

Artículo de investigación

Cómo citar: S. Baquero et al., "Evaluación de la calidad de agua de niebla recolectada en Choachí, Colombia", *Inventum*, vol. 13, no. 25, pp. 53-60, julio - diciembre, 2018. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.13.25.2018. 53-60

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

Recibido: 30 de mayo de 2018

Aceptado: 28 de junio de 2018

Publicado: 3 de septiembre de 2018

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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA RECOLECTADA EN CHOACHÍ, COLOMBIA

TESTING THE QUALITY OF FOG WATER COLLECTED IN CHOACHÍ, COLOMBIA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE NEVOEIRO COLETADA EM CHOACHÍ, COLÔMBIA

Sandra Viviana Baquero Palacios; Angie Lorena Delvasto Reyes; Sandra Milena Mejía Hoy

Resumen

La contaminación producida por las actividades mineras y por el desarrollo de la porcicultura ha generado escasez de agua limpia en la vereda Agua Dulce, Choachí, Cundinamarca, cuestión que ha puesto en riesgo la salud de los habitantes. Esta investigación plantea que el agua de niebla es un recurso potencial para el consumo humano y una alternativa para enfrentar esta problemática. Así, durante los meses de abril a junio de 2018 se realizó un estudio que evaluó la calidad de agua de niebla colectada por medio de un atrapaniebla piloto. El diseño elegido para la captación de agua niebla fue la huella hexagonal debido a la eficiencia de esta para captación de agua de niebla y resistencia a los vientos. Esta se construyó a partir de guadua y polisombra del 35%. Las condiciones meteorológicas y geofísicas de la zona de estudio permitieron la captación óptima de agua de niebla y lluvia. Los análisis meteorológicos demostraron que la producción máxima de agua se presenta en la noche y la madrugada. El atrapanieblas recogió un promedio de 10,01 litros diarios cuyas características fisicoquímicas y microbiológicas cumplen con la normatividad de Calidad de Agua Colombiana. Otras fuentes hídricas de interés analizadas se consideraron de alto riesgo para consumo humano, puesto que no cumplen con ciertas características fisicoquímicas como altos contenidos de fosfatos, calcio, y dureza, y microbiológicas, presentando *E. coli* y coliformes totales, parámetros evaluados a la luz de la norma colombiana. Se destaca así la posibilidad de usar atrapanieblas como una alternativa para producción de agua de calidad en poblaciones pequeñas que enfrentan escasez de agua.

Palabras clave: Atrapaniebla, contaminación del agua, precipitación, agua potable.

Abstract

Pollution produced by mining and by porciculture has led to a shortage of clean water in the rural district of Agua Dulce, Choachí, Cundinamarca, which puts the population's health at risk. This article states that fog water is a potential resource for human consumption and an option to deal with this problem. Thus, during April and June 2018 a study was carried out to test the quality of fog water collected by using a fog catching net. The authors chose the hexagonal print design for its efficiency to catch

Sandra Viviana Baquero Palacios
sbaquerop@ucentral.edu.co
Universidad Central, Colombia

Angie Lorena Delvasto Reyes
adelvastor@ucentral.edu.co
Universidad Central, Colombia

Sandra Milena Mejía Hoy
smejiah@ucentral.edu.co
Universidad Central, Colombia



fog water and its wind-resistance. The net was made out of bamboo and construction safety net Rs 35. The weather and geophysical conditions favored the optimum catching of fog water and rain. The weather analysis showed that the maximum water production occurred at night and early morning. The fog catching net collected about 10,1 liters per day, which physical, chemical and microbiological characteristics complied with Colombia's norms on Water Quality. Other water sources analyzed were ranked as high-risk water for human consumption, since they did not comply with certain physical, chemical –such as high phosphate and calcium content and hardness– and microbiological features, including *E. coli*, and total coliforms. Those patterns were analyzed to the light of Colombian law. The authors outstand the use of fog catching nets as an option to produce high-quality water in small populations facing water shortage.

Keywords: Fog catching net, water pollution, precipitation, drinking water.

Resumo

A contaminação produzida pelas atividades mineiras e pelo desenvolvimento da produção suinícola gerou escassez de água limpa na vereda Água Doce, Choachí, Cundinamarca, questão que pôs em risco a saúde dos moradores. Esta investigação propõe que a água de nevoeiro é um recurso potencial para o consumo humano e uma alternativa para enfrentar esta problemática. Assim, durante os meses de abril a junho de 2018 se realizou um estudo que avaliou a qualidade da água de nevoeiro colectada por médio de um pega-nevoeiro piloto. O desenho eleito para a captação de água-nevoeiro foi a impressão hexagonal devido à eficiência desta para captação de água de nevoeiro e resistência aos ventos. Esta se construiu a partir de guadua e polisombra do 35 %. As condições meteorológicas e geofísicas da zona de estudo permitiram a captação ótima de água de nevoeiro e chuva. As análises meteorológicas demonstraram que a produção máxima de água se apresenta na noite e a madrugada. O pega-nevoeiro recolheu uma média de 10,01 litros diários cujas características físico-químicas e microbiológicas cumprem com a normatividade de Qualidade de Água Colombiana. Outras fontes hídricas de interesse analisadas consideraram-se de alto risco para consumo humano, já que não cumprem com certas características físico-químicas como altos conteúdos de fosfatos, cálcio, e rigidez, e microbiológicas, apresentando *E. coli* e coliformes totais, parâmetros avaliados à luz da norma colombiana. Destaca-se assim a possibilidade de usar pega-nevoeiro como uma alternativa para produção de água de qualidade em populações pequenas que enfrentam escassez de água.

Palavras-chave: Pega-nevoeiro, contaminação da água, precipitação, água potável.

INTRODUCCIÓN

La vereda Agua Dulce, perteneciente al municipio de Choachí, Cundinamarca, cuenta con las fuentes hídricas necesarias para abastecer a la población, tales que como nacaderos de aguas naturales, quebradas como el Raizal, El Cury, La Palma, Chuscal, El Rajadero, entre otros. Estas fuentes, sin embargo, se han visto afectadas por la explotación minera de calizas y areniscas realizada a la altura del páramo Cruz Verde. El recurso hídrico de la zona, incluyendo quebradas y nacimientos, se ha visto perturbado en su totalidad [1].

Recientemente se han estudiado diferentes alternativas tales como captación de fuentes superficiales y subterráneas y el agua de niebla para la solución de la problemática de escasez y calidad de agua a nivel global con la finalidad de ofrecer agua de fuentes seguras [2].

Una de estas opciones es el agua de niebla, producto de pequeñas gotas de agua que flotan en la atmósfera y se condensan al posarse sobre la superficie. Su diámetro es de 1 a 40 mm aproximadamente [3].

El agua de niebla es considerada como un recurso de agua potable naturalmente disponible que puede ser aprovechable en regiones desérticas, costas y cadenas montañosas [4]. En la Escarpa Oriental de Eritrea, el gobierno impulsó la investigación en la aplicación de proyectos de recolección de niebla con el fin de enfrentar la problemática de suministro de agua en esta región. Se demostró así que la captación de niebla puede ser una posible solución para el abastecimiento de agua de pequeñas poblaciones, centros educativos y de salud [5]. Un ejemplo de esto se evidenció en la región de Asir, del Reino de Arabia Saudita. Allí se implementó un colector de niebla piloto con el fin de evaluar la tasa de recolección de agua de niebla. Los resultados del ejercicio arrojaron que la cantidad de agua recolectada por hora fue de 9,7 l. Por esta razón, el sistema de recolección se consideró óptimo para contribuir al abastecimiento de agua para esta zona.

La calidad del agua de niebla está relacionada con la calidad del aire y con las condiciones meteorológicas donde se ubiquen los atrapanieblas. Por ejemplo, en Botmezuguida, Marruecos se encontró que el agua capturada por este método poseía características fisicoquímicas que son aceptables para uso doméstico según los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud [6]. En cambio, en el banco occidental del Nilo en Delta Barrage, Egipto, el análisis de la calidad de agua demostró cumplir con los parámetros fisicoquímicos de agua niebla y lluvia establecidos en la normatividad de este país, con excepción de la presencia de algunos metales pesados. Por esta razón, el agua captada allí se consideró apta para riego únicamente [7].

En relación con lo anterior, el objetivo de la presente investigación consiste en evaluar la calidad del agua de niebla y lluvia recolectada en el atrapanieblas piloto ubicado en la vereda Agua Dulce del municipio de Choachí, Colombia.

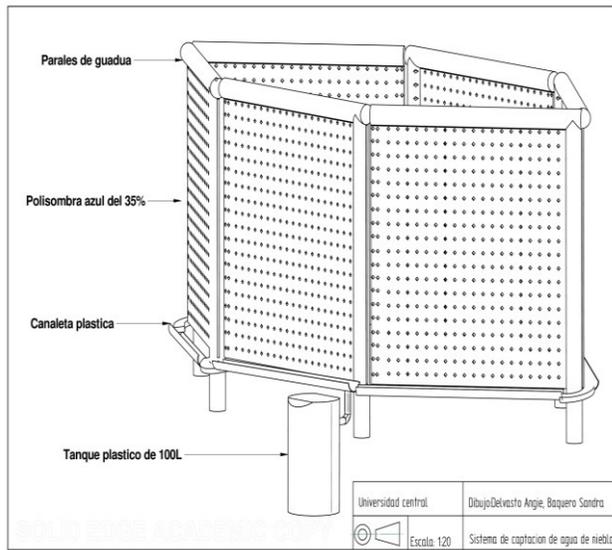
MATERIALES Y MÉTODOS

A. Área de estudio

El atrapaniebla se ubicó en la vereda Agua Dulce, ubicada en el municipio de Choachí (coordenadas N 04° 33' 56" y W 073° 58' 21.5"). Colombia, a 3.032 msnm de altura.

Para el diseño del atrapaniebla se revisaron diferentes modelos utilizados, la estructura seleccionada fue la huella hexagonal, la cual se realizó de tal manera que en el futuro se logrará replicar sin requerir altos costos, con materiales que no afecten la calidad de agua que se captará. Cada panel tiene 2 m de área elaborados en guadua planta autónoma de la zona, inmunizada para prevenir todo ataque biológico [8]. Posteriormente, se realizaron las uniones usando los cortes boca de pescado; esta es una técnica artesanal que de acuerdo al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 [9] permite obtener consistencia y resistencia. Finalmente, para la cimentación del captador se utilizó rajón alrededor de cada vara de guadua.

Figura 1. Plano atrapanieblas



Fuente: Elaboración propia.

El captador se instaló durante los meses de abril y mayo de 2018. Este se encuentra elevado a 2,40 m de altura. Su estructura hexagonal permite una mayor resistencia a los vientos y mayor permanencia de la niebla. Cada cara del hexágono sostiene una multisombra azul de 35 %. Este color por ser claro permite una mejor agrupación de las gotas durante el día y, por lo tanto, asegura una menor pérdida de captación. Las canaletas que recogen el agua captada se construyeron con botellas de plástico desinfectadas y pintadas con pintura epóxica que permite un recubrimiento con mayor asepsia. Las canaletas se ubicaron en la parte inferior de cada panel. Su ubicación presenta un nivel adecuado para deslizar el agua captada hacia el tanque de almacenamiento de 100 l de capacidad.

B. Muestreo

Las muestras de agua analizadas fueron tomadas en tres puntos de interés diferentes: 1) En el nacimiento de agua, desde el cual los habitantes conectan una red artesanal que les permite abastecerse el líquido en épocas de lluvia; 2) una alberca particular de agua que es usada para consumo humano durante todo el año. Esta alberca está ubicada a 10 metros de la vía de acceso automotor; 3) el agua captada por el atrapaniebla. La toma de muestras se realizó de acuerdo con las recomendaciones del Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio [10], realizado por el Instituto Nacional de Salud.

C. Análisis meteorológico

El monitoreo meteorológico se realizó durante un mes en el lugar donde se ubicó el atrapanieblas. La frecuencia de registro de los datos fue horaria con una ventana de tiempo desde las 8:30 a.m. hasta 6:30 p.m. Los datos que se registraron se corresponden con las siguientes variables: temperatura (°C), humedad (%), presión (psi), punto de rocío (°C) y velocidad del viento (m/s). Su finalidad era verificar que el tiempo atmosférico fuera el apto de acuerdo a los parámetros de diseños estudiados, esto quiere decir alto porcentaje de humedad, bajas temperaturas, baja temperatura de punto de rocío e intensidad media de vientos para lograr la captación ideal y eficiente.

D. Análisis de la calidad del agua

Para cada fuente de interés, la calidad del agua se evalúa mediante el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Irca). El cálculo se realiza asignando un puntaje de riesgo para cada característica física, química y microbiológica cuya característica sea no aceptable, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Irca(\%) = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgos asignados a todas las características analizadas}} * 100$$

El valor de cada característica es el promedio de todos los valores encontrados en el muestreo. Su aceptabilidad se estableció según los valores (tabla 2) para Colombia dados por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial [11]. Posteriormente, se clasificó el nivel de riesgo en la salud, según las especificaciones dadas en la misma resolución.

Los parámetros probados en este estudio fueron físicoquímicos y microbiológicos establecidos por las guías del Ideam, como el pH, oxígeno disuelto (mg/l), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (multiparámetro de portátil Hanna HI 98129) y en el laboratorio (multiparámetro Hach), turbiedad in situ (NTU turbidímetro portátil Hach). En el laboratorio se evaluaron los parámetros físicoquímicos como demanda química de oxígeno (espectrofotometría uv método 430 longitud de onda 420), color real y aparente (espectrofotometría uv método 120 y 125), nitratos NO_3 mg/l (espectrofotómetro uv método 344 longitud de onda 420 nm), nitritos NO_2 mg/l (espectrofotometría uv método 345 longitud de onda 420 nm), sulfatos

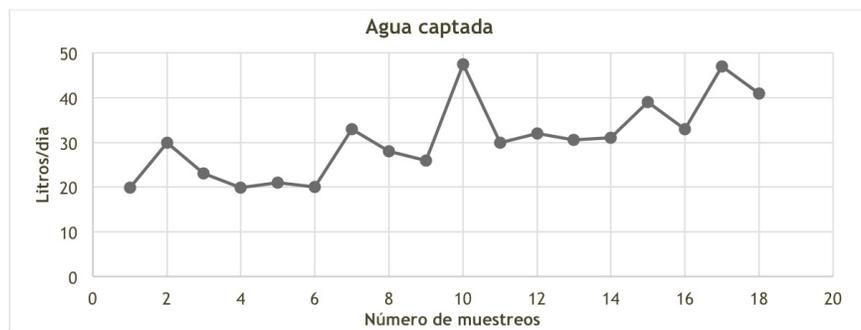
SO₄ mg/l (espectrofotómetro UV método 680 longitud de onda 420 nm) y fosfatos PO₄³⁻ mg/l (espectrofotómetro UV método 540) longitud de onda 420 nm), hierro-Fe mg/l (Espectrofotómetro UV método 344 longitud de onda 265 nm). Cabe anotar que los métodos enunciados por espectrofotometría UV son los usados por el espectrofotómetro HACH, la alcalinidad y acidez (método valoración ácido-base), calcio (Ca), magnesio (Mg) dureza mg/l (método titrimétrico EDTA), los sólidos totales, suspendidos y disueltos mg/l (método gravimétrico). Los metales como manganeso (Mn), zinc (Zn) y aluminio (Al) se midieron con espectrofotometría de absorción atómica en el Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Central. Los análisis microbiológicos

fueron realizados mediante el método de presencia ausencia.

RESULTADOS

Los resultados del monitoreo se pueden observar en la figura 2. En promedio, la captación obtenida fue de 10,01 litros de agua diarios, que corresponde al 10 % de la dotación neta especificada en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [12]. Allí se determina que la cantidad mínima requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante deber ser de 120 l habitante/día.

Figura 2. Cantidad de agua captada durante los muestreos realizados en el mes de junio y julio.

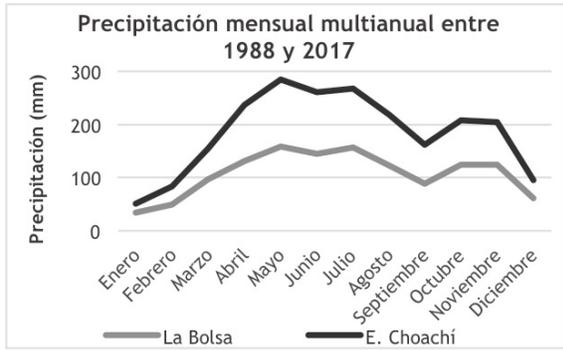


Fuente: Elaboración propia.

En el escenario meteorológico se pudo observar que el comportamiento de la precipitación en el área de estudio presentada en la figura 3 concuerda con el de cabecera municipal. Desde los meses de noviembre a febrero la precipitación se reduce significativamente y se registra un descenso importante en septiembre, por lo cual estos meses se consideran como la época de verano y es donde posiblemente se obtengan los menores valores de captación de niebla, mientras que en los meses de abril a julio se presentan los mayores registros de lluvia. Posiblemente en este intervalo también sea mayor la

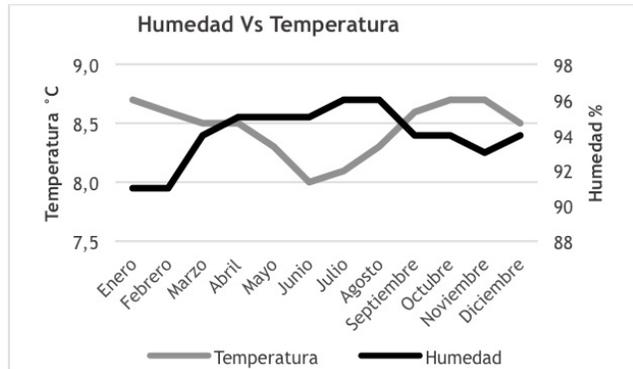
producción de agua en el atrapaniebla. En cuanto a humedad y temperatura, se observa en la figura 4 que la temperatura disminuye mientras que la humedad aumenta, evento que permite la formación de gotas en la malla. Entre los meses de abril y agosto se registran las menores temperaturas y mayor porcentaje de humedad, es decir que en este periodo del año se espera que la producción de agua sea mayor, corroborando los datos obtenidos de captación que se presentaron anteriormente. Además, se espera que en los meses de septiembre a febrero la cantidad de agua generada sea menor.

Figura 3. Precipitación del área de estudio tomada del Ideam entre los años 1988 a 2017 de dos estaciones meteorológicas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Humedad y temperatura del área de estudio tomada del Ideam entre los años 1988 a 2017 de dos estaciones meteorológicas



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la eficiencia del atrapanieblas fue necesario realizar el monitoreo de las condiciones meteorológicas en el área de estudio durante un mes y medio (junio y parte de julio). Los promedios registrados por las variables de temperatura, humedad, presión, punto de rocío y velocidad e intensidad del viento se muestran en la tabla 1. Durante el tiempo del estudio esta variable se caracterizó por su aumento al pasar el día y al entrar la noche. Con lo anterior, es posible considerar que la mayor parte de la recolección de niebla ocurre durante la noche y la madrugada, tiempo en el cual se genera la mayor la producción de agua.

La velocidad del viento influye en la captación de niebla, las altas velocidades fomentan el transporte de gotas que luego en conjunto generan de niebla. Sin embargo, en el área de estudio durante el tiempo que duró la investigación las velocidades del viento fueron mínimas. No obstante, esta condición no altera la permanencia de la niebla, y esta es una de las razones por las cuales el diseño seleccionado resulta óptimo para la captación. Con esto se corrobora que la recolección de niebla en sitios con alta humedad y bajas velocidades del viento y temperatura resulta eficiente [13].

Tabla 1. Datos meteorológicos tomados en la zona de estudio

| FECHA | TEMPERATURA (°C) | HUMEDAD (%) | PRESIÓN (PSI) | PUNTO DE ROCIO (°C) | VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S) |
|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------------|
| 11/06/2018 | 16,636 | 75,727 | 74,885 | 11,164 | 0,668 |
| 15/06/2018 | 15,555 | 85,900 | 7,490 | 10,700 | 0,955 |
| 26/06/2018 | 14,855 | 85,364 | 7,481 | 10,797 | 0,927 |
| 29/06/2018 | 15,500 | 89,364 | 7,381 | 12,200 | 0,827 |
| 3/07/2018 | 15,850 | 88,017 | 7,382 | 12,517 | 0,817 |
| Promedio mensual | 15,679 | 84,874 | 20,924 | 11,476 | 0,839 |

Fuente: Elaboración propia.

En relación con la calidad de agua obtenida del captador en comparación con las fuentes de agua que los habitantes de la vereda usan para consumo, es la única que cumple con todos los parámetros de calidad de agua establecidos en [9] (tabla 2).

En el caso del agua de consumo actual el contenido de calcio encontrado fue de 84,44 mg/l, donde la concentración máxima permitida es de 60 mg/l, y que trae como consecuencia los afloramientos de

cálculos del suelo, razón por la que la zona ha sido sometida a explotación minera de calizas y areniscas. Esta muestra, junto con la del agua de nacimiento, presentaron *Escherichia Coli* y coliformes totales debido al manejo de las excretas porcinas, que estas son arrojadas a las fuentes hídricas cercanas. Cabe resaltar que la presencia de estos organismos en el agua de consumo actual presenta un alto riesgo para la salud de la población de la vereda. Además, los fosfatos que se presentan en la

muestra probablemente se deban al uso de agroquímicos, plaguicidas en áreas cercanas y detergentes que por su mal manejo resultan en las corrientes de las fuentes hídricas. La turbiedad del agua de nacimiento presenta valores altos con respecto a la permitida por la norma, siendo esta 2 y la resultante de 23,04. Esto puede ser debido a que las muestras fueron tomadas en época de invierno, cuando es común observar turbiedad en aguas naturales. Estos

resultados efectivamente permiten identificar que las fuentes hídricas han sido perturbadas por actividades antrópicas que no están siendo controladas, como se ha venido mencionando, y que para evitar mayor contaminación en estas fuente se requiere la presencia de los entes reguladores, así como para conservar las fuentes que aún no hayan sido intervenidas o afectadas aguas abajo.

Tabla 2. Irca para cada fuente de interés y nivel de riesgo asignado

| CARACTERÍSTICA | PUNTAJE DE RIESGO | VALOR MÁX. ACEPTABLE RES. 2115 -2007 | AGUA DE CONSUMO ACTUAL | CUMPLE | AGUA DE NACIMIENTO | CUMPLE | AGUA DE CAPTADOR | CUMPLE |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------|--------|----------------------------------|--------|------------------|--------|
| Color parente | 6 | 15 | 31,67 | x | - | ✓ | 14,00 | ✓ |
| Turbiedad | 15 | 2 | 0,35 | ✓ | 23,04 | x | 0,01 | ✓ |
| pH | 1,5 | 6,5-9 | 6,29 | x | 6,22 | x | 6,60 | ✓ |
| Alcalinidad total | 1 | 200 | 30,83 | ✓ | 17,17 | ✓ | 12,83 | ✓ |
| Calcio | 1 | 60 | 84,44 | x | 16,83 | ✓ | 15,76 | ✓ |
| Magnesio | 1 | 36 | 0,50 | ✓ | 0,04 | ✓ | 0,74 | ✓ |
| Manganeso | 1 | 0,1 | 0,00 | | 0,00 | ✓ | 0,00 | ✓ |
| Fosfatos | 1 | 0,5 | 8,13 | x | 7,90 | x | 0,5 | ✓ |
| Dureza Total | 1 | 300 | 138,33 | ✓ | 40,00 | ✓ | 12,67 | ✓ |
| Sulfatos | 1 | 250 | 11,67 | ✓ | 10,33 | ✓ | 0,00 | ✓ |
| Hierro Total | 1,5 | 0,3 | 0,05 | ✓ | 0,23 | x | 0,05 | ✓ |
| Zinc | 1 | 3 | 0,01 | ✓ | 0,01 | ✓ | 0,03 | ✓ |
| Aluminio | 3 | 0,2 | 0,00 | ✓ | 0,00 | ✓ | 0,00 | ✓ |
| Cloruros | 1 | 250 | - | - | - | - | - | - |
| Nitratos | 1 | 10 | 0,00 | ✓ | 0,00 | | 0,01 | ✓ |
| Nitritos | 3 | 0,1 | 0,01 | ✓ | 0,00 | ✓ | 0,01 | ✓ |
| Coliformes totales | 15 | 0 | Presencia | x | Presencia | x | Ausencia | ✓ |
| Escherichia Coli | 25 | 0 | Presencia | x | Presencia | x | Ausencia | ✓ |
| Nivel de riesgo | | | 67,8 % - alto | | 83,7 % - inviable sanitariamente | | sin riesgo | |

Fuente: Adaptado [9].

CONCLUSIONES

1. El diseño del atrapanieblas utilizado en esta investigación resulta apto para ser usado en zonas con las características físico geográficas que presenta el área de estudio, por lo cual podría ser replicado como una alternativa de solución para obtener agua apta para el consumo humano. El uso de este diseño permite una mejor calidad de vida para las comunidades rurales que se encuentran alejadas de los asentamientos urbanos.
2. En zonas de páramo las condiciones meteorológicas permiten la captación óptima de agua de niebla, donde la producción de agua es permanente y mucho más efectiva en la noche y la madrugada, ya que el porcentaje de humedad relativa es significativo y constante.
3. La captación de niebla en Colombia debe ser considerada como una alternativa de solución para pequeñas comunidades o núcleos familiares que enfrenten escasez de agua o deterioro en la calidad de la misma. Los resultados obtenidos permiten determinar que la calidad del agua de

niebla no representa riesgos para la salud y no requiere de un tratamiento complejo. Sin embargo, se considera que el estudio debe ampliarse en sus tiempos para lograr corroborar los resultados iniciales.

REFERENCIAS

- [1] N. Gil, A. Marulanda y A. Salazar, Análisis de la participación ciudadana en defensa del Páramo de Cruz Verde frente a la acción minera entre los años 2011 y 2016. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [2] M. Fessehaye *et al.*, “Assessment of fog-water collection on the eastern escarpment of Eritrea”. *Water International* 42, 2017, pp. 1022-1036.
- [3] P. Gandhidasan, H. Abualhamayerl & F. Patel F., “Simplified modeling and analysis of the fog water harvesting system in the Asir region of the Kingdom of Saudi Arabia”. *Aerosol and Air Quality Research* 18, 2018, pp. 200-213.
- [4] M. Cao *et al.*, “Hydrophobic/hydrophilic cooperative janus system for enhancement of fog collection”. *Small Journal* 11, 2015, pp. 4379-4384.
- [5] M. Fassehaye *et al.*, 2015. “The potential for scaling up a fog collection system on the eastern escarpment of Eritrea”. *Mountain Research and Development* 4, 2015, pp. 365-373.
- [6] C. Schunk *et al.*, “Testing water yield, efficiency of different meshes and water quality with a novel fog collector for high wind speeds”. *Aerosol and Air Quality Research* 18, 2018, pp. 240-253.
- [7] T. Salem *et al.*, “Evaluation of fog and rain water collected at Delta Barrage, Egypt as a new resource for irrigated agriculture”. *Journal of African Earth Sciences* 135, 2017, pp. 34-40.
- [8] J. Salazar y G. Díaz, “Inmunización de la guada”. *Ingeniería e Investigación* 38, 2014, pp. 14-20.
- [9] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá: 2010.
- [10] H. Cruz, J. Molina y M. Jiménez, Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano para análisis de laboratorio. Bogotá: Instituto Nacional de Salud, 2011.
- [11] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 2115. Bogotá: 2007.
- [12] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá: 2017
- [13] J. Molina y C. Escobar, “Fog collection in the Andean Mountain Range of southern Colombia”. *Die Erde* 139, 2008, pp.127-140.