

Artículo de investigación

Cómo citar: M. Bohórquez, D. Bedoya, E. Monroy y V. Rodríguez. "Implementación de un sistema de tratamiento individual para mejorar la calidad del agua de la vereda Sabaneta Alta, San Francisco, Colombia". *Inventum*, vol. 17, n.º 32, pp. 78-85, enero-junio 2022. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.17.32.2022.78-85

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN: 1909-2520
eISSN: 2590-8219

Fecha de recibido: 15 de febrero de 2022
Fecha de aprobado: 1 de marzo de 2022
Fecha de publicación: 15 de marzo de 2022

Conflicto de intereses: los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

Implementación de un sistema de tratamiento individual para mejorar la calidad del agua de la vereda Sabaneta Alta, San Francisco, Colombia

Implementation of an individual treatment system to improve the water quality of the Sabaneta Alta trail, San Francisco, Colombia

Implementação de um sistema de tratamento individual para melhorar a qualidade da água na aldeia de Sabaneta Alta, San Francisco, Colômbia

Resumen

Este estudio se enfoca en dar soluciones a la potabilización y distribución de agua potable en el sector rural Sabaneta Alta, perteneciente al municipio de San Francisco, Cundinamarca, donde se implementan dos ramas de ingeniería, civil y mecatrónica, con el fin de desarrollar un proyecto que beneficie a la comunidad rural ante las problemáticas que se han presentado en el sector y que se siguen presentando actualmente. De este modo, el sector tendrá la oportunidad de acceder al agua potable a través de un dispositivo portátil y adaptable a las tuberías de los hogares, ya que este filtro es diseñado de forma natural empleando agregados finos y agregados gruesos, lo cual garantiza una eficiencia de turbidez apta para la calidad del agua. Además, este sistema portable contará con rayos UV que ayudarán a la desinfección del recurso hídrico.

Palabras clave: sistema, tratamiento, calidad, agua, sostenibilidad.

Abstract

This project focuses on providing solutions for the purification and distribution of drinking water in the rural Sabaneta Alta sector belonging to the municipality of San Francisco Cundinamarca, where two branches of engineering, civil and mechatronics, are implemented in order to develop a project, that benefits the rural community in the face of the problems that have arisen in the sector and that continue to arise today. In this way, the sector will have the opportunity to access drinking water, through a

M. Bohórquez

Universidad Uniagraria, Bogotá, Colombia
e-mail: bohorquez.maria@uniagraria.edu.co
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5745-5546>

D. Bedoya

Universidad Uniagraria, Bogotá, Colombia
e-mail: diego.bedoya@uniagraria.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-6336-5344>

R. Monroy

Universidad Uniagraria, Bogotá, Colombia
e-mail: monroy.edgar@uniagraria.edu.co
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9433-4631>

V. Rodríguez

Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia
e-mail: vanrodriguez@uan.edu.co
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4744-7670>



portable device that can be adapted to household pipes, since this filter is naturally designed using fine aggregates and coarse aggregates, which guarantees efficiency of turbidity suitable for water quality. In addition to this, this portable system will have UV rays that will help disinfect the water resource.

Keywords: system, treatment, quality, water, sustainability.

Resumo

Este projeto se concentra em fornecer soluções para a purificação e distribuição de água potável no setor rural Sabaneta Alta pertencente ao município de San Francisco, Cundinamarca, onde dois ramos de engenharia, civil e mecatrônica, são implementados para desenvolver um projeto, que beneficia a comunidade rural diante dos problemas que surgiram no setor e que continuam a surgir até hoje. Desta forma, o setor terá a oportunidade de aceder à água potável, através de um dispositivo portátil que pode ser adaptado às canalizações domésticas, uma vez que este filtro é naturalmente concebido com agregados miúdos e graúdos, o que garante uma eficiência de turbidez adequada à qualidade da água. Além disso, este sistema portátil terá raios UV que ajudarão a desinfetar o recurso hídrico.

Palavras-chave: sistema, tratamento, qualidade, água, sustentabilidade.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se refiere al tratamiento de agua en la vereda Sabaneta Alta del municipio de San Francisco. Se define el tratamiento de agua como aquel que logra que esta quede “libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud y que debe cumplir con normas bacteriológicas” [1], con el objetivo de asegurar su inocuidad para que pueda ser suministrada para consumo humano.

La vereda San Francisco lleva aproximadamente 25 años sin contar con agua tratada, lo cual ha sido un problema para los 115 habitantes del sector que consumen este recurso hídrico a diario [2], debido a la presencia de microorganismos patógenos, a cuya proliferación y crecimiento contribuye el estado de los tanques de almacenamiento en los depósitos.

En este documento se presentan los resultados de la prueba realizada a un filtro instalado en el tanque de almacenamiento de un solo usuario, a fin de verificar su efectividad y, con base en los resultados, implementar la misma solución para los demás usuarios de la vereda. Se plantea el uso de filtros para reducir el empleo de insumos químicos, teniendo en cuenta, además, la facilidad de operación y de limpieza al ser una solución individual que estará a cargo de cada usuario. La evaluación de la efectividad del sistema se efectúa por medio de un análisis de calidad del agua para parámetros tales como pH, turbiedad y sólidos sedimentables. Para ello, se utilizan potenciómetros, turbidímetro o nefelómetro y cono de Imhoff. Los resultados del análisis antes y después de la filtración son la clave para establecer la efectividad del tratamiento y las condiciones operativas requeridas para lograr el mejor desempeño del sistema. Los resultados del proyecto representarán una solución práctica, de fácil operación y mantenimiento, y en especial, que esté al alcance de toda la comunidad.

Este proyecto se realizó por el interés de beneficiar a la comunidad de la vereda Sabaneta Alta, a través de un prototipo portable que mejore la calidad del agua, y con una eficiencia óptima en turbidez que garantice el consumo de agua deseable.

II. ANTECEDENTES

En Colombia, el suministro de agua potable en zonas rurales representa un reto, dado que a través de la historia el manejo de este recurso ha quedado en manos de los

municipios y la mayoría de estos tienen una organización ineficiente, así como escasos recursos económicos para la planificación de proyectos de infraestructura para el manejo y suministro de agua potable en el área rural [3].

A raíz de la ineficiencia de las instituciones gubernamentales, los sectores rurales presentan cinco problemas principales en cuanto al saneamiento del agua: 1) Inadecuado marco normativo, dada la necesidad de adoptar estándares internacionales que posibiliten la introducción de nuevas tecnologías e insumos, que sean de fácil acceso para las comunidades. 2) Información deficiente. 3) Débil capacidad institucional de los entes territoriales. 4) Poca participación de la comunidad en los proyectos. 5) Infraestructura inadecuada para el ámbito rural” [4].

Por otro lado, el proceso de saneamiento del agua se lleva a cabo en diferentes etapas: “distribución de químicos y gases, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección” [5].

A. Proceso de filtración

El proceso de filtración se puede realizar con medio poroso conformado de grava y arena. Las investigaciones al respecto indican que, dentro de la amplia variedad de equipos de filtración, existen los denominados “filtros lentos de arena, cuya principal función es eliminar la materia orgánica y la turbidez del agua” [6], y por otro lado, el medio poroso también se puede constituir con zeolita, la cual sirve para mejorar la calidad del agua de manera más rápida y eficiente, con muy buenos resultados [7].

B. Proceso de desinfección del agua

La última etapa del proceso de potabilización es la desinfección, que se puede lograr en la filtración, a través del uso de carbón activado como parte del medio filtrante. Este permite remover toxinas y microorganismos patógenos presentes en el agua [8]. Algunos reportes indican la gran efectividad de la filtración con carbón activado para la eliminación de materia orgánica y la desinfección del agua. Asimismo, señalan que existen tres tipos de procesos para la desinfección: tratamientos físicos, tratamientos químicos y radiación [9].

C. Parámetros de calidad

Los parámetros de calidad que rigen para la potabilización del agua se clasifican en organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos. En este caso, se hizo énfasis

en parámetros organolépticos, físicos y químicos. En otras palabras, las variables analizadas fueron color, sabor, turbidez y resistividad del agua [10]. La resistividad del agua permite establecer el grado de tratamiento, que, para este caso, es A1, es decir, “una composición de tratamiento físico simple, que tiene que ver con una filtración rápida, y que permita lograr una desinfección adecuada” [9].

En Colombia, los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable se encuentran en la Resolución 2115 de 2007, documento que contiene los valores de concentración máxima permisible en el agua para que esta pueda ser considerada para consumo humano [11]. Por otra parte, el Decreto 1575 de 2007 introduce el concepto de IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua), que identifica el nivel de riesgo al consumir el agua si no se lleva un adecuado proceso [12], [13].

Cundinamarca, según las muestras tomadas por la Autoridad Sanitaria del departamento, se cataloga con un nivel medio de riesgo, es decir, con un 34% de 3279 muestras. Por su parte, el municipio de San Francisco, presenta un nivel bajo en las zonas rurales, con el 11,3%. Al comparar estos valores con el valor del IRCA para zonas urbanas, en la cuales este indicador alcanza un 1,1%, es decir, sin riesgo, se observa que en las zonas rurales no se suministra buena calidad de agua, puesto que la mayoría de las veces no se trata el agua o no se realiza mantenimiento regular a los sistemas de tratamiento [14], [15].

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Este proyecto consta de una serie de pruebas efectuadas en un filtro a escala de prueba, con un área superficial constante y variaciones en la altura de cada uno de los materiales de relleno (grava, arena, carbón activado), con tres combinaciones de altura. Los resultados se analizarán con el fin de establecer la configuración de lecho filtrante, para la cual se logra obtener el agua de mejor calidad en términos de los parámetros analizados. Los ensayos se efectuarán con los filtros instalados en un tanque de almacenamiento de agua, en la residencia del usuario, que se encuentra en la vereda Sabaneta Alta del municipio de San Francisco.

A. Materiales y equipos

1. Tamices

Se utilizaron 3 tamices para el diseño del filtro: tamiz de $\frac{1}{4}$ ”, para agregado grueso; tamiz #16, para agregado fino, y tamiz #20, para agregado fino (figura 1).



Figura 1. Tamices utilizados para el diseño del filtro.

Fuente: Elaboración propia.

2. Recipientes

Se emplearon 5 recipientes para la separación del material tamizado, con el fin de organizar todo el material para lograr una mejor ejecución en el diseño del filtro (figura 2).

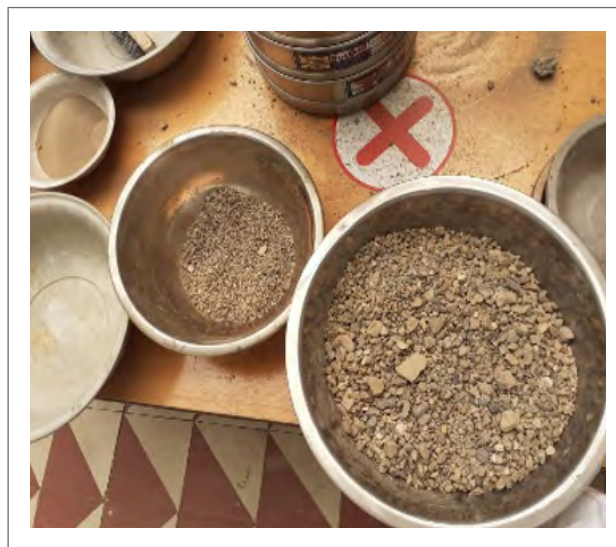


Figura 2. Recipientes utilizados para la organización del material.

Fuente: Elaboración propia.

3. Grava y arena

Para la elaboración del filtro, se emplearon dos agregados fundamentales: grava y arena (figura 3).



Figura 3. Agregados de grava y arena.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Malla.
Fuente: Elaboración propia.

4. Tubo de PVC

Se utilizó un tubo de PVC empleado de 4" de diámetro y 30 cm de altura, acompañado de dos tapones, para evitar que se saliera el agua, y de dos flanches plásticos que permitiesen un mayor ajuste al paso del agua, con dos hembras de $\frac{1}{2}$ ", que en este caso era el diámetro de la tubería del tanque del usuario (figura 4).



Figura 4. Tubo de PVC.
Fuente: Elaboración propia.

5. Malla

Para las pruebas de los filtros, se utilizó una maya muy delgada, con el fin de separar el material por capas y así no generar mezcla con los agregados (figura 5).

6. Tamizado

Se tuvieron en cuenta tres tipos de tamizado para las pruebas de los filtros.

- a. Filtro 1
Tamiz de $\frac{3}{4}$ ", para la grava.
Tamiz #16, para la arena
- b. Filtros 2 y 3
Tamiz de $\frac{3}{4}$ ", para la grava.
Tamices #16 y #20, para la arena.

Respecto a los dos diámetros empleados de tamizado en el diseño de cada uno de los filtros, es importante resaltar la cantidad total de material utilizada. En este caso, se empleó la cantidad ideal para el desarrollo de los filtros: 2900 g de agregado fino y 1500 g de agregado grueso.

7. Equipos



Figura 6. Medidor de pH.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Turbidímetro o nefelometro.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Cono de Imhoff.
Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan y discuten los resultados de los ensayos realizados, y las figuras que permiten observar el montaje experimental.

A. Prueba del filtro 1

Para este primer filtro se utilizaron 10 cm de grava, 20cm de arena n.º 16, separando cada material con una malla con el diámetro del tubo. En este filtro el agua pasaba

más rápido, ya que solo se implementaron dos agregados, mejorando con ello un poco la calidad del agua, la cual se determinó por medio del medidor de pH y del turbidímetro (figura 9).

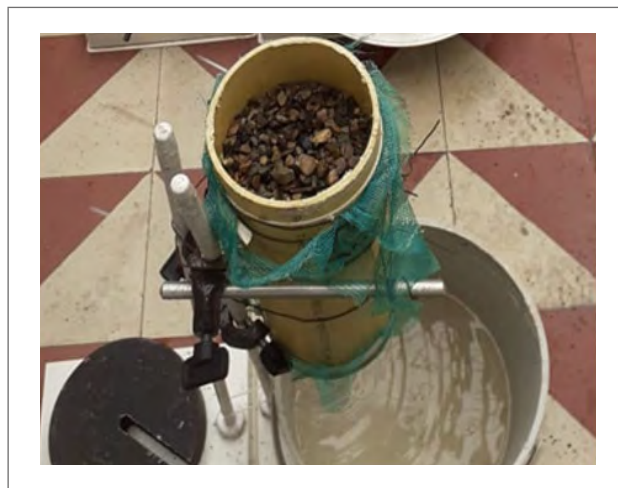


Figura 9. Prueba del filtro 1.
Fuente: Elaboración propia.

B. Prueba del filtro 2

Como segunda prueba del diseño del filtro se colocaron 10cm de grava, 10cm de arena n.º 16 y 10 cm de arena n.º 20, separando los agregados con malla. En este caso, el agua tardó un poco en salir. Se evaluó la calidad del agua con equipos para medición del pH y la turbidez del agua (figura 10).

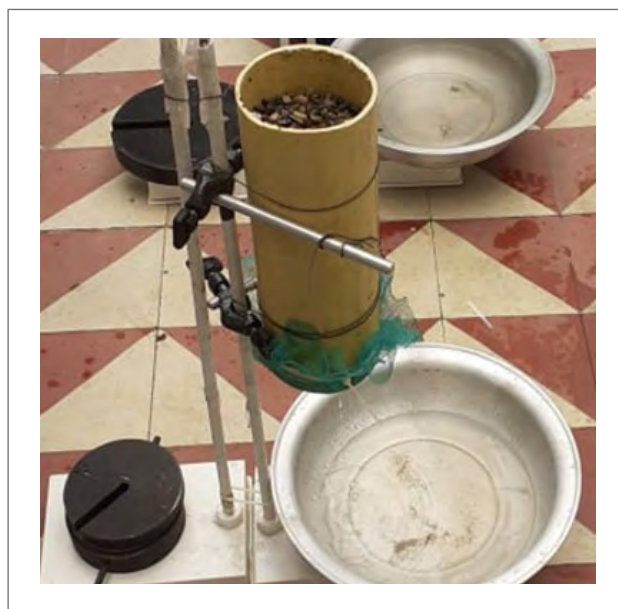


Figura 10. Prueba del filtro 2.
Fuente: Elaboración propia.

C. Prueba del filtro 3

En este filtro se utilizaron 10 cm de agregado grueso, 10 cm de agregado fino n.º 16, 5 cm de agregado fino n.º 20 y 5 cm de carbón activado (figura 11).

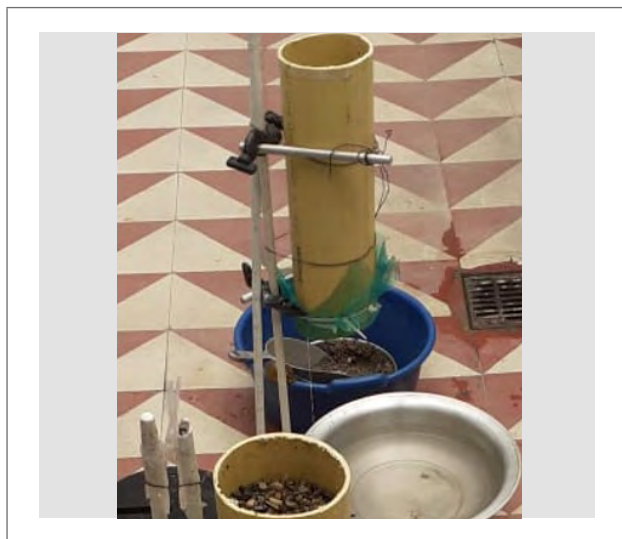


Figura 11. Prueba del filtro 3.
Fuente: Elaboración propia.

Con base en este desarrollo, mediante cálculos elaborados en la herramienta de Excel, se compararon los resultados de las mediciones de los parámetros de interés. Al inicio de cada ensayo se midieron las características del agua cruda, luego se recolectó el agua filtrada y se midieron los parámetros objeto de estudio. El agua cruda presentó un pH de 8,06 y una turbidez de 37,98.

Al comparar los datos iniciales con los resultados obtenidos con cada filtro, como se muestra en la tabla 1, el pH mejoró muy poco. En cuanto a la turbidez, el agua mejoró de forma aceptable, ya que inicialmente se contaba con una turbidez de 37,98, y luego, para cada filtro, se encontró en un rango de 4,7 a 11,81 (tabla 2), lo cual es bastante bueno.

Filtros	pH						
	300 ml		500 ml		1000 ml		pH por Filtro
1	8,23	8,53	7,79	7,97	7,41	7,41	7,97
	8,23		8,15		-		
2	8,16	8,46	7,86	8,16	7,41	7,41	8,01
	8,76		8,45		-		
3	8,18	8,425	7,83	8,03	7,6	7,6	8,02
	8,67		8,23		-		

Tabla 1. pH del agua.
Fuente: Elaboración propia.

Filtros	Turbidez		
	300 ml	500 ml	1000 ml
1	11,81	11,26	10,91
	4,7	8,87	-
2	7,28	8,7	7,66
	4,71	7,13	-
3	8,7	10,21	5,68
	7,81	7,78	-

Tabla 2. Turbidez del agua.
Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia						
300 ml		500 ml		1000 ml		E. por Litro
69%	78%	70%	73%	71%	71%	75%
88%		77%		-		
81%	84%	77%	79%	80%	80%	81%
88%		81%		-		
77%	78%	73%	76%	85%	85%	79%
79%		80%		-		

Tabla 3. Eficiencia del agua.
Fuente: Elaboración propia.

Tasa de filtración por filtro	
1	42,71 m/día
2	35,68 m/día
3	37,11 m/día

Tabla 4. Tasa de Filtración.
Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, el filtro 2 es que mejor eficiencia tiene (tabla 3 y 4). Por consiguiente, se harán tres réplicas de este filtro para instalarlas en tres viviendas del sector rural Sabaneta Alta.

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de las tres pruebas planteadas se determinó que el mejor diseño corresponde al filtro 2, que mostró una eficiencia del 81%.

Es importante aclarar que aún se siguen realizando pruebas de este proyecto, para lograr una mayor optimización en la calidad del agua y así beneficiar a esta comunidad que lleva más de 25 años sin tener agua tratada. En consecuencia, La instalación del prototipo en la vivienda no se ha llevado a cabo.

Una vez terminadas estas pruebas de laboratorio, se instalará filtro en una de las viviendas de la zona para garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua para el usuario y realizar la evaluación del desempeño del filtro a escala real. Esto, con el fin de determinar parámetros operativos tales como la frecuencia de lavado, la carga hidráulica y la carga hidráulica de lavado, entre otros, para garantizar la calidad del agua para el usuario.

REFERENCIAS

- [1] N. C. Chulluncuy-Camacho, “Tratamiento de agua para consumo humano”, *Ing. Ind.*, n.º 29, pp. 153-170, mar. 2011, doi: 10.26439/ing.ind2011.n029.232.
- [2] A. Bohórquez P., comunicación personal, 20 de noviembre de 2020.
- [3] Consejo Nacional de Política Económica y Social, Documento Conpes 3810, *Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*, 2014.
- [4] W. Carrasco Mantilla, Estado del arte del agua y saneamiento rural en Colombia». *Revista de Ingeniería* 0(44):46.
- [5] Dubey, M. Agarwal, A. B. Gupta, R. K. Dohare y S. Upadhyaya. 2016. “Automation and control of water treatment plant for defluoridation”. *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, vol. 4 n.º 26, pp. 6-11, 2016, doi: 10.19101/IJATEE.2017.426002.
- [6] G. E. El-Taweel, y G. H. Ali, “Evaluation of Roughing and Slow Sand Filters for Water Treatment”. *Water Air, Soil Pollut.*, vol. 120, n.º1, pp. 21-28, 2000, doi: 0.1023/A:1005252900175.
- [7] R. C. Haro Águila, “El uso de la zeolita natural en el proceso de filtración rápida, en el tratamiento de agua para consumo humano en el distrito de San Miguel, provincia de San Miguel, Cajamarca, 2015”, trabajo de grado, Univ. Nac. Santiago Antúnez de Mayolo, Fac. Cienc. Ambient., Huaraz, Perú, 2016..
- [8] M. Álvarez Cortiñas, E. Íñiguez Pichel, y O. Cadahía Maríz, “Evaluación de cinco plantas para el tratamiento de eliminación de microcistinas en agua de consumo humano”, *Rev. Salud Ambient.*, vol. 17, n.º 1, pp. 100-108, 2017.
- [9] M. Romero, M. “Tratamientos utilizados en la potabilización de agua”. *Bol. Electrón. Fac. Ing. - Univ. Rafael Landívar*, n.º 8, 2008.
- [10] “Parámetros de calidad de las aguas”, en *Bonsai Menorca*. [En línea]. Disponible: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego>
- [11] Ministerio de la Protección Social; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 2115 de 22 de junio de 2007, “Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano” *Diario Oficial* n.º 46.679 de 4 de julio de 2007.
- [12] J. F. Rojas Vargas, V. L. Robayo Mayorga, D. C. Córdoba Velandia
- [13] “Calidad del agua: Normatividad –Reporte de información al SUI– Diagnóstico nacional”, Bogotá, Colombia: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Departamento Nacional de Planeación, 2017.
- [14] Ministerio de Salud y Protección Social, “Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2016”, Bogotá, Colombia: Subdirección de Salud Ambiental, mayo, 2018.
- [15] Ministerio de Salud y Protección Social, “Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2017”, Bogotá, Colombia, marzo, 2019.