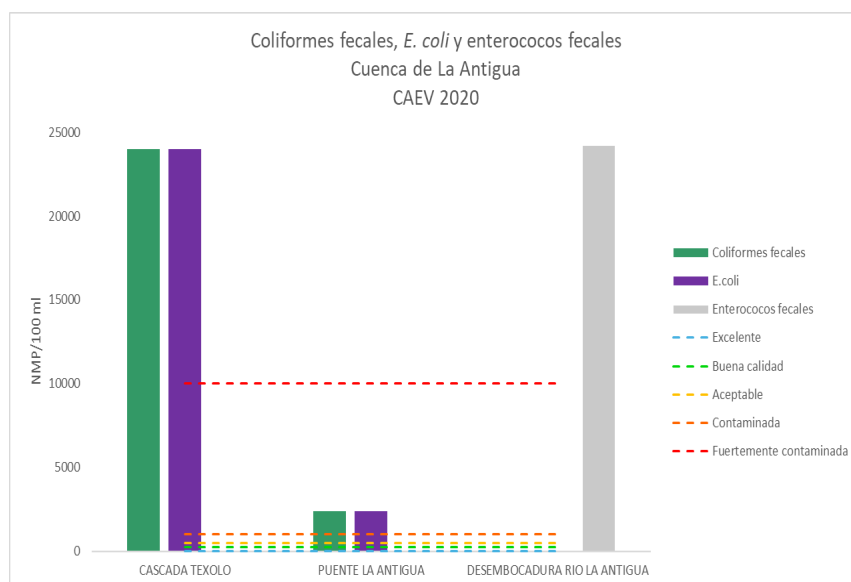


Figura 6. Coliformes fecales, *E. coli* y enterococos fecales en la cuenca de La Antigua conforme los datos otorgados por la CAEV. Nota: Se muestran los límites del índice de calidad del agua de CONAGUA: excelente ≤ 250 ; buena calidad ≤ 500 ; aceptable $\leq 1\,000$; contaminada $\leq 10\,000$; fuertemente contaminada $\geq 10\,000$. Fuente: Elaboración propia.

Datos otorgados por Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (CMAS Xalapa)

La CMAS Xalapa proporcionó los resultados de los análisis trimestrales de la calidad del agua realizados en el año 2022 en las fuentes de abastecimiento de la ciudad: Presa Huitzilapan (entrada), Presa Huitzilapan (salida), Presa 5 Palos, Presa Medio Pixquiac, Presa Socoyolapan y Manantial Cofre de Perote. Realizaron cuatro monitoreos al año, dos durante la temporada de sequía en los meses de febrero, marzo, mayo y junio, y dos en la temporada de lluvias (agosto, septiembre y noviembre). Se graficaron los parámetros de fosfato, cadmio, plomo, cromo y coliformes fecales (figuras 7 y 8), ya que

en algunos de los muestreos estos superan los niveles máximos para fuentes de abastecimiento de agua potable establecidos en los Criterios Ecológicos para la Calidad del Agua (CE-CCA-001/89).

En la presa de Huitzilapan se supera el nivel máximo de concentración de fosfatos para los dos primeros trimestres del año, en la Presa del Pixquiac en el segundo trimestre y en la presa del Socoyolapan en el primer trimestre. Se presentó una elevada concentración de cadmio en la presa Huitzilapan (entrada) durante el cuarto trimestre. Se reportaron altas concentraciones de plomo en todos los puntos menos en la Presa 5 Palos, principalmente durante el último trimestre, destaca Huitzilapan (entrada) pues presenta cinco veces el nivel máximo permitido para

Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: integrando los ambientes costeros



Figura 7. Concentración trimestral de fosfatos, cadmio, plomo y cromo presentes en fuentes de abastecimiento para la ciudad de Xalapa dentro de la cuenca de La Antigua durante el año 2022, junto con sus niveles máximos establecidos en los CE-CCA-001/89 para uso como fuente de abastecimiento de agua potable. Fuente: elaboración propia con base en los datos otorgados por CMAS Xalapa.

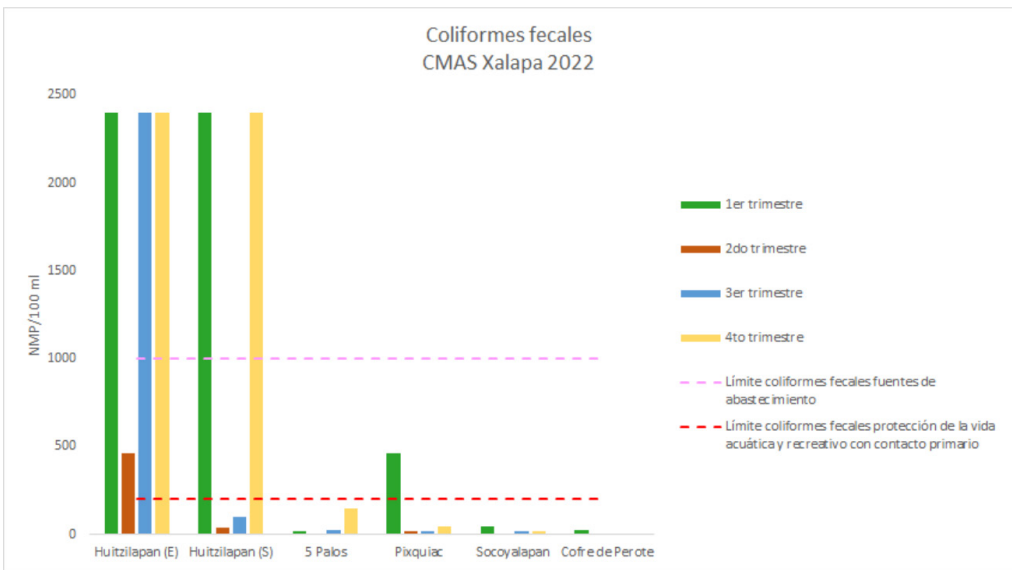


Figura 8. Concentración trimestral de coliformes fecales en fuentes de abastecimiento para la ciudad de Xalapa dentro de la cuenca de La Antigua durante el año 2022, y los niveles máximos establecidos en los CE-CCA-001/89 para uso como fuente de abastecimiento de agua potable, protección de la vida acuática y uso recreativo con contacto primario. Fuente: elaboración propia con base en los datos otorgados por CMAS Xalapa.

este parámetro. Destaca la elevada concentración de cromo en la presa Medio Pixquiac durante el primer trimestre presentando tres veces el nivel máximo permitido. En la presa Huitzilapan (E) durante el último trimestre se supera el límite de cromo y en el tercer trimestre tanto en la entrada como en la salida de la presa se llega al límite establecido pero no se supera. Respecto a la concentración de coliformes fecales, en la presa de Huitzilapan (E) y (S) se superó el nivel máximo por el CE-CCA-001/89 para uso como fuente de abastecimiento de agua potable, y tanto en este punto como en el Pixquiac durante el primer trimestre se superó el límite para la calidad del agua para protección de la vida acuática y uso recreativo con contacto primario.

Datos otorgados por Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) La Antigua

La CMAS del municipio de La Antigua otorgó dos informes finales de resultados de muestreos realizados en el río La Antigua en febrero y septiembre del 2019, el primero con 13 parámetros, mientras que el segundo solo midió cuatro, en ninguno con el LMP señalado. Solo fueron cuantificados los coliformes fecales, estos tuvieron un valor de 93 LMP/100 ml en el primer muestreo y de mayor o igual a 2 400 LMP/100 ml en el segundo (figura 9).

Desde el monitoreo comunitario

En los 12 sitios monitoreados a lo largo de la cuenca, para *E. coli*, por los Pueblos Unidos

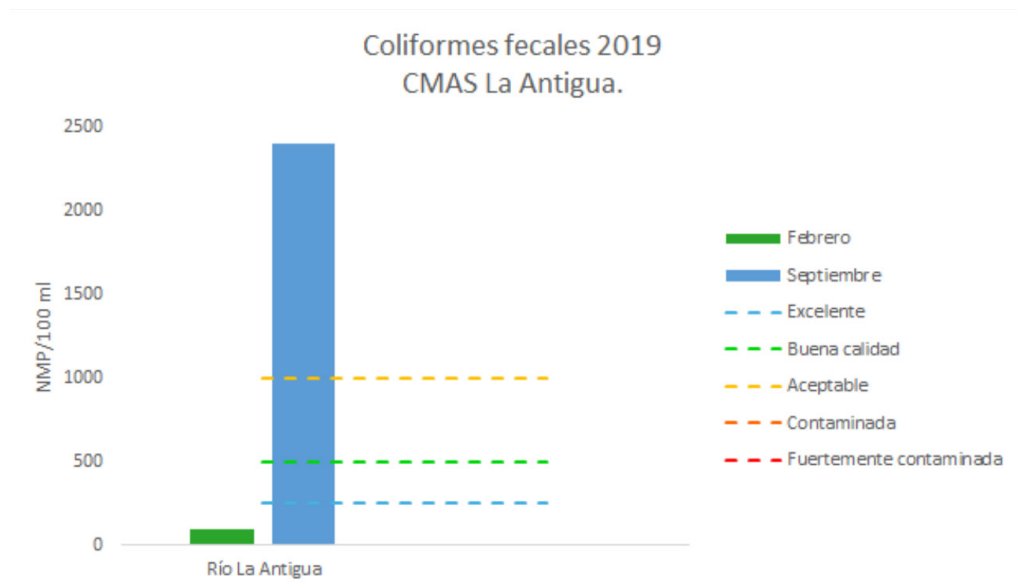


Figura 9. Datos de coliformes fecales en el río La Antigua durante los meses de febrero y septiembre de acuerdo con CMAS La Antigua. Nota: se muestran los límites del índice de calidad del agua de CONAGUA: excelente ≤ 250 ; buena calidad ≤ 500 ; aceptable $\leq 1\,000$; contaminada ≤ 1000 ; fuertemente contaminada $\geq 10\,000$. Fuente: elaboración propia con base en los datos otorgados por CMAS La Antigua.

de la cuenca La Antigua para esta investigación entre diciembre 2023 y abril 2024, se muestra una concentración de *E. coli* por arriba de los límites establecidos en los índices de calidad del agua de la CONAGUA en todos los sitios (tabla 5 y figura 10). Los sitios de la cuenca alta que se encuentran cerca de comunidades rurales ya presentan valores altos, que se disparan cuando pasan por las ciudades, y disminuyen en su flujo a lo largo de la cuenca.

Gracias a su cercanía fue posible comparar los resultados reportados por CONAGUA y los obtenidos en los monitoreos comunitarios en ocho de los 12 sitios (figura 11). En los monitoreos comunitarios ninguno de estos puntos baja de la categoría de fuertemente contaminada, mientras que en los datos oficiales provistos por CONAGUA, sólo los sitios Colonia Veracruz y Pacho Viejo se encuentran en esta categoría; cinco de los sitios están catalogados como contaminados y uno como excelente.

Adicionalmente, GWW-México contribuyó con los datos de 25 sitios dentro de la cuenca, obtenidos entre 2007 y 2023 (figura 12). De acuerdo con los últimos monitoreos realizados durante esos períodos en cada sitio, diez presentan niveles de *E. coli* que los colocan en la categoría de contaminados de acuerdo con el índice de calidad del agua de CONAGUA. Cabe mencionar que la metodología de GWW-México no cuantifica más allá de 10 000 como UFC de *E. coli* en 100 ml, por lo que probablemente alguno de estos puntos se encuentre en la categoría de fuertemente contaminado. El 16% de los sitios se encuentran en la categoría de aceptable, otro 16 % presentan buena calidad y 28 % tienen una calidad del agua excelente.

Descargas de aguas residuales, red de drenaje y plantas de tratamiento

Respecto a las descargas de drenaje a los ríos, a través de la plataforma de la CONAGUA identificamos 171 permisos otorgados a privados y públicos de diversos tipos, en los que destacan para uso industrial, de servicios, público urbano y pecuario con grandes volúmenes (tabla 6).

Aunque la cantidad de permisos no quiere decir que sea el total de las descargas que van a los ríos, ni si hay buen manejo y tratamiento conforme a la legislación, nos da una idea de la gran magnitud de contaminantes que la cuenca se enfrenta (Anexo. Disponible en el siguiente hipervínculo: https://docs.google.com/spreadsheets/d/13fa_LMz2P1f-29edK7XDdz4Ip8Rh5fg5/edit?usp=drive_link&ouid=113833870470792300108&rt=pof=true&sd=true).

En general, el sistema de drenaje dentro de la cuenca es concebido por las personas expertas entrevistadas como “*antiguo, ineficiente y deteriorado*”. Como señalan en una entrevista: “*Principalmente en las grandes urbes, como Xalapa o Coatepec, no existe un sistema integral de redes, la práctica ha sido: contaminar el río, entubar, poner una calle encima y llamarla drenaje*” (Entrevista, 2023). Además, no se le da un seguimiento, por lo que se encuentra con varias fugas; por ejemplo, en Xalapa, de acuerdo con una especialista entrevistada, se estima que tiene aproximadamente un 35 % de fugas en la red de drenaje (entrevistado, 2023).

La gran mayoría de las localidades de cuenca media no cuentan con sistema de drenaje, por ejemplo, el municipio de Jalcomulco no cuenta con antecedentes de registros de permisos de descargas de aguas residuales,

Tabla 5. Promedio de *E. coli*/100 mL en los 12 sitios a lo largo de la cuenca La Antigua en los meses agosto, septiembre y noviembre de 2023 y febrero, marzo y abril de 2024. Fuente: elaboración propia con datos recopilados por las y los monitores comunitarios de PUCARL.

Sitio / cuerpo de agua	Latitud	Longitud	1 (ago 23)	2 (sep 23)	3 (oct 23)	4 (feb 24)	5 (mar 24)	6 (abr 24)	Dato mínimo	Dato máximo	Promedio <i>E. coli</i> x 100 mL
La Molienda, Xico / río Texolo	19.418352	-97.010761	6,033	6,033	1,467	3,000	4,600	2,433	1,466	6,033	3,928
Puente Matlacobatí, Teocelo / río Matlacobatí	19.402969	-96.98689	52,867	36,400	30,000	30,000	5,867	16,400	5,866	52,867	28,589
El Infiernillo, Teocelo / río Comalapa	19.392319	-96.938361	14,667	29,400	4,600	867	1,733	1,800	866	29,400	8,844
Puente del Diablo, Coatepec / río Sordo	19.434782,	-96.911756	8,667	70,133	126,000	16,800	16,267	4,267	4,266	126,000	40,356
Otilpan, San Andrés Tlalnahuayocan / arroyo Tlamanca	19.566249	-96.983782	21,933	16,400	9,733	20,800	267	267	266	21,933	11,567
Colonia Guadalupe-Victoria, Xalapa / río Carneros*	19.551259	-96.961601	>2,500	228,667	23,333	94,000	70,333	33,667	23,333	228,667	> 90,000*
Hortensia, Xalapa / río Carneros *	19.529127	-96.939462	>2,500	>2,500	292,000	174,000	>2,500	>2,500	174,000	> 292,000	> 233,000*
Puente Pacho Viejo, Coatepec / río Sordo *	19.48029	-96.922775	74,533	11,333	60,000	113,333	>2,500	>2,500	11,333	>113,333	> 64,800*
Tepechi, Jalcomulco / río Los Pescados	19.33114	-96.766152	56,000	18,500	933	133	267	200	200	56,000	12,672
Puente Apazapan, Coetzala / río Los Pescados	19.32099	-96.720673	26,200	22,167	2,533	200	1,067	200	200	22,167	8,728
La Balsa, Coetzala / río Los Pescados	19.313257	-96.701158	39,000	22,433	3,467	533	N/A	2,733	533	39,000	13,633
Cañón de Tenechapan / río Los Pescados	19.324386	-96.726165	N/A	N/A	1,600	400	733	N/A	400	1,600	911
Muestra de 1 sola vez											
Barranca Grande / río La Antigua	19.321763	-97.051062	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,967	-	-	8,967
Presa de Xotla, Tlaltetela / río La Antigua	19.330111	-96.622154	45,000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	45,000
Amelco, Rinconada / río La Antigua	19.338889	-96.566667	28,367	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	28,367

*El promedio de este sitio es mucho más alto, pero los muestreos eran ilegibles por la cantidad de *E. coli*. Código de colores para *E. coli*/100ml: verde: excelente<=250; amarillo: buena calidad 250<EC<=500; café: aceptable 500>EC<=1,000; naranja: contaminada 1,000<EC<=10,000; rojo fuertemente contaminada >10,000.

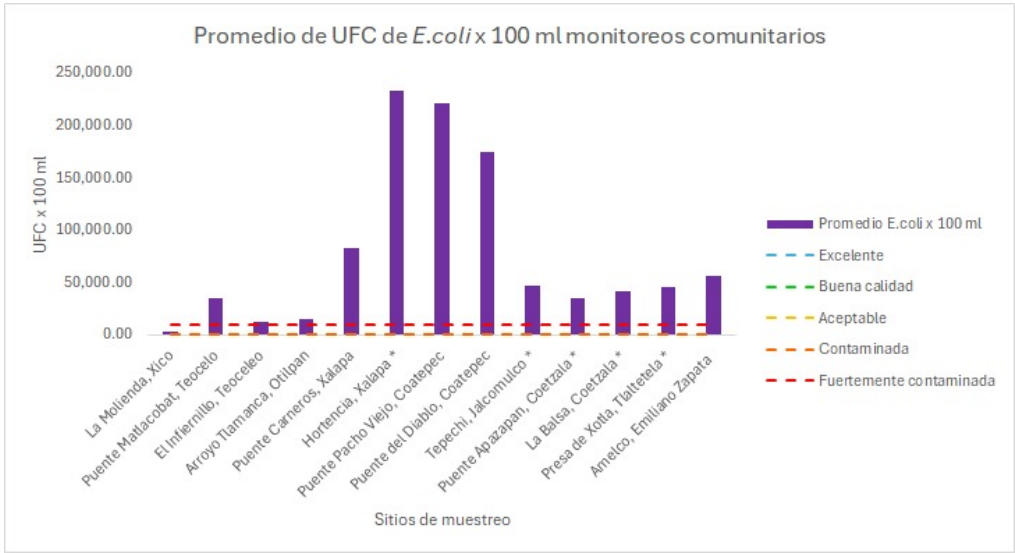


Figura 10. Coliformes fecales presentes en los ríos de la cuenca de La Antigua conforme los datos obtenidos mediante Monitoreo comunitario. Fuente: elaboración propia con datos recopilados por las y los monitores comunitarios de PUCARL.

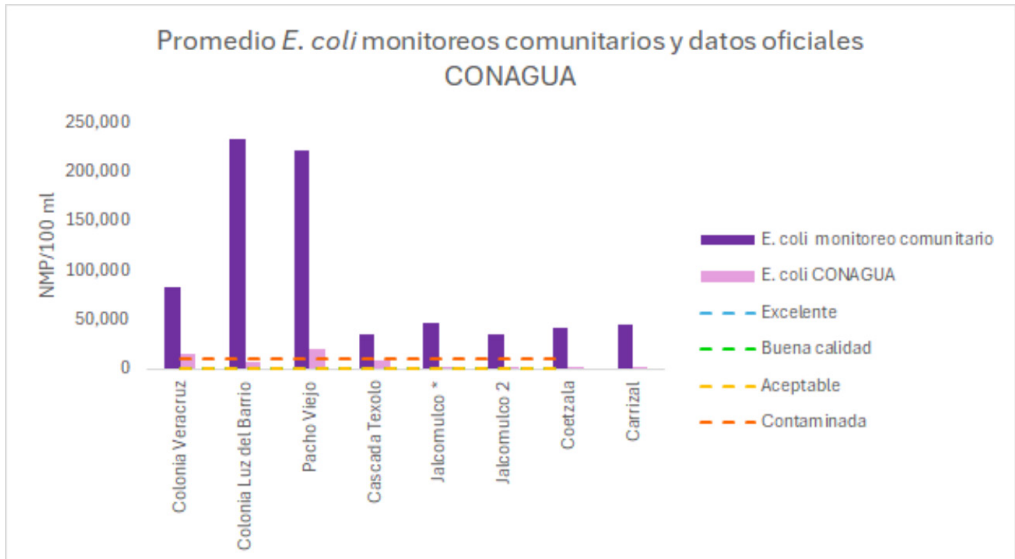


Figura 11. Comparación del promedio de NMP y UFC de *E. coli* en 100 ml en ocho puntos del río La Antigua de los muestreos comunitarios realizados de 2023 a 2024, y de los datos oficiales de CONAGUA del período 2017 a 2022. Nota: Se muestran los límites del índice de calidad del agua de CONAGUA: excelente ≤ 250 ; buena calidad ≤ 500 ; aceptable $\leq 1\,000$; contaminada $\leq 10\,000$; fuertemente contaminada $\geq 10\,000$. Fuente: elaboración propia con datos recopilados por las y los monitores comunitarios de PUCARL y de CONAGUA.

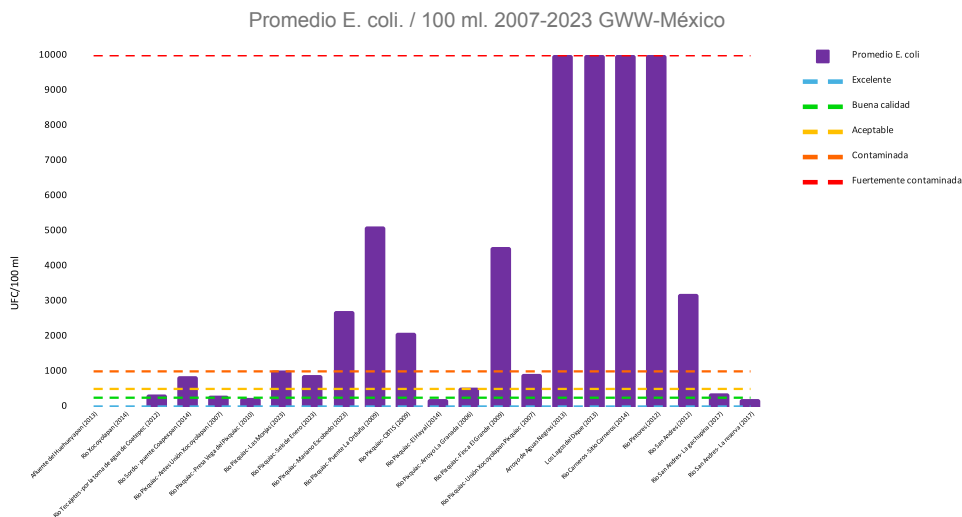


Figura 12. UFC de coliformes fecales en 100 ml presente en la cuenca de La Antigua conforme a los muestreos realizados por monitores comunitarios capacitados por GWW-México entre 2017 y 2024. Nota: Se incluyó el promedio de muestreos del último año con datos disponibles. Se muestran los límites de cada calificación del índice de calidad del agua establecido por CONAGUA para *E. coli* /100ml: excelente: ≤ 250 ; buena calidad: $250 < EC \leq 500$; aceptable: $500 < EC \leq 1\,000$; contaminada: $1\,000 < EC \leq 10\,000$; fuertemente contaminada: $EC > 10\,000$.

Tabla 6. Permisos de descargas de aguas residuales en los municipios de la cuenca La Antigua. Fuente: CONAGUA, 2024.

Municipio	No. de permisos	Volumen total de descargas (m3/día)	Principales usos autorizados
Teocelo	8	434,789.63	servicios, acuacultura y agrícola, diferentes usos
Coatepec	32	67,592.3	industriales, servicios, público urbano, pecuario, acuacultura, agrícola, diferentes usos
La Antigua	7	64,907.68	industrial, acuícola
Xalapa	18	41,647.74	público urbano, servicios y diferentes usos
San Andrés Tlalnehuayocan	14	1,199.23	público urbano, servicios y diferentes usos
Xico	17	1,189.09	servicios, acuacultura y agrícola, diferentes usos
Ixhuacán de los Reyes	47	973.42	servicios y agrícola
Puente Nacional	7	831.35	servicios, público urbano, pecuario
Jalcomulco	5	513.81	servicios, público urbano, acuícola
Tlaltetela	12	125.86	usos industriales, servicios, público urbano, pecuario, acuacultura, agrícola, diferentes

domésticas, urbanas e industriales dentro del municipio que tengan vertimiento dentro de la cuenca, a pesar de que habitantes denuncian diversas descargas directas en su río Los Pescados. Por su parte, el municipio de Apazapan destaca que no cuenta con sistema de drenaje y que todas las aguas negras van a una fosa de aguas residuales ubicadas en cada una de las localidades pertenecientes al municipio. Por su parte, la cuenca baja, en municipios como Chichicaxtle, Tamarindo, Puente Nacional, Paso Mariano y el Cruceros, no existe un sistema de drenaje de aguas residuales, pues, de acuerdo con información otorgada, todas ellas manejan fosas sépticas. Aun así, Puente Nacional cuenta con dos plantas de tratamiento, situación que pareciera contradictoria por la simple razón que mencionan no tener sistema de drenaje. La excepción parece ser el municipio de La Antigua, el cual cuenta con cinco trámites de solicitud de permiso de descarga a los ríos.

De acuerdo con las personas entrevistadas existe un importante número de descargas irregulares e ilegales, es decir, aquellas descargas particulares y/o públicas con algún tipo de concesión otorgada por la CONAGUA que no cuentan con tratamiento adecuado y que en lugar de restaurarlas, pagan sanciones. Además, existen aquellas descargas de casas o negocios que sin ningún tipo de concesión o permiso, descargan sus aguas residuales directas a los ríos. Un ejemplo está en la información otorgada por el PNSAV mediante Plataforma de Transparencia, quien durante 2019, en los meses de septiembre y octubre, realizó un estudio para identificar y georreferenciar las posibles descargas de agua que directa o indirectamente desembocaban en la zona aledaña o próxima al PNSAV, teniendo como resultado un total de 210 descargas sobre la línea costera colindante, de las cuales, al menos 93, son catalogadas como residuales y las 117 restantes como pluviales (figura 13).

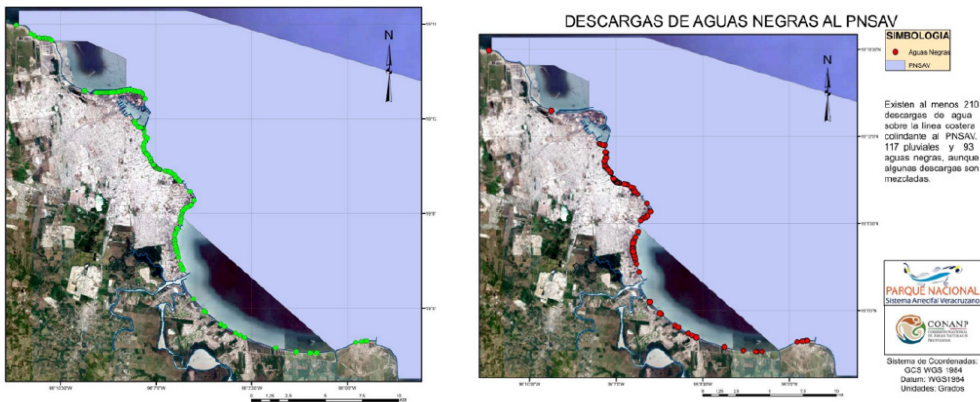


Figura 13. Descargas de aguas pluviales (A), y de aguas negras (B), hacia el golfo de México. Fuente: CONANP, 2019.

Otra problemática del drenaje en la cuenca es que se juntan las descargas sanitarias y las pluviales, lo que tiene un doble efecto: por un lado, la saturación y, por el otro, el desperdicio de agua de lluvia. Así, las personas entrevistadas destacan que cuando hay eventos de fuertes lluvias, inevitablemente se unen con el drenaje de las ciudades y llega a las plantas de tratamiento más agua de lo que pueden resguardar y limpiar, por lo que abren la compuertas y desvían las aguas directamente a los ríos.

Aunado a lo anterior, están las problemáticas de inexistencia o mal funcionamiento de las plantas de tratamiento. Entre el 2020 y 2021 en el estado de Veracruz hubo una reducción de tres plantas municipales de tratamiento de aguas residuales de 109 (ca-

pacidad instalada (l/s) 6 902.1, caudal potabilizado (l/s) 4,480.0) y 106 (capacidad instalada (l/s) 7,036.3, caudal potabilizado (l/s) 4 372.6). Dentro de la cuenca de la Antigua, hubo una reducción de siete plantas de tratamiento; mientras que en el año 2021 se registraron 13, en 2020 eran 20 plantas; las que dejaron de existir en el registro estaban dentro del municipio de Xalapa. Adicionalmente, hay una falta de o incongruencia en la información; por ejemplo, los habitantes de Jalcomulco han denunciado el abandono de la planta de tratamiento del municipio, a pesar de estar vigente en el registro; también en La Antigua señalan que la planta de tratamiento no está funcionando por lo que el drenaje de la comunidad se vierte directamente al río.

Discusión

A pesar de las normativas vigentes para el estudio y monitoreo y calidad del agua, así como de la obligación de generar la información de manera sencilla, adecuada y accesible (CEPAL, 2022), los resultados evidencian que dentro de la cuenca de La Antigua no existen estudios coordinados ni constantes sobre la calidad del agua de los ríos que la conforman y, mucho menos, un fácil acceso a éstos. Solamente autoridades federales, la CAEV y el municipio de Xalapa han aportado información que, para casi todos los municipios, es ausente. Conforme a la Constitución, a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, y la Ley de Aguas Nacionales (1988), la CONAGUA es la autoridad que tiene el deber de guiar dichos estudios en coordinación con los esta-

dos y los municipios. Esto confirma el vacío de información sobre la contaminación del agua de forma directa o a través de los ríos señalada en la literatura (Granados-Barba *et al.*, 2007; Olguín *et al.*, 2010).

Adicionalmente, la información sobre la calidad del agua muestra varias inconsistencias, que se enlistan a continuación, y que hacen evidente la falta de actualización y consenso de las autoridades ante los estudios, los métodos, las técnicas, las normas y la temporalidad de los monitoreos.

- El IMTA otorgó información de difícil lectura y análisis por su entrega en un formato PDF, con más de 390 sitios sin nombre, sin especificar las unidades de medida utilizadas. Calificó a todos los sitios muestreados con una calidad del

agua excelente según los parámetros del índice de calidad del agua de la CONAGUA, mientras que la CONAGUA clasifica al 74 % de los puntos muestreados como contaminados o fuertemente contaminados. Por otro lado, los monitoreos comunitarios clasifican a todos los puntos como fuertemente contaminados.

- CAEV otorgó los mismos datos que CONAGUA y únicamente tres puntos de muestreo.
- CMAS Xalapa solo otorgó datos de la calidad del agua en fuentes de abastecimiento y dos de los seis puntos evaluados durante el año 2022 superan el nivel máximo de coliformes fecales permitidos para este tipo de cuerpos de agua.
- Los datos otorgados por la SEMAR indican que los sitios analizados cerca de las plantas de tratamiento del puerto de Veracruz presentan elevadas concentraciones de coliformes y enterococos fecales, lo que demuestra un funcionamiento deficiente, situación que probablemente se replica en la cuenca; sin embargo, ninguna otra autoridad dio información sobre el monitoreo de esta problemática.
- No hay registros oficiales sobre las descargas irregulares que han sido identificadas, e incluso, denunciadas por habitantes, como en el caso del río Carneros en la ciudad de Xalapa.
- La información sobre la existencia y funcionamiento de las plantas de tratamiento no es suficiente y presenta incongruencias ya que no corresponde con lo observado en la realidad por las personas habitantes.
- No existe una forma uniforme de análisis e interpretación de los datos, ya que

hay diferentes criterios sobre los límites máximos permitidos establecidos por las autoridades y la normatividad vigente.

Resalta que la concentración de *E. coli* y/o coliformes fecales fue mayor en todos los puntos de muestreo realizados a través del monitoreo comunitario a diferencia de los reportados por CONAGUA (figura 11). Por ejemplo, en el sitio Jalcomulco los datos oficiales reportan 45 como NMP/100 mL de *E. coli*, mientras que en los monitoreos comunitarios se obtuvo un valor de 46 500 como UFC/100 mL, resultando en una diferencia de tres órdenes de magnitud; en el resto de los puntos comparados se presenta el mismo patrón, aunque con menor grado de diferencia. Estas discrepancias pueden atribuirse a factores temporales o metodológicos, las mediciones de CONAGUA comprenden del 2017 al 2022 y hay uno o dos años de diferencia con los datos del monitoreo comunitario que van del 2023 al 2024.

Por la naturaleza del monitoreo comunitario, éste es propenso a errores o fallos durante el muestreo, manejo e incubación de las muestras. A pesar de los posibles fallos metodológicos o de análisis, también es importante cuestionar la gran diferencia entre unos datos y otros, los cuales, conforme a lo relatado en experiencias del día a día de habitantes de dichos sitios, resultan más realistas aquellos que están muy por encima de los límites máximos permitidos.

Aún con las incongruencias y la escasa información, esta investigación confirma que existe una problemática de contaminación de casi todos los ríos en la cuenca, la cuál ha sido documentada en diferentes estudios (Granados-Barba *et al.*, 2007; Javier-Corona, 2010; Olguín *et al.*, 2010; Megchún-

García, 2013; Mokondoko, 2018). Destaca que, incluso, en arroyos y ríos de la cuenca alta que están rodeados por comunidades y han recibido poca atención de investigaciones, existen niveles por encima de los límites máximos permitidos, valores que se disparan al entrar a las ciudades de Xalapa y Coatepec, y tiene efectos en las comunidades de la cuenca baja, en donde se añaden nuevos drenajes, hasta llegar al mar.

Aun con las limitantes en la información se observa, desde al menos el 2016, una situación alarmante e inaceptable que no ha llevado a las acciones necesarias para su saneamiento, con consecuencias en la salud de las personas y en los ecosistemas, incluyendo a los arrecifes del PNSAV y del CASGM. Incluso, existen estudios científicos y artículos que evidencian la contaminación desde antes (Granados-Barba *et al.*, 2007; Olguín *et al.*, 2010; Javier-Corona, 2010); por ejemplo, Olguín *et al.* (2010) documenta que, en general, un 40.14 % de la subcuenca del río Sordo se encuentra en una clasificación de aguas contaminadas, y señala que “es urgente que las autoridades competentes aceleren la construcción de colectores de aguas residuales y el tratamiento de las mismas en el noroeste de la ciudad de Xalapa, para así evitar que el río Carneros degrade de manera significativa la calidad del agua del río Sordo” (Olguín *et al.*, 2010: 178).

En relación con los arrecifes, esta investigación muestra que las fuentes de contaminación han aumentado significativamente, por un lado de forma directa, de acuerdo con el censo del 2019 del PNSAV había 210 descargas (Figura 13), mientras que Jiménez-Pérez (2007) había identificado 142 en 2007, y de forma indirecta a través de los ríos de las

cuenas del río La Antigua, pero también de los ríos Jamapa y Papaloapan (Jiménez-Badillo *et al.*, 2014). García-Fuentes (2013) evidencia el impacto que tiene la contaminación de los ríos y el mar en los arrecifes del PNSAV con alteraciones ecológicas, daños a los hábitats acuáticos, pérdida de biodiversidad y especies y efectos en la salud humana. En el PNSAV se ha documentado impactos en la pesca, con una disminución en las capturas por unidad de esfuerzo, lo que genera una situación de alerta ecológica y de vulnerabilidad para las aproximadamente mil familias pesqueras que dependen de esta actividad para su subsistencia (Jiménez-Badillo & Castro-Gaspar, 2007).

La situación de la grave problemática que representa la contaminación que llega de los ríos a los arrecifes, la documentó también la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) en la recomendación 119/2024, donde detalló las consecuencias de los ecosistemas marinos por drenajes provenientes de la Zona Metropolitana de Veracruz, siendo una afectación dinámica y continua que deteriora el equilibrio ecológico y, con ello, la vida de diferentes seres, incluidos los arrecifes y los humanos (CNDH, 2024).

Es importante señalar que el estado de salud de los arrecifes es multifactorial y no se puede explicar solamente con la contaminación por drenaje. A pesar de que identificamos otras problemáticas importantes en el análisis de percepción, como sedimentación, invasión de márgenes de río, modificación de los cauces del río y pérdida de cobertura forestal y vegetal, el análisis cuantitativo queda limitado a la contaminación por drenaje. Hace falta un análisis de otros contaminantes a lo largo de la cuenca como los

agroquímicos que generan una alta concentración de nitrógeno y de fósforo en el agua con afectaciones para los arrecifes.

La información obtenida señala que, también, es importante un análisis del cadmio y el plomo ya que se presentó una elevada concentración de cadmio en la presa Huitzilapan (entrada) durante el cuarto trimestre, metal que se utiliza en la industria del acero y plásticos, y sus compuestos son muy utilizados en la elaboración de pilas. La presencia de plomo se debe, principalmente, a los efectos del agua corrosiva sobre tuberías, soldaduras o accesorios que contienen plomo (OMS, 2011); sin embargo, aquí la causa podría ser de otro origen, ya que los niveles no se mantienen constantes. Adicionalmente, es recomendable ampliar la investigación sobre la presencia de bacterias fecales, ya que se limitó el muestreo de la calidad del agua en los ríos y no se pudo generar datos propios sobre la calidad del agua en el mar, en la desembocadura de La Antigua y colindantes con los arrecifes.

Debido a las características del muestreo participativo, no se pudo continuar el monitoreo en dos sitios (solamente se realizó una muestra); también es recomendable un muestreo sobre varios años por la variación que caracteriza a los ríos. Es importante analizar los escenarios a futuro por los cambios en el clima detonado por la crisis climática que generará un aumento en la evapotranspiración, especialmente en la región sureste de la cuenca, la cual podría tener un impacto en la calidad del agua (Pereyra-Díaz, 2010). Otro factor clave identificado, es el deterioro de los servicios de regulación por la falta de bosques adyacentes a los ríos en la cuenca La Antigua, lo cual favorece la

contaminación difusa por su capacidad de detener y filtrar los contaminantes, y podría representar una estrategia adecuada para el saneamiento (Mokondoko, 2018).

En la percepción sobre las causas de la contaminación, destaca más allá de las causas evidentes de la falta de información e infraestructura para el saneamiento, los valores en relación con el agua, la falta de una cultura de cuidado del agua y una faltante visión de cuenca. Esto concuerda con lo que señalaron Negrete-Ramírez *et al.* (2015) para la subcuenca de los ríos Pixquiac y Texolo de la cuenca alta de La Antigua, en donde la mayor parte de la población no pudo definir que es cuenca y desconoce que pertenece a la cuenca La Antigua. En la presente investigación, incluso, una de las autoridades contestó a las solicitudes de acceso a la información que desconoce sobre la cuenca La Antigua, aunque forma parte de ésta.

La percepción que usualmente es utilizada en la normativa, y en las políticas públicas, de que hay un valor relacional entorno al agua como un recurso a nuestro servicio, contrasta con la investigación de Román-Jiménez (2011) que concluye que en la cuenca La Antigua existe un imaginario colectivo compartido entre habitantes, autoridades, analistas y científicos que percibe el agua como “vital, valiosa y escasa”. Posiblemente, hay una necesidad de transformar las narrativas dominantes en torno al agua y regenerar la relación que sostienen las personas en las comunidades pero, sobre todo, en las ciudades con los ríos. De acuerdo con Muradian y Pascual (2018), las formas de concebir a la naturaleza, relacionarnos con ella y entender sus procesos, representa un papel importante en nuestras decisiones, acciones

y formas de organización social. Queda evidente que hacen falta políticas públicas y comunitarias para visibilizar la interconexión en las cuencas, (re)generar una relación que se basa en valores de respeto y posibilitar, así, una apropiación comunitaria y gestión compartida de las cuencas. Finalmente, en la presente investigación resalta que el esfuerzo, trabajo e impacto de los resultados del Monitoreo Comunitario y la Gestión Colaborativa que se está realizando en la cuenca (figura 14), es un ejemplo para la generación de información y de participación en torno a las decisiones de los ríos.

Además de aportar a los vacíos de información, se trata también de un esfuerzo para crear una cultura del agua y concientizar sobre la problemática de la contami-

nación dentro de las comunidades. Por un lado, los monitores del agua comentaron que los muestreos mensuales les han permitido (re)conocer a sus ríos y escucharlos con una atención más profunda, lo que ha contribuido a la regeneración del vínculo afectivo con los ríos. Por otro lado, los resultados han sido reportados en las Asambleas Comunitarias por el Agua que se llevan a cabo de forma periódica y con participación de habitantes de más de 20 comunidades de la cuenca, generando, no solamente un gran interés y consternación, sino también el deseo de organizarse, actuar y levantar la voz para la salud de los ríos y la continuidad de los proyectos de vida de las comunidades que conviven con ellos.



Figura 14. Collage del proceso organización social y monitoreo comunitario de Pueblos Unidos de la Cuenca La Antigua por los Ríos Libres (PUCARL). A) Las y los monitores comunitarios comparten en la XIII Asamblea, el 25 febrero 2024 en Úrsulo Galván, Xico; B) Toma de muestra del río Sordo debajo del Puente del Diablo, Coatepec, septiembre 2023; C) Toma de muestra del río Los Pescados en Jalcomulco en agosto 2023; D) Entrega de los materiales del monitoreo comunitario con GWW México en la XI Asamblea por el agua en San Marcos, Xico, el 4 de Julio 2023; E) Toma de muestra en Coetzala, Jalcomulco, en marzo 2024; F) Presentación de los resultados en la X Asamblea Comunitaria en Jalcomulco el 26 Mayo 2024. Fotografías: A, D: Loni Hensler; B, C, E: Sofia García León, y F: Karo Carvajal.

Adicionalmente, se evidencia la capacidad de comunicación intermunicipal que se está generando a partir de la organización comunitaria. La organización y monitoreo comunitario son un ejemplo de cómo hacer frente a las causas de la problemática como la falta de voluntad, mala cultura del agua, indiferencia y la falta de conexión, que señalaron los actores claves. Estos beneficios del monitoreo comunitario concuerdan con los que identifican Rivas-Solorzano (2018) en su manual; es importante destacar que depende del tipo de participación que se establece, en donde existe un enfoque colaborativo o transformativo, de acuerdo con las escalas de Conrad & Hilchey (2011), se genera mayor probabilidad de una acción comunitaria, como muestra la presente experiencia. Para ello, ha sido esencial la asamblea como una plataforma autogestiva de análisis, toma de decisión y seguimiento a las iniciativas.

Otra aportación importante al saneamiento de las cuencas que realiza el monitoreo comunitario y la gestión comunitaria, o colaborativa, puede generarse por la revitalización de las visiones y los valores en torno al agua que sostienen aún muchas personas de las comunidades de la cuenca La Antigua. Como señala uno de los habitantes de Jalcomulco: *“Al estar viviendo al lado del río desde que somos pequeños, nos va moldeando. Para Jalcomulco, el río forma parte de nuestra vida, no nos concebimos lejos de él. Nos jala, nos trae, es parte ya de nosotros y nosotros de él, es una convivencia diaria. Simplemente ir y estar ahí sentado al lado de él te da paz, mucha tranquilidad. Como que te pone en contexto, te hace reflexionar y pues bueno, ahí surgen muchas situaciones. Es algo mágico tener un río ahí al lado.”* Así, para muchas de las comu-

nidades los ríos son seres vivos que tenemos que respetar porque “generan la vida”; para algunos son “maestro” o “hermano”, para otros un “bien común” o la “vida misma” (Entrevista 2023) (ONU, 2022).

Las comunidades en la cuenca son diversas pero sostienen, en común, valores en torno al río diferentes a la visión dominante del Estado y empresas privadas (Davidson-Harden, 2009); por ello, y por sus prácticas de manejo tradicional del territorio y formas de organización social, incluso han sido reconocidos como equiparables a indígenas. Considerando que la visión sobre los ríos ha sido identificada como la principal causa para la problemática de éstos, es indispensable volver a escuchar a las comunidades y poner al centro estos otros valores de respeto y reciprocidad al momento de tomar decisiones sobre los ríos y su gestión (ONU, 2023). Como señala una persona entrevista (2023): *“(…) Considero que las autoridades y los ciudadanos hemos visto a los ríos... Pues sí, ríos de drenaje, tiran basura al río. Pues, es verdad que hay un despertar de consciencia, de saber que estamos afectando también, todo va hacia allá abajo, todo va hacia el mar, pero todavía falta mucho, mucho trabajo. (...) Es importante partir desde las visiones locales del río como un ser vivo.”*

Aunado a lo anterior, los espacios de participación en la toma de decisiones sobre la política, y la apertura para escuchar y colaborar por parte de las autoridades han sido limitadas. Además, se suma la falta de legislación y garantía de derechos colectivos que reconozca y den efectividad a la gestión comunitaria, como los comités del agua (Campuzano, 2021). Por ello, es recomendable realizar las modificaciones pertinentes

para colocar a las comunidades al centro de una gestión integral y comunitaria de las cuencas, así como transformar el aparato gubernamental en torno a la visión, manejo y cuidado del agua, a la a la accesibilidad, y a los derechos de comunidades y colectivos, así como a la participación activa de éstos

(TCA, 2019). Esto implica también promover la conexión entre las comunidades de la montaña hasta el mar, para fortalecer una mirada de cuenca y hacer tangibles las afectaciones que se generan cuenca abajo por las acciones cuenca arriba.

Consideraciones finales

Este capítulo presenta un compendio importante sobre lo que se sabe de la calidad del agua en los ríos de la cuenca La Antigua, evidenciando, sobre todo, aquello que no se sabe, la ausencia y las incongruencias en la información. Muestra que existe contaminación de los ríos a lo largo de la cuenca que tiene afectaciones para la vida que habita en ellos, las personas que viven a su lado y los ecosistemas adyacentes, como son los arrecifes del PNSAV, en particular, y del CASGM en general. Identifica varios de los factores que están en la raíz de ésta y otras problemáticas que enfrentan los ríos en la cuenca, de los cuales, destaca la visión y valores en relación con el agua y los ríos que se están considerando como un recurso o drenaje natural, lo que dificulta la generación de una voluntad política para su saneamiento o, a su vez, facilita la toma de decisiones en detrimento a la calidad del agua de los ríos a través de otorgar permisos, o beneficios a privados, o al no realizar acciones de supervisión y mitigación ante las descargas residuales.

Este capítulo también es evidencia de una falta de sensibilización sobre la interconectividad de la cuenca y las afectaciones que se generan desde la montaña hasta el mar. Al mismo tiempo, el proceso de organización comunitaria que ha posibilitado esta investigación, y la realización de monitoreos comunitarios del agua, muestra muchos caminos para una gestión integral de las cuencas, que tiene en su centro a las comunidades y valores diferentes en torno a los ríos como seres vivos o bien común. Destaca el papel de las comunidades para hacerle frente a las múltiples problemáticas inherentes a la cultura y el sistema político que no han permitido generar las acciones necesarias, y adecuadas, para el saneamiento de las cuencas. Frente a la crítica situación actual que enfrentan los arrecifes de coral, hay la esperanza de que una gestión integral permita regenerar los ríos de la cuenca y con agua limpia poder fortalecer la resiliencia que han caracterizado a los arrecifes del golfo de México.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas y colectivos que contribuyeron con sus conocimientos, información y estudios para poder llevar a cabo esta investigación colaborativa. Gracias a la Asamblea Comunitaria por el Agua de PUCARL y a Territorios Diversos para la Vida A.C. por impulsar y realizar el proceso de monitoreo comunitario del agua en los 12 sitios, a Global Water Watch México (GWW-México) por la capacitación y seguimiento del monitoreo comunitario, y a Guardianes del Agua Xalapa y al Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia del CONAHCYT “Fortalecimiento y articulación de sujetos colectivos para la defensa y gestión del agua en el territorio” por apoyar la realización de los monitoreos comunitarios. También agradecemos a las personas monitoras del grupo de GWW-México por hacer accesible los datos del monitoreo comunitario realizados en diferentes temporalidades y sitios de la cuenca (disponibles en: <http://gww-mexico.org>): Amigos del Pixquiac (Eduardo Castilleja Delgado, Rolf Kral Sosa-Acosta, Carlos Lezama Alcocer, Itzel Yolzin Hernández Portilla y Eduardo Aranda

Delgado), ERA A.C., Sendas A.C., GWW Río Pintores, y Monitoreo Ciudadano de Agua y Saneamiento de la Zona Metropolitana de Xalapa (IMCAS-X). Hacemos un especial reconocimiento al grupo de monitoreo comunitario de PUCARL por la realización de los monitoreos en 12 sitios que permitió tener información de sitios estratégicos dentro de la cuenca: a Alejandro Gallardo Hernández, José Luis Rodríguez Cid, Eufemio Galán Domínguez, Ciriaco Galán Domínguez, Sebastián Torres Zapata, Susana Alvarado, Víctor León, Laura Aguirre, Sein Alarcon, Eduardo Cervantes M., Ana Cecilia, Ángel Méndez Muñoz y Fabio Iván Ramírez Ochoa; así como al grupo de monitoreo comunitario de los 23 pueblos del municipio de Emiliano Zapata que han sido parte de este proceso. Agradecemos también a Alejandro Gallardo, Eduardo Cervantes, Eduardo Aranda Delgado, Tomas Owen, Luisa Paré, Georgina Vidriales, Rogelio Macías, Ana Allen y Raúl Torres por compartir sus conocimientos; y a Laura Aguirre por sus valiosas aportaciones en la revisión de este capítulo.

Solicitudes de acceso a la información

Ayuntamiento de Apazapan (2023). Información obtenida a través de Solicitud de Acceso a la Información, dirigida al Ayuntamiento de Apazapan no. 300542223000002.

Ayuntamiento de Emiliano Zapata (2023). Información obtenida a través de Solicitud de Acceso a la Información, dirigida al Ayuntamiento de Emiliano Zapata no. 300562323000003.

Ayuntamiento de Jalcomulco (2023). Información obtenida a través de Solicitud de Acceso a la Información, dirigida al Ayuntamiento de Jalcomulco no. 300549323000002.

Comisión de Agua del Ayuntamiento de La Antigua (2023). Información obtenida a través de Solicitud de Acceso a la Información, dirigida a la Comisión de Agua del Ayuntamiento de La Antigua no. 300562623000001.

- Comisión de Agua Potable y Saneamiento de La Antigua (CMAS La Antigua) (2019). Datos de coliformes fecales presentes en la cuenca de La Antigua conforme los datos otorgados por CMAS La Antigua mediante Solicitud de Acceso a la Información.
- Comisión del Agua del Estado de Veracruz (CAEV) (2012, 2019 y 2020). Datos de calidad de agua en la cuenca de la antigua conforme los datos otorgados por la CAEV mediante Solicitud de Acceso a la Información y un recurso de revisión.
- Comisión del Agua del Estado de Veracruz (CAEV) (2023). Información obtenida a través de Solicitud de Acceso a la Información, no. 301155523000002.
- Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (CMAS) (2022). Coliformes fecales reportados por CMAS Xalapa en fuentes de abastecimiento dentro de la cuenca de La Antigua conforme los datos otorgados por CMAS Xalapa mediante Solicitud de Acceso a la Información.
- Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (CMAS) (2022). Concentración de fosfatos, cadmio, plomo y cromo presentes en fuentes de abastecimiento dentro de la cuenca de La Antigua, Solicitud de Acceso a la Información.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2016-2018). Calidad de agua en la cuenca La Antigua de acuerdo con datos otorgados por el IMTA mediante Solicitud de Acceso a la Información.

Literatura citada

- Campuzano-Salazar, A., 2021. Sistemas de cargos y manejo de agua potable en los comités de Toluca de Lerdo. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(1):52-84. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-03>.
- Carreón-Palau, L., C. Parrish, C. & H. Pérez-España, 2017. Urban sewage lipids in the suspended particulate matter of a coral reef under river influence in the southwest Gulf of Mexico. *Water Research*, 123:192-205.
- Chávez-Hidalgo, A., 2009. Conectividad de los arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICI-MAR-IPN, La Paz, B.C.S., México. 170 pp.
- Colectivo, PUCARL. 2016. Jalcomulco voces del río: La Cuenca detuvo al gigante. CESEM, PORTICUS, PUCARL, H. Ayuntamiento de Jalcomulco 1a ed., Jalcomulco, Veracruz.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/db3b12df-ae24-4302-97ca-94db2b0d738c/content>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (2022). Artículo 6 pp. 21-24.
- Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH), 2024. Recomendación No. 119/2024, Sobre el caso de la violación a los derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua potable, participación y acceso a la información pública en materia ambiental en detrimento de habitantes de la Zona Metropolitana de Veracruz. https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2024-06/REC_2024_119.pdf
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2019. Descargas de aguas pluviales y de aguas negras en el área metropolitana del golfo de México.

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2020. Calidad de agua en la cuenca alta y baja de La Antigua de acuerdo con datos públicos. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2021. Plantas municipales de tratamiento de aguas residuales en operación en el Estado de Veracruz Ignacio de la Llave, diciembre 21. CONAGUA, Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, diciembre 2021, disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759492/Inventario_2021.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2022. Permisos de descargas de aguas residuales en los municipios de la cuenca La Antigua. Plataforma CONAGUA. Disponible en: <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>
- Controversia constitucional 212/2018. Suprema Corte de Justicia de la Nación, Ciudad de México. 29/09/2001. https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/estrado_electronico_notificaciones_documento/2022-01/UT-J-0755-2021-Informacion.pdf
- Conrad, C. & K. Hilchey, 2011. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring Assessment*, 176:273-291.
- Davidson-Harden, H., S. Spronk, D. McDonald & K. Bakker, 2009. Control y manejo local de nuestras aguas como bien común. Luchas ejemplares y desafíos. The Council of Canadians, Our Water Commons, Heinrich Böll Stiftung. 68 pp.
- Domínguez-Serrano, J., 2018. El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local análisis en el estado de Veracruz. *Gestión & Política Pública*, 19(2):311-350.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Naciones Unidas: Santiago de Chile.
- García-Fuentes, J.L., 2013. Diagnóstico microbiológico en corales del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Boca del Río, México.
- Global Water Watch (GWW) (2023). Manual para Monitoreo Comunitario Bacteriológico. <https://aaes.auburn.edu/globalwaterwatch/bacteriological-monitoring>
- Global Water Watch (GWW), 2006-2023. Datos de E.coli presentes en la cuenca de La Antigua conforme los datos compartidos por compartidos por los monitores asociados a GWW. http://gww-mexico.org/consulta_sitios.php
- Glynn, P., 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12(1):1-17.
- Granados-Barba, A., L.G. Abarca-Arenas & J.M. Vargas-Hernández (eds.), 2007. Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- Global Water Watch (GWW), 2005. Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Auburn, AL. 39 pp.
- Global Water Watch (GWW), 2007. Global Water Watch: Red mundial de grupos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Cartel.
- Gronewold A. D. y Wolpert, R.L., 2008. Modeling the relationship between most probable number (MPN) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration. *Water Research*, 42: 3327-3334.
- Hensler, L., A. Mesa-Jurado, C. Hernández-Hernández, D. Molina-Rosales, H. Roldán-Ruedas & J. Merçon, 2024. Parte de un mismo sueño. La praxis de la interdisciplina, transdisciplina e investigación-acción participativa en la frontera sur de México.

- pp. 25-50. In: Hensler, L., C. Hernández-Hernández, D. Molina-Rosales, A. Mesa-Jurado & J. Merçon (coord.). Investigación colaborativa desde la diversidad. Entretejiendo experiencias y reflexiones en la frontera sur de México. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur y CopIt-arXives.
- Javier-Corona, M., 2010. Diagnóstico de la calidad del agua del río Pixquiac durante la temporada de estiaje en el Municipio de Coatepec, Veracruz. Trabajo recepcional Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Veracruzana.
- Jiménez-Badillo, L., S. Cruz-Rodas, M. Lozano-Aburto & G. Rodríguez-Quiroz, 2014. Problemática ambiental y socioeconómica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 60:58-64.
- Jiménez-Badillo L. & L. Castro-Gaspar, 2007. Pesca artesanal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. pp. 221-240. In: Granados Barba, A., L.G. Abarca-Arenas & J.M. Vargas-Hernández (eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp.
- Jiménez-Pérez, J., C. Jiménez, F. Lango-Reynoso & R. Castañeda-Chávez, 2023. Fuentes de contaminación terrestres con impactos en arrecifes coralinos de la zona centro del golfo de México. *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología*, (16):1146-1152.
- Larrea-Murrell, J., M. Rojas-Badía, B. Romeu-Álvarez, N. Rojas-Hernández, & M. Heydrich-Pérez, 2013. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3):24-34.
- Ley de Aguas Nacionales, 2022. Art. 12, <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), 1988. Disponible en <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf> . Consultado en enero de 2024.
- Martínez-Ortega, F., 2017. Cuencas y arrecifes. In: Jarocho Cuántico: al son de la ciencia, suplemento científico de La Jornada Veracruz. Año 7, No. 78.
- Mazadiego-Cruz, A., 2020. Cultura, territorio y movilización social en las Cuencas Antigua y Actopan, Veracruz. Una experiencia de acompañamiento para el fortalecimiento de las estrategias jurídicas de defensa del territorio. Tesis maestría, Instituto de Investigaciones en Educación, Xalapa, Ver., México. .
- Megchún-García, J., 2013. Contaminación del agua subterránea y superficial por coliformes en el agroecosistema con caña de azúcar del módulo de riego I-1 La Antigua, Ver., México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Posgrado en Agroecosistemas Tropicales.
- Menchaca, S., L. Ríos & L. de Medina, 2018. Usuarios del agua y su posible contribución a la contaminación por cadmio en fuentes naturales de la microcuenca del río Pixquiac. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (UVserva) No. 5, nov. 2017 - abril 2018.
- Mokondoko, P., R. Manson & O. Pérez-Maqueo, 2018. Evaluación del servicio de regulación de la calidad del agua en la cuenca del río La Antigua, Veracruz. Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas, Instituto de Ecología: Xalapa, Ver.
- Muradian, R. & U. Pascual, 2018. A typology of elementary forms of human-nature relations: a contribution to the valuation debate. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 35:8-14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.014>
- Negrete-Ramírez, J. & M. Piñar-Álvarez, 2015. El papel de la educación ambiental en proyectos de desarrollo sustentable con enfoque de cuenca. Subcuencas de los ríos Pixquiac

- Texolo en la Cuenca Alta del río La Antigua, Veracruz, como casos de estudio. In: Agüero, J. & B. Torres, (eds.) Educación Ambiental desde la Innovación, la transdisciplinariedad e interculturalidad, tópicos selectos de educación ambiental-©ECORFAN-Veracruz, 2015.
- Olguín, J., R. González-Portela, G. Sánchez-Galván, J. Zamora-Castro & T. Owen, 2010. Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental & Algal*, 1(2):178-190.
- Organización Mundial de la Salud, 2011. Guías para la calidad del agua de consumo humano. 4a ed. que incorpora la primera adenda. <https://www.who.int/es/publications/item/9789241549950>
- Organización de Naciones Unidas, 2022. A/HRC/51/24, Informe del relator especial sobre los derechos humanos al agua potable y saneamiento, Pedro Arrojo Agudo - Derechos humanos de los pueblos indígenas al agua potable y al saneamiento: estado de la cuestión y enseñanzas de las culturas ancestrales. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/issues/water/2022-09-15/A-HRC-51-24-Friendly-version-SP.pdf>
- Organización de Naciones Unidas, 2023. A/78/253: Informe del relator especial sobre los derechos humanos al agua potable y al saneamiento, Pedro Arrojo Agudo - El agua como argumento para la paz, el hermanamiento y la cooperación. <https://www.ohchr.org/es/documents/thematic-reports/a78253-report-special-rapporteur-human-rights-safe-drinking-water-and>
- Ortiz-Pérez, M., C. Valverde & N. Psuty, 1996. The impacts of sea-level rise and development on the lowlands of the Mexican Gulf Coast. pp. 459-470. In: A.V. Botello & D. Zárate-Lomelí (eds.). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. EPOMEX Serie Científica 5, Universidad Autónoma de Campeche. México. 666 pp.
- Ortiz-Lozano, L., C. Colmenares-Campos & A. Gutiérrez-Velázquez, 2018. Submerged coral reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management. *Ocean & Coastal Management*, 158:11-23.
- Ortiz-Lozano, L., F. Martínez-Esponda & L. Hensler (eds.), 2021. El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: retos y oportunidades para su protección y manejo. Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), A.C., CDMX, México.
- Paré, L. & H. García-Campos (coord.), 2018. Gestión para la defensa del agua y el territorio en Xalapa, Veracruz. México: Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. 212 pp.
- Pereyra-Díaz, D., D. Cruz-Torres & J. Pérez-Sesma, 2011. La evapotranspiración real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 75:37-50.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 2024. Importancia de proteger los arrecifes de coral. <https://www.unep.org/es/explore-topics/oceans-seas/nuestras-actividades/proteccion-de-los-arrecifes-de-coral/importancia-de> (accedido 1 de abril 2024).
- Rivera-Ortega, J., 2015. Relación entre la descarga del río Jamapa y las enfermedades coralinas en los arrecifes Blanca, Chupas e isla de Enmedio, Sistema Arrecifal Veracruzano, Golfo de México. Tesis licenciatura, UNAM, FES-Iztacala. <http://132.248.9.195/ptd2015/mayo/0729356/0729356.pdf>
- Rivas-Solórzano, H. (coord.), 2018. Manual para la implementación de programas de monitoreo comunitario de la calidad del agua. UNAM: CIGA, Morelia, 130 pp.
- Román-Jiménez, A., M. Mendoza-Briseño, A. Velázquez-Martínez, M. Martínez-Menes, J. Torres-Rojo & H. Ramírez-Maldonado, 2011. Usos y riesgos del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 17(3):29-48.

- Ruiz-Zárate, M., H. Hernández-Arana & P. Jorgensen, 2008. La importancia de los arrecifes de coral en México. *Ecofronteras*, (34):2-5.
- Secretaría de Economía, 2021. Análisis de agua, enumeración de *Escherichia coli*, bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales. Método del número más probable (NMP) "enzima-sustrato". Dirección General de Normas. 65 pp. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-186-SCFI-2021.pdf>
- Secretaría de Marina (SEMAR) Xalapa, 2022. Datos de calidad de agua en la costa del golfo de México. Solicitud de Acceso a la Información No. 330026623000206.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 1996. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2021. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021: Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5645374
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2017. Programa de Manejo: Sistema Arrecifal Veracruzano. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/135_libro_pm.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2017. Sistema Arrecifal Veracruzano y el desarrollo sustentable. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/sistema-arrecifal-veracruzano-y-el-desarrollo-sustentable?idiom=es>
- Tercer Tribunal Colegiado en Materia Administrativa (TCA), 2019. Amparo en revisión 149/2019 por el Tercer Tribunal Colegiado en Materia Administrativa del Sexto Circuito.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2016. El futuro de nuestros ríos <https://www.iucn.org/es/news/south-america/201609/el-futuro-de-nuestros-r%C3%ADos>
- Utton, A., 1974. Marine pollution and sea life. *Nat. Res. J.* 300-302. <https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3310&context=nrj>
- Vera-Hidalgo, A., 2012. Distribución de familias de poliquetos frente a la descarga de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan en el Suroeste del Golfo de México. Tesis de maestría, Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/41438>
- Vázquez-Robledo, N., R. Corzo & J. Huerta, 2020. La degradación ambiental en el espacio natural urbano: el caso del corredor urbano del río Santiago en Xalapa, Veracruz mediante el análisis de calidad de agua y calidad de suelo. *RUA*, 24:3-9.
- West, R., N. Psuty & B. Thom, 1969. The Tabasco lowlands of Southeastern Mexico. *Coast Studies Series No. 27*, Louisiana State University Press, Baton Rouge. USA. 45 pp.

Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México:
integrando los ambientes costeros