

# Calidad bacteriológica del agua de un acueducto comunitario de la localidad de Usme, Bogotá, D.C.

Bacteriological quality of the water of the communal water-supply system in Usme, Bogotá, D.C.

Estupiñán-Torres Sandra Mónica<sup>1</sup>, Benítez Herrera Erika Adriana<sup>2</sup>,  
Pinillos López Angie Lorena<sup>3</sup>, Bocanegra Sánchez Saret Yohana<sup>4</sup>

Recibido: 04 de mayo de 2020

Aceptado: 30 de mayo de 2020

## Resumen

**Objetivo.** Determinar la calidad bacteriológica del agua de un acueducto comunitario en la Localidad de Usme, mediante la técnica de filtración de membrana usando los indicadores de contaminación Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*. **Métodos.** Durante cuatro meses del año, se analizaron nueve puntos del acueducto, este es abastecido por la quebrada Yomasa, llega a dos tanques de almacenamiento a través de tuberías, para remoción de materia orgánica el agua pasa por un desarenadero el cual alimenta al segundo tanque, de allí es distribuida a las casas por un sistema de mangueras. **Resultados.** El agua no cumple con la normatividad vigente según la Resolución 2115 de 2007 y la Norma Técnica Colombiana 813 segunda actualización para agua de consumo humano ya que todas las muestras superaron los índices establecidos para cada uno de los indicadores. El mapa de riesgo revela que la población que utiliza este recurso está expuesta a

1. Grupo Calidad de aguas. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Correspondencia: sestupinan@unicolmayor.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6937-4567>

2. Instituto de diagnóstico médico IDIME S.A., sede Lago.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2760-3226>

3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8154-2447>

4. Vitalis S.A.C.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4853-2829>

sufrir enfermedades diarreicas ya que el acueducto comunitario tiene focos de contaminación provocando que el agua no tenga las condiciones necesarias para su consumo.

**Palabras claves:** Calidad, agua de consumo humano, Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*.

## Abstract

**Objective.** To determine the bacteriological quality of the water of the water-supply system in Usme, using the membrane filtration technique with the pollution indicators Total Coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus*. **Methods.** During four months of the year, nine points of the water-supply system were analyzed, this is supplied by the Yomasa stream, reaches two storage tanks through pipes, for removal of organic matter the water passes through a desander which feeds the second tank, from there it is distributed to the houses by a system of hoses. **Results.** The water does not comply with the current regulations according to Resolution 2115 of 2007 and the Colombian Technical Standard 813 second update for water for human consumption since all samples exceeded the indices established for each of the indicators. The risk map shows that the population using this resource is exposed to diarrhoeal diseases since the community aqueduct has pockets of pollution causing the water to be deprived of the necessary conditions for its consumption.

**Keywords:** Quality, drinking water, Total Coliforms, *E. coli* and *Enterococcus*.

## Introducción

Según el CONPES 3918, para el caso del servicio público domiciliario de acueducto, en Colombia, hay una cobertura para el año 2017 del 97,4% en suelo urbano, en cuanto al suelo rural para ese mismo año fue del 73,2%,

para un total nacional del 92,4%. En cuanto al servicio público domiciliario de alcantarillado, para el mismo año, se tuvo una cobertura del 92,4% en suelo urbano, 70,1% en suelo rural y total nacional de 88,2%. (1)

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, al respecto de

la calidad del agua reporta que para el año 2017, 28 millones de personas en la zona urbana disponen de agua potable (86,11% de la población total con servicio). Sin embargo, aproximadamente 3,8 millones de personas recibieron agua no apta para el consumo, lo cual representa el 11,56% de la población total con servicio en el país (1).

Bogotá D.C., cuenta con un sistema de acueducto que abastece al 99.92 % de la población, y se dispone de alcantarillado para el 98.92% de la población (2). Esto quiere decir que el 1.08 % de la población de la ciudad capital se abastece mediante acueductos artesanales o comunitarios (3).

En la localidad de Usme, se ubican 10 acueductos comunitarios (4), entre ellos el acueducto comunitario objeto de estudio, este se abastece de agua sin tratamiento que proviene de la quebrada Yomasa y es utilizada para el consumo humano y actividades domésticas.

Según el Instituto Nacional de Salud, en Colombia la enfermedad diarreica aguda ocupa el segundo lugar de morbilidad y mortalidad en la población menor de cinco años, especialmente en los municipios con mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas. Estos datos evidencian la necesidad de intensificar las accio-

nes con el objetivo de disminuir la incidencia de infecciones intestinales y la mortalidad de las mismas (6). Por lo anterior, es de gran importancia tener un control estricto tanto de las fuentes hídricas como del almacenamiento y abastecimiento de agua para consumo humano, ya que la contaminación del agua contribuye a la incidencia de estas enfermedades.

## Materiales y métodos

Se seleccionaron 8 puntos del acueducto comunitario debido al fácil acceso y la cooperación de las personas para la toma de las muestras. Según la Resolución 2115 de 2007 (7) y de acuerdo con el número de habitantes, se tomó una muestra mensual durante 4 meses (mayo, junio, septiembre y diciembre). Las coordenadas de los puntos de toma de muestra se encuentran en la tabla 1 y en la figura 1 se muestra la ubicación de los puntos de toma de muestra.

**Tabla 1.** Puntos de muestra, lugar de análisis y coordenadas respectivas.

Muestra y punto de análisis	Coordenadas
1. Quebrada Yomasa metros abajo de la bocatoma	N 4° 30' 00.1" W 74° 04' 45.7"
2. Tanque de almacenamiento N° 1	N 4° 29' 59.2" W 74° 04' 45.9"
3. Tanque de almacenamiento N° 2 (conectado con el tanque N° 1 por tubería en hierro)	N 4° 29' 59.0" W 74° 04' 46.5"
4. Tubería que proviene de la quebrada antes de la rejilla	N 4° 29' 58.8" W 74° 04' 46.4"
5. Desarenadero (filtro)	N 4° 29' 58.9" W 74° 04' 46.3"
6. Grifo de la cocina casa 1	N 4° 29' 59.6" W 74° 04' 51.5"
7. Grifo de la entrada casa 2	N 4° 29' 55.9" W 74° 04' 51.1"
8. Grifo de la entrada casa 3	N 4° 29' 54.8" W 74° 04' 52.3"

**Fuente.** Elaboración propia.

Las muestras de agua se procesaron por la técnica de filtración por membrana y se utilizaron los siguientes medios para el recuento de los indicadores: para los coliformes totales, medio Endo, para *E. coli* se utilizó el medio MF-C y para los *Enterococcus* el agar azida. Para el control positivo de Coliformes y *E. coli* se utilizó la cepa ATCC 35922 y para *Enterococcus* la cepa *Enterococcus faecalis*, ambas suministradas por el cepario de la UCMC, como control negativo se utilizó agua destilada estéril.

Para la elaboración del mapa de riesgo se realizó una inspección del lugar teniendo en cuenta la ubicación geográfica, el estado de las calles, la infraestructura del acueducto,

la ubicación de las casas, localización de los puntos de muestreo y también se consideraron algunos factores que pueden ser puntos focales de contaminación y deterioro del agua, estos son: la ruta de desechos, la presencia de animales domésticos y de granja entre otros.

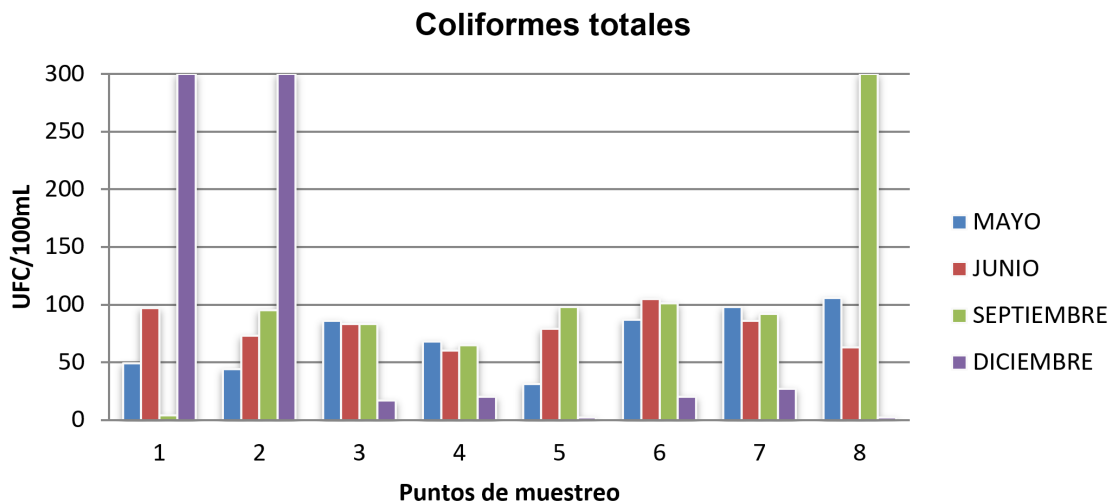
## Resultados

Los recuentos de Coliformes totales en todos los meses sobrepasaron el límite estipulado en la Resolución 2115 de 2007 (7) para agua de consumo humano, se encontró mayor número de colonias en los meses de septiembre y diciembre. Teniendo en cuenta

los puntos más críticos fueron en el mes de mayo el punto 7 y el punto 8 (grifos de las casas 2 y 3). Siguiendo con el mes de junio el punto 6 (grifo cocina casa 1) y el punto 1 (Quebrada Yomasa metros abajo de la bocatoma) en el mes de septiembre el punto 8 (grifo casa 3) y el punto 6 (grifo co-

cina casa 1) y en el mes de diciembre los puntos 1 (Quebrada Yomasa metros abajo de la bocatoma) y el punto 3 (tanque de almacenamiento N° 2). En general se puede evidenciar que en los cuatro meses hubo crecimiento de Coliformes en todas las muestras procesadas (Figura 1).

Figura 1. Recuentos de Coliformes totales.

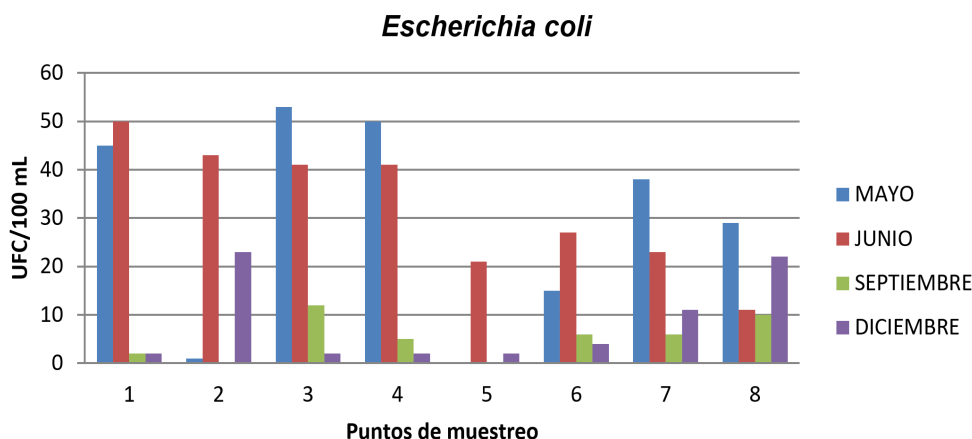


Fuente. Elaboración propia.

La *Escherichia coli* también sobrepasa el límite estipulado en la normatividad para agua de consumo humano (7). Los meses con mayor recuento fueron mayo y junio. Los puntos donde se encontró mayor número de unidades formadoras de colonias son: en el mes de mayo el punto 3 (Tanque de almacenamiento N° 2) y el punto 4 (Tubería que proviene de la quebrada antes de la rejilla) para el mes de junio fueron el punto 1 (Quebrada Yoma-

sa metros abajo de la bocatoma) y el punto 2 (Tanque de almacenamiento N° 1) para el mes de septiembre y diciembre fueron el tanque de almacenamiento N° 2 (punto 3) y el grifo de la casa 3 (punto 8). Se puede observar que el promedio de los recuentos descendió en los meses de septiembre y diciembre con respecto a los de mayo y junio. Como se observa en la (Figura 2)

Figura 2. Recuentos de *Escherichia coli*.

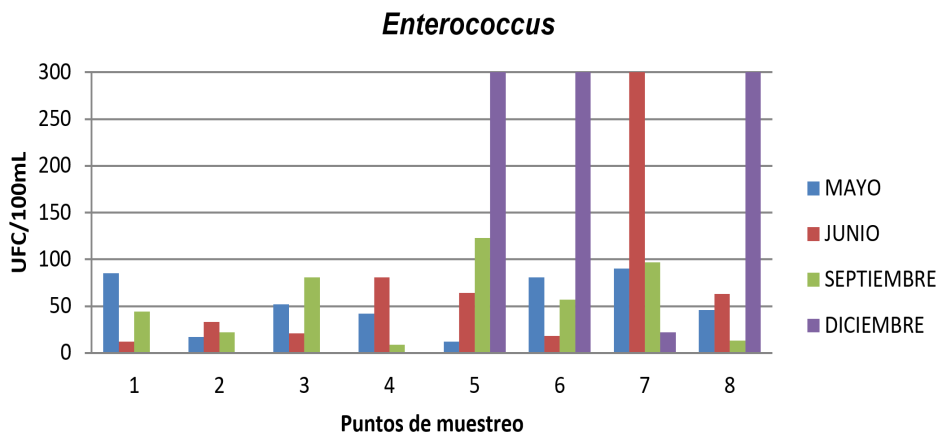


Fuente. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de los recuentos de *Enterococcus* en los cuatro meses de muestreo no cumplen con la Norma Técnica Colombiana 813 segunda actualización (8), En la figura 3, se puede observar que los puntos con más altos recuentos más altos fueron para el mes de mayo el punto 1 (Quebrada Yomasa metros abajo de la bocatomía) y el 7 (grifo casa 2), en junio los puntos 4 y 7 (Tubería que proviene

de la quebrada antes de la rejilla y grifo casa 2), para septiembre los puntos 5 (Desarenadero) y 7 (grifo casa 2) y en diciembre los puntos 5, 6 y 7 (Desarenadero y grifos de las casas 1 y 2), además en este mismo mes en los puntos 1 (Quebrada Yomasa metros abajo de la bocatomía), 3 (Tanque de almacenamiento N° 2) y 4 (Tubería que proviene de la quebrada antes de la rejilla) no hubo crecimiento.

Figura 3. Recuentos de *Enterococcus*.



Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente tabla se encuentran los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores usados durante los cuatro meses de muestreo (mayo, junio, septiembre y diciembre).

**Tabla 3.** Recuentos de coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*, durante los cuatro meses del estudio.

PUNTO	Coliformes totales				<i>Escherichia coli</i>				<i>Enterococcus</i>			
	MAYO	JUNIO	SEPT.	DIC.	MAYO	JUNIO	SEPT.	DIC.	MAYO	JUNIO	SEPT.	DIC.
1	49	97	4	300	45	50	2	2	85	12	44	0
2	44	73	95	300	1	43	0	2	17	33	22	4
3	86	83	83	17	53	41	12	23	52	21	81	0
4	68	60	65	20	50	41	5	2	42	81	9	0
5	31	79	98	4	0	21	0	2	12	64	123	300
6	87	105	101	2	15	27	6	4	81	18	57	300
7	98	86	92	20	38	23	6	11	90	300	97	22
8	106	63	300	27	29	11	10	22	46	63	13	300

Fuente. Elaboración propia.

Para la elaboración del mapa de riesgo se establecieron unas convenciones para identificar en el mapa los parámetros encontrados (Tabla 4).

**Tabla 4.** Convenciones mapa de riesgo.

PARÁMETROS	CONVENCIONES
Tubería Convencional PVC	
Tubería de Material Galvanizado	
Tanque	
Desecho de residuos sólidos	
Hatos	
Potreros	

PARÁMETROS	CONVENCIONES
Porquerizas	
Animales Domésticos	
Fisuras	
Reparaciones Insuficientes	

Fuente. Elaboración propia.

Se realizó la inspección de la zona teniendo en cuenta la ubicación geográfica, el estado de las calles, la infraestructura del acueducto, la ubicación de las casas, localización de los puntos de muestreo y también se consideraron algunos factores que pueden ser puntos focales de contaminación y deterioro del agua, estos son: la ruta de desechos, la presencia de animales domésticos y de granja entre otros.

Este proceso inició desde la fuente de abastecimiento que es la quebrada Yomasa, a partir de este punto inicia la red de abastecimiento, que es dirigida a los dos tanques de almacenamiento y posteriormente la distribución del

agua hacia cada una de las casas, se determinó que el principal punto de contaminación es la presencia de animales domésticos y de granja a lo largo del recorrido de la tubería.

Se encontró que algunas casas cuentan con agua potable pero la mayoría no, esto se debe a la falta de recursos económicos para asumir todo este proceso, por otro lado, los desechos domésticos son depositados en un pozo séptico metros abajo de las casas y muy cerca a la quebrada Yomasa, todo esto posibilita a la contaminación de la fuente hídrica que no solo puede afectar a esta comunidad sino a las personas que se encuentran aguas abajo de la quebrada.



También se pudo establecer que a pesar de que algunas casas cuentan con su instalación de agua potable suministrada por el acueducto de Bogotá, prefieren en algunos casos seguir consumiendo el agua proveniente del acueducto comunitario para evitar los costos del recibo del acueducto.

El mapa de riesgo revela que el acueducto comunitario que transporta el agua a cada una de las casas es utilizado para las labores diarias domésticas (baño, preparación y limpieza de alimentos) tiene grandes focos de contaminación que provoca que el agua no llegue en las condiciones necesarias para el consumo humano afectando primordialmente niños y mujeres embarazadas y personas de la tercera edad.

En la figura 4 se puede observar el mapa de riesgo del acueducto comunitario estudiado

Figura 4. Mapa de Riesgo



Fuente. Elaboración propia.

## Discusión

La determinación de los indicadores bacteriológicos de calidad del agua coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*, evidencia que el agua del acueducto comunitario de la localidad de Usme, no es apta para consumo humano según los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 (7) y la Norma Técnica Colombiana 813 segunda actualización (8).

Durante los cuatro meses del estudio en el acueducto localizado en Usme, el 100% de las muestras presentaron recuentos de coliformes totales por encima de lo establecido en la normatividad, este mismo porcentaje se encontró en otros estudios realizados en Colombia como el del acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol, en el municipio de San Antonio de Tequendama (9) y en el municipio de Guatavita (10), en el municipio de San Miguel de Sema, vereda El Charco en el departamento de Boyacá, solo el 20% de las muestras no presentan recuentos de coliformes totales (11) y en un estudio realizado en las veredas Calabazas y San José de la Selva, Riofrio – Valle del Cauca, de las 98 muestras tomadas durante los cuatro periodos de muestreo, sólo el 2,04% de las muestras cumplen con los va-

lores sugeridos por la OMS y el gobierno Colombiano en la Resolución 2115 de 2007 (12).

Otro indicador evaluado es la *Escherichia coli* que presento recuentos entre 0 y 53 UFC/100 ml, el 9.3% de las muestras evaluadas (32 muestras) cumplen lo establecido en la normatividad, mientras que el 90.6% superan este valor. En un estudio realizado en tres regiones del Perú, en el año 2016, se encontró presencia de *E. coli* en el 30.8% de las muestras de la zona urbana y el 56.8% de la zona rural (13). En contraste, en el estudio realizado en San miguel de Sema, no se presentaron recuentos de *E. coli* en ninguna de las muestras analizadas (11).

En el estudio de Fuentes y colaboradores realizado en México (14), se estudiaron las comunidades rurales de Aduana, Ejido Melchor y Etchojoa y se encontró la presencia de *E. coli* en el 99%, 86% y 6% respectivamente, en las dos primeras comunidades el agua no tenía proceso de desinfección, mientras que la comunidad número tres si, demostrando así que es importante la implementación de un proceso de desinfección para el agua, ya que el acueducto analizado no lo tiene.

Los *Enterococcus* son un indicador bacteriológico de contaminación fe-

cal antigua, ya que las condiciones ambientales extremas no son un limitante para el crecimiento de estos microorganismos (15), en el presente estudio se encontraron *Enterococcus* en el 90.6% de las muestras analizadas, mientras que, en el estudio del municipio de San Miguel de Sema, fueron positivas el 66.6% de las muestras (11).

Las características estructurales de la red de distribución juegan un papel importante en la potabilidad o contaminación del agua que se distribuye, esta idea es soportada por el estudio de Ávila y Estupiñán-Torres en el Municipio de Guatavita, Cundinamarca, donde reportan que las fallas en las redes incluyen fisuras, cruces, reparaciones con materiales poco resistentes, conexiones añadidas de manera forzada y deficiencias en la construcción de tuberías, canales y tanques de almacenamiento (10), según el mapa de riesgo estos son los principales factores de contaminación encontrados en el acueducto. Por otra parte, se encuentra que otros factores que coadyuvan a la contaminación del agua son las malas prácticas agrícolas y de vertimientos de desechos orgánicos e inorgánicos ya que en el presente estudio se verifica que los animales y vertimientos están en íntimo contacto con las tuberías que transportan el agua hacia las diferentes casas.

## Agradecimientos

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

## Referencias

1. Plan director agua y saneamiento básico visión estratégica 2018 – 2030. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. 2018. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Plan%20Director.pdf>
2. Datos de cobertura Residencial del Servicio de acueducto y alcantarillado sanitario en Bogotá D.C para los años 2017 y 2018. <http://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/cobertura/resource/35d17da1-21f4-4f4c-a6ea-294880e52ec5>
3. Secretaria Distrital de Ambiente. Cobertura residencial y legal servicio de acueducto- CAC [base de datos en Internet]. Bogotá D.C. Disponible en: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=53>
4. Observatorio de salud ambiental de Bogotá. Secretaria de Salud. <http://biblioteca.saludcapital.gov.co/ambiental/index.shtml?apc=g1f1--b380fad73f3d1bc36e->

- 1d15630ab2bc9c&x=6320&s=g&m=g&-nocache=1
5. Instituto Nacional de Salud. Enfermedad Diarreica Aguda. Código: 998 - 590. Disponible en <http://www.ins.gov.co/busca-dor-eventos/Lineamientos/PRO%20EDA.pdf>
  6. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 2115, junio 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. Bogotá: el Ministerio 2007. Disponible en: <http://www.minproteccion-social.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=16364&IDCompany=3>
  7. Colombia. Norma técnica colombiana 813 segunda actualización. Disponible en: [http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas\\_decretos/TEXTO%20NTC%20813%20AGUA%20POTABLE.pdf](http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas_decretos/TEXTO%20NTC%20813%20AGUA%20POTABLE.pdf)
  8. Estupiñán Torres Mónica, Ávila de Navia Sara Lilia, Diana Patricia Celeita Dueñas, Elizabeth Martínez Escobar. Control bacteriológico del agua de la red de distribución "acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol" en San Antonio de Tequendama. 2010; 8(14): 220-228.
  9. Ávila de Navia SL, Estupiñán Torres SM. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología versión ISSN 1561-3003
  10. 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): 07-16.
  11. Martínez D. 2014. Evaluación del agua para consumo humano en las veredas Calabazas y San José de la Selva, Riofrio – Valle del Cauca: Aplicación de la metodología RADWQ y análisis de los factores de Riesgo en el agua para consumo humano en el área rural. Universidad del valle. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería de recursos naturales y del ambiente. Santiago de Cali. Tesis de grado. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7702/1/3754-0446259.pdf>
  12. Tarqui-Mamani C, Álvarez-Dongo D, Gómez-Guizado G, Valenzuela-Vargas R, Fernández-Tinco I y Espinoza-Oriundo P. 2016. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú Rev. Salud Pública. 18 (6): 904-912, 2016 904 DOI: <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>
  13. Fuentes F, Campas - Baypoli O, Aguilar-Apodaca M y Meza-Montenegro M. 2007. Calidad microbiológica del agua de

consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora (México). Rev Salud Publica Nutr 2007; 8 (3): 1-13

14. Larrea J, Rojas M, Álvarez B, Rojas N. 2013. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 44 (3): 24-34.