

Características bacteriológicas, físicas y pH del agua de consumo humano del municipio de Une-Cundinamarca

Bacteriological and physical characteristics and pH of water for human consumption in the municipality of Une-Cundinamarca

Sandra Mónica Estupiñán-Torres ¹, Sara Lilia Ávila de Navia ², Diego Barrera Aguirre ³, Robinson Baquero Torres ⁴, Delith Allexandra Díaz Ibañez ⁵, Anthony Hever Rodríguez Ramírez ⁶

Resumen

Objetivo. Determinar características bacteriológicas, físicas y pH del agua para consumo humano que abastece al municipio de Une, Cundinamarca-Colombia. **Métodos.** Se tomaron 13 muestras de agua: 10 de la zona rural y 3 de la zona urbana. Del total de muestras tomadas en la zona rural, 7 no tenían ningún tratamiento, mientras que 3 tenían algún tipo de tratamiento. Las 3 muestras tomadas en la cabecera municipal, todas tenían tratamiento. Se utilizó la técnica de filtración por membrana para los análisis bacteriológicos, y los métodos nefelométrico, turbidimétrico y potenciométrico, para los análisis físicos y el pH. **Resultados.** Se obtuvo como resultado pH inferior a 6; 12 puntos superan el valor máximo de turbiedad y 5 puntos para la determinación de color. Se observó la presencia de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* en las muestras analizadas, en cantidad que sobrepasa lo establecido en la normativa colombiana.

Palabras claves: calidad del agua, coliformes, *Enterococcus*, *E. coli*.

1. Grupo Calidad de aguas. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6937-4567>

2. Grupo Calidad de aguas. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6188-0086>

3. Annar Health Technologies.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-1384>

4. Colsanitas.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2870-9041>

5. Annar Health Technologies.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-1384>

6. Egresado Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Correspondencia: sestupinan@unicolmayor.edu.co

Abstract

Objetivo. To determine bacteriological and physical characteristics and pH of water for human consumption that supplies the municipality of Une, Cundinamarca-Colombia.

Methods. Thirteen water samples were taken: 10 from the rural area and 3 from the urban area. Of the total number of samples taken in the rural area, 7 had no treatment at all, while 3 had some type of treatment. The 3 samples taken in the municipal capital, all had treatment. The membrane filtration technique was used for bacteriological analysis and the nephelometric, turbidimetric and potentiometric methods for physical analysis and pH. **Results.** The result was pH lower than 6; 12 points exceed the maximum value turbidity and 5 points for the determination of color. The presence of total Coliforms, *E. coli* and *Enterococcus* was observed in the analyzed samples, in an amount that surpasses the established in the Colombian regulations.

Keywords: water quality, coliforms, *Enterococcus*, *E. coli*.

Introducción

En el mundo existen 2100 millones de personas que no tienen disponibilidad de agua potable y disponible en el hogar y 4500 millones, carecen de un saneamiento seguro (1), las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, y ocasionan la muerte de 525 000 niños cada año (2). En Latinoamérica, las EDA continúan siendo un problema de salud pública (3).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el 85% de la población no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable adecuado; por lo tanto, un alto porcentaje de personas está en grave riesgo de sufrir enfermedades de transmisión hídrica. Actualmente, cerca de 77 millones de personas no cuentan con ser-

vicio de agua potable; de éstas, el 7% pertenecen a la zona urbana y 39% a la zona rural, alrededor del 11% obtiene su agua por sistemas denominados de “fácil acceso”, los cuales son utilizados para satisfacer sus necesidades y actividades diarias aun cuando no cumplan los requerimientos mínimos para garantizar su salud, lo cual significa un riesgo, ya que estos métodos son deficientes y no cuentan con ningún control o vigilancia por organismos del estado (4).

Une, en el departamento de Cundinamarca, es un municipio formado por la cabecera municipal y 17 veredas. Un porcentaje medio (40%) tiene acceso a alcantarillado, fundamentalmente las viviendas de la zona urbana. El acueducto tiene una cobertura de 100% para la zona urbana, pero en la zona rural el mayor porcentaje de viviendas se abastece a través de un río o manantial (27% del total del municipio) (5).

Materiales y métodos

La toma de las muestras se realizó en los siguientes puntos (ver Tabla 1)

Tabla 1. Posición geográfica de los puntos seleccionados para el muestreo.

MX	VEREDA	SITIO	COORDENADAS	
			Latitud	Longitud
1*	Puente Tierra	Escuela	4°24'57.87"N	74° 1'38.31"O
2*	Timasita	Casa 1	4°25'7.58"N	74° 1'6.58"O
3*	Timasita	Casa 2	4°25'6.96"N	74° 1'7.85"O
4	San Isidro	Casa 1	4°23'43.08"N	74° 1'40.95"O
5	San Isidro	Casa 2	4°23'49.87"N	74° 1'43.48"O
6	Olla de Pastores	Represa del Chocolate	4°22'49.15"N	74° 1'50.83"O
7	Olla de Pastores	Casa 1	4°23'26.69"N	74° 1'30.22"O
8	Olla de Pastores	Casa 2	4°23'41.39"N	74° 1'26.01"O
9**	Casco Urbano	Asadero de Pollos	4°24'13.84"N	74° 1'27.46"O
10**	Casco Urbano	Restaurante	4°24'9.20"N	74° 1'31.38"O
11*	Salitre	Escuela	4°23'28.47"N	74° 0'50.96"O
12	Salitre	Nacedero	4°23'22.07"N	74° 0'45.18"O
13	Casco Urbano	Fuente Alterna*	4°24'19.29"N	74° 1'39.77"O

* Agua con tratamiento
 ** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

Para realizar el análisis microbiológico se empleó la técnica de filtración por membrana para el recuento de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*. Como controles positivos se utilizaron las cepas de *E. coli* ATCC 35218 y *E. faecalis*, proporcionadas por el cepario de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Los análisis fisicoquímicos de pH, turbiedad y color se

realizaron por los métodos potenciométrico, turbidimétrico y fotométrico respectivamente.

Para la realización del mapa de riesgo, se hizo una observación detallada de todos los puntos seleccionados para la toma de muestra. Además, se tuvieron en cuenta diversos factores que se consideran como posibles

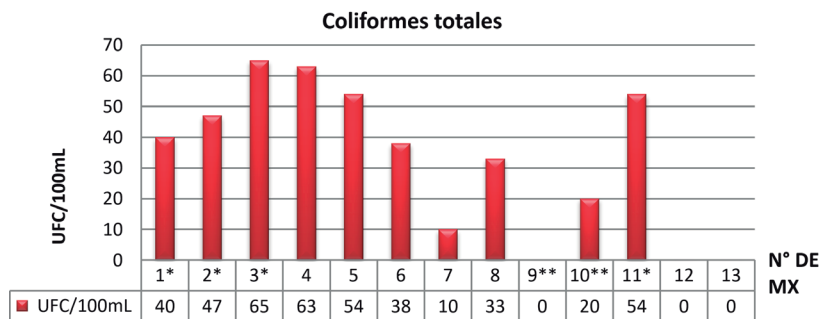
causas de contaminación como lo fueron: estado de la tubería, canalización de aguas negras, desechos de basura, pozos sépticos, presencia y mantenimiento de animales domésticos, de granja, entre otros.

Resultados

En la Figura 1 se observan los resultados de coliformes totales obtenidos. Allí se eviden-

cia que 10 de los 13 puntos de muestreo presentan recuentos superiores a los establecidos en la norma. Es de resaltar que se presentaron recuentos altos tanto en aguas tratadas, como en aguas sin tratamiento. Solamente los puntos 9, 12 y 13 cumplen con la normatividad. Estos puntos corresponden al casco urbano (agua tratada), al nacedero del Salitre y al casco urbano (agua no tratada).

Figura 1. Recuentos obtenidos (UFC/100mL) de Coliformes totales.



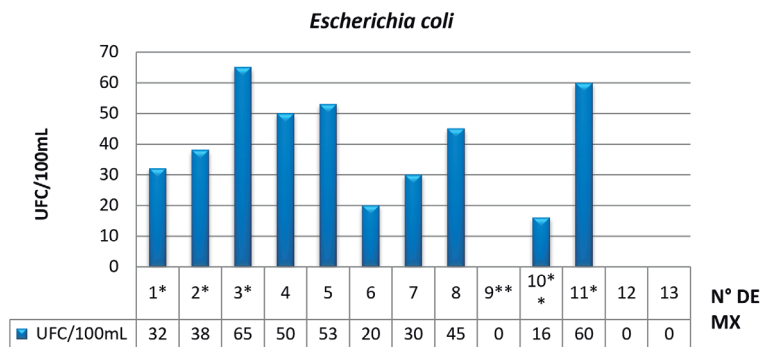
* Agua con tratamiento

** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

Para el indicador *Escherichia coli*, se observa que las muestras 9, 12 y 13 cumplen con lo estipulado en la Resolución 2115 del 2007.

Las otras 10 muestras, al igual que en el caso de coliformes totales, no cumplen con la normatividad.

Figura 2. Recuentos obtenidos (UFC/100mL) de *Escherichia coli*.

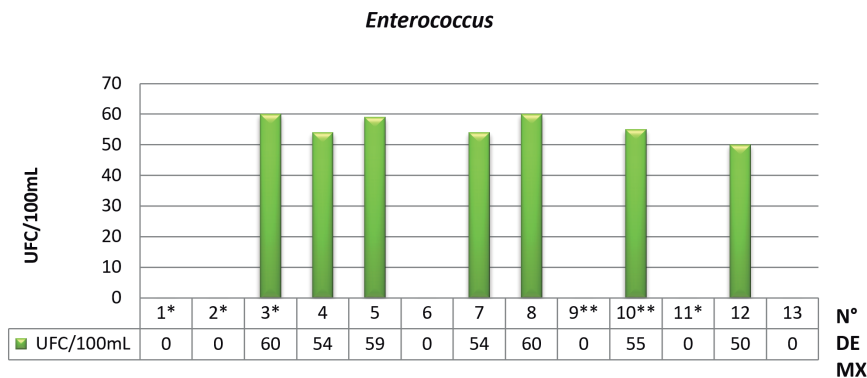


* Agua con tratamiento

** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

En la Figura 3 se encuentran los resultados obtenidos para *Enterococcus*. En este caso solo seis muestras (1*, 2*, 6, 9**,11*,13) no presentaron recuentos.

Figura 3. Recuentos obtenidos (UFC/100mL) de *Enterococcus*.

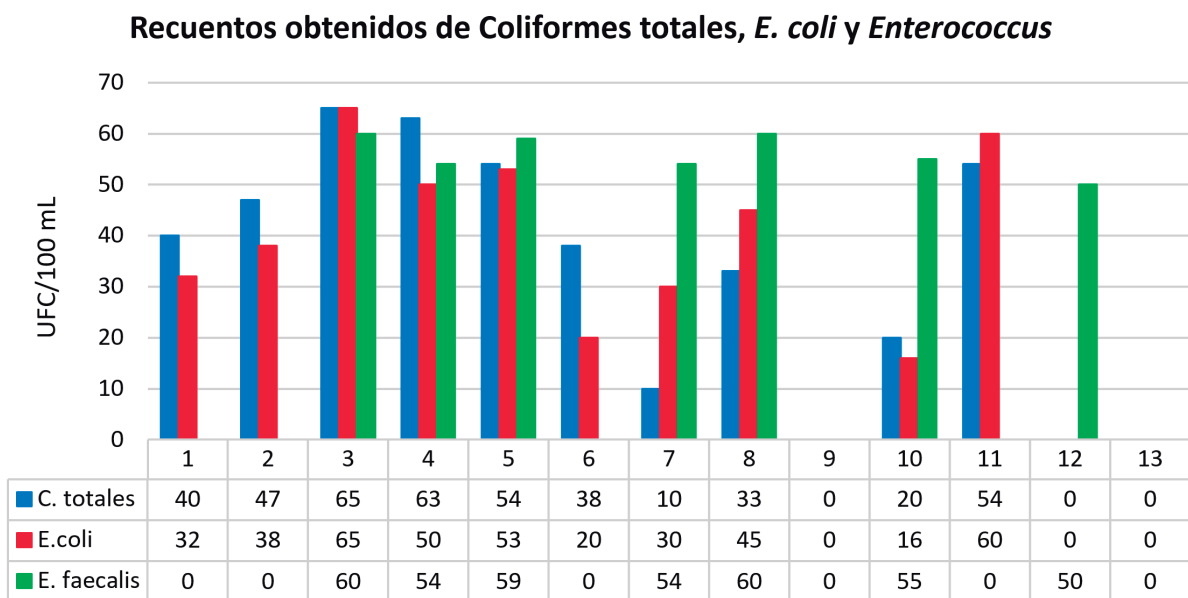


* Agua con tratamiento

** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

En la Figura 4 se comparan los resultados obtenidos para los 3 indicadores usados, en donde el punto 9 y el punto 13 son los únicos que cumplen con los parámetros bacteriológicos establecidos para el agua para consumo humano.

Figura 4. Recuentos obtenidos de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*.



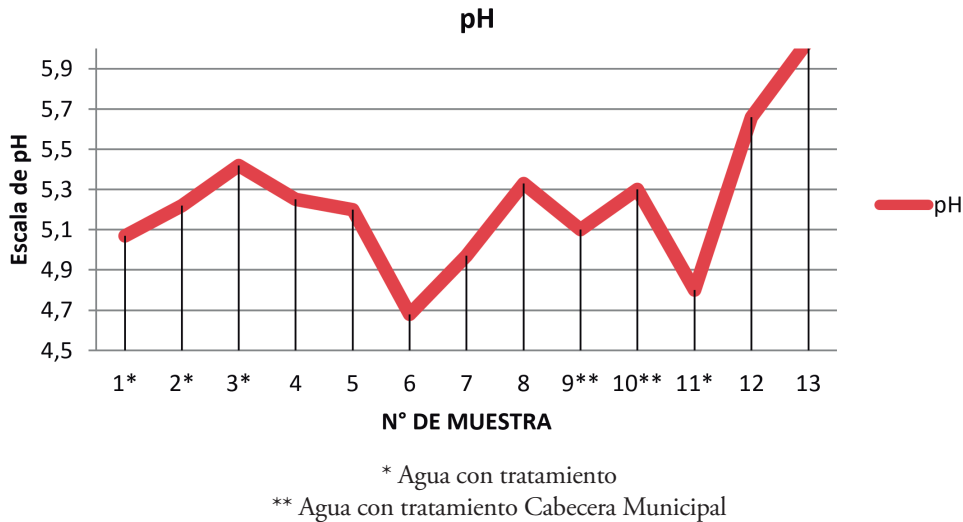
* Agua con tratamiento

** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

En relación con los parámetros fisicoquímicos evaluados, en la Figura 5 se observa que ningún punto analizado se encuentra entre

6,5 y 9,0; rango establecido en la Resolución 2115 del 2007.

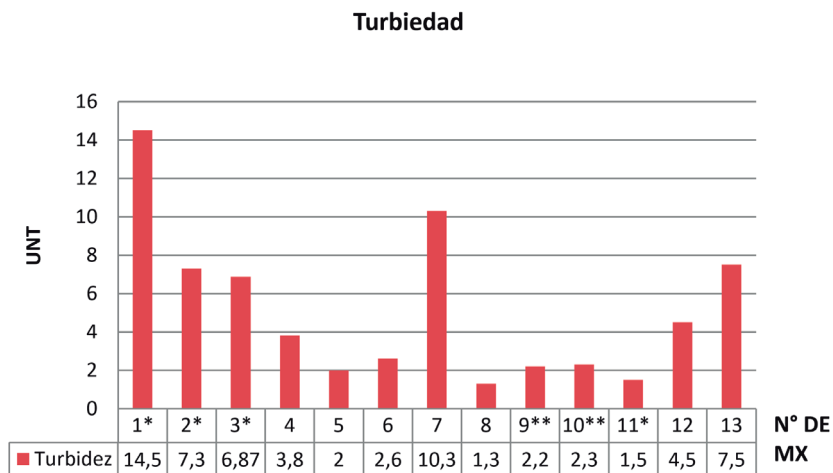
Figura 5. Resultados de pH en las muestras analizadas.



Para el caso de la turbiedad, solo las muestras 5, 8 y 11 se encuentran dentro de los

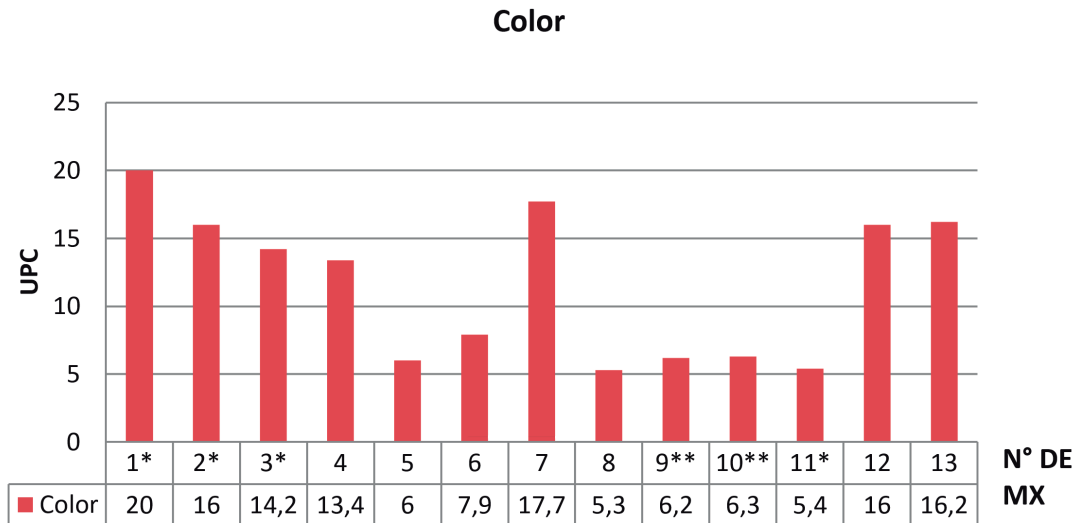
valores máximos permitidos por la norma colombiana (2 UNT) (ver Figura 6).

Figura 6. Resultados de turbiedad en las muestras analizadas.



En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos para el color, en donde las muestras 1, 2, 7, 12 y 13 superan el valor máximo permisible (15 UPC) según la Resolución 2115 del 2007.

Figura 7. Resultados de color en las muestras analizadas.










* Agua con tratamiento

** Agua con tratamiento Cabecera Municipal

Para la realización del mapa de riesgo se estableció una tabla de convenciones para identificar en el mapa los parámetros encontrados (ver Tabla 2).

Tabla 2. Convenciones Mapa de riesgo.

PARÁMETROS	CONVENCIONES
Tubería de Material Galvanizado	
Tanque	
Pozo	

PARÁMETROS	CONVENCIONES
Agua Tratada	
Aves	
Potreros	
Animales domésticos	
Corrales	
Tubería PVC Fisuras	
Tubería PVC con reparaciones insuficientes	

El recorrido inició desde el punto principal de abastecimiento del municipio La Represa del Chocolate, ubicada a 5 Km al sur del municipio de Une; en la región denominada Nacedero el Santuario. A partir de este punto se hizo el recorrido por la tubería y se determinó que el primer factor de contaminación son las aves nativas residentes de la represa.

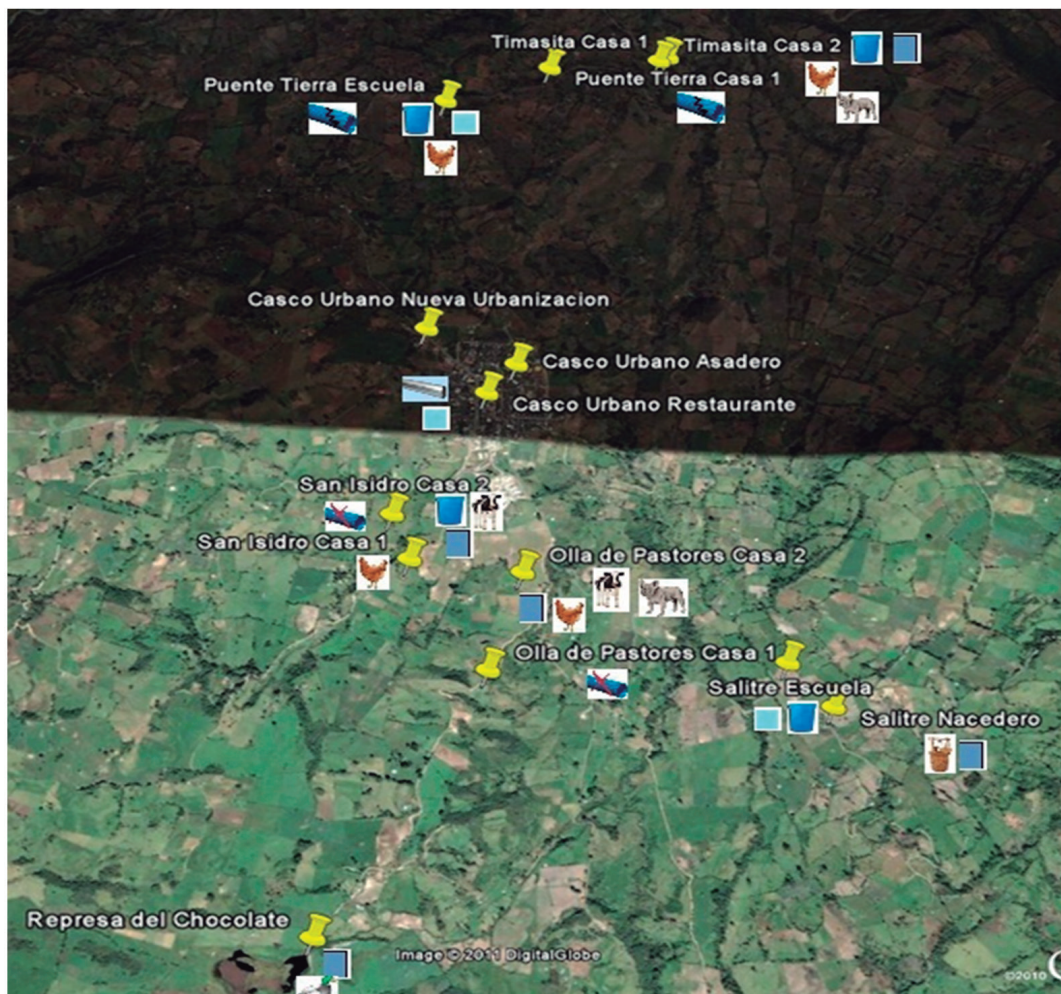
Cerca de la represa del chocolate, a 3.2 Km del municipio de Une se encuentra ubicada la vereda Olla de Pastores. El agua viene directamente de la represa antes del paso por la planta del tratamiento. Allí el factor de riesgo es el tanque de almacenamiento subterráneo, que es hecho de concreto y parcialmente cubierto con una tapa oxidada.

El campo agrícola por el cual tiene que cruzar la manguera que viene de la represa para poder abastecer a la vereda de San Isidro, es una de las posibles causas de contaminación, ya que se encontraron roturas y fisuras en la tubería que están en contacto con el lodo por debilitamiento de la tierra. En la vereda del salitre y en el casco urbano del municipio, no se encontraron posibles factores de contaminación.

Saliendo del municipio está la vereda de Puente Tierra la cual se abastece de agua tratada por los mismos habitantes, encon-

trando como factores de riesgo los animales de granja, ya que los criaderos y galpones se localizan cerca de las tuberías de abastecimiento de agua, que poseen grandes fisuras. Por otro lado, uno de los puntos de muestreo es la escuela de la vereda la cual posee un tanque de abastecimiento en mal estado y de difícil acceso para realizar una limpieza intensiva periódica. Por último, en la vereda Timasita no se evidenciaron posibles factores de riesgo de contaminación. Finalmente, con los datos obtenidos se estableció el mapa de riesgo (ver Figura 8).

Figura 8. Mapa de Riesgo.



Discusión

El 76,9% de las muestras analizadas presentaron recuentos que oscilaron entre 40 y 65 UFC/100 mL para coliformes totales, mientras que en solo tres puntos de muestreo (23,1%) el recuento para este indicador fue 0 UFC/ 100 mL. Resultados similares han sido reportados por Ávila y Estupiñán en 2016, donde se encontró que en el acueducto de la vereda El Charco (municipio de San Miguel de Sema, Boyacá), los recuentos de coliformes totales estuvieron entre 0 y 96 UFC/100 mL (6). En un estudio realizado en un acueducto del municipio de San Antonio de Tequendama, Cundinamarca, se encontró que el 100% de las muestras contenían coliformes totales, con recuentos que oscilaban entre 12 y 67 UFC/100 mL (7). En contraste con lo encontrado en el presente estudio, en el agua de los tanques de abastecimiento de la Universidad Distrital, sede La Macarena en Bogotá, los recuentos de coliformes totales encontrados para el año 2007, estuvieron entre 0 y 4 UFC/100 mL (8). Los hallazgos anteriores coinciden con lo reportado para Colombia por Carrasco, quien encuentra un gran desequilibrio en cuanto a la calidad del agua suministrada en el área rural; mientras que en el área urbana el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) promedio en 2012 fue del 13,2 %, considerado nivel de riesgo bajo, en el área rural el valor fue de 49.8 %, es decir nivel de riesgo alto (9).

Para *Escherichia coli* los recuentos estuvieron entre 32 y 65 UFC/100mL en 10 muestras

(76,9%), las muestras 9, 12 y 13 presentaron recuentos de 0 UFC/100mL, tanto para este indicador como para coliformes totales; por lo tanto, estos tres puntos cumplen con lo establecido en la normativa colombiana de la Resolución 2115 del 2007 (10). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Ávila y Estupiñán, en donde el 86,6% de las muestras de agua usada para el consumo de los habitantes de San Antonio de Tequendama, presentó *E. coli* (7). En contraste, en el estudio realizado en el municipio de San Miguel de Sema en Boyacá, todas las muestras fueron negativas para *E. coli* (6)

Los anteriores resultados indican que el agua está contaminada, las fuentes de contaminación pueden incluir fugas del alcantarillado y desechos animales, entre otros. Estos contaminantes pueden ingresar al suministro de agua a través de grietas o agujeros en la red de distribución. La presencia de bacterias coliformes fecales o *E. coli* en un sistema de agua indica una contaminación reciente (debido a que son bacterias de corta duración) provenientes de heces humanas o animales de alcantarillas, sistemas sépticos y corrales o patios de animales, entre otros (11).

Según la NTC 813 de 1994 (12), que evalúa en uno de sus parámetros la presencia de *Enterococcus*, ninguna muestra de agua potable para consumo humano debe presentar crecimiento de estos microorganismos. En el presente estudio, el 76,9% de las muestras presentaron recuentos entre

50 y 60 UFC/100mL. En un estudio realizado por Ávila y cols., se encontró que los recuentos de esta bacteria oscilaban entre 2 y 240 UFC/100 mL (6). Estos microorganismos presentan una mayor resistencia que las bacterias coliformes frente a factores como la temperatura y el pH, son más persistentes en aguas contaminadas, y su presencia se asocia a contaminación fecal antigua, ya sea de origen humano o animal (13).

En cuanto a los análisis de los parámetros fisicoquímicos, los resultados obtenidos para el pH oscilaron entre un rango de 4.0 a 6.0 con un promedio de 5.23. Estos valores son inferiores al permitido en la normativa colombiana que es 6.5 a 9.0 (10). Estos resultados contrastan con los obtenidos en el acueducto rural de la vereda el Limón, en el municipio de San Juan de Rioseco (14) donde el 100% de las muestras cumplen con la normatividad.

Un factor importante para el agua de consumo humano es su turbidez. Esta es producida por partículas suspendidas como arcilla, compuestos coloreados y microorganismos (15). Para este parámetro, el 76,9% de las muestras de agua de Une no cumple con lo establecido en la normativa colombiana (10) La turbiedad se relaciona con deficiencias en el proceso de potabilización, específicamente con la falta de infraestructura de los acueductos para la remoción de sólidos (14). Además, los altos niveles de turbidez disminuyen la desinfección por la adicción del cloro (15).

Los resultados obtenidos para el parámetro de color aparente muestran que el 38,4% de las muestras analizadas, superaron el valor máximo permisible según Resolución 2115/2007 (10). El color natural del agua puede alterarse por factores como la descomposición de la materia, materia orgánica del suelo, presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos, además de factores como el pH y la temperatura (16).

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y sus autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Osseiran N. 2017. 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. Comunicado de prensa GINEBRA. <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>.
2. Enfermedades diarreicas. 2 de mayo de 2017. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
3. Herrera-Benavente IF, Comas-García A, Mascareñas-de los Santos AH. 2018. Impacto de las enfermedades diarreicas agudas en América Latina. Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica. 31 (1). pp. 8-16.4.
4. Jouravlev A. 2004. Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI.CEPAL –

- SERIE. Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile.
5. Calderón Cubides A. 1999. Descentralización en salud en el municipio de UNE [ensayo trabajo de grado especialista en gestión pública] Villavicencio: Escuela superior de administración pública ESAP. Facultad de estudios AVANZADOS programa de especialización en gestión pública Villavicencio, 1999 (17) Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/descentralizaci%C3%B3n%20en%20salud%20en%20el%20municipio%20de%20une%20-20\(106%20p%C3%A1g%20-%20163%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/descentralizaci%C3%B3n%20en%20salud%20en%20el%20municipio%20de%20une%20-20(106%20p%C3%A1g%20-%20163%20kb).pdf).
 6. Ávila de Navia SL, Estupiñán-Torres SM, Díaz González L. 2016. Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia. NOVA. 13 (25): 139-145.
 7. Ávila de Navia SL, Estupiñán Torres SM. 2010. Control bacteriológico del agua de la red de distribución “acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol” en San Antonio de Tequendama. NOVA. 8 (14): 220-228.
 8. Poveda MD, Beltrán HE, Giraldo G. 2010. Determinación de indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales) en los tanques de abastecimiento de agua de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sedes Macarena A y B. Revista Científica. N° 12.
 9. Carrasco Mantilla W. 2016. Estado del arte del agua y saneamiento rural en Colombia. Revista de Ingeniería, n° 44, 2016, pp. 46-53
 10. Resolución 2115 de 2007 Diario Oficial No. 46.679 de 4 de julio. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Colombia - Bogotá: El Ministerio; junio 22 2007.
 11. Vendrell PF, Atilé JH. Coliform Bacteria in Your Water. University of Georgia. https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%20858-7_1.PDF
 12. Colombia. Comité Técnico de ICONTEC. Norma Técnica Colombiana número 813 de 1994. Normas Oficiales para la Calidad de Agua potable, por el cual se establecen los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable. Bogotá D.C.: ICONTEC; 1994
 13. Ávila de Navia SL, Estupiñán Torres SM. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA. 3 (4). 1-116.
 14. Enciso WE, Jiménez CE. 2017. Análisis de la calidad del agua del acueducto rural Vereda el limón, municipio San Juan De Rioseco-Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13127/3/encisobarrag%c3%a1nwilson2018.pdf>
 15. Marcó L, Azario R, Metzler C, Garcia M. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). Higiene y Sanidad Ambiental. 4: 72-82.
 16. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría. Capítulos 1 y 2 <http://www.cepis.org.pe/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/filtrarapmanual2.html>