

Revista científica CENTROS
30 de enero de 2019
Vol. 8 No. 1 ISSN: 2304-604X pp 174- 194

Recibido: 10/10/18; Aceptado: 18/12/18

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros>

indexada en



<http://www.latindex.unam.mx/>



<http://miar.ub.edu/issn/2304->



CALIDAD FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SANTA MARÍA EN LOS ALREDEDORES DEL INGENIO LA VICTORIA, VERAGUAS, PANAMÁ

Physicochemical and microbiological quality of the water of Santa María River in the surroundings of Ingenio La Victoria, Veraguas, Panamá.

José J. Him F., Gloria Barría y Claribel Serrano

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Escuela de Biología.
E-mail: jose.him@up.ac.pa

RESUMEN

En el año 2008 se realizaron muestreos del agua del río Santa María cerca del Ingenio La Victoria en 10 sitios diferentes. El objetivo de este estudio es establecer la calidad de las aguas en la cuenca media baja del río en la época seca y lluviosa, ya que existe mucha actividad humano en sus alrededores. El análisis fisicoquímico incluyó pH, conductividad, STD, temperatura del agua, oxígeno disuelto y turbidez. Las pruebas microbiológicas incluyeron la detección de coliformes totales y fecales y recuentos aerobios. Para detectar y cuantificar los coliformes totales y *Escherichia coli* se utilizaron placas Petrifilm™ 3M^{EC}, mientras que para bacterias aerobias se utilizaron placas Petrifilm™ 3M^{AC}.

Los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sitios de muestreo en las variables de conductividad, STD y turbidez; y en la época seca se observó diferencias en los STD. En algunos sitios, los resultados de oxígeno disuelto presentaron valores mínimos

preocupantes. Las variables físicoquímicas de pH, conductividad, STD y presentaron valores mayores en época seca; y la turbidez fue mayor en época lluviosa. Los aeróbios y los coliformes totales no presentaron diferencias; mientras que los coliformes fecales fueron mayores en la época lluviosa. El segmento del río presenta niveles aceptables en los parámetros estudiados. Los resultados indican que la contaminación microbiológica y físico – químicas se está produciendo y sus niveles, aunque aceptables según norma COPANIT, son cada vez más detectables; lo que refleja la afectación por parte de la actividad humana.

PALABRAS CLAVE: contaminación de agua, ríos, petrifilm,

ABSTRACT

The water quality of the rivers is a general concern. In 2008, water samples were taken from the Santa María River near Ingenio La Victoria in 10 different sites. The objective of this study is to establish the quality of the waters in the lower middle basin of the river. Physicochemical and microbiological analyses were run to the samples. Physicochemical analysis included pH, conductivity, STD, water temperature, dissolved oxygen and turbidity. Microbiological testing included detection of total and fecal coliforms and aerobic counts. To detect and quantify total coliforms and *Escherichia coli* Petrifilm plates were used 3M^{EC} while Petrifilm plates for aerobic bacteria were used 3M^{AC}. Separating the data by time of year, the sampling sites were compared and it was found that during the rainy season significant differences ($P < 0.05$) between sampling sites were observed in the variables conductivity, turbidity and STD; and in the dry season differences in STD was observed. Some results presented concern dissolved oxygen minimum values. When comparing all data by time of year it was determined that the physicochemical variables pH, conductivity, STD and showed higher values during dry season; and turbidity was higher in the rainy season. In bacteriological counts, aerobic counts and total coliforms did not differ; while fecal coliforms were higher in the rainy season. The section of the river maintains acceptable levels in the parameters studied. The results indicate that microbiological and physical - chemical contamination is occurring and their levels, although acceptable, are increasingly detectable; which reflects the affectation by human activity.

KEY WORDS: water pollution, rivers, petrifilm.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de agua superficiales para el uso de las actividades humanas están siendo

amenazadas en su calidad. La contaminación de los ecosistemas acuáticos debido al constante vertimiento de desechos domésticos e industriales constituye una fuente de deterioro y de reducción de la disponibilidad de este recurso. De los diferentes usos, entre los principales están el de consumo humano y para el mantenimiento de la vida acuática. En el caso de consumo humano, el uso del agua necesita tratamientos que muchas veces resultan costosos y como resultado, no se llevan a cabo; lo cual trae consigo que poblaciones apartadas no cuenten con un suministro adecuado de este líquido (Erickson et al. 2017).

La calidad de las aguas para diferentes actividades ha sido normada en diversos países. El agua potable debe cumplir con parámetros físico-químicos y microbiológicos para considerarse apta para el consumo. También existen límites de estos parámetros para otros usos, como lo son: riego, recreación, agroindustrias, entre otros.

Para determinar la calidad ecológica de las aguas naturales existen varios métodos, pero para establecer la calidad higiénica - sanitaria los métodos son más exhaustivos y detallados; por ejemplo, análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los datos de oxígeno (oxígeno disuelto, DQO y DBO), pH, temperatura, conductividad en los cuerpos de agua, ayudan a identificar sus variaciones composicionales tanto espaciales como temporales, resultantes de cambios en factores naturales como la litología, relieve, vegetación y clima de la región.

El control de los parámetros físico-químicos y microbiológicos es muy importante tanto en los sistemas de potabilización como de depuración del agua. Sin embargo, en los lugares donde el agua es consumida por el hombre o es reutilizada, el factor de riesgo más importante está asociado con la exposición a agentes biológicos que incluyen bacterias patógenas, helmintos, protozoos y virus entéricos (Asano & Levine 1996). Los análisis microbiológicos por bacterias

coliformes son los más confiables para establecer la inocuidad del agua en cuanto a estos peligros; pero todavía se discute de la importancia de los organismos indicadores (Pandey, Kass, Soupir, Biswas, & Singh 2014). Según González et al. (2011) los parámetros de sólidos totales disueltos (STD), turbidez y NO_3 representan descargas de sólidos desde los terrenos aledaños y las actividades de descarte de desechos están representados por los parámetros de SO_4 , EC, DQO, coliformes totales y fecales. Los parámetros que describen la contaminación antropogénica son: turbidez, oxígeno disuelto, DQO, DBO, Coliformes totales y fecales (González et al. 2011) .

Para determinar la calidad microbiológica de las aguas sería conveniente determinar la presencia de microorganismos patógenos, pero no siempre es factible (Ehrhardt et al. 2015). La alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiológica del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal; como coliformes totales y *Escherichia coli* termotolerantes. Estudios demuestran que en lugares poblados la contaminación por bacterias fecales es persistente (Valenzuela et al. 2009).

Las bacterias indicadoras permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, la determinación de criterios para las normas de calidad, la identificación de contaminantes, el control de procesos de tratamiento de agua y estudios epidemiológicos (Larrea-Murrell et al. 2013). En Panamá, las normas de calidad de aguas superficiales las establece la Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas (COPANIT).

Existen varios métodos para determinar la calidad microbiológica del agua; los más aceptados son la filtración por membrana y el número más probable. En la actualidad se han usado otros procedimientos como el sistema de Petrifilm de 3M (Schraft & Watterworth 2005)

y sistemas automatizados para la detección de coliformes fecales (Habash & Johns 2009). Estos métodos son más rápidos y en algunos países se ha establecido el sistema Petrifilm como norma. El método de Petrifilm ha sido comparado con métodos estándar y se estableció que no hay diferencias en los resultados de ambos (Schraft & Watterworth 2005). Una vez contaminado el agua su persistencia en el ambiente es afectada por las condiciones de la época, factores como la temperatura del agua son importantes, donde temperaturas muy frías pueden disminuir su concentración (Cho et al. 2016). Esto ocurre en lugares con inviernos fuertes, pero en nuestro medio estas temperaturas no se dan.

La cuenca del Río Santa María es muy utilizada para producción agrícola y consumo de agua para poblaciones humanas. En su parte media, la cuenca se relaciona con cuencas vecinas que albergan poblaciones humanas que utilizan sus aguas como suministro de agua potable.

El propósito de este trabajo es evaluar la calidad del agua en la cuenca media del río Santa María en relación a la dirección del cauce antes y después del aporte de varios afluentes.

MATERIALES Y MÉTODO

Delimitación del área de estudio

Un segmento del Río Santa María fue delimitado entre las coordenadas 8°11'54" Norte – 80°52'47" Oeste y 8°10'40" Norte – 80°46'59" Oeste. El mismo está ubicado en el Distrito de Santiago, Corregimiento de La Raya de Santa María, Veraguas. La Cuenca del Río Santa María (identificada como el número 132 en el sistema hidrológico de América Central) se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico en las provincias de Veraguas, Coclé y Herrera. El área de drenaje total de la cuenca es de 3326 Km², desde su nacimiento hasta la desembocadura en el mar (Bahía de Parita) la longitud del río principal es de 168 Km. La

elevación media de la cuenca es de 200 msnm, y el punto más alto se encuentra en la Cordillera Central con una elevación de 1528 msnm.

Los puntos de muestreo fueron ubicados en el cauce de quebradas que se conectan al sector seleccionado del Río Santa María, y que de este modo aportan aguas al río. En total, se analizaron dos sitios en el cauce del río (antes y después de los afluentes); y la desembocadura de ocho quebradas, las cuales entran directamente al río Santa María entre los dos sitios escogidos sobre el cauce del río. El segmento escogido también incluye afluentes en los que se dan actividades agropecuarias cercanos al Ingenio La Victoria. Los lugares muestreados (en orden del cauce del río) fueron: Antes de los afluentes, Hato Viejo (El Capacho), Los Higos (Panamaes), Rosario, Pacora, Arenoso, Joril, Barrero (El Irlandés), Llano Colorado, y después de los afluentes. Los lugares que se encuentran entre los puntos antes y después de los afluentes, están relacionadas con comunidades aledañas por lo que se denominó con su nombre (**figura 1**).



Fig. 1. Localización de los sitios de muestreos. Los círculos rojos más amplios muestran los sitios antes y después de los afluentes (río arriba, río abajo, respectivamente). Los puntos rojos pequeños representan las quebradas y poblados.

Fuente: Google Earth

Fig. 1. Location of sampling sites. The wider red circles show the sites before and after the tributaries (upstream, downstream, respectively). The small red dots represent the streams and towns.

Source: Google Earth

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó en ambas épocas del año, tres meses de la estación lluviosa: Septiembre, octubre y noviembre del año 2007 y tres meses de la estación seca: Enero, febrero y marzo, del año 2008, con el fin de comparar el grado de contaminación en ambas

épocas del año. Las muestras se tomaron en los diez puntos de muestreos antes descritos, una vez por mes, haciendo replicas (algunos datos no pudieron ser tomados, debido a las condiciones del tiempo, como por ejemplo quebrada secas). Para el muestreo se utilizaron frascos de vidrio con tapón de rosca, previamente esterilizados; en los cuales se tomó muestras superficiales de los lugares previamente establecidos. En cada muestra se tomó un volumen aproximado de 500 mL., y se transportó en recipientes térmicos al laboratorio del Ingenio La Victoria.

Análisis físico - químico

El análisis físico-químico fue realizado en el sitio de muestreo, midiendo los siguientes parámetros (medidor Extech® 407510, modelo L932104): pH (u.pH), Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), STD (mg/L), Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto, y medida en laboratorio utilizando un turbidímetro(UNT). Para estas medidas fueron utilizados las siguientes unidades de medida: para conductividad; Oxígeno disuelto ppm; STD mg/L; Temperatura del agua $^{\circ}\text{C}$; Turbidez del agua UNT; Bacterias aeróbicas, Coliformes totales y Coliformes fecales UFC / mL.

Análisis bacteriológico

Para el análisis bacteriológico, 500ml de muestra de agua fueron agitadas 25 veces, para homogeneizar su contenido; luego utilizando una micropipeta con puntas desechables, se extrajo 1 mL de agua para cada membrana rehidratable necesaria. Para detectar y cuantificar los coliformes totales y *Escherichia coli* se utilizaron placas Petrifilm™ 3M^{EC}, mientras que

para bacterias aerobias se utilizaron placas Petrifilm™ 3M^{AC}, utilizando el método sugerido por Buhler et al. (1993). Las placas Petrifilm fueron incubadas a 37°C por 24 h para luego hacer recuento de colonias. Para la prueba de *E. coli* y coliformes fecales se utilizó la misma placa petrifilm, en la que los coliformes totales aparecen de color rojo con o sin burbujas y los coliformes fecales azules con burbujas asociadas.

Análisis estadístico

Para los análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS 20. En primera instancia se seleccionó un nivel de confianza de 0.05 y se hicieron pruebas de normalidad de Kolmogorof-Smirnov, lo cual determinó que algunos datos se analizaran con pruebas no paramétricas. Los datos fueron separados por estación del año (lluviosa y seca) y en cada época fueron agrupados por lugar de muestreo para establecer las relaciones entre los sitios estudiados. Los sitios fueron comparados con la prueba de Kruskal - Wallis. Posteriormente se compararon los datos de las épocas del año (lluviosa y seca) utilizando una prueba de U de Mann – Whitney.

RESULTADOS

Comparación de los sitios de muestreo

Los resultados por época del año obtenidos con la prueba de Kruskal – Wallis se observan en la Tabla 1. Se observó diferencias significativas en la época lluviosa en las variables de conductividad, STD y en turbidez. En la época seca se determinó diferencias significativas

en los STD.

La única variable que presentó diferencias significativas en las dos épocas del año fue la de STD (Tabla1). Observándose valores más bajos en el cauce del río (antes y después de los afluentes, sobre todo en la época seca) que en la mayoría de las quebradas (figura 2). Los STD tienen estrecha relación con las de conductividad y turbidez. El agua con muchos sólidos suspendidos puede acarrear mayor cantidad de sustancias tóxicas adheridas a ellos (metales pesados, pesticidas).

En el caso de la conductividad en la época lluviosa se observan valores más altos en las quebradas relacionadas con la comunidad de La Raya, como los son Pacora, Arenosa y Joril (figura 2).

La turbidez también presentó diferencias significativas ($P < 0,005$) en algunos sitios de la época lluviosa, específicamente antes y después de los afluentes y en Los Higos; pero la mayor turbidez se observó en el sitio después de los afluentes (figura 2). La turbidez alta está en concordancia con los valores bajos obtenidos de disponibilidad de oxígeno disuelto y de aumento de la temperatura del agua. Los valores aceptables para turbidez de aguas superficiales se ven en las quebradas muestreadas (< 10 UNT), pero en el cauce del río hay turbidez que puede afectar la calidad del agua (132.43 UNT) para el caso del sitio denominado después de los afluentes). Esta diferencia puede deberse al aporte de este segmento del río dado por los afluentes y la actividad en el Ingenio La Victoria.

A pesar que los resultados de oxígeno disuelto no presentaron diferencias significativas ($P = 0,141$) entre los sitios de muestreo es importante analizar los valores obtenidos, debido a las concentraciones observadas. En general se observaron valores muy bajos de 2,70 ppm en la época lluviosa y 2,20 ppm en la época seca, pero estos valores correspondieron a los afluentes que se ven afectados por la cantidad de agua, sobre todo en la época seca (figura 3). En el cauce del río hubo lecturas de

3,30 ppm. Las relaciones de oxígeno en un río son de particular interés, esencialmente en las regiones donde el río recibe mucha materia orgánica en forma de aguas negras y contaminación industrial (González et al., 2011). En una corriente de agua natural; como lo es este tramo del río Santa María, donde convergen fuentes de agua menores (quebradas), que traen el aporte de aguas utilizadas por las comunidades del área y parte de las residuales de uso industrial (Ingenio); concentraciones tan bajas como 3,30 ppm pueden atribuirse a las actividades que se realizan en sus orillas.

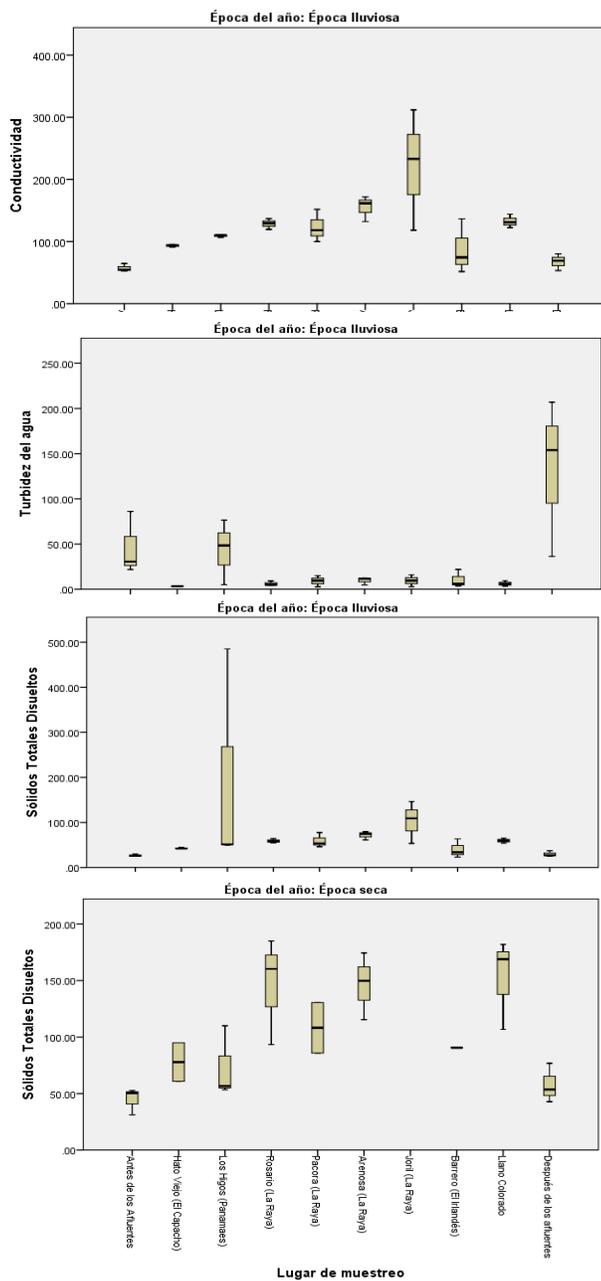


Fig. 2. Variables físico-químicas que resultaron significativamente diferentes ($P < 0.05$) la prueba de Kruskal – Wallis. En la época lluviosa se observó diferencias en conductividad, turbidez y sólidos totales disueltos; en la época seca se observó diferencia en sólidos totales disueltos.

Al observar los datos de las muestras tomadas en el cauce del río (sitio 1 y 10) no se observaron diferencias entre ellas; con excepción de la turbidez (figura 2) que en la época lluviosa resultó más elevada en el último sitio denominado “después de los afluentes”.

Comparación por época del año (Lluviosa y seca)

La prueba de U de Mann – Whitney que comparó las épocas del año mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) en algunas variables (Tabla2).

Las variables físico – químicas que resultaron estadísticamente significativas ($P < 0.05$) al comparar épocas del año fueron: pH, conductividad y STD con valores mayores en época seca; salvo la turbidez mayor en época lluviosa (figura 3). La turbidez del agua mucho más alta en la época lluviosa es de esperar debido al aumento en el caudal del río por las lluvias. En el caso de la estación de lluvia, el pH se mantuvo entre 6,00 – 7,66 y en la época seca entre 7,21 y 7,84. Para la temperatura del agua, los resultados marcaron en su mayoría por debajo de los 31°C (en un rango de 25°C y 30.4°C para la época lluviosa y para la época seca se registraron temperaturas entre los 23,9°C y 32,6°C, hay que señalar que las horas de muestreo fueron entre 7:00 am y 9:00 am.).

En los recuentos bacteriológicos, los recuentos aeróbicos y los coliformes totales no presentaron diferencias; mientras que los coliformes fecales fueron mayores en la época lluviosa (Tabla2, figura 4).

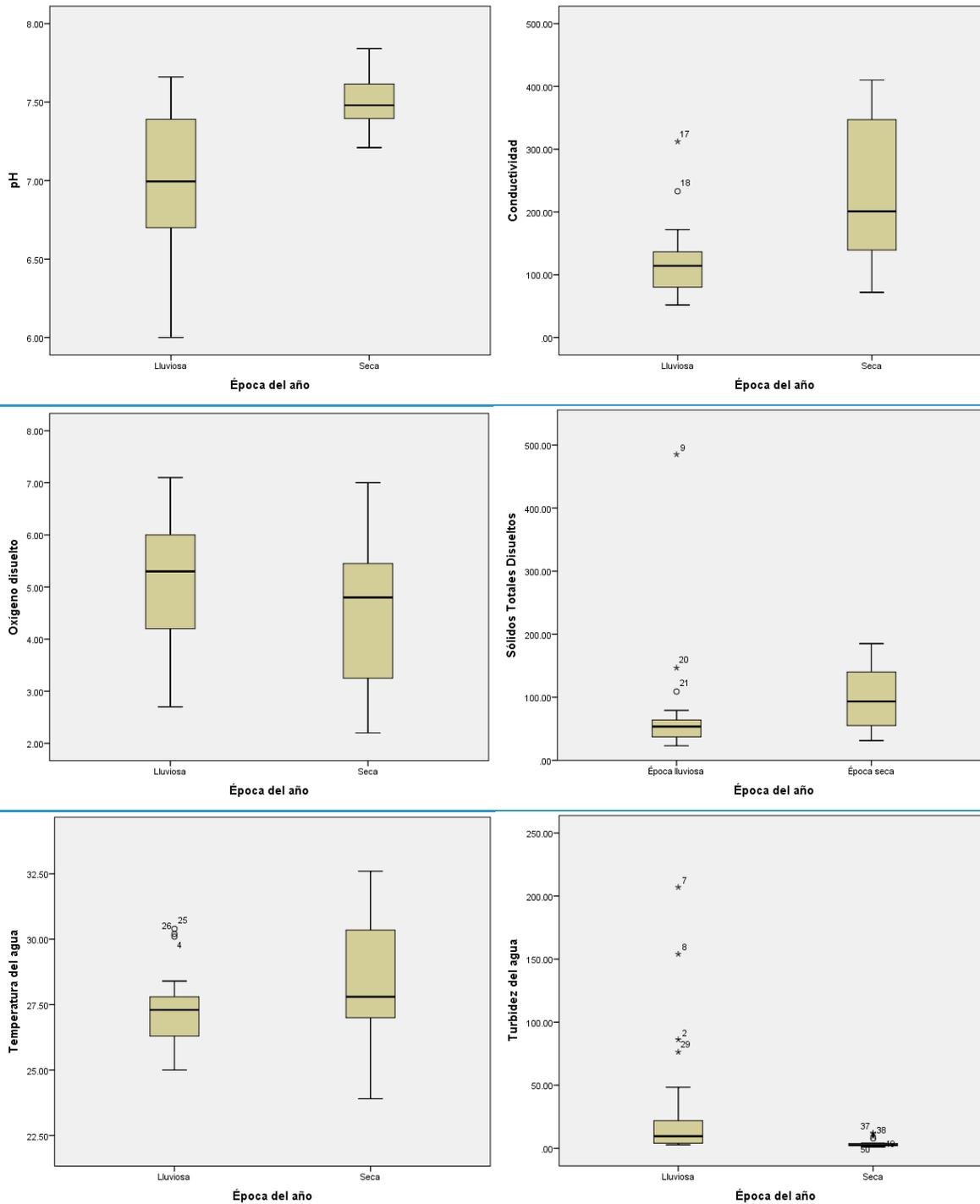


Fig. 3. Comparación de los datos de los parámetros fisicoquímicos por época del año (lluviosa y seca). Arriba: diagramas de pH y conductividad; Medio: oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos. Abajo: temperatura y turbidez del agua.

Fig. 3. Comparison of the data of the physicochemical parameters by time of year (rainy and dry). Above: diagrams of pH and conductivity; Middle: dissolved oxygen diagrams and dissolved total solids. Below: temperature and turbidity of the water.

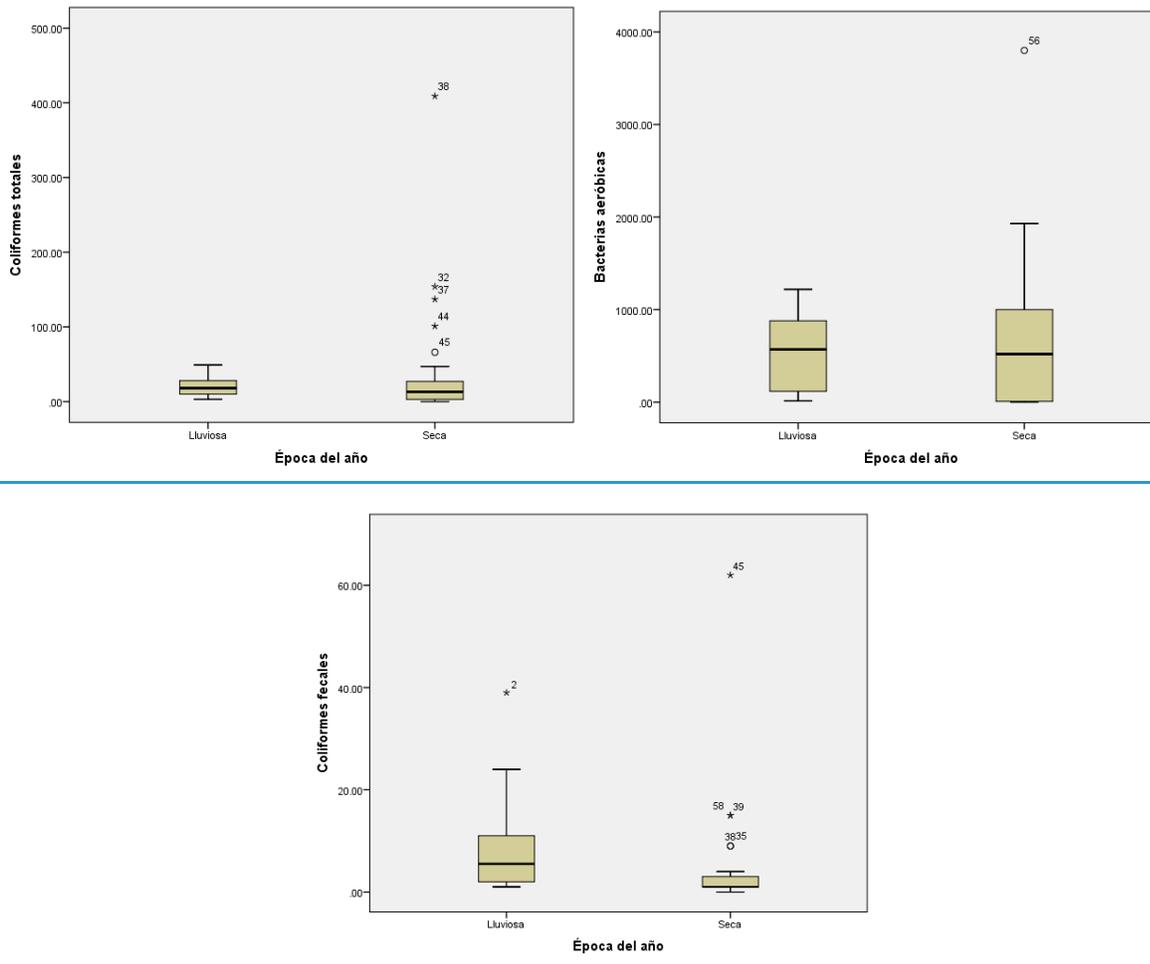


Fig. 4. Gráficos comparativos de los recuentos bacterianos en las épocas del año (lluviosa y seca).Arriba: gráficos de los coliformes totales y bacterias aeróbicas que no mostraron diferencias significativas ($P > 0.005$) en las épocas. Abajo: gráfico de coliformes fecales que mostraron diferencias entre las épocas ($P < 0.05$).

Fig. 4. Comparative graphs of the bacterial counts in the seasons (rainy and dry). Above: graphs of total coliforms and aerobic bacteria that showed no significant differences ($P > 0.005$) in the seasons. Bottom: graph of fecal coliforms that showed differences between seasons ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Según González et al. (2011) ciertos parámetros indican la contaminación antropológica, estos incluyen turbidez, oxígeno disuelto, DQO, DBO, coliformes totales y fecales. En este estudio la turbidez mostró diferencias en ciertos sitios (fue mayor en el último sitio de muestra, después de los afluentes), lo que indica que las actividades incluidas en el sector de río estudiado tienen

Los coliformes fecales son mayores en la época lluviosa y puede deberse a un mayor arrastre de los desechos animales y humanos hacia los ríos por parte de la escorrentía. La detección de coliformes fecales indica que las actividades a esta altura del río están aportando un riesgo para la salud en las actividades recreacionales en estos sitios. Además, este factor debe ser considerado para el uso de estas aguas como regadíos y su posterior tratamiento para el consumo humano. Se debe recalcar también, que los muestreos fueron realizados en épocas que no incluían la liberación de las aguas del lago de tratamiento de aguas del Ingenio, por lo que estos resultados pueden cambiar en esta época del año (mes de abril). La presencia de coliformes fecales son indicativos de contaminación fecal de la actividad humana, incluyendo descargas de humanos y de animales de crianza (Mora & Calvo 2011).

En lugares de similar actividad en Costa Rica se detectó que los puntos de muestreo con densidades poblacionales medias o altas están altamente contaminados con coliformes fecales y que varios de ellos superaron el límite máximo permisible en el contenido de coliformes fecales establecido por los reglamentos nacionales costarricenses para el uso de los ríos en actividades de recreación de contacto primario (Mora & Calvo 2011; Calvo & Mora 2012; 2015). En Panamá, COPANIT ha establecido un valor máximo de 250 bact/100 ml de coliformes totales para aguas superficiales.

Tabla 1. Prueba de Kruskal – Wallis que comparó las variables en los diez sitios de muestreo según época del año.

Table 1. Kruskal-Wallis test that compared the variables in the ten sampling sites according to time of year.

Época del año	pH	Conduc-tividad	OD	STD	T°C	Turbidez	Bacterias aeróbicas	Coliformes totales	Coliformes fecales	
Época lluviosa	Chi-cuadrado	15.8	21.9	5.2	19.8	11.5	17.97	8.160	8.510	9.825
	Gl	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Sig. asintót.	.069	.009	.815	.019	.243	.035	.518	.484	.365
Época seca	Chi-cuadrado	10.1	12.0	1.8	16.9	11.6	14.84	13.101	15.741	16.438
	Gl	8	8	8	8	8	8	9	9	9
	Sig. asintót.	.260	.149	.987	.030	.172	.062	.158	.072	.058

Tabla2. Prueba U de Mann – Whitney para comparar los datos de cada variable en las dos épocas del año, lluviosa y seca.

Table 2. Mann-Whitney U test to compare the data of each variable in the two seasons of the year, rainy and dry.

	pH	Conduc-tividad	Oxíge-no disuelto	STD	T°C	Turbidez	Bacterias aeróbicas	Colifor-mes totales	Colifor-mes fecales
U de Mann-Whitney	96.000	105.500	263.0	162.0	243.5	91.000	387.500	366.000	231.000
Z	4.471	-4.298	-1.473	3.28	1.823	-4.558	-.925	-1.243	-3.271
Sig. asintót. (bilateral)	.000	.000	.141	.001	.068	.000	.355	.214	.001

CONCLUSIÓN

Al comparar los sitios de estudio se determinó que las variables que presentaron diferencias significativas fueron: en la época lluviosa, conductividad, STD y en turbidez. En el caso de la

conductividad, en la época lluviosa se observaron valores más altos en las desembocaduras de las quebradas relacionadas con la comunidad de La Raya, como los son Pacora, Arenosa y Joril.

La única variable que presentó diferencias significativas entre las dos épocas del año fue la de STD, cuyos valores más bajos fueron en el cauce del río (antes y después de los afluentes, sobre todo en la época seca) que en la mayoría de las quebradas. El agua con muchos sólidos suspendidos puede acarrear mayor cantidad de sustancias tóxicas adheridas a ellos (metales pesados, pesticidas).

La turbidez también presentó diferencias significativas en algunos sitios de la época lluviosa, específicamente antes y después de los afluentes y en Los Higos; pero la mayor turbidez se observa en el sitio después de los afluentes. Esta diferencia puede deberse al aporte de este segmento del río dado por los afluentes y la actividad en el Ingenio La Victoria.

Al observar los datos de las muestras tomadas en el cauce del río (sitio 1 y 10) no se observaron diferencias entre ellas; con excepción de la turbidez que en la época lluviosa resultó más elevada en el sitio denominado “después de los afluentes”. Este resultado puede concluir que las actividades aumentan la turbidez del río al final de este segmento del río.

El rango para la variable oxígeno disuelto es un poco baja en el segmento de río estudiado, lo que puede afectar la capacidad de depuración del río en sectores río abajo. La mayor turbidez del cauce del río después de la influencia de todos los sitios estudiados es una llamada de atención a la influencia de la actividad de las comunidades en este segmento del Río Santa María.

Las variables pH, conductividad y STD tuvieron valores mayores en época seca; y la turbidez

fue mayor en época lluviosa. En los recuentos bacteriológicos, los recuentos aeróbicos y los coliformes totales no presentaron diferencias; mientras que los coliformes fecales fueron mayores en la época lluviosa. Los valores de coliformes indican que están en los parámetros permisibles, pero cada vez es más fácilmente detectar estas bacterias, y esto indica que la contaminación tiene cada vez mayor frecuencia. Los parámetros estudiados, en general, se encuentran dentro de los límites permitidos por normas nacionales e internacionales; pero la presencia de bacterias indicadoras, la demostración de la influencia de las actividades en el aumento de algunos valores (p.e. turbidez), o el descenso de otros (p.e. oxígeno disuelto); son una llamada de advertencia sobre el estado del río estudiado.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Profesora María I. González por los servicios de corrección de la traducción del resumen al idioma inglés y al Ingenio La Victoria por su apoyo económico y de instalaciones para realizar los análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asano, T., & Levine, A. D. (1996). Wastewater reclamation, recycling and reuse: Past, present, and future. In *Water Science and Technology* (Vol. 33, pp. 1–14). No longer published by Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00401-5](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00401-5)
- 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, 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.

<https://doi.org/10.18845/tm.v25i4.617>

- Cho, K. H., Pachepsky, Y. A., Kim, M., Pyo, J. C., Park, M. H., Kim, Y. M., ... 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>
- Ehrhardt, J., Alabi, A.S., Kremsner, P. Rabsch, W., Becker, K., Kuczius T.M., Esen, M., Schaumburg, F., F., S., A.S., A., P., K., W., R., K., B., ... F., S. (2015). Bacterial contamination of water samples in Gabon, 2013. *International Journal of Medical Microbiology*, 305, 159–160. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2016.03.009>
- Erickson, J. J., Smith, C. D., Goodridge, A., & Nelson, K. L. (2017). Water quality effects of intermittent water supply in Arraiján, Panama. *Water Research*, 114, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.009>
- González, S. O., Almeida, C. A., Quintar, S., Mallea, M. A., & González, P. S. (2011). Application of multivariate statistical techniques to evaluate organic pollution on a river in Argentina. *Ambiente E Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(3), 27–42. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.696>
- Habash, M., & Johns, R. (2009). Comparison study of membrane filtration direct count and an automated coliform and *Escherichia coli* detection system for on-site water quality testing. *Journal of Microbiological Methods*, 79(1), 128–130. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2009.08.009>
- Larrea-Murrell, C., Adina, J., María, M., Mercedes, N., Adina Larrea-Murrell, J., María Rojas-Badía, M., ... Mercedes Rojas-Hernández Mayra Heydrich-Pérez, N. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24–34. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Mora-Molina, J., & Calvo-Brenes, G. (2011). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Revista Tecnología En Marcha*; Vol. 23, Núm. 5 (2010): Número Especial; Pág. 34. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/8618>

- Mora Molina, J., & Calvo Brenes, G. (2011). Evaluación y clasificación de la calidad de varios cuerpos de agua en la Península de Osa. *Tecnología En Marcha*; Vol. 24, Núm. 3 (2011); Pág. 15. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4417>
- Pandey, P. K., Kass, P. H., Soupir, M. L., Biswas, S., & Singh, V. P. (2014). Contamination of water resources by pathogenic bacteria. *AMB Express*, 4(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s13568-014-0051-x>
- Schraft, H., & Watterworth, L. A. (2005). Enumeration of heterotrophs, fecal coliforms and *Escherichia coli* in water: Comparison of 3MTM Petrifilm™ plates with standard plating procedures. *Journal of Microbiological Methods*, 60(3), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2004.10.008>
- Valenzuela, M., Lagos, B., Claret, M., Mondaca, M. A., Pérez, C., & 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>.