



Evaluación microbiológica del agua del río Actopan **Microbiological evaluation of the Actopan river water**

Adriana Elena Rivera Meza^{1*}, Jacel Adame Garcia¹, Félix David Murillo Cuevas¹, José Antonio Fernández

Viveros¹

¹ Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas km 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz, México. C. P. 91667.

*Autor de correspondencia: adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx

Recibido 15 de abril 2024; recibido en forma revisada 25 de junio 2024; aceptado 18 de nov 2024

RESUMEN

Las descargas de aguas residuales, la ganadería, la falta de tratamiento de agua y desechos, la deposición de excretas a campo abierto y lo animales provocan que se formen reservorios de microorganismos patógenos, los cuales son una amenaza para la calidad de agua. Es por lo anterior que son empleados como indicadores de contaminación fecal además de que presentan respuestas rápidas a los cambios que se provoquen en las fuentes naturales de aguas, como lo son los ríos. Los estudios de las tendencias en la calidad microbiológica del agua son una herramienta de apoyo para evaluar la condición actual del agua, por lo que en este trabajo se aplicaron en el río Actopan el cual cuenta con un área aproximada de 2,000 km² distribuida en el estado de Veracruz. De acuerdo a las condiciones naturales de la cuenca se seleccionaron 10 estaciones de muestreo las cuales fueron: el Descabezadero, Actopan inicio, Actopan fin, Zempoala inicio, Zempoala fin, el Limoncito, La colonia, Úrsulo Galván inicio, Úrsulo Galván final y la Barra de Chachalacas. Las muestras se recolectaron en tubos de 100 mL previamente esterilizados durante la época de lluvia y de estiaje, se realizaron análisis microbiológicos de acuerdo

con la norma NMX-AA-042-SCFI-2015 que incluye coliformes fecales y *Escherichia coli*. Los resultados del análisis microbiológico revelan una tendencia de aumento en la concentración de coliformes totales y *E. coli* a medida que el Río Actopan fluye desde sus puntos de origen hacia la desembocadura en la localidad de Barra de Chachalacas. Se observa una variación en la calidad microbiológica del agua entre las diferentes estaciones de muestreo a lo largo del río. La concentración más alta de coliformes fecales y *E. coli* se detectó en las estaciones de lluvias cercanas a la desembocadura, como Úrsulo Galván inicio y Barra de Chachalacas.

Palabras clave: Contaminación fecal, bioindicadores, coliformes, *E.coli.*, NMP

ABSTRACT

Wastewater discharges, livestock farming, the lack of water and waste treatment, the deposition of excreta in open fields and animals cause reservoirs of pathogenic microorganisms to form, which are a threat to water quality. It is for this reason that they are used as indicators of fecal contamination in addition to presenting rapid responses to the changes caused in natural water sources, such as rivers. Studies of trends in the microbiological quality of water are a support tool to evaluate the current condition of the water, so in this work it will be applied to the Actopan River, which has an approximate area of 2,000 km² distributed in the state from Veracruz. According to the natural conditions of the basin, 10 sampling stations were selected, which were: the Descabezadero, Actopan start, Actopan end, Zempoala start, Zempoala end, El Limoncito, Úrsulo Galván start, Úrsulo Galván end and the Barra de Chachalacas. The samples were collected in previously sterilized 100 mL tubes during the rainy and dry seasons. Microbiological analyzes were carried out in accordance with the NMX-AA-042-SCFI-2015 standard, which includes fecal coliforms and *Escherichia coli*. The results of the microbiological analysis reveal a trend of increase in the concentration of total coliforms and *E. coli* as the Actopan River flows from its points of origin towards the mouth in the town of Barra de Chachalacas. A variation in the microbiological quality of the water is observed between the different sampling stations along the river. The highest concentration of fecal coliforms and *E. coli* was detected in the rainy stations near the mouth, such as Úrsulo Galván beginning and Barra de Chachalacas.

Keywords: Fecal contamination, bioindicators, coliforms, *E. coli*, NMP.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua dulce en la Tierra es limitada, pero los ciclos naturales de congelación y descongelación, las fluctuaciones en las precipitaciones, los patrones de escorrentías y los niveles de evapotranspiración han provocado cambios en su distribución. A estas causas naturales se han añadido nuevas y continuadas actividades humanas que han acabado convirtiéndose en los principales “motores” de presión sobre los sistemas hídricos de nuestro planeta. Estas presiones suelen ir ligadas al desarrollo humano y al crecimiento económico (UNESCO 2010).

La actividad productiva del hombre y el consumo de agua de las poblaciones humanas generan aguas residuales y producción de desechos, los que constituyen contaminantes que menoscaban la calidad del agua de los cuerpos superficiales. Sitios que han sido privilegiados con la disponibilidad de agua dulce aprovechable para diferentes usos corren peligro de limitar su potencial por la contaminación (Chán, 2015).

Los ríos son corrientes naturales sometidas a los cambios climáticos y a las características propias de la cuenca, la calidad de su agua varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a la combinación de factores ambientales. Sin embargo, las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua (Campaña, 2017).

La cuenca del río Actopan es una cuenca relevante para la región central montañosa y principalmente para Xalapa, ya que suministra a esta ciudad de agua potable. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un cambio de uso de suelo muy marcado. Esta región cuenta con aproximadamente 154.9 km² de bosque. La zona correspondiente al acuífero del Valle de Actopan se localiza en la porción central del Estado y en su planicie costera, abarcando en forma parcial los municipios de: Úrsulo Galván, La Antigua, Puente Nacional, Actopan, y Emiliano Zapata (INEGI, 2019)

Vinculado al aumento de población, se requiere más recursos primarios para satisfacer las necesidades de los pobladores, entre los cuales se encuentra el agua. Así mismo el cambio de uso de suelo, en mayores

extensiones para uso agrícola, lo que provoca un cambio al medio natural, especialmente en la reducción de áreas forestales, bosques y selvas que son los mayores reservorios de humedad y reguladores de la temperatura, ya que en ellos se tiene la mayor tasa de evapotranspiración.

En la cuenca del Río Actopan se aprovechan 310 millones de metros cúbicos anuales de agua superficial donde la mayor recarga de la cuenca es en los meses de mayor precipitación, climatológicamente estos meses son junio, julio, agosto y septiembre (CONAGUA, 2005),

El almacenamiento natural del agua en esta región se beneficia por el gran volumen de lluvia, por la existencia de materiales de alta porosidad y los elevados índices de infiltración.

Sin embargo, el índice de calidad del agua analizado en los años 1999 – 2000 sobre la cuenca, refleja un índice aceptable en gran parte de los afluentes, pero contaminado hacia la parte de Xalapa.

La importancia de analizar diferentes puntos del río es identificar la concentración de contaminantes de los poblados de los municipios de Actopan y Úrsulo

Galván, del mismo modo las descargas del Ingenio la gloria y el impacto que esto pueda generar.

METODOLOGÍA

Área de estudio. Los sitios de muestreo se ubicaron en la cuenca del río Actopan se encuentra situada geográficamente entre los 19°20' y 19°46' latitud norte, y entre 96°20' y 97°08' longitud oeste. Tiene un área aproximada de 2 000 km², distribuida toda dentro del estado de Veracruz (CONAGUA, 2005).

Se establecieron diez puntos para el muestreo, los cuales fueron: el Descabezadero, Actopan inicio, Actopan fin, Zempoala inicio, Zempoala fin, el Limoncito, La colonia, Úrsulo Galván inicio, Úrsulo Galván final y la Barra de Chachalacas.

Diseño experimental. En cada uno de los sitios los muestreos se realizaron durante los meses de noviembre y mayo del 2021, realizándose tres repeticiones de muestreos por punto en cada una de las estaciones.

Procesamiento de muestras. Se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Para la detección de bacterias patógenas (coliformes) se realizó la prueba presuntiva para lo cual se emplearon 15 tubos de

ensayo (5 con 20 mL y 10 con 10 mL de caldo lactosado). Posteriormente se transfieren 10 mL de la muestra a 5 tubos con 20 mL de caldo lactosado, 1 mL de la muestra a 5 tubos con 10 mL de caldo lactosado y 0.1 ml de muestra a 5 tubos con 10 mL de caldo lactosado. Los tubos se incubaron a 37 °C durante 24 h y se observó la presencia de gas en los tubos Durham. Se registró el número de tubos/dilución que formó gas. Cuando fue necesario se incubaron por 48 h más.

Posteriormente se realizó la prueba confirmativa, para lo cual se tomaron dos o tres azadas de cada tubo que mostró producción de gas, y se sembraron en un mismo número de tubos con medio de confirmación caldo lactosa bilis verde brillante (VB) y caldo Escherichia coli (EC)] para detección de coliformes totales y fecales respectivamente. Estos tubos se incubaron a 37 °C durante 24 h en estufa para observar la formación de gas en los Durham (formación de burbujas), se registró el número de tubo/dilución que presentó la formación de gas. Se pueden incubar por 48 h más si no hay producción de gas en este tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta en la época de sequía, el conteo de UFC para la determinación de coliformes fecales en agua fue positivo en los 10 puntos del estudio (Figura 1).

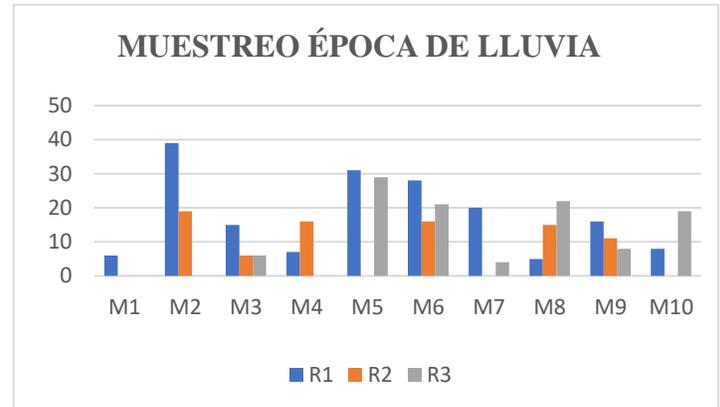


Figura 1. Cantidad de UFC/100 mL de coliformes fecales en cada uno de los sitios de muestreo durante la época de sequía, donde se muestran las tres repeticiones realizadas (R1,R2, R3).

Estos resultados no solo muestran que existe presencia de coliformes, si no, que superan los límites permisibles para coliformes fecales (<1 UFC en 100 ml) esto según la NOM-250-SSA1-2014.

El nivel de contaminación para los tramos M2 y M5, que corresponden a las localidades de Actopan (inicio) y Zempoala (fin), arrojaron un valor de 30 UFC/100 mL en ambos casos, y son para esta época los valores más altos, mientras que el punto más bajo fue el M10 que corresponde a la Localidad de Barra de Chachalacas con un valor de 7 UFC/100 mL.

Con respecto al muestreo durante la época de lluvias, como se muestra en la Figura 2 el punto con mayor UFC /100 ml se encontró en el punto M2 correspondiente a Actopan (inicio) el cual tuvo un valor de 39 UFC/100 mL, así mismo se puede observar una variación en los puntos, esto debido a que, en algunos puntos por crecidas del río, arrastran más contaminantes al agua, lo que provoca que los índices sean mayores y en otros puntos esa misma corriente diluyó o transportó los contaminantes a otros sitios.

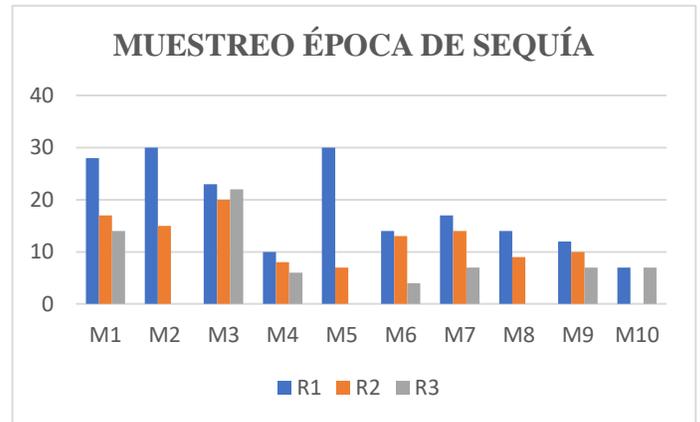


Figura 2. Cantidad de UFC/100 mL de coliformes fecales en cada uno de los sitios de muestreo durante la época de lluvia mostrando sus tres repeticiones.

Lo anterior se basa en lo expuesto por Temprano González, 1996, el cual menciona que durante los días anteriores a un evento de lluvia se produce un proceso de acumulación de carga contaminante en superficie; esta acumulación se debe a diferentes fuentes de contaminación, entre las cuales cabe destacar: residuos vegetales y restos de animales domésticos; compuestos y sustancias en suspensión que han precipitado, residuos tóxicos procedentes de emisiones de vehículos, durante un evento de lluvia extremo, el agua arrastra todos estos elementos transportando la carga contaminante hacia la red y evacuándola hacia el medio receptor

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis microbiológico revelan una tendencia de aumento en la concentración de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* a medida que el río Actopan fluye desde sus puntos de origen hacia la desembocadura en La Barra de Chachalacas. Esto sugiere una contaminación microbiológica a lo largo de su curso. Se observa una variación en la calidad microbiológica del agua entre las diferentes estaciones de muestreo a lo largo del río. La concentración más alta de coliformes fecales y *Escherichia coli* se detectó en la estaciones de lluvias cercanas a la desembocadura, como Úrsulo Galván (inicio) y La Barra de Chachalacas, Veracruz.

Los hallazgos de este estudio subrayan la importancia de implementar medidas de gestión y protección del río Actopan para preservar su calidad de agua y salvaguardar la salud pública. Es fundamental realizar monitoreos regulares y tomar acciones correctivas para mitigar la contaminación microbiológica y garantizar el acceso a agua segura

para las comunidades que dependen de este recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Campaña, A., Gualoto, E., & Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. *Revista Bionatura*, 2(2), 305-310.
- Chán Santisteban, M. L., & Peña, W. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(1), 19-23.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2005). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, Acuífero 3005 Valle de Actopan, Estado de Veracruz, México* (Gerencia de Aguas Subterráneas, 20 pp.). México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Estudio de información integrada de la Cuenca Ríos Actopan-Jamapa y otros DR*. INEGI.

- NMX-AA-042-SCFI-2015. (2015). *Análisis de agua: Enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli – Método del número más probable en tubos múltiples*. Secretaría de Economía.
- Pérez-Quezadas, J., Cortés-Silva, A., Salas-Ortega, M. D. R., Araguás-Araguás, L., Morales-Puente, P., & Carrillo-Chávez, A. (2017). Evidencias hidrogeoquímicas e isotópicas sobre el origen del agua subterránea en la cuenca hidrográfica Río Actopan, Estado de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 34(1), 25-37.
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.
- Tobón, S. R., Cadavid, R. M. A., & Gutiérrez, L. A. (2017). Patógenos microbiológicos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Facultad Nacional de Salud Pública: El escenario para la salud pública desde la ciencia*, 35(2), 2.
- UNESCO. (2010, marzo 22). *Agua limpia para un mundo sano*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000187217_spa
- Venegas, C., Mercado, M., & Campos, M. C. (2014). Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá (Colombia). *Biosalud*, 13(2), 24-35.