

Filtración en Cerámica con Plata Coloidal

Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC)

en el Acueducto rural Ojo de Agua, municipio de Socha.

Andrés Sebastián Gómez Ruíz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Notas de autor

Andrés Sebastián Gómez Ruíz, Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio

Ambiente UNAD

Este proyecto ha sido financiado por su autor y las empresas patrocinadoras Colminer Ltda,

Energy Coal SAS, Sociedad Minera Los Pinos y Analizar Laboratorio Físicoquímico.

La correspondencia relacionada con este proyecto aplicado debe ser dirigida a Andrés

Sebastián Gómez Ruíz, Carrera 16B # 12B-18 – Bonanza II - Garagoa (Boyacá).

Contacto: asgomezrui@unadvirtual.edu.co

Filtración en Cerámica con Plata Coloidal

Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC)

en el Acueducto rural Ojo de Agua, municipio de Socha

Andrés Sebastián Gómez Ruíz

Asesor: Guisett Adelina Gómez Siachoque

Ingeniera Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Septiembre de 2018

Notas de autor

Andrés Sebastián Gómez Ruíz, Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio

Ambiente UNAD

Este proyecto ha sido financiado por el autor y las empresas patrocinadoras Colminer Ltda,

Energy Coal SAS, Sociedad Minera Los Pinos y Analizar Laboratorio Físicoquímico.

Trabajo elaborado para optar por el título profesional de Ingeniero Ambiental

La correspondencia relacionada con este proyecto aplicado debe ser dirigida a Andrés

Sebastián Gómez Ruíz, Carrera 16B # 12B-18 – Bonanza II - Garagoa (Boyacá).

Contacto: asgomezrui@unadvirtual.edu.co

Al Dios Omnipotente, por proveerme de sabiduría, inteligencia, amor, perseverancia y paciencia en la investigación.

A mis padres, Hugo y María del Carmen, por inspirarme a trascender más allá de mis capacidades y enseñarme a no claudicar en la dificultad.

A quienes en su necesidad claman a Dios y a su ciencia para ser ayudados.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al apoyo de los directivos, suscriptores y usuarios del Acueducto Ojo de Agua, del Municipio de Socha; quienes con presteza y diligencia participaron de los ejercicios experimentales, favorecieron la dinámica organizacional y científica del proyecto.

Agradecimiento especial al señor Jesús Soledad Pinzón y a la señora Marora Pinzón, usuarios del acueducto que, con su colaboración, interés, apoyo y diligencia hicieron posible el desarrollo de la investigación.

A José Inocencio Merchán (Morca), Matilde Ayala (Tuaté) y Silvino Casas (Ráquira), alfareros y artesanos dotados de inteligencia, ciencia y sabiduría, en el manejo de las arcillas y creación de obras artísticas.

Al Doctor Carlos A. Mesa Guadrón, gerente general de Colminer Ltda., a la Doctora Zandra M. Bernal Rincón, gerente general de Energy Coal SAS., a la familia Medina López Directivos de la empresa Sociedad Minera Los Pinos y a las Directivas y profesionales de Analizar Laboratorio Físicoquímico LTDA. Quienes creyeron en los beneficios sociales y académicos del proyecto, vinculándose como patrocinadores materiales de la investigación.

A la doctora María Teresa Melo, directora del CEAD Duitama (UNAD) por su presteza y colaboración en el desarrollo del proyecto, y a los docentes de la Escuela de Ciencia Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECAPMA, Ingeniero Horacio Rojas Cárdenas, Ingeniera Guisett A. Gómez Siachoque e Ingeniera Sandra Avella Suarez, por ser constantes guías académicos, morales y personales durante la investigación.

RESUMEN

En la actualidad los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua para consumo humano en el sector rural del país no cuentan con las condiciones técnicas y económicas para proveer un recurso inocuo a sus usuarios, poniendo en riesgo la salud de las comunidades rurales y limitando el desarrollo de sus proyectos de vida.

El presente proyecto busca proveer una alternativa tecnológica para el tratamiento pasivo del agua para consumo humano en el acueducto OJO DE AGUA, ubicado en la vereda La Chapa, municipio de Socha, departamento de Boyacá, Colombia; utilizando el sistema de filtración casera “Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC)”. Generando una propuesta de bajo costo y fácil operación para los usuarios del acueducto, quienes en la actualidad se abastecen de una fuente hídrica catalogada como de Alto Riesgo para su consumo, de acuerdo a las evaluaciones anuales del IRCA para el sector rural del municipio de Socha, realizadas por las autoridades sanitarias competentes del orden departamental y nacional (Instituto Nacional de Salud, 2017)

Palabras claves: Filtración en Cerámica; Plata Coloidal; Agua Potable; Enfermedades de origen hídrico.

ABSTRACT

At present, water supply and treatment systems for human consumption in the rural sector of country don't have technical and economic conditions to provide an innocuous resource to the users, jeopardizing the health of the rural communities and limiting the development of their life projects.

The current research project seeks to supply a technologic alternative for the passive treatment of water for human consumption in the aqueduct OJO DE AGUA, located in the path of La Chapa, municipality from Socha, department Boyacá, Colombia; using the system of filtration home-made "Filtration in Ceramic with Colloidal Silver (FCCS)". Generating a proposal of low cost and easy operation for the users from aqueduct, who currently provide from water spring catalogue as High Risk to him consumption, according to the annual evaluation of IRCA to the rural sector from town Socha, make for the competent sanitary authority from order departmental and national (Instituto Nacional de Salud, 2017).

Keywords: Filtration in Ceramic; Colloidal Silver; drinking water; Diseases of water origin.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2 JUSTIFICACIÓN	5
3 ESTADO DEL ARTE.....	7
4 OBJETIVOS	9
4.1 OBJETIVO GENERAL	9
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5 MARCO REFERENCIAL.....	10
5.1 MARCO TEORICO	10
5.1.1 Enfermedades transmitidas por el agua.....	10
5.1.2 Filtro en cerámica con plata coloidal	12
5.1.2.1 Definición y Generalidades de los FCPC	12
5.1.2.2 Procedimiento de Elaboración de los Filtros Cerámicos.....	13
5.1.2.3 Tasa de filtración de los filtros	15
5.1.2.4 Plata coloidal	16
5.1.2.5 Tamaño de las partículas coloidales de plata	17
5.1.2.6 Concentración de Ag en agua para consumo humano.....	18
5.2 MARCO CONCEPTUAL	19
5.3 MARCO LEGAL	22

5.4	MARCO GEOGRÁFICO.....	25
5.4.1	Generalidades del acueducto Ojo de Agua	25
5.4.1.1	Ubicación geográfica.....	25
5.4.2	Localización de las Alfarerías	27
5.4.2.1	Alfarería de Ráquira	27
5.4.2.2	Alfarerías de Tuaté	28
5.4.2.3	Alfarerías de Morca.....	28
5.5	MARCO INSTITUCIONAL.....	29
5.5.1	Acueducto Ojo de Agua:	29
5.5.2	Empresas Patrocinadoras:	29
5.5.3	Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD	30
6	METODOLOGÍA.....	30
6.1	DISEÑO METODOLÓGICO	31
6.2	METODO DE INVESTIGACIÓN.....	31
6.2.1	Fase inicial.....	32
6.2.2	Fase intermedia	32
6.2.3	Fase final: (Pendiente por metodología de análisis estadístico de la información final)	33
6.3	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	34
6.3.1	Elaboración del filtro en cerámica	34

6.3.2	Elaboración de la Plata coloidal	41
6.3.3	Aplicación de la Plata en los Filtros.....	46
6.3.4	Experiencia en Campo	48
6.3.4.1	Medición de la tasa de filtración	49
6.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	50
6.5	MAPEO	52
7	RESULTADOS.....	53
7.1	Análisis estadístico de resultados	58
7.1.1	Conductividad:	58
7.1.2	pH.....	60
7.1.3	Color.....	61
7.1.4	Fosfatos	62
7.1.5	Hierro	63
7.1.6	Turbiedad	64
7.1.7	Coliformes Totales y E coli.....	65
7.1.8	Plata coloidal.....	68
8	PRESUPUESTO.....	69
9	CRONOGRAMA.....	71
10	CONCLUSIONES	72
11	RECOMENDACIONES	75

12	FUENTE DE INFORMACIÓN.....	77
13	ANEXOS.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Moldeado y torneado manual de la cerámica.	14
Figura 2.	Moldeado mecánico del filtro con prensa hidráulica.....	15
Figura 3.	Representación esquemática de la interacción de iones Ag + con la célula microbiana.....	18
Figura 4.	Escherichia coli.....	21
Figura 5.	Acueducto Ojo de Agua.....	26
Figura 6.	Cronograma general del proyecto aplicado	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables	10
Tabla 2.	Generalidades del marco legal del recurso hídrico en Colombia.....	23
Tabla 3	Georreferenciación puntos de captación, desarenado y almacenamiento Acueducto Ojo de Agua.	26
Tabla 4.	Georreferenciación alfarerías seleccionadas en el proyecto.	27
Tabla 5.	Resultado pruebas de filtración prototipos 60:40.	38
Tabla 6.	Resultado pruebas de filtración prototipos 50:50.	40
Tabla 7.	Concentraciones de Plata Coloidal por prototipo.....	47
Tabla 8.	Georreferenciación geográfica de los puntos de toma de muestras de agua para laboratorio.	52

Tabla 9. Resultados análisis fisicoquímico y microbiológico de agua – Primer tabla.....	54
Tabla 10. Resultados análisis fisicoquímico y microbiológico de agua – Segunda tabla.....	56
Tabla 11. Presupuesto requerido en viáticos.....	69
Tabla 12. Presupuesto requerido en la construcción de los filtros en cerámica.....	69
Tabla 13. Presupuesto requerido en materiales y equipos	69
Tabla 14. Presupuesto requerido en pruebas de laboratorio	70
Tabla 15. Análisis general del presupuesto del proyecto aplicado	70
Tabla 16. Análisis general del presupuesto del proyecto aplicado	70

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Preparación de materiales Morca y Tuaté (Arcilla y Aserrín).....	35
Foto 2. Preparación de materiales Ráquira (Arcilla y Aserrín).....	35
Foto 3. Preparación de la mezcla (Arcilla, aserrín y agua).	36
Foto 4. Moldeado manual de la mezcla - Morcá.....	36
Foto 5. Moldeado manual de la mezcla Ráquira.....	37
Foto 6. Cocción del barro - Morcá.	37
Foto 7. Cocción del barro Ráquira.	38
Foto 8. Filtros en cerámica obtenidos en las alfarerías de estudio.....	39
Foto 9. Montaje de preparación de Plata Coloidal con corriente alterna a 24V de tensión.	42
Foto 10. Pruebas de Laboratorio para la elaboración de la plata coloidal con corriente alterna.	43
Foto 11. Preparación de COLARGOL (Plata coloidal ARGENOL).	46
Foto 12. Aplicación de plata coloidal al filtro en cerámica.	47

Filtración en Cerámica con Plata Coloidal	X
Foto 13. Liberación plata coloidal no absorbida por el filtro.....	49
Foto 14. Toma de muestras de agua.	52

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica COLARGOL (TDS)	82
Anexo 2. Certificado de Análisis COLARGOL (Certificado de análisis).....	83
Anexo 3. Reporte De Resultados Analizar Laboratorio Fisicoquímico	84

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable a una comunidad trae consigo mejores condiciones en la salud pública, desarrollo cultural, impulso a la economía local, dignificación vocacional, bienestar general y mayor calidad de vida. Ahora, cuando una población no tiene las condiciones necesarias de acceder a un agua en cantidad y calidad suficiente, experimenta un panorama completamente diferente al inicial; fenómeno que en la actualidad viven cientos de familias campesinas en el departamento y la nación, en donde no existen los medios suficientes para asegurarles una provisión continua e inocua de agua potable.

Las causas que originan esta problemática provienen del abandono estatal, la mala calidad de las fuentes de abastecimiento, dificultades técnicas, administrativas y financieras para la construcción y el mantenimiento de un sistema de potabilización convencional, entre otras.

El Filtro en Cerámica con Plata Coloidal (en adelante FCPC) es una idea que nació en medio de los problemas de salud pública que atravesaban las comunidades rurales en Centroamérica por la ingesta de aguas contaminadas. Situación que llevó al Doctor Fernando Mazariegos a diseñar un sistema de purificación que, por un lado, entregará un agua apta para su consumo y por otro lograra adaptarse al contexto cultural de las comunidades rurales a beneficiar.

En este contexto nace la iniciativa de implementar una propuesta tecnología para la potabilización del agua que se adapte a las condiciones socioeconómicas y culturales de las comunidades rurales y cumpla con los parámetros normativos de la legislación de calidad de agua en Colombia.

El presente proyecto aplicado va dirigido a la construcción e implementación experimental de los FCPC en el acueducto Ojo de Agua, organización comunal encargada del aprovisionamiento de agua para consumo humano de los habitantes de la vereda La Chapa, municipio de Socha,

departamento de Boyacá; quienes se abastecen directamente de la fuente de agua superficial sin realizar tratamiento alguno.

Se mencionarán las experiencias resultantes de la fabricación de los filtros en cerámica en alfarerías de los municipios de Ráquira, Belén (vereda Tuaté) y Sogamoso (vereda Morca); la descripción de las investigaciones realizadas sobre la fabricación y adquisición de la plata coloidal; las conclusiones obtenidas de su implementación en campo y la forma en la que el proyecto se muestra como una alternativa tecnológica para la potabilización de agua a bajo costo, fácil operación y alta eficiencia de purificación.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El abastecimiento de agua potable en el acueducto OJO DE AGUA, así como en gran parte de los acueductos rurales del municipio de Socha y el departamento de Boyacá, no cumplen con los parámetros normativos que acrediten el suministro de agua como apta para consumo humano, debido a la falta de recursos económicos, tecnológicos y operativos que alcancen este ideal; situación que los posiciona en el IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para Consumo Humano) como un agua de *Alto Riesgo* para su consumo, de acuerdo a los diferentes informes de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano, realizados por el SIVICAP (Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano) organismo adscrito al Instituto Nacional de Salud especializado en el tema (Instituto Nacional de Salud, 2017).

Sumado al suministro de agua potable de baja calidad, el acueducto OJO DE AGUA no cuenta con sistemas de tratamiento convencional, sus redes de aducción y conducción están en condiciones regulares y su infraestructura de almacenamiento y reparto no presenta un buen estado sanitario y estructural.

Buena parte de la prestación del servicio de acueducto rural en los municipios de Boyacá está dada por asociaciones comunitarias sin ánimo de lucro, quienes proveen un abastecimiento de agua a sus habitantes con un fin altruista, solidario y no comercial. Estas organizaciones reciben aportes materiales, económicas y en especies de los suscriptores y usuarios, además de organizar “convites” para la ejecución de obras, adecuaciones y mantenimientos del acueducto; todo esto para facilitar el acceso al servicio de las personas de escasos recursos económicos, que son la gran mayoría de sus beneficiarios.

Las políticas estatales a nivel local en materia de apoyo técnico, financiero y organizacional para los acueductos no tienen el alcance necesario de promover en el tiempo, alternativas de potabilización eficientes, prácticas y sostenibles; dejando a la deriva la salud y calidad de vida de sus habitantes, además de vulnerar el derecho a gozar de agua en calidad y cantidad necesaria para su desarrollo.

Todo esto hace que se divise cada vez más distante una solución al abastecimiento de agua apta para el consumo de este sector poblacional, y resalta la importancia y pertinencia de proveer mecanismos de potabilización prácticos y económicos que intervenga de forma directa el problema y brinde una solución verás a la comunidad.

2 JUSTIFICACIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para el 2010 se estimaba que 1,5 millones de niños menores de 5 años fallecieron por causa de enfermedades relacionadas con la ingesta de agua no apta para su consumo (ONU, 2010), además de reportar la muerte de 3900 niños al día debido al consumo de agua sucia, higiene deficiente y carencia de servicios básico de saneamiento (ONU, 2007).

A nivel mundial el factor de abastecimiento de agua en las comunidades rurales está alrededor de un 80%, pero solamente un 13% puede acceder a este recurso de forma mejorada. A lo que se suma, que a menudo las comunidades rurales, no cuentan con los recursos económicos, técnico y logísticos necesarios para garantizar un consumo seguro del agua, ni con la planeación necesaria para proveer un abastecimiento sostenible a sus comunidades (Albuquerque & Roaf, 2012).

Para el año 2002, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial concluía que del 56% de la población rural que tiene alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% contaba con agua a la que se le da algún tipo de tratamiento (UNICEF & Procuraduría General de la Nación, 2006).

El Instituto Nacional de Salud reporta en el Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Colombia del año 2016, que en los últimos años el IRCA para el sector rural del país pasó de un riesgo alto a riesgo medio (2017, pág. 4); sin embargo, el IRCA rural en el departamento de Boyacá, y específicamente en el municipio de Socha, aún se encuentra ubicado en un Riesgo Alto (2017, pág. 9 y 44).

Un análisis realizado por UNICEF Colombia y la Procuraduría General de la Nación a los Planes de Desarrollo municipales, encontró que de 1008 planes analizados, solo el 35% incluyen una cobertura de acueducto para el sector rural, y que de aquellos que realizan un análisis

estadístico sobre la cobertura de acueducto a nivel rural, solo el 25% (87 municipios) tienen cobertura de acueducto mayor al 75% de su población (2006). En este mismo estudio se menciona, además, la complejidad de acceder a un sistema de tratamiento de agua para una población rural, debido a que, de los municipios diagnosticados, solo 80 tiene al menos una planta para potabilizar el agua.

Si tomamos este último reporte y partimos del concepto que, desde la década de los ochenta el suministro de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales, paso de ser una responsabilidad del orden nacional a una del orden municipal (DNP, 2014); concluimos que no se divisan acciones concretas, en un corto o mediano plazo, para llevar un suministro de agua potable a las comunidades rurales, haciendo cada vez más urgente y necesario el proponer alternativas de tratamiento de agua que aleje a las comunidades campesinas de problemas de salud pública.

La UNICEF en el Programa de Agua y Saneamiento generó un estudio denominado “*Use of Ceramic Water Filters in Cambodia*” (El uso Filtros de Agua en Cerámica en Cambodia), en el que afirma que la tecnología de filtración de cerámica a escala doméstica es considerada uno de los métodos más prometedores para el tratamiento de agua potable a nivel de los hogares en los países en desarrollo (UNICEF, 2007), eliminando hasta el 99.99% menos de E.coli frente a aguas no tratadas.

En este contexto el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), título J, acepta y sugiere dentro de las alternativas tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural del país los Filtros en cerámica con plata coloidal, como alternativas eficientes en el tratamiento del agua para consumo humano (Min. Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

3 ESTADO DEL ARTE

Investigaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre las enfermedades transmitidas por el agua de consumo humano, muestran que la contaminación del recurso hídrico en comunidades vulnerables presenta problemas de contaminación no solamente en el abastecimiento de fuentes insalubres, sino también en prácticas de transporte y almacenamiento inseguros al quedar expuestas a contaminación bacteriana y provocar enfermedades diarreicas en sus consumidores (OMS, 2007). Este organismo también enfatiza en este mismo estudio que, los filtros en cerámica porosa han contribuido en la reducción notable de los casos de morbilidad por ingesta de agua contaminada al reducir un 99% y 99.9% de E.coli, en las aguas de consumo humano.

El Centro para la investigación en recursos acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, generó un informe sobre la eficiencia de los filtros de cerámica para la remoción de organismos contaminantes tales como Coliformes totales, Coliformes Fecales, Estreptococos Fecales y E.coli, reportando remociones del 98.88% al 100% para estos microorganismos (Riviera, 2004).

Lantagne menciona una experiencia realizada por Ron Rivera en Honduras sobre la eficiencia del Filtro en Cerámica y Plata Coloidal elaborado en Nicaragua, alcanzó un 100% de remoción de coliformes fecales y coliformes totales, aún removiendo un poco más de coliformes totales que una muestra de agua hervida. Así como también menciona la experiencia de los FCPC realizada en Bolivia, en donde se removieron coliformes totales, fecales y aún un 99,9% de bacterias aerobias contadas (2001, págs. 57-58).

Los Filtros en arcilla al eliminar 99% de bacterias y virus, sólidos disueltos y mal sabor del agua, se presentan como una buena alternativa de purificación, en comparación con una planta de

tratamiento de agua convencional, la cual representa altos costos en su construcción y experiencia e inversiones para su operación (Nardo, 2005).

Pérez *et al.* plantean la Filtración en Cerámica con Plata Coloidal como una propuesta viable para la purificación de agua en las comunidades rurales del país, debido a su fácil uso, mantenimiento, durabilidad y acceso económico. Además de resaltar que, debido a sus condiciones de manufactura y bajo costo es una tecnología de tratamiento de agua viable para su desarrollo, mejora y estandarización en Colombia (2016, pág. 285).

Ignatov & Mosin (2016, pág. 6) citan a Savadyan *et al.* (1989), quien menciona el uso creciente de la plata en Rusia con fines médicos, debido a su amplia acción bactericida y buena tolerancia en pacientes tratados con esta, por su baja toxicidad y ausencia de alérgenos, así como creación de medicamentos con base en esta.

Las bacterias no pueden desarrollar resistencia o autodefensa contra el efecto biocida de la plata coloidal, a diferencia del generado con algunos antibióticos. Se requiere de un tamaño de partículas coloidales 1 a 10 nm para optimizar el efecto antimicrobiano de la plata (Prucek, Kvítek, & Hrbáč, 2004).

Holladay & Moeller (2014) sugieren que mantener un tamaño nanométrico de la partícula de plata es importante para aumentar el área superficial y por consiguiente lograr un mejor efecto químico de las partículas sobre las bacterias. Teoría que comparte Kvitek *et al.* (2011) al referir que el tamaño de las nano partículas de plata es fundamental para un mayor efecto antibacteriano, debido a que a menor tamaño de la partícula mayor es su área superficial y podrá atravesar con mayor facilidad la pared celular bacteriana.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de los Filtros en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC), para el tratamiento de agua de consumo humano a nivel casero, en el acueducto rural “Ojo de Agua”, del municipio de Socha (Boyacá).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una alternativa tecnológica idónea para el tratamiento de agua de consumo humano a nivel casero, en el acueducto rural Ojo de Agua; ajustado a las condiciones técnicas, sociales, económicas y ambientales del sector.
- Determinar la eficiencia del proceso de filtración en cerámica con plata coloidal a nivel casero, de acuerdo con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos propuestos en el estudio y aquellos requeridos por la normatividad colombiana vigente.
- Definir la pertinencia de implementar la FCPC a nivel casero en el acueducto Ojo de Agua, sugiriendo los procesos operativos necesarios para la optimización del proceso de tratamiento
- Llevar a cabo la construcción de seis (6) prototipos de Filtros en Cerámica con Plata Coloidal, como muestra para el tratamiento de agua para consumo humano en el acueducto Ojo de Agua.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEORICO

5.1.1 Enfermedades transmitidas por el agua

De forma natural el agua se ha convertido en un elemento de transporte de bacterias, parásitos, gérmenes y demás microorganismos, por medio del ambiente hasta las fuentes de abastecimiento humano. Lantagne (2001) cita un reporte de la OMS en el que se mencionan la contaminación por heces fecales, escases de agua, reducción de las condiciones sanitarias, aseo personal y habitud de organismos huéspedes intermedios (parásitos); como las formas de transmisión de enfermedades de origen hídrico más significativas en el mundo.

Son muchos los microorganismos causantes de enfermedades transmitidas por agua en el ser humano, su origen puede ser de tipo bacteriano, vírico y parasitario; generando en cada caso una afección médica diferente, que de no controlarse a tiempo y de forma indicada puede tener consecuencias mortales en la persona. Las principales enfermedades de origen hídrico y los agentes responsables de causarlas son:

Tabla 1.
Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables

Enfermedades	Agentes
Origen bacteriano	
Fiebres tifoideas y paratifoideas	Salmonella typhi
	Salmonella paratyphi A y B
Disentería bacilar	Shigella sp.
Cólera	Vibrio cholerae
Gastroenteritis agudas y diarreas	Escherichia coli enterotoxinógena

	Campyloacter
	Yersinia enterocolitica
	Salmonella sp.
	Shigella
Origen vírico	
Hepatitis A y E	Virus hepatitis A y E
Poliomelitis	Virus de la polio
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus de Norwak
	Rotavirus
	Enterovirus
	Adenovirus, etc.
Origen parasitario	
Disentería amebiana	Entamoeba histolytica
Gastroenteritis	Giardia lamblia
	Crystosporidium

Fuente: (CIDBIMENA, s.f.)

La diarrea es uno de los síntomas más comunes de las enfermedades transmitidas por la ingesta de aguas de fuentes contaminadas; cobrando la vida de 1,8 millones de personas y provocando 4 mil millones de casos de diarrea al año (OMS, 2007). Los lactantes, niños de corta edad, personas con problemas de inmunodeficiencia, quienes habitan en condiciones antihigiénicas y los ancianos, son los más susceptibles al riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua (OMS, 2006).

Las enfermedades de origen hídrico han tenido un impacto contundente en América Latina y el Caribe, en donde el consumo de aguas contaminadas ha provocado brotes de Cólera, Fiebre Tifoidea, Hepatitis Vírica, en los que a menudo se observan síntomas como fuertes diarreas y dolores abdominales. Es así como entre 1991 y 1997 se registraron 1'207.000 de personas afectadas por una epidemia de cólera que se extendió a un total de 21 países del continente (CIDBIMENA, s.f.).

En Colombia se han realizado inversiones económicas importantes en materia de saneamiento básico como estrategia para disminuir la prevalencia de las enfermedades transmitidas por el agua; sin embargo, reportes de los últimos años en materia de salud pública muestran que aún se presentan un número de casos importantes de enfermedades diarreicas agudas (EDA) y enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Muestra de que aún no son suficientes los esfuerzos del gobierno nacional para el control de estas enfermedades y que es necesario trabajar a la par en temas como la educación sanitaria, disponibilidad de agua de calidad y buenas prácticas de higiene doméstica (Rodríguez Miranda, García Ubaque, & García Ubaque, 2016).

5.1.2 Filtro en cerámica con plata coloidal

5.1.2.1 Definición y Generalidades de los FCPC

Elemento filtrante de forma cónica que consta de una cerámica porosa con incrustaciones de carbón activado capaz de eliminar sabor, olor, material en suspensión y partículas coloidales del agua; recubierta con un baño de plata coloidal alrededor del recipiente, crea una película biocida para la remoción de microorganismos que entren en contacto con esta.

El Filtro en Cerámica con Plata Coloidal es una idea que nació en medio de los problemas de salud pública que atravesaban las comunidades rurales en Centroamérica por la ingesta de aguas contaminadas. Situación que llevó al Doctor Fernando Mazariegos a diseñar un sistema de

purificación que, por un lado, entregará un agua apta para su consumo y por otro, logrará adaptarse al contexto cultural de las comunidades rurales a beneficiar. Esta idea ha llegado a países en vía de desarrollo en los que no se cuentan con recursos económicos para abastecer de forma convencional el suministro de agua potable a sus pobladores; casos como Nicaragua, Guatemala, Honduras, Indonesia, Tanzania, Camboya, son algunos en donde ya se ha implementado esta estrategia.

Al respecto de esta creación tecnológica la OMS (2007) la define como un mecanismo de filtración eficaz para la purificar del agua en comunidades en condiciones socioeconómicas vulnerables; llegando a eliminar gérmenes y sólidos en suspensión, que afectan la calidad del recurso y generan enfermedades en sus habitantes.

5.1.2.2 Procedimiento de Elaboración de los Filtros Cerámicos

El procedimiento para la elaboración del FCPC descrito por Lantagne (2001) es:

Tamizar y mezclar 60% de arcilla seca más 40% de aserrín, incluyendo restos pulverizados de ladrillos rechazados; producto que se humedece con agua hasta alcanzar una consistencia adecuada. A la mezcla se le da forma a través de un torneado manual o con molde en prensa hidráulica de 10 ton, y se da paso al proceso de cocción a 887°C en un horno alimentado por madera.

Una vez cocinados los filtros se dejan enfriar y se pasan a remojo durante 24 horas para saturarlos completamente previa a la prueba de infiltración, en los que se verifique que esta se encuentre entre 1 y 2 litros por hora, descartando lo que estén por fuera de este rango.

Los filtros seleccionados se dejan secar para ser recubiertos con una solución de 2ml de plata coloidal al 3.2% diluida en 250ml de agua filtrada de plata coloidal al 3.2%.



Figura 1. Moldeado y torneado manual de la cerámica.

Fuente: (Rivera, 2004, pág. 5)

La experiencia obtenida por Nardo (2005) en la producción de FCPC en Irak, sigue un procedimiento similar al anterior, pero utiliza variables particulares para su construcción, como el uso de cascarilla de arroz o aserrín para propiciar la porosidad en el filtro, una mezcla entre un 50% de arcilla y 50% de aserrín, uso específico de prensa hidráulica para el moldeado, codificación de los filtros para control de calidad, conos piro métricos para medir la temperatura de cocción de las cerámicas (890°C) y revestimiento con plata coloidal a 220 ppm de concentración.



Figura 2. Moldeado mecánico del filtro con prensa hidráulica.

Fuente: (Nardo, 2005, pág. 10)

5.1.2.3 Tasa de filtración de los filtros

La porosidad de los filtros en cerámica se da de acuerdo a la cantidad de aserrín que se adicione en el momento de su elaboración. Dejando espacios en el filtro al momento de la quema del aserrín en la cocción de la cerámica, en donde el agua empieza a fluir. El tamaño general de los poros del filtro está entre 0.6 y 3 micrones aproximadamente (Lantagne, 2001).

Es posible que la tasa de filtración de los filtros disminuya con el tiempo, debido al tratamientos de aguas turbias que saturan los poros de la cerámica; para lo cual se propone una limpieza periódica con un cepillo de dientes, dentro y fuera del filtro; lo cual renovará la tasa de filtración nuevamente (Lantagne, 2001).

Los filtros en cerámica cocinados deben someterse a una prueba de infiltración de agua, la cual consta de sumergir en agua las cerámicas obtenidas por un periodo de 12 horas, saturándolos completamente para facilitar la prueba. Seguido a esto se llenarán completamente los filtros y se dejará pasar la primera corrida de agua, midiendo que la velocidad de filtración se

encuentre en uno y dos litros de agua por hora (Nardo, 2005); los elementos que tengan un valor mayor o menor a este serán descartados por no cumplir con este parámetro técnico.

5.1.2.4 Plata coloidal

Investigadores estadounidenses establecieron un proceso para elaborar plata coloidal, al llevar una carga de diez mil voltios de corriente alterna por dos electrodos de plata, conectados cada uno a una carga independiente, y dispuestos en una solución de agua de alta pureza y una preparación de plata, previamente elaborada; este último factor se dispone para favorecer la conductividad de la solución acuosa en el proceso electrolítico. La experiencia se completa con la inyección de una corriente de aire burbujeante durante el proceso, para garantiza una mezcla homogénea y mejorada de la plata coloidal (Holladay & Moeller, 2014).

Por su parte Ignatov & Mosin (2016) proponen la preparación de plata coloidal en medio de un proceso de electrólisis con corriente continua, en donde un electrodo de plata o cobre es conectado al cátodo (carga positiva) y un electrodo de plata es conectado al ánodo (carga negativa), ambos son llevados a una fuente de alimentación eléctrica a un intensidad y tensión constante; estas cargas son dispuestas sobre un solvente aprótico como medio para el intercambio de electrones y disolución del soluto. El producto final de este proceso da como resultado soluciones coloidales de plata, con un tamaño de 2 a 7 nm.

Estos mismos autores manifiestan que el impregnar plata coloidal en filtros de carbón activado ha sido una alternativa de tratamiento de agua para consumo humano utilizado en hogares y oficinas rusas. Aplicación prometedora debido al alto poder de desinfección y purificación de estos dos elementos (Ignatov & Mosin, 2016).

5.1.2.5 *Tamaño de las partículas coloidales de plata*

Las partículas coloidales de plata se caracterizan por su agregación y estabilidad de sedimentación con tamaños que oscilan entre los 3 y 100 nm y una alta superficie específica que aumenta el área de contacto de la plata con las bacterias, para una mayor eficiencia en la absorción celular (Ignatov & Mosin, 2016).

Al respecto Kvittek L. *et al.* (2011) argumentan que, para que la actividad antibacteriana y antifúngica de las nanopartículas de plata sea efectiva, es necesario que los coloides sean lo suficientemente pequeños para aumentar el área superficial de la plata y facilitar el contacto con las bacterias. Se concluye que el tamaño ideal de la plata coloidal es de 25 nm, suficiente para penetrar la pared celular de la bacteria e interferir los procesos enzimáticos de respiración celular.

Landsdown, A. (2010) “(citado en (Ignatov & Mosin, 2016, pág. 7))” concluye que la plata coloidal posee una capacidad de eliminar e inhibir el crecimiento (bacteriostática y bactericida) de un gran número de microorganismos patógenos.

Fenómeno que se produce cuando la plata (Ag^+) ejerce una fuerza electrostática sobre la membrana celular de las bacterias y protozoos, interactuando con el peptidoglicano y alterando el crecimiento celular por daños en el transporte de oxígeno en la célula, lo cual lleva a su destrucción. Este proceso no afecta a las células de los mamíferos, por no contener peptidoglicanos en su estructura celular (Ignatov & Mosin, 2016).

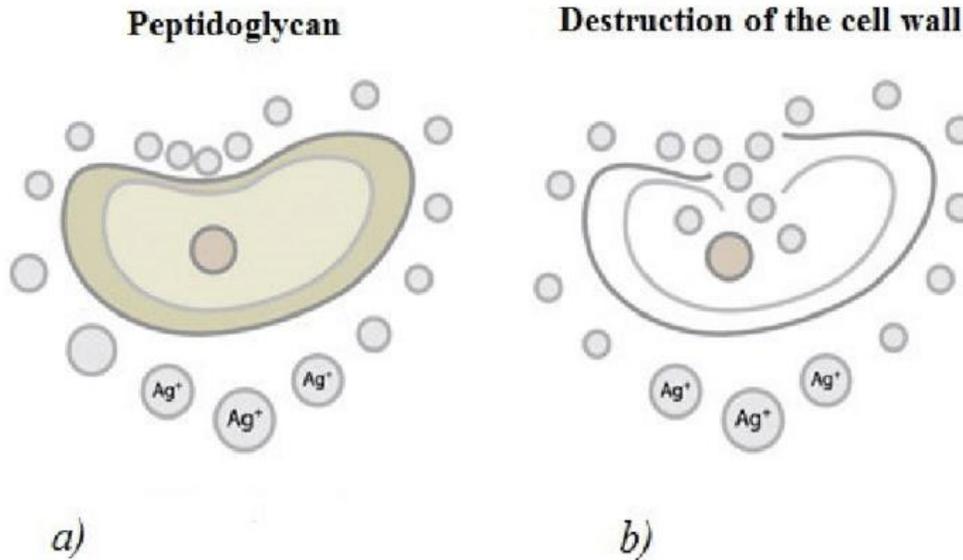


Figura 3. Representación esquemática de la interacción de iones Ag^+ con la célula microbiana.

Fuente: (Ignatov & Mosin, 2016, pág. 8)

5.1.2.6 Concentración de Ag en agua para consumo humano.

Según Pais & Jones Jr (1997) el consumo de plata diario aceptable para el cuerpo humano es de 0.0014 a 0.08 mg, siendo tóxica en un consumo de 60 mg y letal de 1.3 a 6.2 gramos. La concentración de plata en agua de consumo humano considerada como nivel máximo permisible es de 0.05mg/L.

Lantagne (2001) basado en los Lineamientos para la Calidad de Agua de Bebida 2da edición de la OMS (2003) y el proyecto de Filtros en Cerámica con Plata Coloidal promovido por Ceramista Para la Paz; concluyó que el valor aceptable de plata en el agua de consumo humano es de 0.1 mg/L de Ag , de acuerdo al NOAEL (por sus siglas en inglés) o límite de exposición sin adversidad, observada en una exposición de 10 gr de Ag durante 70 años de vida promedio de una persona.

La Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos establece el parámetro de plata, como un contaminante secundario dentro de su reglamentación nacional para agua potable

(NSDWRs), valorándolo como una sustancia no dañina para las funciones del cuerpo más que la de un efecto cosmético de pigmentación o coloración de la piel (Argiria). Haciéndose necesario establecer como medida de control una concentración de 0.1 mg/L (US EPA, 2017).

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Tratamientos Pasivos del Agua

Sistemas de tratamiento de agua que emulan el funcionamiento de la naturaleza para la depuración del recurso hídrico, llevando a cabo procesos de filtración, sedimentación, oxigenación, reacciones bioquímicas y desinfección sin requerimientos de grandes espacios para su establecimiento, altos costos de inversión, adiciones constantes de compuestos químicos, suministro de energía eléctrica, y operación técnica especializada. Alguno de los más destacados para el tratamiento de agua potable son las torres de aireación, los filtros lentos en arena, Filtros de zeolitas y carbón activado, filtros de vela, filtros en cerámica con plata coloidal, Filtro de membrana Lifestraw®, Filtro Casero CARPOM, desinfección solar SODIS, entre otros.

Potabilización convencional del agua

Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológica, para hacerla apta para el consumo humano. A diferencia de los tratamientos pasivos, estos requieren grandes espacios de construcción, aplicación constante de insumos químicos, requerimientos de energía eléctrica y operación de un técnico especializado. Las unidades de proceso más comunes en la potabilización convencional son el desarenado, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y almacenamiento.

Aducción y Conducción del agua

La conducción y la aducción son las obras civiles necesarias para conducir el agua desde la fuente de captación hasta los consumidores del recurso; siendo la aducción la canalización realizada desde la fuente natural hasta los sistemas de tratamiento y la conducción, desde los sistemas de tratamiento hasta los usuarios.

Filtración en cerámica

Filtro casero de bajo costo que trata el agua para bebida, y consiste en un elemento filtrante hecho de una mezcla de arcilla y aserrín, este último como elemento que le da la porosidad necesaria para retener la turbiedad y cambiar el color. El elemento filtrante se embarduna de plata coloidal como un biocida efectivo que no afecta la salud humana.

Ph

El pH es acrónimo para *potencial de hidrógeno*, e indica la concentración del ión hidronio en una solución, expresando la intensidad de un ácido o sustancia alcalina en el agua. La resolución 2115 de 2007 de Colombia establece un valor entre 6,5 y 9,5 unidades de pH, como una medida apta para las aguas consumo humano.

Color

El parámetro de color es un valor físico que se entiende como la capacidad del agua por absorber ciertas radiaciones del espectro visible.

Una medida organoléptica del color puede verse atribuida a la presencia de elementos contaminantes en el agua; por ejemplo, se puede relacionar colores rojizos a la presencia de partículas de hierro, tonalidades amarillas a compuestos orgánicos húmicos y fúlvicos, negruzcos a compuestos de manganeso, entre otros.

Turbiedad

La turbiedad es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presenta principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar y pueden interferir en la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua.

Escherichia Coli (E-coli)

Indicador microbiológico que en su conjunto demuestra la presencia de organismos fecales en el agua para consumo humano.

Según la OMS (2006) la “*Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable” (pág. 245).

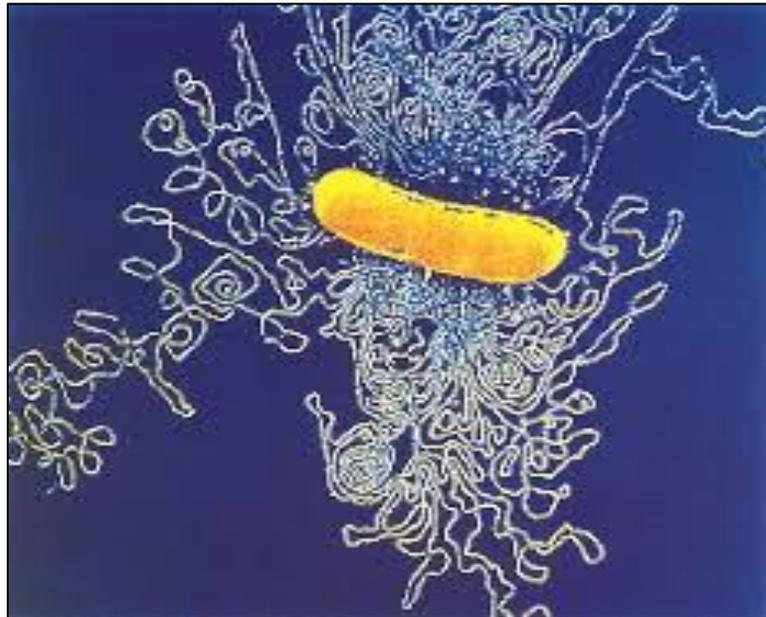


Figura 4. *Escherichia coli*

Fuente: (CIDBIMENA, s.f.)

Coliformes totales

La designación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tiene ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos, compuesta en general por bacilos aerobios y anaerobios facultativo, gramnegativos y no esporulantes.

Plata coloidal

Holladay & Moeller describen a la plata coloidal como una composición micrométrica e incolora de plata elemental y agua, con propiedades antibioticas y germicidas en concentraciones que oscilan entre 5 y 40 ppm (2014).

(Russell & W.B., 1994) citado por (Lantagne, 2001, pág. 26) encontró que la plata coloidal tiene tres mecanismos de acción antimicrobiana: Reacción con el grupo Tiol en las células bacterianas, en los grupos estructurales de las proteínas enzimáticas funcionales (SH), daños en el funcionamiento de la membrana celular bacteriana e interacción con los ácidos nucleicos del microorganismo.

Entre menor sea el tamaño de las partículas coloidales de plata, mayor será la eficiencia del proceso bactericida, creando una mayor área superficial de contacto químico; de otra parte, si los coloides son muy pequeños se pierden propiedades de estabilidad de la sustancia, restando propiedades químicas de la sustancia (Holladay & Moeller, 2014, pág. 4).

5.3 MARCO LEGAL

El marco regulatorio para el ordenamiento del recurso hídrico y el control de la calidad del agua en Colombia, esta precedido por el Decreto Único Reglamentario del Sector ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 del 26 de mayo de 2015. Encargado de compendiar y reglamentar los instrumentos, mecanismos, estrategias, programas y demás medidas dadas para la planificación

del recurso agua; en conformidad a lo establecido en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables, Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley General de Medio Ambiente, Decreto 99 de 1993.

El Decreto 1541 de 1978, por su parte, regula las normas relacionadas con el recurso agua frente a su dominio, categorización, conservación, restricciones, limitaciones, aprovechamiento y uso; convirtiéndose en una norma destinada exclusivamente a la administración del agua en Colombia.

De otro lado, en el Decreto 1575 del 09 mayo de 2007 se instauran de forma particular todos los sistemas de protección y control de la calidad de agua para consumo humano, siendo a su vez reglamentado por la Resolución 2115 de 2007, en donde se dictan las características y parámetros de control y vigilancia a la calidad de agua para consumo humano. Estas son normas, son el eje principal para monitorear la calidad del agua para consumo humano en el país.

La Corte Constitucional de la Republica de Colombia conceptúa que “(...) todas las personas deben poder acceder al servicio de acueducto en condiciones de cantidad y calidad suficiente y al Estado le corresponde organizar, dirigir, reglamentar y garantizar su prestación de conformidad con los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad” (2011, pág. 1).

El Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), título J, propone los Filtros en cerámica con plata coloidal como una alternativa tecnológica para el tratamiento del Agua y Saneamiento del Sector Rural del país, (Min. Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Tabla 2.

Generalidades del marco legal del recurso hídrico en Colombia.

Normativa	Descripción jurídica
-----------	----------------------

Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo sostenible
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se ordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA.
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos naturales Renovables y de Protección del Medio ambiente.
Decreto 1541 de 1987	Por el cual se reglamenta lo referente a las aguas no marítimas
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el sistema para la Protección y control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Resolución 2115 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.
Resolución 1096 de 2000	Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000

Fuente: El Autor

A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como máximo exponente, promotor y defensor de los DH, afirma el derecho de todo ser humano al acceso a agua potable, como un recurso esencial para el cumplimiento de todos los derechos humano (ONU, 2010).

5.4 MARCO GEOGRÁFICO

5.4.1 Generalidades del acueducto Ojo de Agua

La Asociación de Suscriptores del Acueducto Ojo de Agua, es una organización campesina sin ánimo de lucro, legalmente constituida en la Cámara de Comercio de Duitama desde el año 1998; sin embargo, este se formó desde el año 1920, bajo el nombre de Toma de Regadío Ojo de Agua (Salamanca & Gómez, 2016).

La Asociación está conformado por 31 suscriptores que reciben el recurso hídrico para el desarrollo de sus proyectos agropecuario y 309 personas que consumen el agua con fines doméstico. Dentro de los suscriptores se encuentra la sede primaria del colegio Normal Superior de Socha sede La Chapa, conformado por un total de doce (12) estudiantes, una (1) docente y una (1) ecónoma.

La infraestructura de captación, aducción, almacenamiento, reparto y conducción de agua no se encuentra en buenas condiciones técnicas, estructurales y sanitarias, y buena parte de esta tiene tiempos de construcción mayor a 10 años. Las redes de conducción de agua para los usos agropecuarios y doméstico pasan por la misma red, y al agua para consumo humano particularmente, no se le realiza ningún tipo de tratamiento que mejore sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas, para entregar un agua apta para su consumo de acuerdo con la reglamentación estatal vigente.

5.4.1.1 Ubicación geográfica

El Acueducto Ojo de Agua se encuentra localizado en la parte alta de la vereda La Chapa, municipio de Socha, departamento de Boyacá (Colombia). Este realiza un aprovechamiento del recurso hídrico proveniente de los manantiales “Ojo de Agua” y “Garabatos”, ubicados a una

distancia de 2km+20mtrs y 1 km+500mtrs, respectivamente, del tanque de almacenamiento de agua.

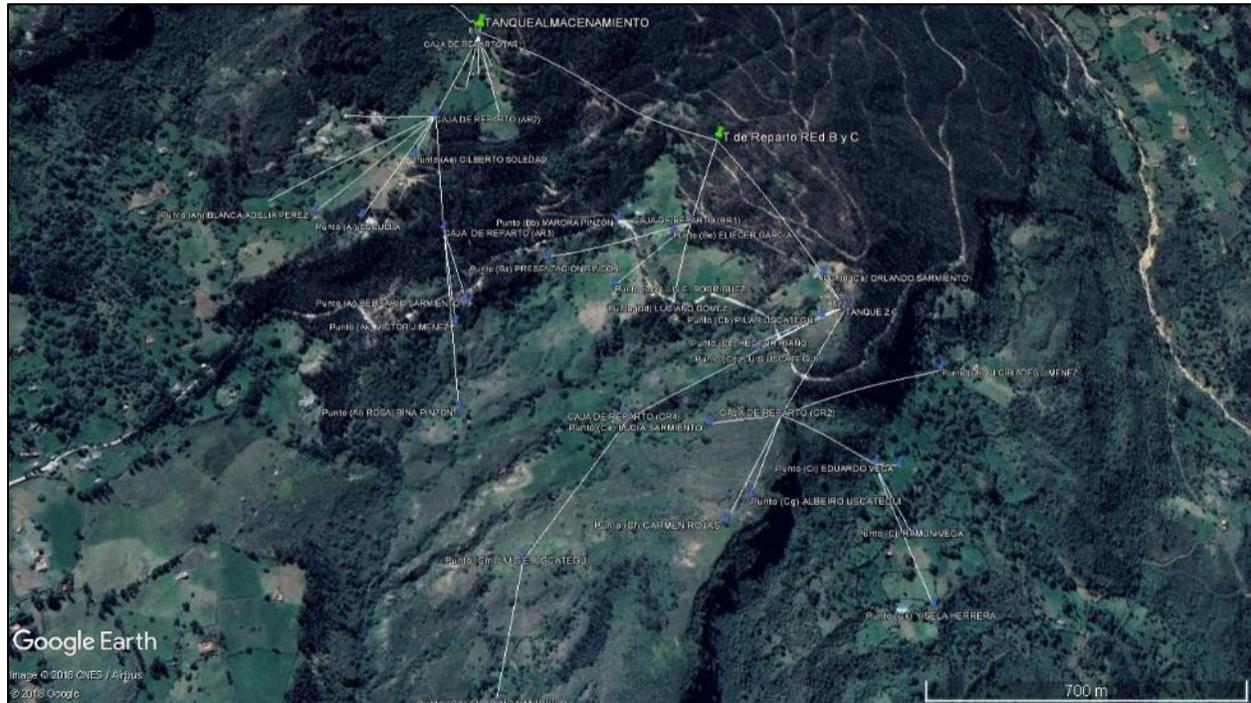


Figura 5. Acueducto Ojo de Agua.

Fuente: *Google Earth*

La georreferenciación de los puntos de captación en los manantiales, desarenado y almacenamiento de agua, se relacionan en la Tabla 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 3
Georreferenciación puntos de captación, desarenado y almacenamiento Acueducto Ojo de Agua.

Descripción	Latitud	Longitud	Altitud
Punto de Captación Nacimiento Ojo de Agua	5°56'53" N	72°43'42.45"O	3385
Punto de Captación Manantial Los Garabatos	5°57'52.41"N	72°43'22,56"O	3223
Desarenador	5°57'52.41"N	72°43'34.64"O	2969

Tanque de Almacenamiento	5°58'27.03"N	72°43'40.81"O	2776
--------------------------	--------------	---------------	------

Fuente: (Salamanca & Gómez, 2016, pág. 42)

La captación de agua y los primeros metros de la línea de aducción de las fuentes de abastecimiento se encuentran desprotegidas y expuestas al desarrollo de actividades pecuarias; mostrándose como un punto de contaminación fisicoquímica y microbiológica por el ingreso de material externo hacia el agua captada.

5.4.2 Localización de las Alfarerías

Las alfarerías en donde se llevó a cabo la construcción de los filtros en cerámica están localizadas en los municipios de Ráquira, Belén (Vereda de Tuaté) y Sogamoso (vereda Morca), del departamento de Boyacá, Colombia.

Estas localidades tienen una vocación histórica en la elaboración de productos de alfarería y cerámica como lozas, vasijas, ollas, materas, esculpidos, artesanías y cientos de objetos de barro cocido.

La ubicación geográfica de cada punto se describe a continuación:

Tabla 4.
Georreferenciación alfarerías seleccionadas en el proyecto.

Descripción	Latitud	Longitud	Altitud
Alfarería Ráquira	5°32'15.35" N	72°38'15.37" O	2210
Alfarería Tuaté	6°0'52.77" N	72°52'12,54" O	2672
Alfarería Morca	5°43'17.65" N	72°53'28.60" O	2810

Fuente: El Autor

5.4.2.1 Alfarería de Ráquira

Ubicada al noroccidente del departamento de Boyacá en la provincia de Ricaute, con un acceso de vías pavimentada desde Bogotá hasta el área urbana del municipio. Para acceder al lugar, y partiendo desde Bogotá, se toma la autopista norte para conectar con la ruta nacional 55, conduciendo hasta el lugar histórico denominado “Puente de Boyacá”, en el cual se busca el retorno hacia el municipio de Samacá, conduciendo hacia esta y continuando por la misma ruta hasta conectar con la ruta nacional 60, por los municipios de Sáchica, Sutamarcha y Tinjacá, hasta el punto denominado “Tres esquinas”, en donde se cambia de dirección hasta llegar al casco urbano de Ráquira; en donde se encuentran algunos centros de producción alfarera del municipio.

5.4.2.2 Alfarerías de Tuaté

Ubicadas al nororiente del departamento de Boyacá en la provincia de Tundama, con un acceso del 90% de vías pavimentadas y 10% de vías terciarias en recebo, desde Bogotá hasta el área rural de la vereda Tuaté en el municipio de Belén.

Para acceder al lugar, y partiendo desde Bogotá, se toma la autopista norte para conectar con la ruta nacional 55 hasta el municipio de Belén, pasando por el centro urbano de Tunja, Paipa, Duitama, Santa rosa de Viterbo y Cerinza. Una vez localizados en este municipio se toma la ruta nacional 64, hasta la desviación del municipio de Tutazá, en donde se conduce por una vía destapada por un lapso de 15 minutos para llegar a la vereda de Tuaté.

5.4.2.3 Alfarerías de Morca

Ubicadas al nororiente del departamento de Boyacá en la provincia de Sugamuxi con un acceso vial en buenas condiciones desde Bogotá hasta la vereda Morcá en Sogamoso.

Para acceder al lugar, y partiendo desde Bogotá, se toma la autopista norte para conectar con la ruta nacional 55 hasta la ciudad de Duitama, cambiando a la ruta 64 en dirección al municipio de Nobsa, hasta la ciudad de Sogamoso, siguiendo por la vía que conduce al municipio de Monguí durante 30 minutos, hasta llegar al parque principal de la vereda de Morca.

5.5 MARCO INSTITUCIONAL

Dentro del proyecto aplicado se han vinculado diferentes actores que convergen en el apoyo a una iniciativa académica, con un amplio alcance social para los habitantes de la zona de estudio del municipio de Socha y aún del departamento. La procedencia de las entidades involucradas en el proyecto son:

5.5.1 Acueducto Ojo de Agua:

Organización sin ánimo de lucro dedicada a la administración y proyección de un acueducto veredal que aprovisiona la demanda hídrica de su comunidad con fines domésticos y agropecuarios. Durante décadas han procurado mejorar la infraestructura de captación, conducción, aducción y tratamiento que les permite entregar un agua apta para consumo humano, pero la escases de recursos económicos, materiales y tecnológicas han postergado la materialización de este objetivo, quedando expuestos a enfermedades transmitidas por el agua y al deterioro de su calidad de vida.

5.5.2 Empresas Patrocinadoras:

Colminer Ltda, Sociedad Minera los Pinos y Energy Coal SAS son empresas mineras formales dedicadas a la explotación de carbón en el municipio de Socha, que han pretendido apoyar económicamente el proyecto con el objetivo de aportar a la dignificación campesina y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales del municipio.

Analizar Laboratorio Físicoquímico, una empresa dedicada al estudio y el monitoreo ambiental en el departamento de Boyacá, también se suma a la lista de patrocinadores materiales de la investigación, al sentirse identificado con un proyecto piloto para la potabilización de agua en comunidades vulnerables.

5.5.3 Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Desde la Escuela de Ciencia Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente (ECAPMA), la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, en aras de poner en evidencia su vocación académica, investigativa y altruista, retoma las problemáticas a las que se ven enfrentadas las comunidades rurales para plantear soluciones científicas, veraces y eficientes que dignifiquen el campo y faciliten el desarrollo socioeconómico y cultural de sus pobladores.

6 METODOLOGÍA

El proyecto aplicado se desarrolló bajo las metodologías de investigación de tipo exploratorio y explicativo. Exploratorio al incursiona en un asunto que, aunque ya tiene algunos referentes, aún existen temas con escasa información, claridad y detalle, tales como procedimientos para la elaboración u obtención de plata coloidal en Colombia, fabricación de filtros en cerámica a nivel local (Zona Andina Colombiana), eficiencia y aceptabilidad de los filtros bajo condiciones ambientales de la zona. Labores que hacen necesario que la metodología cumpla el objetivo de aclarar conceptos, documentar experiencias locales, dejar puntos de partida para futuras investigaciones, entre otras.

Y explicativa, al conservar un claro sentido de causalidad del problema, aportando un análisis descriptivo entre las variables metodológicas aplicadas en el proyecto, los resultados obtenidos y un porqué o explicación de sus causas. Esta metodología tomará como variables de estudio las técnicas de fabricación de los filtros, características de la plata coloidal, condiciones

socioeconómicas y ambientales del lugar de aplicación, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, entre otras.

6.1 DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología del proyecto aplicado contempló la puesta en marcha de tres fases o etapas investigativas para alcanzar los objetivos formulados en el proyecto. La descripción de cada una de estas es:

Fase Inicial: Dedicada al análisis de antecedentes y recursos documentales, a la obtención de información por consultas y entrevistas, y a la adquisición de recursos para la construcción de los FCPC. Esta fase de trabajo también involucra el estudio de la zona donde se desarrollará e implementará la propuesta tecnológica de purificación, dentro de un contexto geográfico, ambiental, socioeconómico y cultural.

Fase Intermedia: fase de investigación exploratoria, dedicada a la construcción de los Filtros en Cerámica en las alfarerías seleccionadas y el desarrollo de pruebas de laboratorio para la preparación de la sustancia germicida (Plata Coloidal).

Esta fase también comprende la socialización a la comunidad sobre el desarrollo del proyecto, la instalación y funcionamiento de los prototipos de purificación y la toma de muestras de agua para análisis de laboratorio.

Fase Final: La última fase del proyecto tiene como propósito recopilar, escudriñar y procesar los resultados alcanzados en fases anteriores y llevarlos a un análisis correlacionar con el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio del estudio; generando conclusiones específicas sobre alcances obtenidos y planteando recomendaciones para futuras investigaciones en el tema.

6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

La obtención de resultados fiables dentro de la investigación requirió del establecimiento de parámetros técnicos y científicos que aportarán un camino a seguir en la práctica de métodos empíricos y lógicos del proyecto, suministrando insumos veraces de fácil procesamiento e interpretación. Las características metódicas de cada fase de estudio están conformadas por el siguiente contenido:

6.2.1 Fase inicial

La investigación iniciará por contactar a artesanos o alfareros de la región que puedan apoyar el proceso de construcción de los filtros en cerámica; indicándoles los procedimientos teóricos dados por la bibliografía de consulta en experiencias nacionales e internacionales para su elaboración. Paso a seguir será la consulta sobre metodologías para la elaboración de plata coloidal en prácticas de laboratorio, como de laboratorios o empresas productores de esta sustancia a nivel nacional.

Una vez definida la base para construcción de los FCPC, será necesario realizar una socialización del proyecto a la junta directiva y los usuarios del acueducto Ojo de Agua, dando a conocer los objetivos, alcances y resultados que se buscan obtener con el desarrollo del proyecto. Continuando con la recolección de información documental y de campo, sobre los antecedentes de la organización, diagnóstico general del acueducto, fuentes abastecedoras y demás condiciones geográficas, ambientales, económicas y socioculturales de la población de trabajo.

6.2.2 Fase intermedia

Con los resultados de las entrevistas y consultas sobre los lugares, opciones y formas de fabricación de los de Filtros en cerámica, se procederá al alistamiento de recursos y a la construcción de los prototipos de tratamiento en las alfarerías identificadas; trabajo que se

desarrollarán a la par con los procesos prácticos de laboratorio para la obtención de la plata coloidal.

Con el acueducto diagnosticado, se evaluarán las condiciones espaciales y locativas de seis (6) puntos de consumo de agua, que logren referenciar los tres ramales de distribución de agua, en las partes alta, media y baja del acueducto; en donde se instalarán los filtros y se analizarán las variables de laboratorio.

La concreción de esta fase será la toma y análisis de muestras de agua de los seis puntos de seleccionados, tomando una muestra de agua cruda (grifo) y otra muestra de agua tratada (después del FCPC). Las muestras recolectadas seguirán los protocolos establecidos por el IDEAM para guardar la fiabilidad de la caracterización, además de los protocolos de cadena de custodia mencionados en la reglamentación vigente. Las muestras serán dispuestas para su análisis en un laboratorio de aguas certificado por el IDEAM, para garantizar resultados fidedignos y confiables.

Las variables o parámetros a evaluar en laboratorio serán aquellos de mayor relevancia para la determinación de la calidad del agua según lo dispuesto en la normatividad colombiana vigente (Resolución 2115 de 2007), y aquellos utilizados en estudios de calidad de agua potable, como los sugeridos por Vidal (2010) y Lerma (2012) como pH, Color Aparente; Turbiedad; Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Nitritos, Plata Coloidal, Coliformes Totales, E-coli.

6.2.3 Fase final:

Para el análisis estadístico solo se tomarán aquellos parámetros que representaron un cambio importante dentro del análisis de laboratorio, y del cual se pueden tomar conclusiones sobre la eficiencia del sistema de tratamiento empleado.

Los resultados se analizarán por medio de una *comparación gráfica y estadística de dos muestras independientes* utilizando la versión de prueba para estudiantes del software STATGRAPHICS Centurión 18, como una herramienta informática con una amplia gama de funciones estadísticas y con resultados de fácil interpretación y alta fiabilidad; el cual genera para este caso, una comparación visual estadísticos con un gráfico dual de cajas y bigotes y un resumen estadístico general de las muestras evaluadas.

6.3 DESARROLLO METODOLÓGICO

6.3.1 Elaboración del filtro en cerámica

Para la construcción de los filtros en cerámica fue necesario contactar a alfareros de los municipios de Ráquira, Belén y Sogamoso; quienes tienen una reconocida vocación en el oficio de la alfarería y artesanía a nivel nacional.

El proceso de construcción de las cerámicas de filtración se desarrolló de forma simultánea en los tres lugares, reportando experiencias completamente diferentes para cada sitio. La elaboración de los filtros en los tres lugares tuvo la siguiente experiencia:

1) Preparación de materiales: El procedimiento inicio con la extracción manual de la arcilla, dejándola a la intemperie en un lugar confinado durante un par de semanas hasta secarla completamente, procediendo a triturarla y tamizarla para eliminar impurezas y material grueso. El procedimiento continuo con la recolección, secado y tamizado del aserrín, proveniente de madera de eucalipto y pino.

La extracción, transporte y triturado de la arcilla en Ráquira, particularmente, fue de tipo mecanizado; utilizando retro excavadoras, volquetas y molinos para su procesamiento.



Foto 1. Preparación de materiales Morca y Tuaté (Arcilla y Aserrín).

Fuente: Merchán, Inocencio (2017). a) Macerado manual de la arcilla seca b) Tamizado de la arcilla.



Foto 2. Preparación de materiales Ráquira (Arcilla y Aserrín).

Fuente: El Autor. a) Acopio y secado natura de la arcilla b) Triturado mecanizado de la arcilla.

2) Preparación de la mezcla: Se mezclaron perfectamente las materias primas obtenidas, en una relación de 60% de arcilla y 40% de aserrín, humedeciéndolas con aguas hasta obtener una mezcla elástica y maleable. Este producto fue moldeado y/o torneado a mano hasta obtener un recipiente de 25 cm de alto, 30 cm de diámetro superior y 20 cm de diámetro inferior.

Para esta experiencia no se utilizó prensa hidráulica para el moldeado de la arcilla, debido a que se quería reportar los resultados obtenidos en procesos de moldeado manual con las técnicas de torno y molde.



Foto 3. Preparación de la mezcla (Arcilla, aserrín y agua).

Fuente: Merchán, Inocencio (2017). a) Humectación de la mezcla homogenizada b) Amasado y preparación de la mezcla c) Mezcla lista para el moldeado.



Foto 4. Moldeado manual de la mezcla - Morcá.

Fuente: Merchán, Inocencio (2017). a) Preparación del molde para evitar adherencias de la arcilla b) Recubrimiento de la mezcla en el molde c) Moldeado de la mezcla en torno a pedal.



Foto 5. Moldeado manual de la mezcla Ráquira.

Fuente: El Autor. a) Preparación del molde en el torno mecánico b) Moldeado de la mezcla en torno mecánico

3) Cocción del barro: Los recipientes de barro fresco se dejaron secar de forma natural durante un lapso de 15 a 20 días, para ser llevados a una cocción en horno a una temperatura de 850 a 940° C. En Ráquira fue utilizado un horno industrial a carbón y el proceso de quema duro 45 horas; en Tuaté y Morca fueron quemados en un horno de barro a carbón durante el mismo tiempo estimado en Ráquira.



Foto 6. Cocción del barro - Morcá.

Fuente: Merchán, Inocencio (2017). a) Horno de barro para cocción del barro b) Cámara de adición del carbón c) Cámara del material a cocinar.



Foto 7. Cocción del barro Ráquira.

Fuente: El Autor. a) Horno industrial en ladrillo b) Cámara de adición de carbón c) Cámara del material a cocinar.

Lastimosamente los filtros horneados en Morca no soportaron la temperatura de cocción, presentando fisuras en la cerámica. Según la experiencia del alfarero, el barro de esta zona tiene alto contenido de sílice (arenas) que al dilatarse en la quema rompen las piezas de gran tamaño. Razón por la cual en Morca se fabrican principalmente piezas de tamaños pequeños y medianos.

Los filtros obtenidos en Tuaté y Ráquira se dejaron enfriar durante un día y se dejaron sumergidos 12 horas en agua para medir su tasa de filtración. Los datos fueron:

Tabla 5.
Resultado pruebas de filtración prototipos 60:40.

Filtro Número	Procedencia	Valor de la tasa de filtración
1	Ráquira	0.45 L/h
2	Ráquira	0.4 L/h
3	Ráquira	0.6 L/h
4	Ráquira	0.5 L/h

5	Tuaté	0.5 L/h
6	Tuaté	0.4 L/h
7	Tuaté	0.6 L/h
8	Tuaté	0.3 L/h
9	Morca	Roto
10	Morca	Roto
11	Morca	Roto
12	Morca	Roto

Fuente: El Autor



Foto 8. Filtros en cerámica obtenidos en las alfarerías de estudio.

Fuente: El Autor. a) Filtros obtenido en alfarería de Morca b) Filtro obtenido en alfarería de Ráquira c) Filtro obtenido en alfarería de Tuaté.

Debido a que la tasa de filtración no fue favorable, se realizó la construcción de unos nuevos prototipos, siguiendo el paso a paso de elaboración mencionado anteriormente, pero tomando una relación de materiales de 50% de arcilla y 50% de aserrín.

Este procedimiento se realizó únicamente en la alfarería de Ráquira, decisión tomada de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de filtración y a la condición logística de la

alfarería, la cual cuenta con maquinarias, elementos y procedimiento adecuados para dar con un producto final confiable y seguro.

Los resultados obtenidos en las pruebas de filtración en los nuevos filtros fueron las siguientes:

Tabla 6.
Resultado pruebas de filtración prototipos 50:50.

Filtro Número	Procedencia	Valor de la tasa de filtración
I	Ráquira	1L/h
II	Ráquira	1,2 L/h
III	Ráquira	0,75 L/h
IV	Ráquira	1 L/h
V	Ráquira	0,95 L/h
VI	Ráquira	0,91L/h
VII	Ráquira	0.89 L/h
VIII	Ráquira	3 L/h
IX	Ráquira	4L/h
X	Ráquira	1L/h

Fuente: El Autor.

La relación de materiales de 50% de barro y 50% de aserrín fue favorable y aceptable para este ejercicio, encontrándose dentro de los parámetros sugeridos en el marco teórico de 1 a 2 litros de agua por hora. Este resultado permite concluir que al adicionar una cantidad mayor de aserrín a la mezcla del filtro mejora substancialmente la porosidad y por lo tanto su tasa de filtración. Además de inferir que el moldeado manual de la arcilla no altera de la tasa de

filtración de las cerámicas, al ser un mecanismo de modelado de la mezcla y no de aporte a la porosidad del filtro.

De los prototipos elaborados se tomaron los seis con la tasa de filtración idónea para el ejercicio, específicamente los codificados con el número I, II, IV, V, VI y X.

6.3.2 Elaboración de la Plata coloidal

El proceso de elaboración de la plata coloidal, como sustancia desinfectante en los filtros en cerámica tuvo dos escenarios de experimentación.

El primer proceso se desarrolló de acuerdo con la metodología propuesta por Lerma (2012). sobre la obtención de plata coloidal por medio de electrólisis con dos barras de plata dispuestas en una solución prótica de agua destilada y alimentadas por una fuente de corriente alterna a 24 voltios de intensidad (pág. 34).

La experiencia requirió dos (2) litros de agua destilada, dos (2) varillas de plata 99,99% pura de 15 cm de largo y 3cm de diámetro, una fuente de alimentación de corriente alterna de 12 voltios (Marca Phywe), un transformador de corriente para elevar la tensión a 24V, pinzas caimán, una pinza voltio amperimétrica (Marca Minipa), un conductímetro (Marca Schott), un medidor de partículas TDS y vasos de precipitado de 500ml.

El proceso inició elevando la tensión eléctrica de la fuente de alimentación de 12V a 24V, por medio del transformador de corriente, midiendo su intensidad con una pinza voltio amperimétrica para garantizar la tensión requerida. Las cargas de la fuente de alimentación fueron conectadas cada una a un electro de plata, separados a una distancia de tres (3) centímetros y sumergidos en agua destilada (**Foto 9**). El montaje mencionado se dejó instalado durante siete (7) días de forma ininterrumpida, realizando mediciones de la concentración en ppm de la solución, pero no se registró cambio alguno durante este periodo.

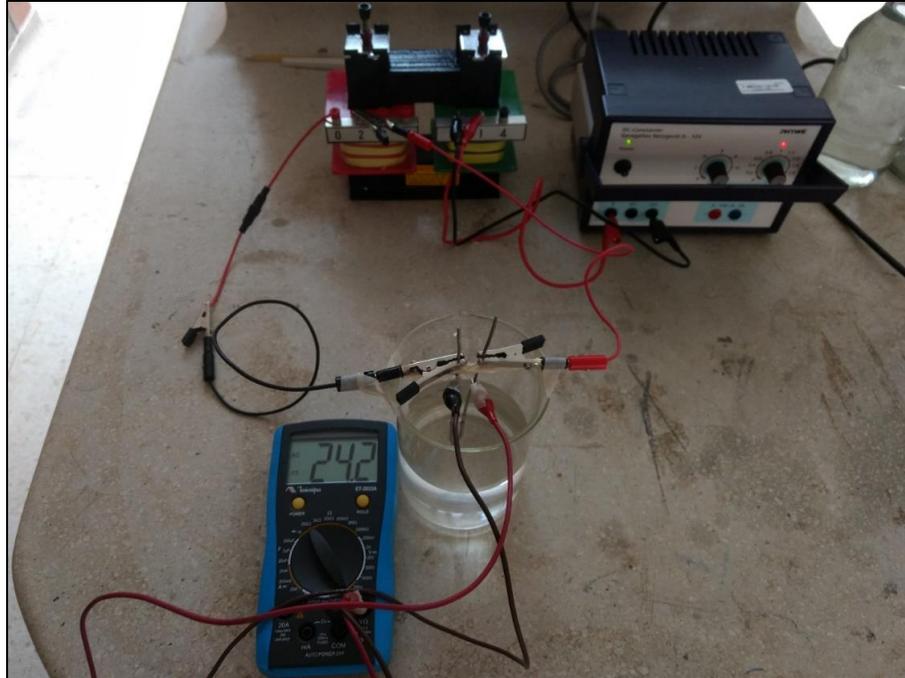


Foto 9. Montaje de preparación de Plata Coloidal con corriente alterna a 24V de tensión.

Fuete: El Autor.

Se practicaron algunos procesos de estimulación de la conductividad eléctrica en el agua, como reducir la distancia entre los electrodos y aumentar la temperatura del agua, como medio de activación molecular; Pero ninguno de los dos produjo un cambio en el experimento (**Foto 10**).

Se cree que el proceso de electrólisis por corriente alterna para la obtención de plata coloidal, no se dio por medio de esta técnica, porque la conductividad del agua destilada es de $\pm 0 \mu\text{S}/\text{cm}$, ausente de cualquier elemento conductor que pueda excitar la reacción en corriente alterna; requiriéndose de un elemento adicional en la solución que favorezca el paso de corriente eléctrica.



Foto 10. Pruebas de Laboratorio para la elaboración de la plata coloidal con corriente alterna.

Fuete: El Autor. a) Medición conductividad agua destilada a 16°C (0,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$) b) Estimulación térmica de la conductividad eléctrica en agua destilada a 60°C (7,86 $\mu\text{S}/\text{cm}$). c) Reducción de la distancia de electrodos a 1 cm.

Existen otros métodos de preparación de plata coloidal por medio de electrolisis con corriente alterna a una tensión de 10.000 voltios, electrolisis con corriente continua en soluciones apróticas, ablación láser, reducción por acción de ultrasonido, reducción por la acción de la radiación gamma, reducción por la acción de la radiación UV, reducción por agentes inorgánicos y orgánicos, entre otros. Pero cada una de estas técnicas presenta una alta complejidad por sus costos, requerimientos tecnológicos o escasa información teoría al respecto.

En consecuencia, se desarrolló el segundo escenario de experimentación, en donde fue necesario indagar acerca de fabricantes de plata coloidal en Colombia, encontrando que a nivel nacional no existen compañías que elaboren esta sustancia química bajo las condiciones técnicas requeridas. Esta situación llevó a ampliar la consulta a nivel internacional, dando con la compañía española LABORATORIOS ARGENOL, fabricantes de coloides de plata de acuerdo a normas Farcopeas Europeas y Normas de Correcta Fabricación (GMP); quienes son, particularmente, los distribuidores oficiales de Plata Coloidal de la empresa EL FILTRON, productores de filtros en cerámica con plata coloidal en San Marcos, Nicaragua, y unos de los

proveedores recomendados por Nardo en la construcción de FCPC en Iraq (Nardo, 2005, pág. 21)

Las características técnicas del COLARGOL (Plata coloidal), distribuidas por LABORATORIOS ARGENOL son:

<i>Producto:</i>	COLLOIDAL SILVER
<i>Lote:</i>	C18-0388
<i>Farmacopea:</i>	European 9.0 (Frances IX, Belga, Suizo, Español, DBA-6, Ruso)
<i>Características:</i>	Escamas o polvo brillante metálico verde o negro azulado, higroscópico
<i>Solubilidad:</i>	Libremente soluble o soluble en agua, prácticamente insoluble en etanol y cloruro de metileno.
<i>Identificación A, B, C:</i>	A. Color Violeta B. Precipitado soluble en agua C. Precipitado blanco disuelto en amoniacó diluido

TEST:

<i>Solución S:</i>	Completa
<i>Alcalinidad:</i>	$\geq 1,5$ ml NaOH 0.1N
<i>Iones de Plata:</i>	Sin precipitado
<i>Sensibilidad a los electrolitos:</i>	Sin opalescencia
<i>Sustancias insolubles en agua:</i>	$\geq 1.0\%$
<i>Perdida por secado:</i>	$\geq 8.0\%$
<i>Contenido de Plata:</i>	70.0-80.0%

<i>Usos:</i>	Fuerte Antiséptico
<i>Almacenamiento:</i>	En contenedores bien cerrados, protegidos de la luz
<i>Caducidad:</i>	4 años en bruto y 2 años en disoluciones preparadas
<i>Apariencia:</i>	Disoluciones color marrón oscuro y en bajas concentraciones marrón claro e incluso naranja. Concentraciones de 10 ppm son amarillentas.

Nota: Como Anexos se presentan Ficha Técnica (TDS) y Certificado de Análisis (COA) del COLARGOL, suministrados por el fabricante.

Para definir la concentración de COLARGOL a utilizar en esta experiencia se tuvo presente las experiencias relatadas por Nardo (2005) al utilizar una concentración de 220 ppm en plata coloidal sólida y 2 ml de 33.000mg/L de plata coloidal líquida en 300 ml de agua embotellada; al igual que las concentraciones utilizadas por Lantagne (2001) de 1ml, 2ml y 5ml de Microdin (Plata coloidal líquida) al 3.2% (32.000 ppm) disueltos en 300ml de agua embotellada.

En este caso fueron preparadas cuatro concentraciones diferentes, de 220 ppm, 200 ppm, 150 ppm y 100 ppm, de plata coloidal, en 300 ml de agua destilada para cada preparación. La plata fue pesada en una balanza analítica de precisión, dispuesta en el agua y diluida con un agitador magnético durante 15 minutos, hasta contar con una mezcla homogénea; por último, se verificaron las concentraciones de las soluciones con un medidor digital TDS (**Foto 11**).

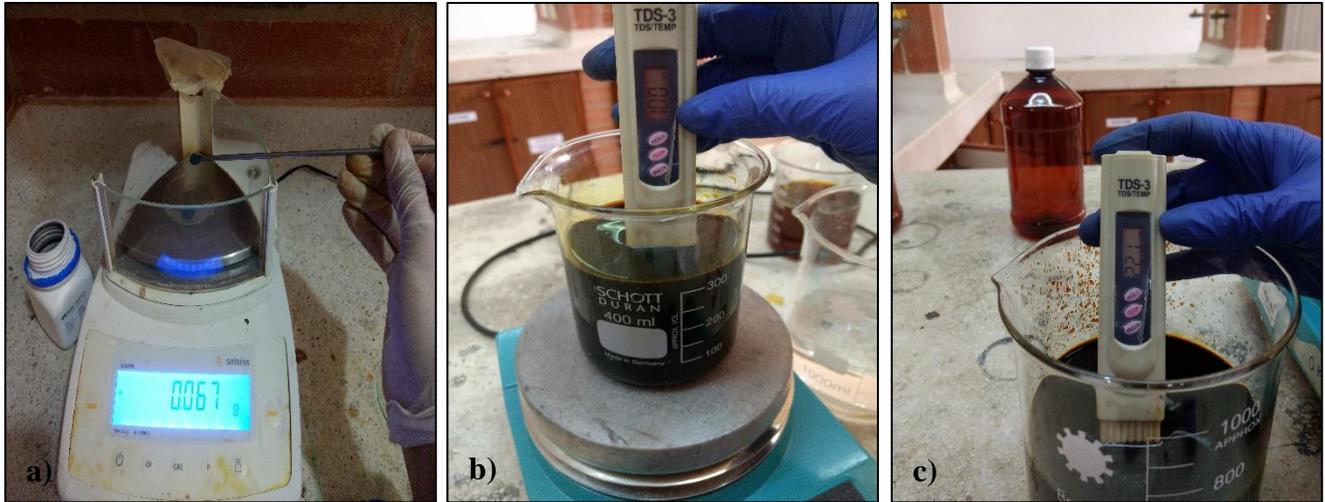


Foto 11. Preparación de COLARGOL (Plata coloidal ARGENOL).Foto 11. Preparación de COLARGOL (Plata coloidal ARGENOL).

Según laboratorios ARGENOL, las disoluciones de alto contenido de plata coloidal tienen un color marrón oscuro, a concentraciones inferiores tienen un color marrón claro, incluso naranja, y en concentraciones bajas (10 ppm, por ejemplo) presentan una coloración amarillenta (Comunicación personal, 16-07-18). Concepto comprobado en las soluciones obtenidas en la experiencia.

Cada preparación fue almacenada en recipientes color ámbar, para conservar sus condiciones de calidad en medio de su transporte y almacenamiento.

6.3.3 Aplicación de la Plata en los Filtros.

De acuerdo a las experiencias obtenidas por Lantagne (2001), Nardo (2005) y Lerma (2012), a cada filtro en cerámica se aplicaron 300 ml de la solución de plata coloidal obtenida en el laboratorio, impregnado con brocha sobre la superficie exterior del filtro una tercera parte de la solución (100 ml) y dos terceras partes (200ml) en su interior. Para facilitar la absorción de la plata en el filtro fue necesario que estos se encontrarán completamente secos (**Foto 12**).



Foto 12. Aplicación de plata coloidal al filtro en cerámica.

Fuente: El Autor

A cada prototipo se le asignó una concentración de plata coloidal diferente para ver la acción germicida del colargol a 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm y 220 ppm, este último de acuerdo con las bases teóricas del marco referencial, como la concentración de plata idónea para la desinfección. Uno de los filtros se dejó como blanco (0ppm) para ver su comportamiento en el tratamiento de agua en ausencia de plata coloidal.

Tabla 7.
Concentraciones de Plata Coloidal por prototipo

Prototipo	Concentración de Plata Coloidal
1	0 ppm
2	100 ppm
3	150 ppm
4	200 ppm

5	220 ppm
6	220 ppm

Fuente: El Autor

Al aplicar la solución de plata al filtro se presenció una absorción completa e inmediata, desapareciendo a la vista e introduciéndose al interior de la cerámica. El tiempo de secado de la solución en el filtro fue de 36 horas expuesto a la intemperie, presentando al final una coloración plateada interna y externa en el filtro. Una vez culminado el tiempo se procedió a su instalación y funcionamiento en campo.

6.3.4 Experiencia en Campo

Con el funcionamiento de los filtros en cerámica en campo se presentó un fenómeno particular, en el cual las aguas filtradas se tornaron de una coloración naranja, evidencia de la eliminación de excesos de plata aplicada.

Situación ya evidenciada en un experimento realizado por Lantagne (2001) con un filtro en cerámica al que se le fue aplicada una solución de plata coloidal únicamente en la parte interna. Al respecto se tomó la siguiente conclusión:

Lo cual indica que solo la plata coloidal que es aplicada en la parte externa del filtro fluye en el agua que se filtra. Una posible explicación es que cualquier partícula de plata que no es absorbida por la cerámica en la parte interior del filtro puede ser arrastrada por el agua y absorbida posteriormente por la cerámica en el interior del filtro. En tanto que cualquier partícula de plata no absorbida por la cerámica en la parte externa del filtro solo puede fluir con el agua filtrada (después de filtrar). (pág. 52)

Esta condición fue cambiando firmemente a medida que se realizaban corridas del agua por el filtro, llegando a estabilizar la coloración del agua ocho días después de su funcionamiento y presentando condiciones completamente incoloras al transcurrir 15 días (**Foto 13**).



Foto 13. Liberación plata coloidal no absorbida por el filtro.

Fuente: El Autor. a) Agua filtrada primer pasada b) Agua filtrada una semana después c) Agua filtrada dos semanas después.

De esta experiencia se puede definir como parámetro de medición organoléptico, la presencia o ausencia de plata coloidal (COLARGOL) en el agua filtrada, verificando si el color del agua vira en una tonalidad amarilla.

Situación que solo se podrá apreciar al poner en funcionamiento los filtros, ya que después de un tiempo de eliminar su exceso, no es usual que presente esta situación. Además, ha de tenerse presente que, preferiblemente el agua de prueba utilizada en la liberación de la plata coloidal no absorbida no presente condiciones visibles de color, evitando confundir esto con posibles colores provenientes de la turbiedad.

6.3.4.1 Medición de la tasa de filtración

Se realizó una segunda medición de la tasa de filtración de los prototipos seleccionados, para verificar si la plata coloidal aplicada (COLARGOL) podría tener algún cambio en esta. Los resultados de esta prueba arrojaron la siguiente información:

Filtro Número	Tasa de filtración inicial	Tasa de filtración + Ag
I	1L/h	0,9 L/h
II	1,2 L/h	1 L/h
IV	1 L/h	0,9 L/h
V	0,95 L/h	0,8 L/h
VI	0,91L/h	0,8 L/h
X	1L/h	0,9 L/h

Fuente: El Autor

La tasa de filtración de los filtros en cerámica disminuyó con la aplicación de la plata coloidal COLARGOL, posiblemente porque su origen sólido puede bloquear algunos poros de la cerámica al secarse después de su aplicación.

Para renovar la filtración de la cerámica, será necesario realizar una limpieza de los filtros con un cepillo de dientes, conforme lo sugiere Lerma (2012), quedando el espacio para investigaciones posteriores que evalúen si después del cepillado continúa teniendo la misma eficiencia de tratamiento fisicoquímico y microbiológico, utilizando el COLARGOL como medio de desinfección. Debido a que para esta experiencia se realizó la toma de muestras con las condiciones presentes en la primera prueba de filtración.

6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que se tendrá en cuenta en la metodología del proyecto aplicado estará conformada por los usuarios de las tres redes de reparto de agua del acueducto; de los cuales se tendrá como muestra a dos suscriptores por cada red, en donde se instalará un filtro para cada punto y se analizará una alícuota de agua cruda y otra de agua tratada.

Como muestra de comparación o medición de la calidad del agua se tomará una muestra de agua del tanque de almacenamiento principal del acueducto.

El último paso de la fase de campo estuvo conformado por las prácticas de recolección, almacenamiento y transporte de las muestras de agua para su caracterización en Laboratorio. Ejercicio que contó con el apoyo de ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUÍMICO, ubicado en la ciudad de Duitama (Boyacá) y certificado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM para realizar procedimientos seguros y estandarizados de recolección y análisis de muestras de agua.

Se planificó la toma de doce (12) muestras simples, seis (6) provenientes de agua cruda (antes de cada filtro) y seis (6) provenientes de agua tratada (después del filtro) para cada punto de estudio; obteniendo resultados comparativos de remoción y eficiencia de los sistemas de tratamiento instalados.

La toma de muestra fue realizada por técnicos del Laboratorio, para garantizar la fiabilidad en los protocolos seguridad en la cadena de custodia, así como en la práctica efectiva de los procedimientos de recolección y preservación de muestras. El acompañamiento al proceso fue realizado por parte del líder de la investigación.

La recolección de muestras para variables microbiológicas fue tomada bajo procedimientos de desinfección previa del área de contacto inmediata con alcohol, y del ambiente circundante por medio de flameado, recolectando una alícuota del agua en bolsas tipo Whirl Pak. La recolección de muestras para variables fisicoquímicas fue tomada en recipientes plásticos estériles, realizando purga de los recipientes con agua de la muestra en tres ocasiones. Las muestras para el análisis de la variable Plata (Ag), se tomaron en recipientes plásticos estériles y fueron preservadas con ácido nítrico. Todas las muestras fueron almacenadas en neveras de icopor y conservadas con refrigerante para mantener una temperatura durante el transporte.



Foto 14. Toma de muestras de agua.

Fuete: El Autor. a) Desinfección ambiental por flameo b) desinfección superficial del área c) Toma de muestras microbiológicas.

6.5 MAPEO

Las muestras de laboratorio recolectadas se tomaron en cada uno de los seis puntos de estudio, dos por cada red de distribución del Acueducto Ojo de Agua, para generar un panorama global de los posibles cambios que se pueden presentar en las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua en medio de su recorrido. La ubicación geográfica de cada una de las muestras tomadas se relaciona en la **Tabla 8**.

Tabla 8.

Georreferenciación geográfica de los puntos de toma de muestras de agua para laboratorio.

N° de muestra	Nombre del punto	Coordenadas		
		Norte	Este	Cota
1	Tanque de Almacenamiento	1152564,78	1149429,35	2776
2	Filtro II – Blanco (Luis Rodríguez)	1153031,20	1149099,99	2699
3	Filtro IX 100 ppm (Escuela La Chapa)	1152924,86	1149699,76	2694
4	Filtro VI 150 ppm (Eduardo Uzcátegui)	1153356,34	1149306,03	2566

5	Filtro IV 200 ppm (Ramon Vega)	1153670,77	1148889,53	2527
6	Filtro V 220 ppm (Jesús Soledad)	1153254,37	1149579,44	2548
7	Filtro I - 220ppm (Marora Pinzón)	1152990,42	1149221,87	2641

Fuente: El Autor

7 RESULTADOS

Las muestras se transportaron e ingresaron a las instalaciones de ANALIZAR LABORATORIOS FISICOQUÍMICO en la ciudad de Duitama. Una vez diligenciado el protocolo de entrega, se procedió a realizar la medición de las variables fisicoquímica y microbiológicas solicitadas, generando un reporte de resultados que entre otras condiciones resalta una eficiencia del 100% de los Filtros en la remoción de microorganismos para los prototipos impregnados con plata coloidal, mejora del pH en comparación con un agua cruda ligeramente ácida, alta eficiencia en la retención de partículas coloidales, entre otras.

El resultado completo del reporte de laboratorio y el análisis de las variables más importantes dentro de los informes finales se relaciona a continuación:

Turbiedad	UNT	≤ 2	1,43	1,48	0,33	19,2	0,62	1,61	0,44
SDT	mg SDT/L	N.E.	<11,51	12	20	<11,65	20	<11,65	15
Coliformes totales	UFC/100m ³	0	190	133	99	270	0	137	0
E. Coli	UFC/100m ³	0	80	40	31	215	0	61	0
Plata	mg Ag/L	0,005**	<0,005	---	<0,005	---	<0,005	---	0,006

Fuente: El Autor

* Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados se comparan con los valores máximos permisibles del decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007 para agua de consumo humano en Colombia.

** El valor de Plata en el agua es tomado de la Reglamentación Nacional de Agua Potable NSDWRs, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

Los resultados en físico se entregan como anexo al presente trabajo.

Tabla 10.
Resultados análisis fisicoquímico y microbiológico de agua – Segunda tabla

PARÁMETROS			MUESTRAS					
Descripción	Expresión	Valor de	Cruda Filtro	Filtro IV	Cruda Filtro	Filtro V	Cruda Filtro	Filtro I
		Referencia*	IV	200ppm	V	220ppm	I	200ppm
Conductividad	μS/cm	1000	5	15	4	14	4	12
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
pH	Unidades	6,5 a 9,0	6,5	6,65	6,43	6,72	6,2	6,56
Sustancias Flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Temperatura	°C	N.E.	16,0	18	19,4	19,0	16,2	17,5
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	200	<2,94	5,88	<2,94	<2,94	<2,94	3,36
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	250	<5,41	<5,41	<5,41	<5,41	<5,41	<5,41
Color aparente	UPC	15	14,03	6,63	17,31	5,15	7,56	4,60
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	300	2,77	2,97	1,78	2,57	1,78	3,17
Fosfatos	mgPO ₄ ³⁻ /L	0,50	<0,04	0,29	<0,04	0,45	<0,04	0,65
Hierro total	mg Fe/L	0,30	0,24	<0,05	0,61	<0,05	0,16	<0,05
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	0,1	<0,018	0,02	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
Sulfatos	mgSO ₄ ²⁻ /L	250	<3,83	<3,83	<3,83	3,87	<3,83	<3,83

Turbiedad	UNT	≤ 2	3,11	0,46	6,46	0,43	1,47	0,26
SDT	mg SDT/L	N.E.	14	16	13	16	<11,65	19
Coliformes totales	UFC/100m ³	0	187	0	167	0	153	0
E. Coli	UFC/100m ³	0	172	0	70	0	34	0
Plata	mg Ag/L	0.1 **	---	0,007	---	<0,005	---	<0,005

Fuente: El Autor

* Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados se comparan con los valores máximos permisibles del decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007 para agua de consumo humano en Colombia.

** El valor de Plata en el agua es tomado de la Reglamentación Nacional de Agua Potable NSDWRs, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

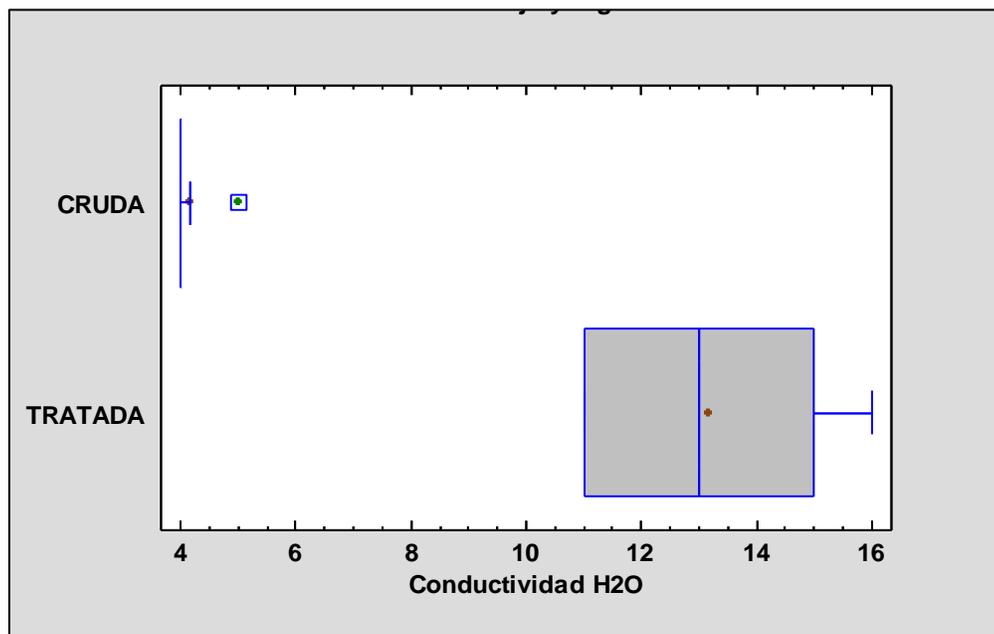
Los resultados en físico se entregan como anexo al presente trabajo.

7.1 Análisis estadístico de resultados

Para el análisis estadístico solo se tomarán aquellos parámetros que representaron un cambio importante dentro del análisis de laboratorio, y del cual se pueden tomar conclusiones sobre la eficiencia del sistema de tratamiento empleado.

Los resultados se analizarán por medio de una *comparación gráfica y estadística de dos muestras independientes* utilizando la versión de prueba para estudiantes del software STATGRAPHICS Centurión 18, como una herramienta informática con una amplia gama de funciones estadísticas y con resultados de fácil interpretación y alta fiabilidad; con la cual generó una comparación visual estadística con un gráfico dual de cajas y bigotes y un resumen estadístico general de las muestras evaluadas.

7.1.1 Conductividad:



Resumen Estadístico para Conductividad H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	4,16667	13,1667
Desviación Estándar	0,408248	2,13698
Coficiente de Variación	9,79796%	16,2302%
Mínimo	4,0	11,0
Máximo	5,0	16,0

Rango	1,0	5,0
Sesgo Estandarizado	2,44949	0,232268
Curtosis Estandarizada	3,0	-1,07491

Comparación de Medianas para Conductividad H2O

Mediana de muestra 1: 4,0

Mediana de muestra 2: 13,0

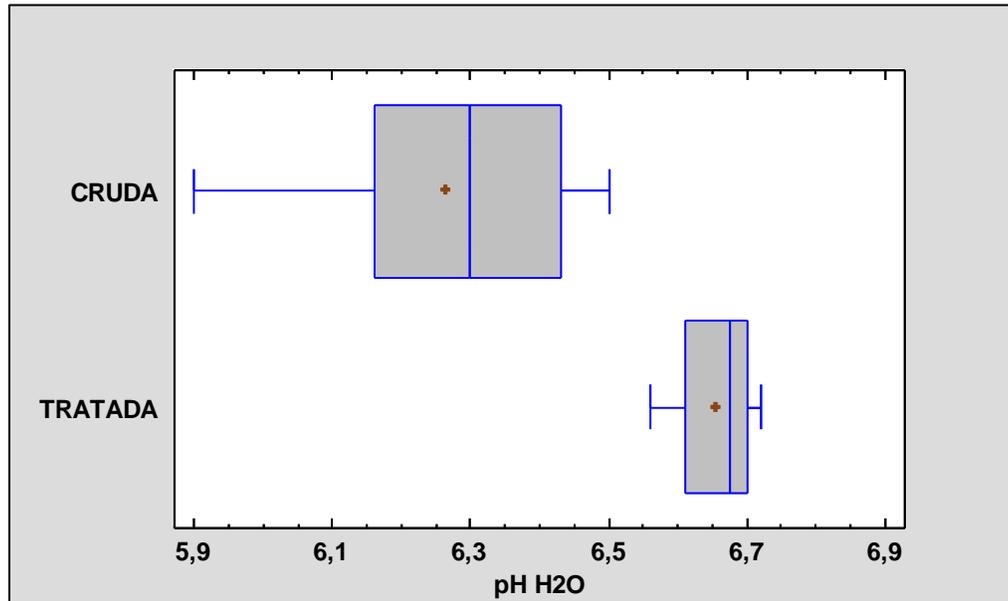
Interpretación:

La distancia gráfica entre la media y mediana muestran una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de conductividad de las dos muestras, reportando un aumento de este parámetro en las muestras de agua tratada con respecto al agua cruda.

El aumento de la Conductividad en el agua después de su tratamiento puede verse relacionado con la composición mineralógica de la arcilla con la que se construyó el filtro, aportante de minerales en el agua, particularmente de iones cálcicos (CaCO_3), los cuales también presentan un aumento comparativo entre el agua cruda y la tratada. Esta interpretación se puede afirmar al ver el aumento del pH y los SDT, este último como un parámetro que mide la suma de sales, metales, iones y minerales en el agua.

Para todos los casos el aumento de la concentración de estos parámetros fue en mínimas proporciones, reportando mejoras en la calidad del agua y cumpliendo con los valores máximos permisibles de la legislación nacional vigente.

7.1.2 pH



Resumen Estadístico para pH H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	6,265	6,65667
Desviación Estándar	0,223226	0,0621825
Coefficiente de Variación	3,56307%	0,934139%
Mínimo	5,9	6,56
Máximo	6,5	6,72
Rango	0,6	0,16
Sesgo Estandarizado	-0,812587	-0,734212
Curtosis Estandarizada	-0,0223342	-0,428106

Comparación de Medianas para pH H2O

Mediana de muestra 1: 6,3

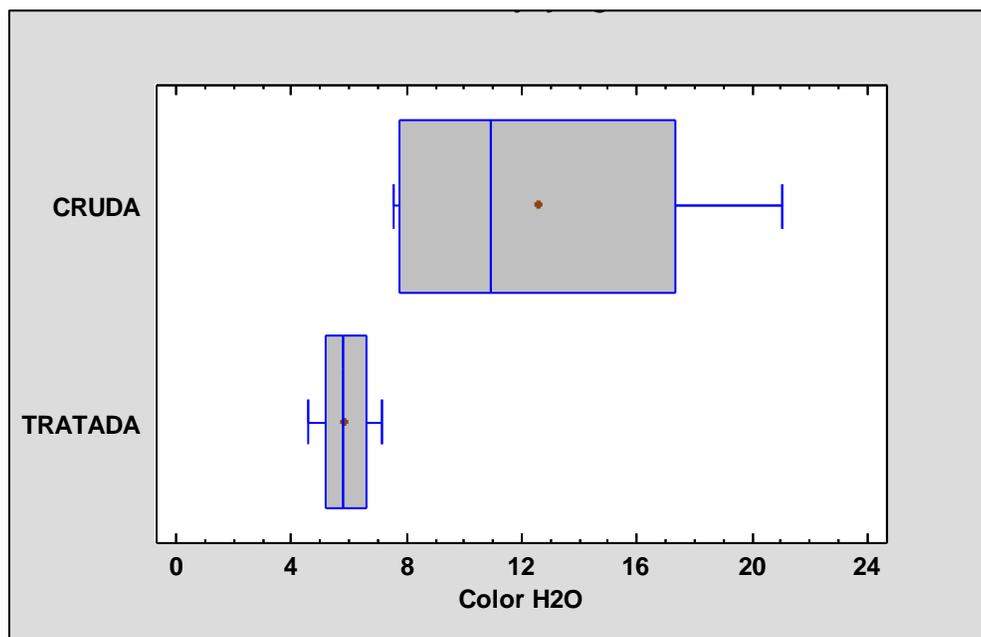
Mediana de muestra 2: 6,675

Interpretación:

El análisis de las medias y medianas muestra una diferencia estadísticamente significativa, presenciando un aumento en las unidades de pH de las muestras de agua tratada en comparación con una condición ligeramente ácida del agua cruda, mejorando sustancialmente la calidad del agua y posicionándola dentro de los valores máximos permisibles de la norma.

El aumento del pH se dio debido a la composición mineralógica de la arcilla con la que se construyó el filtro, que en contacto con el agua aporta iones cálcicos (CaCO_3) que mejoran su condición.

7.1.3 Color



Resumen Estadístico para Color H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	12,5783	5,86167
Desviación Estándar	5,79456	0,93903
Coefficiente de Variación	46,0678%	16,0198%
Mínimo	7,56	4,6
Máximo	21,05	7,17
Rango	13,49	2,57
Sesgo Estandarizado	0,565642	0,117231
Curtosis Estandarizada	-0,837274	-0,3931

Comparación de Medianas para Color H2O

Mediana de muestra 1: 10,915

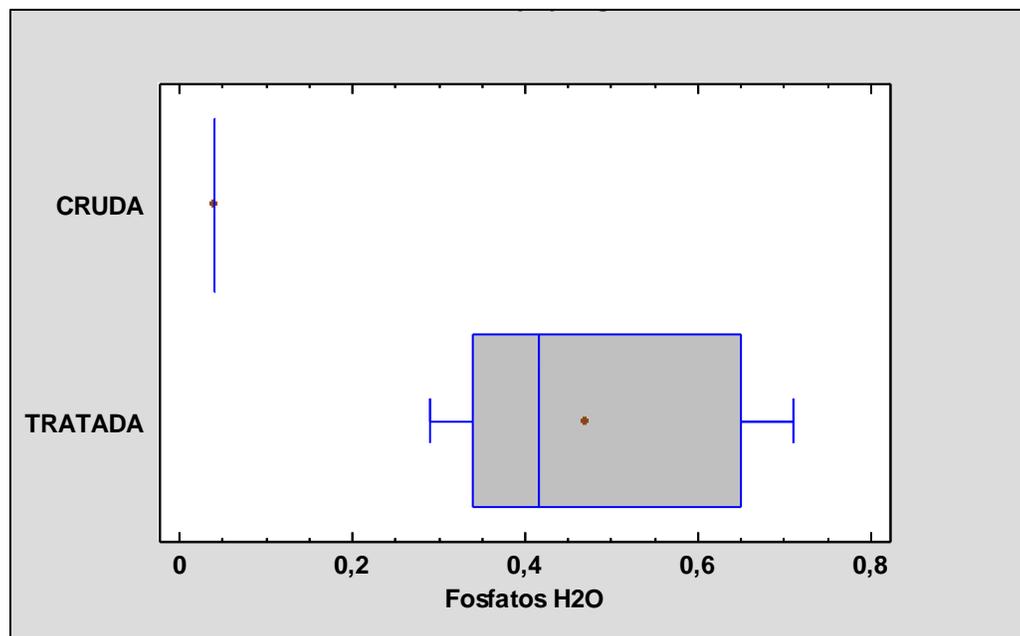
Mediana de muestra 2: 5,81

Interpretación:

La filtración del agua a través del dispositivo de tratamiento mejora claramente el Color aparente del agua, reteniendo en medio del carbón activado y la estructura porosa de la cerámica los coloides limitan el paso de luz en el líquido y disminuyen su calidad física.

Este análisis se complementa con los resultados estadísticos de las muestras, en los que se visualiza claramente una distancia considerable entre el promedio de ambas muestras, encontrando cambios de 21,05 UPC de agua cruda a 7,17 en agua tratada, diferencia estadísticamente significativa en la eficiencia del tratamiento.

7.1.4 Fosfatos



Resumen Estadístico para Fosfatos H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	0,04	0,47
Desviación Estándar	0	0,17193
Coefficiente de Variación	0%	36,5809%
Mínimo	0,04	0,29
Máximo	0,04	0,71
Rango	0	0,42
Sesgo Estandarizado		0,642825
Curtosis Estandarizada		-0,81435

Comparación de Medianas para Fosfatos H2O

Mediana de muestra 1: 0,04

Mediana de muestra 2: 0,415

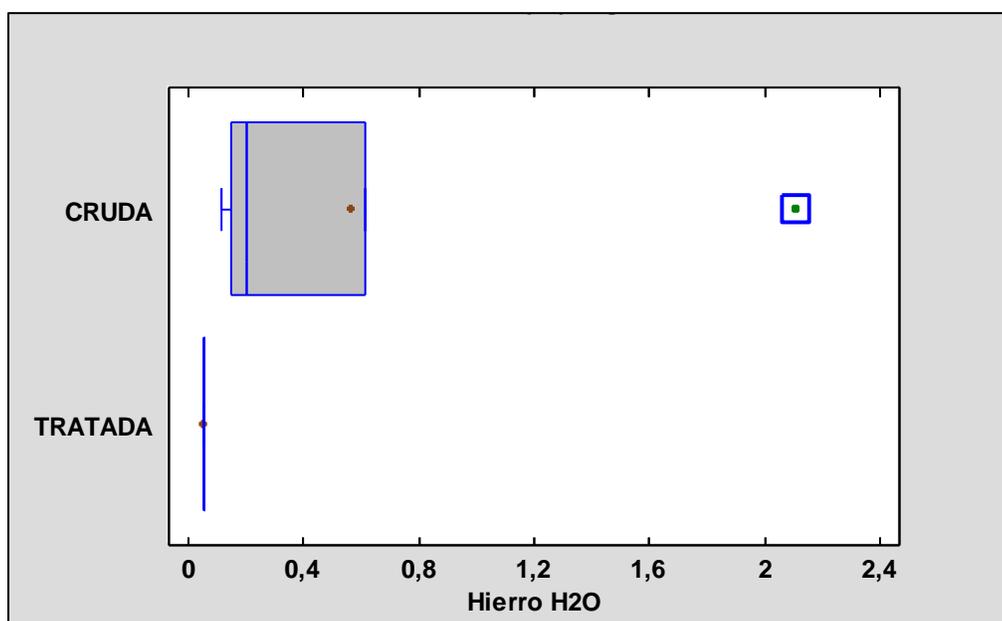
Interpretación:

El análisis de este parámetro es particular debido a la presencia micrométrica o traza de fosfatos en el agua tratada, situación que se podría explicar por la composición mineralógica del

lugar de origen donde se obtuvo la arcilla para la construcción de los filtros, en la que pueden existir rocas o sedimentos fosfatados, que adheridas al filtro se diluyen en el agua tratada.

De acuerdo a una muestra de agua inicial que se tomó a los filtros seleccionados, meses antes del presente estudio, se reportó un valor promedio $1 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{L}$, que comparado con el promedio actual de $0,47 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{L}$, concluye un lavado progresivo de las partículas de fosfatos presentes en el filtro.

7.1.5 Hierro



Resumen Estadístico para Hierro H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	0,563333	0,05
Desviación Estándar	0,779478	0
Coefficiente de Variación	138,369%	0%
Mínimo	0,11	0,05
Máximo	2,11	0,05
Rango	2,0	0
Sesgo Estandarizado	2,17703	1,36931
Curtosis Estandarizada	2,40366	-1,66667

Comparación de Medianas para Hierro H2O

Mediana de muestra 1: 0,2

Mediana de muestra 2: 0,05

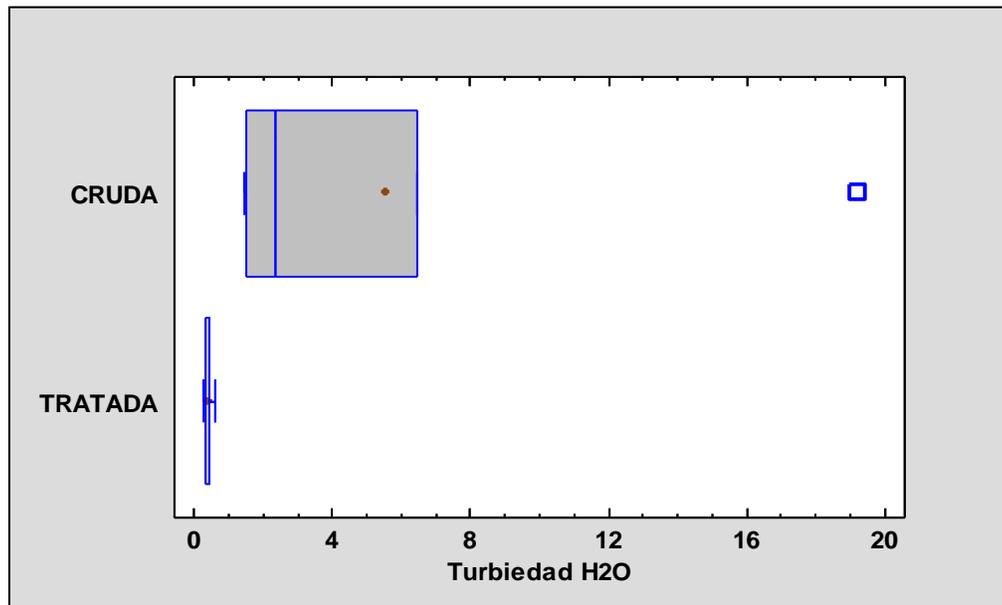
Interpretación:

El gráfico de cajas y bigotes es explícito en mostrar que las concentraciones de hierro en el agua cruda tienen amplias variaciones entre las muestras estudiadas, reportando un promedio de 0,56 mgFe/L; valor que no cumple con las unidades máximas permisibles de la norma de calidad de agua en Colombia.

Si se compara este resultado con un valor generalizado de 0,05mgFe/L en el agua filtrada, se puede concluir una alta eficiencia de remoción de partículas de hierro en la estructura porosa de los filtros en cerámica.

Es importante mencionar la presencia de un valor atípico dentro del análisis estadístico; registrando un valor de 2,11 mgFe/L en la muestra de agua cruda tomada en el punto denominado “Escuela la Chapa”. La variación significativa de este valor en la muestra de agua presume el desprendiendo de partículas de hierro en tuberías y accesorios metálicos antiguas u obsoletas.

7.1.6 Turbiedad



Resumen Estadístico para Turbiedad H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	5,555	0,423333

Desviación Estándar	6,9547	0,123072
Coefficiente de Variación	125,197%	29,0721%
Mínimo	1,47	0,26
Máximo	19,2	0,62
Rango	17,73	0,36
Sesgo Estandarizado	2,07745	0,400795
Curtosis Estandarizada	2,1858	0,36162

Comparación de Medianas para Turbiedad H2O

Mediana de muestra 1: 2,36

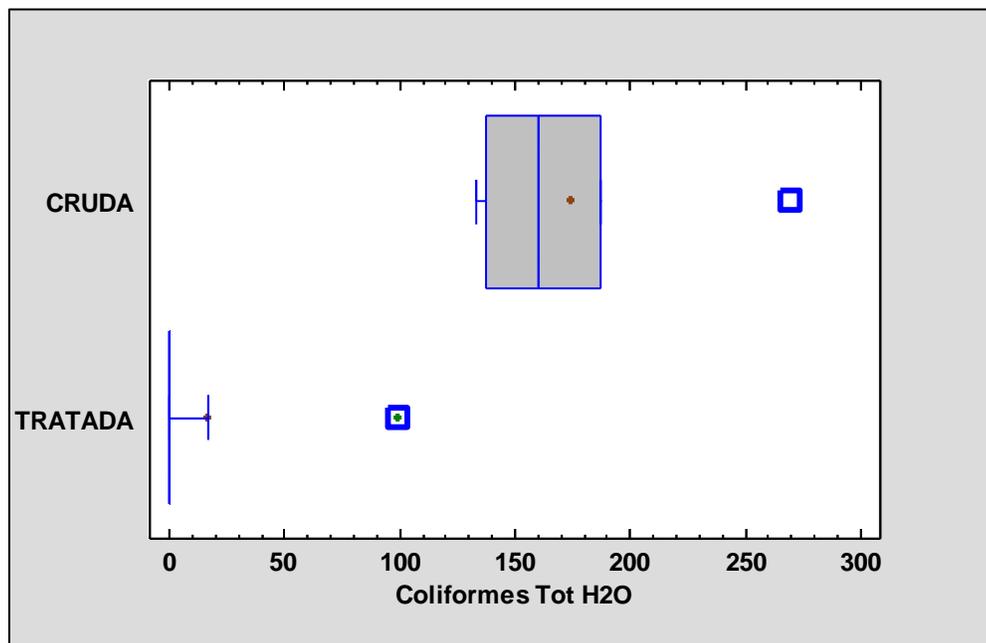
Mediana de muestra 2: 0,435

Interpretación:

La Turbiedad fue un parámetro físico en el que también se observó una gran eficiencia de remoción, aún en casos en los que el agua cruda se encontraba condiciones físicas muy por encima de los valores máximos permisibles. La remoción de turbiedad, al igual que el Color aparente, está dada por la estructura porosa de la cerámica y el carbón activado alojado dentro del filtro, en donde queda atrapado toda partícula en suspensión.

Otro caso atípico se reporta en la muestra de agua cruda de la “Escuela la Chapa”, situación que pone en alerta a este acueducto sobre problemas en las redes de distribución, almacenamiento y/o reparto de este establecimiento educativo o de la red distribución número 1.

7.1.7 Coliformes Totales y E coli



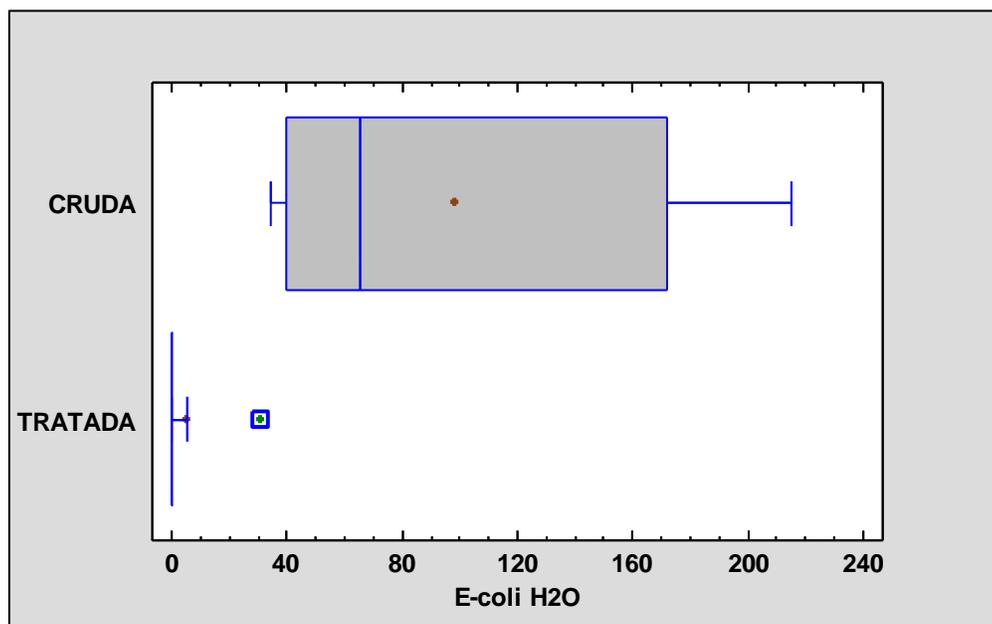
Resumen Estadístico para Coliformes Tot H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	174,667	16,5
Desviación Estándar	50,7569	40,4166
Coefficiente de Variación	29,0593%	244,949%
Mínimo	133,0	0
Máximo	270,0	99,0
Rango	137,0	99,0
Sesgo Estandarizado	1,68224	2,44949
Curtosis Estandarizada	1,50689	3,0

Comparación de Medianas para Coliformes Tot H2O

Mediana de muestra 1: 160,5

Mediana de muestra 2: 0



Resumen Estadístico para E-coli H2O

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	6	6
Promedio	98,6667	5,16667
Desviación Estándar	75,8622	12,6557
Coefficiente de Variación	76,8873%	244,949%
Mínimo	34,0	0
Máximo	215,0	31,0
Rango	181,0	31,0
Sesgo Estandarizado	0,975344	2,44949
Curtosis Estandarizada	-0,545545	3,0

Comparación de Medianas para E-coli H2O

Mediana de muestra 1: 65,5

Mediana de muestra 2: 0

Interpretación

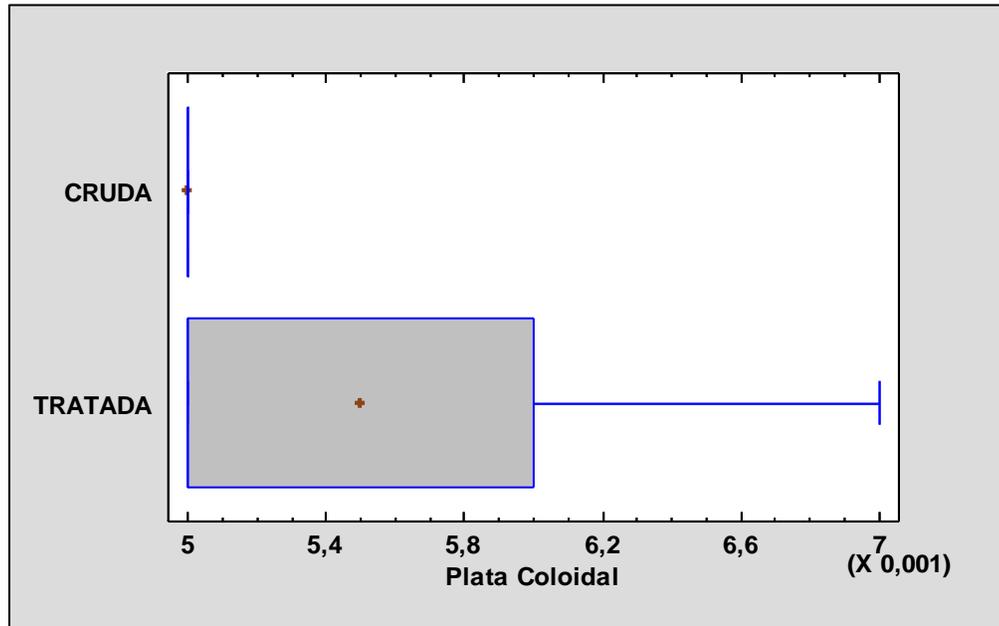
Los reportes de las pruebas microbiológicas en todos los casos en los que se aplicó plata coloidal a los filtros en cerámica generaron una desinfección del 100% de coliformes totales y el E. Coli presentes en el agua cruda.

En cuanto al prototipo de filtración sin plata coloidal, presentó una remoción parcial de la carga microbiológica del agua. Análisis que permite concluir la necesidad de aplicar plata coloidal para eliminar el 100% de las bacterias del agua.

Si se compara la carga microbiana presente en el tanque de almacenamiento y la reportada en las muestras de agua cruda de los diferentes puntos del acueducto, se puede apreciar un incremento notable del crecimiento bacteriano; situación que se puede presentar por la antigüedad de la red de distribución del agua, la falta de mantenimiento a la infraestructura del acueducto y la ausencia de un mecanismo de desinfección periódico de las redes de aducción del acueducto, que propician el crecimiento y acumulación microbiana en el agua.

Se vuelve a reportar un caso atípico en las muestras de agua tomadas en la “Escuela La Chapa”, en esta oportunidad en la concentración de microorganismos de coliformes totales y E-coli en el agua cruda; resultado redundante que sugiere la revisión de las condiciones estructurales de los sistemas de abastecimiento de agua a este suscriptor.

7.1.8 Plata coloidal



Resumen Estadístico para Plata Coloidal

	ORIGEN=CRUDA	ORIGEN=TRATADA
Recuento	1	6
Promedio	0,005	0,0055
Desviación Estándar		0,00083666
Coefficiente de Variación		15,212%
Mínimo	0,005	0,005
Máximo	0,005	0,007
Rango	0	0,002
Sesgo Estandarizado		1,53672
Curtosis Estandarizada		0,714286

Interpretación

Al revisar la Resolución 2115 de 2007 no encuentra un valor base para la concentración máxima permisible del parámetro de Plata (Ag) en el agua de consumo humano; por lo que fue necesario compararlo con lo establecido en las Normas Estándares Secundarios para el Agua Potable (NSDWRs) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América. En todos los casos en los que se utilizó plata coloidal como solución desinfectante en los filtros en cerámica, no se excedió el valor de 0,1 mg Ag/L en las muestras de agua después del tratamiento. Lo cual indica inocuidad en el agua para consumo humano desinfectada con una solución de plata coloidal.

8 PRESUPUESTO

En este capítulo se realizará una descripción sobre los recursos utilizados durante el proyecto aplicado y cada una de sus etapas investigativas, cuantificando las inversiones y relacionando el aporte de cada uno de los patrocinadores, como evidencia de la administración de sus aportes y valoración económica del presente estudio.

Tabla 11.
Presupuesto requerido en viáticos

Viáticos	Número de viajes	Valor Unitario	Valor total
Morca	3	\$ 40.000	\$ 120.000
Belén (Tuaté)	5	\$ 15.000	\$ 75.000
Ráquira	5	\$ 64.000	\$ 320.000
Acueducto	9	\$ 10.000	\$ 90.000
Universidad	15	\$ 34.000	\$ 510.000
Total			\$ 1.115.000

Fuente: El Autor

Tabla 12.
Presupuesto requerido en la construcción de los filtros en cerámica

Construcción de filtros	Número de filtros	Valor Unitario	Valor total
Morca	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Belén (Tuaté)	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Ráquira	14	\$ 10.000	\$ 140.000
Baldes	7	\$ 25.000	\$ 175.000
Total			\$ 395.000

Fuente: El Autor

Tabla 13.
Presupuesto requerido en materiales y equipos

Materiales y Equipos	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Recipientes Ámbar 1L	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Equipo TDS	1	\$ 150.000	\$ 150.000
EPP laboratorio	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Plata coloidal (COLARGOL)	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000

Total	\$ 1.540.000
--------------	---------------------

Fuente: El Autor

Tabla 14.

Presupuesto requerido en pruebas de laboratorio

Pruebas Laboratorio	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Muestras de Laboratorio	13	\$ 210.400	\$ 2.735.200
Personal laboratorio	1	\$ 90.000	\$ 90.000
Total			\$ 2.825.200

Fuente: El Autor

Tabla 15.

Análisis general del presupuesto del proyecto aplicado

Componentes	Valor Unitario
Viáticos	\$ 1.115.000
Construcción de filtros	\$ 395.000
Materiales y Equipos	\$ 1.540.000
Pruebas Laboratorio	\$ 2.825.200
Total	\$ 5.875.200

Fuente: El Autor

Tabla 16.

Análisis general del presupuesto del proyecto aplicado

Aporte inversionista	Valor invertido
Colminer Ltda	\$ 800.000
Sociedad Minera Los Pinos	\$ 800.000
Energy Coal	\$ 950.000
Analizar Laboratorio Físicoquímico	\$ 388.720
Investigador	\$ 3.736.480
Total	\$ 5.875.200

Fuente: El Autor

9 CRONOGRAMA

En el desarrollo del proyecto es importante mencionar el tiempo que tomó dar cumplimiento a cada una de las actividades necesarias para alcanzar los objetivos trazados al iniciar la investigación. Por ello en la siguiente figura se compendia la cronología general del proyecto aplicado.

N°	Actividades	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8				MES 9				MES 10				MES 11				MES 12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Planeación metodología de trabajo	■	■	■	■																																												
2	Recolección y análisis de la información					■	■	■	■																																								
3	Revisión y análisis del estado del Arte									■	■	■	■	■	■	■	■																																
4	Construcción Filtros en cerámica													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
5	Preparación Plata Coloidal en Laboratorio																					■	■	■	■	■	■	■	■																				
6	Consulta, cotización y compra COLARGOL																									■	■	■	■																				
7	Preparación y aplicación Plata Coloidal																													■	■																		
8	Periodo de drenaje exceso COLARGOL																																	■	■														
9	Recolección y análisis muestras de laboratorio																																	■	■	■	■												
10	Análisis de resultados y elaboración del escrito final																																					■	■	■	■								

Figura 6. Cronograma general del proyecto aplicado

Fuente: El Autor

10 CONCLUSIONES

Sobre El Acueducto Rural Ojo de Agua

Los Filtros en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC) son altamente eficientes para el tratamiento de agua de consumo humano a nivel casero en el acueducto rural “Ojo de Agua”, del municipio de Socha (Boyacá), reportando un 99% de efectividad en el tratamiento fisicoquímico y microbiológico del agua, con respecto a los resultados obtenidos y su comparación con los valores máximos permisibles de la normatividad colombiana vigente. Además, es una alternativa tecnológica idónea en el tratamiento de agua, ajustándose a las condiciones técnicas, sociales, económicas y ambientales del sector.

De acuerdo con los resultados del análisis de laboratorio tomados en el agua del tanque de almacenamiento principal y las muestras de agua cruda de cada punto de estudio, se concluye que el mal estado y longevidad de la infraestructura de aducción realiza un aporte contaminante de la condición fisicoquímica y microbiológica del agua, especialmente en las variables de Coliformes Totales y E-coli.

Sobre Los Filtros En Cerámica Con Plata Coloidal

Los Filtros en cerámica con un contenido de plata coloidal lograron eliminaron el 100% de los Coliformes Totales y E-coli en todas las concentraciones probadas de COLARGOL al 220pp, 200ppm, 150ppmy 100ppm.

Se presentó remoción de microorganismos en el Filtro Blanco (Sin Plata coloidal), pero no alcanza a cumplir con los valores máximos permisibles de la norma de calidad de agua en Colombia; por lo tanto, es necesario siempre aplicar plata coloidal a los filtros en cerámica, para mejorar su eficiencia en la desinfección.

El Filtro en cerámica logra mejorar el pH del agua a tratar, llevándola a condiciones aptas para su consumo.

Se evidencia una alta eficiencia del FCPC en la remoción de partículas de hierro, mejorando sustancialmente la calidad del agua.

Se observó la presencia traza de fosfatos en las aguas tratadas por los filtros en cerámica, posiblemente por la presencia de este elemento químico en la composición del suelo de donde se obtuvo la arcilla para elaborar las cerámicas. Condición que se normaliza con el tiempo, al presentarse un lavado progresivo de los fosfatos de la cerámica, en el funcionamiento del filtro por 15 días y un mes de uso. Se resalta que la concentración de fosfatos aportada por los filtros no es significativa y que esta se encuentra dentro de los valores máximos permisibles según la normatividad colombiana.

Se recomienda el uso de una mezcla de 50% de arcilla por 50% de aserrín en el proceso de fabricación de la cerámica, para obtener una porosidad homogénea y por consiguiente una tasa de filtración óptima.

Es viable llevar a cabo la fabricación de los Filtros en cerámica en las alfarerías del municipio de Ráquira, dado el amplio conocimiento sobre las técnicas de alfarería y las condiciones logísticas de los centros; generando confianza y seguridad en la construcción de cerámicas de buena calidad.

El proceso de construcción de los filtros también es viable en las alfarerías del municipio Belén (vereda de Tuaté); sin embargo, es necesario tecnificar sus procedimientos para la producción de cerámicas de buena calidad.

La plata coloidal proveída por LABORATORIOS ARGENOL de España presenta una coloración marrón, diferente a la coloración mencionada por otros autores en el uso de otros

tipos de plata coloidal; es necesario dejar secar bien el filtro una vez aplicada esta sustancia y además se recomienda limpiar los excesos externos de plata coloidal de la cerámica, realizando pasadas de agua durante mínimo quince días, hasta que la coloración del agua filtrada sea organolépticamente incolora.

La experiencia obtenida en el desarrollo del proyecto aplicado a nivel profesional tuvo un aporte académico y social significativo para el investigador, acercando las herramientas de la ciencia a los problemas socioambientales de las comunidades rurales y permitiendo develar la función altruista de la academia en el proceso de mejorar la calidad de vida de los más necesitados.

11 RECOMENDACIONES

Sobre El Acueducto Rural Ojo de Agua

Es importante acompañar el tratamiento del agua con buenas prácticas de manejo del Filtro, como limpieza y desinfectado del entorno que lo rodea, limpieza periódica del recipiente de almacenamiento (Balde) mínimo una vez por mes, evitar el contacto de la cerámica con elementos contaminados y mantener buenas condiciones de aseo personal en la recarga de agua en la cerámica.

La educación ambiental en temas como lavado de manos y buenas condiciones sanitarias a nivel doméstico también ayudarán a prevenir el desarrollo de enfermedades de origen hídrico en los usuarios del acueducto rural.

De forma particular se sugiere la revisión de los sistemas de distribución, almacenamiento y reparto del agua que abastecen a los usuarios de la “Escuela La Chapa”, lugar en donde se encontraron resultados estadísticos atípicos con valores de contaminación del agua cruda superiores en comparación con las demás muestras de agua del acueducto.

Es necesario realizar inspecciones periódicas a la infraestructura de captación, conducción, aducción, almacenamiento y reparto del agua en el acueducto, identificando fugas, grietas, conexiones erradas, lodos depositados o elementos exógenos que puedan afectar la calidad del agua; registrando toda novedad en un libro de bitácoras, para facilitar el seguimiento y control interno.

El cambio en la canalización de aguas de canal abierta por tubería PVC, en los tramos localizados antes del tanque de almacenamiento, ayudarán a disminuir el ingreso de elementos fisicoquímicos y microbiológicos exógenos, además de evitar pérdidas del líquido por infiltración y evaporación.

Sobre Los Filtros En Cerámica Con Plata Coloidal

Se recomienda aplicar una concentración de 200 y 220 ppm de COLARGOL a los filtros en cerámica, siguiendo lo concluido en la experiencia de otros autores y las condiciones de eficiencia reportadas en este estudio. El aplicar una concentración menor da paso a que al lavar el exceso de plata de filtro y que con el tiempo de funcionamiento pueda no tener la misma capacidad bactericida en el agua. Sin embargo, este concepto podrá ser motivo de estudio para futuras investigaciones.

Debido a la disminución en la tasa de filtración de las cerámicas con la aplicación del COLARGOL, se sugiere renovar la tasa de filtración por medio de un bruñido suave con un cepillo dental alrededor de la cerámica, normalizando el paso de agua de 1 a 2 litros por hora. Esta recomendación se sugiere conforme de lo expresado en experiencias de otros autores al respecto.

De otro lado se propone que para futuras investigaciones sobre los FCPC que utilicen COLARGOL, como sustancia desinfectante, se evalué su efecto bactericida una vez realizado el cepillado de renovación de la tasa de filtración.

Es necesario fortalecer los procesos de capacitación a los usuarios del acueducto sobre el manejo adecuado del FCPC, además realizar seguimientos periódicos al uso del sistema y a la calidad del agua tratada.

12 FUENTE DE INFORMACIÓN

Albuquerque, C., & Roaf, V. (abril de 2012). *Derechos hacia el final Buenas Prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento*. Recuperado el 06 de mayo de 2018, de http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_sp.pdf

CIDBIMENA. (s.f.). Obtenido de

http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14587/doc14587-b.pdf

Corte Constitucional Republica de Colombia. (2011). *Sentencia T-740/11*. Obtenido de

<http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-740-11.htm>

DNP. (3 de Julio de 2014). *Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*. Obtenido de minvivienda.gov.co:

<http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810%20-%202014.pdf>

Holladay, R., & Moeller, W. (17 de Junio de 2014). *ANTIVIRAL COLLOIDAL SILVER*.

Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US8753691B2/en>

Ignatov, I., & Mosin, O. (2016). *Microdispersed Colloid Silver Nanoparticles Studying and Properties. Journal of Medicine, Physiology and Biophysics*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/322754478_Microdispersed_Colloid_Silver_Nanoparticles_Studying_and_Properties

Instituto Nacional de Salud. (2017). *Estado de la vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2016*. Obtenido de

<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/Informe%20Nacional%20de%20Calidad%20del%20Agua%202016.pdf>

Kvitek, L., Panacek, A., Pucek, R., Soukupova, J., Vanickova, M., Kolar, M., & Zboril, R.

(2011). *Antibacterial activity and toxicity of silver - nanosilver versus ionic silver*. (N. 1.

Journal of Physics: Conference Series (Vol. 304, Ed.) doi:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/304/1/012029>

- Kvitek, L., Panacek, A., Pucek, R., Soukupova, J., Vanickova, M., Kolar, M., & Zboril, R. (2011). *Antibacterial activity and toxicity of silver*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 304, No. 1, p. 012029). doi:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/304/1/012029>
- Lantagne, D. (21 de Diciembre de 2001). *Investigación del filtro de barro impregnado con plata coloidal promovido por Ceramistas Por La Paz*. Obtenido de www.filtroekofil.com:
<http://www.filtroekofil.com/estudios/Daniele%20S.%20Lantagne%20USAID%202001.pdf>
- Lerma, D. A. (2012). *Filtros cerámicos una alternativa de agua segura*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/>
- Min. Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Alternativas tecnológicas n agua y saneamiento para el sector rural*. Obtenido de Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título J:
http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/100811_titulo_j_ras%20_.pdf
- Nardo, R. (16 de Noviembre de 2005). *Factory Startup Manual: For The Production of Ceramic Water Filters* . Obtenido de potterswithoutborders.com:
<http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2012/07/production-manual-iraq.pdf>
- OMS. (2003). *Silver in Drinking-water Background document for development ofWHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/silver.pdf

OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable Volumen 1*. Obtenido de Organización Mundial de la salud Web site:

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

OMS. (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*. Obtenido de http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf

ONU. (16 de agosto de 2007). *Informe del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos sobre el alcance y el contenido de las obligaciones pertinentes en materia de derechos humanos relacionadas con el acceso equitativo al agua potable y el saneamiento que imponen*. Recuperado el 06 de mayo de 2018, de ONU Web site:

http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Programs/Right_to_Water/Pdf_doct/report_of_the_UN_High_Commissioner_spanish.pdf

ONU. (28 de julio de 2010). *Resolución 64/292 - El derecho humano al agua y el saneamiento*. Recuperado el 06 de mayo de 2018, de ONU Web site:

http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S

Pais, I., & Jones Jr, J. (1997). *The Handbook of trace Elements*. Obtenido de CRC Press:

[https://books.google.com.co/books?id=8mRkQxktGgoC&lpg=PR11&ots=HEFbFtZdX7&dq=CRC%20\(1997\).%20The%20Handbook%20of%20Trace%20Elements.&lr&hl=es&pg=PR6#v=onepage&q=silver&f=false](https://books.google.com.co/books?id=8mRkQxktGgoC&lpg=PR11&ots=HEFbFtZdX7&dq=CRC%20(1997).%20The%20Handbook%20of%20Trace%20Elements.&lr&hl=es&pg=PR6#v=onepage&q=silver&f=false)

Perez Vidal, A., Díaz Gómez, J., Salamanca Rojas, K., & Rojas Torres, L. Y. (2016).

Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica. Revista de Salud Pública, 18(2), 275-289.

doi:<http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n2.48712>

- Prucek, R., Kvítek, L., & Hrbáč, J. (1 de Septiembre de 2004). *Silver Colloids - Methods of preparation and utilization*. Obtenido de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/267304409_SILVER_COLLOIDS_METHODS_OF_PREPARATION_AND_UTILIZATION
- Rivera, R. (2004). *EL FILTRON Filtro Cerámico para Agua Potable*. Obtenido de IDEASS Nicaragua. Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur:
http://www.ideassonline.org/pdf/br_28_59.pdf
- Riviera, R. (2004). *El filtron, filtro cerámico para agua potable*. Obtenido de IDEASS:
http://www.ideassonline.org/pdf/br_28_59.pdf
- Rodriguez Miranda, J. P., Garcia Ubaque, C. A., & Garcia Ubaque, J. C. (22 de Julio de 2016). *Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia*. doi:DOI:
<http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n5.54869>
- Russell, A., & W.B., H. (1994). *Antimicrobial Activity and Action of Silver*.
- Salamanca, K., & Gómez, A. (2016). *Proyecto Concesión de Agua Superficial Acueducto Ojo de Agua*. Socha. Recuperado el 10 de Junio de 2018
- UNICEF & Procuraduría General de la Nación. (2006). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales*. Obtenido de Unicef.org Colombia Web site: <https://www.unicef.org/colombia/conocimiento/agua.htm>
- UNICEF. (2007). *Use of Ceramic Water Filters in Cambodia*. Retrieved from Water Sanitation Program: https://www.unicef.org/eapro/WSP_UNICEF_FN_CWP_Final.pdf
- US EPA. (2017). *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency Web site:

<https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>

Vidal Henao, S. M. (2010). *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas*. Obtenido de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2086/628352V648.pdf;jsessionid=5572C5244838682B5BB001F775228235?sequence=1>

13 ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica COLARGOL (TDS)



www.laboratorios-argenol.com

LABORATORIOS ARGENOL S.L.
 Autovía de Logroño km 7.400. Pol. Europeo 2.ª planta 1
 50011 Zainosa (Spain)
 Tel. +34 976 336 266 - Fax. +34 976 533 580
 lab-argenol@laboratorios-argenol.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

PRODUCT:	COLLOIDAL SILVER
BATCH NUMBER:	C18-0388

DETERMINATIONS	SPECIFICATIONS	RESULTS	METHOD
Appearance	Green or bluish-black metallic shiny flakes or powder, hygroscopic	CORRECT	EP 9.0
Characteristics: solubility	Freely soluble or soluble in water, practically insoluble in ethanol and methylen chloride	CORRECT	EP 9.0
Identification A	Violet color	CORRECT *	EP 9.0
Identification B	Precipitate soluble in water	CORRECT *	EP 9.0
Identification C. Reaction of silver	White precipitated dissolves on dilute ammonia	CORRECT *	EP 9.0
Solution S	Complete	CORRECT	EP 9.0
Alkalinity	= > 1.5 ml NaOH 0.1N	3.1	EP 9.0
Silver ions	No precipitate	CORRECT	EP 9.0
Sensitivity to electrolytes	No opalescence	CORRECT	EP 9.0
Water insoluble substances	< = 1.0 %	0.1	EP 9.0
Loss on drying 80°C	< = 8.0 %	1.1	EP 9.0
Silver content	70.0 - 80.0 %	72.3	EP 9.0

MANUFACTURING DATE: 28/03/18

RETEST DATE: 28/03/22

LABORATORIOS ARGENOL S.L.
21/06/18


 Autovía de Logroño km. 7.400
 Polígono Europeo 2.ª planta 1
 50011 - Zainosa (Spain)
 Tel: 976 336 266 - Fax: 976 533 580

Anexo 2. Certificado de Análisis COLARGOL (Certificado de análisis)

Autovía de Logroño, Km. 7,400
Polígono Europa 2, Nave 1
50011 Zaragoza (España)

TEL: +34-976-336266
FAX: +34-976-533659
www.laboratorios-argenol.com

PRODUCT DATA SHEET

PRODUCT: COLLOIDAL SILVER
PHARMACOPEIA: European 9.0
CAS N°: 9007-35-6

DETERMINATIONS**SPECIFICATIONS****CHARACTERISTICS**

Green or bluish-black metallic shiny flakes or powder, hygroscopic.

SOLUBILITY

Freely soluble or soluble in water, practically insoluble in ethanol and methylene chloride.

IDENTIFICATION A, B, C:

A. Violet colour.
B. Precipitate soluble in water.
C. White precipitated dissolves on dilute ammonia.

TESTS:

Solution S	Complete
Alcalinity	≥ 1,5 ml NaOH 0.1N
Silver ions	No precipitate
Sensitivity to electrolytes	No opalescence
Water insoluble substances	≤ 1.0%
Loss on drying 80°C	≤ 8.0%
Silver content	70.0 - 80.0%

SYNONIMS:

Collargol, Argentum Colloidale

USAGE:

Strong antiseptic

STORAGE:

In well closed containers, protected from Light

PHARMACOPEIAS:

French IX, Belgian, Swiss, Spanish, DAB-6, Russian

Anexo 3. Reporte De Resultados Analizar Laboratorio Físicoquímico



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/04/07

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24004 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Duitama
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Superficial Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Acueducto La Chapa Socha
 Punto de Toma: Tanque de Almacenamiento
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/03/14 14:06
 Recolectada por: El Solicitante - Andrés Sebastián Gómez
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/03/15 07:30
 Objeto: Control Estadístico
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/03/15 a 2018/04/07

DESCRIPCIÓN	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl/L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ -B
Color Aparente (A)	JPC	6,51	15	SM 2120 C
Conductividad (A)	microsiemens/cm	7,1	1000	SM 2510 B
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	3,40	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,14	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ -B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH	Unidades de pH	5,78	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	JNT	1,43	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	<11,51	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	JFC/100 cm ³	190	0	SM 9222 H
E. Coli	JFC/100 cm ³	80	0	SM 9222 H
* Plata (A)	mg Ag/L	<0,005	N.E.	SM 3111 B
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/18

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24711 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda Soledad Pinzón Socha
 Punto de Toma: Filtro V - N: 1153254,37; E: 1149579,44; A: 2548 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 12:30
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/18

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	14	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,72	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	19,0	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl/L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	UPC	5,15	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,57	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,45	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	3,87	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	0,43	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	16	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	<0,005	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/14

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24712 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda de Soledad Pinzón Socha
 Punto de Toma: Grifo Lavaplatos - N: 1153254,37; E: 1149579,44; A: 2548 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 12:40
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/14

DESCRIPCION	EXPRESTION	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	4	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,43	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	19,4	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	JPC	17,31	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	1,78	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,61	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	6,46	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	13	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	167	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	70	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/09/04

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24713 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda Familia Uscátegui Socha
 Punto de Toma: Filtro VI - N: 1152924.86 ; E: 1149699,76 - A: 2694 m.s.n.m
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 13:20
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/09/04

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	11	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,70	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	16,6	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	UPC	5,85	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,77	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,38	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	0,44	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	15	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	0,006	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/14

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24714 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda de Familia Uscátegui Socha
 Punto de Toma: Grifo Lavaplatos - N: 1153356,34; E: 1149306,03; A: 2566 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 13:30
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/14

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	4	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,04	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	18,2	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ -B
Color Aparente (A)	UPC	7,80	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<1,68	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,15	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ -B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	1,61	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	<11,65	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	137	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	61	0	SM 9222 J
ENSAYO ADICIONAL				



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/25

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24715 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda de Marora Pinzón Socha
 Punto de Toma: Filtro I - N: 1152990,42; E: 1149221,87; A: 2641 m.s.n.m
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 14:10
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/25

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	12	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,56	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	17,5	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	3,36	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	UPC	4,60	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	3,17	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,65	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	0,26	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	19	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	<0,005	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				

Fecha: 25/08/2018 08:57:33 am.

GT-INF-01/F.R.:Enero-18v.1.1
 PAGINA: 1 DE 2

CARRERA 33 16 - 27 TEL. 7614955 - 7614647 DUITAMA E.mail. dtanalizar@gmail.com



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/25

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24716 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda Marora Pinzón Socha
 Punto de Toma: Filtro II - N: 1152990,42; E: 1149221,87; A: 2641 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 14:20
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/25

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	11	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,61	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	17,3	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	4,20	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ -B
Color Aparente (A)	UJC	5,77	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,97	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,71	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ -B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	0,33	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	20	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	<0,005	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	99	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	31	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/14

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24717 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda de Marora Pinzón Socha
 Punto de Toma: Grifo - Alberca - N: 1152985,88 ; E: 1149226,02 - A: 2656 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 14:30
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/14

DESCRIPCIÓN	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	4	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,2	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	16,2	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	UJC	7,56	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	1,78	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,16	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	1,47	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	<11,65	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	153	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	34	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/14

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24718 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Caja de Reparto - Luis Rodríguez Socha
 Punto de Toma: Entrada a Caja de Reparto - N: 1153031,20 ; E: 1149099,99 - A: 2699 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 14:40
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/14

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	4	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	5,9	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	13,5	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	UJC	7,72	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	1,98	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,11	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	1,48	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	12	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	133	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	40	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



Duitama, 2018/09/04

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24719 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Escuela Socha
 Punto de Toma: Filtro IX - N: 1153356,34; E: 1149306,03; A: 2566 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 15:40
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/09/04

DESCRIPCIÓN	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	16	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,7	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	19,3	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	3,78	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	JPC	7,17	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	4,95	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,34	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	JNT	0,62	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	20	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	<0,005	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/25

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24720 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmienta Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Escuela Socha
 Punto de Toma: Grifo Entrada a Tanque de Almacenamiento - N: 1152924,86 ; E: 1149699,76 - A:
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 15:50
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/25

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	4	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,16	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	18,7	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	JPC	21,05	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,18	300	SM 2340 C
Fosfatos	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	2,11	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	19,9	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	<11,65	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	270	0	SM 9222 J
E. Coli	UFC/100 cm ³	215	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Resolución
 N° 1633/17

Duitama, 2018/08/25

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24721 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Tratada
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda Familia Vega Socha
 Punto de Toma: Filtro IV - N: 1153670,77 ; E: 1148889,53 - A: 2527 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 17:20
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/25

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	15	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,65	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	18	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	5,88	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	JPC	6,63	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,97	300	SM 2340 C
Fosfatos	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,29	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	<0,05	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	0,02	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	UNT	0,46	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	16	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
* Plata (A)	mg Ag/L	0,007	N.E.	SM 3111 B
Coliformes totales	JFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
E. Coli	JFC/100 cm ³	0	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUIMICO LTDA
MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1



Duitama, 2018/08/14

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG24722 - 18

IDENTIFICACIÓN

Solicitante: **ANDRES SEBASTIAN GOMEZ RUIZ**
 Dirección: Cr 16 B 12 B 18 Garagoa
 Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
 Tipo de Agua: Nadmiento Cruda
 Sitio de Muestreo: Vereda La Chapa - Vivienda Familia Vega Socha
 Punto de Toma: Grifo Lavaplatos - N: 1153670,77 ; E: 1148889,53 - A: 2527 m.s.n.m.
 Tipo de Muestreo: Simple
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018/08/08 17:30
 Recolectada por: Analizar Ltda.
 Fecha y Hora de Recepción: 2018/08/09 07:30
 Objeto: Caracterización
 Condición de Recepción: Refrigerada
 Período de Análisis: De 2018/08/09 a 2018/08/14

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN CAMPO (A)				
Conductividad (A)	microsiemens/cm	5	1000	SM 2510 B
Olor	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
pH (A)	Unidades de pH	6,5	6,5 a 9,0	SM 4500-H ⁺ B
Sustancias flotantes	Cualitativo	Ausentes	Ausentes	Observación
Temperatura (A)	°C	16,0	N.E.	SM 2550 B
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	<2,94	200	SM 2320 B
Cloruros (A)	mg Cl ⁻ /L	<5,41	250	SM 4500-Cl ⁻ B
Color Aparente (A)	JPC	14,03	15	SM 2120 C
Dureza Total (A)	mg CaCO ₃ /L	2,77	300	SM 2340 C
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0,04	0,50	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,24	0,30	SM 3500-Fe
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	0,1	SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Sulfatos (A)	mg SO ₄ ²⁻ /L	<3,83	250	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbiedad (A)	JNT	3,11	≤2	SM 2130 B
Sólidos disueltos totales (A)	mg SDT/L	14	N.E.	SM 2540 C / Cálculo
Coliformes totales	JFC/100 cm ³	187	0	SM 9222 J
E. Coli	JFC/100 cm ³	172	0	SM 9222 J
FIN DE LOS ENSAYOS				