

| | |
|--|--|
| <p>CENTROS Revista Científica Universitaria</p> <p>Volumen 11, número 2.</p> <p>Julio – diciembre de 2022</p> <p>ISSN L 2953-3007 pp. 27-42</p> <p>Recibido: 11/04/21; aceptado: 23/05/22</p> <p>Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica.</p> <p>https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros</p> <p> </p> <p>https://www.latindex.org/ http://ameica.org/</p> |  |
|--|--|

EVALUACIÓN DE COLIFORMES Y FACTORES FÍSICO- QUÍMICOS DEL AGUA EN UN SECTOR DE LA DESEBOCADURA DEL RÍO SAN PABLO, VERAGUAS, PANAMÁ

EVALUATION OF COLIFORMS AND PHYSICO-CHEMICAL FACTORS OF THE WATER IN A SECTOR OF THE MOUTH OF THE SAN PABLO RIVER, VERAGUAS, PANAMA

José J. Him Fábrega

Universidad de Panamá-Panamá/. <https://orcid.org/0000-0002-7872-4098>
jose.him@up.ac.pa

Diomedes Vásquez

Universidad de Panamá-Panamá/. <https://orcid.org/0000-0002-5268-848X>
diome_vas@yahoo.es

Resumen. Entre abril del 2003 y febrero del 2004, se realizó un estudio en el ecosistema estuarino del Río San Pablo en el Golfo de Montijo. Con el fin de determinar el nivel de contaminación físico-química y bacteriológica que este río aporta al Golfo, se establecieron cinco estaciones en donde se muestrearon aguas superficiales en horas de la mañana. Los parámetros físico-químicos estudiados

fueron pH, sólidos suspendidos totales, nutrientes (fósforo, fosfato y nitrato), detergentes, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno. Los coliformes fecales se usaron para establecer el grado de contaminación bacteriológico. En el análisis físico-químico, los resultados indicaron que las aguas del ecosistema estudiado tienen un pH y un nivel de oxigenación que permiten el desarrollo y el sostenimiento de la biota. A pesar de que no se detectaron condiciones eutróficas, los niveles de nutrientes existentes indicaron que posiblemente el estuario recibe un aporte importante de fertilizantes, producto de actividades agrícolas. El análisis bacteriológico demostró que los niveles de coliformes del estuario no excedieron las 50 UFC/100 mL, manteniéndose muy por debajo del límite máximo permisible para aguas recreacionales (200 UFC/100 mL). En general, las aguas del Río San Pablo no aportan contaminación significativa al Golfo de Montijo en cuanto a los parámetros analizados, ya que no excedieron los rangos máximos permisibles en ninguna de las estaciones de muestreo.

Palabras claves: Golfo de Montijo, aguas de estuario, bacterias coliformes, análisis fisicoquímicos.

Abstract. Between April 2003 and February 2004, a study was carried out in the estuarine ecosystem of the San Pablo River in de Gulf of Montijo. In order to determine the level of physical-chemical and bacteriological contamination that this river contributes to the Gulf, five stations were established where surface waters were sampled in the morning hours. The physical-chemical parameters studied were pH, total suspended solids, nutrients (phosphorus, phosphate and nitrate), detergents, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand. Fecal coliforms were used to establish the degree of bacterial contamination. In the physical-chemical analysis, the results indicated that the waters of the studied ecosystem have a pH and and an oxygenation level that allow the development and maintenance of the biota. Although eutrophic conditions were not detected, the existing nutrient levels indicated that the stuary possibly receives an important contribution of fertilizers, product of agricultural activities. The bacteriological analysis showed that coliform levels in the estuary did not exceed 50 CFU / 100 mL,

remaining well under the maximum permissible limit for recreational waters (200 CFU / 100 mL). In general, the waters of the San Pablo River do not provide significant pollution to the Gulf of Montijo in terms of the parameters analyzed, since they did not exceed the maximum permissible ranges in any of the sampling stations.

Keywords: Gulf of Montijo, estuary water, coliforms bacteria, physicochemical analysis.

Introducción

Los resultados de los monitoreos realizados por el ANAM y otros estudios académicos e independientes sugieren, una y otra vez, que los cuerpos de agua a nivel nacional están acercándose al límite de su capacidad asimilativa (Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009; ANCON, 2001). Estos monitoreos se pueden hacer en todo el recorrido de los ríos y lagos, pero la desembocadura de los ríos es fundamental para tener una idea general de lo que arrastran en su recorrido. Una región importante en desembocaduras de ríos del país se encuentra en el Golfo de Montijo.

El Golfo de Montijo cuenta con el 13,7 % de las 170 687 hectáreas de manglar que existen en Panamá (Anguizola *et al*, 1989). El golfo constituye un rico ambiente acuático de esteros, playas, zonas lodosas, arenales, manglares, ríos de curso rápido, pastizales inundados estacionalmente, arrozales y terrenos de regadío (Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009; Díaz, 2015). Los ríos que desembocan en este Golfo, que son muchos, aportan a su contaminación. Es importante establecer el aporte de contaminantes que aportan los ríos a este ecosistema.

El Río San Pablo es uno de los más grandes ríos que desembocan en el Golfo de Montijo. Nace en la cordillera central, en los altos del Cobre, provincia de Veraguas, distrito de Cañazas, a más de 1 200 metros de altitud, y desemboca

frente a la Isla Papagayo. La longitud de su curso es de casi 107 kilómetros y recibe las aguas de los ríos Virigua, Tabaquí, Cañazas y Cobre (su mayor afluente). En sus márgenes y cercanías se localizan algunos poblados como Llano Bonito, Buena Vista, La Pintada, La Montaña de San Pablo y los Chamizos. Aunque es navegable hasta aproximadamente unos dos kilómetros de Soná, su salida al mar es difícil por los Bancos de Arena. El desarrollo de la ganadería se ha visto favorecida en esta región gracias a este río y, además, su valle es aprovechado para la agricultura (Diccionario Geográfico de Panamá, 1974). Establecer la influencia de estas actividades es importante para determinar la calidad de ecosistemas como este (Castillo-Elías et al., 2017; Pauta et al., 2019).

El objetivo de este estudio fue la de determinar la condición de una parte del delta de la desembocadura del Río San Pablo en cuanto a algunos variables como coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, DBO₅, detergentes, fosfatos, fósforo y nitratos.

Materiales y Métodos

Área de estudio

En la Costa Pacífica Panameña, al sur de la provincia de Veraguas, se encuentra localizado el Golfo de Montijo, desde los 7°35'45" a los 7°50'45" de latitud norte y desde los 80°58'45" a los 81°13'30" de longitud oeste. Su profundidad máxima es de casi 16 metros y su perímetro costero es de aproximadamente 116 kilómetros. La anchura a su entrada está marcada por tres amplios canales, a saber: al oeste, el canal situado entre Punta Brava y la Isla Gobernadora; en la parte central, el canal formado entre Punta Brava y la Isla Cébaco; hacia el este, se localiza el canal entre Punta Brava y Punta Hato Viejo. Desembocan en este Golfo, los ríos San Pedro (por el cual remontan algunas embarcaciones hasta Puerto Mutis), San Pablo, Tigres, Lagartero, Cañazas, Piña, Sábalo, San Antonio, Ponuga,

Caté, Arenas, Quebro, Palo Seco, Suay, Angulo, Pocrí, Tebario, Negro, Martín Grande, Torio y Río de Jesús (Diccionario Geográfico de Panamá, 1974)

Originalmente se pretendía hacer el estudio en el caudal principal de la desembocadura del Río San Pablo, pero debido a la turbulencia del agua y de la fuerte corriente, se escogió un sector más tranquilo conocido como El Carrillo de la desembocadura. Los sitios de muestreo y sus coordenadas se pueden observar en la Figura 1.

Muestreo y procesamiento de muestras:

La colecta de las muestras se efectuó durante siete meses comprendidos entre 2003 y 2004, abarcando parte de la época seca y parte de la lluviosa. En cada época se tomaron muestras de las aguas superficiales en contra de la corriente (en un horario que oscilaba entre las 10:30 a.m. y las 11:30 a.m.) en recipientes esterilizados que, una vez sellados, fueron transportados en termo con hielo hasta el laboratorio de microbiología del CRUV para su respectivo análisis.

Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico se basó en la determinación de coliformes fecales (CF) mediante la técnica del filtro de membrana milipore, de acuerdo a la

Figura 1

Localización de los sitios de muestreo en un sector de la desembocadura del Río San Pablo, Panamá.



Nota: coordenadas geográficas de los sitios de muestreo

| Sitio | LOCALIZACIÓN | |
|-------|------------------|-------------------|
| | LATITUD | LONGITUD |
| 1 | N: 07° 52' 43.6" | W: 081° 11' 39.8" |
| 2 | N: 07° 52' 20.3" | W: 081° 11' 00.2" |
| 3 | N: 07° 52' 10.2" | W: 081° 10' 48.9" |
| 4 | N: 07° 51' 58.5" | W: 081° 10' 41.2" |
| 5 | N: 07° 51' 43.2" | W: 081° 10' 35.8" |

modificación del Sistema Petrifilm 3M descrito por Buhler & Luth (1993), empleando un embudo con soporte de membrana. La membrana utilizada fue de 0.45 µm, a través de la cual se filtró al vacío un volumen de 300 mL de la muestra de agua. Con una pinza estéril se removió la membrana filtrante y fue colocada en el sistema Petrifilm 3M, previamente humedecido con 1 mL de la muestra de agua. El sistema fue incubado durante un período de 48 horas. Las bacterias de *E. coli* indicadoras de contaminación fecal fueron identificadas como colonias de color azul con burbujas. Los resultados se reportaron como UFC de coliformes fecales por cada 100 mL de agua.

Análisis fisicoquímico

Para el análisis del oxígeno disuelto y de la demanda bioquímica de oxígeno, la colecta de las muestras se realizó en dos botellas de vidrio de tapón esmerilado de 300 mL cada una.

La determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) se efectuó con un equipo de filtración, empleando un embudo con placa porosa y filtros circulares de microfibra de vidrio. Este equipo se conectó a una bomba al vacío y se siguió el procedimiento descrito por APHA (1992). Para cada muestra se utilizaron 300 mL de agua homogeneizada. El filtro con el residuo fue removido y colocado nuevamente sobre una cápsula de porcelana para ser secado durante una hora a 105 °C. El resultado final se obtuvo la diferencia de pesos entre el peso del filtro con sedimento menos el peso del filtro seco.

En cuanto al pH, fósforo, fosfato, nitratos y oxígeno disuelto (OD), su determinación se realizó con un fotómetro multiparámetro marca HANNA modelo C 206.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se determinó según lo describe Romero (1999). Para esto se llenaron botellas con tapón esmerilados de 300 mL con muestras aireadas. En una de las botellas se midió el oxígeno disuelto. La otra botella con la muestra de agua aireada fue tapada herméticamente y guardada en un lugar oscuro durante cinco días a 20 °C para su incubación, a esta muestra incubada se le determinó el oxígeno disuelto. La DBO₅ (en mg/L) se obtuvo de diferencia entre la concentración inicial y la concentración de oxígeno disuelto después de los cinco días de incubación.

El análisis de detergentes se realizó por colorimetría con un kit para detergentes en aguas salobres marca HACH modelo DE-2, el cual incluía discos

colorimétricos que medían la concentración de detergentes en la muestra de agua, en un rango de 0-1 mg/L.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el programa estadístico SPSS. Los datos fueron divididos según la época del año para comparar los sitios de muestreo y establecer similitud entre cada uno de ellos. Para esto, se hizo un análisis de Shapiro – Wilks para determinar la estadística a usar. Los resultados de la prueba determinaron hacer en época seca una ANOVA para coliformes fecales, oxígeno disuelto, DBO, Fosfatos, fósforo; y para SDT, pH y detergentes un análisis de Kruskal-Wallis; para nitrato no se realizó prueba en época seca porque todos los resultados fueron negativos. En la época lluviosa se aplicó ANOVA para coliformes fecales y pH; para todos los otros factores se aplicó una Kruskal-Wallis.

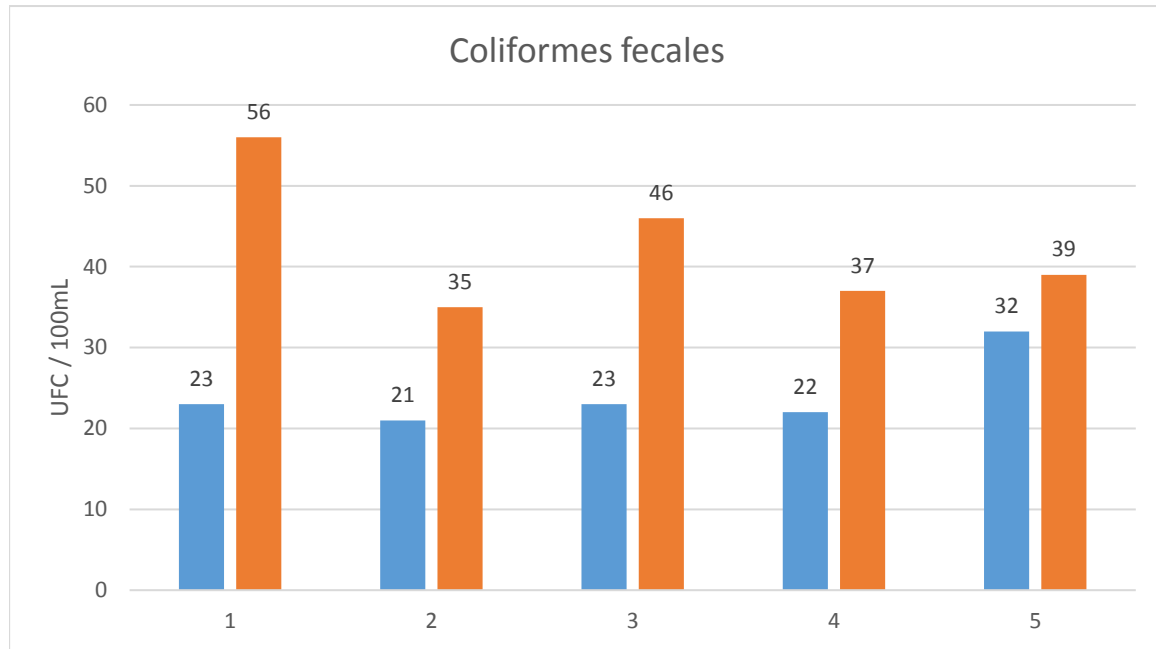
Luego, los resultados fueron analizados para comparar épocas del año con pruebas de t de student o U de Mann-Whitney, según el comportamiento de las diferentes variables.

Resultados

Las medias de los análisis bacteriológicos para coliformes fecales, agrupadas en las dos épocas del año se pueden observar en la Figura 2.

Figura 2

Medias de coliformes fecales en los cinco sitios de muestreo en las dos épocas del año: seca (serie azul) y lluviosa (serie naranja).



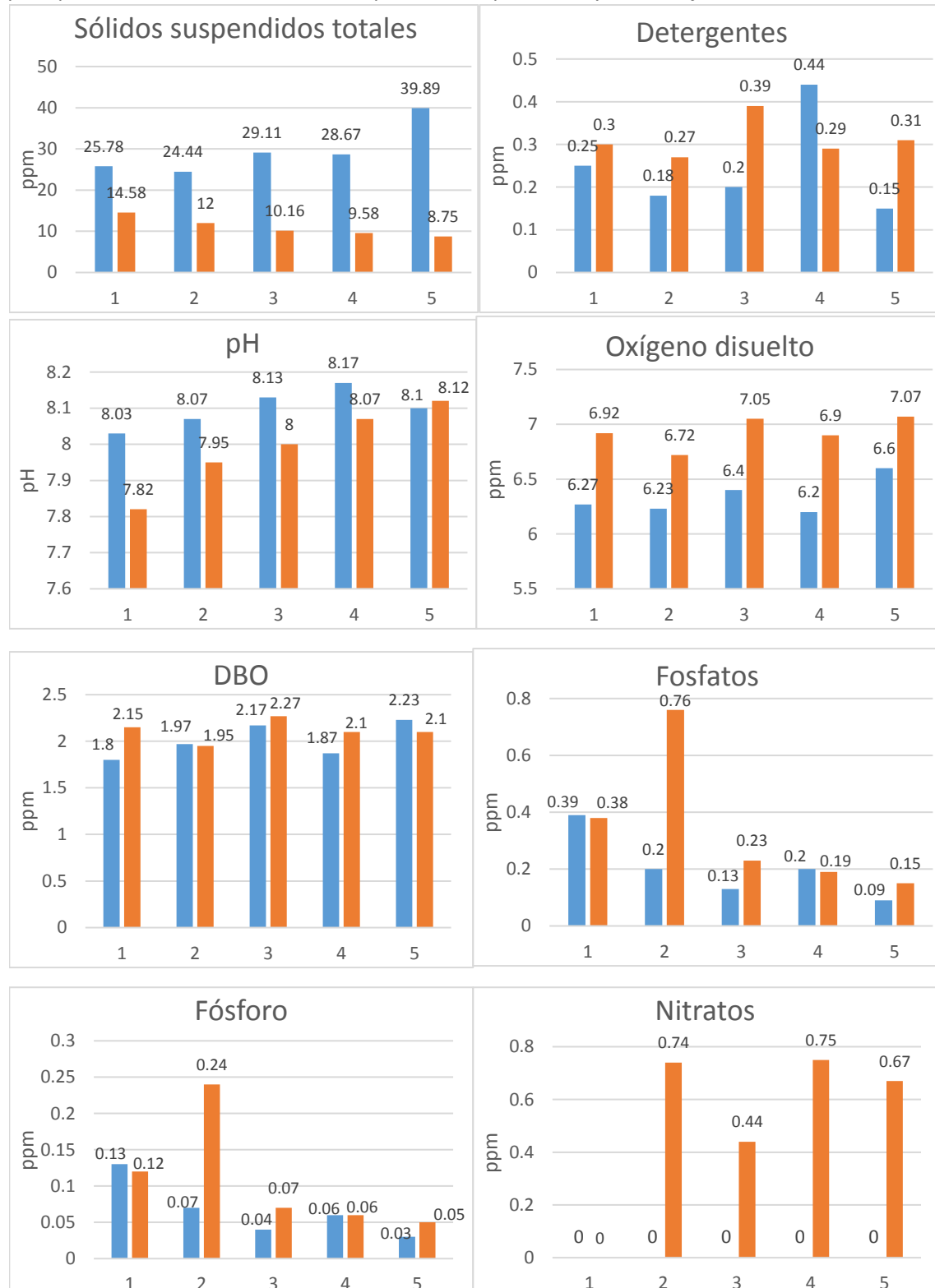
El análisis estadístico para estos datos demostró que los valores de coliformes fecales eran similares en los cinco sitios de muestreo ($P= 0.969$) en la época seca. También demostró similitud en los sitios para la época lluviosa ($P = 0.818$).

Los valores de las medias en las diferentes épocas para los análisis físico-químicos se observan en la Figura 3. Al ser comparados los diferentes sitios de muestreo, las pruebas estadísticas determinaron que las medias de SDT, pH, detergentes, oxígeno disuelto, DBO, fosfatos, fósforo y nitrato (solo en lluviosa) eran similares tanto para época seca como para lluviosa ($P > 0.05$).

Los datos fueron reorganizados y agrupados por época para hacer la comparación entre las dos estaciones del año.

Figura 3

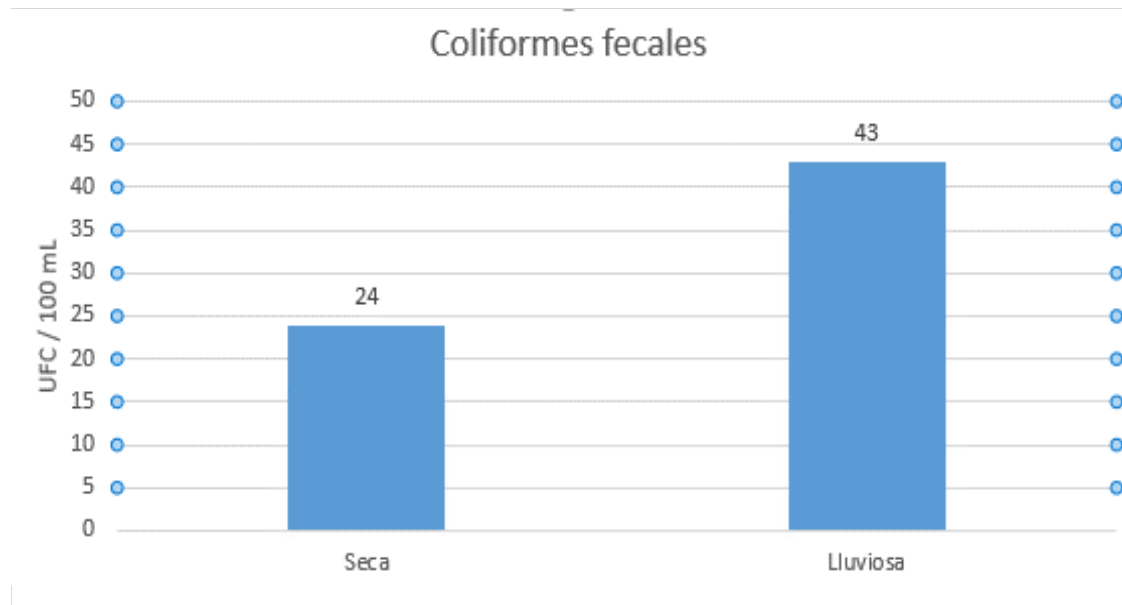
Valores de la media de los factores físico-químicos en los cinco sitios de muestreo, agrupados por época de año. La serie azul corresponde a la época seca y la naranja a la lluviosa.



Las medias de los coliformes fecales en ambas épocas se ilustran en la Figura 4

Figura 4

Medias de los datos de coliformes fecales por época del año (seca, lluviosa)



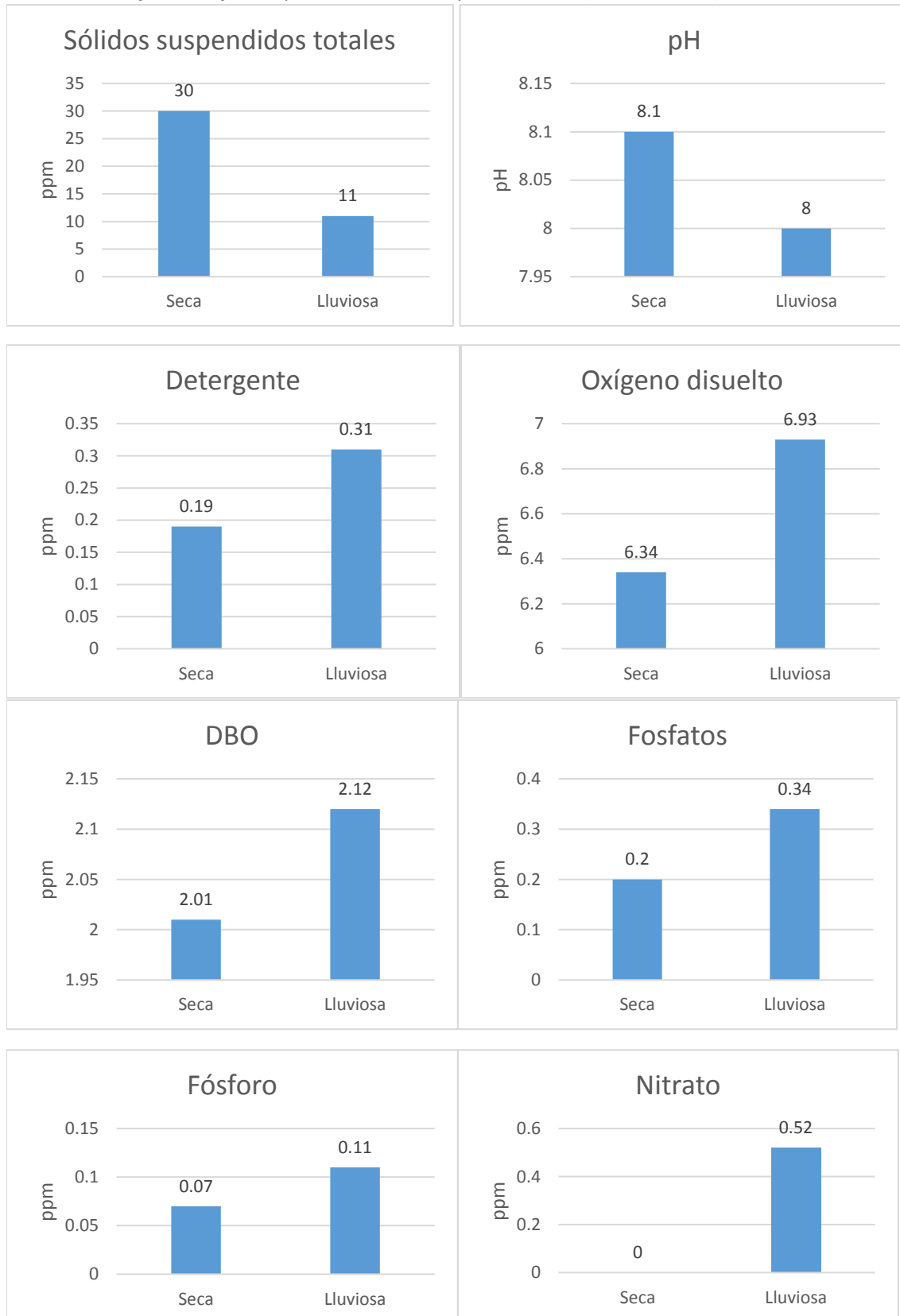
Al ser comparadas las épocas, se encontró una diferencia entre ambas, siendo mayor la concentración en la época lluviosa ($P = 0.023$).

Las medias de los datos de los factores físico – químicos comparados por época del año se observan en la Figura 5.

La comparación estadística estableció una similitud en los valores de DBO, SDT, pH, fosfatos y fósforo ($P > 0.05$) en ambas épocas del año; mientras que para oxígeno disuelto y detergentes se determinó una diferencia significativa ($P < 0.05$), siendo mayores ambos en la época lluviosa. Para el nitrógeno no se aplicó ninguna prueba debido a que en la época seca todos los valores fueron negativos y en la lluviosa solo se detectó en algunas ocasiones.

Figura 5

Medias de los factores físico-químicos en cada época del año (seca, lluviosa)



Discusión

Los terrenos aledaños a los sitios de muestreos son básicamente de uso agrícola y ganadero y las aguas que llegan a esta parte del delta tienen influencia de toda la parte alta y media del río.

El resultado más importante en la demostración del estado de contaminación de aguas superficiales es la determinación de coliformes y de oxígeno disuelto (Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009; Chiroles-Rubalcaba et al., 2007; Pauta et al., 2019; Sardiñas et al., 2006). Los resultados encontrados de coliformes fecales se encuentran por debajo de los límites permitidos por COPANIT para las aguas superficiales (COPANIT, 2000), aun así, la presencia constante de este parámetro en todas las muestras es indicativo de una contaminación importante de las aguas del río, como lo señalan otros autores (Chan-Quijano et al., 2013; Mora & Calvo, 2011; Rivera-Vázquez et al., 2007).

La mayor concentración de coliformes fecales en la época lluviosa es atribuible al arrastre de las lluvias hacia el río de los sitios de actividad antropogénica en las cercanías del río y de sitios río arriba, lo que es compatible con otros hallazgos (Calvo-Brenes et al., 2015; Calvo Brenes & Mora Molina, 2012; Maylin & Mildrey, 2006).

Al encontrar valores similares para las dos épocas del año en las variables de DBO, SDT, pH, fosfatos y fósforo se puede decir que estos parámetros no fueron afectados por el arrastre de las aguas contiguas. En ambas épocas conservaron niveles adecuados para considerar el ecosistema estable a la fecha. Según Leandro & Salgado (2010), los SDT están correlacionados con los nitratos y son más abundantes en la época de lluvias. En este estudio se dio un aumento de nitratos, no demostrado estadísticamente, pero no de SDT.

El caso de la mayor concentración de oxígeno disuelto puede atribuirse a la mayor turbulencia que tiene este río en la época debido al gran caudal que generan las lluvias en todo su recorrido.

Los detergentes presentaron mayor concentración en la época de lluvias, lo que puede atribuirse a los lavados producidos por las lluvias de los sitios que presentan actividad humana.

El nitrato no se detectó durante el período seco, mientras que en el lluvioso se pudo observar en varias de los muestreos; esto es similar a lo encontrado en los ríos de Cuenca, Ecuador, y atribuido al aporte de la escorrentía que arrastra hasta los ríos los productos de la agricultura (Pauta et al., 2019).

Aunque los niveles del indicador bacteriano utilizado están dentro de los límites permitidos se observó la presencia constante de coliformes fecales en cada muestra, lo que es un indicativo de la existencia de contaminación permanente en el área.

De acuerdo con los resultados, la zona estudiada tampoco presenta condiciones eutróficas (sobrecarga de nutrientes). No obstante, las concentraciones detectadas de nutrientes son indicios de que en las áreas aledañas se realizan actividades agrícolas con el uso de exceso de fertilizantes que, al no ser absorbidos por las plantas, llegan al estuario.

Los nitratos solo se registraron en la época lluviosa, indicando la influencia de la actividad agrícola en los alrededores.

En general, se puede decir que el ecosistema de esta parte del delta del Río San Pablo (conocido como El Carrillo) mantenía una condición aceptable a la fecha de este estudio.

Referencias Bibliográficas

- 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
- Calvo-Brenes, G., Mora-Molina, J., & Mora-Molina, J. (2015). Evaluación de la calidad del agua en los ríos Tigre y Rincón de la península de Osa en dos períodos de tiempo distintos. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(3), 55.
<https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2411>
- Calvo Brenes, G., & Mora Molina, J. (2012). Contaminación fecal en varios ríos de la Gran Área Metropolitana y la Península de Osa. In *Revista Tecnología en Marcha* (Vol. 25, Issue 4, p. 33). <https://doi.org/10.18845/tm.v25i4.617>
- Castillo-Elías, B., Gervacio-jiménez, H., Bedolla-solano, R., & García-, Y. B. (2017). Evaluación de la calidad del agua en el canal meándrico lagunar de Coyuca de Benítez , Gro . *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4 No. 5(ISSN 2334-2501), 57–69.
http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1073/ART_07279120.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chan-Quijano, J. G., 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.
- Chiroles-Rubalcaba, S., González-González, M. I., Torres-Rojas, T., Valdés-Águila, M., & Domínguez-Martínez, I. (2007). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 7, 222–227.
- COPANIT. (2000). *Calidad de aguas residuales tratadas*.
<http://www.miambiente.gob.pa/images/file/COPANIT-24-99-CALIDAD-DE-AGUA-REUTILIZACION-DE-LAS-AGUAS-RESIDUALES-TRATADAS.pdf>

- Díaz, F. (2015). *MONTIJO Propuestas de Normativas y Directrices para la Conservación y Planificación Ambiental y Territorial .: Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID) Autoridad Nacional para el Ambiente (ANAM) Técnico Responsable de Proyect (Issue July)*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1628.5285>
- Leandro, H., & Salgado, V. (2010). Microcuenca Iv Del Río Virilla. *Uniciencia*, 24, 69–74.
- Maylin, S. P., & Mildrey, S. P. (2006). *ISSN 1695-7504 Evaluación de la calidad del agua superficial y subterránea utilizada para el consumo del ganado bovino en un municipio de provincia Habana (Evaluation of the quality of the superficial and underground water used for the consumption of the. VII, 1–13*.
- Mora, J., & Calvo, G. (2011). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología En Marcha; Vol. 23, Núm. 5 (2010): Número Especial; Pág. 34*.
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4283>
- 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.
<https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>
- Reglamento técnico de la calidad de aguas residuales*. (2000).
<http://www.miambiente.gob.pa/images/file/COPANIT-24-99-CALIDAD-DE-AGUA-REUTILIZACION-DE-LAS-AGUAS-RESIDUALES-TRATADAS.pdf>
- Rivera-Vázquez, R., Palacios-Vélez, Ó. L., Chávez Morales, J., Belmont, M. A., Nikolski-Gavrilov, I., De La Isla De Bauer, M. D. L., Guzmán-Quintero, A., Terrazas-Onofre, L., & Carrillo-Gonzalez, R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los Rios Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del Valle de México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 23(2), 69–77.
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández Yusaima, & Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Sanid. Ambient. Higiene y Sanidad Ambiental*.