

Determinación de la Calidad Microbiológica del Río Toca-Boyacá, Sector Tuaneca abajo y el Centro¹

Luz Edith Cely Ramírez²; Claudia Constanza Pérez Rubiano³; Helver Parra Arias⁴ y Daniel Humberto Galindo⁵

Resumen

Introducción: el agua apta para el consumo humano es aquella que no representa un riesgo para la salud del consumidor teniendo en cuenta sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, pero dicha calidad es afectada por vertimientos de actividades domésticos, industriales y económicas (Gamboa et al., 2015). **Objetivo:** este estudio se hizo con el fin de determinar la calidad microbiológica del río Toca, sector Tuaneca abajo y el Centro, Departamento de Boyacá, Colombia. **Materiales y métodos:** en la cuenca, se establecieron cuatro puntos de muestreo, M1, M2, M3 y M4, en cada punto se colectaron muestras de 50 mL de agua con 20 réplicas, en frascos de vidrio estériles, las

cuales fueron refrigeradas a 4°C en neveras de icopor y procesadas en el menor tiempo posible en el laboratorio de Microbiología de la UPTC; en donde se realizó cuantificación de mesófilos aerobios, mohos y levaduras mediante recuento en placa; coliformes totales y fecales se evaluaron mediante la técnica de Número más Probable (NMP). **Resultados:** el punto de muestreo M1 presentó los mayores valores de coliformes totales con un valor de 1100 NMP/100mL, coliformes fecales: 43 NMP/100mL; así como de mohos y levaduras 61×10^3 UFC/mL; y el punto con mayor valor de mesófilos aerobios fue 13×10^4 UFC/mL que corresponde al M2. Los puntos M3 y M4 presentaron ausencia de coliformes totales. **Conclusiones:** en contraste con el Decreto 1594 de 1984, sobre usos del agua y residuos líquidos,

1 Artículo original derivado del proyecto de investigación Propuesta de manejo ambiental para la zona de influencia del río Toca (Boyacá), de la Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Fecha de realización entre febrero 2018 a octubre de 2018. Financiado por los autores

2 Bióloga. Estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). <https://orcid.org/0000-0003-4851-9285>

3 Bióloga. Magistra en Microbiología. Estudiante Doctorado en Ciencias Biológicas y Ambientales. Grupo de Investigación MICRAM. Docente Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). <https://orcid.org/0000-0003-698-1826>

4 Ingeniero Civil. Magister en Ingeniería Civil. Área ambiental. Docente en Ingeniería Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). <https://orcid.org/0000-0002-4542-6473>

5 Biólogo. Docente. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4851-9285>

Autor para Correspondencia: Luz Edith Cely Ramírez. Correo electrónico: bioluz.cely@gmail.com

Recibido: 01/12/2019 Aceptado: 31/07/2021

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

el río Toca presenta mala calidad de agua en los puntos de muestreo M1 y M2, los cuales presentan actividad ganadera y vertimientos de aguas residuales domésticas.

Palabras clave: Calidad; microorganismos; contaminación; salud pública.

Determination of the microbiological quality of the Toca-Boyacá River, downstream Tuaneca and the center sectors

Abstract

Introduction: water suitable for human consumption is the one that does not represent a risk to the health for the consumer, considering its organoleptic, physical, chemical and bacteriological characteristics, but this quality is affected by dumping of domestic, industrial and economic activities (Gamboa et al., 2015). **Objective:** this study was done in order to determine the microbiological quality of the Toca river, Tuaneca Abajo and the Center, department of Boyacá, Colombia. **Materials and methods:** in the basin, four sampling points were established, M1, M2, M3 and M4, at each point 50 ml samples of water

were collected with 20 replicas, in sterile glass jars, refrigerated at 4 ° C in icopor coolers and processed in the shortest possible time in UPTC microbiology laboratory; where aerobic mesophiles, molds and yeasts were quantified by aerobic plate count; Total and fecal coliforms were evaluated using the Most Probable Number Technique (MPN). **Results:** the point sampling M1 had the highest of total coliforms values, equivalent to 1100 NMP/100mL, fecal coliforms: 43NMP/100mL. Likewise, of molds and yeasts 61×10^3 CFU/mL; and the point with the highest value of mesophiles aerobic 13×10^4 CFU/mL corresponds to M2. Points M3 and M4 presented the absence of total coliforms. **Conclusions:** in contrast to Decree 1594 of 1984, on the use of water and liquid waste, the Toca River has poor water quality at sampling points M1 and M2, which present livestock activity and discharge of domestic wastewater.

keywords: Quality; microorganisms; pollution; public health.

Determinação da qualidade Microbiológica do Rio Toca-Boyacá, Setores Tuaneca abaixo e Centro

Resumo

Introdução: a água apta para o consumo humano é aquela que não representa um risco para a saúde do consumidor levando em conta suas características organolépticas, físicas,

químicas e bacteriológicas, mas tal qualidade é afetada por vertimentos de atividades domésticas, industriais e econômicas (Spiró & Stigliani, 2003). **Objetivo:** determinar a qualidade microbiológica do rio Toca, setor Tuaneca Abajo e Centro, departamento de Boyacá, Colômbia. **Materiais e métodos:** na bacia, estabeleceram-se quatro pontos de amostragem, M1, M2, M3 e M4, em cada ponto coletaram-se amostras de 50 mL de água com 20 réplicas, em frascos de vidro estéreis, as quais foram refrigeradas a 4°C em caixas de isopor e processadas no menor

tempo possível no laboratório de Microbiologia da UPTC; onde realizou-se a quantificação de mesófilos aeróbios, mofos e leveduras mediante contagem em placa; os coliformes totais e fecais avaliaram-se mediante a técnica de Número mais Provável (NMP). **Resultados:** os resultados obtidos indicam que o ponto de amostragem M1 apresentou os maiores valores de coliformes totais, equivalentes a 1100 NMP/100mL, coliformes fecais: 43 NMP/100mL. Igualmente, de mofos e leveduras 61×10^3 UFC/

mL; e o ponto com maior valor de mesófilos aeróbios foi 13×10^4 UFC/mL que corresponde ao ponto M2. **Conclusão:** ao contrário do Decreto 1.594 de 1984, sobre o uso de água e esgoto líquido, O rio Toca apresenta má qualidade de água nos pontos de amostragem M1 e M2. Os pontos M3 e M4 apresentaram ausência de coliformes totais.

Palavras chave: Qualidade; microorganismos; contaminação; saúde pública.

Introducción

El agua es un componente importante para la vida y para el desarrollo de diferentes actividades económicas (Romeu et al., 2012; Onyango et al., 2001); su calidad es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas, con los rangos determinados por normas que regulan en la materia (MPS, 2007); pero debido al crecimiento poblacional, a las actividades antrópicas se ha generado acumulación de materia orgánica y cambios en la composición de los ríos (Fonseca et al., 2019).

Las actividades que desencadenan contaminación microbiológica en los cuerpos de agua son el descargue de aguas residuales al medio ambiente, la ganadería y agricultura, instalaciones inadecuadas para el tratamiento de agua y de desechos; en los sectores rurales la disposición de excretas a campo abierto y presencia de animales que actúan como reservorios de agentes patógenos, entre otros (Corno, 2019; Ríos et al., 2017).

Los microorganismos pueden ser una amenaza para la calidad del agua (Dunn et al., 2014, Campos et al., 2008), por tanto, se pueden emplear como indicadores de contaminación, debido a que ofrecen información sobre

los procesos que afectan sus propiedades, presentan respuesta rápida a los cambios e indican además de contaminación algún riesgo para la salud (Salman et al., 2013).

Los organismos indicadores son especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a ciertos parámetros (Vázquez et al., 2006); se cultivan, aíslan, identifican y cuantifican fácilmente; permiten el desarrollo de estudios económicamente posibles; se encuentran ausentes en agua no contaminada. Dentro de éstos, los microorganismos se emplean como indicadores de calidad de agua por su rápida tasa de crecimiento, porque su estudio es rápido y fácil de monitorear; reaccionan a contaminantes fisicoquímicos y biológicos, manifiestan cambios ambientales (Parmar et al., 2016); tienen criterios microbiológicos comunes a nivel internacional.

Dentro de los grupos de importancia como indicadores de calidad microbiológica de agua se encuentran las bacterias mesófilas aerobias, coliformes, mohos y levaduras, virus, y parásitos como *Giardia intestinalis* y *Cryptosporidium* spp. principalmente (Ríos et al., 2017). Los mesófilos aeróbios son microorganismos indicadores de contaminación y de calidad sanitaria (Campuzano et al., 2015; Freitas et al., 2009). Los coliformes fecales son indicadores de contaminación fecal de origen humano o

animal (Burgess & Pletschke, 2009), y algunos géneros bacterianos causan gastroenteritis, colitis hemorrágica y meningitis en humanos, entre otros (Guzmán et al., 2015). Tienen relación con aguas residuales, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales (Ríos et al., 2017). Se destaca la presencia de *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter* *Citrobacter* en medios acuáticos. (Larrea et al., 2013). En cuanto a los mohos y levaduras, muchos producen toxinas y son un riesgo principalmente para individuos inmunocomprometidos, generando algunas alergias, enfermedades infecciosas como gastroenteritis, enfermedades respiratorias (Mohamed et al., 2014).

En el departamento de Boyacá, el río Concejo Municipal de Toca nace en el Cerro Tibamosa y desemboca en el Embalse la Copa, el cual es un recurso importante para el municipio, que abastece el acueducto municipal, se usa para dar de beber a animales y riego de cultivos en algunas áreas aledañas; pero presenta contaminación por ganadería, actividades agrícolas y vertimiento de aguas residuales domésticas, ocasionando enfermedades transmitidas por alimentos, debido a que las unidades sanitarias son insuficientes para la totalidad de la población (Concejo Municipal de Toca, 2016) y los estudios recientes sobre su calidad y recuperación son escasos. Por tal motivo el objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad microbiológica del río Toca, sector Tuaneca abajo y el Centro.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el río Toca, sector Tuaneca abajo y el Centro, el cual se ubica en el Municipio de Toca, departamento de Boyacá, Colombia; con una altitud de 3670 msnm y temperaturas entre 13 a 17°C, este río nace en

el Cerro Tibamosa y desemboca en el embalse la Copa, y abastece el acueducto municipal, que aún está en construcción (Concejo Municipal de Toca, 2016).

Muestreo

El diseño de muestreo se realizó durante la época de lluvia, determinando cuatro puntos estratégicos de muestreo de la cuenca, definidos por el desarrollo de actividades socioeconómicas como ganadería, agricultura y comercio a pequeña escala, presentes en el área de influencia del sistema. En cada punto se realizó el monitoreo de parámetros microbiológicos. El primer punto en la zona baja (M1) de la cuenca, ubicado a 5°35'50.7"N-73°09'29.0"W, presenta zonas de ganadería intensiva y vegetación introducida como pino. El segundo punto (M2) de la cuenca, ubicado a 5°33'58.1"N-73°11'11.4"W, presenta pequeños cultivos de papa combinados con avena, pastos e influencia directa de vertimientos de aguas residuales domésticas. Para el punto tres (M3) de la cuenca, ubicado a 5°32'46.5"N 73°09'55.6"W, se evidencia zonas aledañas con pastos limpios y áreas seminaturales en proceso de recuperación. En el punto cuatro (M4) ubicado a 5°32'09.9"N-73°09'06.7"W, también se evidencia zonas aledañas con áreas seminaturales y naturales, con ausencia de intervención antrópica y pendiente alta; en donde se colectaron muestras con 20 réplicas de agua de 50 ml en frascos de vidrio estériles, para minimizar el efecto de variables no controladas, como temperatura, precipitaciones, horario, factor humano, las cuales fueron refrigeradas a 4°C en nevera de icopor y llevadas al Laboratorio de Microbiología de la UPTC y fueron procesados en el menor tiempo posible.

La presente investigación no es experimental, ya que no se construye ninguna situación, sino que se observaron situaciones ya existentes; las variables ocurren sin manipularlas, porque su respuesta e interacción ya sucedió, al igual

que sus efectos, sus relaciones se dan sin la intervención directa sobre su variación simultánea. Por lo tanto se observan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para su posterior análisis.

Análisis microbiológico

Para la determinación de mesófilos aerobios se empleó la técnica de recuento en placa, sembrando por duplicado 1ml de cada una de las diluciones de 10^{-1} a 10^{-3} y agregando capa sellante de agar plate count; las cajas se incubaron a 37°C por 48 horas, los resultados se expresaron en UFC/mL y se compararon con los rangos establecidos por resolución 2115 del 2007 (Chouhan, 2015).

Para coliformes totales y fecales se usó la técnica de Número más Probable (NMP). El cual permite evidenciar la presencia de microorganismos que fermentan la lactosa en caldo brila (Caldo Lactosa Verde Brillante Bilis) a 35°C para coliformes totales y 44.5°C para coliformes fecales durante 48 horas; causando turbidez, producción de gas y producción de indol mediante la adición de reactivo de Kovac's en agua de triptona. Los resultados se expresaron en NMP/100mL (Campuzano et al, 2015; May et al, 2019). Para verificar la fermentación de lactosa se usaron los tubos positivos de caldo brila, y se sembraron por estría en agar Eosina Azul de Metileno (EMB), posteriormente a partir de colonias aisladas se realizaron pruebas bioquímicas como citrato,

TSI, LIA, rojo de metilo, voges proskawer, SIM, urea para su identificación (Rodríguez, 2002), los resultados se compararon con el Decreto 1076 de 2015.

Para evaluar mohos y levaduras también se realizó siembra en profundidad, pero agregando como capa sellante agar papa dextrosa agar (PDA) incubando las muestras por 5 días a 25°C y reportando en UFC/mL (Mohamed et al., 2014).

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 19 (IBM, 2010).

Resultados

Para las bacterias mesófilas aerobias, los puntos de muestreo M1 y M2 presentaron los mayores valores, con 46×10^3 UFC/ mL y 13×10^4 UFC/ mL respectivamente; el punto M1 para coliformes totales registró un valor de 1100 NMP/100mL y de coliformes fecales un valor de 43 NMP/100mL; el punto M2 presentó para coliformes totales un valor de 480 NMP/100mL y coliformes fecales 93 NMP/100mL; en cuanto a mohos y levaduras, el punto M1 (61×10^3 UFC/ mL), y el punto M2 (27×10^2 UFC/mL) (Tabla N°1, Figuras N° 1 y N°2). Por otra parte en los puntos ubicados en el nacimiento (M3) y en la bocatomá (M4) se presentó ausencia de coliformes totales, con valores de <3 NMP/mL.

Tabla N° 1. Recuento de microorganismos encontrados en el río Toca

Punto de muestreo	NMP/100mL		Recuento en placa (UFC/mL)	
	Coliformes Totales	Coliformes fecales	Mesófilos	Mohos y levaduras
M1	1100	43	46×10^3	61×10^3
M2	480	93	13×10^4	27×10^2

Punto de muestreo	NMP/100mL		Recuento en placa (UFC/mL)	
	Coliformes Totales	Coliformes fecales	Mesófilos	Mohos y levaduras
M3	<3	0	54X10 ²	18X10 ³
M4	<3	0	42X10 ²	13X10 ³

Fuente: elaborado por los autores

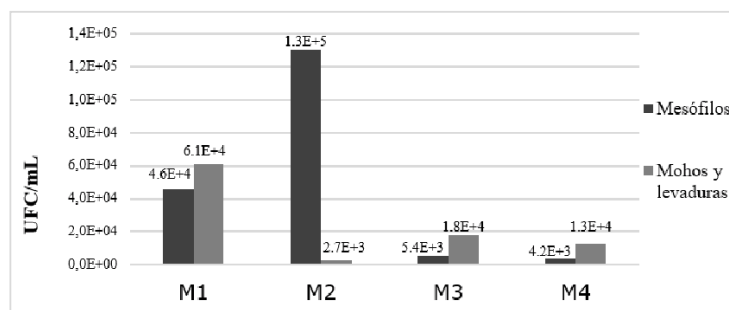


Figura 1. Recuento de Mesófilos aerobios, mohos y levaduras presentes en los puntos de muestreo del río Toca.

Fuente: Elaborado por los autores

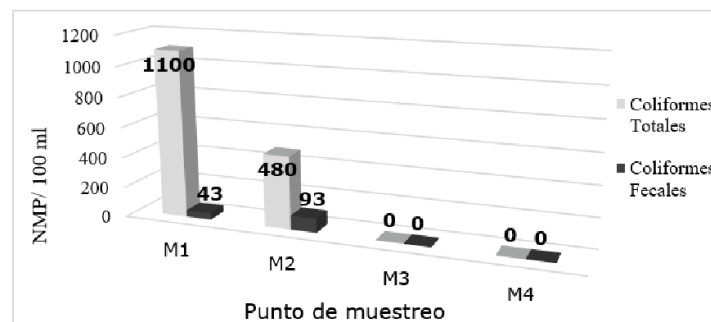


Figura 2. Cuantificación de coliformes presentes en los puntos de muestreo del río Toca.

Fuente: Elaborado por los autores

Discusión

Recuento de Mesófilos aerobios

Mediante el recuento de bacterias mesófilas se estima la microflora sin indicar tipos de microorganismos (Torres et al., 2020). Los puntos M1 y M2 presentaron una inadecuada calidad sanitaria, debida a la alta contaminación

a la que se encuentra expuesta (Junghyun & Kim, 2013), por el desarrollo de ganadería intensiva y al vertimiento directo de aguas residuales domésticas; lo que incrementa la carga microbiana en estos puntos de muestreo. En estos puntos el valor es mayor, comparado con la resolución 2115 del 2007 que contempla las características microbiológicas del agua para consumo, en donde el valor máximo permitido es de 100 UFC/mL.

Cuantificación de Coliformes totales y fecales.

Así mismo, en el punto de muestreo M1 se presentó contaminación de origen fecal, proveniente de ganadería intensiva e inadecuados sistemas de eliminación de desechos humanos (Valenzuela et al., 2009 Garzio et al., 2010); Sinton et al., 2010); punto que sobrepasa los rangos del decreto único reglamentario en Colombia 1076 de 2015, sobre usos de agua y residuos líquidos (1.000 NMP/100 mL para coliformes totales (Figura 2 y Tabla 1). Por tanto, éste recurso hídrico no es apto para ganadería; y en el agua para consumo humano puede originar enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), las cuales tienen un impacto en salud pública (Kraemer et al., 2014).

En el punto de muestreo M2, la contaminación fecal se debe a vertimientos de aguas residuales de tipo doméstico y por el arrastre de materia durante el recorrido (Ben & Chahlaoui, 2018). En un estudio realizado por Cifuentes et al., 2014, en el embalse la Copa, Boyacá, encontraron valores de 650 NMP/100mL para coliformes totales y 120 NMP/100mL para coliformes fecales en el río Toca, indicando que las medidas tomadas por las entidades ambientales aún son insuficientes.

Por otra parte, en los puntos ubicados en el nacimiento (M3) y en la bocatoma (M4) se presentó ausencia de coliformes totales y fecales, debido a su poca intervención antrópica, por acción de entidades ambientales y por ser lugares con elevada pendiente dificultando el asentamiento de personas.

Es así como de todos los puntos de muestreo analizados, el 50% presentaron coliformes totales y fecales correspondientes al punto de muestreo M1 y M2, mientras que, en un estudio realizado por Arango, et al., (2008) en la quebrada Cristalina (Colombia), encontraron que el 100% de los puntos de muestreo analizados presentaron contaminación por coliformes totales y fecales.

De los coliformes fecales aislados mediante siembra en agar EMB y pruebas bioquímicas, el 75% corresponden a *Escherichia coli*, y el 25% a *Klebsiella* spp.; en un estudio realizado por Hachich et al., (2012) en cuerpos de agua dulce de Sao Paulo, Brazil encontraron que de sus muestras el 60,6% correspondieron a *Klebsiella* spp y un 25,9% a *E. coli*. En el hombre, la presencia de estos microorganismos puede generar enfermedades de tipo gastrointestinal, resultados observados en otros estudios con problemas de contaminación antrópica (Garzio et al., 2010).

Cuantificación de Mohos y levaduras.

Estos microorganismos también indicaron contaminación (Mohamed et al., 2014) para los puntos de muestreo M1 y M2. Su presencia indica una degradación incompleta de la materia orgánica, y su origen puede ser debido a materia vegetal del curso del agua y materia orgánica de origen animal o humano. La presencia de estos microorganismos puede suponer un riesgo potencial para la salud, principalmente de personas inmunosuprimidas (Yamaguchi et al, 2007).

Conclusiones

Se aprecia una relación directa entre intervención antrópica y calidad microbiológica de agua para los tres grupos de microorganismos en estudio, ya que los puntos de muestreo con menor intervención antrópica (M3 y M4) presentaron ausencia de coliformes totales, coliformes fecales y valores bajos de mesófilos, mohos y levaduras, respecto a los demás puntos de muestreo (M1 y M2).

Los puntos M2 y M1 presentaron los mayores valores de mesófilos (13×10^4 UFC/mL y 46×10^3 UFC/mL), coliformes totales (480 NMP/100mL y 1100 NMP/100mL), coliformes fecales (93 NMP/100mL y 43 NMP/100mL),

mohos y levaduras (27×10^2 UFC/mL y 61×10^3 UFC/mL), ya que el río durante su recorrido se enriquece con materiales y nutrientes, es punto de desembocadura de aguas residuales domésticas y además presenta una zona de ganadería intensiva.

El punto de muestreo que presentó mayor valor de mesófilos es el M2 (13×10^4 UFC/mL) y el que presenta menor valor corresponde al M4 (42×10^2 UFC/mL).

Los mayores valores de coliformes totales y fecales se presentaron en los puntos de muestreo M1 (1100 NMP/100mL y 43 NMP/100mL) y M2 (480 NMP/100mL y 93 NMP/100mL), los cuales son los mayores aportantes de carga orgánica debido a que recogen los vertimientos antrópicos durante su recorrido y presentan contaminación por ganadería y aguas residuales; mientras que los valores más bajos se presentaron en los puntos M3 y M4 con valores de <3 NMP/100mL. Los coliformes totales y fecales se consideran indicadores de contaminación fecal y/o calidad higiénica en cuerpos de agua.

Los mayores valores de mohos y levaduras se presentaron en el punto de muestreo M1 (61×10^3 UFC/mL), mientras que los valores más bajos en el punto M4 (13×10^3 UFC/mL).

Los puntos de muestreo ubicados en el centro y en la desembocadura no son aptos para ganadería, ya que los valores de coliformes totales y fecales sobrepasan los rangos del decreto 1076 de 2015 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en el artículo 2.2.3.3.9.5

sobre usos de agua y residuos, además presentan valores elevados de mesófilos, mohos y levaduras; por ello podría ser una fuente de enfermedades transmitidas por alimentos.

Debido a las condiciones microbiológicas encontradas en el agua usada en los puntos de muestreo del río Toca se sugiere que las medidas tomadas en la parte alta de la cuenca sean aplicadas en el resto de éste, así como dar un manejo adecuado a las aguas residuales domésticas del Centro, para mitigar el impacto ambiental que actualmente se genera.

Se sugiere solicitar el apoyo de la autoridad ambiental (CORPOBOYACÁ) en colaboración con el ente territorial con jurisdicción de la ronda hídrica del río Toca, para que realicen talleres y sensibilización a la comunidad aledaña al río Toca sobre temas ambientales, contaminación de fuentes hídricas, manejo de residuos, con el propósito de establecer estrategias que mitiguen los actuales impactos ambientales.

Teniendo en cuenta que el agua del río Toca se emplea para ganadería y en algunos puntos para consumo humano, se sugiere que el municipio gestione pronto la instalación de PTAR para el tratamiento de aguas residuales domésticas y que el sistema de tratamiento de agua potable se amplíe a los sectores que carecen de este servicio, debido a que algunos habitantes manifiestan que no cuentan con este tipo de sistemas y la manera en que ellos tratan el agua recolectada del río es por decantación y procesos de ebullición.

Referencias

- Arango, M.C., Álvarez, L.F., Arango, G.A., Torres, O.E & Monsalve, A.J. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, (9), 121-141. ISSN 1794-1237
- Ben, A. y Chahlaoui, A. (2018). Vulnerability of the watershed of khoumane river (Morocco) and bacteriological risk of its water on health and environment. *Techniques-Sciences – Methodes*, 2018 (5), 69-74.
- Burgess, J.E. & Pletschke, B.I. (2009). *Microbiological water quality assessment. Water and health – 2.*
- Campos Pinilla, C., Cárdenas Guzmán, M. & Guerrero Cañizares, A. (2008). Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de agua de la sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum*, 13(2), 103- 108.
- Campuzano Fernández, S. F., Mejía Flórez, D., Madero Ibarra, D. C. & Pabón Sánchez, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá. *NOVA*, 13 (23), 110.
- Cifuentes Osorio, G.R., Gamboa Becerra, R. S. & Rocha Gil, Z. E. (2014). Diagnóstico físico-químico, biológico y microbiológico de las aguas del embalse de la Copa (Boyacá). *Ediciones Universidad de Boyacá*. 110. ISBN 978-958-8642-52-9.
- Concejo Municipal de Toca. (2016). Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de Toca Boyacá. p 41
- Corno, G., Ying, Y., Eckert, E., Fontaneto, D., Fiorentino, A., Galafassi, S., Zhang, T. & Di Cesare, A. (2019) Effluents of wastewater treatment plants promote the rapid stabilization of the antibiotic resistome in receiving freshwater bodies. *Water Research*, 158, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.031>
- Chouhan, S. (2015) Enumeration and Identification of Standard Plate Count Bacteria. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9(2), 67-73
- Dunn, G., Harris, L., Cook, C. & Prystajecy, N. (2014). A comparative analysis of current microbial water quality risk assessment and management practices in British Columbia and Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 468, 544-552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.004>
- Fonseca Montes de Oca, R. M., Ramos Leal, J. A., Solache Ríos, M. J., Martínez Miranda, V. & Fuentes Rivas, R. M. (2019). Modification of the Relative Abundance of Constituents Dissolved in Drinking Water Caused by Organic Pollution: a Case of the Toluca Valley, Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230171 (7). 1573. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4210-1>
- Freitas, R., Nero, L. A. & Carvalho, A. (2009). Technical note: Enumeration of mesophilic aerobes in milk. *Journal of Dairy Science*, 92 (7), 3069-3072. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1705>.
- Gadzała Kopciuch, R., B e r e c k a , B . , Bartoszewicz, J. & Buszewski, B. (2004), Some Considerations About Bioindicators in Environmental Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13 (5), 453, 454.

- Gamboa Becerra, R. S., Cifuentes Osorio, G.R. & Rocha Gil, Z. E. (2015). Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el agua del embalse La Copa, municipio de Toca, Boyacá/Colombia. *Investigación, Innovación e Ingeniería*, 3(1), 10-23. <https://doi.org/10.24267/23462329.157>
- Garzio Hadzick, A., Shelton, D. R., Hill, R. L., Pachepsky, Y. A., Guber, A. K. & Rowland, R. (2010). Survival of manure-borne *E. coli* in streambed sediment: Effects of temperature and sediment properties. *Water research*, 44 (9), 2753-2762. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.02.011>
- Guzmán, B., L. Nava, G. & Díaz, P. (2015). Quality of water for human consumption and its association with morbimortality in Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35, 177-190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Hachich, E. M., Di Bari, M., Christ, A. P., Lamparelli, C. C., Ramos, S. S. & Sato, M. I. (2012). Comparison of thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* densities in freshwater bodies. *Brazilian Journal of Microbiology*. 675-681. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822012000200032>.
- IBM CORPORATION. Released. IBM Statistics for Windows, Version 19.0 Armonk, NY: IBM Corp.201
- Junghyun, P. & Kim, M. (2013). Comparison of Dry Medium Culture Plates for Mesophilic Aerobic Bacteria in Milk, Ice Cream, Ham, and Codfish Fillet Products. *Preventive Nutrition and Food Science*, 18 (4), 269-272. 2. <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2013.18.4.269>
- Kraemer, F. B., Chagas, C. I., Vázquez Amábile., G., Paz, M. & Moreton, J., (2014), Estimation of fecal coliforms contamination scenarios in a microbasin of the Rolling Pampa of Argentina by using a predictive model. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46 (2), 83-96.
- Larrea Murrell, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N. M. & Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: Revisión de literatura. *CENIC: Ciencias Biológicas*, 44 (3), 24-34.
- MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015: Por el cual se expide el decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 659 p
- MayPhyo, S. S., San San Yu. & Saing, K. M. (2019). Bacteriological Examination of Bottled Drinking Water by MPN Method. *Haya: The Saudio Journal of Life Sciences*, 4(7), 227-232. <https://dx.doi.org/10.21276/haya.2019.4.7.2>
- Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución No 2115: 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. 23 p
- Mohamed, S. A., Hamed, S. R. & Al Wasify, R. S. (2014). Relative Diversity of Filamentous Fungi and Yeasts in Groundwater and their Correlation to Fecal Pollution Indicators and Physicochemical Parameters. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (11), 905-919. ISSN: 2319-7706
- MPS. (2007). Decreto 1575: Por el cual se establece el Sistema para la Protección

- y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 14 p.
- Onyango, A. E., Okoth, M. W, Kunyanga, C.N. & Aliwa, B. O. (2018). Microbiological Quality and Contamination Level of Water Sources in Isiolo County in Kenya. *Journal of Environmental and Public Health*. ID 2139867.1-10. <https://doi.org/10.1155/2018/2139867>
- Parmar, T. K., Rawtani, D. R. & Agrawal, Y. K (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 109-118. ISSN: 2155-3769. <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R.M. & Gutiérrez Builes, L.A. (2017) Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad de Salud Pública*, 35(2), 236- 247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08,2>
- Rodríguez Angeles, G. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. *Salud pública de México*, 44 (5), 464-475.
- Romeu Álvarez, B., Larrea Murrell, J., Lugo Moya, D., Rojas Hernández, N., & Heydrich Pérez, M. (2012). Microbiological water quality of Luyano river, Havana, Cuba. *CENIC Ciencias Biológicas*, 43(3), 1-2
- Salman, J. M., Azaway, A. S. & Hassan, F. M. (2013). Study of Bacterial Indicators in Water and Sediments from Al- Hilla River, Iraq. *Hydrology Current Research*, 1-5. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.S13-01>.
- Sinton, L. W, Finlay, R. K. & Hannah, D.J (2010). Distinguishing human from animal faecal contamination in water: A review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 32, 323-357. <https://doi.org/10.1080/00288330.1998.9516828>
- Torres Neira, O. L., González Torres, Y. O., Pérez Rubiano, C. C., Martínez Martínez, M. I., Nausa Patiño, Y. D., & Mora Parada, M. (2020). Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica de la leche en un centro de acopio en Boyacá-Colombia. *Revista Científica*, 30(2):75-81
- Valenzuela, M., Lagos, B., Claret, M., Mondaca, M., Pérez, C. & Parra, O. (2009) Fecal contamination of groundwater in a small rural dryland watershed in central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69 (2), 235-243. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392009000200013>
- Vázquez Silva, G., Castro Mejía, G., González Mora, I., Pérez Rodríguez, R. & Castro Barrera, T. (2006) Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* 60, 41-48.
- Yamaguchi, M. U., Rampazzo, R. D., Yamada Ogatta, S. F., Nakamura, C. V., Ueda Nakamura, T., & Dias Filho, B. P. (2007). Yeasts and filamentous fungi in bottled mineral water and tap water from municipal supplies. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(1) 1-9