



CALIDAD FISICO-QUIMICA Y MICROBIOLOGICA DEL AGUA DEL RÍO SANTA MARÍA EN LAS INMEDIACIONES DEL RESERVORIO DE AGUA DEL ACUEDUCTO DE SANTIAGO, VERAGUAS.

¹José J. Him F., ²Evelyn Arena & ²Karolina Bósquez

¹Universidad de Panamá., Centro Regional Universitario de Veraguas, Escuela de Biología, e-mail: jose.him@up.ac.pa

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, e-mail: evelyn150493@gmail.com; karolinabosquez@gmail.com

RESUMEN

Los ríos en Panamá son las principales fuentes de agua para el consumo humano y su calidad se ha visto comprometida. Entre los años 2014 y 2015 se hicieron muestreos en la cuenca media baja del río Santa María, Veraguas; en las inmediaciones del reservorio de agua de la planta potabilizadora. Fueron seleccionados cuatro lugares en el sector, en donde se tomaron muestras de aguas. Las muestras fueron analizadas por variables fisicoquímicas y bacteriológicas. Los datos de los sitios fueron comparados en las dos épocas del año. En la época seca no se encontraron diferencias significativas entre los sitios para el OD, conductividad, temperatura y SST; el pH mostró ligeras diferencias; y los recuentos de coliformes totales y coliformes fecales fueron iguales en todos los sitios de muestreo. Durante la época lluviosa los datos fisicoquímicos (OD, conductividad, temperatura, pH y SST) fueron similares en todos los lugares de muestreo. Todas las variables se mantuvieron dentro de las normas establecidas por COPANIT. Al comparar las épocas seca y lluviosa no se observó diferencias entre las dos épocas del año con respecto a los datos fisicoquímicos; la comparación de los valores de Oxígeno, conductividad, temperatura, pH y SST no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Tampoco se encontraron variaciones significativas ($p > 0.05$) entre las épocas seca y lluviosa para los valores de coliformes totales y coliformes fecales.

PALABRAS CLAVES

fisicoquímicos, agua, ríos, coliformes totales, coliformes fecales.

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF THE WATER OF SANTA MARÍA RIVER IN THE IMMEDIATIONS OF THE WATER RESERVOIR OF SANTIAGO AQUEDUCT, VERAGUAS.

ABSTRACT

The rivers in Panama are the main sources of water for human consumption and their quality has been compromised. Between 2014 and 2015 samplings were made in the lower middle basin of the Santa María River, Veraguas; in the vicinity of the water reservoir of the water treatment plant. Four places were selected in the sector, where water samples were taken. The samples were analyzed by physicochemical and bacteriological variables. The data of the sites were compared during both, dry and rainy seasons. In the dry season, no significant differences were found between the sites for OD, conductivity, temperature and SST; the pH showed slight differences; and the counts of total coliforms and fecal coliforms were the same in all sampling sites. During the rainy season the physicochemical data (OD, conductivity, temperature, pH and SST) were similar in all sampling locations. All the variables were kept within the norms established by COPANIT. When comparing the dry and rainy seasons, no differences were observed between the two seasons of the year with respect to the physicochemical data; the comparison of Oxygen, conductivity, temperature, pH and SST values did not show significant differences ($p > 0.05$). No significant variations were found ($p > 0.05$) between the dry and rainy seasons for the values of total coliforms and fecal coliforms.

KEYWORDS

physicochemical, water, river, total coliforms, fecal coliforms.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los cuerpos naturales de agua es una problemática, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados y por lo que constituyen una fuente constante de deterioro del medio ambiente (Sardiñas, Chiroles, Fernández, Hernández Yusaima, & Pérez, 2006). Por esto es importante monitorear el estado de la calidad de estas aguas.

En Panamá se han hecho algunos estudios para determinar la calidad de los ríos. En el río San Pedro, que tiene las mismas características; se ha detectado contaminación fecal y físico-química (Him F & Johnson, 2012). También lo indica el estudio del río David en Chiriquí (Espinoza, Castillo, & Rovira, 2014). Inclusive se han hecho estudios en el suministro de aguas de algunos lugares como Arraiján, encontrándose contaminación bacteriana por coliformes totales (Erickson, Smith, Goodridge, & Nelson, 2017). Todos estos problemas están llevando a la consideración del cuidado en la reutilización adecuada de los recursos hídricos, un concepto de vieja data (Asano & Levine, 1996).

El río Santa María en la provincia de Veraguas (Panamá) sirve de suministro de agua para las actividades agropecuarias y de consumo humano en la región. Debido a la gran cantidad de actividades, las aguas de esta importante fuente de agua están presentando contaminación de todo tipo: orgánico, pesticidas, otros químicos y contaminación microbiana (entre ellas, contaminación fecal). Además de ser un gran recurso acuático, este río representa el sostén de importantes sitios de diversidad biológica y la presión a que está siendo sometido, no está siendo debidamente monitoreada (Marin, 2003).

El sector de interés para este estudio fue el de las inmediaciones del lugar conocido como la toma (reservorio) de agua para la planta potabilizadora que suministra el recurso a la capital de la provincia y varios poblados adyacentes importantes. Este segmento del río además tiene varios sitios de recreación, a donde los pobladores van a nadar o pescar. Esta actividad también representa un riesgo, porque al haber contaminación fecal, existe el peligro de contraer enfermedades gastrointestinales (Fewtrell & Kay, 2015; Larrea-Murrell et al., 2013).

Según la clasificación del uso del agua hay diferentes niveles de contaminación microbiana aceptado. El contenido de coliformes totales está regulado en Panamá en los diferentes tipos de aguas. Para aguas residuales y superficiales existen normas establecidas en Panamá por el Ministerio de Comercio e Industrias (COPANIT, 2000).

El propósito de este trabajo es la determinación de la calidad de agua microbiológica y físico - química del río Santa María en el sector conocido como la toma de agua del acueducto de Santiago de Veraguas en Panamá.

METODOLOGÍA

El Río Santa María nace en el distrito de Santa Fé, provincia de Veraguas, con una superficie de 3,059 Km² y una altitud media de 1500 m sobre el nivel del mar desembocando en el Golfo de Parita, vertiente del Pacífico. Aproximadamente recorre 148 Km de longitud. Sus principales afluentes son los ríos: Narices, Bermejito, Mulaba, Cañazas, San Juan, Las Guías, Corita, Cocobo y Gatú en el sector de Veraguas. Los sitios de muestreo se ubicaron en la porción media del río, en el lugar conocido como “la toma de agua”, en donde se obtiene el agua para tratarla por la planta potabilizadora que suministra agua a los distritos de Santiago y Atalaya en la provincia de Veraguas. Los sitios de muestreos se escogieron en un sector del Río Santa María que se encuentran en los alrededores del lugar de extracción de agua que es utilizada para su tratamiento en la planta potabilizadora que suministra agua a los distritos de Santiago y Atalaya en Veraguas (Figura 1).

La toma de muestras se realizó en las épocas seca y lluviosa, correspondiendo a 5 recolectas en época seca: en los meses de febrero, marzo y abril; y 5 recolectas en época lluviosa: en los meses de julio, agosto y septiembre del 2015. En cada gira se colectaron tres muestras de agua superficial del río. Las muestras se tomaron con frascos con tapa de rosca debidamente esterilizados. Posteriormente se mezclaron en un solo frasco estéril con tapa de rosca, colocándolo en una hielera para preservarlas y luego realizar los análisis bacteriológicos en el laboratorio del Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV). Los datos físicos-químicos se midieron en el sitio de muestreo. Para determinar oxígeno disuelto se usó un *Dissolved Oxygen Meter HI 9147 Hanna*. Otros datos medidos fueron: conductividad, pH, temperatura, sólidos disueltos totales; medidos con un *Combo pH & EC Hanna*. El muestreo, transporte y conservación de las muestras se realizó según las recomendaciones de la APHA (1998).

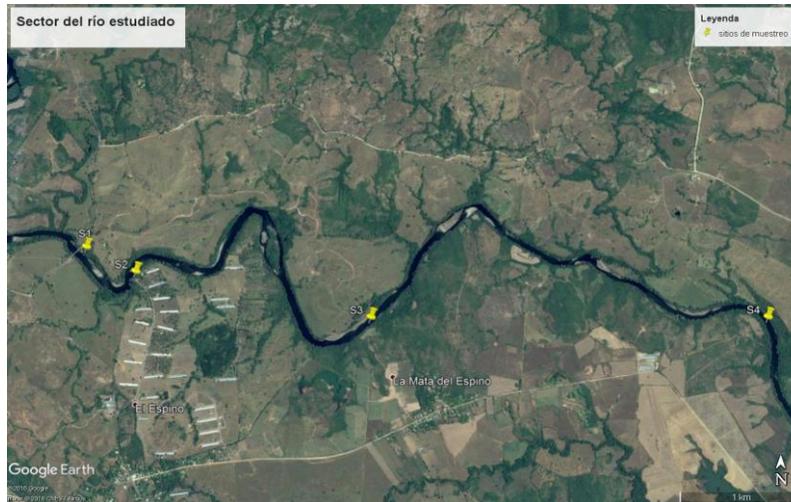


Fig. 1 Sitios de muestreo de la cuenca media del Río Santa María: S1 Puente sobre el río Santa María ($8^{\circ}12'49.06''$ N – $80^{\circ}57'53.07''$ W, 54 msnm), S2 Toma de agua de Santiago ($8^{\circ}12'44.74''$ N – $80^{\circ}57'37.48''$ W, 54 msnm), S3 Finca de colonos del ingenio ($8^{\circ}12'31.42''$ N – $80^{\circ}54'41.49''$ W, 47 msnm), S4 Proyecto de sandías ($8^{\circ}12'30.46''$ N – $80^{\circ}56'29.87''$ W, 47 msnm).

También se hicieron pruebas para detectar bacterias coliformes totales y fecales. La determinación de Coliformes totales fue llevada a cabo mediante el método de número más probable (NMP) en caldo bilis verde brillante (CBVB) a 37°C por 48 horas. La determinación de Coliformes fecales fue realizada según el método DEV (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser, Abwasser, und Schlamm-Untersuchung, 1995).

Los resultados fueron analizados con el programa SPSS 20. Primero se aplicó una prueba de normalidad de Shapiro - Wilk, luego se hicieron las pruebas sugeridas.

RESULTADOS

Datos físico – químicos para la época seca

En los resultados obtenidos, el rango de las medias de oxígeno disuelto

por lugares en la época seca (7.2 mg/L – 7.8 mg/L) y lluviosa (4.2 mg/L – 4.4 mg/L). La conductividad presentó un rango entre 42 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 81 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en la época seca; mientras que el rango en la época lluviosa fue entre 52 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 54 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La temperatura en la época seca estuvo entre 27.4 °C y 28 °C y en la lluviosa se obtuvo un mínimo de 27.1 °C y un máximo 27.2°C. El pH mostró un mínimo de 7.6 y máximo de 8.5 en la época seca, y en la época lluviosa fue entre 7.4 y 7.9. Los valores para los sólidos suspendidos variaron en la época seca entre 28 y 52 ppm, y en la lluviosa con un mínimo de 28 ppm y un máximo de 30 ppm.

La representación de los datos físico-químicos fue diagramada en gráficos de caja y bigote para apreciar su distribución (Fig. 2).

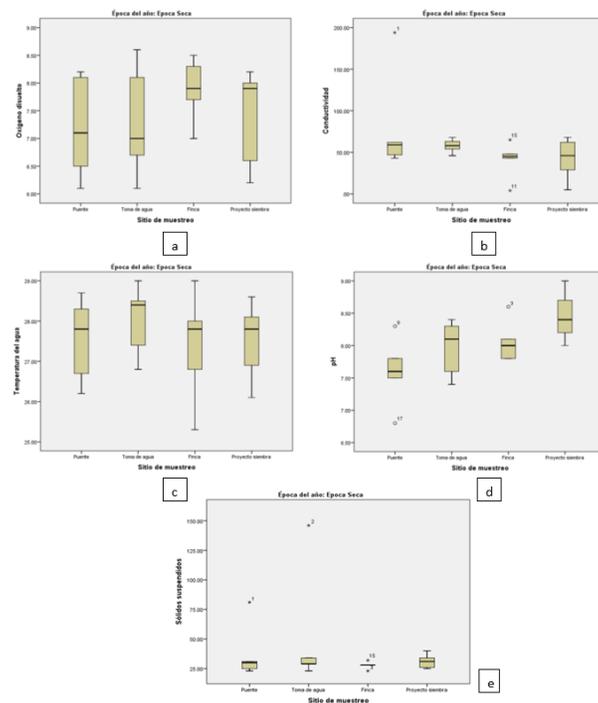


Fig. 2 Comparación de los sitios de muestreo en su distribución de los datos físico-químicos: oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, pH y sólidos suspendidos totales) en la época seca. a: oxígeno disuelto, b: conductividad, c: temperatura, d: pH, e: sólidos suspendidos totales

Datos bacteriológicos para la época seca.

En la fig. 3 se observan las variables en cuanto a los recuentos bacteriológicos, presentando un resultado constante de valores atípicos en el sitio denominado La Finca. Por otro lado, las medianas para la cuantificación de las coliformes fecales mantienen una aparente constancia, los recuentos totales y coliformes totales muestran uniformidad en los datos.

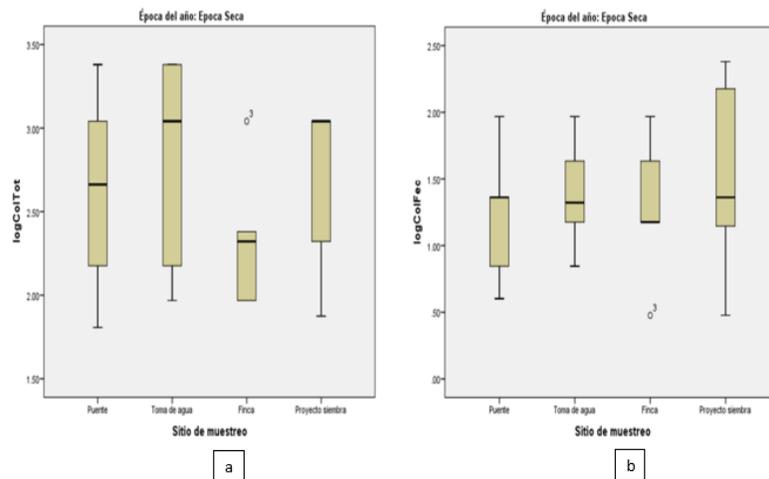


Fig. 3 Comparación de la distribución de los datos (transformados a log) de los recuentos bacterianos en la época seca, a: coliformes totales y b: coliformes fecales

Datos físico-químicos en los sitios de muestreo en época lluviosa.

Los datos físico-químicos de los diferentes sitios en la época lluviosa se estudiaron separadamente. Los valores de la media en oxígeno disuelto para este periodo de muestreo fueron de 4.2 mg/L a 4.4 mg/L. La conductividad mostró un rango entre 52 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 54 $\mu\text{s}/\text{cm}$. En el caso de la temperatura se obtuvo un mínimo de 27.1 °C y un máximo de 27.2°C El pH mostró un mínimo 7.4 y un máximo de 7.9 y los valores para los sólidos suspendidos variaron con un mínimo de 28 ppm y un máximo de 30 ppm.

En la fig 4. se presentan los valores máximos, mínimos y medianas de los diferentes datos fisicoquímicos en la época lluviosa. Estos gráficos

muestran una probable similitud en los datos de las variables de estudio, a excepción de los sólidos suspendidos totales que muestran mayor variabilidad.

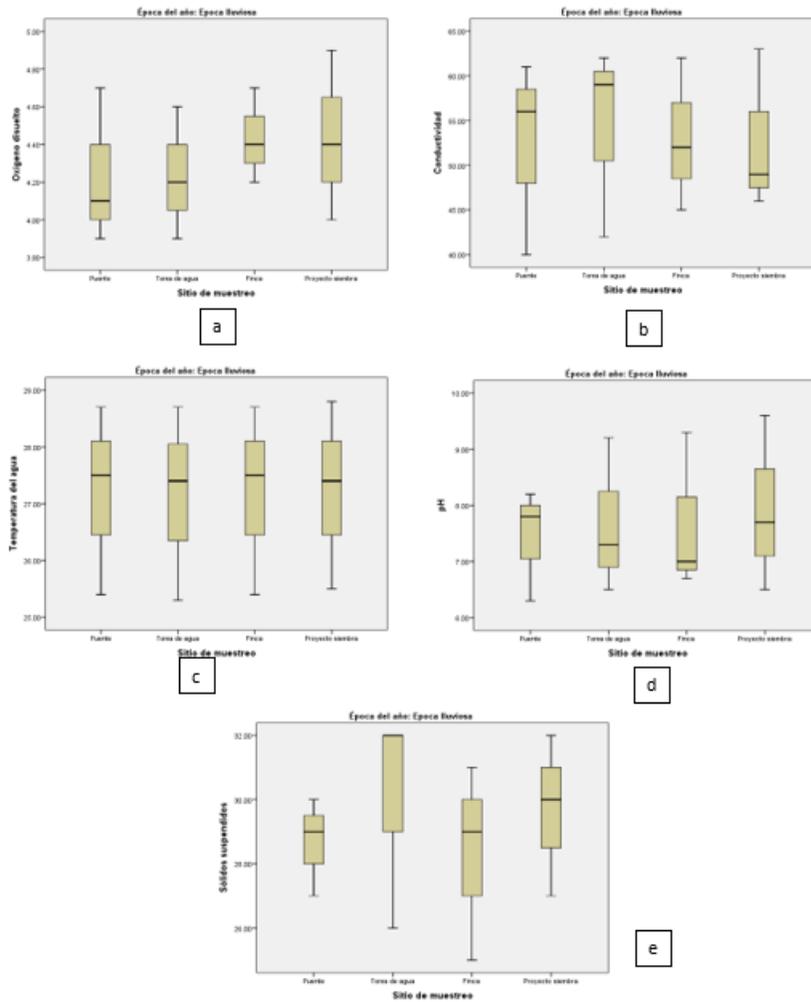


Fig. 4 Comparación de la distribución de los datos físico-químicos durante la época lluviosa en los diferentes sitios de muestreo, a: oxígeno disuelto, b: conductividad, c: temperatura, d: pH, e: sólidos suspendidos totales.

Recuentos bacteriológicos en los diferentes sitios de muestreos en la época lluviosa.

La fig. 5 muestra el comportamiento de los datos de los recuentos bacterianos. Para este gráfico los valores fueron transformados a logaritmo de base diez. Estos gráficos muestran los datos para coliformes totales y para coliformes fecales en los diferentes sitios de muestreo en la época lluviosa.

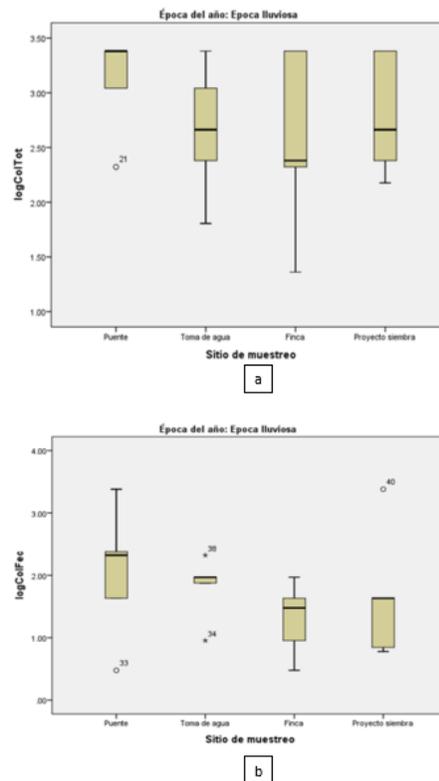


Fig. 5 Distribución de los datos de los recuentos bacteriológicos (transformados a log) por sitio de muestreo en la época lluviosa; a: Coliformes totales, b: coliformes fecales

Análisis estadísticos para los valores fisicoquímicos agrupados por sitios de muestreo.

Los datos obtenidos fueron agrupados primeramente por sitios de muestreo y analizados separadamente para cada época del año. Se

determinó la normalidad con la prueba de Shapiro - Wilk, dando como resultado datos normales con respecto a los datos fisicoquímicos; sin embargo, se observó que en dos sitios, los sólidos suspendidos resultaron no normales, por lo cual se le aplicó una prueba de Kruskal – Wallis, la cual demostró que no existía una variación significativa en estos sitios de muestreo ($H= 0.8725$; $p > 0.05$).

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las demás variables indicaron que no hubo variación significativa en cuanto a : Oxígeno disuelto, $p = 0.631$; conductividad, $p = 0.302$; y temperatura, $p = 0.807$. En tanto, el pH mostró una diferencia significativa ($p = 0.047$), por lo que se aplicó una prueba de Tukey (Cuadro 1). La diferencia observada se determinó entre los sitios proyecto de siembra y el puente, $p= 0.030$.

Cuadro 1. HSD de Tukey que compara los sitios de muestreo en el pH en la época seca

Sitio de muestreo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Puente	5	7.6000	
Toma de agua	5	7.9600	7.9600
Finca	5	8.0600	8.0600
Proyecto siembra	5		8.4600
Sig.		0.368	0.300

Análisis estadísticos para los valores de recuento bacteriológico agrupados por sitios de muestreo, según época del año.

A los datos de recuento bacteriológico se le aplicó la prueba normalidad- Shapiro Wilk, la que indicó comportamiento no normal; por lo que fueron transformados a logaritmo de base diez. Los datos transformados presentaron normalidad, por lo que se usó una ANOVA, demostrando que los datos fisicoquímicos no presentaron diferencia significativa.

Datos fisicoquímicos agrupadas por época: seca y lluviosa. Posteriormente, los datos fueron agrupados para establecer diferencias entre la época seca y la lluviosa. La fig.6 ilustra el comportamiento de los datos de concentración de Oxígeno, conductividad, temperatura, pH y SST, comparándolos entre época seca y lluviosa.

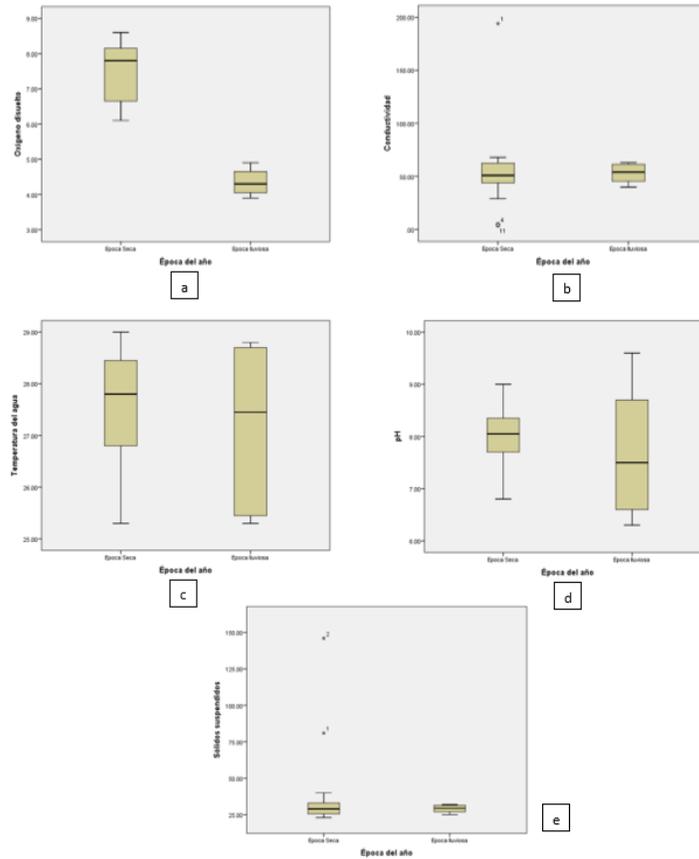


Fig. 6 Comparación de la distribución de los datos físico químicos agrupados por época del año (seca y lluviosa). a: oxígeno disuelto, b: conductividad, c: temperatura, d: pH, e: sólidos suspendidos totales.

Datos de recuentos bacteriológicos agrupados en época: seca y lluviosa.

La fig.7. muestra la distribución de los datos de coliformes totales y fecales. Estos datos fueron transformados a logaritmo para su interpretación.

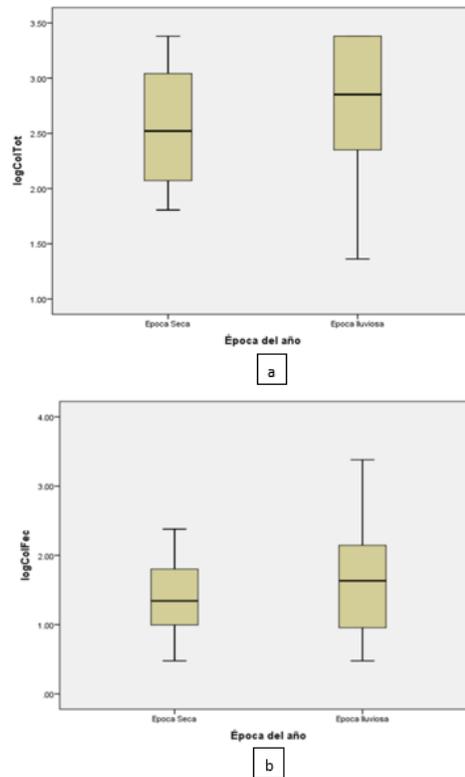


Fig. 7 Comparación de la distribución de los datos de los recuentos bacteriológicos en las épocas seca y lluviosa. a: coliformes totales; b: coliformes fecales)

Análisis estadísticos para la comparación de las épocas del año (seca y lluviosa).

Los datos obtenidos fueron agrupados por épocas de muestreo. Se determinó la normalidad con la prueba de Shapiro - Wilk, dando como resultado datos normales con respecto a los datos fisicoquímicos y de coliformes fecales, por lo que se aplicó una t-student. En cuanto a las Coliformes totales, los datos fueron analizados por la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. La comparación de los valores de Oxígeno, conductividad, temperatura, pH y SST y coliformes fecales no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las épocas del año. Mientras que la prueba de Mann-Whitney tampoco encontró

variaciones significativas ($p > 0.05$) en las épocas para los valores de coliformes totales.

DISCUSIÓN

En el informe de Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), (2009) se asegura que el 98 % de los ríos del interior del país presentan calidad de aguas aceptables y aguas poco contaminadas. El 53 % de los ríos monitoreados y localizados en la provincia de Panamá, poseen aguas contaminadas o de mala calidad.

En los resultados obtenidos aquí, el rango de las medias de oxígeno disuelto por lugares en la época seca (7.2 mg/L – 7.8 mg/L) y lluviosa (4.2 mg/L – 4.4 mg/L). Este rango se mantuvo dentro de los límites permisibles >7 mg/L establecidos por COPANIT. Según estudios de Monitoreo de la Calidad de Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá (ANAM, 2009), en el Río Santa María se presentaron valores parecidos a este trabajo.

La conductividad presentó un rango entre 42 $\mu\text{s/cm}$ y 81 $\mu\text{s/cm}$ en la época seca; mientras que el rango en la época lluviosa fue entre 52 $\mu\text{s/cm}$ y 54 $\mu\text{s/cm}$. Según ANAM (2009), se registraron datos más bajos 9.0 a 6,30 $\mu\text{S/cm}$ en el Río Santa María.

La temperatura en la época seca estuvo entre 27.4 °C y 28 °C y en la lluviosa se obtuvo un mínimo de 27.1 °C y un máximo 27.2°C. Según el rango permisible de la norma COPANIT el valor aceptado es de 15°C – 35°C, por lo tanto, los datos de este estudio están dentro de los valores permitidos, indicando que no se ve afectada la vida acuática.

El pH mostró un mínimo de 7.6 y máximo de 8.5 en la época seca, y en la época lluviosa fue entre 7.4 y 7.9. Los valores registrados de pH muestran un rango entre 7.6 – 8.5 para ambas épocas, lo cual se deduce que presentan un pH ligeramente alcalino, comparado con las normas de índice de aguas superficiales de COPANIT que establecen un rango entre 6.5 – 8.5. En la estadística hubo una diferencia en la época seca evidente que muestra los valores más bajos en la estación del puente y los más altos en el proyecto siembra es decir valores neutros a levemente alcalinos. Estos resultados concuerdan con los estudios de

Him y Johnson (2012), realizados en el Río San Pedro donde el pH= 8.1 fue un poco más alcalino en los meses de la estación seca que en la lluviosa.

Los valores para los sólidos suspendidos variaron en la época seca entre 28 y 52 ppm, y en la lluviosa con un mínimo de 28 ppm y un máximo de 30 ppm. Estos resultados se encuentran dentro de los límites permisibles de 300.0 mg/L. establecidos por COPANIT.

Los recuentos microbiológicos mostraron entre 347 y 1228 bact / 100 mL para la época seca; mientras que para la época lluviosa se presenta un mínimo de 157 bact/ 100mL y máximo de 1237 bact/ 100mL. En el año 2008 se produjeron datos de Coliformes totales en el Río Santa María de 100 a 8600 bact/100 mL. para la época seca y lluviosa respectivamente, esto según ANAM (2009). 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.

El rango propuesto por COPANIT para las coliformes fecales es de ≤ 250 UFC/100ml. En el presente estudio los valores para la época seca fueron de 30 a 85 bact /100 mL y para la época lluviosa de 31 a 164 bact /100 mL; lo cual indica que se encuentra dentro de los límites permisibles. En estos valores el mínimo para la época seca fue en la estación del puente y el máximo para la estación del Proyecto Siembra; caso inverso ocurrió en la época lluviosa donde el mínimo fue en la estación Proyecto Siembra y el máximo en la estación del puente, sin embargo, la estadística revela que no existe diferencia significativa. ANAM (2009) en este mismo Río en el año 2008 registra una media de 100 bact /100 mL para la época seca y 2500 bact /100 mL para la lluviosa, este último valor no se ajusta a los propuestos por las normas de calidad de agua.

Según estudios realizados en regiones con ocurrencia de nevadas, estiman que el nivel de contaminación microbiana aumenta con una mayor escorrentía provocada por lluvias y deshielo; pero este comportamiento algunas veces lo explican por la supervivencia de los microorganismos en estos ambientes y también por el arrastre que se da cuando el agua pasa sobre suelos contaminados (Cho et al., 2016; St

Laurent & Mazumder, 2014). Esto mismo puede ocurrir en ambientes tropicales en donde ocurre más escorrentía en las épocas lluviosas (Fundora Hernández et al., 2013).

Lo importante de estos hallazgos es el potencial peligro de que existan microorganismos patógenos. Los usuarios de aguas recreacionales pueden estar expuestos a estas enfermedades; y muchos de los riesgos se deben a la contaminación fecal (especialmente la humana), aunque puede ser por animales domésticos y la vida silvestre (Fewtrell & Kay, 2015).

CONCLUSIÓN

El agua en los cuatro puntos de muestreo se mantuvo en el valor permisible según las normas panameñas, en cuanto al porcentaje de Oxígeno Disuelto, conductividad, temperatura y sólidos disueltos totales.

En la época seca el pH en la estación del puente y el proyecto siembra mostraron diferencias entre ellos. En el proyecto de siembra se observaron pHs más altos que en el puente.

Los recuentos de coliformes totales y coliformes fecales fueron iguales en todas los sitios de muestreo y la Calidad bacteriológica se mantuvo dentro de los límites permisibles.

Durante la época lluviosa los datos fisicoquímicos (OD, conductividad, T °C, pH y SST) mostraron ser iguales en todos los sitios de muestreo.

Estos resultados demuestran que las aguas del río Santa María mantienen estables y los valores de los datos fisicoquímicos están de acuerdo a la norma de calidad de agua panameñas (COPANIT), en las dos épocas del año. Esto también fue así para la calidad bacteriológica del agua de los puntos muestreados en esta época se mantienen dentro del rango propuesto por COPANIT.

Al comparar las épocas seca y lluviosa no se observó diferencias entre las dos épocas del año con respecto a los datos fisicoquímicos. La

comparación de los valores de Oxígeno, conductividad, temperatura, pH y SST no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las épocas del año. Tampoco se encontró variaciones significativas ($p > 0.05$) en las épocas para los valores de coliformes totales y coliformes fecales. Estas conclusiones no son congruentes con otros estudios donde se presentan diferencias, ya sea por el arrastre de las lluvias o por el aumento de la concentración de los microorganismos debida a la baja cantidad de agua en los ríos.

AGRADECIMIENTO

A la profesora María Isabel González por su revisión del resumen en idioma inglés.

REFERENCIAS

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)

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*. Panamá. Retrieved from http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos_pdf/Compendio_2002_2008_junio_new.pdf

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>

COPANIT. (2000). *Calidad de aguas residuales tratadas*. Panamá. Retrieved from <http://www.miambiente.gob.pa/images/file/COPANIT-24-99-CALIDAD-DE-AGUA-REUTILIZACION-DE-LAS-AGUAS-RESIDUALES-TRATADAS.pdf>

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser, Abwasser, und Schlamm-Untersuchung. 1995. Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Verfahren. Band I. 33. Lieferung. VCH.

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>

Espinoza, V., Castillo, R., Rovira, D., & Chiriquí, D. (2014). *Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de*. Retrieved from <http://www.oteima.ac.pa/nueva/investigaciones/Parámetros Físico-químico listo.pdf>

Fewtrell, L., & Kay, D. (2015). Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Current Environmental Health Reports*, *2*(1), 85–94. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0036-6>

Fundora Hernández, H., Puig Peña, Y., Chiroles Rubalcaba, S., Rodríguez Bertheau, A. M., Gallardo Díaz, J., & Milián Samper, Y. (2013). Métodos inmunológicos utilizados en la identificación rápida de bacterias y protozoarios en aguas. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*.

Him F, J. J., & Johnson, A. (2012). Contaminación microbiológica y físico – química aportada por el río san pedro al golfo de montijo, veraguas. *Tecnociencia*, *14*(1), 21–34.

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>

Marin, R. C. (2003). Equitable sharing of wetlands and water resources in the Santa Maria River Basin and shoreline. In *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*.

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*.

St Laurent, J., & Mazumder, A. (2014). Influence of seasonal and inter-annual hydro-meteorological variability on surface water fecal coliform concentration under varying land-use composition. *Water Research*, 48(1), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.031>

Recibido 22 de noviembre de 2018, aceptado 10 de mayo de 2019.