



Indicadores básicos de contaminación del Río Seco de Comalcalco, Tabasco

Azucena del Rosario Fraire Vázquez^{1}, Baltazar Sánchez Díaz¹, Manuel Antonio Pérez Vázquez²*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, ²Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano del municipio de Centro.

*azucena.fraire@comalcalco.tecnm.mx

RESUMEN

La contaminación de agua es una de las principales problemáticas a las que se enfrenta la humanidad. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas, son vertidas en los ríos o el mar sin recibir ninguna clase de tratamiento, lo que provoca su contaminación. En el municipio de Comalcalco, Tabasco la contaminación del Río Seco en la zona ha sido uno de los problemas que ha crecido exponencialmente en los últimos años debido al incremento poblacional que se ha suscitado en la región Chontalpa del estado. Es por esta razón que se realizó el análisis de los parámetros básicos de la calidad del agua (coliformes totales, fecales, nitritos, nitratos y fósforo) para conocer las condiciones en la que se encuentra actualmente el Río Seco. Los resultados indican que los parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, no obstante los valores de nitratos y fósforo presentan valores elevados próximos a rebasar la concentración establecida en las normativas nacionales, por otra parte, la concentración coliformes fecales rebasa estos límites lo que permite inferir que existen fuentes puntuales de contaminación, mismas que deben ser identificadas para establecer estrategias que permitan mitigarlas. Se concluye que es importante realizar este tipo de evaluaciones para establecer estrategias para la adecuada gestión de los recursos hídricos y detectar de manera temprana los cambios en la calidad del recurso.

Palabras claves: Contaminación del agua, Eutrofización, Química del agua, Medio ambiente acuático.

ABSTRACT

Water pollution is one of the main problems facing humanity. According to the United Nations Organization, more than 80% of wastewater resulting from human activities is discharged into rivers or the sea without receiving any kind of treatment, which causes contamination. In the municipality of Comalcalco, Tabasco, the contamination of the Río Seco in the area has been one of the problems that has grown exponentially in recent years due to the population increase that has arisen in the Chontalpa region of the state. It is for this reason that the analysis of the basic parameters of water quality (total and fecal coliforms, nitrites, nitrates and phosphorus) was carried out to determine the current conditions of the Río Seco. The results indicate that the physicochemical parameters evaluated are within the Maximum Permissible Limits, however the values of nitrates and phosphorus present high values close to exceeding the concentration established in national regulations, on the other hand, the concentration of fecal coliforms exceeds these limits. which allows inferring that there are point sources of pollution, which must be identified to establish strategies to mitigate them. It is concluded that it is important to carry out this type of evaluation to establish strategies for the adequate management of water resources and to detect changes in the quality of the resource early.

Key words: Water pollution, Eutrophication, Water chemistry, Aquatic environment.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural fundamental para el desarrollo de múltiples actividades socioeconómicas (ONU, 2019) y aunque puede considerársele el elemento más abundante en la tierra, solo el 2.53% del total es agua dulce, esta situación se agrava con el aumento de los vertidos de aguas residuales sin tratamiento o tratadas de forma inadecuada, ya que favorece el deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (UNESCO, 2017). A nivel mundial, el desafío más frecuente al que se enfrenta la calidad del agua es la carga de nutrientes la cual puede tener una relación directa con la cantidad de organismos y microorganismos que causan daño a la salud humana y de los ecosistemas (UNESCO, 2020), las descargas de aguas residuales sin tratamiento pueden representar un serio problema ya que estas usualmente tienden a incrementar la contaminación física, química y biológica de los mantos acuáticos,

causando a su vez el incremento de los nutrientes y en algunos casos comienzan a surgir problemas relacionados con la eutrofización de las masas de agua (UNESCO, 2017), la eutrofización es un fenómeno que se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo provocando la proliferación de especies vegetales acuáticas que compiten con los organismos del lugar por espacio, nutrientes y oxígeno (Ledesma, 2013), esta situación puede ejercer grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional. Desde la perspectiva microbiológica la presencia de microorganismos como bacterias, parásitos y hongos en el agua ocurre de manera directa o indirecta por cambios en el ambiente y en la dinámica poblacional producidos por la urbanización no controlada, el crecimiento industrial y sobre todo por la disposición inadecuada de excretas humanas y animales (Ríos-Tobón, 2017). Algunas de las metas planteadas en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) sostienen que es importante que de aquí al 2030 se mejore la calidad del recurso reduciendo la contaminación y el porcentaje de aguas sin tratar, así como apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento (ONU, 2019). En este sentido resulta necesario conocer la calidad de los cuerpos de agua mediante un monitoreo sistemático que permita obtener datos para identificar las tendencias y/o variaciones que estos parámetros presentan a través del tiempo, es por ello que la presente investigación se planteó la posibilidad de identificar las condiciones actuales en las que se encuentra el Río Seco en tres puntos de la zona Gil y Saénz. Generar este tipo de información podría resultar útil para realizar una adecuada gestión del recurso en las diversas cuencas hidrológicas (Barreto *et al.*, 2013).

METODOLOGÍA

Delimitación de sitio de muestreo

El muestreo se realizó en Río Seco, en la zona ubicada en la calle Gil y Sáenz del municipio de Comalcalco, Tabasco, el geoposicionamiento del lugar se realizó con un dispositivo móvil empleando la aplicación GPS Waypoints, la delimitación y el diseño cartográfico se realizó con el programa ArcGIS® versión 10.8 como se observa en la figura 1.



Figura 1. Macro y micro localización de la zona de muestreo.

Plan de muestreo

Con la finalidad de identificar las condiciones del sitio e implementar un plan de muestreo efectivo, se realizó una inspección preliminar con la cual se estableció una red de muestreo de tres puntos separados a distancias de aproximadamente 10 metros de acuerdo con la norma NMX-AA-14-1998 que indica los lineamientos generales y recomendaciones para el muestreo en cuerpos receptores.

Muestreo

Las muestras microbiológicas se recolectaron con una botella de Van Dorn de 2L, se tomaron 3 muestras simples en cada punto y se almacenaron en frascos de vidrio previamente esterilizados a 121 °C durante 15 minutos. Los frascos se rellenaron a 2/3 partes de su capacidad evitando el contacto con el cuello del frasco. Con el fin de inhibir la actividad bacteriana se procedió a su almacenamiento en un contenedor a una temperatura de 4°C para su traslado al laboratorio.

Para la realización de las pruebas fisicoquímicas (nitritos, nitratos y fósforo) se realizó el muestreo en cada uno de los puntos llenando los frascos al 100% de su capacidad para evitar movimientos dentro de la muestra y la aireación de las mismas; una vez dentro del laboratorio se elaboró una muestra compuesta.

Determinación microbiológica

Prueba presuntiva

Esta se realizó de conformidad con la norma NMX-AA-042-SCFI-2015, la cual establece el uso de caldo lactosado preparado de acuerdo a las especificaciones del fabricante, dispensado en tubos de ensayo con campanas Durham en el interior y esterilizados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. La inoculación de la muestra se efectuó con la Técnica de las diluciones bajo la flama del mechero y se empleó un tubo sin inocular como control; posteriormente los tubos se incubaron a una temperatura entre 35 °C ± 2 por un periodo de 48 horas.

Prueba confirmativa

Esta se realizó de acuerdo con la NMX-AA-042-SCFI-2015 empleando el medio bilis verde brillante al 2% preparado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, dispensado en tubos de ensayo con campanas Durham en su interior y esterilizados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Las muestras positivas en prueba presuntiva se resembraron y se incubaron a 44,5 °C ± 0,2 °C por 24 h ± 2 h, se empleó un tubo sin inocular como control, posterior a este tiempo se examinó la turbidez y producción de gas en cada tubo.

Determinación fisicoquímica

Para realizar el análisis de los parámetros seleccionados se empleó un colorímetro marca HACH. Para la determinación de los parámetros se agregaron 10 ml de la muestra en viales a los cuales se les añadió el contenido de una almohadilla de cada reactivo empleado para la cuantificación de nitritos, nitratos y fósforo hasta su homogeneización completa.

Análisis estadístico

Para la evaluación estadística de los datos microbiológicos, se realizó un Análisis de Varianza de una sola vía (ANOVA) mediante el Software estadístico Statgraphic Centurión XVIII. Para la evaluación de los datos fisicoquímicos se realizó el cálculo de los promedios.

RESULTADOS

Parámetros microbiológicos

Prueba presuntiva

En todos los muestreos realizados se obtuvieron resultados para coliformes totales equivalentes a >2400 NMP/100 ml lo cual puede ser indicio de una gran actividad microbiana.

Prueba confirmativa

El análisis de varianza realizado muestra que el valor $P > 0.05$, lo que revela que no existe diferencia significativa entre la concentración de microorganismos coliformes fecales y los puntos de colecta de las muestras, sin embargo, el valor más bajo de concentración se ubica en el punto C donde la media fue de 1,312 NMP/100 mL, mientras que en los puntos A y B los valores registrados fueron de 1,809 NMP/100 mL y 1,802 NMP/100 mL respectivamente como se observa en la figura 2. Sin embargo, de acuerdo a la normativa mexicana en materia de aguas, este sitio presenta valores por encima del Límite Máximo Permisible (LMP) en todos los puntos de muestreo evaluados.

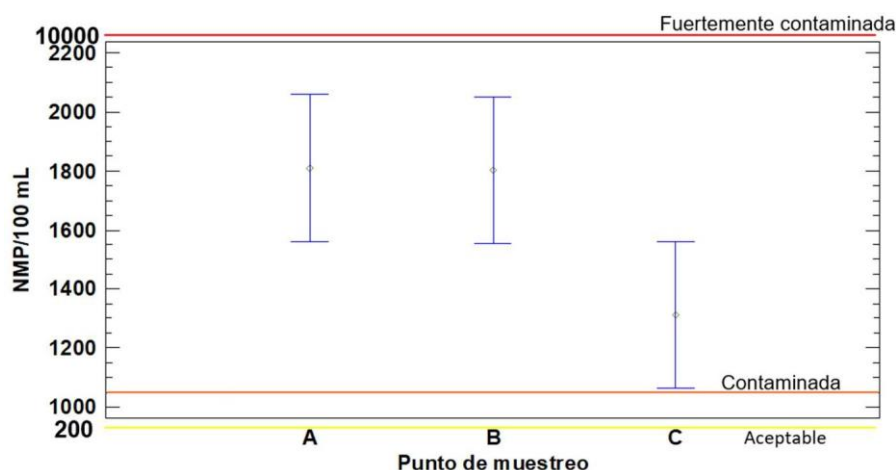


Figura 2. Análisis de varianza de datos obtenidos en prueba confirmativa de coliformes fecales.

Parámetros fisicoquímicos

Nitritos

Los nitritos son un importante indicador de la calidad de las aguas naturales, en la figura 3 es posible observar que en los diferentes puntos de muestreo se encontraron valores que oscilan en los rangos de 0.011 mg/l en el punto A, 0.013 mg/l en el punto B y 0.02 mg/l en el punto C, la norma 127-SSA-1994 establece que el límite máximo permisible es 1.0 mg/L, por lo tanto, los valores se encuentran dentro los límites máximos permisibles.

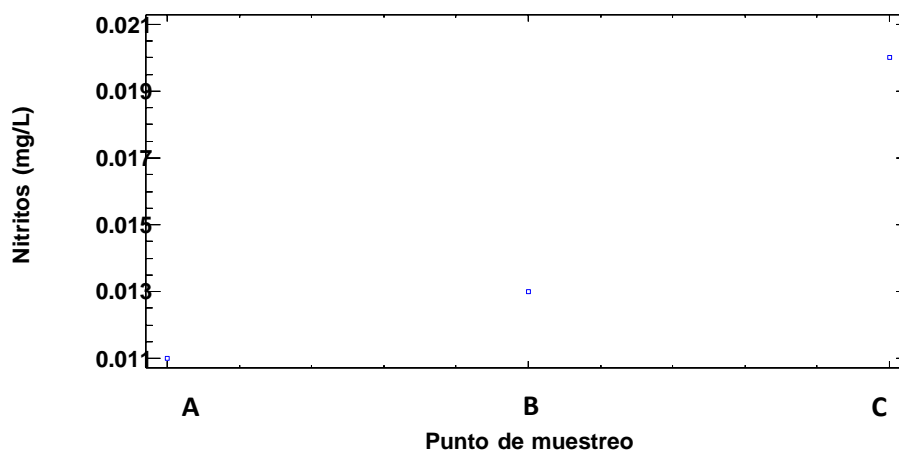


Figura 3. Concentración promedio de nitritos en los puntos de muestreo evaluados.

Nitratos

Los niveles de nitratos detectados durante los muestreos presentan valores de 4.5 mg/L en el punto A, 5.2 mg/L en el punto B y 7.2 mg/L en el punto C, con estos datos es posible observar una tendencia que va ligeramente al alza (ver figura 4), de acuerdo a los criterios ecológicos de calidad del agua, estos valores no deben exceder la concentración de 10 mg/L y aunque durante los periodos de muestreo se mantuvo dentro de los LMP, es importante monitorear su concentración ya que este se considera un nutrientes esencial para muchos organismos autótrofos fotosintéticos.

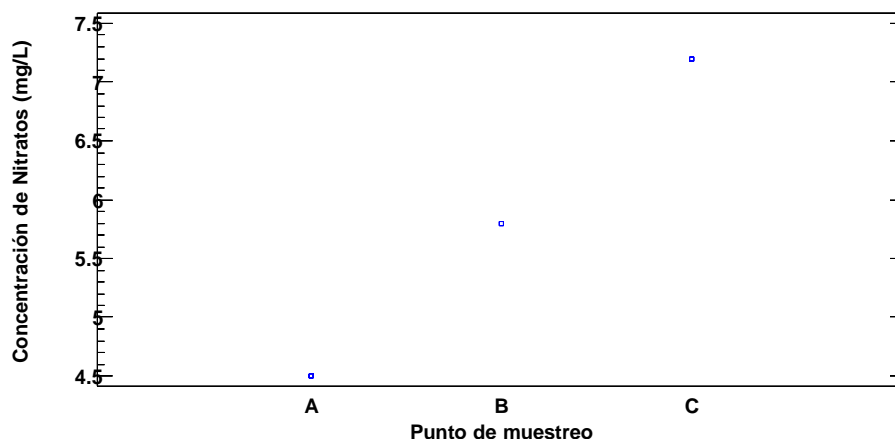


Figura 4. Concentración promedio de nitratos en los puntos de muestreo evaluados.

Fósforo

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, en los muestreos realizados se encontraron valores desde 1.37 hasta 2.75 mg/L (ver figura 5) y de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996 el LMP debe ser 5 mg/L como promedio mensual para garantizar la protección a los ecosistemas, por lo que se puede determinar que este parámetro se encuentra dentro los LMP establecidos en la legislación Mexicana.

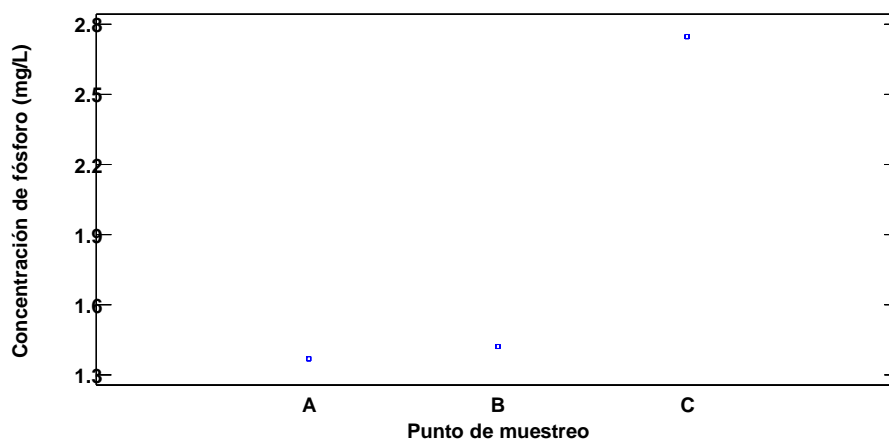


Figura 5. Concentración promedio de fósforo en los puntos de muestro evaluados.

DISCUSIÓN

CONAGUA (2018) refiere que en México las aguas que presenten valores de 1,000 a 10,000 NMP/100 mL de coliformes fecales deben ser consideradas como contaminadas. Es posible comparar los resultados microbiológicos de este estudio con reportes emitidos por la Red Nacional de Calidad del Agua (RENAMECA) durante el periodo 2012-2019, los cuales muestran que, en el Río Atoyac ubicado en Guerrero, uno de sus tres puntos de muestro presenta valores de 4,600 NMP/100mL lo cual permite afirmar que la calidad del agua se encuentra en el rango de contaminada (RENAMECA, 2020). Por otra parte, es importante resaltar que, de acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua, los organismos (Coliformes fecales) no deben exceder de 200 como número más probable en 100 ml (NMP/100 ml) en agua dulce o marina, porque valores por encima de ello pueden indicar que existe una importante actividad microbiana en el cuerpo de agua lo cual podría representar riesgos para la salud del ecosistema.

Por otra parte al contrastar los resultado de los parámetros fisicoquímicos con los encontrados por Cabrera *et al.* (2003) quienes identificaron que en el río Texcalyacac del estado de México los niveles de nitritos oscilaban entre 0.00013 y 0.00066 mg/l, cabe destacar que a diferencia del río Texcalyacac, el Río Seco en muchas zonas ha perdido gran parte de su volumen de agua y la corriente del mismo se ha reducido de forma importante, lo que podría favorecer las concentraciones elevadas de algunos parámetros. Respecto a la concentración de nitratos De Miguel-Fernández (2006) sugiere que los nitratos se pueden encontrar en las aguas superficiales como resultado de la disolución de rocas que los contengan o, bien por la oxidación bacteriana de materia orgánica, Bolaños-Alfaro *et al.* (2017) mencionan que en la evaluación realizada en la provincia de Alajuela, Costa Rica, el ion nitrato estuvo presente en un rango de 0 a 37,45 mg/L, destacándose valores que superaban el LMP establecido en su normativa, debiendo este posible incremento a la proximidad de cultivos cafetaleros de la región.

Finalmente, al comparar los resultados de la presencia de fósforo de esta zona de estudio con lo realizado por Ferat *et al.* (2020) en la cuenca baja del Usumacinta donde durante el periodo de julio a diciembre del año 2017 se registraron niveles de fósforo entre 0.024 y 1.25 mg/L es posible identificar que en la zona Gil Sáenz del Río Seco los valores son

más altos, esto posiblemente sea efecto de algunas fuentes difusas de contaminación. Es importante mencionar que este nutriente bajo cualquiera de sus formas suele operar como un factor que promueve el crecimiento de algas por lo que cuando en un cuerpo de agua existe una gran concentración de este elemento, existe también un crecimiento desmedido de macro y microorganismos fotosintéticos que a su vez afectan la cantidad de oxígeno presente en el agua (Bolaños-Alfaro, 2017), este fenómeno genera una mayor probabilidad de descomposición que puede inducir a los cuerpos de agua a un proceso de eutrofización.

CONCLUSIONES

Los análisis realizados demuestran que, los parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, no obstante la concentración coliformes fecales rebasa los límites establecidos en las diferentes normativas consultadas, se pueden observar variaciones en las concentraciones nitrato en los diferentes muestreos realizados, cabe resaltar que los medios de propagación de este suelen ser frecuentemente la escorrentía y filtración generada por los residuos de las actividades humanas y la incorporación de los mismos en el ciclo del nitrógeno, es por ello que se recomienda evaluar y tomar medidas que permitan frenar el incremento de los elementos contaminantes para reducir la posible eutrofización del agua en la zona de muestreo, así mismo se sugiere realizar el monitoreo en otros puntos del Río Seco y contrastar los resultados con los valores establecidos en los Índices de Calidad del Agua (ICA) nacionales e internacionales para conocer el estatus de calidad del agua de este río y emprender acciones para su rescate y preservación.

LITERATURA CITADA

- Barreto L (2013). Eutrofización en ríos brasileños. *Enciclopedia Biósfera*, 9,16, p. 2179.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro G. y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en*

Marcha. Vol. 30-4. P.p 15-27. DOI: 10.18845/tm.v30i4.3408.

Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H. y Cañizares Macías, M.P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47, 1, 88-92. Recuperado en 23 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S058376932003000100014&lng=es&tlng=es.

CONAGUA (2018). Atlas del agua de México https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/AAM_2018.pdf

De Miguel-Fernandez, C. y Vázquez-Taset, Yaniel Misael (2006). Origen de los nitratos NO₃ y nitritos NO₂ y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *Minería y Geología*, 22,3, pág 1-9 [fecha de Consulta 22 de Enero de 2022]. ISSN: .Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223517652002>

Ferat, M.A., Galaviz- Villa, I., Partida-Cedas, S. (2020). Evaluación del Nitrógeno y Fósforo total en escorrentías agropecuarias en la cuenca baja del río Usumacinta (Tabasco, México). *Ecosistemas* 29, 1, 1879. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1879>

ONU (2019). Los desafíos del agua. <https://www.un.org/es/global-issues/water>

UNESCO (2017). Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado.

UNESCO (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático

Ledesma, C., Bonansea, M., Rodriguez, C. M. y Delgado, A. R. S. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba, Argentina. *Revista Ciencia Agronómica*, 44(3), 419–425. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300002>

RENAMECA (2020). *Calidad del agua en el Río Atoyac, Guerrero*. Conagua. Recuperado 24 de mayo de 2022, de https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/calidad_del_agua/diagnostico_atoyac_querrero_2012-2019.pdf

Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev. Fac. Nac. Salud Pública, 2017; 35, 2, 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08