



CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA DESEMBOCADURA CONJUNTA DE LOS RÍOS PLAYITA Y PAVO EN ARENAS DE QUEBRO (VERAGUAS, PANAMÁ)

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER AT THE JOINT MOUTH OF THE PLAYITA AND PAVO RIVERS IN ARENAS DE QUEBRO (VERAGUAS, PANAMA)

José J. Him Fábrega¹ , Zimri Fuentes²  y Yamy Villarreal³ 

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas; Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá jose.him@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7872-4098>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas; Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá. zimri.fuentes@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0004-6676-0931>

³Ministerio de Educación de Panamá, Colegio Padre Segundo Familiar Cano, Panamá yamy.villarreal@meduca.edu.pa <https://orcid.org/0009-0003-4053-9748>

DOI <https://doi.org/10.48204/j.mesoamericana.v27n1.a7369>

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido: 23 de julio 2023 | Aceptado: 15 enero 2025 | Publicado: 30-abril 2025.

Como citar este documento: Him F., J.J., Fuentes Z. y Villarreal Y. 2025. Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en la desembocadura conjunta de los ríos Playita y Pavo en Arenas de Quebro (Veraguas, Panamá).

Autor corresponsal: José J. Him Fábrega, Universidad de Panamá, jose.him@up.ac.pa,

Contribución de los autores: Los autores de este trabajo declaran haber participado en la realización de este proyecto de investigación en todas sus etapas, búsqueda de información y redacción del artículo.

Editor: Alonso Santos Murgas.

ABSTRACT: The rivers that flow into the Gulf of Montijo in Veraguas (Panama) have a significant impact on this ecosystem. These rivers include the Playita and Pavo rivers in southern Mariato. Physicochemical and microbiological tests were conducted at their mouths. Microbiological tests used enterococci as indicators of fecal contamination. The objective of this study was to measure some of these factors, particularly the degree of fecal contamination in these rivers. Field trips were conducted during the rainy season of 2021 and the dry season of 2022. Surface water samples were taken, a total of five in each season. The samples were analyzed in the field for physicochemical factors (pH, temperature, conductivity, and total dissolved solids), and other samples in sterile containers at 7°C were taken to the microbiology laboratory of the Veraguas Regional University Center. These samples were analyzed for *Enterococcus* spp. using the Enterolert-DW system. Statistical tests were applied to the data using SPSS software. No significant differences were observed across sampling sites, but differences were observed when separated by season. Total dissolved solids, conductivity, and temperature were highest during the dry season. The pH was higher during the rainy season. *Enterococcus* counts remained the same across sampling sites and seasons and did not exceed the risk limits established for recreational activities in these rivers. These results are useful for monitoring pollution in these rivers as they flow toward the mouth of the Gulf of Montijo, which is important for the authorities' actions in managing the area.

KEYWORDS: Coiba, *Enterococcus*, Gulf of Montijo, microorganisms indicating fecal contamination, Panama, River water quality.

RESUMEN: Los ríos que desembocan en el Golfo de Montijo en Veraguas (Panamá) tienen gran repercusión en este ecosistema. Entre estos ríos se encuentran los ríos Playita y Pavo en el sur de Mariato. En su desembocadura se hicieron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Entre las pruebas microbiológicas se utilizan los enterococos como indicadores de contaminación fecal. El objetivo de este estudio fue medir algunos de estos factores, sobre todo el grado de contaminación fecal de estos ríos. Se hicieron giras durante la época lluviosa de 2021 y la época seca de 2022. Se tomaron muestras de aguas superficiales, un total

de cinco muestras en cada época. Las muestras fueron analizadas en campo para los factores fisicoquímicos (pH, temperatura, conductividad y sólidos disueltos totales) y otras muestras en envases estériles a 7 °C fueron llevadas al laboratorio de microbiología del Centro Regional Universitario de Veraguas. Estas muestras fueron analizadas por el sistema Enterolert-DW para *Enterococcus spp.* A los datos se les aplicaron pruebas estadísticas con el programa SPSS. No se observaron diferencias significativas en los sitios de muestreo, pero si se presentó diferencia al separarlas por época del año. Los sólidos disueltos totales, la conductividad y la temperatura fueron más altos en la época seca. El pH resultó mayor en la época lluviosa. Los recuentos de enterococos se mantuvieron iguales con respecto a sitios de muestreo y épocas del año, y no sobrepasaron los límites de riesgo establecidos para las actividades de recreación de estos ríos. Estos resultados sirven para monitorear la contaminación de estos ríos en su trayecto hacia la desembocadura en el Golfo de Montijo, lo cual es importante para las acciones de las autoridades en el manejo de la zona.

PALABRAS CLAVE: Calidad de aguas de río, Coiba, *Enterococcus*, Golfo de Montijo, microorganismos indicadores de contaminación fecal, Panamá.

INTRODUCCIÓN

La calidad de las aguas de ríos ha sido monitoreada por muchos años en diferentes partes del mundo (Badilla-Aguilar & Mora-Alvarado 2019a; Pauta *et al.* 2019; Campaña, Gualoto & Chiluisa-Utreras 2017; Chan-Quijano *et al.* 2013; Calvo, Mora & Mora-Molina 2012; Toro *et al.* 2002). El monitoreo de las aguas de los ríos se hace cada vez más necesario por las descargas domésticas e industriales que causan una contaminación creciente de estos ecosistemas (Cutillas, Álvarez, Ortega, García & Cabañero 2019; Campaña *et al.* 2017). Por estas razones, se escogieron dos ríos en el sur de Veraguas (Panamá) que tienen una desembocadura conjunta hacia el Golfo de Montijo; se trata de los ríos Pavo y Playita. Estos ríos, al igual que otros que también desembocan en el Golfo de Montijo, contribuyen en la calidad del ecosistema marino del Golfo.

Los problemas causados por esta contaminación son varios; el deterioro de los ríos, el aumento de los organismos patógenos en las aguas de los ríos y de los mares donde desemboca (Han, Tian & Zhang 2025; Cabot, Piccini, Inchausti, de la Escalera & García-Alonso 2024), los contaminantes que arrastran los ríos son llevados al mar y a las playas cercanas a su desembocaduras (Badilla-Aguilar & Mora-Alvarado, 2019b; Mora-Alvarado, Vega-Molina, & González-Fernández, 2019; Morales, 1999), entre otros. Está establecido que los mayores problemas de las aguas contaminadas están en las infecciones que puedan causar virus, bacterias, protozoos o gusanos parásitos (Han *et al.* 2025). El uso de ríos y playas como recreación presenta el problema de que estos sitios

pueden estar contaminados con microorganismos patógenos que no solo contagian a las personas por ingerir agua, sino también por inhalar aerosoles por entrada de agua en oídos y nari (Bourli, Eslahi, Tzoraki & Karanis 2023; González-Fernández *et al.* 2023; Vanden Esschert *et al.* 2020; Mora-Alvarado *et al.* 2019).

Para detectar la contaminación de aguas se usan parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Entre los fisicoquímicos están el pH, la temperatura, conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT), los cuales dan una idea de algunos problemas que puedan tener los cuerpos de agua; aunque existen otros de igual o mayor importancia como son el oxígeno disuelto, el DBO, DQO, entre otros. En los microbiológicos tradicionalmente se han utilizado a los coliformes totales y fecales, siendo estos últimos la norma a seguir. También se usan otros microorganismos indicadores como los *Enterococcus* fecales (Castillo, Fontalvo & Borja 2018a; Pérez *et al.* 2014), los cuales han sido probados en su eficiencia como indicadores de contaminación por material fecal; es más, se ha indicado que la detección de enterococos define el origen de contaminación fecal humano (Pauta-Calle *et al.*, 2020; Pauta *et al.*, 2019) por lo que aconsejan utilizarlos en este tipo de estudios. Estos análisis contribuyen al monitoreo de las aguas que fluyen en los ríos y que al final llegan a las costas y playas.

El objetivo de la presente investigación fue la de determinar la calidad del agua de los ríos Playita y Pavo en su desembocadura, mediante la medición de algunos factores fisicoquímicos y microbiológicos. Los datos obtenidos se suman a otras investigaciones similares de ríos que desembocan en el Golfo de Montijo en Veraguas, Panamá. Estos datos podrán ser útiles para la

toma de decisiones de las autoridades al momento de para conservar estos ecosistemas que influyen en los sistemas acuáticos y en la recreación de la población.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Los ríos Playita y Pavo se encuentran en el sur del distrito de Mariato en la provincia de Veraguas en la región central de Panamá. Las muestras se tomaron en la porción final de cada río y en la unión de ambos en su desembocadura (**Figura 1**).

Toma de muestras

Para obtener muestras de los sitios señalados, frascos de vidrio con tapa de rosca fueron esterilizados con una

autoclave vertical (121 °C, 15 lb/pulg²) y llevados al área de estudio junto con neveras pequeñas que contenían paquetes planos de 15 x 10 x 2 cm con gel congelante. También se llevaron otros recipientes no estériles para hacer análisis en campo de los factores fisicoquímicos. En cada sitio de muestreo se puso el frasco de muestreo abierto en posición contracorriente en la superficie del cuerpo de agua, a unos cinco centímetros de profundidad. El sitio 1 correspondía al río Playita, el sitio 2 a la unión de los dos ríos en su descarga al mar y el sitio 3 al río Pavo. Los recipientes estériles se usaron para las muestras microbiológicas y los no estériles para las muestras fisicoquímicas.

En cada sitio se tomaron cinco muestras en la época lluviosa (mayo a junio) y cinco muestras en la época seca (enero a marzo) del año. Para la muestra microbiológica se obtuvieron tres muestras tras de unos 200

Figura 1.

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo para el análisis de parámetros fisicoquímico y bacteriológico en los ríos Pavo, Playita y la Unión de los ríos Playita y río Pavo, Provincia de Veraguas.



Nota: Coordenadas de los sitios muestreados en la desembocadura del río 1 Río Playita, 7° 21' 12.9" N y 80° 53' 44.0" W; 2 Unión de los ríos Playita y Pavo 7° 21' 12.8" N y 80° 53' 46.1" W; 3 río Pavo 7° 21' 12.1" N y 80° 53' 47.1" W. Fuente: Imagen adaptada de Google Earth.

mL en envases de 250 mL y luego homogeneizados en otro envase de mayor capacidad (unos 500 mL) para obtener la muestra definitiva que era colocada en una nevera y mantenida a unos 8 °C. Esta muestra final fue transportada el mismo día al laboratorio de microbiología del Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV).

En cada sitio, otra muestra fue tomada para determinar los valores fisicoquímicos. Para el análisis de oxígeno disuelto (OD), pH, y sólidos disueltos totales (SDT) se utilizó un envase de vidrio y para la conductividad un envase de plástico. Estas medidas se hicieron con un equipo Combo pH & EC Hanna). Las unidades de medida obtenidas fueron para OD y SDT en ppm y para la conductividad fue en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Análisis de laboratorio

Las muestras en el laboratorio fueron homogeneizadas por agitación y se midió exactamente 100 mL, a los que se le agregó el reactivo para Enterolert-DW®. La mezcla fue homogeneizada por agitación y vertida a una bandeja Quanti tray/2000® que fue colocada en el sellador de Quanti tray®. Cada bandeja se llevó a incubación a 37 °C por 24 horas. Después de la incubación las bandejas fueron leídas en una cámara oscura con luz ultravioleta para observar la reacción del reactivo con las bacterias estudiadas (*Enterococcus*). Una fluorescencia azul fue anotada como positivo. Los pocillos positivos fueron contados y el resultado se leyó en una tabla de número más probable (NMP).

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con el programa estadístico SPSS 20. Primero se analizaron los datos de cada sitio para detectar diferencias entre ellos y luego se analizaron por época del año. Al realizar la prueba de normalidad a los datos se determinó que se podía realizar la prueba de ANOVA a los datos de la época lluviosa, pero a los de la época seca tuvo que aplicarse una prueba de Krukal – Wallis (KW). Para comparar las épocas del año se utilizó una prueba de U de Mann – Whitney. También se hizo una correlación de Spearman entre los enterococos y las variables fisicoquímicas (pH, temperatura, conductividad y SDT).

RESULTADOS

Comparación por sitios de muestreo

Análisis de Enterococcus

Los resultados de los recuentos por el método de NMP con Enterolert-DW fueron promediados y los valores se observan en uno de los recuadros de la **Figura 2**. El ANOVA para los *Enterococcus* mostró que todos los sitios en la época lluviosa eran iguales ($P > 0.05$), y la prueba de KW para la época seca también demostró una igualdad en los sitios ($P > 0.05$).

Factores fisicoquímicos

El análisis estadístico con la prueba de ANOVA para pH, SDT y conductividad demostró una similitud entre los sitios de muestreo en la época lluviosa y en la seca ($P > 0.05$). Para la temperatura la prueba de ANOVA en la época lluviosa, y la de KW para la época seca demostraron que los sitios eran similares en sus mediciones ($P > 0.05$).

Con estos resultados se consideraron a todos los datos de los sitios de muestreo en cada época del año como parte de un solo grupo y se procedió a comparar los datos de la época lluviosa con los de la época seca.

Comparación por época del año

Las medias de las diferentes variables estudiadas fueron diagramadas en gráficos de barras y se pueden observar en la **Figura 3**.

Análisis de Enterococcus

La prueba U de Mann – Whitney para los *Enterococcus* presentó un resultado exacto de $P = 0.050$. Al estar este resultado en la frontera de la significancia se prefirió determinarlo como significativo, estableciendo diferencias entre las dos épocas del año, siendo la seca mayor en el número de estas bacterias indicadoras.

Factores fisicoquímicos

También a los factores fisicoquímicos se le aplicó una prueba de U de Mann – Whitney, obteniendo diferencias significativas en cada uno de ellos. Para el pH y la temperatura se obtuvo una $P < 0.000$, para la conductividad la $P = 0.015$ y para los SDT una $P = 0.001$. Lo que significa un pH mayor en la época

lluviosa; y una temperatura, conductividad y SDT mayores en la época seca.

Correlación de Spearman

Al correlacionar los recuentos de enterococos con las otras variables no se encontró una correlación con la temperatura, conductividad y los SDT ($P > 0.05$); pero si con el pH ($P = 0.007$). Esta correlación resultó negativa (**Figura 4**).

Figura 2.

Valores de las medias de los parámetros estudiados en los sitios de muestreo, como lo indican los títulos superiores: *Enterococcus*, pH, temperatura, SDT y conductividad.

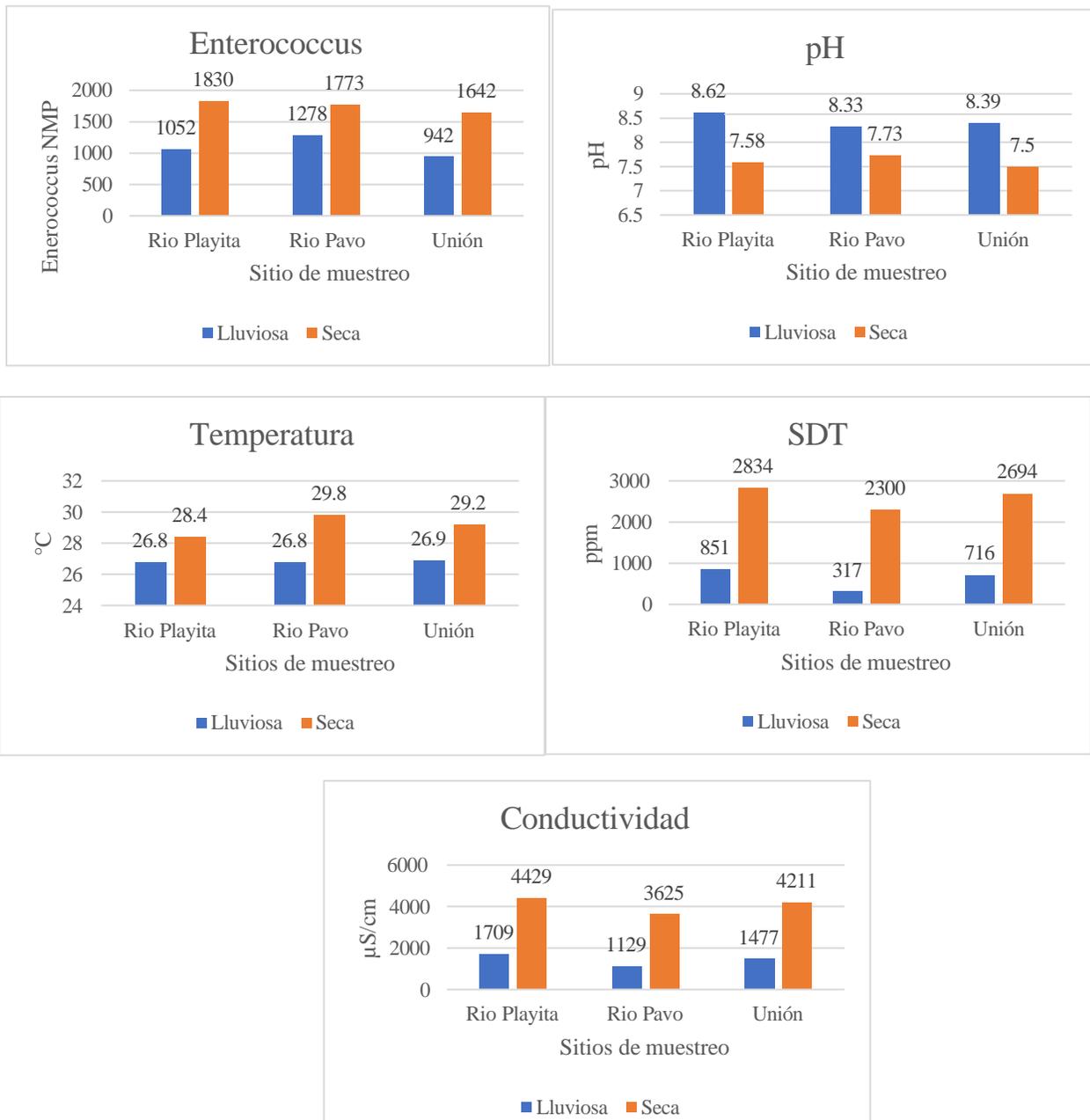
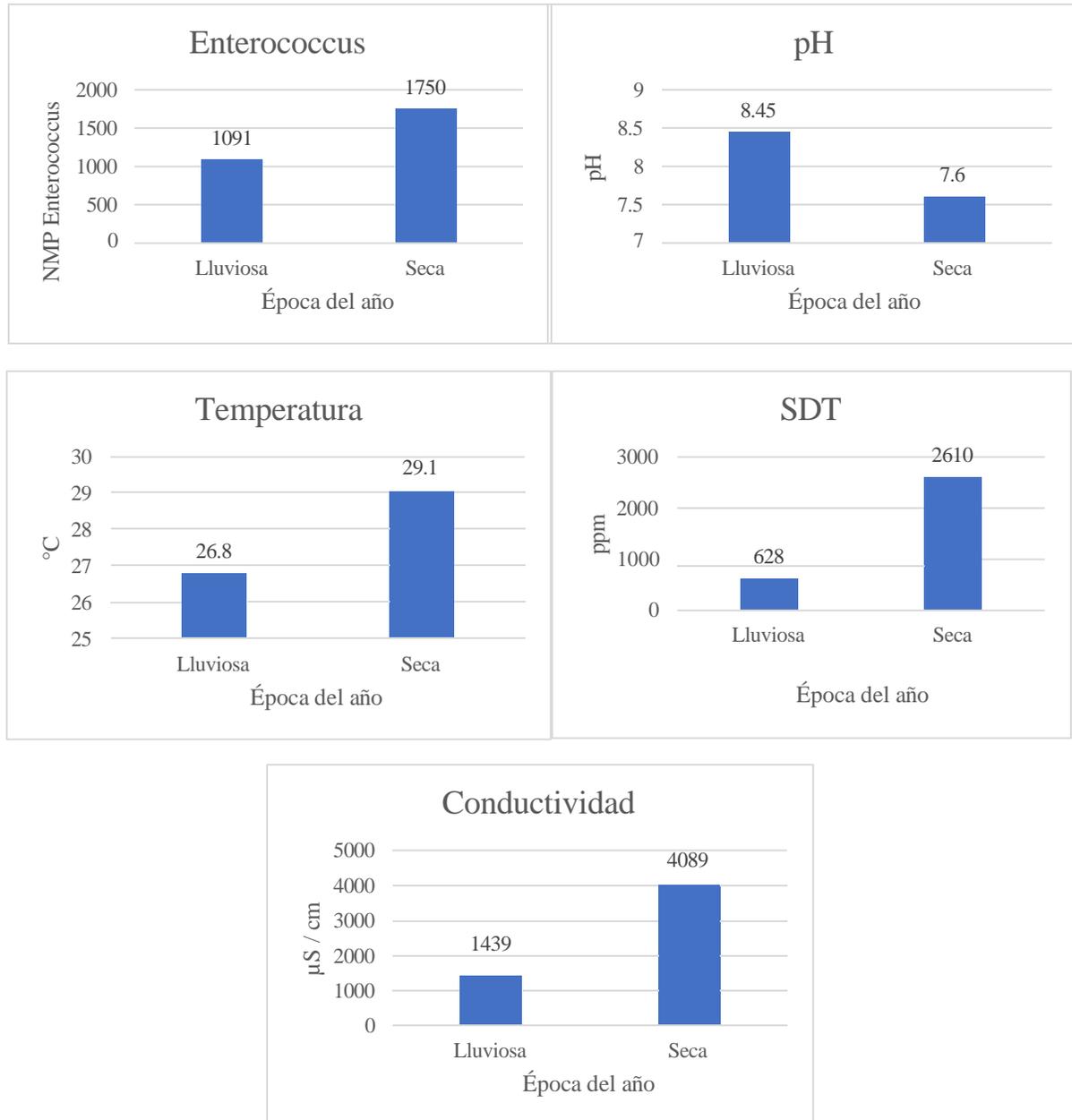




Figura 3

Comparación de las medias de los datos obtenidos en las diferentes épocas del año. En su orden, rotulados en el título: *Enterococcus*, pH, temperatura, SDT y conductividad.



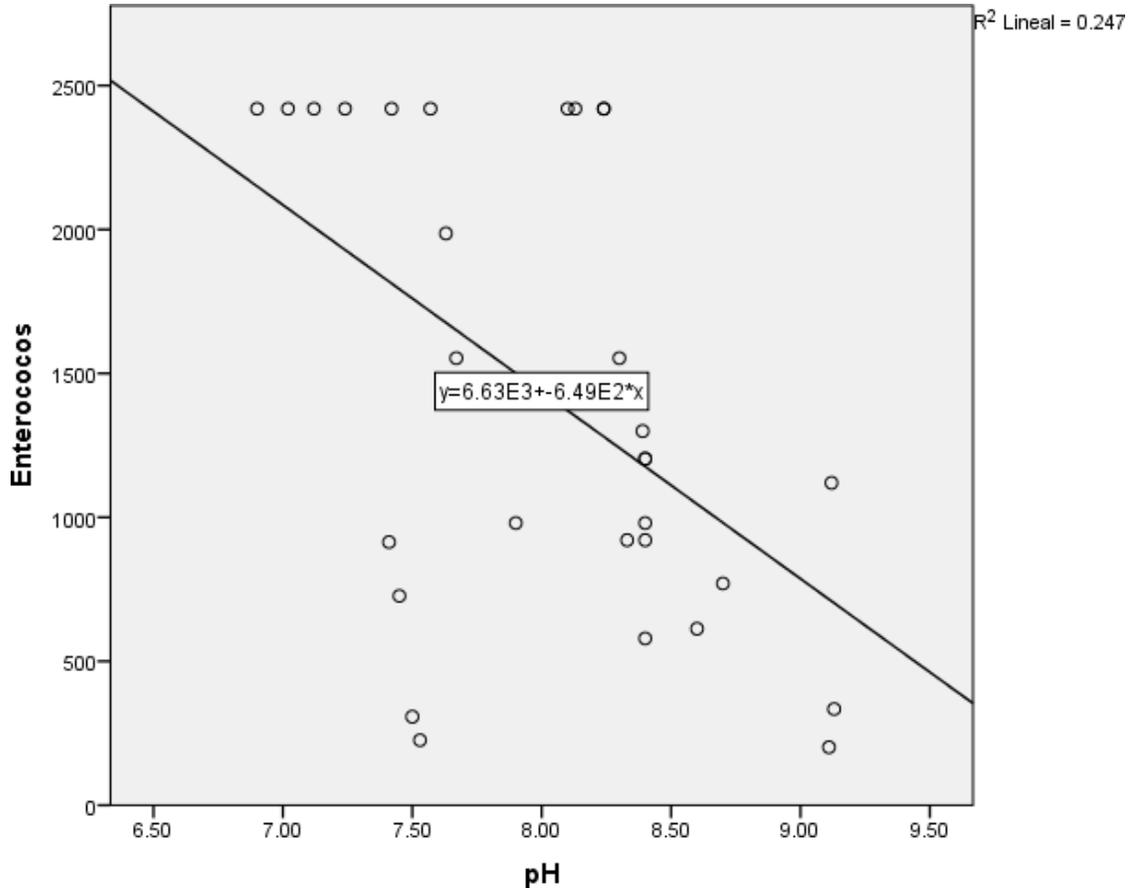
DISCUSIÓN

En los resultados microbiológicos se muestra un mayor recuento de enterococos en la época seca para la desembocadura conjunta de los ríos Pavo y Playita. Estudios en Costa Rica muestran similitudes y otros han

sido de contraste (González-Fernández *et al.* 2023). Resultados obtenidos en Colombia (Castillo *et al.* 2018a) mostraron variaciones en los recuentos microbiológicos en las épocas climáticas, resultando los coliformes totales y fecales más altos en la época de sequía, mientras que los enterococos fecales fueron

Figura 4.

Correlación entre los recuentos de enterococos y el pH obtenidos en los sitios de muestreo de la desembocadura de los ríos Playita y Pavo en Mariato, Veraguas.



mayores durante el periodo de lluvias en algunas estaciones de muestreo, mientras que en otras fue lo contrario. Estos resultados también varían en otros estudios, lo que se puede interpretar como influencia de factores múltiples como por ejemplo el estancamiento de los cuerpos de agua o mayor escorrentía en ciertos lugares (Bowen, Main, Farag & Biddle 2024).

Aunque el nivel de *Enterococcus* se pueda presentar en niveles aceptables, su presencia es indicadora de un riesgo para la salud, ya que ellos son indicadores de posibles organismos patógenos para el ser humano. Es importante resaltar que la influencia de fuentes de contaminación fecal dadas por animales silvestres y domésticos no se correlaciona bien con los recuentos de

enterococos, por lo que estos resultados se asocian más a fuentes humanas (Bowen *et al.* 2024).

Los hallazgos de un pH mayor en la época lluviosa; y una temperatura, conductividad y SDT mayores en la época seca en la desembocadura de los ríos Playita y Pavo van de acuerdo con lo encontrado en otros estudios (Castillo, Fontalvo & Borja 2018b), quienes aseguran que el resultado indica una homogeneidad y estabilidad del sistema hídrico en relación con los SDT.

La no correlación entre los enterococos y los factores fisicoquímicos (temperatura, conductividad y SDT) indicó que en esta región no hay influencia de estos factores en la presencia de estos microorganismos, lo que también fue demostrado para coliformes fecales y

enterococos (Cabot *et al.* 2024; Castillo *et al.* 2018b). En cambio, sí se encontró una correlación negativa con el pH, es decir que a medida que el pH se presentó más elevado disminuyó significativamente la presencia de enterococos. Este resultado contrasta con el encontrado por otros autores en ríos de Colombia (Castillo *et al.* 2018a). Hay que recalcar que el ambiente abordado en este estudio tiene mucha influencia del mar, esto produce una alcalinidad mayor.

Los resultados observados están dentro de normas establecidas internacionalmente y en Panamá como el decreto DGNTI-COPANIT 21-393-99 de la Gaceta Oficial de Panamá (MICI 1999), pero la presencia de estos indicadores alerta sobre posibles patógenos que pueden estar llegando constantemente a estos ambientes. El aumento de las infecciones causadas por diversos patógenos por el uso de aguas recreacionales, indica que son necesarias las medidas de control y tratamientos de las aguas para mantener su buen estado; y que el monitoreo de estos cuerpos de aguas debe seguir haciéndose (Jiang *et al.* 2024; Bourli *et al.* 2023).

CONCLUSIONES

Los niveles de enterococos observados demuestran la contaminación fecal de origen humano en los sitios muestreados. Esto indica que existe un riesgo que debe ser tomado en cuenta para evitar problemas con agentes patógenos; no solo en el sitio de estudio, sino también en otros lugares similares.

Los valores obtenidos para el pH, temperatura, conductividad y SDT son cónsonos con los esperados, dada la influencia de las aguas del mar en el lugar. Por ejemplo, la correlación negativa entre pH y enterococos es resultado del ambiente salobre de la mezcla con aguas del mar, lo que alcaliniza al agua. El Golfo de Montijo es un ecosistema marino con muchos sedimentos que afectan a estas variables y a otras como la turbiedad del agua.

Es importante que este tipo de monitoreos sigan realizándose para tener fundamentos a la hora de la toma de decisiones en el manejo de los ecosistemas acuáticos, tan importantes para el desarrollo de nuestros países. En el caso de Panamá, los resultados obtenidos serán útiles a las autoridades como el Ministerio de Ambiente y al Ministerio de Turismo para tomar acciones que

preserven la vida silvestre y el atractivo turístico de estos ambientes naturales.

En el futuro sería recomendable seguir monitoreando estas regiones del Sur de Veraguas, sobre todo las que tienen influencia en el Golfo de Montijo y el Parque Nacional Coiba. El aumento de la contaminación provocada por el mal manejo y abuso de los ríos pueden deteriorar estos ecosistemas, los cuales son necesarios para mantener las relaciones ecológicas del lugar y la capacidad de estos proporcionar recreación a los visitantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá por la cooperación de fondos obtenidos en convocatoria de investigación que fue obtenida por un grupo de investigadores del CRUV como parte de un proyecto interesado en el monitoreo de la biodiversidad en el Parque Nacional Coiba (VIP-16-04-10-2019-06). Con estos fondos fue posible obtener los equipos para la detección de *Enterococcus* de este estudio.

También se agradece al Centro de Innovación, Desarrollo de Tecnologías y Emprendimiento (CIDETE) del Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV) de la Universidad de Panamá por la organización de la capacitación ofrecida por el Prof. Estrella.

El agradecimiento al Dr. Jaime Estrella (Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP), facilitador del Curso-Taller IMRAD CIDETE 2025 por su asesoramiento en la mejora del estilo y la preparación del informe final de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badilla-Aguilar, A & Mora-Alvarado, D. (2019a.) Calidad sanitaria de las aguas superficiales en litorales de Costa Rica: situación del 2012 al 2018. *Revista Tecnología en Marcha*. 32:17–25. doi.org/10.18845/tm.v32i10.4877.
- Badilla-Aguilar, A & Mora-Alvarado, DA. (2019b.) Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación

- fecal entre el agua de mar y las arenas. *Revista en Marcha*. 32:37–45.
doi.org/10.18845/tm.v32i10.4879.
- Bourli, P, Eslahi, AV, Tzoraki, O & Karanis, P. (2023). Waterborne transmission of protozoan parasites: A review of worldwide outbreaks - an update 2017-2022. *Journal of Water and Health*. 21(10):1421–1447.
doi.org/10.2166/wh.2023.094.
- Bowen, M, Main, CR, Farag, IF & Biddle, JF. (2024). Identifying potential introduced and natural sources of pollution in Delaware watersheds. *Applied and Environmental Microbiology*. 90(12):1–13. doi.org/10.1128/aem.01958-24.
- Cabot, ME, Piccini, C, Inchausti, P, de la Escalera, GM & García-Alonso, J. (2024). Relationships between fecal indicator abundance in water and sand and the presence of pathogenic genes in sand of recreational beaches. *Environmental Monitoring and Assessment*. 196(11). doi.org/10.1007/s10661-024-13256-z.
- Calvo, G, Mora, J & Mora-Molina, J. (2012). Contaminación fecal en varios ríos de la Gran Área Metropolitana y la Península de Osa. *Revista Tecnología en Marcha*. 25(4):33.
doi.org/10.18845/tm.v25i4.617.
- 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. *Bionatura*. 2(2):305–310.
doi.org/10.21931/rb/2017.02.02.6.
- Castillo, YMB, Fontalvo, JAL & Borja, IMR. (2018a.) Bacteriological quality of the water of the manaure and casacara rivers, department of Cesar, Colombia. *Revista Luna Azul*. 46(46):106–124.
doi.org/10.17151/luaz.2018.46.7.
- Castillo, YMB, Fontalvo, JAL & Borja, IMR. (2018b.) Bacteriological quality of the water of the manaure and casacara rivers, department of Cesar, Colombia. *Revista Luna Azul*. 46(46):106–124.
doi.org/10.17151/luaz.2018.46.7.
- Chan-Quijano, JG, Jarquín-Sánchez, A, Ochoa-Gaona, S, Bautista-Zúñiga, F, Martínez-Zurimendi, P & Yadira López-Chávez, M. (2013). Especies vegetales útiles para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos totales del petróleo: un apoyo para la restauración ecológica. *Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica*. 7(3):11–14.
- Cutillas, PP, Álvarez, JPA, Ortega, EFS, García, CC & Cabañero, JJA. (2019). Environmental degradation and its effects on the pollution of surface water in conchos river basin (Chihuahua-mexico). *Cuadernos Geograficos*. 58(1):47–67.
doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6636.
- González-Fernández, A, Symonds, EM, Gallard-Gongora, JF, Mull, B, Lukasik, JO, Rivera Navarro, P, Badilla Aguilar, A, Peraud, J, et al. 2023. Risk of Gastroenteritis from Swimming at a Wastewater- Impacted Tropical Beach Varies across Localized Scales. *Applied and environmental microbiology*. 89(3):e0103322. doi.org/10.1128/aem.01033-22.
- Han, Z, Tian, T & Zhang, Y. 2025. Development of a High-Throughput qPCR Assay for Detecting Waterborne Protozoa and Helminths Across Different Environmental Media in China. *Chinese Center for Disease Control*. 7(3):100–106.
doi.org/10.46234/ccdcw2025.016.
- Jiang, Y, Yuan, Z, Wang, Y, Zhang, J, Shen, Y, Cao, J, Jiang, Y, Yuan, Z, et al. 2024. Wastewater-based intestinal protozoa monitoring in Shanghai, China. *Microbiology Spectrum*. 12(11):1–13.

MICI. (1999). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-393-99. *Gaceta Oficial*. 1–9.

Mora-Alvarado, DA, Vega-Molina, J & González-Fernández, (2019). Evaluación de riesgo sanitario de las playas de Costa Rica Periodo 2010-2017. *Revista Tecnología en Marcha*. 32 (Dic. Especial):97–110.
doi.org/10.18845/tm.v32i10.4884.

Morales, R. (1999). Miembros Participantes Coordinador. 1–7.

Pauta, G, Velasco, M, Gutiérrez, D, Vázquez, G, Rivera, S, Morales, Ó & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*. 10(2):76–88. doi.org/10.18537/mskn.10.02.08.

Pauta-Calle, G, Vázquez, G, Abril, A, Torres, C, Loja- Sari, M & Palta-Vera, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*. 11(2):46–57. doi.org/10.18537/mskn.11.02.05.

Pérez, MD, Zhurbenko, IR, Rodríguez, ITL, Dianelys, I, Pérez, Q, Claudio, II & Martínez, R. (2014). Determinación cuantitativa de enterococos en aguas utilizando un método cromogénico alternativo Quantitative determination of enterococci in water using an alternative chromogenic method. 33(1):1–11.

Toro, M, Robles, S, Avilés, J, Nuño, C, Vivas, S, Bonada, N, Prat, N, Alba-Tercedor, J, et al. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico- químicas. *Limnetica*. 21(3–4):63–75.
doi.org/10.23818/limn.21.18.

Vanden Esschert, KL, Mattioli, MC, Hilborn, ED, Roberts, VA, Yu, AT, Lamba, K, Arzaga, G, Zahn, M, et al. 2020. Outbreaks Associated with Untreated Recreational Water — California, Maine, and Minnesota, 2018–2019. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*. 69(25):781–783.
doi.org/10.15585/mmwr.mm6925a3.