



Diagnóstico de calidad del agua del río Topiltepec, afluente de la cuenca Actopan

Diagnosis of water quality of the Topiltepec River, a tributary of the Actopan basin

Antonio Arrechea-Villacampa¹, Richar Gómez-Urquiola¹, Claudia Lizeth Muñoz-Aguilar¹, José Luis Marín-Muñoz^{1*} y Sergio Zamora²

¹ Academia de Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto 26. Centro 91000. Xalapa, Veracruz, México.

²Facultad de Ingeniería, Construcción y Hábitat, Universidad Veracruzana, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 455, Costa Verde, Boca del Rio 94294, Veracruz, Mexico/Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: jmarin@colver.info

Recibido 03 de septiembre 2023; recibido en forma revisada 06 de octubre 2023; aceptado 05 de noviembre 2023

RESUMEN

La sobrevivencia humana requiere de agua de calidad para subsistir, mucha del agua que las comunidades utilizan para sus actividades diarias es comúnmente de los ríos, el problema es que son los ríos también sitios de destino de descargas de basura y aguas residuales ante una falta de concientización. El río Topiltepec, afluente de la cuenca Actopan fue analizado en cuanto a su calidad de agua, considerando que es un río del cual se toma agua para uso diario y como área recreativa. Para el análisis se consideraron 16 parámetros, de los cuales ácido

cianúrico, cloro total y libre, bromuro, nitritos, nitratos, hierro, cromo, plomo, mercurio ni fluoruros fueron detectados. Entre los parámetros detectados, el pH dio un valor promedio de 7.8, considerado aceptable para recreación y pesca, actividades comunes en la región. En cuanto al parámetro de alcalinidad, se obtuvieron resultados de 240 mg/L, no en exceso de acuerdo a normas mexicanas, la cual habla acerca de la determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. También se detectaron carbonatos en el río hasta de 50 mg/L. La dureza fue observada en 425 mg/L, indicando alta presencia de minerales que no favorecería ser aguas recreativas, por lo que si debe haber atención a ello y sensibilización en la población de las condiciones detectadas. Otro caso observable fue basura en la ribera, por lo cual el trabajo en conjunto con el centro de salud resulta importante y urgente para establecer programas de manejo de basura.

Palabras clave: agua, diagnóstico, río, contaminación, planeación.

ABSTRACT

Human survival requires quality water to survive, much of the water that communities use for their daily activities is commonly from rivers, the problem is that rivers are also destination sites for garbage and wastewater discharges due to a lack of awareness. The Topiltepec River, a tributary of the Actopan basin, was analyzed for its water quality, considering that it is a river from which water is taken for daily and recreational use. For the analysis, 16 parameters were considered, of which cyanuric acid, total and free chlorine, bromide, nitrites, nitrates, iron, chromium, lead, mercury or fluorides were not detected. Among the parameters detected, the pH gave an average value of 7.8, considered acceptable for recreation and fishing, common activities in the region. Regarding the alkalinity parameter, results of 240 mg/L were obtained, not in excess according to the Mexican norms standard which talks about the determination of acidity and alkalinity in natural, wastewater and treated waste. Carbonates of up to 50 mg/L were also detected in the river. The hardness was observed at 425 mg/L, indicating a high presence of minerals that would not favor recreational waters, so there must be attention to this and awareness in the population of the conditions detected. Another observable case was garbage on the riverbank, which is why working together with the health center is important and urgent to establish garbage management programs.

Keywords: water, diagnosis, river, pollution, planning.

INTRODUCCIÓN

El cuidado del medioambiente es una tarea y una preocupación a nivel mundial de muchos gobiernos, instituciones y personas en general. Tomar medidas y planificar un acertado accionar en este sentido se hace urgente. En el poblado de San José Pastorías, perteneciente al municipio de Actopan, Veracruz, también existe esta conciencia de cuidado ambiental, por lo que se han implementado ecotecnologías para cuidar el agua (Boyás *et al.*, 2022; Marín-Muñiz *et al.*, 2020; Marín-Muñiz *et al.*, 2022) o actividades de educación ambiental (Marín-Muñiz *et al.*, 2021) en diferentes ocasiones. Sin embargo, el problema de basura o descargas de aguas negras sigue latente, y aunque en la comunidad se ejecuten actividades pro ambientales, si cuenca arriba no se realizan también, el problema seguirá persistiendo, desafortunadamente una de las principales amenazas son las propias actividades antropogénicas.

Considerando que el agua es un recurso indispensable para la sobrevivencia humana, es común que las comunidades se originan a orillas o cerca de ríos, a través de los cuales subsisten para

consumo, agricultura y recreación (Palma-Cabrera, 2017). Un caso particular que se aborda en este trabajo es el río Topiltepec, el cual es un afluente del río Actopan. Cabe destacar, que dicho afluente pasa a orillas del poblado de Pastorías, siendo un cuerpo de agua importante y fundamental, ya que es el hábitat de una gran variedad de fauna y flora que vive tanto en él como en sus cercanías, forma parte del ciclo natural del agua, abastece al río Actopan y ayuda con su caudal al riego de las plantaciones. Además, es una de las principales fuentes de abastecimiento para las labores propias del hogar. El cuidado de este río también contribuye a evitar plagas ocasionadas por la contaminación y la proliferación de agentes vectores que pueden causar la muerte de animales, plantas y hasta del hombre. Para lograr contribuir al cuidado y el correcto funcionamiento de este cuerpo de agua como ecosistema natural, es necesario realizar un acertado diagnóstico, el cual, revelará su verdadera condición y permitirá ejecutar acciones para remediarlas.

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo, es realizar una inspección del sitio de estudio (Río Topiltepec) ubicado en la localidad de San José Pastorías, municipio de Actopan, Veracruz, esto con el motivo de identificar problemas que afectan la sustentabilidad del lugar y sus alrededores, además, de las causas y sus posibles efectos, así como atender las posibles soluciones.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El presente diagnóstico se realizó en la localidad de San José Pastorías, ubicada en los 96°34'14,808 Longitud oeste y 19°33'52,158 Latitud norte, a una altitud de 251 m sobre el nivel del mar (Figura 1). Esta localidad pertenece al municipio de Actopan, en el estado de Veracruz. Tiene una población de 552 habitantes (266 mujeres y 286 hombres) y una total de 248 viviendas. La población analfabeta representa 16,3% y el grado de escolaridad es de 5,52% (INEGI, 2020).

La localidad cuenta con redes hídricas y sanitarias, aunque la frecuencia de la entrada de agua es por régimen de tandeo, derivado de escasez hídrica. Cuenta además, con alumbrado público, tiendas de

abarrotes, centro de salud, promotores de salud, escuelas solo de preescolar y primaria, venta de gas periódica, etc. Es un poblado netamente rural, donde la producción de maíz y frijol es la principal fuente de ingreso (INEGI, 2020), aunque otros cultivos de papaya, pepino, calabaza, maracuyá, mango, chile, jitomate y malanga son también comunes en la región.

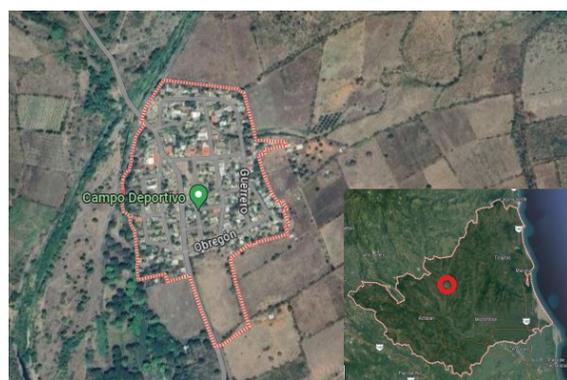


Figura 1. Ubicación geográfica de la Localidad de San José Pastorías.

Actividades de diagnóstico

Las actividades comprendieron dos etapas. La primera consistió en un análisis temático basado en la observación directa en el río y su zona ribera. La segunda etapa involucró muestreo de agua en 4 diferentes puntos del río. Para dichas actividades se establecieron las siguientes actividades:

1. Inspección visual del sitio de estudio e identificación de los problemas que afectan la sustentabilidad.
 2. Caracterización química y física del agua del río a través de tiras reactivas Lote 2023071102 y fecha de expiración 07-10-2024.
 3. Para el análisis de la calidad del agua, se tomaron 4 muestras en diferentes puntos del río, con el fin de determinar las condiciones fisicoquímicas de la misma. Las muestras se clasificaron de la siguiente forma: M1 (Muestra 1) refiriéndose a la parte alta del río, M2 (Muestra 2), indicando la parte baja del río, M3 (Muestra 3), parte media, y finalmente, M4 (Muestra 4) la cual muestra los resultados referentes a la orilla del río. Una vez tomada la muestra, a través de botes de polietileno de 250 mL previamente lavados, se colocó una tira reactiva para agua potable, la cual medía 16 parámetros: alcalinidad total, pH, ácido cianhídrico, carbonatos, cloro total, cloro libre, bromuro, nitrato, nitrito, hierro, dureza total, cobre, plomo, fluoruros, mercurio y cromo hexavalente. Una vez transcurrido el tiempo necesario se registraron los resultados en la Tabla 2.
 4. Diseño de un árbol de problemas, donde se identifiquen las causas que originaron los problemas y los efectos que pueden ocasionar si estos no son atendidos
 5. Relacionar los problemas identificados con los ejes de la sustentabilidad
 6. Diseñar un plan de acción para la erradicación de la problemática.
- Además se establecieron acercamientos con informantes clave comunitarios para detalles de los problemas comunitarios y aclaraciones de lo observado durante los sondeos.

RESULTADOS

Una vez realizado el diagnóstico a través de la inspección visual del lugar de estudio, se detectaron cuatro problemas principales, los cuales se describen en la tabla 1.

Puntualizando en el deterioro de puente que atraviesa el río en estudio y que da acceso a diferentes comunidades, además de ser un camino de

emergencia o ruta de evacuación ante la central nucleoelectrica de la región costera., la contaminación y la falta de iluminación en el área al ser un camino de acceso entre comunidades.

Tabla 1. Problemáticas detectadas en la zona del río Topiltepec, localidad de San José Pastorías, Ver.

Problemas	Evidencias	Causas	Efectos
1.- Estado constructivo de la carretera y del puente		<ul style="list-style-type: none"> * Falta de recursos económicos * Falta de gestión institucional * Desastre natural 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación del cuerpo de agua. * Posibles accidentes
2.- Falta de iluminación		<ul style="list-style-type: none"> * Falta de gestión institucional 	<ul style="list-style-type: none"> * Delincuencia y accidentes
3.- Contaminación del río		<ul style="list-style-type: none"> * Falta de conciencia ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> * Obstrucción del cauce * Modificación del ecosistema * Eutrofización * Enfermedades
4.- Disposición inadecuada de los residuos		<ul style="list-style-type: none"> * Falta de conciencia ambiental y gestión de los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Proliferación de enfermedades * Contaminación

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las problemáticas, así como sus estrategias para atender dichas cuestiones.

Problemática 1. Estado constructivo de la carretera y del puente.

Una vez finalizada la inspección, se detectó en mal estado físico la carretera y el puente que conecta al pueblo de San José Pastorías con la localidad de Soyacuautla. De acuerdo con la información obtenida a través de los habitantes del lugar, en el 2013, el río Topiltepec sufrió una creciente en temporadas de lluvia por la tormenta tropical Barry, lo que hizo que el puente colapsara. Desde ese entonces, la infraestructura de la carretera y dicho puente no han sido arreglados, a pesar de las solicitudes hechas a autoridades municipales y a la propia central nucleoelectrica.

Como estrategia para la resolución a dicho problema, se propone realizar una junta colectiva con las personas encargadas del pueblo (agente municipal y la H. Junta de mejoras), con el fin de solicitar apoyo económico al municipio, así como la maquinaria necesaria para poder mejorar las condiciones del puente y de la carretera, ya que al

contar con una infraestructura débil en este punto, puede ser causante de accidentes, así como aumentar la contaminación del río a través de las partículas presentes en la tierra. Dicha estrategia será realizada a largo plazo, pues la solicitud de apoyo por parte del pueblo a las personas encargadas del municipio puede conllevar varios meses para su aprobación y realización.

Problemática 2. Falta de iluminación.

Como segunda problemática, se detectó la falta de iluminación propia a la zona donde se encuentra el río. Pues como se mencionó anteriormente, la carretera y el puente que conecta a la población con otra localidad, carece de alumbrado público, lo cual hace que aumente el riesgo de inseguridad en dicha zona, pues al estar en malas condiciones y la falta de luz, puede conllevar a accidentes automovilísticos o incluso situaciones de delincuencia.

Como estrategia de resolución se propone un actuar similar a la primera problemática, pues la carencia de alumbrado público es una situación competente de las autoridades correspondientes, por lo que una solicitud de apoyo al municipio por las personas

encargadas de la localidad es la mejor manera de reparar las condiciones públicas de la zona. Con el fin de salvaguardar la vida de los pobladores. Dicha estrategia se propone a mediano plazo.

Problemática 3. Contaminación del río.

Las condiciones del río se encuentran aparentemente en un estado aceptable, pues a simple vista la calidad del agua no se ve totalmente contaminada. Sin embargo, la presencia de maleza, y un exceso de plantas en el interior del río nos indica una presencia de nutrientes mayor a la necesaria. Causando problemas de eutrofización (exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo), obstrucción de cuenca, facilitando la salida del río en temporadas de lluvia y provocando inundaciones, por ello la importancia del análisis.

Así como también, se propone a mediano plazo, la formación de un grupo de personas voluntarias para la limpieza del río, esto con el objetivo de eliminar el exceso de vegetación que se encuentra en medio del cauce. De esta manera, se contribuye a que el agua tenga un mejor flujo, y así disminuir futuros desastres naturales. Si en algún momento hubiera un exceso de agua por lluvias, la vegetación

presente dentro del río obstruiría el paso y las casas vecinas en la ribera serían vulnerables a inundaciones. Dentro de las especies detectadas dentro del río se incluyen *Cyperus alternifolius*, y *Typha domingensis*, que son especies típicas de humedales naturales, lo cual se ha originado por el poco caudal del agua. Al quitar tales especies podrían reutilizarse para sembrado en huemdales construidos (Mitsch y Gosselink, 2015; Zitácuaro *et al.*, 2021; Marín-Muñiz *et al.*, 2023).



Figura 2. *Análisis de calidad del agua del Río Topiltepec, localidad de San José Pastorías, Actopan.*



Figura 3. *Análisis de agua por colorimetría*

Se observó que varios de los parámetros analizados no fueron detectados, entre ellos ácido cianúrico, cloro total y libre, bromuro, nitritos, nitratos, hierro, cromo, plomo, mercurio ni fluoruros (Tabla 2), lo cual es alentador al no observar presencia de tales parámetros y que deja ver que no hay descargas río arriba que estén afectándolo, al menos de tales parámetros.

Para el caso del potencial de iones hidrógeno (pH), este fue detectado en 7.8, según la Agencia de Protección Ambiental [EPA], (2023) menciona que el rango de pH establecido para aguas destinadas a pesca y natación es de 6.5 a 8.3, lo cual demuestra que el valor promedio observado se encuentra dentro del rango.

En cuanto al parámetro de alcalinidad, se obtuvieron resultados de 240 mg/L, conforme a la norma NMX-AA-036-SCFI-2001 la cual habla acerca de la determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, la alcalinidad se refiere a la presencia de sustancias hidrolizables en agua y que como producto generan iones hidroxilo (OH⁻), así como también

contribuyen de forma importante a la alcalinidad los carbonatos y fosfatos; donde se puede apreciar la presencia de carbonatos en el río con un resultado de 50 mg/L.

Asimismo, el análisis realizado arrojó alto valor de dureza (425 mg/L), que de acuerdo con Solís-Castro *et al.*, (2018), este parámetro indica el exceso de minerales disueltos en el agua.

En relación a lo presentado anteriormente se puede concluir que el agua perteneciente al Río Topiltepec, ubicado en la localidad de San José Pastorías, es un río que presenta aguas con un pH aceptable, con pocos contaminantes, pero con un alto contenido de minerales disueltos en el agua, lo cual puede conllevar a procesos de eutrofización o, la presencia excesiva de calcio en aguas con fines recreativos puede provocar sequedad e irritabilidad en la piel (Water Technologies, 2020). En lo cual hay que tener cuidado porque fue mencionado por los pobladores que en temporadas de calor, tal río es utilizado como área recreativa, creando pozas para favorecer niveles más altos de agua.

Tabla 2. Resultados de la calidad de agua

Parámetro	M1	M2	M3	M4	Promedio
Alcalinidad	240	240	240	240	240
pH	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
Ácido cianúrico	0	0	0	0	0
Carbonatos	40	40	80	40	50
Dureza	425	425	425	425	425
Cloro total	0	0	0	0	0
Cloro libre	0	0	0	0	0
Bromuro	0	0	0	0	0
Nitrato	0	0	0	0	0
Nitrito	0	0	0	0	0
Hierro	0	0	0	0	0
Cromo Hexavalente	0	0	0	0	0
Plomo	0	0	0	0	0
Cobre	0.2	0	0.2	0.2	0.15
Mercurio	0	0	0	0	0
Fluoruros	0	0	0	0	0

Nota: M1: Muestra 1. Parte alta del río, M2: Muestra 2. Parte baja del río, M3 Muestra 3. Parte media del río, M4: Muestra 4. Orilla del río.

Problemática 4. Disposición inadecuada de los residuos.

Como última problemática detectada en la localidad, se pudo observar a través de la inspección visual una mala disposición final de los residuos generados por los pobladores (ver Tabla 1), pues existía la presencia de materiales plásticos como botellas, tapas, bolsas, etc., así como también, productos de uso personal, como pañales y llantas. Las condiciones físicas del río se encontraban en mal estado, pues la presencia de basura en este paisaje aumenta la contaminación, no solo del agua, sino también la contaminación visual. Pues es uno

de los ríos del municipio de Actopan que aún no se encuentran altamente contaminado, situación que se debería preservar y mejorar para las generaciones futuras. Como estrategia de resolución a corto plazo, el equipo realizó colecta de bolsas plásticas y toda la demás basura que se encontraba al alcance (Figura 3), con el fin de mejorar las condiciones visuales del paisaje, así como, evitar la contaminación del agua a través de estos residuos sólidos.



Figura 3. Estrategia de limpieza a corto plazo.

Dicha estrategia se propone realizar al menos de manera mensual por los pobladores del lugar, además de impartir pláticas con el objetivo de sensibilizar a las personas acerca de la importancia del cuidado del río a largo plazo.

CONCLUSIONES

La calidad del agua de los ríos es una necesidad al ser fuentes de abastecimiento de las poblaciones, sin embargo, en muchos sitios la descarga de basura

o aguas residuales en ellos es común afectando la calidad del ecosistema, de allí la importancia de conocer como se encuentran los ríos y la toma de acciones para mitigar los problemas. Lo abordado en este estudio en el río Topiltepec demuestra presencia de parámetros que no favorecen el uso del río para actividades recreativas, así como la presencia de mucha vegetación dentro del río, impidiendo el flujo correcto dentro del mismos, y quedando vulnerable a que en temporada de crecientes, el agua salga del cauce por la presencia de maleza y vegetación. Con lo detectado se sugiere el quitar tal vegetación y generar actividades de sensibilización comunitaria para evitar descargas de basuras y aguas residuales en el río. Tales actividades podrían hacerse en conjunto con el centro de salud comunal.

AGRADECIMIENTOS

A El Colegio de Veracruz, y al financiamiento otorgado por CONAHCYT con las becas de estudios de posgrado de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental (EPA). (2023). Datos en directo sobre la calidad del agua de la cuenca baja del río Merrimack. Agencia de Protección Ambiental. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/>
- Boyás, T., Álvarez-Contreras, L., Marín-Muñiz, J.L., Celis-Pérez, M., Zamora-Castro, S. & Landa, M. Condiciones ambientales para el óptimo desarrollo de plantas ornamentales y fitorremediadoras. *Journal of Basic Science*. 2022, 8, 23, 96-103.
- INEGI. 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Available online: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade prensa/boletines/2018/EstSociodemo/DEFUNCIONES2017.pdf> (accessed on 1 May 2023).
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L., & Mora-Alvarado, D. 2018. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 31-1, 35-46 DOI: 10.18845/tm.v31i1.3495
- Marín-Muñiz, J.L., Hernández, M.E., Gallegos-Pérez, M.P. Amaya-Tejeda, S.I. 2020. Plant growth and pollutant removal from wastewater in domiciliary constructed wetland microcosms with monoculture and polyculture of tropical ornamental plants. *Ecological Engineering*. 147, 105658. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105658>
- Marín-Muñiz, J.L., Sandoval, L., Zamora-Castro, S. & Celis-Pérez, M. 2022. Humedales con plantas ornamentales y relleno de plástico reutilizado como tratamiento sustentable de aguas residuales. *Journal of Basic Science*. 8, 23, 146-153. Available on line: <http://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>
- Marín-Muñiz J.L., Zitácuaro I. y Palma E.M. 2021. Participación comunitaria para implementación de humedales para limpiar el agua residual: caso de estudio en Pastorías, Actopan, Ver”. En “Miradas colectivas, rutas y aportes a la sustentabilidad. 103-115, Secretaría de

- Medio ambiente del Estado de Veracruz, 11 de marzo 2021
- Marín-Muñiz, J.L., Sandoval, L.C., López-Méndez, M.C., Sandoval-Herazo, M., Meléndez-Armenta, R.Á., González-Moreno, H.R. & Zamora, S. 2023. Treatment Wetlands in Mexico for Control of Wastewater Contaminants: A review of experiences during the last twenty-two years. *Processes*. 11, 359. <https://doi.org/10.3390/pr11020359>
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J. 2015. Wetlands; John Wiley and Sons Inc.: New York, NY, USA, 2015.
- Palma-Cabrera, E. 2017 “Limitantes y estrategias para el uso y adopción de humedales construidos en el tratamiento de aguas residuales: estudio de caso en Pastorías, Actopan, Veracruz”, Tesis de maestría, en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa: Veracruz.
- Water Technologies (2020). Efectos de la dureza en el agua. Water Technologies Mexico [Sitio Web]. Disponible en: <https://www.tratamientosdeagua.com/>
- Zitácuaro-Contreras, I., Vidal-Álvarez, M., Hernández y Orduña, M., Zamora-Castro, S., Betanzo-Torres, E., Marín-Muñiz, J. & Sandoval-Herazo, L. 2021. Environmental, economic, and social potentialities of ornamental vegetation cultivated in constructed wetlands of Mexico. *Sustainability*. 6267. <https://doi.org/10.3390/su13116267>