

**EDUCACIÓN AMBIENTAL CON LA COMUNIDAD RURAL DE QUETAME
(CUNDINAMARCA) ENTORNO A LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS
QUEBRADAS GRANDE Y BLANCA**

**CINDY LORENA CRUZ OVALLE
MANUEL SEBASTIÁN MARTÍNEZ
DANIELA RUSINQUE MENDIVELSO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA**

2023

**EDUCACIÓN AMBIENTAL CON LA COMUNIDAD RURAL DE QUETAME
(CUNDINAMARCA) ENTORNO A LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS
QUEBRADAS GRANDE Y BLANCA**

CINDY LORENA CRUZ OVALLE

CÓDIGO: 2017215019

MANUEL SEBASTIÁN MARTÍNEZ

CÓDIGO: 2018115034

DANIELA RUSINQUE MENDIVELSO

CÓDIGO: 2017215059

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE LICENCIADOS EN QUÍMICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN
AMBIENTAL AL CURRÍCULO DE CIENCIAS**

DIRECTORA: DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR

CODIRECTORA: NOHORA MARLEN ARIAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EN QUÍMICA

BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

2023

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios por acompañarnos en este camino y permitirnos alcanzar este sueño, que estuvo lleno de enseñanzas y aprendizajes. Agradecemos a cada docente con los que tuvimos el privilegio de compartir y nos acompañaron durante este proceso, en especial al profesor Jaime Casas, a la docente Dora Luz Gómez por desarrollar con compromiso su labor de tutora, a nuestra codirectora Nohora Vargas por su dedicación y orientación en los momentos que más lo necesitamos, a Mercy Viasus y Giovanni Pérez por su gran ayuda en cada práctica de laboratorio y estar siempre puestos a colaborarnos en cada inquietud. A nosotros mismos, por el ánimo y ganas de salir adelante con la investigación, por no rendirnos a pesar de las dificultades que se pudieron presentar, por tener esa perseverancia de lograr el objetivo de ser por fin Licenciados en Química.

DEDICATORIA

Este nuevo logro se lo dedico a toda mi familia por impulsarme y ser mi apoyo durante este proceso, por ello, primeramente, se lo dedico a mi mamá Rosa Martínez por su sacrificio a lo largo de estos años, por inculcarme lo importante que es el estudio y lo valioso que es aprender a nunca rendirse. A mis hermanas, Jennifer y Marcela, por darme su ejemplo y por sus consejos. A mi pareja Laura Téllez por su amor, ayuda incondicional y compañía en cada paso que doy. A mis mascotas Sasha y Maya, que fueron una compañía fundamental en los días y noches de trabajo. A mis amigos que estuvieron presentes para poder sacar este logro adelante, en especial a mi gran amigo Santiago Parada, con el que viví gran parte de mi adolescencia, compartiendo buenos y malos momentos, siempre te recordaré con mucho cariño, sé que desde donde estas me ayudas a guiar mi camino. A la Universidad Pedagógica Nacional y a sus docentes que guiaron y aportaron a mi formación como Licenciado en química. Gracias a cada uno por ser parte de esta etapa tan importante en mi vida.

Sebastián M.

Principalmente a Dios, a la Universidad que me albergo como si fuera mi segundo hogar, durante todo este tiempo y que gracias a ello hoy no solo tengo un título si no algo más valioso, una familia con un compañero que hoy es mi amor es mi motivación, junto a nuestra hija Doris Luciana, a ti Jersson Mora quien me has acompañado durante todo este proceso, has sido tú el principal testigo de mis lágrimas y mis sonrisas, a la familia Mora Clavijo, que me han adoptado en su hogar como una hija más. A mis padres Lucia, Salvador y mi hermana Sandra que quienes con su consejo y su anhelo ayudaron a que fuera alguien en la vida, me alentaron a cumplir este sueño, hoy pueden sentirse orgullosos de su hija profe. Finalmente, y no menos importante a las amistades forjadas con quienes reí y llore, Daniela y Lorena, no podría dejar de lado a los profes que me acompañaron durante este proceso y a quienes de una u otra manera admiro Nohora Marlen, Dora Luz, Luis Enrique Caro entre otros tantos.

Lorena C.

Dedico esta meta a esa niña que siempre soñó con ser profesora y lo pudo hacer realidad, a mis padres Ana y José que cumplí por ellos ese sueño de ser docentes, por siempre estar apoyándome y dándome ánimos de seguir formándome, a mi pareja Sebastián por creer en mí, por acompañarme cuando me sentía sola, por el amor incondicional que me brindó durante este tiempo, a mi madrina Eulalia por ser esa persona leal para mí y mi familia, a mis amigas Cindy y Lorena por ser esa voz de aliento en diferentes etapas de la carrera, empezamos, nos cruzamos y terminamos juntas como profesionales, por ayudarme a ser más optimista, por esas palabras que me hacían sentir más tranquila, a mis amigas Maira, Mesalin, Ivonne, Michelle, Valeria, Yuly y Dayana que pudieron sacar sonrisas en momentos de tristeza, me enseñaron que a pesar de todo siempre existe una luz al final del túnel y por último a mi alma mater la UPN, que la llevaré con mucho orgullo y amor.

Daniela R.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.1 Pregunta problema:	13
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general:	14
4.2 Objetivos específicos:	14
5. ANTECEDENTES	15
5.2 Antecedentes Didácticos:	18
5.2 Antecedentes Disciplinarios	19
6. MARCO TEÓRICO	23
6.1 Educación ambiental:	23
6.2 Aprendizaje basado en contexto:	23
6.3 Generalidades del municipio:	24
6.4 Extensión Territorial:	24
6.5 Actividades económicas:	25
6.6 Índices de calidad de aguas	26
6.6.1 IRCA:	27
6.6.2 Viña & Ramírez:	27
6.6.3 IDEAM:	28
7. METODOLOGÍA	30
7.1 Fase uno, visita al municipio	31
7.2 Fase dos, caracterización de la población	31
7.3 Fase tres, muestreo y análisis	31
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS	34
8.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de: Las Quebradas Grande y Blanca, Mezcla de Quebradas (antes del proceso) y agua tratada del municipio de Quetame-Cundinamarca.	34
8.1.1 pH	34

8.1.2	Oxígeno disuelto	37
8.1.3	Demanda química de oxígeno (DQO)	40
8.1.4	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	43
8.1.5	Nitrógeno total.....	44
8.1.6	Fósforo total	48
8.1.7	Coliformes totales.....	50
8.1.8	Sólidos suspendidos totales.....	52
8.1.9	Conductividad eléctrica.....	54
8.1.10	Dureza Total.....	57
8.1.11	Alcalinidad total.....	59
8.2	Determinación de los Índices de contaminación (ICO's) de: Las Quebradas Grande, Blanca y la Mezcla de Quebradas del municipio de Quetame-Cundinamarca.	62
8.2.1	Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI):	62
8.2.2	Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO).....	64
8.2.3	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) 67	
8.2.4	Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO).....	68
8.3	Determinación del Índice de calidad del agua (ICA) de las muestras de la Quebrada Blanca, Quebrada Grande y Mezcla de Quebradas (antes del proceso).	69
8.3.1	Oxígeno Disuelto (OD):.....	70
8.3.2	Sólidos suspendidos totales (SST):	70
8.3.3	Demanda química de oxígeno (DQO):.....	70
8.3.4	Relación Nitrógeno y Fósforo Total (NT/PT):.....	71
8.3.5	Conductividad eléctrica (C.E):	71
8.3.6	pH:	71
8.4	Comparativa de los ICOS y el ICA de la Quebrada Grande, Blanca y la mezcla de ellas:	74
8.5	Determinación de la calidad del agua de la muestra de agua tratada del municipio de Quetame-Cundinamarca según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).	76
8.6	Instrumentos aplicados a la comunidad	79
8.6.1	Instrumento uno- aplicado en el área rural del municipio de Quetame-Cundinamarca	80

8.6.2 Instrumento dos- aplicado en el área rural del municipio de Quetame-Cundinamarca	90
9 CONCLUSIONES	94
10 BIBLIOGRAFÍA	97

1. INTRODUCCIÓN

La educación ambiental es un factor importante a la hora de hablar del agua, ya que el uso es esencial para el ser humano, ecosistemas, producción de alimentos, sobre todo es una de las fuentes de energía fundamentales y además ayuda al desarrollo del mundo, en el proyecto se hace la relación entre esta educación ambiental en pro de una química en contexto; debido a que se denota una problemática en Quetame-Cundinamarca lugar donde fue llevado a cabo, las

fuentes hídricas del municipio son las Quebradas Grande y Blanca estas se analizaron de acuerdo con los parámetros de Índice de calidad del agua (ICA) e Índices de contaminación (ICO's) como pH (Potencial de Hidrogeno), CE (Conductividad Eléctrica), DQO (Demanda Química de Oxígeno), SST (Sólidos Suspendidos Totales), OD (Oxígeno Disuelto), Nitrógeno y Fósforo total, acorde con la metodología dispuesta por el IDEAM, Viña y Ramírez.

El municipio de Quetame ubicado en Colombia, posee gran abundancia en recursos naturales, alberga diversidad de páramos, quebradas y ríos; como el río Contador, Negro y Sáname, aun así, es necesario centrar la mirada en las Quebradas Grande y Blanca, las cuales son las encargadas de abastecer al municipio del servicio de agua, en ellas se centrará esta investigación, las dos inician en la vereda La Corraleja, la primera desemboca en el río Negro y la segunda en el río Contador el cual desemboca en el río Negro, cabe resaltar que se denota solamente alcantarillado y tratamiento para la zona urbana y no para la rural, lo cual conlleva a que los habitantes desconozcan la calidad del agua que consumen.

Otra afectación sobre el recurso hídrico hace referencia a las actividades agropecuarias en el que se hace uso de “agroquímicos y fertilizantes, sin tener en cuenta las características y requerimientos propios de cada cultivo” (Rodríguez & Bolaños (2019) pg. 13). Debido a que la economía va entorno a diferentes cultivos que realizan las personas que habitan en el lugar.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto estará orientado a realizar una caracterización del agua proveniente de las Quebradas Grande y Blanca, con lo

que se busca que la comunidad dé cuenta del agua que usan y se brinden posibles soluciones a dicha problemática.

La caracterización del agua pretende promover en los habitantes de la vereda La Corraleja, el cuidado de sus fuentes hídricas, promover una educación ambiental que den posibles soluciones en función a la calidad del agua proveniente de las Quebradas. Según Bedoy. (2000). “La educación ambiental es un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su ambiente, aprenden los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y también, la determinación que les capacite para actuar, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes.”

Lo anteriormente mencionado, se abordará desde una metodología mixta la cual tiene como objetivo en que “Los estudios con métodos mixtos son aquellos que combinan los enfoques cualitativos y cuantitativos en la metodología de investigación de un mismo proyecto o de un estudio con varias fases” (Tashakkori y Teddlie. (1998) pg18.), citado por Pacheco (2015) por ende, se busca lograr una proximidad a la realidad del municipio de Quetame y realizar una descripción basada en el análisis de calidad de agua con ayuda de dos instrumentos de investigación y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto está enfocado en aspectos relacionados con la educación ambiental y la química en contexto, basándose en análisis de agua de las Quebradas Grande y Blanca del municipio de Quetame Cundinamarca, con lo que se busca inicialmente sensibilizar a los habitantes de la vereda La Corraleja, a través de la caracterización del agua de esta Quebrada acorde a los parámetros del ICA basado en la metodología del IDEAM e ICO's relacionado con Viña y Ramírez, por lo que se implementarán métodos fisicoquímicos y microbiológicos.

Por otra parte, se tiene en cuenta que existen diferentes factores que afectan la calidad del agua tanto de las Quebradas como de otras fuentes hídricas, uno de estos factores es que la economía del municipio se da principalmente en torno a la agricultura con cultivos como fríjol, tomate, alverja, sagú, entre otros, en los que se emplean diferentes agroquímicos como Arriero 100 y Paraquat agrogen, adicionalmente la materia orgánica en descomposición que pueden generar las granjas domésticas que en este caso son Avícolas, que de acuerdo con la ficha técnica de estos productos son tóxicos, lo que puede generar una afectación del agua y con ello influir en la absorción de sustentos en las plantas ya que “el agua afecta la forma química en la que los nutrientes se encuentran en el suelo y cuando ocurre un déficit se disminuye la disponibilidad de aquellos a pesar de que se encuentren en cantidades suficientes” (Arboleda, F. M. (2009) pg. 1).

Como se mencionó anteriormente, estas Quebradas son las principales fuentes de abastecimiento del municipio, donde a nivel urbano son tratadas en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y a nivel rural, haciendo enfoque en la vereda La Corraleja, es usada por la comunidad en cultivos como papa, fríjol, ganado, granjas avícolas y como fuente de consumo.

De acuerdo con lo anterior se tienen en cuenta dos aspectos relevantes: el primero es que nivel rural no se cuenta con servicio de alcantarillado por lo que “la disposición de aguas residuales en el sector rural se da a través de pozos sépticos en el mejor de los casos o a través de disposición directa sobre terrenos o cuerpos de agua naturales” (POT 2020 – 2023, pg. 46). El segundo aspecto

relevante es que a nivel rural no se cuenta con acueducto, por lo que las “veredas carecen de este servicio, por lo que la comunidad se ve obligada a proveerse por medio de aljibes, pozos o tomas de las quebradas con red de mangueras,” (POT 2020 – 2023, pg. 44), teniendo en cuenta que no se hace ningún tipo de tratamiento para el consumo humano.

Dado lo anterior, radica la importancia de que más allá de realizar un análisis fisicoquímico de esta fuente hídrica, que acorde con el documento expedido por Corporinoquia en el año 2021 da una calificación de regular y mala, teniendo en cuenta esto y que no se cuenta con acueducto en la vereda se busca involucrar a los habitantes de la zona en el análisis de esta, mediante el uso de kits de laboratorio, esto busca fomentar en las personas el interés por la ciencia debido a que mediante ella es posible conceptualizar para comprender las problemáticas del entorno y brindar soluciones que ayuden a mitigar las mismas, teniendo en cuenta que se darán a conocer los análisis de laboratorio obtenidos, donde se evidencia la calidad del agua y brindándose un posible tratamiento para la misma ya que puede ser contaminada por las mismas acciones de ellos para la conservación del recurso.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad se denota una falta de cuidado por el ambiente por parte de los individuos, lo que genera indiferencia en la apropiación por los recursos naturales, como lo es el agua, además del posible daño que hacen con el uso de componentes que afectan el suelo el cual puede estar cercano a las fuentes hídricas, donde no solamente se puede hablar de urbanidad sino también de ruralidad, diciendo que a esta última la dejan a un lado, muchas veces solo se hace énfasis en lo central de un departamento, ciudad o municipio.

Se sabe que, en las zonas rurales de Colombia, el abastecimiento de agua está dado por tubos o mangueras unidas a las fuentes hídricas más cercanas, este tipo de conexiones son hechas por los habitantes aledaños, que pueden pasar por diferentes tramos hasta poder tener el recurso en su hogar. Por otra parte, como no se cuenta con servicio de alcantarillado para estas zonas, las personas optan por hacer pozos sépticos para la descarga de aguas residuales de sus viviendas.

El municipio de Quetame-Cundinamarca cuenta con una vereda llamada La Corraleja como muchas otras en Colombia y en la que se va a enfocar este proyecto, no tiene un saneamiento básico como redes de alcantarillado, recolección de basuras y acueducto, lo que da lugar a ser una fuente emisora de contaminantes para los recursos hídricos como las Quebradas Grande y Blanca que se encuentran en esta vereda y que son fuente de abastecimiento a nivel urbano del municipio. Adicional a ello se percibe falta de interés por parte de los ejes gubernamentales en darle importancia al agua y a los habitantes que la consumen y desalojan sin hacer previo tratamiento.

El lugar donde se desarrolla este proyecto alberga diversidad de fuentes hídricas “páramos, tales como El Atravesado y Las Burras; las lomas Granadillo, Jabonera, Las Mercedes y Santuario; el Cerro Algodonal y las Cuchillas Guamal y Portachuelo. Lo bañan los ríos Contador, Negro y Sáname” (Rodríguez & Bolaños (2019) pg. 20), con lo que se denota la abundancia del recurso hídrico y de ahí su importancia de hacer educación ambiental. En relación con lo anterior, la pregunta de investigación se plantea de la siguiente manera:

3.1 Pregunta problema: ¿De qué manera socializar con los habitantes rurales de la zona, una Educación ambiental y la química en contexto, en la vereda La Corraleja de Quetame (Cundinamarca), en torno a la calidad del agua de las Quebradas Grande y Blanca?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general: Socializar con la comunidad rural de Quetame, con un enfoque de educación ambiental y química en contexto, la calidad del agua de las Quebradas Grande y Blanca.

4.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar a los habitantes de la vereda la Corraleja mediante una encuesta que permita identificar fuentes de abastecimiento de las que hace uso la población, tratamientos al agua, entre otros con el fin de emplear esta información para posteriormente hacer una socialización.
- Determinar el ICA e ICO's de las Quebradas Grande, Blanca, mezcla de las dos e IRCA del agua tratada del municipio para una comparación eficaz.
- Realizar una intervención con la comunidad rural dando a conocer los resultados de laboratorio obtenidos de los puntos de muestreo con el fin de que conozcan la calidad de agua que están consumiendo y basado en ello emplear posibles tratamientos.

5. ANTECEDENTES

Los documentos presentados a continuación mencionan las investigaciones tomadas como referente para el proyecto a nivel didáctico fundamentado en educación ambiental en pro de la química en contexto y a nivel disciplinar los documentos que soportaron los análisis realizados a las muestras de agua de las Quebradas Grande, Blanca, en la planta de tratamiento (antes del proceso) y al agua tratada. Dichos antecedentes se detallan en la siguiente tabla y posterior a ello se explican más a detalle.

Tabla 1. Breve descripción de antecedentes didácticos

Antecedentes Didácticos		
Documento y autor	Descripción	Aporte
Diseño de una guía didáctica en educación ambiental dirigida a estudiantes de básica secundaria que visitan el humedal la conejera de la localidad de Suba (Huérfano & Meneses año 2009)	Este documento trata la importancia de la educación ambiental para resolver problemáticas relacionadas con el ambiente, específicamente la trata la contaminación del humedal la conejera, desde explicaciones conceptuales dadas a partir de los DBA	Es un referente debido a que resalta la importancia de que el estudiante se apropie del conocimiento para comprender las problemáticas de su entorno, en este caso que comprenda, por ejemplo; que significa el valor de la muestra analizada o conductividad eléctrica, entre otros parámetros.
El papel en la educación ambiental en América Latina UNESCO (1978)	En este documento se abarcan conceptos como ecosistema, hábitad, los que están directamente relacionados con	El consumo de agua contaminada puede acarrear diversos problemas de salud, aspecto que se debe tratar

	educación ambiental, en el capítulo II en uno de sus apartados menciona acerca de la contaminación del agua explicando cómo es afectado por diversos materiales y productos químicos que al final son portadoras de parásitos, virus y bacterias.	en las aulas y proponer posibles tratamientos. Por otra parte, es generar conciencia en la comunidad por el cuidado y la preservación de las fuentes hídricas ya que de ella dependen las futuras generaciones.
“Incidencia del enfoque ABC en la construcción del concepto oxido-reducción: una experiencia en el contexto de aguas superficiales” elaborado por Ávila. J, Martínez. H y Pardo D (2021)	Es un referente ya que a partir del concepto de oxido-reducción se trabaja con estudiantes aguas superficiales haciendo uso de un humedal al interior de la institución y reforzándolo con prácticas de laboratorio para mejorar dicho concepto	Es un ejemplo de cómo la química hace uso del entorno en este caso el humedal, para explicar un concepto que genera dificultad y poco interés en los estudiantes, así mismo con bases teóricas los estudiantes tendrán la capacidad para formular soluciones ante las posibles problemáticas, lo que da cuenta de la articulación del currículo con el entorno.
Antecedentes Disciplinarios		
Documento y autor	Descripción	Aporte
Plan de ordenamiento territorial 2020 – 2023 (POT)	En él se menciona la carencia de los servicios de alcantarillado, recolección de basuras y	La información que aporta este documento es significativa debido a que se visualiza la necesidad de

	<p>acueducto a nivel rural, en este último aspecto la comunidad consume el agua sin ser tratada procedente de nacederos, aljibes y quebradas.</p>	<p>informar a la comunidad acerca del agua que están consumiendo y plantear posibles tratamientos. Adicional a ello al no tener sistemas de alcantarillado, las aguas residuales influyen sobre la calidad del agua de la quebrada, con lo que se identifica esto como un contaminante del recurso.</p>
<p>Corporinoquia 2021 Calidad del agua</p>	<p>En dicho documento se dan a conocer los resultados del análisis de muestras de agua en diferentes tramos de los ríos Negro, contador y Sáname, en lo que el único que tiene una calificación en el ICA de aceptable es el río Sáname, también se referencia la quebrada Grande que en los tres puntos de muestro presenta una calificación en el ICA de regular y mala.</p>	<p>Se podría pensar que los resultados acerca de la calificación del ICA en los ríos no son tan relevante, debido a que el lugar de interés es la Quebrada Grande, pero la información obtenida de estos ríos sirve para analizar los diferentes contaminantes que están siendo vertidos a estas aguas y porque el río Sáname tienen una calidad aceptable, mientras la Quebrada Grande no.</p>
<p>Propuesta ambiental para el plan de desarrollo</p>	<p>Este documento resalta la falta de servicios de saneamiento básico y</p>	<p>Una vez más se referencia la falta de saneamiento básico y su impacto sobre</p>

del municipio de Quetame Cundinamarca 2020 -2024. Autores: Rodríguez & Bolaños (2019)	menciona que las principales problemáticas ambientales del municipio son la degradación del recurso hídrico y los vertimientos de aguas residuales en zona rural sin previo tratamiento.	el agua, con lo que de acuerdo con estos autores existe una problemática y se hace necesario intervenir para sensibilizar a la comunidad acerca del consumo, el uso y manejo que se le da al agua y la necesidad de fomentar educación ambiental ya que permite la conservación de estas fuentes hídricas.
--	--	--

Elaboración propia

5.2 Antecedentes Didácticos:

Este trabajo se sustenta en las siguientes investigaciones: el primero de ellos propuesto por Huérfano & Meneses de la Universidad Pedagógica titulado: Diseño de una guía didáctica en educación ambiental dirigida a estudiantes de básica secundaria que visitan el humedal la conejera de la localidad de suba del año 2009, en el que se da importancia a la educación ambiental para el cuidado del medio ambiente, que junto con los DBA, parte desde lo conceptual para dar explicaciones acerca de la importancia de los humedales y formular planes de descontaminación y limpieza. Es un referente debido a que resalta la importancia del uso conceptual para dar explicaciones acerca de la contaminación de las fuentes hídricas con lo que el estudiante puede aplicar los conocimientos adquiridos en el aula y aplicarlos a las problemáticas de su entorno, un ejemplo de ello es el concepto de acidez y basicidad, aplicado al pH del agua que a su vez es una base para comprender las reacciones de óxido reducción aplicado al hierro encontrado en el agua.

Para hablar de la educación ambiental, se realizó la revisión de un documento publicado por la Unesco, titulado "El papel en la educación ambiental en América

Latina", el cual contiene conceptos como planeta, atmósfera, litosfera, ecosistema, contaminación, hábitat, cultura, educación, entre otros, términos que van relacionados a la Educación ambiental y su importancia. Aun así, el punto de estudio se centró en el capítulo II que tiene como título "El medio ambiente" ya que en uno de sus apartados nos habla de la contaminación de las aguas, explicando como este recurso es afectado por diversos materiales y productos químicos que al final son portadoras de parásitos, virus y bacterias, ya que al ser utilizadas en diversas actividades industriales se aumenta el aporte de elementos metales como: mercurio, plomo, estaño, cobre, causando una gran contaminación.

En el capítulo III titulado "Educación Ambiental" el cual nos menciona la meta principal a nivel internacional sobre la educación ambiental, que se enfoca en que la población mundial tenga conciencia del cuidado del ambiente y que desde la escuela se brinde una enseñanza que asegure medidas adecuadas para la resolución de problemas ambientales. Además, este mismo capítulo cuenta con un apartado que habla del medio rural, el cual se conoce como un espacio que tiene un alto índice de alfabetismo, explotación de recursos, desempleo y de población dispersa y que además se encuentra lejos del sector educativo, por ello, es importante emplear metodologías, que generen conciencia en el cuidado de las fuentes hídricas y así generar una educación ambiental desde las problemáticas reales de la población.

5.2 Antecedentes Disciplinarios:

El primer antecedente a referenciar es el plan de ordenamiento territorial (POT) en el que se menciona que a nivel rural no se cuenta con acueducto lo que dificulta un sistema de tratamiento y potabilización por lo que los habitantes deben hacer uso de fuentes naturales "La comunidad capta el agua por mangueras dispuestas en nacederos o quebradas exponiendo su salud al tratarse de agua no tratada y adicionalmente se tienen fuentes hídricas contaminadas con la disposición de aguas residuales que no tienen protegidas las zonas de captación" (POT 2020 – 2023, pg. 48), Dicha calidad del agua se evidencia en el documento expedido por Corporinoquia en el año 2021, en él se

realiza muestreo del río negro, contador, sáname y la quebrada grande, en este se analizan parámetros como pH, CE, DQO, SST, OD, nitrógeno y fósforo total acorde con la metodología dispuesta por el IDEAM.

En este documento se encuentra un análisis acerca de la calidad del río negro que menciona que un 62% es regular y un 38% mala “Según los resultados obtenidos para los siete puntos monitoreados sobre el tramo del río Negro, se puede evidenciar que la calidad allí es de condición Regular; después de recibir el río Sáname y el río Cáqueza presenta un ICA de clasificación mala, a lo largo del tramo en ninguno de los puntos monitoreados este río presentó calificación aceptable, por lo cual se infiere que todos los vertimientos que recibe afectan considerablemente su calidad”. (Corporinoquia (2021) pg. 91,92)

Respecto al río Sáname en el que se hace solo un muestreo del que se tiene en cuenta los mismos parámetros se da una calificación de aceptable “El ICA obtenido en el río Sáname es de calificación Aceptable; esta fuente confluye con el río Negro, por lo cual se puede concluir que el primero no influye negativamente en la calidad del recurso hídrico del segundo” (Corporinoquia (2021) pg. 93), adicional a ello se analiza el río Contadora que de igual forma solo se hace un punto de muestreo y obtiene una calificación regular “se obtuvo una calificación del ICA de 0,69 en el rango Regular. Esta fuente hídrica entrega sus aguas al río Negro, el cual presentó ICA Regular y mala a lo largo de los diversos puntos monitoreados del tramo objeto de estudio, por lo cual se puede inferir que el río Contadora aporta contaminación al río Negro” (Corporinoquia (2021) pg. 94)

Para finalizar se analiza la Quebrada Grande teniendo en cuenta que el municipio tiene una gran cantidad de quebradas y esta no es la única que descarga sus afluentes sobre el río negro, lugar de mayor contaminación sin embargo, aporta información importante acerca de parámetros como pH, en él se ve una variación en los tres puntos de muestro (punto 1: 7,03, punto 2: 7,18 punto 3: 6,19) de ello se observa y se analiza una variación en parámetros como fósforo y nitrógeno total que tienden a aumentar en el punto 2 de muestreo con respecto a los anteriores (nitrógeno total p.1: 1,42mg/L p.2 5,72mg/L, p3:

1,38mg/L, fósforo total p.1: 0,246mg/L p.2: 0,268mg/L, p3: 0,164mg/L) lo que da lugar a investigar los factores que influyen en la contaminación de este cuerpo hídrico.

De lo anterior el documento concluye “Según los resultados obtenidos para los tres puntos monitoreados sobre el tramo de la quebrada Grande, en el punto aguas arriba la calidad del agua dio una calificación regular y en el vertimiento fue mala, pues recibe descargas municipales; se puede evidenciar que en el punto denominado longitud de mezcla el ICA es de calificación Regular. Lo anterior señala que el cuerpo hídrico tiende a mejorar levemente sus condiciones, pero sus características no son suficientes para recuperar del todo la calidad del agua” (Corporinoquia (2021) pg. 95), en general de todos los muestreos realizados el río Sáname es el único que tiene una calidad aceptable, con lo que se podría hacer un comparativo.

Los problemas ambientales de este municipio son abordados en el trabajo de grado realizado por la Universidad Piloto titulado propuesta ambiental para el plan de desarrollo del municipio de Quetame Cundinamarca, periodo 2020 – 2024 desarrollado por Rodríguez & Bolaños, en el año 2019 en el que se menciona que las “tres problemáticas ambientales más significativas del municipio son; *“Degradación del recurso hídrico por prácticas agrarias sin tecnificación, actividades agrícolas y pecuarias en suelo de vocación silvica, vertimientos de aguas residuales domesticas en zona rural sin previo tratamiento”* (Rodríguez & Bolaños (2019) pg. 6).

Dichos factores que afectan la calidad del agua son: la falta de alcantarillado a nivel rural, incineración de basuras al aire libre *“El Municipio de Quetame ofrece una cobertura de infraestructura y prestación del servicio en la cabecera municipal del 96% y centro poblado de puente Quetame del 77% por lo que imposibilita cumplir con las necesidades básicas de seguridad y salubridad pública, teniendo en cuenta que la red de alcantarillado solo da cubrimiento al perímetro urbano, dejando a un lado al sector rural ya que la totalidad de las veredas carecen de este servicio y en su lugar cuentan con un sistema de pozo*

séptico o campos de infiltración que se convierten en botaderos al aire libre”
(Rodríguez & Bolaños (2019) pg. 12).

6. MARCO TEÓRICO

En este apartado se darán a conocer los referentes conceptuales que son necesarios para el desarrollo de la investigación. Se abordan ítems en pro de la educación ambiental y la química en contexto, índices de calidad que se usan en Colombia, generalidades del municipio de Quetame y se aborda el tipo de tratamiento que se le da al agua de este municipio a nivel urbano.

6.1 Educación ambiental: La educación ambiental tiene como finalidad construir valores, saberes y prácticas que permitan crear medidas para mejorar el ambiente, sus orígenes se dieron alrededor de los años 70 a nivel mundial y en América Latina aproximadamente en los años 80, con el fin de posibilitar la conciencia y la sensibilización por mantener y mejorar una calidad ambiental desde la identificación de problemas y la resolución a estos desafíos ambientales. Ahora bien, como lo define Caride & Meira en su libro Educación ambiental y desarrollo humano (2001) la educación ambiental es un proceso de análisis crítico en torno a las realidades ambientales, sociales y educativas, las cuales se relacionan entre sí con el fin de reconocer aquellos hechos que poco se visibilizan en la sociedad actual.

“La educación ambiental deviene una herramienta entre otras al servicio del desarrollo.” (Sauvé Lucie. (2005) pg.25). Por ello es pertinente resaltar a la comunidad de Quetame la importancia del cuidado de sus fuentes hídricas no solo para el presente, sino para las futuras generaciones, y así la importancia de reconocer las problemáticas asociadas con la calidad de agua derivada desde los estudios fisicoquímicos y microbiológicos.

6.2 Aprendizaje basado en contexto: La química es una de las ciencias que mayor aplicabilidad tiene en el entorno que nos rodea sin embargo en ocasiones los aprendizajes que allí se dan se quedan en las aulas de clase y esto es debido a que pesar de su capacidad para explicar el entorno no es aplicada a las problemáticas sociales o ambientales que se viven, así como lo menciona (Guerrero 2004) citado por Ávila. J, Martínez.

H y Pardo D (2021) en el trabajo de grado titulado “Incidencia del enfoque ABC en la construcción del concepto oxido-reducción: una experiencia en el contexto de aguas superficiales” menciona “el aprendizaje basado en contexto tiene como propósito discutir y analizar la propuesta interdisciplinar para la enseñanza de la química, utilizando como objetos de trabajo las actividades humanas desde las perspectiva de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente”, es por ello que desde la calidad de agua que se consume en las actividades agrícolas, agropecuarias, domesticas entre otros se debe integrar los conocimientos adquiridos en el aula para entender por ejemplo que unos de los tratamientos del agua es hervirla, que no solo se debe hacer por tradición, sino que tiene una explicación desde lo científico que vincula conceptos como punto de ebullición, entre otros que explican el comportamiento de la misma.

6.3 Generalidades del municipio: El municipio de Quetame se encuentra ubicado en Colombia, con más exactitud en la cordillera Oriental a 62 Km de la ciudad de Bogotá, limitando al norte con el municipio de Fómeque, al occidente con Fosca y Cáqueza, al oriente con el departamento del Meta y al sur con el municipio de Guayabetal, está conformado por veinticuatro veredas donde de acuerdo con el censo de 2018 cuenta con 5,072 habitantes de los cuales el 74,82% habita en el área rural y el 25,18% en el casco urbano.

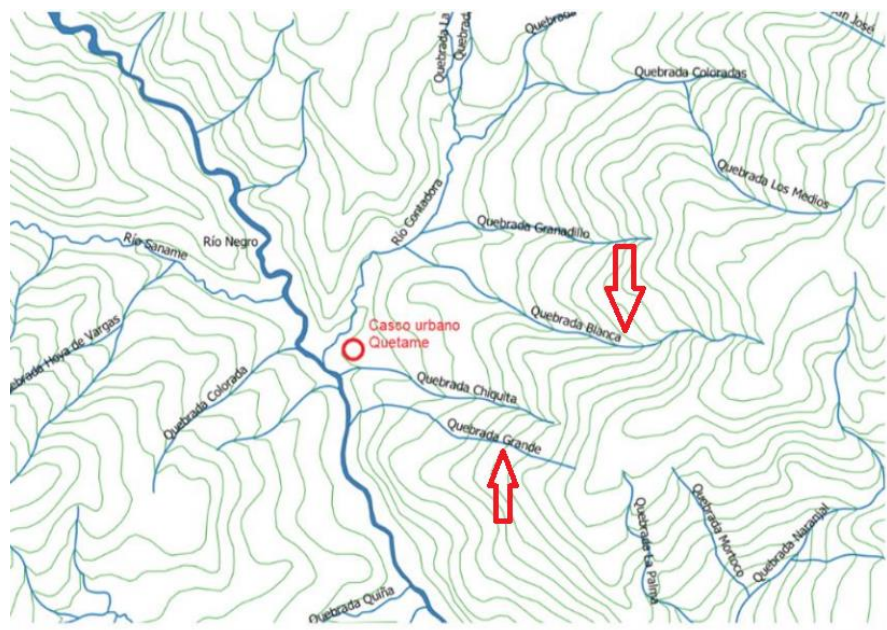
6.4 Extensión Territorial: La extensión territorial y área de residencia del municipio de Quetame es de 138,5 kilómetros cuadrados, que están distribuidos en 0,29 km² para la extensión urbana que equivale al 0,24 % de la extensión total y en 138.17 km² para la extensión rural correspondiente al 99,76%” (POT 2020 – 2023, pg. 20), en donde de acuerdo con el censo de 2018 el 74,82% habita en el área rural y el 25,18% en el casco urbano, lo que da cuenta que la mayoría de la población habita en el área rural y es por lo que este proyecto se centra

en las fuentes hídricas de esta zona debido a la falta de acueducto que permita potabilizar el agua.

6.5 Actividades económicas: su economía se da a nivel rural en torno a la agricultura con cultivos como frijol, tomate, alverja, sagú, entre otros, y ganadería, además de granjas avícolas, mientras que a nivel urbano es el comercio.

A continuación, se presenta el mapa político y el mapa hidrológico del municipio, con la descripción de la quebrada Grande y Blanca

Mapa 1. Localización geográfica de las Quebradas Blanca y Grande



Tomado de: Agudelo & Salazar (2022)

Dichas quebradas nacen en la vereda Corraleja, la quebrada Grande desemboca directamente en el río negro, mientras la quebrada Blanca lo hace en el río contador que después desemboca en el río Negro y a su vez esta tiene un mayor caudal, razón por la que es más usada para el abastecimiento del acueducto urbano del municipio.

6.6.1 IRCA: índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano, que acorde con el decreto 1575 de 2007 se analizan los resultados obtenidos de muestras de agua para el consumo, adicional a ello identifica el grado de riesgo al que se ven enfrentados las personas cuando consumen agua contaminada.

6.6.2 Viña & Ramírez: (ICO's) índices de contaminación, fue abordado a partir de los resultados obtenidos de la caracterización de agua dulceacuícolas y marina en Colombia, implementados por la industria del petróleo y representan enormes ventajas frente a los ICA, puesto que en un solo parámetro abarcan numerosas variables, estos dan origen a la formulación de cuatro índices de contaminación:

- ❖ **ICOMI** o índice de contaminación por mineralización, que integra conductividad, dureza y alcalinidad total.
- ❖ **ICOMO** o índice de contaminación por materia orgánica, conformado por demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno.
- ❖ **ICOSUS** o índice de contaminación por sólidos suspendidos.
- ❖ **ICOTRO** o índice de contaminación trófico, el cual se calcula con base en la concentración de fósforo total

Estos índices se tienen en cuenta para su análisis de acuerdo con la siguiente tabla, establecida por Ramirez, R., Restrepo & Cardenosa, M (1999).

Tabla 2. Significancia de los índices de contaminación, ICOS.

ICO	Contaminación	Escala de color
0 – 0,2	Ninguna	
>0,2 – 0,4	Baja	
>0,4 -0,6	Media	
>0,6 – 0,8	Alta	
>0,8 - 1	Muy Alta	

Tomada y adaptada de: Ramirez, R., Restrepo & Cardenosa, (1999)

6.6.3 IDEAM: De acuerdo con el IDEAM, el índice de calidad de agua es un valor numérico que califica en seis categorías, la calidad de agua (ICA) de una corriente superficial basada en seis variables se registradas en un punto de monitoreo, dichas variables se detallan a continuación:


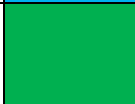
Imagen 1. Variables y ponderaciones del ICA para el caso de 6 variables.

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales, SST.	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,17
NT/PT	-	0,17
Conductividad eléctrica, C.E.	μS/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Tomado de: Díaz (2018)

Adicional a ello estos valores han sido clasificados en categorías que dan reflejo de la calidad de agua, lo que se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

DESCRIPTOR	SÍMBOLO	RANGO	R	G	B	COLOR
BUENO	CÍRCULO	0,91 – 1,00	15	69	241	
ACEPTABLE	TRIÁNGULO	0,71 – 0,90	36	148	6	

REGULAR	CUADRADO	0,51 – 0,70	255	255	0	
MALO	PENTÁGONO	0,26 – 0,50	255	153	0	
MUY MALO	HEXÁGONO	0 – 0,25	204	0	0	

Tomada de: IDEAM (2022)

7. METODOLOGÍA

La investigación está orientada bajo la metodología cualitativa y cuantitativa, que, de acuerdo con Pacheco, E. & Blanco, M. (2015) promueven la idea de la complementariedad de métodos en la puesta en práctica de la investigación, debido a que se manejan dos tipos, el método cuantitativo busca aproximarse a la realidad a través del análisis de los hechos, mientras el método cualitativo tiene en cuenta enfoques como descripción, análisis y conductas, acorde con la perspectiva del investigador, es por ello que la metodología a emplear es de tipo mixta ya que a nivel cuantitativo se caracterizará la muestra de agua y a nivel cualitativo se socializará con los habitantes de la vereda la corraleja.

Desde la educación ambiental, la cual brinda una mirada a las diversas soluciones que se pueden generar respecto a la calidad de agua de la Quebrada Grande y Blanca, ya que estas son las fuentes de abastecimiento del acueducto municipal, para ello se hace participe a la comunidad que habita la vereda Corraleja, aplicando química en contexto y educación ambiental la que debe estar centrada “en el estudio de problemáticas ambientales, con sus componentes sociales y biofísicos y sus controversias inherentes” (Hungerford H. (1992).

Por otra parte, dicha metodología está basada en educación ambiental y química en contexto. Ya que no solo está el interés en preservar el agua de las quebradas sino también la población se vea beneficiada en lo social, por lo que se les sugiere el uso de agroquímicos que beneficien sus cultivos y no afecten la calidad del agua de las fuentes hídricas y a partir de la formulación para tratar el agua se restaure su calidad y química en contexto por se observa la necesidad de que los conocimientos que allí se forjan sean utilizados en el ambiente rural para este caso.

De acuerdo a lo anterior este trabajo se desarrolló a través de cuatro fases en la primera fase: indagación, se realizará una visita al municipio, en la segunda fase, caracterización de la población, mediante una encuesta a la comunidad que habita las veredas que dan acceso a las quebradas, en la fase tres se caracterizara las muestras de agua y en la fase cinco se socializara los

resultados a partir de la importancia del agua, fuentes hídricas del municipio entre otros dichas fases se detallan a continuación:

7.1 Fase uno, visita al municipio: Se habla en la alcaldía del municipio específicamente a la oficina de servicios públicos con el propósito de buscar si se tienen estudios a nivel rural de la calidad del agua, teniendo en cuenta que de acuerdo al plan de ordenamiento territorial del municipio se encontró que existe la carencia de acueducto en esta zona que permita potabilizar el agua, sin embargo ante la falta de antecedentes se opta por analizar el agua de las Quebradas Grande y Blanca, adicional a ello se visitan la vereda la corraleja que son las que dan acceso a dichas fuentes con la finalidad de conocer los tipos de cultivos que allí se desarrollan, la población que habita y el manejo que le dan a la fuente de esta zona.

7.2 Fase dos, caracterización de la población: Para la caracterización se tuvo en cuenta la población que habita en las veredas mencionadas anteriormente, para ello se les aplicó una encuesta (ver anexos) en la que se indaga el uso que le dan al agua, tratamientos, reconocimiento de las demás fuentes hídricas del municipio, uso de las mismas entre otros aspectos, lo cual es fundamental para la fase de socialización en la que no solo se tiene en cuenta la calidad de agua del municipio sino también las problemáticas de contaminación evidenciadas en la zona, como por ejemplo la falta de saneamiento básico (alcantarillado, recolección de basuras), el uso de agroquímicos en los cultivos, lo que incide a la calidad del agua.

7.3 Fase tres, muestreo y análisis: para fase se tuvo el apoyo de los operarios de la planta de tratamiento en cabeza de la directora de servicios públicos del municipio, quienes con su conocimiento orientaron la toma de muestra en los siguientes puntos: Quebrada Grande, Quebrada Blanca, planta de tratamiento y agua tratada, a continuación, se detallan los parámetros analizados, para determinar la calidad del agua acorde con la metodología dispuesta por el IDEAM, Viña y Ramírez en cada uno de los puntos de muestreo.

Tabla 4. Variables fisicoquímicas y microbiológicas llevadas acabo

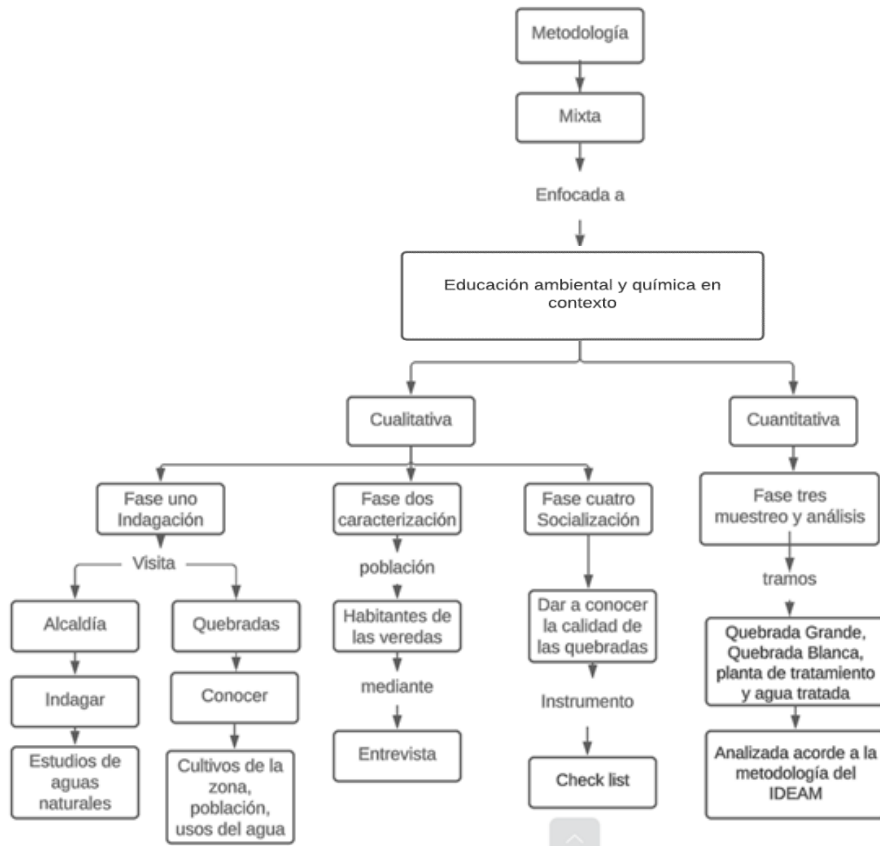
Condiciones del análisis	Parámetro
In situ	Conductividad eléctrica (C.E)
	pH
En laboratorio	Oxígeno disuelto (O.D)
	Dureza total
	Sólidos
	Nitrógeno
	Alcalinidad total
	Fósforo total
	Demanda química de oxígeno.
	Demanda bioquímica de oxígeno.

Elaboración propia

7.4 Fase cuatro, socialización: Esta fase tuvo por objetivo dar a conocer la calidad del agua de las quebradas, para ello se mencionó la importancia del agua, fuentes hídricas del municipio, problemáticas de contaminación a nivel rural, lugar donde estas están ubicadas, para finalmente mencionar la calidad de agua y con ello sugerir algunos tratamientos, por otra parte, esta intervención con la comunidad se realizó no de manera grupal sino uno a uno en el casco urbano del municipio ya que es allí donde se consume el agua del acueducto que es abastecido por la Quebrada grande y la Quebrada blanca, además de que allí se encuentra con más población lo que permite replicar la información, agregado a ello se hace demostración con los kits de laboratorio lo cual despierta el interés en la comunidad, y finalmente se le solicita a la persona que evaluó la información dada mediante un check list.

Dado ello se construye el siguiente diagrama, el cual resume las fases mencionadas anteriormente:

Imagen 2. Mapa conceptual de la metodología llevada a cabo.



Elaboración propia

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

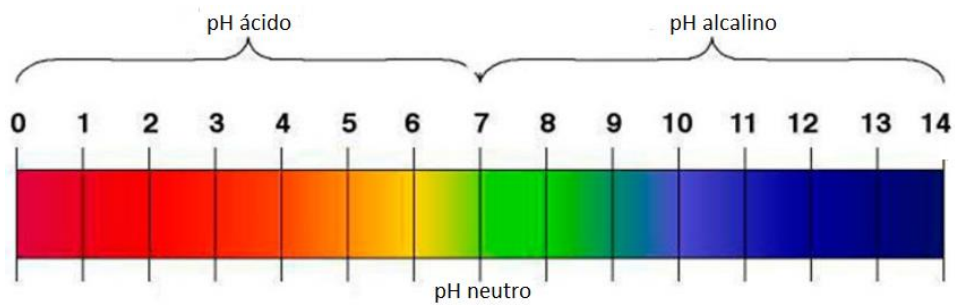
8.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de: Las Quebradas Grande y Blanca, Mezcla de Quebradas (antes del proceso) y agua tratada del municipio de Quetame-Cundinamarca.

A continuación, se exponen los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las principales fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetame, como lo son: Quebrada Grande, Quebrada Blanca, así mismo se realiza el análisis a la Mezcla de Quebradas y posteriormente agua tratada, lo cual permitirá determinar los índices de contaminación ICO'S (ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOTRO) e índice de calidad de agua (ICA), con estos resultados se podrá clasificar la calidad del agua de cada fuente hídrica.

8.1.1 pH

Para medir el pH en las cuatro muestras de agua de Quetame (Quebrada Grande, Quebrada Blanca, Mezcla de Quebradas y agua tratada), es necesario calibrar el potenciómetro con soluciones de pH 4,0 y pH 7,0, se realiza la limpieza del electrodo, el cual se sumerge en agua destilada, se seca cuidadosamente, a continuación se enciende el potenciómetro se cambia a modo calibración, se sumerge el electrodo la solución de pH 4,0 , ya calibrado se realiza nuevamente el lavado con agua destilada del electrodo, y se repite el mismo procedimiento con la solución de pH 7,0 hasta que deje de emitir un sonido, por último, se cambia a modo pH y se realiza la respectiva lectura de cada muestra.

Imagen 3. Escala de pH



Tomado de: (Phet-University of Colorado)

- Medición de pH

Para realizar la lectura con el potenciómetro previamente calibrado, se sumerge el electrodo en las diferentes muestras, posteriormente arroja la lectura correspondiente a pH.

Tabla 5. pH presentado por las diferentes muestras

Muestras	pH
<i>Quebrada Grande</i>	7,63
<i>Quebrada Blanca</i>	7,56
<i>Mezcla de Quebradas</i>	6,94
<i>Agua tratada</i>	7,42

Elaboración propia.

Los resultados están entre 6,94 a 7,63 cual indica que están en un pH neutro, lo cual es lo indicado en aguas, ya que un pH óptimo para el consumo humano en aguas está comprendido en un rango de 6,5 a 9,5 en la escala de pH.

Ilustración 1. Lectura pH Quebrada Grande



Elaboración propia

Ilustración 2. Lectura pH Quebrada Blanca



Elaboración propia

Ilustración 3. Lectura pH Mezcla de Quebradas



Elaboración propia

Ilustración 3. Lectura pH Agua tratada



Elaboración propia

8.1.2 Oxígeno disuelto

La determinación de oxígeno disuelto en las diferentes muestras de aguas recolectadas en el mes de marzo, se realizó por el Método Winkler, debido a que no se contaba con oxímetro en los laboratorios, la determinación consiste en transferir a una botella Winkler 300 mL de muestra, hasta que este rebose y así finalmente cerrar el tapón, y descartar el agua restante, teniendo precaución que en su interior no contenga presencia de aire, posteriormente con reactivos preservantes como lo son: Manganeso II Sulfato mono hidrato ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), reactivo de álcali yoduro azida, Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 96%, en el respectivo orden se ira agregando 1 mL y descartando los residuos sobrantes en un vaso precipitado por cada reactivo agregado.

Ilustración 4. Oxígeno presente en muestra de agua



Elaboración propia

Por último, para obtener la concentración de Oxígeno disuelto en cada muestra, se transfiere a un Erlenmeyer la muestra de agua, para realizar la estandarización con Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) e indicador almidón al 5%,

Ilustración 5. Muestra con almidón al 5%



Elaboración propia

Al realizar la estandarización, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. Volumen gastado de tío sulfato para cada muestra

Muestras	V (mL) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
Quebrada Blanca	7,30
Quebrada Grande	4,80
Mezcla de Quebradas	9,20
Agua tratada	6,30

Elaboración propia

En donde el Oxígeno disuelto se calcula de la siguiente expresión:

$$O_2 \text{ ppm} = \frac{V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 0,0246 \frac{\text{meq}}{\text{mL}} * 8000}{203 \text{ mL}}$$

Y a partir de las concentraciones, se puede calcular el porcentaje de saturación, de la siguiente ecuación, que corresponde a la corrección de presión y temperatura:

$$Y = 8,2882 X - 0,745$$

Tomada de: Clase de énfasis disciplinar de aguas de la Universidad Pedagógica Nacional

Donde:

X= Concentración (ppm) de Oxígeno disuelto

Y= % de saturación de oxígeno

- **Quebrada Blanca**

$$O_2 \text{ ppm} = \frac{7,3 \text{ mL } Na_2S_2O_3 * 0,0246 \frac{meq}{mL} * 8000}{203 \text{ mL}}$$

$$O_2 \text{ ppm} = 7,077$$

$$\%_{\text{saturación}} = 8,2882 \left(7,077 \frac{mg}{mL}\right) - 0,745$$

$$\%_{\text{saturación}} = 58,66\%$$

- **Quebrada Grande**

$$O_2 \text{ ppm} = \frac{4,8 \text{ mL } Na_2S_2O_3 * 0,0246 \frac{meq}{mL} * 8000}{203 \text{ mL}}$$

$$O_2 \text{ ppm} = 4,65$$

$$\%_{\text{saturación}} = 8,2882 \left(4,653 \frac{mg}{mL}\right) - 0,745$$

$$\%_{\text{saturación}} = 37,82\%$$

- **Mezcla de Quebradas**

$$O_2 \text{ ppm} = \frac{4,8 \text{ mL } Na_2S_2O_3 * 0,0246 \frac{meq}{mL} * 8000}{203 \text{ mL}}$$

$$O_2 \text{ ppm} = 8,92$$

$$\%_{\text{saturación}} = 8,2882 \left(8,919 \frac{mg}{mL}\right) - 0,745$$

$$\%_{\text{saturación}} = 73,17\%$$

- **Agua tratada**

$$O_2 \text{ ppm} = \frac{6,3 \text{ mL } Na_2S_2O_3 * 0,0246 \frac{meq}{mL} * 8000}{203 \text{ mL}}$$

$$O_2 \text{ ppm} = 6,11$$

$$\%_{\text{Saturación}} = 8,2882 \left(6,107 \frac{mg}{mL} \right) - 0,745$$

$$\%_{\text{Saturación}} = 49,88\%$$

Con los anteriores datos, es posible determinar los índices de contaminación (ICOMO) y el índice de calidad (ICA).

8.1.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

- **Curva de calibración DQO**

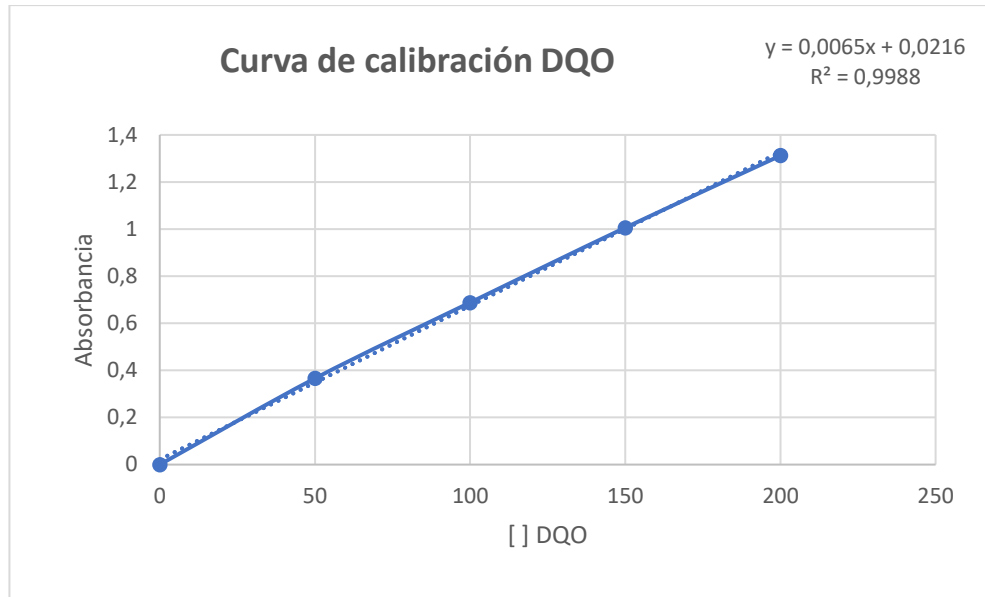
Para realizar la cuantificación correspondiente a DQO, se realizó una curva de calibración, preparando soluciones de Biftalato de potasio (KHP) a concentraciones de 50; 100; 150 y 200 ppm, en la cual el espectrofotómetro indica una linealidad de los patrones con un R² de 0,9988, permitiendo realizar las lecturas de las muestras y así obtener las concentraciones reales de DQO. En la siguiente tabla se exponen las absorbancias arrojadas por el equipo y la concentración correspondiente, y junto la obtención de la curva de calibración.

Tabla 6. Absorbancias de patrones para curva de calibración DQO.

	Concentración	Absorbancia	Absorbancia corregida
Blanco	0	2,391	0
Patrón 1	50	2,025	0,37
Patrón 2	100	1,703	0,69
Patrón 3	150	1,385	1,01
Patrón 4	200	1,079	1,31

Elaboración propia.

Grafica 1. Curva de calibración DQO.



Elaboración propia.

- Determinación DQO en muestras.

Para la determinación de DQO se recogieron muestras en el mes de marzo, correspondientes a Quebrada Grande, Quebrada Blanca, Mezcla de Quebradas y Agua tratada, las cuales son previamente filtradas. Para realizar la lectura en el espectrofotómetro con el objetivo de obtener la concentración de DQO, es necesario agregar en tubos de ensayo 1,7 mL de muestra filtrada, 0,8 de Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y 2,5 mL de Ácido sulfúrico (H_2SO_4), lo cual tendrá un factor de dilución de 1,7 mL/5mL, lo anterior se realiza con cada muestra de agua. Por último, se realiza la lectura en el espectrofotómetro, obteniendo las absorbancias y con la curva de calibración se hallan las concentraciones de DQO a partir de la ecuación de la recta, siendo $Y = -0,0063x + 2,337$. A continuación, se ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 7. Absorbancias de muestras y concentraciones DQO.

Muestras	Absorbancia	Absorbancia corregida	Concentración de DQO (O₂ ppm)
Quebrada Blanca	2,39	-0,001	No se detecto
Quebrada Grande	2,35	0,042	9,23
Mezcla de Quebradas	2,37	0,024	1,08
Agua tratada	2,339	0,052	13,75

Elaboración propia

Teniendo en cuenta el cálculo de la concentración a través de la ecuación de la gráfica de la curva de calibración como se muestra en lo siguiente.

- **Quebrada Grande: ABS corregida: 0,042**

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{0,042 - 0,0216}{0,0065}$$

Factor dilución: 1,7/5

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{3,138 \text{ ppm} * 5}{1,7}$$

$$\frac{mg}{L} DQO = 9,23 \text{ ppm}$$

- **Mezcla de Quebradas: ABS corregida:0,024**

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{0,024 - 0,0216}{0,0065}$$

Factor dilución: 1,7/5

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{0,369 \text{ ppm} * 5}{1,7}$$

$$\frac{mg}{L} DQO = 1,09 \text{ ppm}$$

- **Tratada: ABS corregida: 0,052**

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{0,052 - 0,0216}{0,0065}$$

Factor dilución: 1,7/5

$$\frac{mg}{L} DQO = \frac{4,677 \text{ ppm} * 5}{1,7}$$

$$\frac{mg}{L} DQO = 13,75 \text{ ppm}$$

Ilustración 6. Muestras para lectura DQO



Elaboración propia

8.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Para la determinación de esta variable se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$2DBO_5 = DQO$$

Teniendo en cuenta que lo que se quiere calcular, se despeja:

$$DBO_5 = \frac{DQO}{2}$$

Entonces se determina DBO₅ para cada muestra de agua presentado a continuación:

Tabla 8. Concentraciones de DBO₅ de las muestras

Muestras	Concentración de DBO₅ (O₂ ppm)
Quebrada Blanca	No se detecto
Quebrada Grande	4,61
Mezcla de Quebradas	0,54
Agua tratada	6,87

Elaboración propia

8.1.5 Nitrógeno total

En la determinación de Nitrógeno total para las respectivas muestras de agua, se emplea el método de Kjeldahl, el cual se compone de tres pasos fundamentales: digestión, destilación en donde se emplea ácido bórico al 4% e indicador Tashiro, y por último titulación con HCl estandarizado al 0,01N, lo anterior permite cuantificar la cantidad de nitrógeno presente en las muestras de agua del municipio, en este procedimiento fue necesario emplear un patrón interno, el cual fue glicina, agregando 0,01g a cada muestra, el cual previamente se le realizó la determinación de Nitrógeno total, siendo un blanco, el cual en la estandarización con HCl gastaría 1,33 mL, lo cual, este dato se tendrá en cuenta para la cuantificación de nitrógeno en las muestras.

➤ **Digestión.**

En este procedimiento es necesario agregar a un balón digestor, 10 mL de la muestra, 2g de mezcla catalítica de Kjeldahl, 0,01g de patrón interno, el cual fue glicina, añadir 10 mL de Ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 98%, dejar enfriar el balón digestor y por último llevar a digestión aproximadamente por una hora o hasta tener como resultado, una solución traslucida.

Ilustración 7. Digestión de muestras.



Elaboración propia

➤ Destilación

Paso siguiente a la digestión, y obtenido las soluciones translucidas, se deja enfriar los balones digestores, posteriormente son llevadas al destilador, y en la parte de salida del condensador es necesario ubicar un Erlenmeyer para cada muestra, el cual contiene 20 ml de Ácido bórico (H_3BO_3) al 4% y 3 gotas de indicador Tashiro.

Ilustración 9. Soluciones Ácido bórico e indicador Tashiro



Elaboración propia

Ilustración 8. Destilación muestra con Ácido Bórico



Elaboración propia

➤ Estandarización

En esta última etapa con una bureta previamente cargada con Ácido clorhídrico (HCl), se estandarizará el Borato de Amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$) el cual fue formado en la destilación con Ácido Bórico, logrando determinar el nitrógeno total presente en las muestras recolectadas en el municipio.

Ilustración 11. Resultado destilación con Ácido Bórico



Elaboración propia

A continuación, se representa el volumen gastado de HCl en la estandarización para cada muestra.

Tabla 9. Volumen de ácido clorhídrico gastado en las muestras.

Muestra	Volumen HCl (mL)
Quebrada Blanca	1,50
Quebrada Grande	1,70
Mezcla de Quebradas	1,90
Agua tratada	1,40

Elaboración propia

En donde el nitrógeno total se calcula con la siguiente expresión:

$$N \text{ ppm} = \frac{(\text{Vol HCl en muestra} - \text{Vol HCl en Glicina}) * \frac{0,1 \text{ meq HCl}}{\text{mL}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq HCl}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq N}} * \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ meq N}}}{V \text{ alicuota muestra}}$$

Dando como resultado:

- **Quebrada Blanca**

$$N \text{ ppm} = \frac{0,17 \text{ mL} * \frac{0,1 \text{ meq HCl}}{\text{mL}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq HCl}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq N}} * \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ meq N}}}{0,01 \text{ L}}$$

$$N \text{ Total} = 23,80 \text{ ppm}$$

- **Quebrada Grande**

$$N \text{ ppm} = \frac{0,37 \text{ mL} * \frac{0,1 \text{ meq HCl}}{\text{mL}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq HCl}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq N}} * \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ meq N}}}{0,01 \text{ L}}$$

$$N \text{ Total} = 51,80 \text{ ppm}$$

- **Mezcla de Quebradas**

$$N \text{ ppm} = \frac{0,57 \text{ mL} * \frac{0,1 \text{ meq HCl}}{\text{mL}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq HCl}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq N}} * \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ meq N}}}{0,01 \text{ L}}$$

$$N \text{ Total} = 79,80 \text{ ppm}$$

- **Agua tratada**

$$N \text{ ppm} = \frac{0,07 \text{ mL} * \frac{0,1 \text{ meq HCl}}{\text{mL}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq HCl}} * \frac{1 \text{ meq N}}{1 \text{ meq N}} * \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ meq N}}}{0,01 \text{ L}}$$

$$N \text{ Total} = 9,80 \text{ ppm}$$

Dando como resultado una concentración de nitrógeno en: Quebrada blanca de 23,8 ppm, Quebrada Grande 51,8 ppm, Mezcla de Quebradas 79,8 ppm y Agua tratada 9,8 ppm de N.

8.1.6 Fósforo total

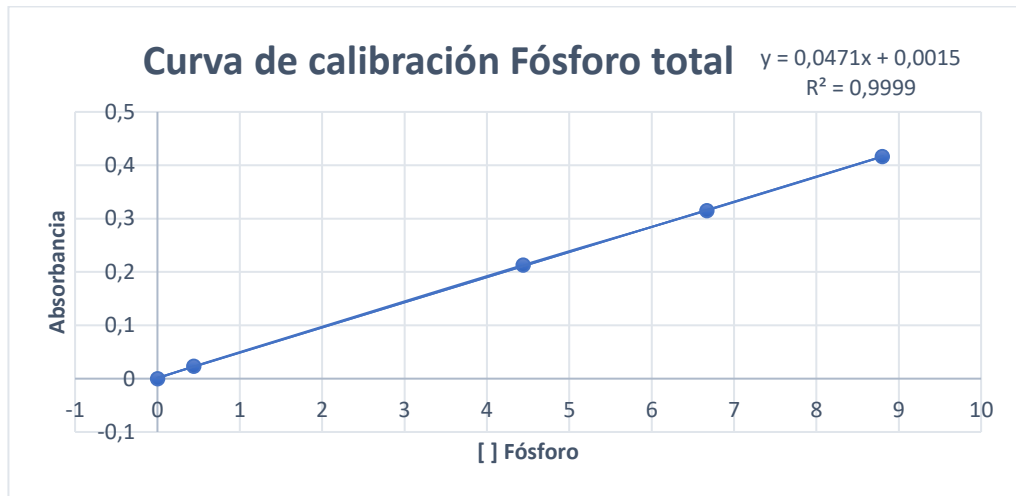
Para realizar la cuantificación correspondiente a Fósforo total, se dispone de una curva de calibración, en la cual se preparan soluciones de Fosfato de potasio (KH₂PO₄) a concentraciones de 0,44; 4,44; 6,67 y 8,8 ppm, posteriormente, en tubos de ensayos independientes para cada patrón, se agregan 5 mL de patrón, 2 mL de Molibdato de amonio y 2 mL de vanadato de amonio, dejando desarrollar color aproximadamente por 20 minutos, finalmente se lee a 420 nm en el espectrofotómetro , donde nos señala una linealidad de los patrones con un R² de 0,9999. Lo anterior nos permite realizar las lecturas de las muestras dando como resultado la obtención de las concentraciones reales de Fósforo total. Por ende, en la siguiente tabla se evidencian las absorbancias arrojadas por el equipo y la concentración correspondiente, junto a la obtención de la curva de calibración.

Tabla 10. Absorbancias de patrones para curva de calibración Fósforo total.

	Concentración	Absorbancia
Blanco	0	0
Patrón 1	0,44	0,02
Patrón 2	4,44	0,21
Patrón 3	6,67	0,31
Patrón 4	8,80	0,42

Elaboración propia.

Gráfica 2. Curva de calibración Fósforo total.



Elaboración propia.

- **Determinación Fósforo total en muestras**

Para la determinación de Fósforo se recolectaron muestras en el mes de marzo, correspondientes a los cuatro puntos de muestreo en el municipio de Quetame. Por otro lado, con el objetivo de obtener la concentración de DQO se realiza la lectura en el espectrofotómetro, dónde es necesario agregar en tubos de ensayo 5 mL de muestra filtrada, 2 mL de Molibdato de amonio y 2 mL de Vanadato de amonio, lo cual tendrá un factor de dilución de 5 mL/9mL, este mismo procedimiento de debe llevar a cabo con cada muestra de agua.

Ahora bien, con el fin de obtener las absorbancias se realiza la lectura en el espectrofotómetro, y con ayuda de la curva de calibración se hallan las concentraciones de Fósforo total a partir de la ecuación de la recta, siendo $Y=0,0471x + 0,0015$. A continuación, se ilustran los resultados obtenidos, con los cuales se puede calcular el índice de contaminación (ICOTRO).

Tabla 11. Absorbancias de muestras y concentraciones Fósforo total.

Muestras	Absorbancia	Concentración
Quebrada Blanca	0,02	0,71
Quebrada Grande	0,06	2,27
Mezcla de Quebradas	0,03	1,24
Agua tratada	0,05	1,74

Elaboración propia

Ilustración 12. Muestras para lectura Fósforo total



Elaboración propia

8.1.7 Coliformes totales.

La determinación de coliformes totales, se llevó a cabo por el método que describe el IDEAM en su documento *Determinación de Escherichia coli y Coliformes totales en Agua por el Método de Filtración por membrana en agar Chromocult (2007)*. En el cual se procede a filtrar 100 mL de agua en un filtro de membrana previamente esterilizado y ubicado en un embudo, posterior a ello, se realiza la siembra, la cual consiste en, retirar el filtro de membrana y ubicarla en la superficie del agar Chromocult y encubándolas por un tiempo aproximado de 24 horas a temperatura de

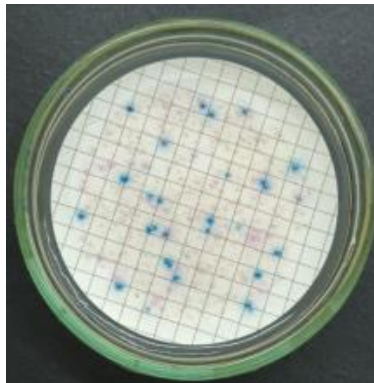
35°C, y por último se realiza el conteo de colonias, estas se representan de color rojo en la placa de agar Chromocult, representando la presencia de coliformes totales en las muestras de agua, y las colonias azules, son representativas a E. coli, estos son reportados en unidades formadoras de colonia (UFC/ml) , las cuales se representan en la siguiente tabla:

Tabla 12. Coliformes totales de las muestras.

Muestras	Coliformes Totales UFC/100 mL
Quebrada Blanca	240
Quebrada Grande	20
Agua tratada	< 1

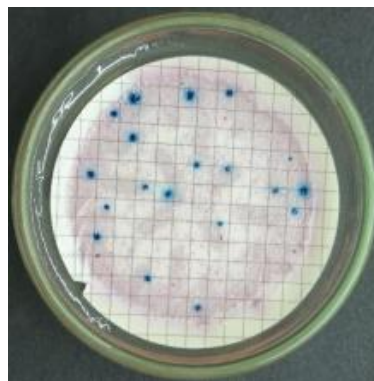
Elaboración propia

Ilustración 13. Determinación Coliformes totales Quebrada Blanca.



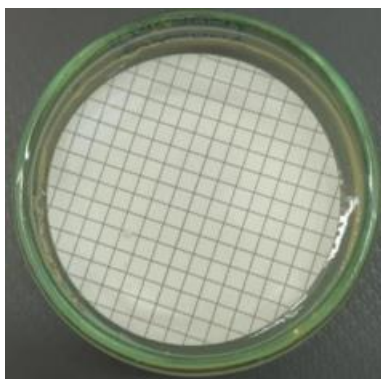
Elaborado por: Rangel. A (2023)

Ilustración 14. Determinación Coliformes totales Quebrada Grande



Elaborado por: Rangel. A (2023)

Ilustración 15. Determinación Coliformes totales agua tratada



Elaborado por: Rangel. A (2023)

8.1.8 Sólidos suspendidos totales.

La determinación para sólidos suspendidos totales en las muestras de agua, los cuales son provenientes por arrastre debido al movimiento del agua de cada fuente hídrica, se realizó por el método gravimétrico acorde al documento del IDEAM titulado *Determinación de sólidos suspendidos totales en agua secados (2007)*, el cual se basa en la retención de partículas en filtro cualitativo. Previamente para desarrollar dicho método, es necesario obtener las masas del crisol (M_1) y papel filtro (M_2) y secar en conjunto en el horno aproximadamente a 105°C por 1 hora, después se desplaza el conjunto a un desecador, con el objetivo de dejar enfriar por 15 minutos o hasta una temperatura ambiente, con el papel ya con su masa conocida se emplea para realizar la filtración de la muestra con una alícuota de 10mL, se desplaza de manera cuidadosa nuevamente el papel filtro al crisol, el conjunto es nuevamente llevado al horno a temperatura 105°C por 1 hora, luego de este tiempo, se dirige al desecador para que la muestra proceda a secarse, esto por un lapso de 15 minutos, por último, se realiza el registro del peso del crisol + papel filtro con los sólidos resultantes (M_3). A continuación, se expresan los datos obtenidos en la determinación de sólidos totales.

Tabla 13. Masas para la determinación sólidos totales

Muestras	Crisol (g.)	Papel filtro (g.)	Crisol + Papel filtro + Sólidos (g.)
Quebrada Blanca	42,25	0,62	42,87
Quebrada Grande	49,91	0,62	50,54
Mezcla de Quebradas	28,72	0,54	29,25
Agua tratada	27,71	0,64	28,35

Elaboración propia

En la siguiente ecuación, se expresan los sólidos totales, con los cuales se puede determinar el índice de contaminación (ICOSUS):

$$SST = \frac{(M_3 - (M_1 + M_2)) * 1000}{V \text{ alicuota muestra}}$$

- **Quebrada Blanca**

$$SST = \frac{(42,869g - (42,28g + 0,62 g)) * \frac{1000mg}{1g}}{0,01L}$$

$$SST = 200 \text{ ppm}$$

- **Quebrada Grande**

$$SST = \frac{(50,543g - (49,91g + 0,62 g)) * \frac{1000mg}{1g}}{0,01L}$$

$$SST = 400 \text{ ppm}$$

- **Mezcla de Quebradas**

$$SST = \frac{(29,259g - (28,72g + 0,54 g)) * \frac{1000mg}{1g}}{0,01L}$$

$$SST = 200 \text{ ppm}$$

- **Agua tratada**

$$SST = \frac{(28,353g - (27,71g + 0,64g)) * \frac{1000mg}{1g}}{0,01L}$$
$$SST = 500 ppm$$

Ilustración 9. Determinación sólidos totales en muestras.



Elaboración propia

8.1.9 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica como propiedad física fue medida in situ, precisamente en el mes de marzo donde se realizó la recolección de muestras en el municipio de Quetame, las lecturas se realizaron con el equipo conductímetro, el cual fue dispuesto por el laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional del departamento de Química, para el muestreo, se procede a sumergir el electrodo en el agua a analizar, posteriormente se realizaba el lavado con agua destilada para que no haya ningún tipo de interferencia entre muestra, a continuación se ilustran los datos obtenidos de las lecturas de conductividad eléctrica, con los cuales se puede aplicar los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), obteniendo como resultado:

Tabla 14. Lecturas de conductividad eléctrica de las muestras.

Muestras	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Quebrada Blanca	034	34
Quebrada Grande	083	83
Mezcla de Quebradas	036	36
Agua tratada	051	51

Elaboración propia

Ilustración 17. Lectura conductimetría eléctrica Quebrada Blanca.



Elaboración propia

Ilustración 18. Lectura conductimetría eléctrica Quebrada Grande



Elaboración propia

Ilustración 19. Lectura conductimetría eléctrica Mezcla de Quebradas



Elaboración propia

Ilustración 20. Lectura conductimetría Agua tratada



Elaboración propia

8.1.10 Dureza Total

Para la determinación cuantitativa de dureza total en las diversas muestras de aguas recolectadas en el mes de marzo en Quetame, es necesario EDTA estandarizado a una concentración de 0,01M, indicador NET (Negro de Eriocromo T) y Amoniacó (NH_3) al 10%. Al realizar la determinación de dureza total, es necesario, agregar 25mL de muestra a analizar en un Erlenmeyer, 2 gotas de amoniacó al 10% y 3 gotas de indicador NET, y por último cargar una bureta de 25 mL con EDTA con el objetivo de estandarizar la muestra, la cual está inmersa en el Erlenmeyer.

Ilustración 21. Determinación dureza total en muestras.



Elaboración propia

al realizar la estandarización para cada muestra se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 15. Determinación Dureza en muestras de agua.

	V (mL) EDTA 0,01M
Quebrada Blanca	1,15
Quebrada Grande	0,65
Mezcla de Quebradas	0,85
Agua tratada	0,85

Elaboración propia

La dureza total se calcula con la siguiente expresión, lo cual permitió hallar el índice de contaminación (ICOMI):

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(V EDTA) * [EDTA] * \frac{100 mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{V alicuota muestra}$$

- **Quebrada Blanca**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(1,15 mL) * \left[\frac{0,01mmol}{mL}\right] * \frac{100 mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{0,025 L}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 46 ppm$$

- **Quebrada Blanca**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(1,15mL) \cdot \left[\frac{0,01mmol}{mL}\right] \cdot \frac{100mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{0,025L}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 46 ppm$$

- **Quebrada Grande**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(0,65mL) \cdot \left[\frac{0,01mmol}{mL}\right] \cdot \frac{100mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{0,025L}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 26 ppm$$

- **Mezcla de Quebradas**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(0,85mL) \cdot \left[\frac{0,01mmol}{mL} \right] \cdot \frac{100mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{0,025L}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 34 ppm$$

- **Agua tratada**

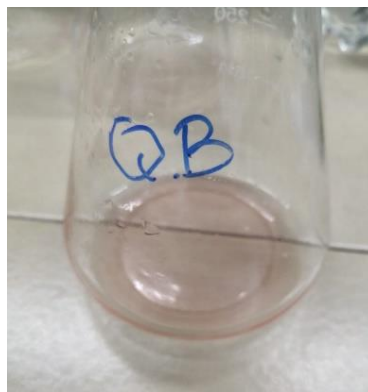
$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(0,85mL) \cdot \left[\frac{0,01mmol}{mL} \right] \cdot \frac{100mg CaCO_3}{1mmol CaCO_3}}{0,025L}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 34 ppm$$

8.1.11 Alcalinidad total

La determinación de alcalinidad total se realizó en las cuatro muestras de Quetame, la cual consistió en estandarizar las muestras de agua, lo cual fue necesario emplear Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 0,02 N previamente estandarizado, indicadores usados la estandarización, los cuales fueron: Fenolftaleína e Indicador mixto. En primer momento, es necesario tomar una alícuota de 10 mL y llevarlo a un Erlenmeyer, posteriormente a ello, agregar 3 gotas de Fenolftaleína, lo cual no tuvo un cambio de coloración en la muestra, por lo cual, se agrega indicador Mixto, presentando una tonalidad azul, al momento de estandarizar es necesario cargar una bureta con Ácido sulfúrico al 0,02 N, para así lograr estandarizar la muestra que contiene el Erlenmeyer hasta obtener una coloración rojiza.

Ilustración 22. Determinación Alcalinidad total Quebrada Blanca



Elaboración propia

Ilustración 23. Determinación Alcalinidad Total Quebrada Grande



Elaboración propia

Ilustración 24. Determinación Alcalinidad Total Planta Mezcla de Quebradas



Elaboración propia

Ilustración 25. Determinación Alcalinidad Total agua tratada



Elaboración propia

Los datos obtenidos en la determinación de alcalinidad total son los siguientes:

Tabla 16. Determinación Alcalinidad total en muestras de agua.

Muestras	V (mL) H ₂ SO ₄
Quebrada Blanca	0,50
Quebrada Grande	1,50
Mezcla de Quebradas	0,60
Agua tratada	0,60

Elaboración propia

La alcalinidad total se calcula con la siguiente expresión, con la cual se puede determinar el índice de contaminación (ICOMI):

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{V (mL) H_2SO_4 * [H_2SO_4]N * 50 * 1000}{V (mL) alicuota agua}$$

- **Quebrada Blanca**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{0,5 mL H_2SO_4 * [0,02]N * 50 * 1000}{10 mL}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 50 ppm$$

- **Quebrada Grande**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{1,5 mL H_2SO_4 * [0,02]N * 50 * 1000}{10 mL}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 115 ppm$$

- **Mezcla de quebradas**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{0,6mL H_2SO_4 * [0,02]N * 50 * 1000}{10 mL}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 60 ppm$$

- **Agua tratada**

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{0,6mL H_2SO_4 * [0,02]N * 50 * 1000}{10 mL}$$

$$\frac{mg}{L} CaCO_3 = 60 ppm$$

8.2 Determinación de los Índices de contaminación (ICO's) de: Las Quebradas Grande, Blanca y la Mezcla de Quebradas del municipio de Quetame-Cundinamarca.

Estos índices se agrupan en cuatro, dependiendo de los distintos parámetros de los que se hace análisis, donde se da a conocer cargo de contaminantes que pueden llegar a existir en una fuente de agua superficial, estos índices están dados por valores de 0 a 1, donde los valores cercanos a 0 reflejan una contaminación baja y los cercanos a 1 alta. A continuación, se exponen los resultados del análisis de índices de calidad de las principales fuentes de abastecimiento de agua del municipio Quetame, como lo son la Quebrada Grande, Quebrada grande, así mismo se realiza el análisis a la Mezcla de quebradas antes del tratamiento, cabe resaltar que el grado de contaminación fue obtenido por la tabla 2 del presente proyecto.

8.2.1 Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI):

Este índice tiene en cuenta el valor promedio de tres parámetros los cuales son conductividad, dureza y alcalinidad total, para el cálculo de este índice se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

Donde:

- **Índice de conductividad:** se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{Conductividad} = 10^{(-3,26+1,34*(Log Conductividad))}$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 17. Valores establecidos para conductividad.

Índice de conductividad	
Conductividad < 270 $\mu\text{S/cm}$	0
Conductividad > 270 $\mu\text{S/cm}$	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

- **Índice de dureza:** se calcula con la siguiente expresión

$$I_{Dureza} = 10^{(-9,09+4,40*(Log Dureza))}$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 18. Valores establecidos para Dureza

Índice dureza	
<30 ppm	0
>110 ppm	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

- **Índice de alcalinidad**

$$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 * Alcalinidad$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 19. Valores establecidos para Alcalinidad

Índice Alcalinidad	
Alcalinidad<50ppm	0
Alcalinidad > 250 ppm	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

Ya siendo reemplazados los valores en las ecuaciones (Ramírez y Viña, 1998) y calculado los índices para las tres variables se determina el ICOMI, presentándose a continuación en la tabla:

Tabla 20. Datos obtenidos para calcular ICOMI

Fuentes	Variables	Índices	ICOMI	Grado de Contaminación
Quebrada Blanca	Conductividad: 34 μ S/cm	$I_{Conductividad}$ =0,062	0,026	Ninguna
	Dureza: 46 mg/L	I_{Dureza} = 0,016		
	Alcalinidad: 50 mg/L	$I_{Alcalinidad}$ = 0		

Quebrada Grande	Conductividad: 83 μ S/cm	$I_{\text{Conductividad}} = 0,204$	0,530	Media
	Dureza: 26 mg/L	$I_{\text{Dureza}} = 0,001$		
	Alcalinidad: 115 mg/L	$I_{\text{Alcalinidad}} = 0,325$		
Mezcla de Quebradas	Conductividad: 36 μ S/cm	$I_{\text{Conductividad}} = 0,067$	0,040	Ninguna
	Dureza: 34 mg/L	$I_{\text{Dureza}} = 0,004$		
	Alcalinidad: 0 mg/L	$I_{\text{Alcalinidad}} = 0,05$		

Tomado y adaptado: (Piedrahita Vera, 2018)

Como se puede observar en los resultados obtenidos en el ICOMI de las diferentes muestras se presenta baja o media contaminación por mineralización, lo que quiere decir que el agua de las Quebradas no contiene gran cantidad de minerales que puedan afectar al consumo de ella.

8.2.2 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Cuando se habla de este índice tiene en cuenta el valor promedio de tres parámetros fisicoquímicos como también para la mineralización, los cuales son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, los cuales son definidos por rangos de 0 a 1, para determinar este índice se usó la siguiente ecuación:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO_5} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{SO})$$

Donde:

- **Índice de demanda bioquímica de oxígeno**

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 * \text{Log } DBO$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 21. Valores establecidos para DBO₅.

Índice DBO ₅	
DBO < 2 ppm	0
DBO > 30 ppm	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

- **Índice de coliformes totales**

$$I_{\text{Coliformes Totales}} = -1,44 + 0,56 * \text{Log Col. T}$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 22. Valores establecidos para coliformes totales.

Índices coliformes totales	
Col.T < 500 UFC/100mL	0
Col.T > 20000 UFC/100mL	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

- **Índice de porcentaje de saturación de oxígeno**

$$I_{\text{Oxígeno\%}} = 1 - 0,01 * \text{Oxígeno \%}$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 23. Valores establecidos para % de saturación de Oxígeno

Índices Oxígeno %	
Oxígeno % > 100%	0

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

Haciendo uso de las anteriores ecuaciones se calculan los índices para cada parámetro y poder obtener el valor para del ICOMO, dándose a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 24. Datos obtenidos para calcular ICOMO.

Fuentes	Variables	Índices	ICOMO	Grado de Contaminación
Quebrada Blanca	DBO ₅ : 0 mg/mL	I _{DBO5} = 0	0,138	Ninguna
	Col. T: 240 UFC/100mL	I _{Col.T} = 0		
	Oxígeno %:	I _{Oxígeno%} = 0,41345		
Quebrada Grande	DBO ₅ : 4,615 mg/mL	I _{DBO5} = 0,415	0,348	Baja
	Col. T: 20 UFC/100mL	I _{Col.T} = 0		
	Oxígeno %:	I _{Oxígeno%} = 0,6285		
Mezcla de Quebradas	DBO ₅ : 0,543 mg/mL	I _{DBO5} = 0	0,089	Ninguna
	Col. T: 240 UFC/100mL	I _{Col.T} = 0		
	Oxígeno %:	I _{Oxígeno%} = 0,2683		

Tomado y adaptado de: Piedrahita Vera, (2018)

Los resultados obtenidos por el ICOMO indican que la contaminación por materia orgánica es nula o muy baja para los cuerpos de agua de las dos quebradas y su mezcla, lo que quiere decir que no existe ninguna intervención de basuras, ganadería o pozos sépticos por parte de los habitantes cercanos a las fuentes que puedan aportar este tipo de componentes orgánicos.

8.2.3 Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Para establecer este índice se tiene en cuenta solo el uso de una variable, sólidos suspendidos totales y es determinado usando la siguiente ecuación:

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 * SST$$

Teniendo en cuenta que:

Tabla 25. Valores establecidos para SST

Índice de SST	
SST < 10 ppm	0
SST > 340 ppm	1

Tomada y adaptada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior se hace la determinación del ICOSUS y se dan a conocer los valores en esta tabla:

Tabla 26. Datos obtenidos para calcular ICOSUS.

Fuentes	Variable	ICOSUS	Grado de Contaminación
Quebrada Blanca	SST= 200 mg/mL	0,58	Media
Quebrada Grande	SST: 400 mg/mL	1	Muy alta
Mezcla de Quebradas	SST: 200 mg/mL	0,58	Media

Tomado y adaptado de: Piedrahita Vera, (2018)

El ICOSUS de las diferentes muestras mostró un índice de contaminación por sólidos suspendidos totales entre mediano y muy alto, ya que las muestras fueron tomadas en marzo de 2023, en épocas de lluvia, donde se puede decir que se alteró un poco la turbidez de las Quebradas, diciendo

que los sólidos del fondo de ellas se precipitaron, combinándose con el agua.

Además, se debe tener en cuenta que la planta de tratamiento del municipio aún no está en uso para la mejor sedimentación de las dos fuentes, ya que los entes encargados de ello están haciendo las respectivas pruebas para la aplicación de esta, por ahora solamente se está haciendo tratamiento con cloro, cabe resaltar que el abastecimiento del municipio se da por las dos quebradas haciéndose una combinación entre ellas.

8.2.4 Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

La determinación de este índice esta dado por una sola variable, la cual es la concentración por fósforo total, a diferencia de los otros índices, este no está dado por el rango de 0 a 1 sino por la concentración de la variable, como se da a conocer a continuación:

Tabla 27. Clasificación de ICOTRO según Fósforo Total.

Concentración Fósforo Total	Clasificación trófica
<0,01 mg/L	Oligotrófico (Baja)
0,01 a 0,02 mg/L	Mesotrófico (Intermedia)
0,02 a 1 mg/L	Eutrófico (Alta)
>1 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)

Tomada de: Ramírez, Restrepo y Viña (1998)

Teniendo en cuenta la tabla anterior se obtiene el nivel de contaminación en las diferentes muestras, presentado a continuación:

Tabla 28. ICOTRO de las muestras

Fuentes	ICOTRO (Fósforo total)	Grado de Contaminación
Quebrada Blanca	0,71 mg/L	Eutrófico (Alta)
Quebrada Grande	2,27 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)
Mezcla de Quebradas	1,24 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)

Tomado y adaptado de: Piedrahita Vera, (2018)

En este índice se denota una contaminación por fósforo total elevado el cual está siendo aportado por la Quebrada Grande ya que es la que presenta mayor concentración a comparación de la Quebrada Blanca, entonces al combinarse se obtiene como resultado que en la mezcla de las dos su concentración va a ser alta; las actividades económicas del municipio Quetame se basan en agricultura, por ende, con el objetivo de mejorar la calidad y conservación de los cultivos, como lo es el caso del frijol, emplean fertilizantes, que en su mayoría son fosfatados, lo cual, según Martínez, I. en su artículo *El fósforo y sus implicaciones clínicas*, describe que el fósforo en grandes cantidades, pueden provocar fallos renales agudos, alteraciones de la inmunidad, inflamación y enfermedades cardiovasculares.

8.3 Determinación del Índice de calidad del agua (ICA) de las muestras de la Quebrada Blanca, Quebrada Grande y Mezcla de Quebradas (antes del proceso).

Este índice según el IDEAM (2022) resulta de considerar cinco o seis variables de una corriente de agua superficial, para este proyecto se

analizaron seis de las Quebradas Grande, Blanca y las mezcla de estas dos, con los resultados obtenidos se deben realizar los subíndices y posteriormente ser ponderados, los cuales se calculan con las siguientes expresiones:

8.3.1 Oxígeno Disuelto (OD):

Para la determinación del subíndice de este parámetro se debe tener en cuenta:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de oxígeno es mayor al 100% entonces se determina con:

$$I_{OD} = 1 - (0,01 * PS_{OD} - 1)$$

8.3.2 Sólidos suspendidos totales (SST):

Para el cálculo del subíndice de esta variable se debe tener en cuenta:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$$

Se debe tener en cuenta que

Si $SST \leq 4,5$ entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$ entonces $I_{SST} = 0$

8.3.3 Demanda química de oxígeno (DQO):

Para la determinación del subíndice de este parámetro se debe tener en cuenta:

Tabla 29. Valores establecidos para DQO

	Índice de DQO
$DQO \leq 20$	0,91
$20 < DQO \leq 25$	0,71
$25 < DQO \leq 40$	0,51
$40 < DQO \leq 80$	0,26
$DQO > 80$	0,125

Tomado y adaptado de: IDEAM (2022)

8.3.4 Relación Nitrógeno y Fósforo Total (NT/PT):

Para obtener el subíndice de este parámetro se debe tener en cuenta:

Tabla 30. Valores establecidos para NT/PT

	Índice de NT/PT
$15 \leq \text{NT/PT} \leq 20$	0,80
$10 < \text{NT/PT} < 15$	0,60
$5 < \text{NT/PT} \leq 10$	0,35
$\text{NT/PT} \leq 5$ o $\text{NT/PT} > 20$	0,15

Tabla Tomado y adaptado de: IDEAM (2022)

8.3.5 Conductividad eléctrica (C.E):

Para la determinación del subíndice de esta variable se debe tener en cuenta:

$$I_{C.E} = 1 - 10^{(-3,26+1,34*\text{Log } C.E)}$$

Además, que cuando $I_{C.E} < 0$, entonces $I_{C.E} = 0$

8.3.6 pH:

La determinación de este subíndice está dada por lo siguiente:

Tabla 3. Valores establecidos para pH

	Índice de pH
$\text{pH} < 4$	0,1
$4 \leq \text{pH} \leq 7$	$0,02628419 * e^{(\text{pH}*0,520025)}$
$7 < \text{pH} \leq 8$	1
$8 < \text{pH} \leq 11$	$1 * e^{[(\text{pH}-8)*-5187742]}$
$\text{pH} > 11$	0,1

Tomado y adaptado de: IDEAM (2022)

Al ser reemplazados las diferentes variables en las ecuaciones anteriores se determinaron los diferentes subíndices junto con sus ponderaciones como se muestra a continuación:

Tabla 32. Valoración de subíndices para la obtención del ICA.

Muestras	VARIABLES	Valores	Ponderaciones W_i	Subíndices de calidad I_{if}	$W_i * I_i$
Quebrada Blanca	Oxígeno Disuelto (OD)	58,655 % Saturación de Oxígeno	0,17	0,59	0,099
	Sólidos suspendidos totales (SST)	200 mg/L	0,17	0,42	0,071
	Demanda química de oxígeno (DQO)	0,0 mg/L	0,17	0,91	0,154
	NT/PT	33,66	0,17	0,15	0,025
	Conductividad eléctrica (C.E)	34 μ S/cm	0,17	0,94	0,160
	pH	7,56 unidades de pH	0,15	1	0,15
Quebrada Grande	Oxígeno Disuelto (OD)	37,815 % Saturación de Oxígeno	0,17	0,38	0,064
	Sólidos suspendidos totales (SST)	400 mg/L	0,17	0	0
	Demanda química de	9,23 mg/L	0,17	0,91	0,154

	oxígeno (DQO)				
	NT/PT	22,79	0,17	0,15	0,025
	Conductividad eléctrica (C.E)	83 µS/cm	0,17	0,79	0,134
	pH	7,63 unidades de pH	0,15	1	0,15
Mezcla de las Quebradas	Oxígeno Disuelto (OD)	73,17% Saturación de Oxígeno	0,17	0,73	0,124
	Sólidos suspendidos totales (SST)	200 mg/L	0,17	0,42	0,071
	Demanda química de oxígeno (DQO)	1,086 mg/L	0,17	0,91	0,154
	NT/PT	64,25	0,17	0,15	0,025
	Conductividad eléctrica (C.E)	36 µS/cm	0,17	0,93	0,158
	pH	6,94 unidades de pH	0,15	0,97	0,145

Tomada y adaptada de IDEAM (2011)

Teniendo en cuenta los anteriores valores se hace la determinación del ICA para cada una de las muestras, bajo la siguiente ecuación:

$$ICA_f = \left(\sum W_i * I_{if} \right)$$

Entonces, se debe tener en cuenta que el descriptor de la calidad del agua es obtenido de acuerdo con la tabla 3 del presente proyecto, se calcula el índice final para las diferentes muestras tomadas y se presentan así:

Tabla 33. Valoración del ICA.

Muestras	ICA	Calidad
Quebrada Blanca	0,66	Regular
Quebrada Grande	0,52	Regular
Mezcla de Quebradas	0,67	Regular

Elaboración propia

Teniendo en cuenta esto, se puede decir que bajo el índice del ICA el agua de las Quebradas es regular, pero cabe resaltar que según los otros índices tenidos en cuenta presentan variables altas que puede que en este caso fueron tomadas a fondo de detalle.

8.4 Comparativa de los ICOS y el ICA de la Quebrada Grande, Blanca y la mezcla de ellas:

Tabla 34. Comparación de las muestras de agua de los ICOS e ICA.

Muestras	ICOS	Valor	Contaminación	ICA	Calidad
Quebrada Blanca	ICOMI	0,026	Ninguna	0,66	Regular
	ICOMO	0,137	Ninguna		
	ICOSUS	0,580	Media		
	ICOTRO	0,707 mg/L	Eutrófico (Alta)		
Quebrada Grande	ICOMI	0,530	Media	0,52	Regular
	ICOMO	0,347	Baja		
	ICOSUS	1	Muy alta		
	ICOTRO	2,272 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)		

Mezcla de Quebradas	ICOMI	0,040	Ninguna	0,67	Regular
	ICOMO	0,089	Ninguna		
	ICOSUS	0,580	Media		
	ICOTRO	1,242 mg/L	Hipereutrífico (Extrema)		

Elaboración propia

Entonces se puede decir que, el Índice de calidad de agua es regular, entonces puede que los cuerpos hídricos no están del todo bien para el consumo humano, además que una de las Quebradas está afectando a la otra al ser mezcladas, teniendo en cuenta el ICOS que puede brindar parámetros más específicos para la determinación por contaminantes externos; en donde se encontró la presencia de contaminación por Fósforo Total (ICOTRO), se debe saber que el consumo de fósforo para el cuerpo humano es perjudicial, ya que la sobrecarga, en dicho caso por el consumo de agua, estaría potenciando a contraer enfermedades como: Diabetes, hipertensión arterial, hiperfosfatemia (infección renal) y enfermedad renal crónica, esto según *Martínez. I, Saracho. R.*

Es por ello, que se plantea un tratamiento de remoción de fósforo, el cual se emplea hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en forma de cal, para producir el carbonato de calcio (CaCO_3) que remueve el fósforo presente en el agua, también es una gran alternativa para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica.

Lo anterior, se realizó en el laboratorio, agregando a un balón aforado de 50 mL 0,0825g de hidróxido de calcio y se aforo con agua desionizada, posteriormente, en un vaso precipitado se añadió una alícuota del hidróxido de calcio a un vaso precipitado, el cual contenía muestra específicamente de la Quebrada grande y dejando por un tiempo aproximado de 4 horas, la determinación de fósforo para dicha muestra inicial, sin realizar el tratamiento, se obtuvo una concentración de 2,273 ppm.

Ilustración 26. Tratamiento con Hidróxido de Calcio



Elaboración propia

Al realizar la nueva lectura en el espectrofotómetro, y manteniendo la relación de 5mL/9mL, añadiendo 5mL de muestra, 2 mL de Molibdato de amonio y 2 mL de Vanadato de amonio, la lectura de absorbancia sería igual a 0,005, obteniendo una concentración de fósforo 0,1337 ppm, el cual se refleja en un 5,88% de remoción.

8.5 Determinación de la calidad del agua de la muestra de agua tratada del municipio de Quetame-Cundinamarca según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).

Algunos de los parámetros anteriormente mencionados se analizaron según el Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, (2007) en la resolución 2115 para la muestra de agua tratada por los entes gubernamentales del municipio, entonces se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 35. Valoración de la calidad del agua para IRCA.

Parámetro	Valor determinado	Resolución 2115	Cumple o no	Puntaje de riesgo
Alcalinidad	60 mg/L	200 mg/L	Cumple	1
Conductividad	830 μ S/cm	1000 μ S/cm	Cumple	-
Coliformes totales	<1 UFC/100MI	<1 UFC/100 MI	Cumple	15
Dureza	34 mg/L	300 mg/L	Cumple	1
Fosfatos	5,33 mg/L	0,5 mg/L	No cumple	1
Nitratos	43,3 mg/L	10 mg/L	No cumple	1
pH	6,94 unidades de pH	6,5 y 9,0 unidades de pH	Cumple	1,5

Elaboración propia

Adicional a ello se debe tener en cuenta que en este proyecto se realiza el análisis de nitrógeno y fósforo total, para este tipo de agua se hace la conversión de estos factores para obtener concentraciones en términos de nitratos y fosfatos como se muestra a continuación:

- **Determinación de nitratos:**

$$[NO_3^- ppm] = 9,8 \frac{mgN}{L} * \frac{62,00 mgNO_3^-}{14,00 mgN}$$

$$[NO_3^- ppm] = 43,4$$

- **Determinación de fosfatos:**

$$[PO_4^{-3} ppm] = 1,738 \frac{mgP}{L} * \frac{95,00 mgPO_4^{-3}}{31,00 mgP}$$

$$[PO_4^{-3} ppm] = 5,33$$

Teniendo en cuenta lo anterior se puede decir que los parámetros en el rango permitido son: Alcalinidad total, Conductividad, Coliformes totales, Dureza y pH, los cuales pueden dar un índice de riesgo aceptable para este tipo de agua, pero

si se tiene en cuenta la parte de fosfatos y nitratos excede este cumplimiento de la resolución, ya que para fosfatos es de 0,1 mg/L y para nitratos es de 10,0 mg/L, entonces, bien, se dice que si los resultados relacionados con compuestos químicos y mezclas, “exceden los valores máximos aceptables, al valor del IRCA se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados” (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), teniendo en cuenta esto, se deduce que el valor para IRCA es de 100, aunque se pase de los rangos según la resolución para agua tratada se tiene un valor de IRCA de 9,76%, que indica bajo riesgo.

Cabe aclarar que el municipio de Quetame realiza la potabilización de sus aguas por el método de cloración, lo cual según Zúñiga. I y Samperio. H en su artículo *Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas (2019)*. Se trata de ubicar dicho método de manera eficiente, lo cual mitiga tiempos de tratamiento, trabajo y costo, para interrumpir el crecimiento bacteriano en los sistemas de distribución de agua potable, lo cual se evidencia que este método cumple su propósito en el municipio de Quetame, cumpliendo la normatividad en algunos parámetros fisicoquímicos.

Aun así, la cloración no es suficiente para la mitigación de fosfatos y nitratos en agua tratada, se evidencia que estos parámetros no cumplen con la resolución 2115, debido gran parte a las actividades de la población de Quetame, como lo es la Agricultura y Ganadería, en donde se ve inmerso el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, con la finalidad de obtener una mayor producción, específicamente de frijol. Al no tener un tratamiento efectivo, para disminuir las concentraciones de fosfatos y nitratos, aumenta la posibilidad de enfermedades. Así lo describe la Organización mundial de la Salud referente a los nitratos, a elevadas concentraciones, puede provocar la formación de *hemoglobina* a *metamoglobina*, lo cual consiste en reducir el transporte de oxígeno a la sangre, disminuyendo la funcionalidad de las células en el organismo, por otro lado según Bolaños, J. Cordero, G. Segura, G. el consumo de aguas y el aumento a enfermedades de cáncer, enfermedades neurodegenerativas, están relacionadas a las altas concentraciones del ion (PO_4^{-3}) en aguas.

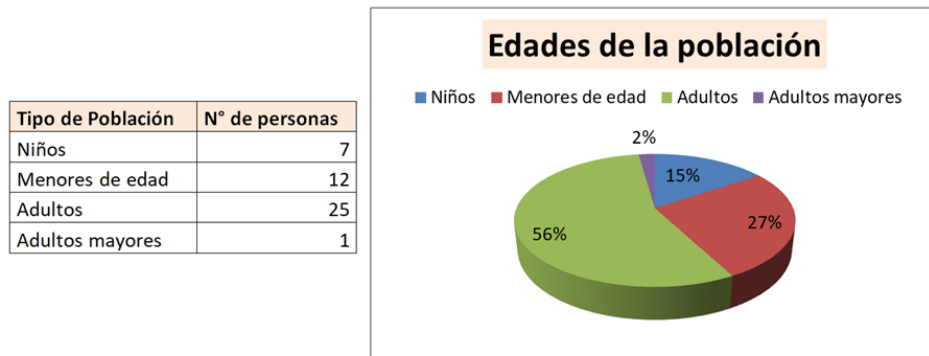
8.6 Instrumentos aplicados a la comunidad

La anterior metodología dio cumplimiento a los objetivos, el primero está relacionado con la fase uno y dos, ya que permite caracterizar a la comunidad del municipio, donde en estas fases se implementan instrumentos de indagación que establecen si es posible realizar el estudio investigativo en los habitantes de la vereda y determinar los conocimientos previos acerca de la fuente hídrica. Así mismo, se llevará a cabo un análisis de agua que corresponde a la fase tres empleando diferentes parámetros, los cuales se basan en la metodología del IDEAM, relacionándose con el segundo objetivo y la fase cuatro se da a conocer a la comunidad los resultados de este trabajo lo que da cumplimiento al tercer objetivo.

A continuación, se encuentran los resultados con sus respectivos análisis de los instrumentos aplicados a la comunidad del municipio de Quetame Cundinamarca los cuales fueron validos por los docentes: Diana Carolina Carrión, Edward Alejandro Guevara y Laura Jazmín Aldana, aplicados en el área rural del municipio a razón de que en lo rural es el lugar donde nacen las quebradas, donde se identifican características que pueden incidir en la calidad del agua como por ejemplo, la falta de saneamiento básico (alcantarillado, recolección de basuras), el tipo de cultivos el uso de agroquímicos en los mismos, actividades agrícolas o agropecuarias.

El siguiente mapa ilustra el recorrido realizado en la aplicación de estos instrumentos y en la recolección de las muestras cuyo punto de partida en la cabecera municipal, durante ese recorrido se aplicaron doce encuestas que buscaban caracterizar a la población y quince check list que buscaban evaluar la información brindada por los tesisas, se aplicó esta cantidad teniendo en cuenta que es un terreno de difícil acceso (montañoso) y si bien durante el recorrido se encuentra varias casas que resaltan que la mayoría de ellas no se encontró habitantes por motivos como: solo habitaban los fines de semana (turismo), no tenían disposición de tiempo o simplemente no había nadie en la vivienda por razones desconocidas.

Imagen 4. Estadística de la pregunta 1, encuesta.

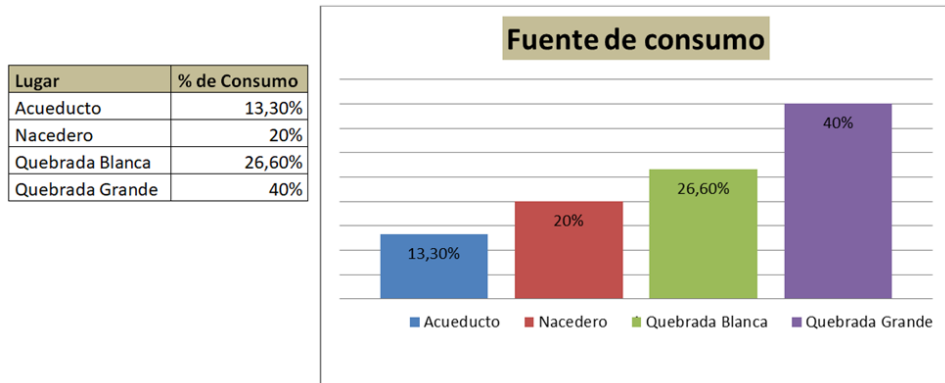


Elaboración propia

De lo anterior es posible afirmar que la población mayoritaria que allí reside son adultos cuyas edades oscilan entre los 18 y 60 años de edad, seguida de la población escolar cuya edad se encuentra entre los 6 y los 18 años, esta última población es de interés ya que son un apoyo al momento de trasladar los conocimientos del aula al entorno, en dicho sentido a la calidad del agua de las quebradas con el fin de ayudar a comprender cuestiones que pueden sonar simples por qué se hace como tradición y es el hecho de hervir el agua dejando de lado explicaciones que soportan este tratamiento como por ejemplo que dejarla que alcance su punto de ebullición da como resultado la disminución de microbios y bacterias.

2. Con esta pregunta se indaga acerca de donde proviene el agua que consume la población en estudio, si de acueducto, nacedero, o de las Quebradas, de lo anterior se encontró que:

Imagen 5. Estadística de la pregunta 2, encuesta.



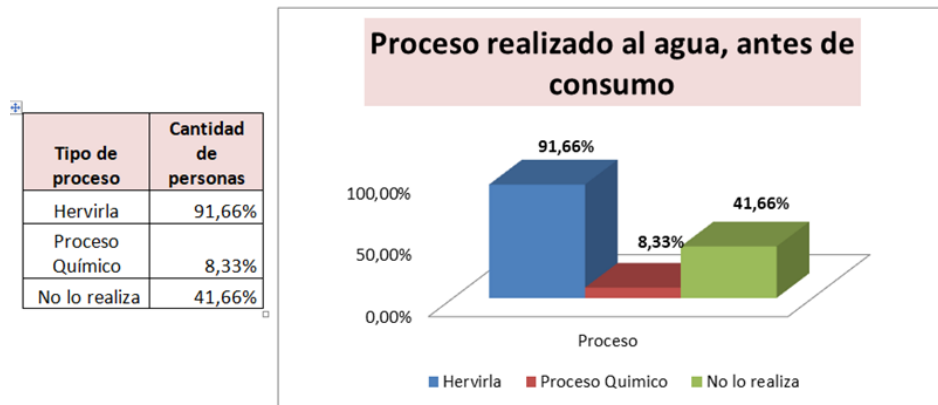
Elaboración propia

Con esta grafica se evidencia que la mayor parte de la población (40%) consume el agua de las quebradas Grande y Blanca a diferencia del agua del acueducto con un 13.30%, lo que resalta la importancia de informar a la comunidad del agua que están consumiendo y los posibles tratamientos que se les pueda realizar, sin embargo mediante el tratamiento de datos también fue posible determinar que el 13.3% de la población no solo consume agua de una de las quebradas sino también de nacedero y el 6.66% lo hace del acueducto y un nacedero.

Independiente de la fuente de donde se obtenga el agua y su uso es importante hacer educación ambiental a estas comunidades, preservar los nacederos y las quebradas ya que no solo es vital para el ser humano sino también para los ecosistemas ya que una de sus funciones es ayudar a regular la temperatura del planeta llega a afectar los cultivos que allí se desarrollan y que son la base económica del municipio.

3. Esta pregunta busca saber si la población le realiza algún tratamiento al agua que consume, de lo anterior se evidencio que:

Imagen 6. Estadística de la pregunta 3, encuesta.

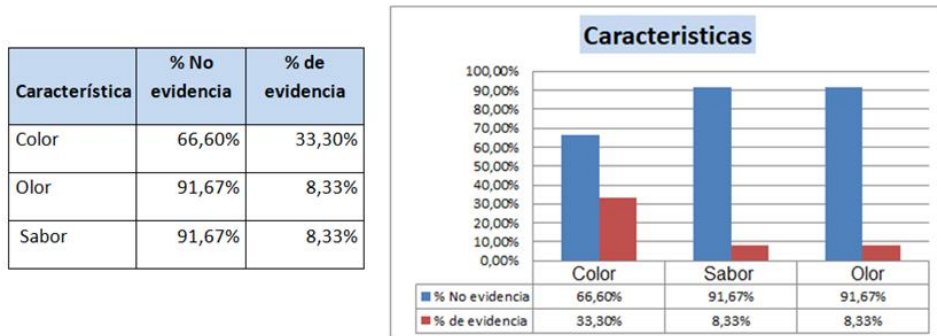


Elaboración propia

Conforme a lo anterior se evidencia que la mayoría de la población encuestada (91,66%) realiza un proceso de ebullición del agua, frente a un 8,33% que no le realiza ningún proceso químico, sin embargo se evidencia que donde existen granjas avícolas se realiza un proceso químico al agua el cual comprende la adición de cloro y sulfato como lo manifiesta un residente “el cloro es usado para purificar el agua, mientras el sulfato de aluminio es usado para aclararla” el porcentaje de personas que realizan este procedimiento es de 41,66% y lo realizan por recomendación del veterinario, persona que es pagada por ellos mismos. Lo anterior da cuenta que la mayoría de la población a pesar de la calidad del agua (“buena”) que evidencian realizan un consumo responsable. Como se evidencia los tratamientos químicos realizados por la minoría de la población son asesorados por un ente particular (veterinario) y solo se aplica en lugares donde hay un interés económico, sin embargo, la población que lo usa lo hace sin cuestionarse si este procedimiento es correcto o no y en este caso se evidencia la desarticulación de la química aplicada al contexto.

4. Frente a esta pregunta se indaga acerca de la calidad del agua respecto a parámetros como color, sabor y olor, de lo cual se obtuvieron las siguientes respuestas:

Imagen 7. Estadística de la pregunta 4, encuesta.



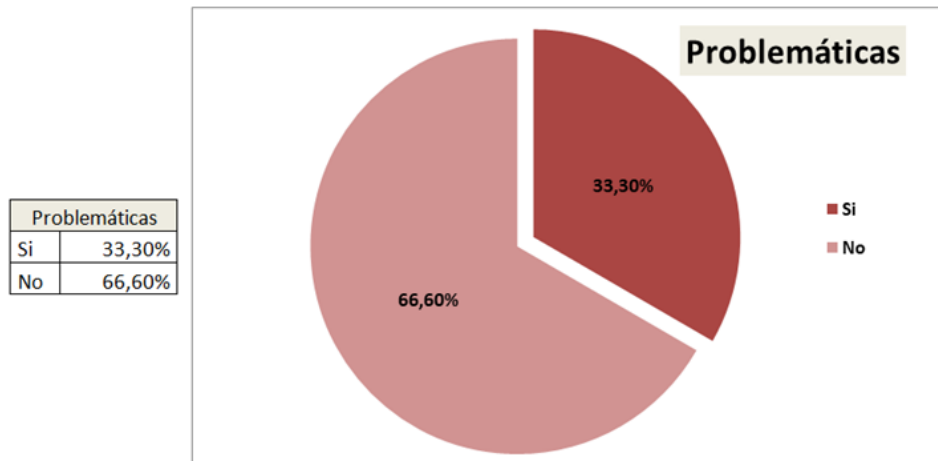
Elaboración propia

El anterior gráfico ilustra la presencia de las características físicas del agua evidenciada por los consumidores, de lo cual cabe resaltar que la mayoría de la población no evidencia ninguna característica, como color, sabor u olor, sin embargo es importante señalar que el 33,30% observa un color amarillento –marrón, lo cual ocurre en épocas de lluvia, adicional a ello el 8,33% manifiesta la presencia de un sabor desagradable “amargo” y olor “como a charco” esto quizás es debido al punto de captación de la fuente hídrica.

Lo anterior ayuda a que la comunidad esta alerta acerca del agua que consume con parámetros físicos como lo son color, olor, sabor, lo que a su vez genera educación ambiental, en función a velar por el cuidado de este recurso.

5. En esta pregunta se indaga acerca de las problemáticas evidenciadas entorno a la calidad o de abastecimiento de lo cual respondieron:

Imagen 7. Estadística de la pregunta 5, encuesta



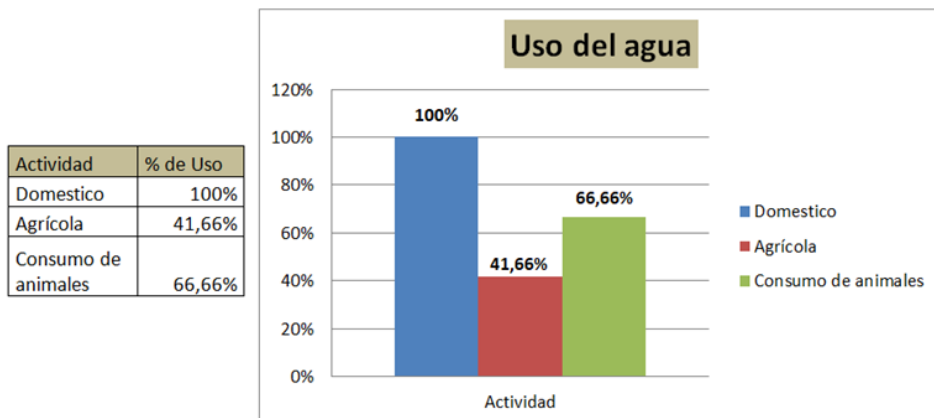
Elaboración propia

Se observa que la población manifiesta no tener problemáticas frente al agua, sin embargo, el 33,30% de la población establece que el principal problema es de abastecimiento debido a que en temporada de lluvias las tuberías tienden a taparse lo que impiden el flujo de esta.

Lo anterior es un ejemplo de cómo la química, los aprendizajes que surgen a partir de ella deben ser aplicados al entorno para brindar soluciones, en este caso si la comunidad detecta alguna problemática como por ejemplo una alta concentración de fósforo (que fue determinada en el laboratorio, pero no manifestada por la comunidad) es desde esta ciencia que se deben formular explicaciones acerca de esto y formular tratamientos a esta agua, a su vez estas explicaciones y tratamientos desarrollan en la comunidad educación ambiental ya que desde la comprensión de una problemática, la misma comunidad puede formular posibles soluciones.

6. Esta pregunta busca obtener información acerca del uso que la población le da al agua, ya sea: uso doméstico, actividades, agrícolas, para el consumo de animales, de lo que se obtienen las siguientes respuestas:

Imagen 8. Estadística de la pregunta 6, encuesta



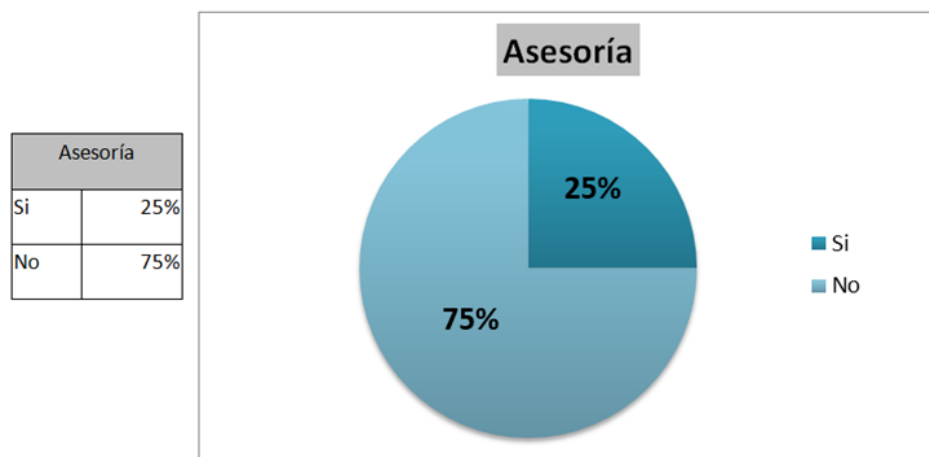
Elaboración propia

De lo anterior se resalta que el 100% de la población emplea el agua en actividades domésticas, de ahí la importancia de realizarle procesos como hervirla, seguido de su uso para el consumo de animales con un 66,66% de aquí resalta el uso avícola que se evidencia en la población y el empleo de cloro y sulfato para su tratamiento, sin embargo, el menor uso que se le da es agrícola por lo que se evidencia pocos cultivos en la zona.

Esta pregunta también permite evidenciar la importancia de la química aplicada al contexto desde el uso del agua en las actividades humanas (uso doméstico) para darle a comprender a la población el por qué se debe hervir el agua, el por qué le adicionan cloro y sulfato, no solo porque es una recomendación, sino que hay un fundamento científico que explica esto.

7. Referente a este ítem se cuestiona acerca de las asesorías que la comunidad ha recibido en torno al tratamiento que se le debería dar al agua, a esta pregunta se obtiene la siguiente información:

Imagen 9. Estadística de la pregunta 7, encuesta



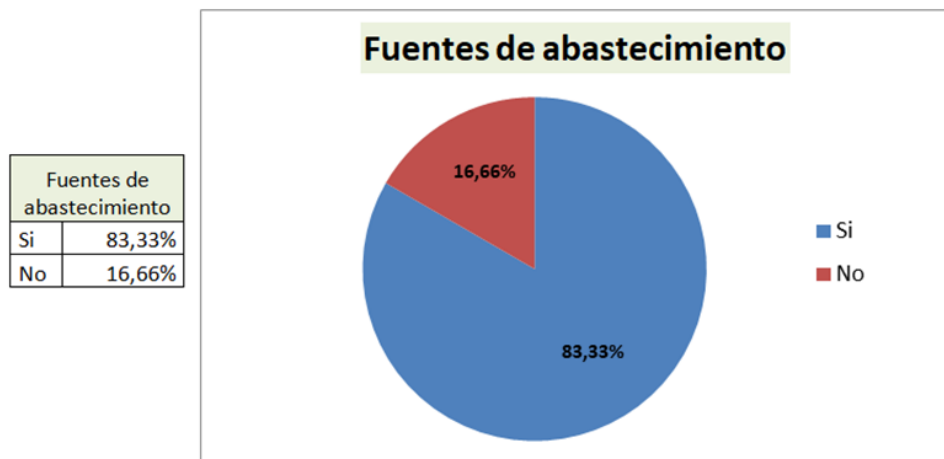
Elaboración propia

Ante esta cuestión es posible afirmar que el 75% de la población no recibe ningún tipo de asesoría frente al tratamiento de agua, sin embargo, como se evidencia anteriormente la población como conocimiento propio la herbé, el 25% que manifiesta asesoría es porque ha sido particular, veterinario pagado por sus propios medios, quien para obtener mejor rendimiento en las granjas avícolas recomienda los tratamientos anteriormente mencionados.

Dentro de los cometarios mencionados por la comunidad a lo largo de este trabajo ellos mencionaban que “la alcaldía debería realizar programas así” sin embargo la comunidad también puede construir conocimiento por ejemplo entorno a los tratamientos que se le dan al agua, lo que genera educación y a su vez ayuda a solucionar posibles problemáticas.

8. Se cuestiona a la comunidad acerca si saben la procedencia del agua que abastece el municipio, a lo que responden:

Imagen 9. Estadística de la pregunta 8, encuesta

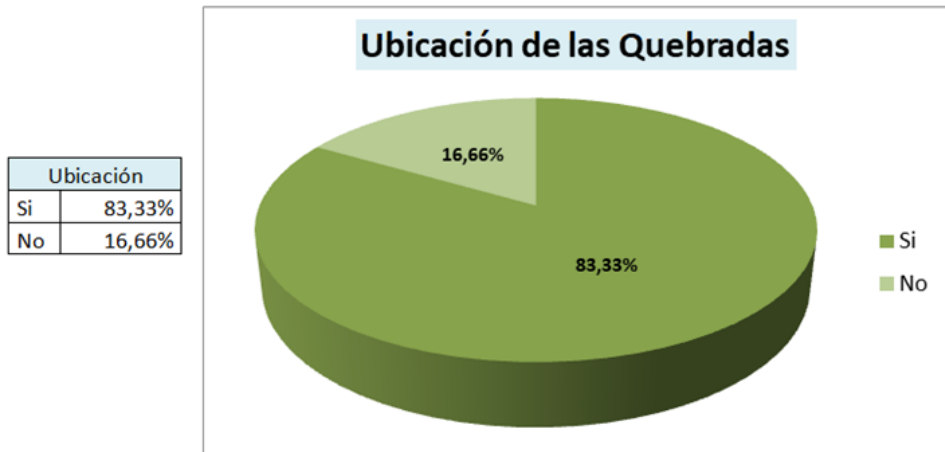


Elaboración propia

Como se puede observar en esta grafica la mayoría (8,33%) de los residentes conocen la fuente de abastecimiento del acueducto de Quetame, aunque algunos de ellos no identifican sus nombres, de lo anterior se analiza que aunque la información por parte de los entes gubernamentales es escaza de acuerdo con calidad y asesorías, la población se preocupa por conocer las fuentes de abastecimiento del mismo, lo cual les permite cuestionarse acerca de su calidad con parámetros físicos como los mencionados anteriormente.

9. De acuerdo con el anterior ítem también se les indaga acerca si conocen la ubicación de las Quebradas Grande y Blanca y si tienen un referente acerca de su calidad, de lo cual respondieron:

Imagen 10. Estadística de la pregunta 9, encuesta

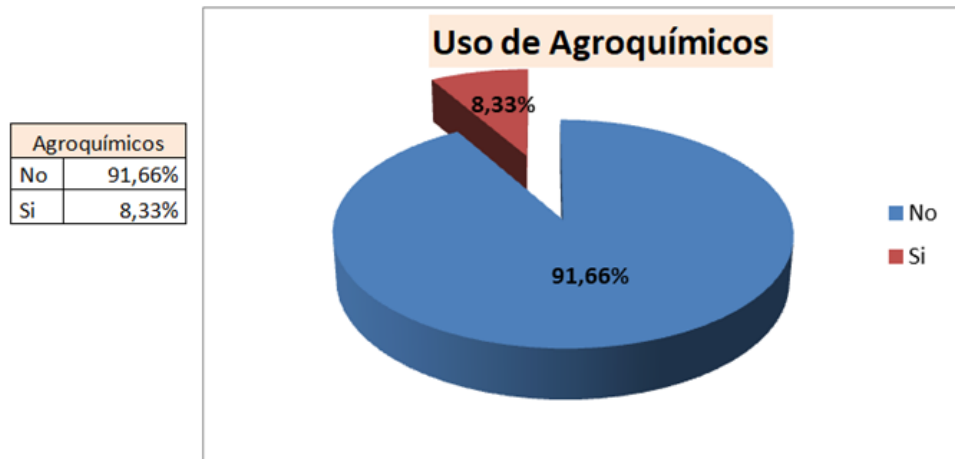


Elaboración propia

El 83,33% afirma conocer su ubicación, aunque algunos no identifican su nombre y esto es debido a que están próximos a la misma, algunos de ellos independiente de la fuente de abastecimiento están informados acerca de sus nombres y esto es importante debido a que si se realiza un estudio acerca de las mismas tendrán la capacidad para identificarlas y hasta emitir un juicio propio, es decir identificar características de esa zona como por ejemplo vertimiento de aguas residuales y vincularla con la posible problemática, lo que a su vez brinda herramientas para mitigar dicha situación. Acerca de la calidad de estas la población indica que nunca se ha escuchado nada acerca de esto.

10. En los cultivos es frecuente el uso de productos agroquímicos para la conservación y productividad de estos, por lo que se indaga con la comunidad, acerca de su uso a lo que respondieron:

Imagen 11. Estadística de la pregunta 10, encuesta



Elaboración propia

El 91,66% ante esta pregunta responde que no hacen uso de productos agroquímicos en los cultivos y esto también es debido a que por lo evidenciado durante el muestreo las actividades económicas que se desarrollan en esta zona son relacionadas con animales como por ejemplo avicultura, sin embargo, el 8,33% desarrolla su economía entorno a la agricultura y los productos empleados son: Paraquat (herbicida), Arriero 100 (insecticida) y Lorsban (insecticida, empleado para combatir hormigas). La anterior se pregunta se realiza con el fin de identificar posibles contaminantes en el agua procedentes de estos productos.

8.6.2 Instrumento dos- aplicado en el área rural del municipio de Quetame-Cundinamarca

A continuación, se presentan los resultados del segundo instrumento aplicado, en esta fase se busca valorar la socialización del proyecto, la cual se realizó uno a uno con la comunidad, lo que permitió aclarar dudas y resolver preguntas de manera abierta, se presentó un folleto (posteriormente se entregó a la comunidad, ver anexo 2) en el que se menciona aspectos como: importancia del agua, fuentes hídricas del municipio, problemáticas de contaminación, que dan

cuenta de la realidad que afronta el municipio en términos de falta de saneamiento básico, vertimiento de aguas residuales, entre otros a nivel rural, lo cual es importante resaltar ya que es allí donde nacen las quebradas que abastecen al acueducto.

Lo anterior se da con el fin de contextualizar a la población para posteriormente darles a conocer la calidad de agua que están consumiendo, la cual fue analizada mediante la metodología del IDEAM, Viña y Ramírez, complementario a ello se hace demostración con algunos kits de laboratorio (aunque hubo dificultad en la manipulación de los mismos, debido a que algunos no funcionaban) sin embargo representa interés e incluso surgen comentarios como “donde se pueden conseguir” y “la alcaldía debería implementar programas así” posterior a ello y acorde a la calidad de agua se sugieren tratamientos algunos de ellos ya conocidos por la comunidad como hervir el agua y cloración.

Con este instrumento se busca hacer formación ciudadana en función al cuidado por el medio ambiente acorde con la preservación de los recursos a partir de las problemáticas planteadas en las diversas cumbres dadas a partir de los años setenta, a partir de ello surge la necesidad de implementar la educación ambiental en lo formal y no formal, como lo menciona Duque. S, Quintero. M, Duque. M en el artículo titulado “la educación ambiental en comunidades rurales y la popularización del derecho a la conservación del entorno natural: el caso de la comunidad de pescadores en la ciénaga de Ayapel Colombia” (2014) “En Colombia se aplicaron propuestas que apuntaban a la inclusión de la dimensión ambiental como uno de los componentes fundamentales del currículo en la educación formal y en las actividades de la educación no formal”

A partir de lo anterior se destaca la importancia de la educación ambiental no formal es decir es espacios fuera de clase, ya que es gracias a la participación de la población que se construyen nuevos saberes con la capacidad de aportar soluciones ante las posibles problemáticas, aunque se habla de educación no formal esta no puede estar desvinculada de la formal debido a que son necesarias las herramientas brindadas por esta para validar si las soluciones planteadas son viables o no, es por ello que como resultado de la socialización

se le solicita al habitante que evalué la información brindada, algunas de las preguntas de este instrumento se tratan a continuación.

¿Considera usted que los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la Quebrada Grande y Blanca son útiles? A lo que responden sí y adicional a ello manifiestan que la alcaldía debería implementar programas así, con lo que se evidencia que se genera reflexión en torno al agua que se consume, adicional a ello se explica que para determinar dicha calidad está basada bajo la metodología del IDEAM, de lo también se les explica en que consiste, con esto se busca la adaptación del lenguaje científico al lenguaje común sin perder su valor se debe tener como eje central el proceso dialógico: para elaborar la propuesta de popularización como estrategia para la educación ambiental será necesario contar con la participación de un popularizador que involucre el universo vocabulario y la prealimentación con las comunidades a partir de un proceso dialógico” Duque. S, Quintero. M, Duque. M (pg. 15, 2014).

Otra de las preguntas es acerca de los materiales didácticos presentados es decir el folleto y los kits de lo cual los kits despertaban interés con lo que se busca que se dé a comprender el mensaje y es que con población rural “se requieren de materiales y métodos relevantes y con significado adecuado a su nivel” Duque. S, Quintero. M, Duque. M (pg. 15, 2014). Y es que a través de herramientas didácticas con las que se puedan visualizar cambios de coloración entre otros se atrae la atención del espectador y con ello el mismo se da cuenta de la calidad del agua acorde al kit con el que se haya analizado y refuerza su interés por preservar este recurso.

De acuerdo con los análisis de laboratorio existe una alta concentración de fósforo y nitrógeno procedente de fertilizantes que se socializa a la comunidad, sin embargo en la caracterización de la población esta manifiesta no hacer tanto uso de fertilizantes, pero se debe tener en cuenta que se entrevistaron aproximadamente 45 personas y de acuerdo al último censo esta vereda cuenta con 159 habitantes es decir cabe la posibilidad que los demás si hagan uso de estos productos, basado en ello se sugiere a la comunidad implementar alternativas que favorezcan sus cultivos pero que no afectan la calidad de agua

como por ejemplo rotar los cultivos, sembrar cultivos que aportan nitrógeno al suelo, como por ejemplo habas, uso de agroquímicos orgánicos o elaboración de estos productos a partir de plantas, con lo que se genera educación ambiental.

En síntesis este trabajo de socialización vincula a toda la población ya que si bien no les brindo la información a todos los habitantes del sector, estos motivados por el interés que despertó en ellos van a replicar esta información, lo que a su vez les permitirá de ahora en adelante indagarse acerca del agua que consumen y estarán prestos a intervenir si se evidencia alguna problemática, con lo que se cumple la finalidad de la educación ambiental “es un proceso que reconoce valores necesarios para comprender y apreciar las interrelaciones entre el ser humano, su cultura y la naturaleza. La educación es fundamental para adquirir conciencia, valores, técnicas y comportamientos ecológicos...y que favorezcan la participación comunitaria efectiva en decisiones” Duque. S, Quintero. M, Duque. M (pg. 16, 2014).

9 CONCLUSIONES

La caracterización de los habitantes de la zona rural de Quetame fue desarrollada a través de una encuesta, dando respuesta a diferentes preguntas realizadas sobre las fuentes hídricas, si conocen o no tratamiento para ellas, donde se puede concluir que no tenían información acerca de la calidad del agua que consumían y además de desconocer tratamientos que no fuesen solo llevarla al punto de ebullición, que aunque se hacía por “costumbre” ignoraban la verdadera función de este, lo que da lugar a inferir que las ciencias están desarticuladas de la realidad, sin embargo se evidencia que la población analiza el cambio en las características del agua como lo es turbidez, lo cual los acerca al conocimiento científico partiendo desde la observación de los hechos.

Se calcularon los índices de calidad del agua (ICO's, ICA e IRCA) los cuales fueron desarrollados a lo largo del proyecto, donde es importante tener en cuenta uno de los antecedentes disciplinares, que muestra los resultados obtenidos del análisis de agua del 2000 por el *laboratorio de salud pública* el cual describe el artículo *Plan de desarrollo municipal periodo 2004-2007* de la alcaldía municipal de Quetame, resultados que son los más actuales en cuanto a índices, para las fuentes de abastecimiento. La calidad del agua era entre regular y mala, esto se debía a la falta de operación de la planta de tratamiento, problemática que hoy en día no ha sido solucionada, lo cual conlleva a que los índices analizados en el trabajo generen una caracterización del agua igual a la obtenida en el año 2000, teniendo en cuenta que la cloración es actualmente el único tratamiento que ejecutan para la potabilización del agua, para su posterior consumo.

Entonces, se presta atención al agua tratada del municipio, la cual debe cumplir los parámetros fisicoquímicos planteados por el Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, (2007) en la resolución 2115. Hecho que, da a centrar la mirada en las concentraciones máximas de fosfatos y nitratos, ya que no cumplen la resolución, lo que conlleva a propiciar en la salud de los habitantes de Quetame, enfermedades como la Diabetes, hipertensión arterial, hiperfosfatemia (infección renal) y enfermedad

renal crónica, por ello, se plantea tratamientos a bajos costos, como lo es con hidróxido de sodio, con el cual se validó que disminuye hasta un 5,88% de fósforo, el exceso de este parámetro puede ser dado por el uso de fertilizantes por parte de la comunidad. Cabe mencionar que, aunque las variables relacionadas con fósforo y nitrógeno estén en un porcentaje elevado en comparación de las otras, estas presentan un buen nivel de satisfacción para el consumo, pero teniendo en cuenta el debido tratamiento mencionado, para su eficaz uso.

Dado los análisis realizados, la calidad del agua está siendo afectada por parte de la Quebrada Grande a la Quebrada Blanca, ya que al ser mezcladas se denota una contaminación más alta, entonces se recomienda que tomen un solo cuerpo hídrico para el abastecimiento del municipio.

Por otro lado, se llevó a cabo una intervención con los habitantes de la zona rural, por medio de un folleto y un check list, los cuales fueron dados a conocer a la comunidad, para socializar los resultados obtenidos en el laboratorio de la calidad del agua que consumen. Se demostró interés por la información que se estaba brindando, con lo que se evidencia como la educación ambiental a partir de forjar conocimientos tiene la capacidad de vincular a toda la comunidad; también la química en contexto demuestra que la ciencia debe hacer uso de otras ramas de conocimiento para generar provecho, pudiendo demostrar su aplicabilidad en las actividades humanas.

Además, lo que se busca con esta intervención es brindar alternativas de tratamiento que ayuden a mejorar el agua y hacerla apta para el consumo humano. Asimismo, que cuando se replique esta información no solo se hable de si es buena o mala, sino que también se recomienden los tratamientos brindados con lo que se podría aportar a construir estos conocimientos, ya que entre la comunidad se puede analizar la disponibilidad de los tratamientos, con lo que sustenta que la educación ambiental parte de la participación de todos los ciudadanos.

La falta de interés de no solo de los entes locales del municipio, sino también nacionales ya que al citar antecedentes esta información es muy escasa, con lo

que se demuestra que no se hacen estudios acerca de estos temas, no hay monitoreos de agua en zonas rurales y por lo tanto se podría inferir que los diálogos de las cumbres que se han generado en términos de educación ambiental se quedan en diálogos y no se destinan recursos para hacer investigación.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Quetame Cundinamarca. (2004). Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007, Oficina de planeación Municipal.
- Arboleda, F. M. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. *Carta trimestral*, 3.
- Bedoy, V. (2000) La historia de la educación ambiental: reflexiones pedagógicas. En *Educación*. Revista de educación/Nueva Época.
- Bolaños, J., Cordero, G., Segura, Araya. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica.
- CARIDE, J & MEIRA, P (2001). "Educación ambiental y desarrollo humano". Editorial Ariel Educación. Barcelona-España
- Contraloría de Cundinamarca. (2019). Agua potable en Cundinamarca.
- Díaz Casallas, D. M. (2018). Influencia de la política de gestión integral del recurso hídrico sobre la calidad del agua de la cuenca alta del río Bogotá.
- Duque Quintero, Sandra Patricia, Quintero Quintero, Marta Lucía, & Duque Quintero, Mónica. (2014). LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN COMUNIDADES RURALES Y LA POPULARIZACIÓN DEL DERECHO A LA CONSERVACIÓN DEL ENTORNO NATURAL: EL CASO DE LA COMUNIDAD DE PESCADORES EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL (COLOMBIA).
- Esquema de Ordenamiento Territorial. (1999). Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Quetame.
- IDEAM. (2007). Coliformes totales y E. Coli por el método de filtración por membrana en agar Chromocult (Versión 03).
- IDEAM. (2011). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad*

del agua superficial. 96, 10. www.ideam.gov.co

IDEAM. (2022). *Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) República de Colombia. 96, 1–12.*

Martinez, I., Saracho,R. (2009). El fósforo y sus implicaciones clínicas. Servicio de Nefrología. Hospital Galdakao.

Ministerio de la Protección Social, & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución Número 2115 de 2007. *Ministerio de La Protección Social Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 23.* http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

Pacheco, E., & Blanco, M. (2015). Metodología mixta: su aplicación en México en el campo de la demografía. *Estudios demográficos y urbanos, 30(3), 725-770.* IDEAM. (2011). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 96, 10. www.ideam.gov.co*

Piedrahita Vera, J. E. (2018). *ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) E ÍNDICE DE 1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA (ICOS) EN QUEBRADA VILLA UBICADA EN EL BAGRE, ANTIOQUIA.*

Ramirez, R., Restrepo, A., & Cardenosa, M. (1999). Indices de contaminacion para caracterizacion de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. *CT y F - Ciencia, Tecnologia y Futuro, 1(5).*

Rengifo, B., Quitiaquez, L., & Mora, F. (2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. *XII Coloquio internacional de Geocrítica, 16*


Restrepo, R., & Cardeñosa, M. (1999). Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro, 1(5), 89-99.*

Sauvé, L. (2005). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. Educación ambiental-Investigación y desafíos. Porto Alegre.

Teitelbaum, A. (1978). El papel de la educación ambiental en América Latina.
Organización de las Naciones Unidas, para la educación, la ciencia y la cultura.

ANEXO 1

En este apartado se detallan los instrumentos aplicados, los cuales fueron validados por la docente Diana Carolina Carrión, Edward Alejandro Guevara y Laura Jazmín Aldana

<p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Facultad de ciencia y tecnología – Licenciatura en Química</p> <p><i>“Educación ambiental con la comunidad de Quetame (Cundinamarca) entorno a la calidad del agua de las Quebradas Grande y Blanca”</i></p> <p>Tesistas: Cindy Lorena Cruz Ovalle Manuel Sebastián Martínez Daniela Rusinque Mendivelso</p>	 <p>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</p>
--	--

INSTRUMENTO 1. ENCUESTA A LA COMUNIDAD DE QUETAME

La siguiente encuesta tiene como fin recolectar datos acerca de su entorno, además de evidenciar conocimientos previos acerca del agua del municipio. Agradecemos su participación y le solicitamos conteste con sinceridad, no hay respuestas correctas o incorrectas.

Habitante de la zona rural: ___ **Nivel escolar:** _____ **Edad:** _____ **Género:** _____

1. ¿Cuántas personas conforman su núcleo familiar? ¿Cuáles son sus edades?

2. El agua que consume proviene de: (Seleccione una opción y si conoce el nombre escríbalo al lado)

a. Acueducto

- b. Nacederos
- c. Quebradas

3. ¿Qué proceso le realiza al agua antes de consumirla?

- a. La somete a calentamiento
- b. Le realiza algún tipo de procedimiento en particular.

¿Cuál? _____

- c. No realiza ningún proceso
4. Haga una breve descripción del agua que consume (Marque con una X si observa o no las características en el agua):

Características	Presenta	No presenta
Color		
Sabor		
Olor		

5. ¿Ha notado problemáticas entorno al agua ya sea de calidad o abastecimiento en su comunidad?

- a. Si ¿Cuáles?
- b. No

6. ¿En qué actividades emplea el agua? Se pueden seleccionar varias opciones.

- a. Uso doméstico
- b. Actividades agrícolas
- c. Para el consumo de los animales

7. ¿Ha recibido alguna orientación frente al tratamiento del agua que consume en su hogar?

8. ¿Sabe de donde proviene el agua que usa el municipio de Quetame?

9. ¿Conoce la ubicación de la Quebrada Grande y Blanca y alguna información acerca de la calidad del agua?


10. ¿En su hogar emplean productos agroquímicos para la conservación de los cultivos (En caso de ser positiva la respuesta, marque con una X los que usan)?

a. Si

Agroquímicos	Marque con una X
Atrazina	
Paraquat	
Fosset 40 sl	
Arriero 100	
Lorsban	

b. No

ANEXO 2

<p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Facultad de ciencia y tecnología – Licenciatura en Química</p> <p><i>“Educación ambiental con la comunidad de Quetame (Cundinamarca) entorno a la calidad del agua de las Quebradas Grande y Blanca”</i></p> <p>Tesistas: Cindy Lorena Cruz Ovalle Manuel Sebastián Martínez Daniela Rusinque Mendivelso</p>	 <p>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</p>
--	--

INSTRUMENTO 2: CHECK LIST A LA COMUNIDAD

La siguiente lista de cotejo busca evaluar la utilidad que representa este trabajo de grado para la comunidad del municipio de Quetame (Cundinamarca). Agradecemos su participación y le solicitamos conteste con sinceridad. (Adicional a ello a cada uno de los criterios marque SI o NO según considere.

Habitante de la zona rural: ___ Nivel escolar: _____ Edad: _____ Género: _____

CRITERIOS	MARQUE CON UNA X	
	SI	NO
1. La información brindada durante las diferentes intervenciones realizadas fue clara.		
2. El contenido y diseño de los materiales didácticos fueron comprensibles y represento interés para usted.		
3. Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de		

la Quebrada Grande y de la Quebrada Blanca fueron comprendidos.		
4. Considera usted que los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la Quebrada Grande y de la Quebrada Blanca son útiles para la comunidad.		
5. Se dieron a conocer las fuentes hídricas de abastecimiento del municipio.		
6. Los tratamientos de agua brindados por los tesistas fueron claros.		
7. Emplearía usted estos tratamientos propuestos.		
8. Recomendaría los tratamientos para el agua dados por los tesistas.		
9. La información brindada acerca del uso del agua y como perjudica su contaminación o escasez fue evidente		
10. Los instrumentos usados fueron claros para el buen desarrollo de estos.		

11.Sugerencias

ANEXO 3

Folleto entregado a la comunidad

Calidad de agua de las Quebradas

Se analiza el agua en tres puntos de muestro, como se observa en la siguiente tabla:

Muestras	ICOS	Valor	Contaminación	ICA	Calidad
Quebrada Blanca	ICOMI	0.026	Ninguna	0,66	Regular
	ICOMO	0.137	Ninguna		
	ICOSUS	0.580	Media		
	ICOTRO	0.707 mg/L	Eutrófico (Alta)		
Quebrada Grande	ICOMI	0.530	Media	0,52	Regular
	ICOMO	0.347	Baja		
	ICOSUS	1	Muy alta		
	ICOTRO	2.272 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)		
Mezcla de Quebradas	ICOMI	0.040	Ninguna	0,67	Regular
	ICOMO	0.089	Ninguna		
	ICOSUS	0.580	Media		
	ICOTRO	1.242 mg/L	Hipereutrófico (Extrema)		

Elaboración propia

Interpretación:

- **ICOMI:** índice de contaminación por mineralización (Dureza, contenido de cationes de calcio y magnesio)
- **ICOMO:** índice de contaminación por materia orgánica (ejemplo vertimiento de aguas residuales)
- **ICOSUS:** índice de contaminación por sólidos suspendidos (causan problemas de color, olor y sabor)
- **ICOTRO:** índice de contaminación trófico (concentración de fósforo, procedente de fertilizantes, provoca crecimiento excesivo de algas, con lo que disminuye el oxígeno en el agua)

Tratamientos

01 FILTRACION CON CARBON ACTIVADO

Uno de los tratamientos para la potabilización del agua es la filtración del agua, junto a carbón activado, ya que este permite eliminar impurezas y contaminantes como lo son: materia orgánica, gases y partículas pequeñas que trae consigo el agua, se evidencia el tratamiento al obtener agua clara y sin olor presente.

02 CLORACIÓN

Otro procedimiento sencillo y eficaz es la cloración, su principal objetivo es desinfectar el agua y potabilizarla, conlleva introducir productos clorados, como lo pueden ser pastillas de cloro en el agua, teniendo como resultado la eliminación de microorganismos que pueden ser nocivos para la salud.

03 Hervir el agua

Otro procedimiento para purificar el agua es hervir, consiste en dejarla hirviendo entre 15 y 30 minutos, hasta que alcance el punto de ebullición del agua, que es 100 °C, obteniendo como resultado la disminución de microbios y bacterias, las cuales son causantes de varias enfermedades y virus.

¿Conoces el agua que te consumes?

INTENTA ESTO

Importancia del agua

Fuentes hídricas de Quetame

Quebrada Grande

Quebrada Blanca

Problemáticas de contaminación

Calidad de agua de las Quebradas

Tratamientos

Universidad Pedagógica Nacional
 Facultad de ciencia y tecnología
 Lorena Cruz
 Sebastian Martinez
 Daniela Rusinque

Importancia del agua

El agua cubre mas del 70% de la superficie del planeta, siendo la fuente y el sustento para la vida ya que es vital para regular el clima del planeta, además de permitir el correcto funcionamiento de los procesos biológicos.

Importancia para el ser humano

Presente en los tejidos corporales y en los órganos vitales, es los procesos orgánicos es indispensable para la digestión así como para la absorción y eliminación de desechos, además de mantener la regular la temperatura corporal, con lo que evita dolores de cabeza o riesgo de problemas cardiacos.

Importancia para los ecosistemas

Su importancia radica en el correcto funcionamiento del ciclo hidrológico, ya que la alteración de este interviene en el cambio climático lo que desencadena que se modifiquen los ecosistemas y con ello se vea afectada la fauna y flora propias de un lugar.

Fuentes Hídricas de Quetame

Quebrada Grande

Se localiza al sureste del municipio y nace en el alto de salival de la vereda corraleja, recorre el municipio de oriente a occidente con respecto al perímetro urbano de Quetame, vierte sus aguas directamente al Rio Negro (CORPORINOQUIA, 2011)

Problemáticas de Contaminación

Falta de red de alcantarillado causa filtración de líquidos en la tierra por lo que se contaminan las fuentes hídricas cercanas.

Verimiento de aguas residuales domésticas, sin ser previamente tratadas

Fertilizantes:
 Arriero 100
 Paraquat
 Lorsban
 Fossel 40sl

Quema de basuras al aire libre

Elaboración propia

ANEXO 4

Comunidad usando los kits y contestando los instrumentos.

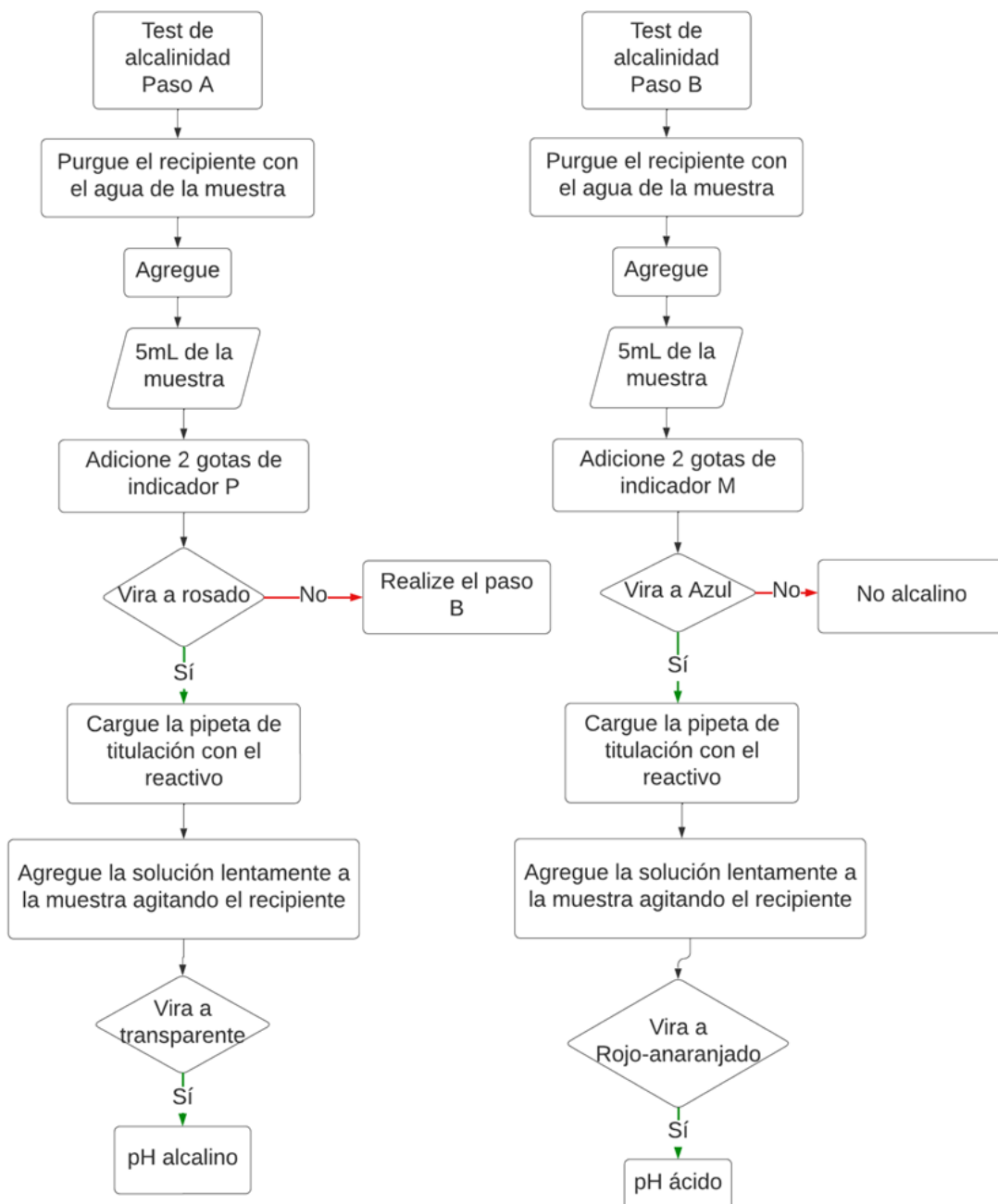


Elaboración propia

ANEXO 5

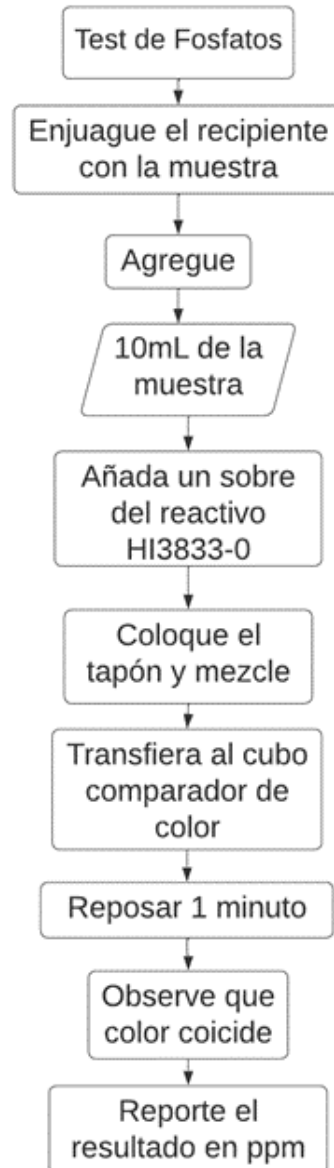
A continuación, se anexan los diagramas de flujo de los kits

- Alcalinidad total



Elaboración propia.

- Fosfatos



Elaboración propia.