



The Biologist (Lima)



RESEARCH NOTE / NOTA CIENTÍFICA

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF THE WATERS OF THE YAQUE NORTE RIVER, DOMINICAN REPUBLIC

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL RIO YAQUE NORTE, REPÚBLICA DOMINICANA

Mairin Lemus¹; María Cabrera¹ & Xavier Calmette¹

¹Instituto de Formación Docente Salomé Ureña, recinto Emilio Prud'Homme, Santiago de los Caballeros 51000, República Dominicana.

mairin.lemus@isfodosu.edu.do

*Corresponding author: mairin.lemus@isfodosu.edu.do

Mairin Lemus:  <https://orcid.org/0000-0002-1657-0505>

María Cabrera:  <https://orcid.org/0000-0002-8512-1594>

Xavier Calmette:  <https://orcid.org/0000-0001-9271-2678>

ABSTRACT

The Yaque Norte is one of the most important rivers in the Dominican Republic, it is used for consumption purposes, reserve dams, hydroelectric plants, irrigation and others; however, the evidence shows that many of the domestic and industrial effluents are discharged directly into its waters, without prior treatment. In the present work, a physicochemical and microbiological evaluation of surface waters in the upper, middle and lower basin of the Yaque del Norte River is carried out, using the Standard Methods for water analysis. The results show that there are no significant differences in the physicochemical parameters: pH, salinity, conductivity, turbidity, total solids and hardness; however, these parameters show alterations along the river. The levels of total coliforms, fecal or thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* exceed the limits established in the Dominican regulation. The water does not meet standards for consumption and this represents a major environmental and health problem for the communities surrounding the river that use it.

Keywords: microbiological contamination – physicochemical parameters – Pollution – water quality

Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: DOI: <https://doi.org/10.24039/rb20222021353>

RESUMEN

El Yaque Norte es uno de los ríos más importantes de República Dominicana, es utilizado para fines de consumo, presas de reserva, hidroeléctricas, regadíos y otros; sin embargo, las evidencias muestran que muchos de los afluentes domésticos e industriales son descargados directamente a sus aguas, sin previo tratamiento. En el presente trabajo se realiza una evaluación fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales en la cuenca alta, media y baja del río Yaque del Norte, utilizando el “Standart Methods” para análisis de agua. Los resultados demuestran, que no existen diferencias significativas de los parámetros fisicoquímicos: pH, salinidad, conductividad, turbidez, sólidos totales y dureza; sin embargo, estos parámetros muestran alteraciones a lo largo del río. Los niveles de coliformes totales, coliformes fecales o termotolerantes y *Escherichia coli* exceden los límites establecidos en la regulación dominicana. El agua no cumple con estándares para su consumo y esto representa un gran problema ambiental y de salud para las comunidades aledañas al río que hace uso de ella.

Palabras clave: calidad de agua – contaminación – contaminación microbiana – parámetros fisicoquímicos

INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento demográfico, sin consideración de las políticas públicas para la conservación de la calidad de las aguas en América latina están provocando un gran problema de contaminación de los cuerpos de agua continentales. Los ríos están siendo utilizados para descargar aguas de desecho domésticas e industriales, sin previo tratamiento (Rogers-Brown *et al.*, 2019). El río Yaque Norte, no se escapa al problema de la contaminación y al empobrecimiento de la calidad de estas, a tal punto que sus aguas están afectando a la población y la estabilidad de los ecosistemas. Actualmente, existe mucha información de divulgación sobre la contaminación de la cuenca, pero pocas evidencias científicas recientes (Castillo, 2014; Evaristo, 2020).

La cuenca del río Yaque del Norte se ubica en la región norte y noroeste de la República Dominicana, con una superficie de 6.891,13 km². Lamentablemente, el desarrollo de las grandes ciudades y el crecimiento poblacional no planificado para el área de influencia de la cuenca ha traído como consecuencia la alteración del equilibrio ecológico y desmedro de los recursos naturales y una disminución de la calidad de vida de los ciudadanos y en especial aquellos moradores de las zonas aledañas al río, que hacen uso de este (Acosta, 2017).

Como se señaló previamente, no existen evidencias científicas significativas de la evaluación sobre la contaminación y biomonitorio de la calidad de agua del río Yaque del Norte, y en este sentido, Phillips *et al.* (2007), plantean que existe una falta general de manejo adecuado de los desechos, que han contaminado las fuentes de agua, causando enfermedades y sigue siendo una necesidad el saneamiento del río Yaque del Norte.

La evaluación de coliformes totales, registradas en el río Yaque del Norte, indican una contaminación microbiológica importante en la cuenca, que sobrepasa los valores límites recomendados por la SEMMARN en todas las estaciones muestreadas (Acosta, 2011). También, otro estudio puntal determinó bajos niveles de oxígeno disuelto, asociado con eutrofización y alta conductividad, resultante de la escorrentía agrícola. La cuenca inferior está extensivamente afectada por la agricultura, resultando en una conductividad sensiblemente más alta, así como un alto contenido de nitrógeno y fósforo (Phillips *et al.*, 2007).

La precariedad de las viviendas constituye uno de los principales problemas sociales, visibles en las riberas del Río Yaque, especialmente en los que se encuentran establecidos en las márgenes del río. Es evidente el hacinamiento, la falta o baja calidad de los servicios públicos y las malas condiciones de las viviendas, cuyas paredes y techo no cumplen con los requerimientos mínimos de higiene y seguridad.

La cuenca del Yaque de Norte nace en la Loma la Rusilla, en el parque José Armado Bermúdez, en la parte central de la Cordillera Central, y a lo largo de su recorrido, el río es utilizado para el consumo y proporciona agua de riego para gran parte de las tierras agrícolas del país y obras hidráulicas de propósitos múltiples. El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) pone a disposición el agua para todos sus usos y se encarga de la conservación, desarrollo y gestión para la sostenibilidad de este recurso hídrico (INDRHI, 2019).

El objetivo del presente trabajo es realizar una evaluación puntual de los parámetros

físicoquímicos y microbiológicos de la cuenca Yaque del Norte, República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron localidades a lo largo de la cuenca Yaque del Norte con diferentes tipos de impacto (Tabla 1). En la Cuenca alta: la localidad de Manabao y Presa Taveras; Cuenca media: Santiago de los Caballeros (tres localidades) y Cuenca baja: Desembocadura de Yaque en Monte Cristi (Fig.1).

Tabla 1. Características de las localidades de muestreo para la evaluación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de aguas superficiales del río Yaque del Norte, República Dominicana.

Cuenca	Localidad y altitud	Latitud, longitud	Características de la zona
Alta	Manabao 876 msnm	19° 04' 20" 70° 47' 50"	Caracterizada por la agricultura, con grandes cultivos de café y hortalizas. El turismo tiene una gran actividad y cuenta con una población de aproximadamente 5.000 habitantes.
	Presa Tavera 292 msnm	19°50'24" 71°41'13"	La presa Tavera represa las aguas al río Yaque del Norte y es la principal fuente de abastecimiento de agua para la producción agrícola.
Media	Puente Japur Dumit Intermedio La Otra Banda 150 msnm	19° 26' 26" 70° 42' 14"	Estas localidades están ubicadas en Santiago de los Caballeros. Muchas afluentes domésticos e industriales son descargadas directamente al río sin previo tratamiento. La población se estima en 1.343.423 habitantes.
Baja	Monte Cristi 5 msnm	19° 50' 23" 71° 41' 10"	Desembocadura del río y cuenta con una población de aproximadamente 150.000 habitantes

Las muestras fueron colectadas durante el primer trimestre del 2021. Cada muestra fue tomada por triplicado, sumergiendo una botella esterilizada en el río, entre 10 y 30 cm por debajo de la superficie, con la apertura hacia abajo y luego colocada en contra de la corriente. Las muestras fueron transportadas en hielo, hasta el laboratorio donde fueron analizadas (Romero *et al.*, 2009). Cada muestra fue analizada para Coliformes totales, Coliformes termoestables y *E. coli*. Para los análisis se utilizó la unidad de Número más Probable en 100 ml (NMP/ 100 ml). Se tomaron

dos muestras de agua superficial por duplicado para determinar los parámetros físicoquímicos: pH, conductividad eléctrica (CE), salinidad, turbidez, dureza y sólidos totales. Los análisis se llevaron a cabo de acuerdo con APHA (2005).

Los resultados obtenidos fueron comparados con los establecidos en la Norma Ambiental de Aguas Superficiales y Costeras de República Dominicana del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012).

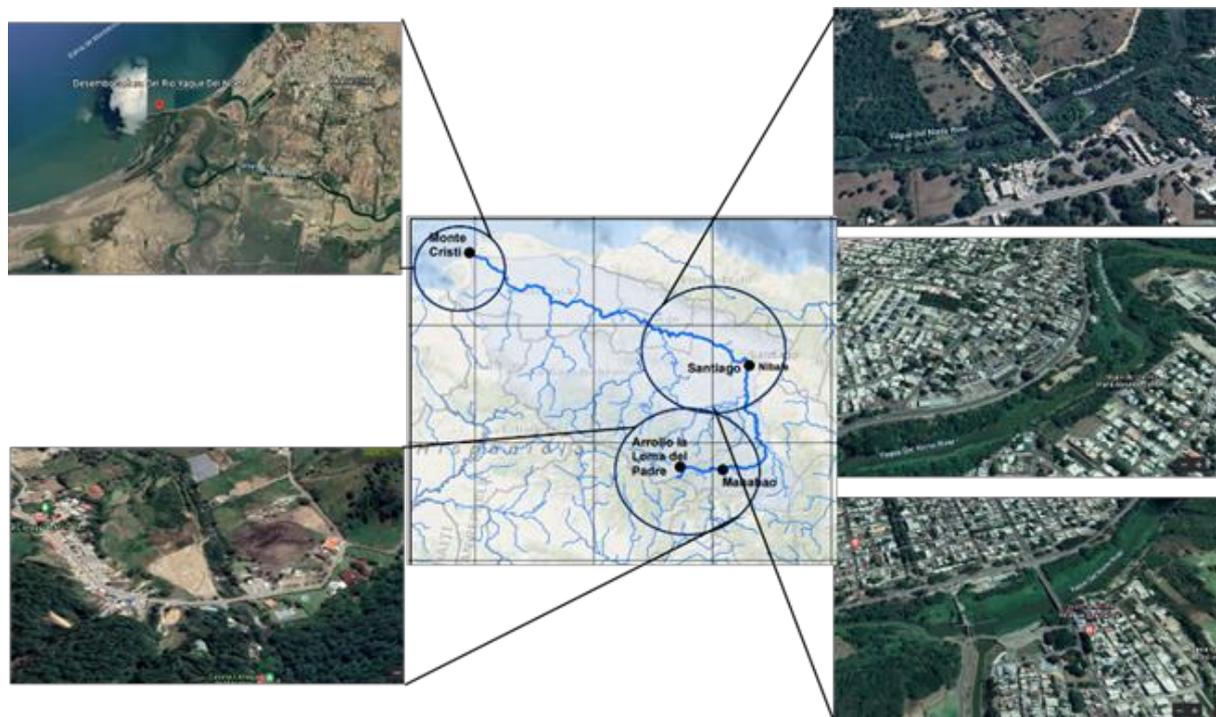


Figura 1. Cuenca del río Yaque del Norte, se muestra el nacimiento en la Loma del Padre y la desembocadura en Monte Cristi y en círculo las tres localidades de muestreo, República Dominicana.

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en agua superficial de la cuenca del río Yaque del Norte, República Dominicana.

Parámetro	Metodología
pH	Standard method 4500-H+B
Conductividad eléctrica (CE) (mS/cm)	Standard method 2510B
Salinidad (NaCl) (g/L)	Standard method 2520B
Turbidez (NTU)	Standard method 2130B
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	Standard method 2340C
Sólidos totales (STD)	Potenciometría
Recuento de coliformes totales (NMP/100 ml)	Standard method 9221B
Recuento de coliformes fecales (NMP/100 ml)	Standard method 9221E
Recuento de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)	Standard method 9221F

Para determinar si existen diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los datos obtenidos fueron tratados con el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis, después de determinar que no cumplen con las pruebas *a priori* de homocedasticidad y normalidad, para ello se utilizó el programa Sigma Stat (SigmaStat 4.0, Systat Software Inc., Chicago, Illinois, USA).

Aspectos éticos: Los autores han seguido las normas éticas del comité de ética del Instituto de Formación Docente Salomé Ureña, ISFODOSU, para la toma de muestras de agua en el río Yaque del Norte.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos, pH, CE, salinidad, turbidez, dureza y sólidos totales del agua superficial del río Yaque del Norte no mostraron variaciones significativas entre las diferentes localidades. Sin embargo, se puede observar una

tendencia al incremento de los parámetros analizados con la excepción del pH en las estaciones de la cuenca media y baja con relación a la localidad más elevada de la cuenca (Tabla 3).

En el caso de la CE, sus mayores valores se presentan en la presa Taveras y los menores en la localidad de Manabao (Tabla 3). La concentración de las sales solubles en agua podrían ser producto de actividades humanas, como es el uso de agroquímicos producto de la agricultura intensiva de la zona. En la presa Taveras también se encontraron los mayores valores de sólidos totales, salinidad y dureza.

Por su parte, los niveles de pH más bajos se presentan en la cuenca media, localidad de Santiago, determinando una mayor acidez de la zona (Tabla 3). Aunque los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la Norma Ambiental de Agua Superficiales y Costeras de República Dominicana (6,5 y 8,5), existe una tendencia a la acidificación en la zona de Santiago, donde existe una evidente descarga de aguas domésticas e industriales a la cuenca.

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos de agua superficial de la cuenca del río Yaque del Norte, República Dominicana.

Localidad	Manabao	Presa Tavera	Santiago 1	Santiago 2	Santiago 3	Promedio General	Kruskal - Wallis
pH	8,35 ± 0,07	8,15 ± 0,35	7,70 ± 0,20	7,65 ± 0,07	7,91 ± 0,20	7,95 ± 0,30	Kw= 7,93 P = 0,09ns
CE (µS/cm)	141,5 ± 0,70	243,0 ± 6,22	221,0 ± 5,90	198,7 ± 4,66	151,7 ± 0,77	191,8 ± 41,29	Kw= 8,83 P = 0,06ns
Sólidos totales (mg·L ⁻¹)	90,95 ± 0,08	155,0 ± 9,00	141,5 ± 0,14	127,05 ± 2,75	98,35 ± 1,34	122,57 ± 25,91	Kw=8,78, P = 0,07ns
Salinidad (mg·L ⁻¹)	67,0 ± 0,12	115,0 ± 2,90	104,7 ± 0,14	93,95 ± 2,05	72,5 ± 0,98	90,63 ± 19,39	Kw= 8,83 P = 0,07ns
Turbidez (NTU)	1,79 ± 0,16	2,10 ± 0,85	10,2 ± 0,14	4,82 ± 0,28	3,31 ± 1,13	4,44 ± 3,27	Kw= 7,74 P = 0,10ns
Dureza (mg·L ⁻¹ CaCO ₃)	66,2 ± 2,54	159,0±56,56	94,05 ± 12,09	85,5 ± 9,30	76,0 ± 12,09	96,3 ± 39,67	Kw= 8,16 P = 0,09ns

Los análisis microbiológicos del Yaque del Norte demuestran que desde la cuenca alta (Manabao) hasta su desembocadura en la localidad de Monte Cristi se presentan alteraciones microbiológicas significativas en su recorrido, principalmente a partir de la cuenca media donde se localiza la provincia de Santiago (Fig 2).

El conteo de coliformes supera los niveles permisibles por la normativa dominicana. De acuerdo con los niveles de coliformes totales y fecales en el río Yaque del Norte, el agua es clasificada en la clase C según la Norma Ambiental de Aguas Superficiales y Costeras de República Dominicana, que corresponde a valores superiores a 10.000 NMP/ 100 ml para ambos parámetros. Los niveles de *E. coli* no están dentro de la normativa.

Las observaciones demuestran un gran deterioro, pues el río es utilizado para descargar efluentes de comunidades, industrias, que visualmente han sido determinadas. Este estudio muestra valores en el mismo orden de magnitud a los reportados por otros autores, lo que determina que no existen políticas para su saneamiento o no se están aplicando, al respecto, Acosta (2017), mostró que aguas arriba del embalse Tavera-Bao, se reportaron valores entre 4.300 NMP/100mL y 60 NMP/100mL para la estación de la Ciénaga de Manabao, 24.000 NMP/100mL en la estación de Jarabacoa y 110.000 NMP/100 mL en la estación de Jimenoa. De aquí radica la importancia de evaluar la estacionalidad, pues los biomonitoreos permitirían evaluar variaciones estacionales, para establecer y aplicar las medidas de remediación, a objeto de conservar una de las cuencas más importantes de República Dominicana.

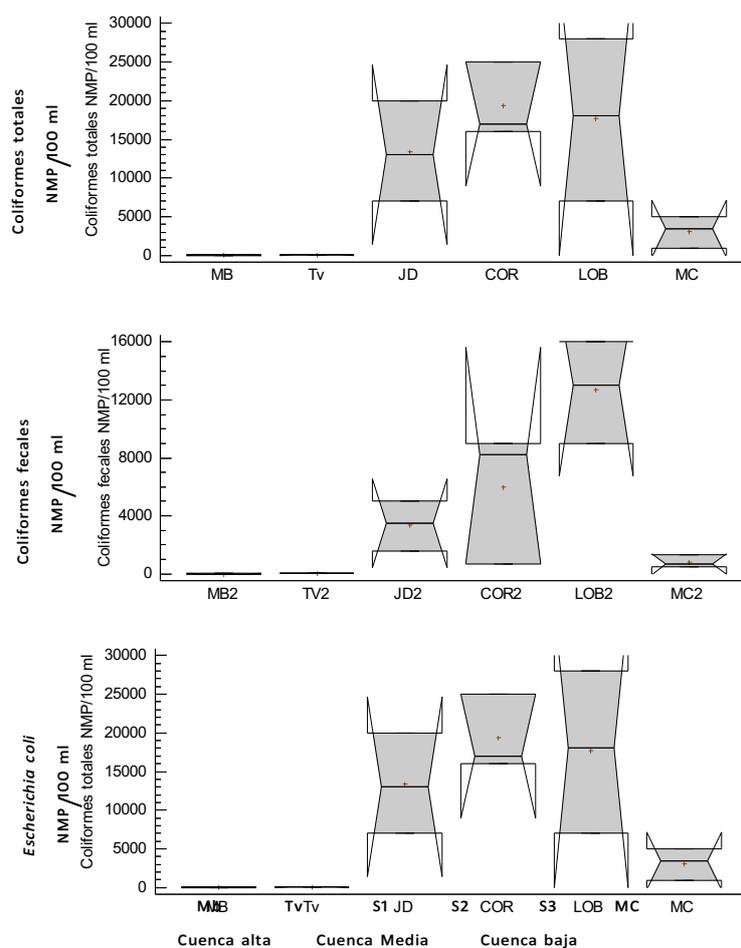


Figura 2. Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en aguas superficiales del río Yaque del Norte. Mb=Manabao, Tv=Presas Taveras, S 1,2 y 3=Santiago, MC=Monte Cristi. $Kw_{CT} = 14,72$, $P = 0,011^{**}$; $Kw_{CF} = 15,56$, $P = 0,008^{**}$ 0,05; $Kw_{Ec} = 15,47$, $P = 0,008^{**}$.

La familia Enterobacteriaceae son bacilos gramnegativos constituida por un grupo muy numeroso y heterogéneo, ampliamente distribuido en el componente abiótico y biótico. Algunos miembros de la familia forman parte de la flora comensal normal de muchos organismos y pueden causar infecciones oportunistas, como es el caso de *E. coli* que forma parte del tracto gastrointestinal, pero fuera de tracto puede causar infecciones urinarias, respiratorias o bacteriemias (Lee *et al.*, 2018; Salame-Khoury *et al.*, 2018). Por otro lado, algunas cepas de *E. coli* pueden producir cuadros gastrointestinales. Más del 90 % de las *E. coli* son resistentes a la ampicilina y se atribuyen a la familia de genes blaTEM, que es uno de los genes de betalactamasa más prevalentes que se encuentran comúnmente en las bacterias gramnegativas (Ghafourian *et al.*, 2015; Guerrero *et al.*, 2014; Urquiza *et al.*, 2018), lo que hace que el tratamiento de estos gérmenes se esté convirtiendo en un reto actual (Marcos-Carbajal *et al.*, 2021).

Por otro lado, es importante señalar que las comunidades presentan problemas de salud como lo son: malestares estomacales y diarreas (Rogers-Brown *et al.*, 2016). Por otro lado, Martínez *et al.* (2019), señalan que la calidad de las aguas dominicanas refleja impactos directos, considerables y recurrentes en enfermedades epidémicas y emergentes. Otro aspecto importante es que los miembros de las comunidades aledañas pescan y consumen algunas especies que allí capturan (Ponce, 2022), además de poseer un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura en las presas que se encuentran en el recorrido del río Yaque del Norte (Devarez, 2017).

En conclusión, el río Yaque del Norte en su recorrido desde las montañas hasta el mar, recibe aguas residuales, agrícolas e industriales de varios municipios, incluyendo el segundo centro de población más grande del país (Santiago), que están causando un gran deterioro de la cuenca.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo de Investigación del Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña, ISFODOSU, por el financiamiento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. 2011. Crónicas: cuenca hidrográfica del río Yaque del Norte. Global Education Magazine, 11: 13.
- Acosta, J. 2017. La contaminación del agua superficial del río Yaque del Norte. Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible, 10: 1-16.
- American Public Health Association (APHA); the American Water Works Association (AWWA); the Water Environment Federation (WEF). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; APHA, AWWA and WEF: Washington, DC, USA.
- Castillo J. A. 2014. *La contaminación del río Taque del Norte*. Monografías. <https://www.monografias.com/trabajos101/contaminacion-del-rio-yaque-del-norte/contaminacion-del-rio-yaque-del-norte>
- Devarez, J E. 2017. *El Yaque del Norte, ecosistema que beneficia ecoturismo, agropecuaria y energía limpia*. Boarding Pass Magazine, agosto 12 <https://www.boardingpasstv.com/index.php/2017/12/08/el-yaque-del-norte-ecosistema-que-beneficia-ecoturismo-agropecuaria-y-energia-limpia/>
- Evaristo, R. 2020. *Yaque del Norte con alta contaminación*. Periódico Hoy, enero 22. <https://hoy.com.do/yaque-del-norte-con-alta-contaminacion/>
- Ghafourian, S.; Sadeghifard, N.; Soheili, S. & Sekawi, Z. 2015. Extended spectrum beta-lactamases: definition, classification and epidemiology. *Current Issues in Molecular Biology*, 17: 11-22.
- Guerrero, P. P.; Sánchez, F. G.; Saborido, D. G. & Lozano, I. G. 2014. Infecciones por enterobacterias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11: 3276-3282.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). 2019. *Informe evaluación ejecución medio término POA 2019 enero - junio*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/informe-de-seguimiento-del-poa-ene-jun-2019-pdf.

- Lee, D. S.; Lee, S. J. & Choe, H. S. 2018. Community-acquired urinary tract infection by *Escherichia coli* in the era of antibiotic resistance. *BioMed Research International*, 2018: 1-14.
- Marcos-Carbajal, P.; Salvatierra, G.; Yareta, J.; Pino, J.; Vásquez, N.; Diaz, P. Martínez, I.; Asmat, P.; Peralta, C.; Huamani, C.; Briones, A.; Ruiz, M.; Laura, N.; Luque, A.; Arapa, L., Tsukayama P. & Tsukayama, P. 2021. Caracterización microbiológica y molecular de la resistencia antimicrobiana de *Escherichia coli* uropatógenas de hospitales públicos peruanos. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 38: 119-123.
- Martínez, E., Tió, R. C., Tatis, L. R., de León, P., & Salcedo, L. 2019. Calidad del agua en la República Dominicana pp. 559-591. En: Martínez, E.; Tió, R. C.; Tatis, L. R.; de León, P. & Salcedo, L. (eds). *Calidad del Agua en las Américas*, 560.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. *Norma Ambiental de Agua Superficiales y Costeras de República Dominicana*. <https://ambiente.gob.do/files/Norma-Ambiental-de-Calidad-de-Aguas-Superficiales-y-Zonas-Costeras.pdf>
- Phillips, P.; Russell, F. A. & Turner, J. 2007. Effect of non-point source runoff and urban sewage on Yaque del Norte River in Dominican Republic. *International Journal of Environment and Pollution*, 31: 244-266.
- Ponce M. 2022. *Bajan los niveles de contaminación en el río Yaque*. Periódico El Caribe. Junio 8. <https://www.elcaribe.com.do/destacado/bajan-los-niveles-de-contaminacion-en-el-río-yaque/>
- Rogers-Brown, J.; Johnson, R.; Smith, D. & Ramsey-White, K. 2016. A pilot study to examine the disparities in water quality between predominantly Haitian neighborhoods and Dominican neighborhoods in two cities in the Dominican Republic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13: 39.
- Romero, A. M.; Gómez, K. F.; Sánchez, J. O. & García-Luján, C. 2009. Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, 8: 35-47.
- Salame-Khouri, L.; Contreras-Pichardo, B.; Arias-Rodríguez, S.; Mondragón-Soto, M.; Cataneo-Serrato, J. L.; Núñez-Martínez, M. & Valente-Acosta, B. 2018. Epidemiología de las bacteriemias por *Escherichia coli* en dos hospitales de tercer nivel de la Ciudad de México. *Anales Médicos de la Asociación Médica del Centro Médico ABC*, 63: 91-95.
- Urquiza, A. G.; Arce-Chuquimia, J. & Alanoca-Mamani, G. 2018. Resistencia bacteriana por beta lactamasas de espectro extendido: un problema creciente. *Revista Médica La Paz*, 24: 77-83.

Received April 2, 2022.

Accepted June 10, 2022.