

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL ESTUARIO DEL RÍO RANCHERÍA, LA GUAJIRA (COLOMBIA)*

Geomar Molina-Bolívar¹, Iris Jiménez-Pitre²

Resumen

El estuario del río Ranchería es una fuente hídrica de gran importancia para el municipio de Riohacha; formado por diferentes cuerpos de agua constituye un sistema dinámico y complejo que abastece tanto a centros poblados como rurales. Uno de los criterios más usados para la determinación de la calidad del agua es la medición de Coliformes Termotolerantes (CTT). Con el objetivo de estudiar la distribución espaciotemporal de estos elementos se colectaron muestras de agua en cinco zonas diferentes y se analizó el contenido de CTT mediante la técnica de tubos múltiples (NMP/100 ml). Los muestreos se realizaron cada 15 días, entre septiembre de 2014 y agosto de 2015, en los cuales no se establecieron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de CTT entre los sitios, con excepción de EM (igualdad de varianza; $p = 0,018$), pero sí entre los periodos de lluvia y sequía ($p = 0,027$; $p = 0,029$) y en el cuarto trimestre en VF ($p = 0,000$), los mayores registros se encuentran relacionados con DB y CG, así como en las zonas más cercanas a los centros urbanos o de explotación agrícola.

Palabras clave: calidad del agua, coliformes termotolerantes, río Ranchería, distribución espacial.

ANALYSIS OF CONTAMINATION BY THERMOTOLERANT COLIFORM BACTERIA IN THE ESTUARY OF THE RANCHERIA RIVER, LA GUAJIRA (COLOMBIA)

Abstract

The estuary of the Rancheria River is a water source of great importance for the municipality of Riohacha. Formed by different bodies of water, constitutes a dynamic and complex system that supplies both, urban centers and rural areas. One of the the most commonly used criteria for determining the quality of water is the measurement of Thermotolerant Coliforms (TC). With the objective of studying the spatiotemporal distribution of these elements, water samples were collected in five different areas and the content of TtC was analyzed using the multiple-tube technique (MPN/100 ml). Samplings were taken every fifteen days between September 2014 and August 2015, in which no statistically significant differences were found in the content of TtC between the sites where samples were taken, with the exception of EM (equality of variance; $p = 0.018$); but significant differences were found between the periods of rain and drought ($p = 0.027$; $p = 0.029$) and in the fourth quarter in VF ($p = 0.000$). The highest records are related to DB and CG, as well as in the areas closer to either urban centers or to agricultural exploitation centers.

Key words: water quality, fecal coliforms, Ranchería River, spatial distribution.

* FR: 17-06-2017. FA: 08-08-2017.

¹ Investigador Asociado, Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación BIEMARC. Riohacha, Colombia. Autor para correspondencia. E-mail: gmolina@uniguajira.edu.co

² Investigador Sénior, Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación BIEMARC. Riohacha, Colombia.

CÓMO CITAR:

MOLINA-BOLÍVAR, G. & JIMÉNEZ-PITRE, I., 2017. - Análisis de la contaminación por Coliformes Termotolerantes en el estuario del río Ranchería, La Guajira (Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 21 (2): 41-50. DOI: 10.17151/bccm.2017.21.2.3



INTRODUCCIÓN

El río Ranchería es uno de los cuerpos de agua más importantes del departamento de La Guajira en Colombia, nace en la laguna de Chirigüa a 3700 m.s.n.m., drena sus aguas por la vertiente oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en sentido suroeste-noreste, y desemboca en el mar Caribe (RESTREPO-LÓPEZ *et al.*, 2015). El delta estuarino se encuentra bajo un régimen climático bimodal está compuesto por lagunas, manglares y los brazos Calancalá y El Riíto, ubicados sobre el límite nororiental de la ciudad de Riohacha, forman la desembocadura principal del río donde ocurren diferentes procesos biológicos.

La desembocadura de ambos brazos y la mayor parte de la ribera de la laguna de Buenavista están conformadas por zonas de manglar (DÍAZ, 2001), lo anterior resalta la jerarquía del delta del río Ranchería, al abarcar áreas de influencia sobre manglares, litoral costero, lagunas y charcas temporales (PROYECTO PROLAGUNAS, 2001). Con un recorrido de 248 km, esta vertiente comparte ictiofauna con los sistemas de los ríos Magdalena y Catatumbo, este último perteneciente a la cuenca del Lago Maracaibo (MÓJICA *et al.*, 2006). En estos ecosistemas marinos costeros varios factores contribuyen a su deterioro, entre los que se encuentran la sedimentación, anomalías climáticas, acumulación de contaminantes y basuras, interrupción de los flujos bioenergéticos, sobreexplotación de los recursos, utilización de artes de pesca altamente destructivas y actividades turísticas (GARAY *et al.*, 2001), estos procesos de deterioro han venido ocurriendo desde épocas ancestrales, favorecidos por la acción antrópica (VÉLEZ & AGUIRRE, 2016).

Por la constante descarga en el brazo El Riíto de una serie de alcantarillas que sirven de drenaje a las calles del Distrito Turístico y Cultural de la ciudad de Riohacha en la época de lluvias, y porque durante todo el año existe comunicación con un cuerpo de agua pequeño que recoge las aguas residuales (POLANÍA *et al.*, 2006), este sistema estuarino es un ecosistema altamente cambiante de naturaleza dinámica y abierta, en el que, gracias al intercambio de diferentes arroyuelos y el mar, tiene lugar una serie de procesos químicos y biológicos que permiten una alta productividad. Por tanto, los aspectos relacionados con la acumulación de materiales, producto de las aguas residuales y alcantarillado urbano, deben ser monitoreados a fin de mantener el equilibrio ecológico de la zona.

El cambio en los patrones hidrológicos de los ríos del Caribe colombiano se ha caracterizado por el fortalecimiento de la señal oscilatoria cuasi-decadal. La superposición de los principales componentes oscilatorios y el incremento pronunciado de los caudales después del año 2000 (RESTREPO *et al.*, 2014), señalan incrementos promedios anuales hasta de un 17% en el caudal, con respecto a los promedios de largo plazo, lo cual tiene impacto sobre las dinámicas ecológicas en los cauces de

agua afectados. Estos cambios han sido pobremente explorados, no poseen referentes sobre las tendencias en los elementos físicos, químicos y biológicos, lo cual resalta la importancia de un monitoreo periódico de la calidad del agua.

La contribución de los centros urbanos en el incremento de Coliformes Termotolerantes (CTT) en el agua de zonas marino-costeras es un factor de riesgo significativo para la creación de problemas de salud pública (RAMOS *et al.*, 2008). A través de la utilización de herramientas moleculares se ha confirmado la presencia de *Escherichia coli* asociada a aguas marino-costeras del noreste de Venezuela (MARTÍNEZ *et al.*, 2015). Utilizando la técnica del Número Más Probable (NMP/100ml) para analizar el contenido de CTT en aguas superficiales de ríos de Perú, se determinó que el contenido es variable en función de la zona de muestreo, estando algunas zonas por encima del límite permitido por la legislación nacional peruana (TRUJILLO & GUERRERO, 2015). En el caso Colombiano, se ha estudiado que una contribución importante en el estudio de la microbiología diferencial en las aguas se dio en el río Combeima, principalmente en el contenido de coliformes totales hacia la época seca, lo cual señala la importancia de las descargas de aguas sin tratar por parte de los centros poblados rurales y explotaciones pecuarias, aun cuando el contenido de CTT encontrado no aumente significativamente.

Para facilitar la interpretación, comparación temporal y espacial de los datos, se utilizan expresiones matemáticas que representan a todos los parámetros posibles para evaluar el recurso hídrico y cuya aplicación es específica para cada región o fuente en particular, denominados índices de calidad de agua o bien índices de contaminación (SAMBONI *et al.*, 2007). Un estudio de calidad del agua superficial de la microcuenca La Brava, en el departamento de Huila en Colombia, determinó que el contenido de CTT era significativo pero menor que en otras zonas más cercanas a centros poblados, mientras que en las zonas rurales de alta actividad pecuaria uno de los principales factores de contaminación son las heces de los animales en la mayoría de los casos, las cuales son vertidas en los cauces sin procesamiento alguno. En cualquier caso, dependiendo de la localidad y la época del año, aunado a la actividad antrópica, el contenido de contaminación microbiana es dinámico, por lo que requiere de su constante monitoreo (ANGARITA & ORTIZ, 2014). Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente trabajo fue analizar la distribución espacial y estacional de CTT en el estuario del río Ranchería como elemento biológico fundamental para la estimación de la calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zona del estuario del río Ranchería, ubicado en el departamento de la Guajira en Colombia, se realizaron 18 muestreos entre septiembre de 2014 y agosto de 2015, realizados en cinco localidades: Desembocadura (DB), El Mirador (EM), Villa Fátima (VF), Cangrejito (CG), Valle de los Cangrejos (VC) (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio con sitios de muestreos (brazos El Riito y Calancalá).

Las muestras de agua superficial fueron colectadas de forma manual, siguiendo el procedimiento para análisis bacteriológico. Las muestras fueron recogidas en frascos esterilizados de 250 ml de capacidad, los cuales fueron abiertos y cerrados bajo el agua, a fin de evitar contaminación de las muestras.

Se analizaron los CTT (NMP/100 ml) siguiendo la metodología de tubos múltiples de la técnica del NMP por su exactitud, rapidez y por el recuento directo de colonias. La enumeración de CTT por NMP/100 ml se realiza en una etapa. Los resultados se expresan como colonias de CTT por 100 ml (NMP/100 ml). La calidad química del agua se evaluó en función de lo establecido en el Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007 (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, 2007) y en la Resolución 2115 de 22 junio de 2007 (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL & MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007).

El estudio siguió un modelo estadístico completamente aleatorizado, con los sitios de muestreo como tratamiento y el contenido de CTT como la variable dependiente. Inicialmente los datos se transformaron con Log_{10} , para posteriormente realizar el análisis los datos mediante estadística descriptiva para establecer la calidad de la información obtenida, para lo cual se evaluó el comportamiento de estadísticos de posición, tendencia central, dispersión y forma. Con la prueba de Tukey se realizó

la comparación de medias. Seguidamente se estudió la distribución normal de los datos estimando el parámetro W de la prueba Shapiro-Wilk (1965). Posteriormente se realizó la prueba de igualdad de varianzas de Levene. Para los datos de distribución normal se realizó un Análisis de Varianza (ANAVAR), mientras que para los que no presentaban distribución normal se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En cualquiera de los casos, los análisis se realizaron con el programa Infostat, versión 2012 (DI RIENZO *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que los CTT tienen una distribución espacial y temporal diferencial a lo largo del estuario del río Ranchería. Se favorecen las concentraciones de CTT en dos épocas: la primera, entre los meses de septiembre y diciembre, coincidiendo con la época seca en la zona, y la segunda entre abril y agosto, con un pico notable hacia este último mes, especialmente en la Desembocadura (DB) y Cangrejito (CG), siendo estas las estaciones con mayor proximidad al mar (Figura 2).

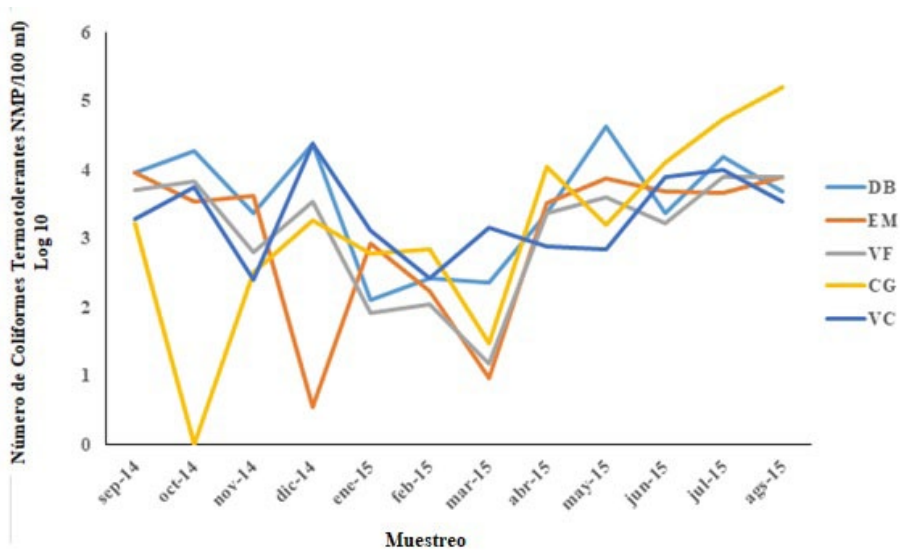


Figura 2. Distribución estacional y temporal de Coliformes Termotolerantes (CTT) en cinco zonas de muestreo del estuario del río Ranchería en La Guajira, Colombia.

Las cargas de CTT son mínimas desde enero a abril, correspondiendo con la época seca e inicio de la temporada de lluvias; en esta zona, a pesar de las diferencias anuales, la precipitación media mensual oscila entre 250 y 800 mm, siendo los valores más bajos en Colombia (HURTADO-MONTOYA & MESA-SÁNCHEZ, 2014). El análisis estadístico realizado con los datos agrupados y estandarizados y transformados

en Log_{10} para la prueba de igualdad de varianzas de Levene con el diseño: periodo más trimestres, muestra que hay diferencias significativas en los sitios EM y VF ($F = 7,121$, $\rho = 0,013$; $F = 2,846$, $\rho = 0,030$). En la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para los datos por trimestre, se presentaron diferencias significativas entre VC en el cuarto trimestre ($\rho = 0,000$) y periodos de lluvia y sequía que presentaron diferencias significativas en EM en ambos eventos (Lluvia, $\rho = 0,027$; Sequía, $\rho = 0,029$). El análisis de varianzas mostró que entre los sitios no hay diferencias significativas entre las épocas de estudio ni entre los periodos de lluvia y sequía. Para los sitios que no tuvieron normalidad en la varianzas, con la prueba de Kruskal-Wallis se determinó que en VF no hay diferencias significativas ($\rho = 0,496$) para los eventos de lluvia y sequía, y en el caso del período de estudio se mostró que en EM no se presentaron diferencias significativas entre los trimestres de muestreo ($\rho = 0,103$). La distribución de los datos por cuatrimestre (Figura 3) muestra una distribución uniforme de los datos a lo largo del año, a excepción del último cuatrimestre analizado, donde se tienen valores para CG y DB por encima de otros sitios de muestreo estudiados.

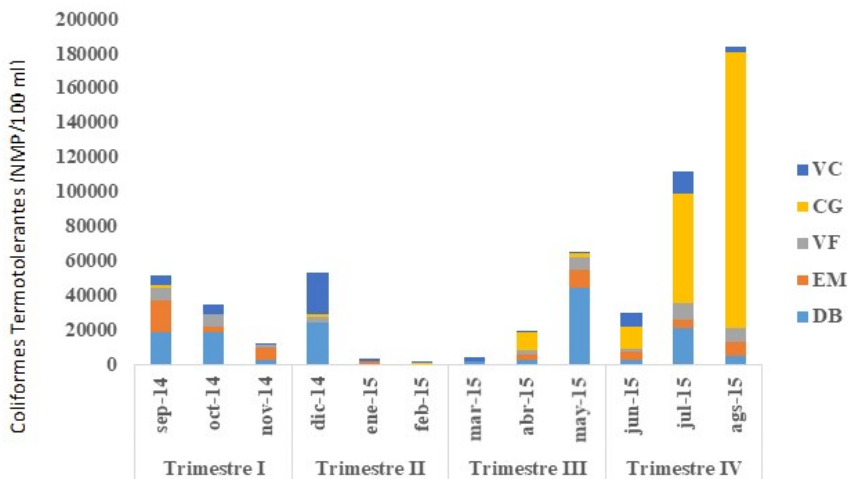


Figura 3. Distribución del número total de Coliformes Termotolerantes (CTT) en cinco zonas de muestreo por trimestre en el estuario del río Ranchería en La Guajira, Colombia.

El análisis de varianzas revela que existen diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos realizados en los diferentes trimestres del año bajo estudio, especialmente en el cuarto trimestre. Las comparaciones entre las localidades no arrojan diferencias estadísticamente significativas, a excepción de los valores obtenidos para EM ($\rho = 0,103$), de igual manera en el cuarto trimestre, donde se encuentran valores atípicos superiores a los obtenidos para el resto de las localidades. La distribución presentada en la Figura 2, exhibe la distribución de los datos, donde claramente se observa la mayor dispersión de los mismos en el cuarto trimestre.

Los valores de CTT se encuentran por encima de los valores permitidos oficialmente. Existen fluctuaciones entre trimestres, evidenciándose los valores más bajos en el segundo trimestre de las mediciones correspondientes a los meses enero-abril, período que presenta valores por debajo de 1000 NMP/100 ml en la mayoría de los sitios de muestreo (Tabla 1), lo cual permite el uso del agua superficial en actividades recreativas de contacto primario y para actividades agrícolas y pecuarias (MORA & CALVO, 2010). En el caso de Cangrejito (CG) se destaca la aparición de picos hacia el fin del muestreo en agosto. Esta localidad presenta los valores más bajos de contaminación fecal, aun cuando no se consideran estadísticamente diferentes al resto de las localidades, concluyendo que en cualquiera de los casos el agua no es apta para su consumo sin previo tratamiento.

Tabla 1. Valores de las medias y desviación estándar de Coliformes Termotolerantes –CTT– (NMP/100 ml) obtenidos para aguas superficiales en el estuario del río Ranchería durante 4 trimestres

	Trimestres							
	MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS
CG	977,5 ^b	1.076,1	804,0 ^b	578,1	3.376,4 ^b	4.703,5	75.000,0 ^a	65.721,6
DB	14.900,0 ^b	15.326,0	5.262,8 ^b	10.492,1	18.923,2 ^b	24.324,6	12.300,0 ^b	15.254,9
EM	13.633,3 ^b	15.115,2	796,8 ^b	932,8	4.730,2 ^b	7.051,8	5.850,0 ^b	2.531,8
VC	4.343,8 ^b	5.098,3	5.506,0 ^b	10.377,5	1.364,0 ^b	1.496,5	9.475,0 ^b	8.569,1
VF	5.625,0 ^b	4.116,9	794,0 ^b	1.513,4	3.346,4 ^b	5.477,3	6.875,0 ^b	4.804,4

Letras iguales significa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias comparadas con la prueba de Tukey con un $\alpha = 0,05$. CG: Cangrejito, DB: Desembocadura, EM: El Mirador, VC: Valle de los Cangrejos, VF: Villa Fátima.

Los valores más bajos de CTT se observaron en VF, el cual resulta ser uno de los sitios más cercanos a la cabecera de los ríos, lo cual se relaciona con lo encontrado por CHAN & PEÑA (2015) en aguas superficiales de tres ríos en Guatemala, determinando que en cualquiera de los casos la presencia de coliformes era uno de los principales factores de contaminación de las aguas. De igual manera, los resultados tienden a mostrar un aumento de la contaminación en las zonas bajas, hacia la desembocadura, coincidiendo con las zonas de mayor cercanía a centros poblados, resultados compartidos con los obtenidos por BARRANTES *et al.* (2013) para aguas superficiales de la microcuenca del río Purires en Costa Rica, y CALVO-BRENES & MORA-MOLINA (2015) quienes reportan una presencia diferencial de coliformes totales en ríos del Ecuador, favoreciendo la presencia de los mismos hacia las épocas lluviosas, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde existe estacionalidad en la presencia de CTT a lo largo del año, pero no existe una verdadera correlación entre la contaminación microbiana y las condiciones ambientales del área de estudio.

CAMPOS *et al.* (2015) resaltan la importancia del monitoreo de CTT en las aguas de riego en zonas de explotación agrícola, ya que aguas con elevados valores comprometen ampliamente la salud de los agricultores y los consumidores. Los componentes de correlación de Pearson para los datos encontrados en los cinco sitios de muestreo (Tabla 2), presentan una correlación positiva entre todos los centros de muestreo, lo cual indica una tendencia de comportamiento similar en el contenido de CTT en toda la zona. Sin embargo, las mayores correlaciones se encontraron entre VF y DB, seguidos por VF y EM, sitios que se encuentran en estrecha relación con el movimiento de los cauces de agua. Por el contrario, las menores correlaciones se consiguieron entre CG y EM, donde no se observa correlación entre los datos obtenidos, por lo que su comportamiento puede considerarse como independiente. Estos resultados sugieren la necesidad de establecer diferentes tipos de medidas de control en función de la localidad de los sitios de muestreo. Para aquellos sitios con alta correlación en sus contenidos de CTT, las medidas pueden aplicarse de manera integrada. Los sitios con bajo coeficiente de correlación para esta variable, requieren de medidas de control específicas para la situación geográfica de cada una.

Tabla 2. Valores de las medias y desviación estándar de Coliformes Termotolerantes –CTT– (NMP/100 ml) obtenidos para aguas superficiales en el estuario del río Ranchería durante 4 trimestres

	DB	EM	VF	CG	VC
DB	1,00				
EM	0,50	1,00			
VF	0,78	0,62	1,00		
CG	0,05	0,02	0,47	1,00	
VC	0,18	0,15	0,21	0,06	1,00

Los resultados establecen que las aguas analizadas deben ser tratadas para su consumo y que, dependiendo de la época del año y dada la fluctuación del contenido de CTT, los tratamientos de agua deben ser más severos para que las aguas del estuario del río Ranchería puedan ser utilizadas con bajo riesgo de contaminación. Para el caso de Cangrejito, se recomienda el monitoreo constante de las aguas superficiales, ya que en los meses de lluvia pueden alcanzarse valores muy por encima de los permitidos en la legislación nacional, lo cual hace poco recomendable el uso de las aguas para fines de consumo, agrícolas, industriales o turísticos. En virtud de ser diferente la ubicación de los sitios de muestreo en términos a su cercanía al mar, es importante tomar en cuenta que para las zonas más alejadas de la costa, más influenciadas por corrientes fluviales, deberá monitorearse más específicamente el contenido de *Escherichia coli*; por su parte, en los sitios costeros o marinos, es importante tener un seguimiento de la dinámica de bacterias del género *Enterococcus* y de *Streptococos* en general (SOLLER *et al.*, 2010).

Si bien en la mayoría de los muestreos los valores son significativamente menores, los mismos sobrepasan lo recomendado por organismos reguladores internacionales, como la Agencia de Protección Ambiental en EE.UU. (USEPA por sus siglas en inglés) y el Ministerio de Salud de Canadá (Health Canada), los cuales establecen como valores máximos 126 NMP/100 ml en el caso de USEPA y 200 NMP/100 ml en Canadá (LÈVESQUE & GAUVIN, 2007; USEPA, 2012). Asimismo, es importante resaltar que los puntos de muestreo con mayor contaminación se ubicaron en las zonas más bajas del estuario donde existe una mayor densidad poblacional. Esta información es importante para el desarrollo de acciones de control específicas para cada una de estas zonas geográficas, con el fin de evitar el efecto negativo de fuentes de contaminación que pueden afectar la calidad de las aguas y, por ende, la salud de las comunidades ubicadas en su cercanía.

CONCLUSIONES

El contenido de Coliformes Termotolerantes (CTT) en el estuario del río Ranchería en La Guajira, Colombia, fue diferente en los cinco sitios de muestreo, con características estacionales diferenciales. Según las pruebas de normalidad no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sitios analizados. Excepto en VC en el trimestre cuarto ($\rho = 0,000$) y en EM los periodos de lluvia y sequía ($\rho = 0,027$; $\rho = 0,029$). Se favoreció el contenido de CTT en la zona de Cangrejito hacia el cuarto trimestre, donde se observaron valores atípicamente altos. Los menores valores se encontraron en VF, correspondiendo al sitio más cercano a la cabecera de los ríos, donde el recorrido del agua había sido menor. No se encontró correlación entre el contenido de CTT entre los sitios, con excepción de CG con DB y EM ($\rho = 0,05$; $\rho = 0,02$). El agua presenta condiciones de calidad no apta para el consumo humano, ni se recomienda su uso para el riego agrícola, requiriendo de tratamientos específicos para tal fin.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad de La Guajira y a la Corporación Autónoma de La Guajira (CORPOGUAJIRA), por su apoyo financiero y logístico para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- ANGARITA, W. & ORTIZ, E., 2014.- *Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua en la micro cuenca La Brava, la cual abastece el acueducto independiente Adamiuain en el sector norte de la ciudad de Ocaña*: Tesis, Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Ocaña.
- BARRANTES, K., CHACÓN, L.M., SOLANO, M. & ACHÍ, R., 2013.- Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33: 40-45.
- CALVO-BRENES, G. & MORA-MOLINA, J., 2015.- Evaluación de la calidad del agua en los ríos Tigre y Rincón de la península de Osa en dos periodos de tiempo distintos. *Tecnología en Marcha*, 28 (3): 55-63.

- CAMPOS, C., CONTRERAS, A.M. & LEIVA, F.R., 2015.- Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el Centro Agropecuario Marengo (Cundinamarca, Colombia). *Biosalud*, 14 (1): 69-78.
- CHAN, M. & PEÑA, W., 2015.- Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7 (1): 19-23.
- DÍAZ, K., 2001.- *Estudio de la regeneración natural del manglar en El Rito y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería*. Universidad de La Guajira, Riohacha.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZÁLEZ, L., TABLADA, M. & ROBLEDO, C.W., 2012.- *InfoStat versión 2012*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GARAY, J., MARÍN, B., RAMÍREZ, B., VÉLEZ, A., TRONCOSO, W., LOZANO, H., ACOSTA, J., CADAVID, B., LANCHEROS, A., MEDINA, O. & RONDÓN, M., 2001.- *Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano*. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costera de Colombia – REDCAM. Informe técnico final, INVEMAR. Santa Marta.
- HURTADO-MONTOYA, A.F. & MESA-SÁNCHEZ, O.J., 2014.- Reanalysis of monthly precipitation fields in Colombian territory. *DYNA*, 81 (186): 251-258.
- LÈVESQUE, B. & GAUVIN, D., 2007.- Microbiological guideline values for recreational bathing in Canada: time for change? *Can J Infect Dis Med Microbiol*, 2: 153-7.
- MARTÍNEZ, R.E., VILLALOBOS, L.B. & CASTILLO, L.K., 2015.- *Escherichia coli* diarregénicas procedentes de aguas marinas recreacionales caracterizadas por reacción en cadena de la polimerasa. *Revista Científica, FCV-LUZ*, XXV (3): 248-254.
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, 2007.- *Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007*. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Diario Oficial 46623. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/Decreto%201575%20de%202007.pdf>
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL & MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007.- *Resolución 2115 de 22 junio de 2007*. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial 46679. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/Resoluci%C3%B3n%202115%20de%202007.pdf>
- MOJICA, J.I., CASTELLANOS, C., SÁNCHEZ-DUARTE, P. & DÍAZ, C., 2006.- Peces de la cuenca del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Biota Colombiana*, 7: 129142.
- MORA, J. & CALVO, G., 2010.- Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 23 (5): 34-40.
- POLANÍA, J., OROZCO-TORO, C.A. & ÁNGEL, I.F., 2006.- Delta del río Ranchería (La Guajira, Colombia): caudal, salinidad y transporte de sólidos y su posible influencia sobre composición y estructura de los manglares. *Actual Biol*, 28 (84): 27-37.
- PROYECTO PROLAGUNAS, 2001.- *Protección y recuperación de humedales costeros del Caribe colombiano*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- RAMOS, L., VIDAL, L., VILARDI, S. & SAAVEDRA, L., 2008.- Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Act. Biol. Colomb.*, 13 (3): 87-98.
- RESTREPO, J.C., ORTIZ, J.C., PIERINI, J., SCHROTTKE, K., MAZA, M. & OTERO, L., 2014.- Freshwater discharge into the Caribbean Sea from the Rivers of Northwestern South America (Colombia): Magnitude, variability and recent changes. *Journal of Hydrology*, 509: 266-281.
- RESTREPO-LÓPEZ, J.C., ORTIZ-ROYERO, J.C., OTERO-DÍAZ, L. & OSPINO-ORTIZ, S.R., 2015.- Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano: magnitud, tendencias y variabilidad. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39 (153): 527-546.
- SAMBONI, N.E., CARVAJAL, Y. & ESCOBAR, J.C., 2007.- Revisión de parámetros físico-químicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27 (3): 172-181.
- SOLLER, J., SCHOEN, M.E., BARTRAND, T., RAVENSCROFT, J.E. & ASHBOLT, N.J., 2010.- Estimated human health risks from exposure to recreational waters impacted by human and non-human sources of fecal contamination. *Water Res*, 44: 4674-91.
- TRUJILLO, G.P. & GUERRERO, A.M., 2015.- Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *REBIOL*, 35 (1): 23-33.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 2012.- *Recreational Water Quality Criteria*. Recuperado de <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/health/recreation/index.cfm>
- VÉLEZ, C. & AGUIRRE, N., 2016.- Influencia del río Atrato en el Golfo de Urabá durante el holoceno tardío, Mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 45 (1): 73-97.