

# CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA EN LAS CERCANÍAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO MARIATO, VERAGUAS, PANAMÁ

*COLIFORM POLLUTION AND PHYSICAL-CHEMICAL EVALUATION OF THE WATER NEAR THE MOUTH OF THE MARIATO RIVER, VERAGUAS, PANAMA*

José J. Him Fábrega<sup>1</sup>, Katherine Núñez<sup>2</sup> y Anabel González<sup>2</sup>

[jose.him@up.ac.pa](mailto:jose.him@up.ac.pa); <https://orcid.org/0000-0002-7872-4098>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Escuela de Biología. Panamá.

<sup>2</sup>Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.

[nunezkatherine38@gmail.com](mailto:nunezkatherine38@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-9219-6519> ;  
[anabellitag06@gmail.com](mailto:anabellitag06@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4698-1970>

## RESUMEN

Los ríos que desembocan en el Golfo de Montijo están en la zona denominada como área de amortiguamiento del Parque Nacional Coiba. Uno de estos ríos es el río Mariato, el cual a lo largo de su trayectoria tiene diversas actividades agropecuarias y poblaciones que pueden estar afectando la calidad de sus aguas. Se efectuó un monitoreo en este río entre 2019 y 2020. Para determinar la calidad de la última parte del río se escogió el tramo que se encuentra en la desembocadura. Se realizaron cinco muestreos en la época lluviosa y tres en la época seca. La presencia de coliformes totales se determinó por siembra en tubos múltiples con CBVB y para coliformes fecales se usó la técnica DEV en agar SIM a 44.5 °C de incubación. A las muestras también se le midió pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos disueltos totales. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS. Los resultados fueron comparados con los rangos establecidos por COPANIT, y estos mostraron bajas concentraciones de oxígeno disuelto y altos valores de sólidos disueltos. Los conteos de coliformes totales y fecales se mantuvieron en los rangos aceptables. Se detectaron valores mayores de coliformes totales, oxígeno disuelto y pH en época lluviosa. En la época, seca se presentaron valores más elevados de coliformes fecales, sólidos disueltos totales y temperatura. Los resultados muestran que la parte baja de la desembocadura se mantiene dentro de los límites aceptables en los parámetros importantes.

**PALABRAS CLAVE.** Golfo de Montijo, coliformes totales y fecales, calidad de agua.

## ABSTRACT

The rivers that flow into the Gulf of Montijo are in the area known as the buffer zone of the Coiba National Park. One of these rivers is the Mariato River, which throughout its course has various agricultural activities and populations that may be affecting the quality of its waters. Monitoring was carried out on this river between 2019 and 2020. To determine the quality of the last part of the river, the section located at the mouth was chosen. Five samplings were carried out in the rainy season and three in the dry season. The presence of total coliforms was determined by seeding in multiple tubes with CBVB and for fecal coliforms, the DEV technique was used on SIM agar at 44.5 °C incubation. The samples were also measured for pH, dissolved oxygen, conductivity, and total dissolved solids. The data were analyzed with the statistical program SPSS. The results were compared with the ranges established by COPANIT, and these showed low concentrations of dissolved oxygen

and high values of dissolved solids. Total and fecal coliform counts remained within acceptable ranges. Higher values of total coliforms, dissolved oxygen and pH were detected in the rainy season. In the dry season, there were higher values of fecal coliforms, total dissolved solids, and temperature. The results show that the lower part of the mouth remains within the acceptable limits in the important parameters.

**KEY WORDS.** Gulf of Montijo, total and fecal coliforms, water quality.

Artículo recibido: 29 de enero de 2022.

Artículo aceptado: 10 de marzo de 2022

## INTRODUCCIÓN

Monitorear la calidad de las aguas de un río es importante para el diagnóstico del deterioro de los ecosistemas acuáticos y su entorno sobre todo de aquellos que están relacionados con el desarrollo de actividades humanas. En Panamá, es de importancia saber el nivel de contaminación de los ríos que llegan al área de amortiguamiento del Parque Nacional Coiba no solo por su interacción con el sitio RAMSAR y el área de Coiba, sino también por la gran cantidad de actividades económicas relacionadas a la pesquería y captura de productos del mar como las conchas y cangrejos (Fundación MarViva, 2019). Varios estudios muestran este grado de contaminación en Panamá (Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009; Him Fábrega y Johnson, 2012), por esta razón es importante mantener un monitoreo de la calidad de las aguas de esta región.

Para determinar la calidad de las aguas superficiales de una región o de un río, es importante monitorear algunos factores físico – químicos y bacteriológicos (Him Fábrega et al, 2019). Los análisis bacteriológicos mayormente reconocidos para establecer esta calidad son los coliformes totales y fecales (Cho et al, 2016; Divya y Solomon, 2016; Valenzuela et al, 2009). Estos análisis determinan la influencia de la actividad humana en el recorrido del río.

El objetivo de este estudio fue el de detectar la contaminación por coliformes totales y fecales, así como también monitorear algunos factores físico – químicos del agua del río Mariato en la parte próxima a su desembocadura entre los años 2019 y 2020.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### El área de estudio

El área de estudio está ubicada en el distrito de Mariato, específicamente en el río Mariato al sur de la provincia de Veraguas. El río pasa por el lado sur de la población de Mariato y desemboca en Playa Reina. Cerca de la desembocadura hay un puerto que se dedica al transporte de productos y personas. Poco se sabe de las características bacteriológicas y físico – químicas en este río. La Figura 1 presenta el mapa y las características físicas y de uso del agua junto con las coordenadas geográficas de los diversos sitios de muestreo considerados en el presente trabajo.

**Figura 1**

*Ubicación geográfica de los sitios de muestreo y sus características en el Río Mariato, Provincia de Veraguas. Sitio 1: desembocadura, sitio 2: puerto y sitio 3: puente.*



Nota: Características de los sitios de muestreo

Sitios	Características	Latitud	Longitud
1	Desembocadura Parte final a 50 m de unirse al mar.	07° 37.060' N	080° 59.240' W
2	Puerto Lugar de carga y descarga de mercancía y productos de la pesca, también usado para embarcar personas.	07° 37.268' N	080° 59.512' W
3	Puente Localizado cerca del pueblo de Mariato, sobre la carretera que va al sur del distrito. El sitio es usado para actividades recreativas.	07° 38.365' N	080° 58.603' W

### **Procedimiento de muestreo**

Se realizaron cinco muestreos entre los meses de enero a marzo para época seca y cinco muestreos en los meses de abril, agosto y octubre para la época lluviosa. El muestreo, transporte y conservación de las muestras se realizó según las recomendaciones de la APHA (1998). Las muestras fueron transportadas en hieleras entre 5 y 10 °C hasta el

laboratorio de microbiología del Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV). Cada muestra tardó entre 4 a 5 horas en ser procesadas.

Para la toma de muestras en campo, se utilizaron envases de vidrio neutro esterilizados (autoclave 120°C/30 minutos o calor seco 180°C/2 horas), con excepción de la muestra para conductividad que se hizo en un envase de plástico. Las muestras se tomaron de la superficie de la corriente de agua colocando los envases a contracorriente para llenarlos. En cada sitio muestreado se tomaron tres muestras que luego fueron homogeneizadas para hacer los análisis microbiológicos. Los datos fisicoquímicos fueron tomados con un multiparámetro Combo pH & EC Hanna (pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, temperatura y conductividad) y un medidor de oxígeno HI 9147 (oxígeno disuelto y DBO).

Los recuentos microbiológicos de coliformes totales se efectuaron mediante la técnica de número más probable (NMP) en series de tres tubos. Se empleó el medio caldo bilis verde brillante (CBVB; Scharlau) para la prueba. Los tubos fueron incubados de 24 a 48 h a 37 °C para determinar la formación de gas en los mismos. Los tubos positivos fueron considerados para los recuentos de coliformes totales, y estos fueron usados para aplicar la técnica DEV en agar SIM a 44.5°C para detectar coliformes fecales. La prueba de indol positiva se contabilizó como presencia de coliformes fecales (Larrea-Murrell et al, 2012).

Los resultados fueron agrupados según el sitio de muestreo y la época del año y analizados mediante el programa estadístico SPSS.

## RESULTADOS

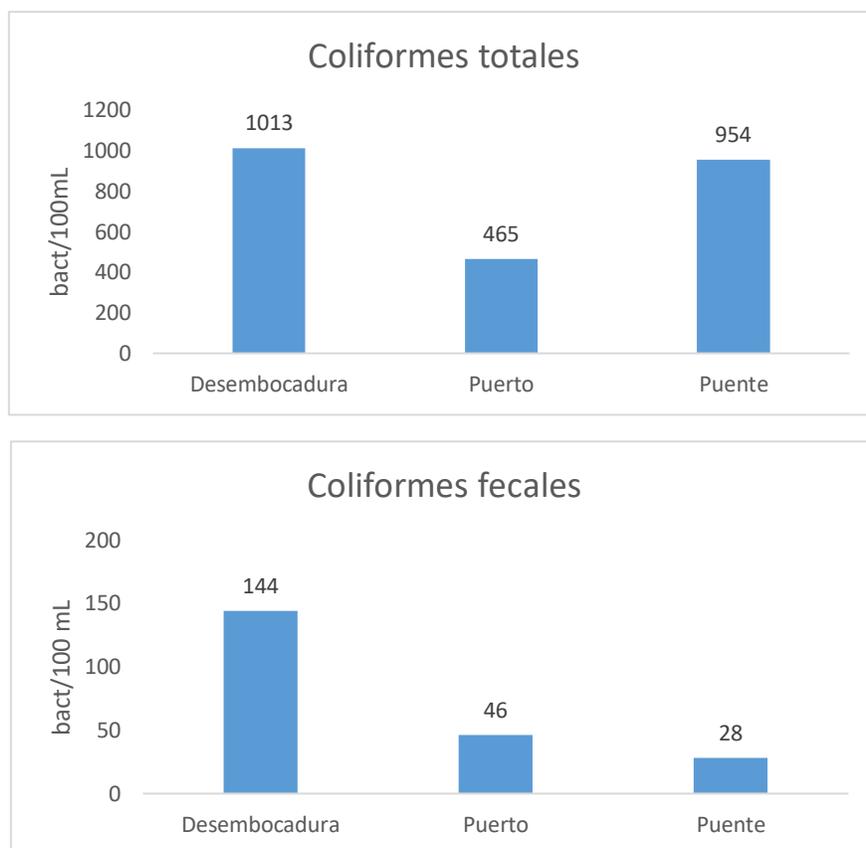
Los resultados para los recuentos bacteriológicos de los sitios de muestreos fueron promediados y expresados en la Figura 2. En la figura se presentan los resultados desde la desembocadura, luego el puerto y finalmente el puente sobre el río que queda en la población de Mariato. La densidad de coliformes totales en la desembocadura fue de 1013 bact/100 ml, en el puerto 465 bact/100 ml y en el puente fue de 954 bact/100 ml. Para coliformes fecales los resultados fueron: en la desembocadura fue de 144 bact/100 ml, en el puerto 46 bact/100 ml y en el puente fue de 28 bact/100 ml.

Los análisis estadísticos de normalidad de Shapiro – Wilk para los recuentos bacteriológicos determinaron aplicar la prueba ANOVA para los datos de coliformes totales y Kruskal-Wallis para los datos de coliformes fecales. Los resultados de la prueba de Tukey de coliformes totales mostró similitud de los tres lugares muestreados ( $P= 0.392$ ). Para el análisis de coliformes fecales se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, que presentó igualdad entre los sitios desembocadura, puerto y puente ( $P= 0.404$ ).

Las medias de los factores físico – químicos fueron: oxígeno disuelto en ppm en desembocadura 7.1, puerto 4.8 y puente 6.3; SDT en ppm en desembocadura 816.7, puerto 569.7 y puente 138; conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en desembocadura 2214, puerto 1055 y puente 150; pH en desembocadura 7.2, puerto 7.3 y puente 7.2; temperatura en °C en desembocadura 29.7, puerto 29 y puente 29.7.

**Figura 2**

*Medias de los recuentos de coliformes totales y fecales en los tres sitios de muestreo en el Río Mariato.*

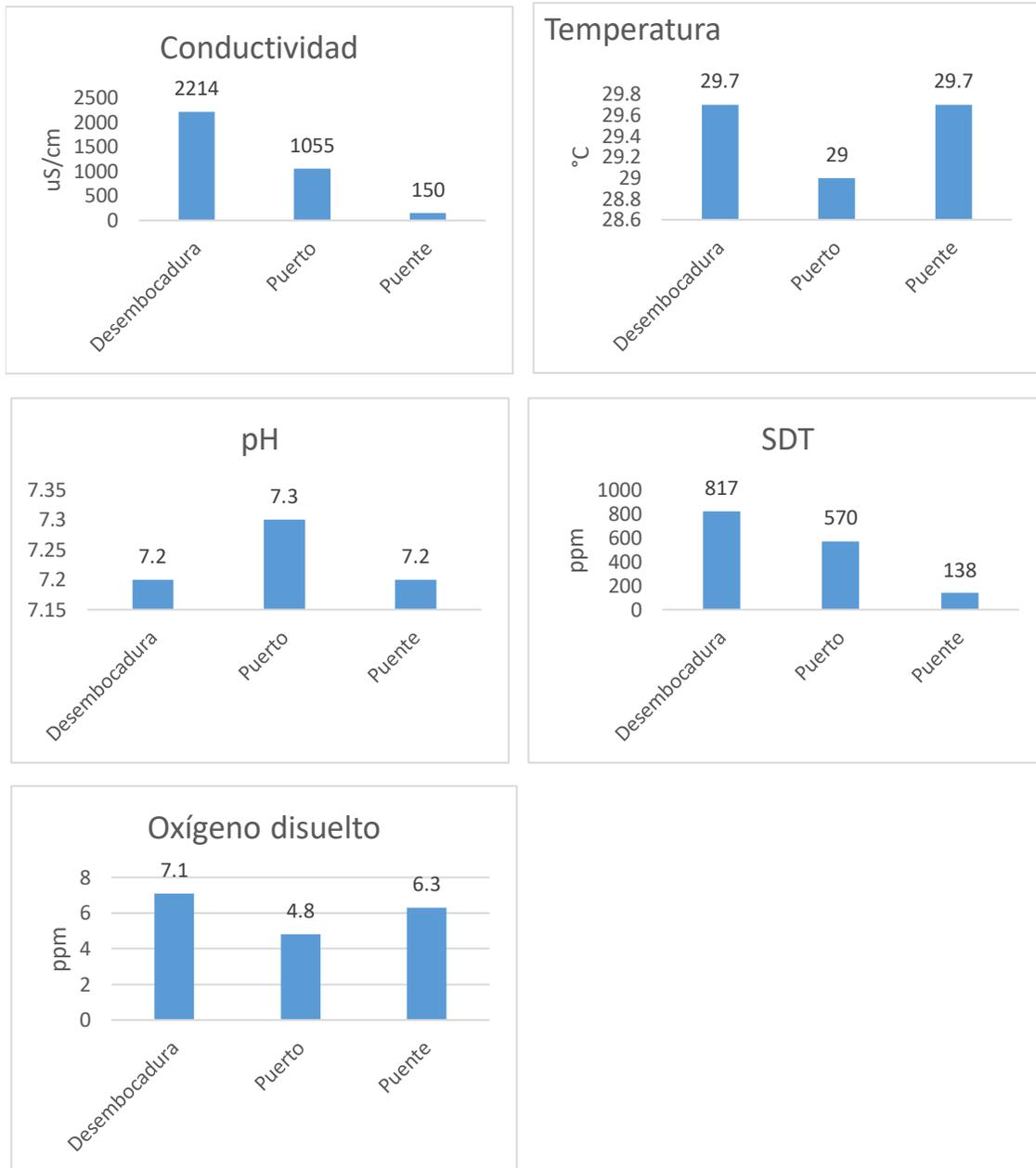


Los resultados de los factores fisicoquímicos se presentan en la Figura 3. El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias significativas en las variables sólidos disueltos totales ( $P=0.346$ ), conductividad ( $P=0.312$ ), pH ( $P=0.927$ ) y temperatura ( $P=0.413$ ). La prueba de Kruskal-Wallis tampoco mostró diferencias significativas en oxígeno disuelto ( $P=0.583$ ) y conductividad ( $P=0.542$ ).

Ya que no se encontraron diferencias entre los sitios de muestreos, todos los datos se asumieron como un solo conjunto y fueron reorganizados por época del año (lluviosa y seca). Para el análisis de los datos, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para todas las variables estudiadas.

**Figura 3**

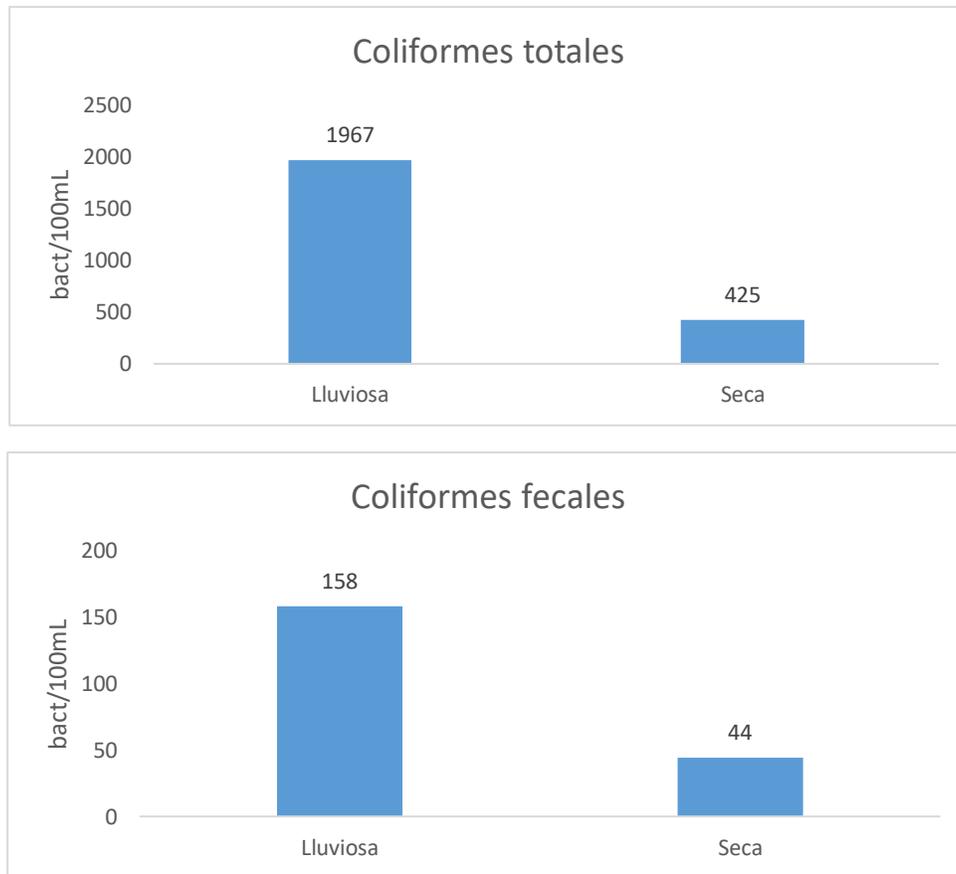
*Medias de los valores de los factores fisicoquímicos estudiados en los diferentes sitios de muestreos.*



Se encontraron diferencias significativas tanto en coliformes totales ( $p=0.026$ ) como en coliformes fecales ( $p=0.015$ ). Los valores promedio de ambas variables fueron significativamente más altos en la época lluviosa (Figura 4).

**Figura 4**

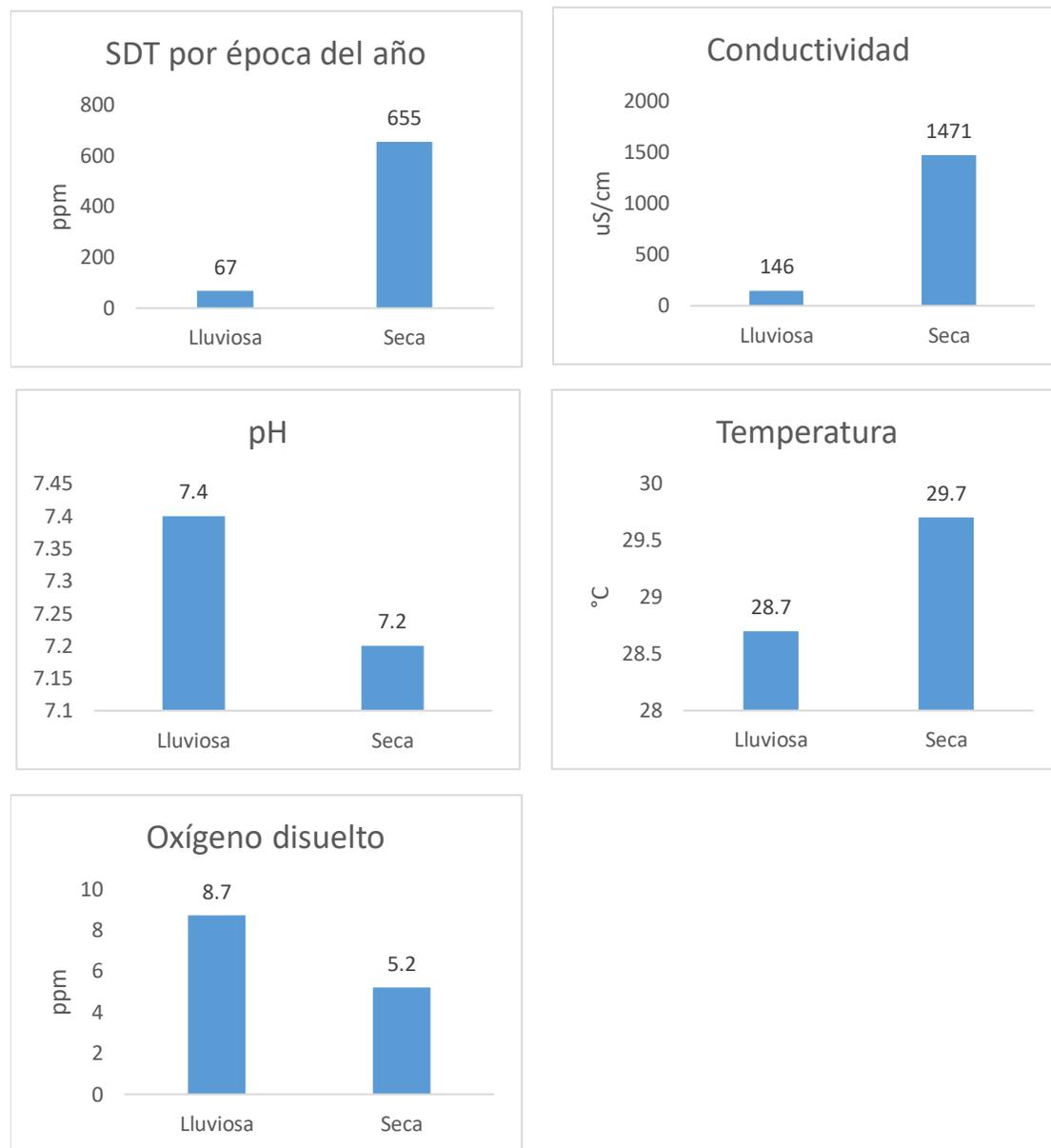
*Medias de los recuentos de coliformes totales y fecales en las épocas lluviosa y seca del Río Mariato en los años 2019 y 2020.*



La Figura 5 muestra los resultados obtenidos para los parámetros físico - químicos por época del año. Se observó que los valores de SDT fueron mayores ( $P = 0.005$ ) en la época seca que en la época lluviosa. Lo mismo ocurrió con los valores de conductividad ( $P = 0.018$ ) y temperatura ( $P = 0.005$ ). Por otra parte, los valores promedio de pH y oxígeno disuelto fueron significativamente mayores en la época lluviosa ( $p=0.018$  y  $p=0.009$  respectivamente).

**Figura 5**

*Medias de los valores de los factores fisicoquímicos agrupados por época de año.*



## DISCUSIÓN

Según la norma COPANIT, el límite máximo de coliformes totales es de 1000 bact/100 ml, por lo que la densidad de coliformes totales por sitios de muestreos se encuentran en un rango aceptable. Estos niveles altos de bacterias pueden sugerir algún tipo de contaminación no fecal, que puede provenir del suelo o materia orgánica, ya que se incluyen todo tipo de bacterias Coliformes (Him Fábrega et al., 2019). Los valores de coliformes fecales por sitios de muestreos no sobrepasan los límites permisibles de las normas establecidas por COPANIT ( $\leq 250$  bacterias/100ml para aguas residuales), ni tampoco las normas nacionales de Costa Rica ( $\leq 1000$  bact/100m, según Mora Molina y Calvo Brenes, 2011). En consecuencia, se puede afirmar que estas aguas son de calidad aceptable para actividades recreacionales y de contacto directo.

La ausencia de diferencias significativas en coliformes totales y fecales para los tres sitios de muestreo indican que esta contaminación es estable en este tramo del río debido principalmente a la suma de todas las actividades humanas cercanas y las que se dan río arriba.

Los niveles de oxígeno disuelto son un reflejo del posible impacto que la actividad humana ejerce sobre el ecosistema. Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 mg/L, aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6 ppm para soportar diversidad de vida acuática. (Lenntech, 2007). El valor límite de oxígeno disuelto permisible establecido por COPANIT en Panamá es 5 mg/L en aguas superficiales para actividades que implican contacto directo. De los sitios estudiados, el puerto presentó un nivel por debajo del límite (4.8 mg/L), lo que hace pensar que este sitio tiene un mayor grado de afectación que se puede deber a la actividad humana y la poca circulación en el área. Los otros sitios tienen buena oxigenación.

Las altas concentraciones de sólidos totales disueltos, especialmente en la desembocadura, donde existe influencia marina, afecta de manera directa la disponibilidad de oxígeno presente en los puntos muestreados. Esto explica los niveles de concentración de oxígeno disuelto encontrados en el puente y el puerto.

Los valores de pH estuvieron dentro del rango aceptable según el índice de aguas superficiales de COPANIT, por lo que, en base a este parámetro, la calidad del agua en los puntos muestreados del río Mariato se puede considerar aceptable. Lo mismo ocurrió con los valores de temperatura que se mantuvo cerca de los 29.5°C. Según el rango permisible de la norma COPANIT, el valor aceptado oscila entre 15°C - 35°C, por lo tanto, los datos de este estudio están dentro de los valores permitidos, indicando que la temperatura del agua no afecta negativamente la vida acuática.

Los valores de coliformes totales fueron mayores en la época lluviosa que en la época seca. Según Gallardo (2009) esto es consecuencia del arrastre de materia orgánica y de partículas en suspensión hacia el manto acuífero. Lo mismo se puede decir de los coliformes fecales, aunque estos valores no superaron los límites establecidos por las normas de COPANIT. Todo esto indica que el arrastre de materiales producto de la erosión pluvial es tan importante en este río como lo reportado por otros autores (Zhen et al., 2010; Leandro et al, 2010; Calvo y Mora, 2012; Barrantes et al, 2013; Martínez et al, 2013).

Los resultados de oxígeno disuelto por época del año están entre los rangos permitidos de la norma COPANIT, aunque fueron menores en la estación seca. Grey (2014), señaló que los niveles de oxígeno disuelto disminuyen durante la estación seca y que los bajos registros pueden deberse a afloramiento estacional o a la alta concentración de sólidos disueltos. Una baja concentración de oxígeno disuelto es considerada un indicativo de contaminación y de la baja capacidad del cuerpo de agua de mantener vida

acuática. El nivel de sólidos totales disueltos fue mayor en época seca. En esta época hay mayor cantidad de turistas en la zona, lo que puede ocasionar un aumento en sólidos por disposición directa (Tiffer, 2003).

Aunque la temperatura fue mayor en la época seca y el pH resultó mayor en la lluviosa, ambos se mantuvieron en el rango aceptado por COPANIT según sus normas de índice de aguas superficiales, indicando que la vida acuática no se ve afectada por cambios estacionales en dichos parámetros.

## CONCLUSIÓN

En los sitios de muestreo (puente, puerto y desembocadura), las variables microbiológicas de coliformes totales, coliformes fecales y parámetros físicos-químicos no presentaron diferencias significativas.

La presencia de coliformes totales y fecales comparados por sitios de muestreo, indican que hay perturbación de la calidad del agua. Sin embargo, los valores registrados se mantuvieron en el rango de calidad de agua aceptable según la norma de calidad de agua de Panamá, para actividades de uso recreativo.

Los valores aceptables de los parámetros fisicoquímicos por sitios de muestreo según las normas panameñas fueron: pH y temperatura; es decir que puede haber desarrollo de vida acuática. Un valor bajo de oxígeno disuelto en el sitio puerto es probablemente influenciado por actividades antropogénicas observadas.

Hubo mayor representación de bacterias coliformes totales y fecales en la época lluviosa, lo que muestra un importante impacto de la precipitación sobre la calidad microbiológica del agua en los sitios estudiados.

Los valores para SDT, conductividad fueron mayores en época seca; esperado por su relación de solutos en el agua.

Aunque la temperatura y el pH mostraron diferencias significativas en las dos épocas del año, sus rangos se mantuvieron en lo aceptable, por lo que no representa un riesgo para las aguas de esta parte del río.

La mayor concentración de oxígeno disuelto en la época lluviosa en esta parte del río Mariato es compatible con la cinética del agua de la temporada.

Los resultados muestran que el tramo del río Mariato estudiado tiene una calidad ambiental aceptable, a pesar de que se observan malas prácticas en la disposición de residuos en áreas cercanas al río.

## REFERENCIAS

APHA, (1998). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. y Eaton, A. D. (Eds.). American Public Health Association-American Water Works Association - Water Pollution Control Federation, Maryland.

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). (2009). *Informe del monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá. Compendio de resultados 2002-2008.*

[http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos\\_pdf/Compendio\\_2002\\_2008\\_junio\\_new.pdf](http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos_pdf/Compendio_2002_2008_junio_new.pdf)

- Barrantes, K., Chacón, L., Solano, M. y Achí, R. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 33(1), 40-45.
- Calvo, G. y Mora, J. (2012). Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés. *Tecnología en marcha*. 25 (5): 37-44.
- Cho, K. H., Pachepsky, Y. A., Kim, M., Pyo, J. C., Park, M. H., Kim, Y. M., Kim, J. W., y Kim, J. H. (2016). Modeling seasonal variability of fecal coliform in natural surface waters using the modified SWAT. *Journal of Hydrology*, 535, 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.084>
- Divya, A. H., y Solomon, P. A. (2016). Effects of Some Water Quality Parameters Especially Total Coliform and Fecal Coliform in Surface Water of Chalakudy River. *Procedia Technology*, 24, 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.151>
- Fundación MarViva. (2019). *Plan de manejo: área de recursos manejados humedal Golfo de Montijo*. Gaceta oficial digital, Ministerio de Ambiente, Gobierno Nacional, República de Panamá.
- Gallardo, C. C. (2009). Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del Cantón el Almendro del Municipio de Jucuaran, Usulután. (Tesis de Maestría). Universidad de El Salvador.
- Grey, A., Domínguez, V., y Castellero, M. (2014). Determinación de Indicadores Físicoquímicos y Microbiológicos de calidad del agua superficial en la Bahía de Manzanillo. *I + D Tecnológico*, 10(1), 16-27.
- Him Fábrega, J.J. y Johnson, A. (2012). Contaminación microbiológica y físico-química apartada por el Río San Pedro al Golfo de Montijo, Veraguas. *Tecnociencia*, 14(1), 21–34.
- Him Fábrega, J. J., Arena, E., y Bósquez, K. (2019). Calidad físico-química y microbiología del agua del Río Santa María en las inmediaciones del reservorio de agua del Acueducto de Santiago, Veraguas. *Tecnociencia*, 21(2), 13–30.
- Larrea-Murrell, J, Rojas-Badía, M, Romeu-Álvarez, B, Rojas-Hernández, N y Heydrich-Pérez, M. (2012). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. Universidad de La Habana.
- Leandro, H., Coto, J. y Salgado, V. (2010). Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del Río Virilla. *Uniciencia*. 24, 69-74.
- Lenntech, B. V. (2007). Agua residual y purificación del aire Holding. BV <http://www.lenntech.com/español/tabla-periodica/Cd.htm> Holanda.
- Martínez, G., Fermín, I., Brito, F., Márquez, A., De La Cruz, R., Rodríguez, G. y Pinto, F. (2013). Calidad de las Agua del Caño Mánamo, Delta del Río Orinoco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. 52(1): 17-27.
- Mora Molina, J., y Calvo Brenes, G. (2011). Evaluación y clasificación de la calidad de varios cuerpos de agua en la Península de Osa. *Tecnología En Marcha*; 24(3). <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4417>

Tiffer, R., Mata, A. y Peñon, M. (2003). Plan de Manejo del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste. Centro Científico Tropical, 1-5.

Valenzuela, M., Lagos, B., Claret, M., Mondaca, M. A., Pérez, C., y Parra, O. (2009). Fecal Contamination of Groundwater in a Small Rural Dryland Watershed in Central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392009000200013>

Zhen-Wu, B. Y. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 2(1): 45-61.