

MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE  
MORINGA EN LA VEREDA COPO DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA.

GLORIA LIZETH SANCHEZ HUERTAS

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

2022

MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE  
MORINGA EN LA VEREDA COPO DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA.

GLORIA LIZETH SANCHEZ HUERTAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Licenciada  
en Química.

Directoras:

Yolanda Ladino Ospina - directora

Dora Luz Gómez Aguilar - codirectora

Grupo de Investigación Didáctica y sus Ciencias

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
LICENCIATURA EN QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2022

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma de director

---

Firma de jurado

---

Firma de jurado

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado es dedicado especialmente para mi familia que me ha apoyado y ayudado en todo el trayecto de mi carrera, a ellos que siempre me dieron voz de apoyo cuando quería dejar todo a un lado, especialmente a mi padre por ayudarme a cumplir todos los sueños y metas que me he propuesto en el transcurso de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar por permitirme el vivir cada una de las experiencias, por guiarme y fortalecerme en cada paso que doy, en la dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres Jose Berardo Sanchez Ramirez y a mi madre en el cielo Gloria Ines Huertas por ser la principal fuente de apoyo en mi vida, por su cariño y amor, agradezco a mi pareja Juan Pablo Jaimes por cada palabra de motivación que me brindo en estos años que hemos pasado juntos. A mis hermanos y sobrinos por el cariño y amor que brindan cada día.

A todos mis amigos y compañeros, en especial a Juan Pablo Esquivel, Juan Sebastián Martínez, Julián Felipe Lozada y Angie Paola Gutiérrez, que estuvieron a mi lado en los años de carrera que cursamos con buenas energías y apoyo mutuo. A mis asesoras de proyecto Yolanda Ladino Ospina y Dora Luz Gómez que con su experiencia, motivación y dedicación me guiaron en este trayecto de investigación y me ayudaron a cumplir una meta más. Además de agradecer a Giovanni y todo el equipo de laboratorio de la universidad por ayudarme en este proyecto tan importante.

A todos, una vez más, gracias por brindarme el apoyo en estos años compartidos, experiencias y conocimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	11
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	13
4 OBJETIVOS.....	14
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5 MARCO REFERENCIAL.....	15
5.1 EL AGUA Y CALIDAD DE AGUA .....	16
5.2 TRATAMIENTO DE AGUA .....	18
5.3 MORINGA .....	19
5.4 MÉTODO SOXHLET .....	20
5.5 FILTRACIÓN POR MEMBRANA .....	21
5.6 ACTIVIDADES DE SENSIBILIZACIÓN CON LA COMUNIDAD.....	21
5.6.1 Objetivos de desarrollo sostenible.....	22
6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
6.1 ETAPA DE CARACTERIZACIÓN .....	23
6.2 ETAPA DE SENSIBILIZACIÓN: PRÁCTICAS CULTURALES EN TORNO AL AGUA.....	24
6.3 ETAPA DISEÑO DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA.....	24
6.3.1 Fase 1. Preparación de las muestras .....	24
6.3.2 Fase 2: Pruebas con moringa.....	27
7 RESULTADOS.....	28
7.1 CARACTERIZACIÓN.....	28
7.2 OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE MORINGA. ....	29
7.3 RESULTADOS DESPUÉS DE TRATAMIENTO DE MORINGA.....	31

7.4	SENSIBILIZACIÓN .....	34
8	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	35
9	CONCLUSIONES.....	38
10	REFERENCIAS .....	40
11	ANEXOS.....	43
11.1	ANEXO 1: ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN QUE SE ABASTECE DEL AGUA PROVENIENTE DE LA QUEBRADA SECA .	43
11.2	ANEXO 2: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE CARACTERIZACIÓN .....	44
11.3	ANEXO 3: LABORATORIO DE EXTRACCIÓN DEL PRINCIPIO ACTIVO DE MORINGA .....	45
11.4	ANEXO 4: DIVULGACIÓN.....	48
11.5	ANEXO 3: FOLLETO “EN COPO CUIDAMOS EL AGUA” .....	49

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1:Hojas y semillas de la planta de Moringa Oleifera .....	19
Ilustración 2: Ilustración esquemática del flujo de trabajo de SOX.....	21
Ilustración 3:Diagrama de flujo de proceso de extracción del principio activo de la moringa. ....	26
Ilustración 4: Moringa macerada en etanol. ....	30
Ilustración 5: Montaje soxhlet .....	31
Ilustración 6: Comportamiento decrecimiento microorganismos en función del tiempo de exposición.....	36

TABLA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1: % humedad .....	30

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1:Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua establecidas en la resolución 2115 de 2007 .....	17
Tabla 2: Etapas del proyecto .....	27
Tabla 3: Resultados fisicoquímicos iniciales de la fuente (marzo del 2022).....	28
Tabla 4: Resultados microbiológicos iniciales de la fuente(marzo del 2022).....	29
Tabla 5: Resultados fisicoquímicos iniciales de la fuente(junio del 2022). .....	32
Tabla 6: Resultados agua después tratamiento con extracto de moringa (junio del 2022) .....	32
Tabla 7: Comportamiento decrecimiento microorganismos en función del tiempo de exposición .....	35
Tabla 8:Comparación de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del punto de análisis con la resolución 2115 de 2007. ....	37

## 1 INTRODUCCIÓN

Si bien la existencia de la vida humana ha dependido del recurso hídrico para subsistir, es el agua uno de los recursos más importantes para que se logre el desarrollo de diferentes procesos biológicos llevados a cabo por los seres vivos.

En Colombia, según la Organización de las Naciones Unidas el 40% del agua suministrada a la población rural tiene servicio gestionado de forma segura, es decir: un proceso de tratamiento que asegure la calidad de acuerdo con las normas para el consumo; sin embargo, el 60% restante tiene un acceso al recurso hídrico básico, es decir agua sin tratamiento adecuado que asegure la calidad para el consumo (ONU, 2021)

Es a partir de la observación de esta información, que se crea la necesidad de mirar más a fondo las problemáticas que se encuentran en las zonas rurales del país con respecto al acceso al agua potable. Tal es el caso de la población de la vereda Copo del municipio de Tocaima-Cundinamarca que tiene acceso a fuentes hídricas cercanas a las cuales no se le realiza tratamiento alguno para el consumo diario. No obstante, se emplea en la cocción de alimentos lo que está generando el aumento de enfermedades intestinales a causa de la presencia de microorganismos, debido a la contaminación del agua a causa de excrementos y demás residuos provenientes de la cría de animales bovinos y porcinos en la zona<sup>1</sup>.

Para mejorar la calidad del agua se desarrolla una propuesta de tratamiento como lo es el uso de las semillas de Moringa que permita eliminar la población de los microorganismos presentes en las aguas superficiales del territorio para disminuir los casos de enfermedades intestinales provocadas por estos. La propuesta se desarrolla en el Grupo de investigación Didáctica y sus Ciencias, en la línea Incorporación de la Educación Ambiental al currículo.

---

<sup>1</sup> Estos datos son obtenidos por información de los habitantes de la vereda Copo de Tocaima - Cundinamarca.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es considerado uno de los países con una gran cantidad de recursos hídricos. Sin embargo, el abastecimiento, particularmente de agua potable, en todo el territorio nacional es bajo, puesto que la cobertura de las redes de acueducto está principalmente en las zonas urbanas de los municipios y en las zonas veredales más próximas a los mismos teniendo en cuenta lo dicho por Jaime Ordoñez (Ordoñez, 2020).

Puntualmente en el caso de Tocaima, municipio que está ubicado en el departamento de Cundinamarca, cuenta con un sistema de abastecimiento proveniente del río Calandaima que cubre al 86,2% del área urbana y el 19,4% del área rural. Con lo anterior, de las 37 veredas que constituyen al municipio, 29 no cuentan con acceso al agua potable por medio de redes del acueducto principal, entre ellas se encuentra la vereda Copo (Mora, 2020).

La vereda Copo no cuenta con un suministro de agua potable a través de la red de acueducto municipal, sin embargo, eventualmente se surte de agua proveniente desde una quebrada cercana por medio de una red casera. Este suministro no es constante y ocasiona desabastecimiento de agua para el consumo humano. Es importante resaltar que la población tampoco maneja un sistema de abastecimiento del agua desde la quebrada Seca por medio de mangueras, la cual debido a actividad ganadera en la zona presenta contaminación microbiológica y por ende ocasiona enfermedades intestinales en la población<sup>2</sup>.

Con base en lo expuesto anteriormente, se pretende realizar una propuesta de un sistema de tratamiento del agua que permita mejorar la calidad del agua por medio de la utilización de las semillas de moringa para la eliminación de microorganismos que afectan a la salud, y por otro lado generar una cultura del cuidado del agua en la población de estudio.

---

<sup>2</sup> Esta información es obtenida por los habitantes de la vereda Copo de Tocaima – Cundinamarca.

### **3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo eliminar microorganismos patogénicos en el agua por medio de las semillas de moringa y que a su vez esto se convierta en una estrategia de tratamiento secundario para el agua junto a un modelo de concientización social de la misma proveniente de la quebrada Seca?

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proceso de tratamiento al agua de la quebrada Seca a partir de un extracto de semillas de moringa, con el fin que esta mejore sus condiciones microbiológicas y pueda ser utilizada para diferentes actividades (domésticas, cultivo y ganadería) por la población de la vereda Copo en el municipio de Tocaima-Cundinamarca.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer las condiciones actuales de la calidad del agua de la quebrada Seca mediante una caracterización microbiológica y fisicoquímica.
- Proponer un proceso de tratamiento del agua con el uso del extracto de semillas de moringa que mejore las condiciones microbiológicas del agua.
- Generar actividades de sensibilización con los habitantes cercanos a la quebrada, a fin de dar a conocer prácticas culturales como el buen tratamiento y manejo adecuado de los recursos hídricos de la zona.

## 5 MARCO REFERENCIAL

Según el plan de desarrollo municipal de la alcaldía “Futuro en marcha”, Tocaima es un municipio que está situado en la zona media de la región andina, forma parte de la provincia del alto magdalena en el suroeste del departamento de Cundinamarca, limita al occidente con Girardot, Nariño y Jerusalén en el Noroeste, Apulo por el nororiente; Viotá por el oriente; Nilo y Agua de Dios por el sur (Mora, 2020). Este municipio desarrolla su actividad económica derivada de la industria agrícola, ganadera, el comercio y el turismo; la agricultura se ha desarrollado con los cultivos de maíz, mango, caña panelera y plátano; mientras que la ganadería se ha basado en la incursión de ganado bovino, porcino, avícola y piscicultura.

Por otra parte y revisando los resultados del Censo de 2018, la población de Tocaima es de 15.735 habitantes y cuenta con 37 veredas y 25 barrios en la zona del casco urbano; cuenta con sitios públicos como el hospital Marco Felipe Afanador, estación de policía y 4 instituciones educativas: la institución educativa Hernán Venegas Carrillo con siete sedes que se encuentran ubicadas en la zona urbana de este municipio y siete sedes el sector rural, la Institución rural Pubenza con siete sedes, la Institución rural Santo Domingo con siete sedes y la institución rural Copo de la cual dependen tres sedes (Alcaldía de tocaima, 2018).

Para el año 2020 se comienza a implementar el plan de desarrollo municipal “futuro en marcha” perteneciente a la administración actual durante el periodo 2020 a 2023, en ella expone que el municipio cuenta con un suministro de agua potable del río Calandaima y el río magdalena por medio de la empresa de aguas Tocagua ESP, la cual abastece a la zona urbana del municipio y a las veredas la Salada, Corinto, Portillo, Asomadero, La Colorada, Malberto, Vila y Alto de la Viga; sin embargo, en las otras 29 veredas que complementan al municipio, no cuentan con un suministro de agua tratada (potable) aptas para consumo y mucho menos un sistema de alcantarillado. Por lo anterior, es posible que haya un alto grado de contaminación de las fuentes hídricas del municipio utilizadas para el abastecimiento veredal.

Ahora bien, ante la situación anterior es importante considerar algún proceso de tratamiento al agua que se pueda implementar para mejorar la calidad de esta, involucrando a los habitantes de la vereda y hacerlos partícipes de la problemática y de la eventual solución.

## 5.1 EL AGUA Y CALIDAD DE AGUA

El agua es una sustancia pura formada por dos elementos, un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno ( $H_2O$ ) unidos mediante enlaces covalentes (Fundación aquae, s.f.). Es un líquido incoloro e inodoro de gran importancia ya que permite el desarrollo de diferentes procesos biológicos.

La calidad del agua según la Organización de Naciones Unidas se determina comparando las características del agua (físicas, químicas y biológicas) con unos estándares de calidad ya establecidos, para asegurar el suministro de agua potable a la población sin generar un riesgo para la salud. (ONU, 2014).

Algunas de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para cumplir con los parámetros de calidad establecidos por la normativa colombiana son:

- Color aparente: es el color que presenta el agua causada por los compuestos que están disueltos ya sea de manera natural o artificial. El color se mide en unidades de Platino-Cobalto (PCU). (Hanna instruments, s.f.)
- Cloruros: se encuentra en el agua en forma de ion cloro ( $Cl^-$ ), se puede encontrar en fuentes naturales con valores menores a 10mg/L. (García-Vargas, Reyes-Navarrete, Alicia Irene Alvarado-de la Peña, & Elisa del Carmen Vázquez-Alarcón, 2012)

- Fosfatos: Estos compuestos se encuentran en las plantas como nutrientes y propician el crecimiento de algas en fuentes de aguas superficiales. De acuerdo con la de fosfatos puede producirse la eutrofización. (Pütz, 2011)
- Nitratos: Son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno además de ser solubles. El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es esencial para el crecimiento de las plantas. La presencia de estos compuestos puede derivar en metahemoglobinemia, una enfermedad que causa la disminución de transporte de oxígeno de los glóbulos rojos principalmente en los bebés menores de 6 meses. (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017)
- pH: es una medida que determina la acidez o basicidad de una sustancia, es la concentración de iones hidronio presentes en determinada sustancia. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2021)
- Coliformes: Son un grupo de bacterias presentes en el medio ambiente, además de estar presentes en plantas y el suelo, pero principalmente en el tracto digestivo de los animales y los humanos, y se desarrollan en los desechos fecales. (Centro de aprendizaje carbotecnia, 2021)

Se tendrán como valores máximos permitidos los que se establecen en los parámetros de la resolución 2115 de 2007 (Tabla 1) a fin de realizar una comparación e identificar las condiciones de la calidad agua antes y después del tratamiento.

Tabla 1: Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua natural establecidas en la resolución 2115 de 2007

Características fisicoquímicas y microbiológicas.		
Características	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable

Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250(mg/L)
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5(mg/L)
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10(mg/L)
Microorganismos mesofílicos	Unidades formadoras de colonias (UFC)	100 UFC/100cm <sup>3</sup>
Coliformes Totales y fecales	Unidades formadoras de colonias (UFC)	0 UFC/100cm <sup>3</sup>

Tomado y adaptado de la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007, pág. 2-5)

## 5.2 TRATAMIENTO DE AGUA

Para garantizar la calidad del agua es necesario realizar un tratamiento a la misma, estos son procesos por el cual se eliminan sustancias o residuos para que se cumplan con los estándares de calidad de agua (Acuatecnica, 2017). El tipo de manejo que se realice a las fuentes hídricas dependerán del tipo de contaminante presente en el agua, por dicha razón se plantea un tratamiento secundario de la misma, puesto que en esta se reduce la contaminación biológica por medio de un filtro (Aguilar, 2019), donde se mejoren las condiciones microbiológicas.

Para este caso particular se hace uso de extracto de Moringa Olifeira, teniendo en cuenta que esta planta posee propiedades bactericidas y fungicidas (Oluduro, Aderiye, Connolly, Akintayo, & Famurewa, 2010) y, con ello también disponibilidad local alta, lo cual hace que el acceso a esta sea apropiado, Además, varios estudios internacionales han demostrado que el tratamiento de agua con esta planta disminuye la actividad microbiana, pues cuenta con presencia de varios péptidos en su semilla que afecta directamente el sitio activo de las enzimas producidas por E.Coli (Yang, y otros, 2020).

En este caso, se determina la puesta en marcha de este proyecto como un estudio experimental inicial, pues en la región y en el país se han desarrollado

investigaciones enfocados en la disminución de actividad de *E. coli*, mas no en microorganismos indicadores como mesófilos aerobios, coliformes totales y/o microorganismos patogénicos como pseudomonas.

### 5.3 MORINGA

Ilustración 1: Hojas y semillas de la planta de Moringa Oleifera



Tomado de Moringa: Beneficios, riesgos y efectos secundarios

La Moringa Oleifera o moringa como se le conoce coloquialmente, es un árbol que alcanza una altura de 10 a 12 metros (Liñan, 2010). Es originario de los Himalayas, pero se ha distribuido a nivel mundial como en la región del Sureste asiático, Asia occidental, la Península Arábiga, África del Oeste, Madagascar, el sur de la Florida, las islas del Caribe, América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil (Parrotta, 1993).

Las semillas de moringa tienen un contenido de proteínas de hasta el 40,34% y un contenido de lípidos de 39,12%, además, contiene una gran cantidad de macroelementos como el potasio donde tiene  $K = 2537,71 \text{ mg/kg}$ , entre otros

elementos como el sodio y el magnesio, así mismo, aminoácidos que contribuyen a la actividad antioxidante de las semillas (Liang, Wang, Li, Chu, & Sun, 2019).

Estas semillas contienen unos compuestos que tienen una capacidad desinfectante alta, es por esto por lo que algunos estudios afirman que ayudan a eliminar microorganismos como coliformes fecales y totales en agua (Mendoza, Fernández, Ettiene, & Díaz, 2000). La moringa tiene presencia de tres compuestos principalmente que cumplen con la función desinfectante, estos compuestos son: 4-(L-ramnopiranosiloxi) o isotiocianato de bencilo, metil N-4-(L-ramnopiranosil-oxi) también llamado bencil carbamato y 4-(D-glucopiranosil-1 → 4-Lramnopiranosiloxi)- o comúnmente llamado tiocarbozamida bencilo. Estos compuestos han mostrado actividad bactericida alta (Oluduro, Aderiye, Conolly, Akintayo, & Famurewa, 2010).

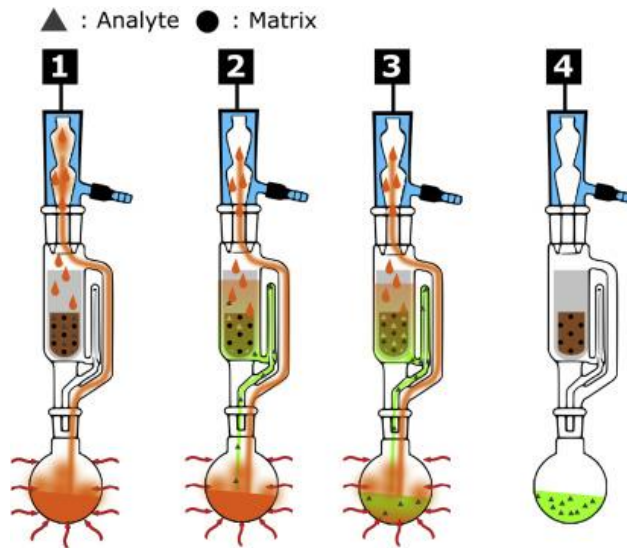
Las semillas de moringa tienen una capacidad floculante, ya que permite la atracción de partículas negativas por medio de las cargas positivas de punto isoeléctrico (pI)>10, generando partículas neutralizadas; estas propiedades se deben a un péptido catiónico que se compone de: 26% de glutamina, 6,9% de prolina, 6,9% de alanina entre otros aminoácidos (Castellanos & Martin, 2020)

#### 5.4 MÉTODO SOXHLET

Es un método analítico estandarizado que se ha utilizado durante más de un siglo, este es el más aceptado para la extracción de compuestos orgánicos semi-volátiles de muestras sólidas.

En este método la muestra se coloca en un dedal desechable que adiciona en el aparato Soxhlet. La extracción continua tiene lugar por reflujo del disolvente, una vez que se llena la cámara de extracción, el extracto se transfiere al matraz de ebullición (Figura 1). Este proceso se repite hasta que se prevé la extracción completa. (Weggler, Gruber, Teehan, Jaramillo, & L.Dorman)

Ilustración 2: Ilustración esquemática del flujo de trabajo de SOX.



Tomado de science direct <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813745-1.00005-2>

## 5.5 FILTRACIÓN POR MEMBRANA

La filtración por membrana es una técnica para analizar muestras de agua. En este procedimiento, el agua se extrae a través de una membrana porosa especial diseñada para atrapar microorganismos de más de 0,45  $\mu\text{m}$ . Posteriormente, el filtro se aplica a la superficie de las placas de agar Endo y se incuba durante 24 horas.

El endo agar es un medio selectivo que estimula el crecimiento de bacterias gramnegativas e inhibe el crecimiento de grampositivas. También contiene lactosa para fermentación y un colorante para indicar cambios de pH. Las colonias de coliformes suelen aparecer con un brillo dorado/metálico. (Pakpour & Horgan, 2021)

## 5.6 ACTIVIDADES DE SENSIBILIZACIÓN CON LA COMUNIDAD

La población juega un papel muy importante en el ámbito local puesto que es el territorio en el que han vivido durante gran parte de sus vidas, es por esto que se hace necesario que los habitantes se involucren en las acciones de mejoramiento de la calidad de vida de estos. Una manera de acercar a la población al manejo adecuado del agua en la zona es por medio de actividades que involucren el realizar reconocimiento de las fuentes de agua de las que se abastecen, así como determinar las posibles causas de contaminación por las actividades económicas, actividades en el hogar, entre otras.

#### 5.6.1 Objetivos de desarrollo sostenible

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP por sus siglas en inglés) los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamado universal a la acción para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo , 2022). Así pues, de los diecisiete objetivos estipulados se enfocará el proyecto en el número seis: Agua limpia y saneamiento; donde establece que es necesario lograr el acceso del agua potable para todas las personas. (Naciones Unidas, 2021)

## 6 DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación es de tipo mixta, ya que se realizó con un enfoque cualitativo en el sentido de explorar los fenómenos que conllevan a la contaminación de las fuentes de agua en la comunidad por medio de la participación de ellos, donde la comunidad se involucró en el proceso y en el desarrollo de la propuesta; de la misma manera se considera el enfoque cuantitativo ya que se analizó algunos factores que contaminan el agua y se obtuvo información sobre la efectividad de las semillas de moringa en el tratamiento del agua.

### 6.1 ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

Para dar cumplimiento con el primer objetivo del proyecto, se desarrollará la caracterización de la zona de estudio por medio de una visita de reconocimiento de la quebrada Seca. Así mismo, se tomará una muestra de agua con el fin de realizar algunas pruebas fisicoquímicas (cloruros, nitratos, fosfatos, color aparente, olor y pH) y microbiológicas (Coliformes Totales, E. Coli, mesófilos y Pseudomonas) en laboratorio.

A su vez se realizará el acercamiento a la comunidad empezando por una encuesta (ver anexo 1) realizada de manera oral a la población que se abastece de la quebrada Seca para determinar el posible tratamiento casero que realiza al agua cuando llega a la vivienda.

## 6.2 ETAPA DE SENSIBILIZACIÓN: PRÁCTICAS CULTURALES EN TORNO AL AGUA

Para complementar el alcance del proyecto por medio del tercer objetivo y teniendo en cuenta que Colombia es uno de los países que firmó el acuerdo de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Cancillería de Colombia, 2022) propuestos por la ONU y, viendo la importancia de las fuentes hídricas para el desarrollo de la vereda Copo se realizará una actividad de sensibilización por medio de la realización de una charla y un folleto informativo desarrollado junto con la comunidad donde la población evidencie manejo adecuado del agua y las buenas prácticas en torno a la misma en la quebrada Seca.

## 6.3 ETAPA DISEÑO DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Para el desarrollo del proceso de tratamiento del agua establecido en el objetivo dos, se diseñaron 2 fases (preparación de las muestras y las pruebas con moringa) con el fin de abarcar desde la toma del agua hasta el desarrollo del tratamiento de dichas muestras.

### 6.3.1 Fase 1. Preparación de las muestras

#### 6.3.1.1 Obtención muestras de agua superficial. Se procedió así:

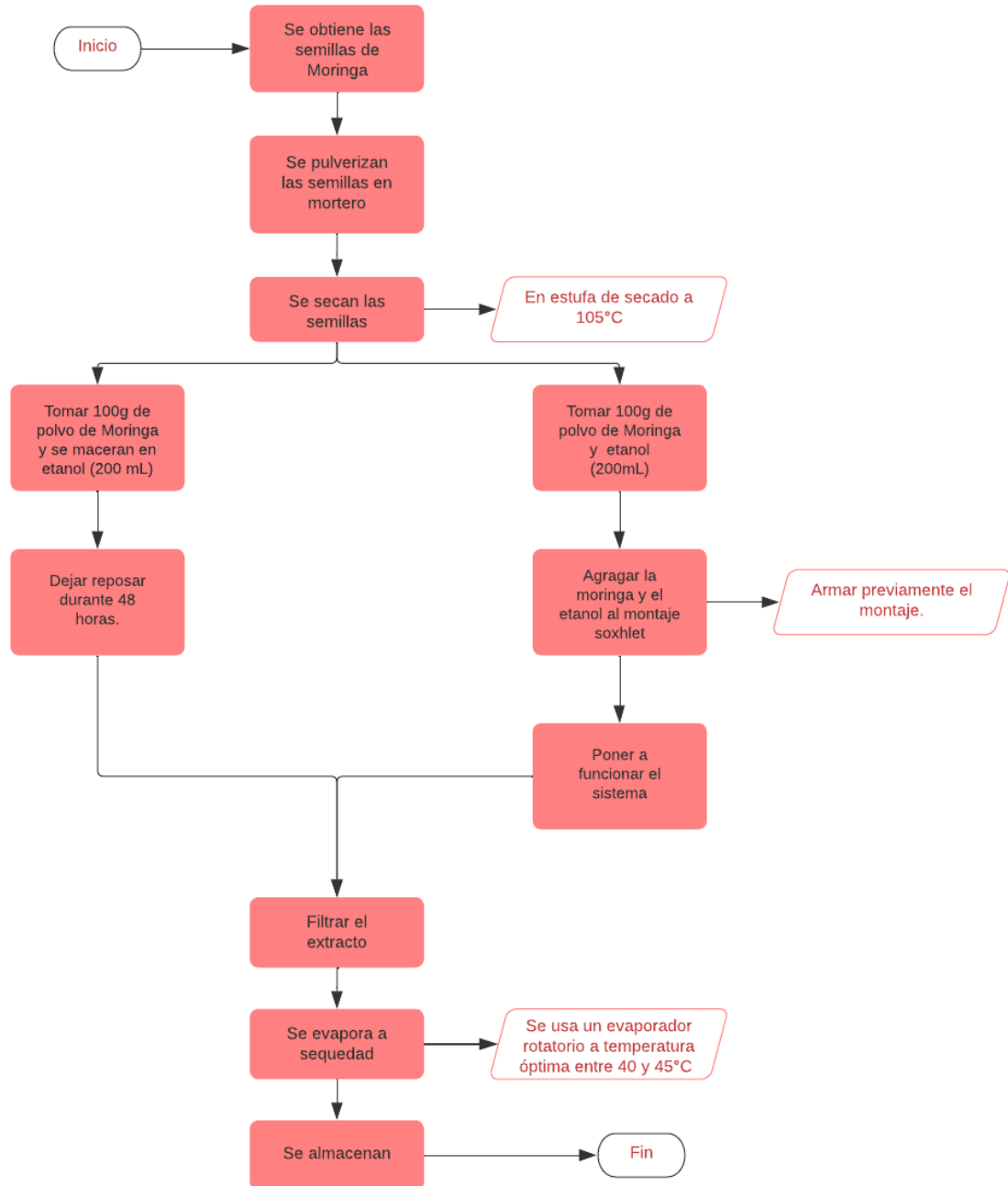
Tomar 2 L de muestra de agua superficial en botellas esterilizadas de 1L cada una en un periodo de tiempo de 4 meses (1 muestra en la temporada seca y 1 muestra en la temporada de lluvia) donde se pudiera determinar la cantidad de microorganismos y realizar pruebas fisicoquímicas que permitieran establecer los parámetros del agua y llevar a un laboratorio microbiológico para realizar la prueba de microbiológica, e inmediatamente hacer la pruebas con el extracto de las semillas de moringa.

### 6.3.1.2 Obtención del extracto de moringa

En primer lugar, es necesario hacer la preparación de la semilla de moringa que serviría como coagulante en el proceso de mejoramiento de las condiciones del agua tomada de la quebrada Seca, ya que, según Sánchez, Martínez, Sinagawa, & Vázquez (2013) las semillas de moringa tienen propiedades desinfectantes gracias a la presencia de compuestos de isotiocianato de bencilo, bencil carbamato y tiocarbozamida bencilo que tienen gran actividad bactericida, las cuales ayudan a inhibir los microorganismos que están presentes en el agua como por ejemplo las provenientes de microorganismos. Para esto, se planteó el siguiente proceso.

- Escoger las semillas la moringa con condiciones óptimas para el proceso (maduras y secas).
- Tarar las capsulas de porcelana a utilizar.
- Pulverizar las semillas de moringa en un molino mecánico de manera que se obtenga el polvo de la semilla y tamizar el polvo para que este tenga un tamaño aproximado 1,6mm.
- Tomar 100g de polvo de moringa y se maceró en etanol de alta pureza durante 48 horas. (Mariam G. Eshak, 2014)
- Por otro lado, tomar 100g de moringa y desarrollar la metodología Soxhlet que consiste en la separación sólido-líquido (tecnilab, 2021) para la extracción.
- Filtrar por medio de un papel de filtro los extractos.
- Evaporar a sequedad el extracto etanólico usando un evaporador rotatorio a una temperatura óptima (40 - 45°C) para evitar la desnaturalización de los principios activos. (C, C, E, Abubakar, & E., 2013)
- Almacenar en el refrigerador.

Ilustración 3: Diagrama de flujo de proceso de extracción del principio activo de la moringa.



Elaboración propia

### 6.3.2 Fase 2: Pruebas con moringa

Con la realización de las pruebas de caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua, se agregó a cada uno de los preparados a las muestras de agua, por cada 100 mL de agua 10 mL de extracto de moringa, se agitó por 10 minutos y se dejó en reposo por periodos de tiempo de 0 minutos, 30 minutos, 60 minutos y 120 minutos. Una vez pasado ese tiempo se tomó una muestra de 10mL y se realizó los estudios microbiológicos en el laboratorio para determinar el porcentaje de disminución de coliformes totales, mesófilos aerobios y pseudomonas de la muestra.

Tabla 2: Etapas del proyecto

Actividad	
PLANIFICACIÓN	Definición propuesta, alcance y metodología del proyecto
EJECUCIÓN DISEÑO METODOLÓGICO	Etapa de caracterización
	Etapa de sensibilización: prácticas culturales en torno al agua
	Etapa diseño de sistema de tratamiento del agua
ANÁLISIS DE RESULTADOS	Análisis de resultados
	Entrega final de proyecto

Elaboración propia

## 7 RESULTADOS

A continuación, se expondrán los resultados del proyecto estableciendo cuatro parámetros: caracterización de la fuente hídrica, obtención de extracto de moringa, exposición del agua con el extracto y, por último, actividades de sensibilización.

### 7.1 CARACTERIZACIÓN

Para tener un marco de referencia de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de la fuente de agua se realiza la caracterización del punto donde se va a desarrollar el proceso de tratamiento, teniendo presente que estos análisis a realizar establecen los índices de desarrollo microbiano posible, además que estos son las principales características de acercamiento a la calidad del agua establecidos dentro de la normativa colombiana.

Para esta etapa se hace uso de los kits de aguas (HANNA) disponibles en la universidad los cuales permitieron obtener los siguientes resultados:

Tabla 3: Resultados fisicoquímicos iniciales de la fuente (marzo del 2022).

<b>Características fisicoquímicas</b>	
<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Color aparente	10 UPC
Olor y sabor	Aceptable
Cloruros	0,1 ml*1000=100mg/L
Fosfatos	2 mg/L
Nitratos	< 10 mg/L




Elaboración propia

Evidencia fotográfica de la caracterización (Ver anexo 2)

Como parte del desarrollo del proyecto, se plantea una caracterización de agua en el sitio donde se toma el suministro de esta, por ello se recolecta una muestra, la cual es llevada a laboratorio para determinar la cuantificación y/o presencia de:

Pseudomonas, Coliformes totales, E. coli y mesófilos aerobios; obteniéndose así los siguientes resultados

Tabla 4: Resultados microbiológicos iniciales de la fuente (marzo del 2022).

Muestras sin tratamiento	Pseudomonas	coli - coliformes totales	mesófilos aeróbicos
<b>Muestra 1</b>	Ausencia de Pseudomonas	Ausencia de E. coli Presencia de coliformes totales > 100 UFC	2260 UFC
<b>Evidencia fotográfica</b>			

Elaboración propia

## 7.2 OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE MORINGA.

Para la preparación del extracto de moringa se desarrolló la guía de laboratorio “Extracción del principio activo de Moringa” (ver anexo 3), diseñada y adaptada para esta investigación. Para la preparación de la disolución de Moringa y para efectos prácticos se definió que la densidad de la moringa y el etanol era la misma teniendo en cuenta que la desviación entre ambos valores es igual o menor a 8%, así pues, se mantiene la proporción 1:2 entre moringa y el etanol.

Se trituró la moringa en el molino mecánico, posteriormente se tamizó el polvo de la semilla a 1,6 mm, luego se pesó el polvo de moringa obtenido dando un aproximado de: 220g de polvo de moringa.

Se agregó el polvo de moringa a las capsulas hasta llenarlas a la máxima capacidad y luego se secaron las muestras para eliminar la humedad de las semillas. Posteriormente se pesó las capsulas con moringa ya secada dando un total de 208,418g obteniendo que la moringa tiene un porcentaje de humedad de:

Ecuación 1: % humedad

$$\% \text{ Humedad} = \left( \frac{223,152g - 208,418g}{208,418g} \right) * 100 = 7,069 \% \text{ de humedad}$$

Una vez seca se realizó la obtención del extracto de la moringa por medio del método de dilución y el método soxhlet tomando las siguientes cantidades de polvo:

- Se tomó una muestra de 100,012g de moringa seca y se diluyó en 200mL de etanol y se almaceno por 48horas.

Ilustración 4: Moringa macerada en etanol.



Imagen propia

- Se tomo 100,002g de moringa y 200mL de etanol se realizó la extracción por soxhlet.

Ilustración 5: Montaje soxhlet

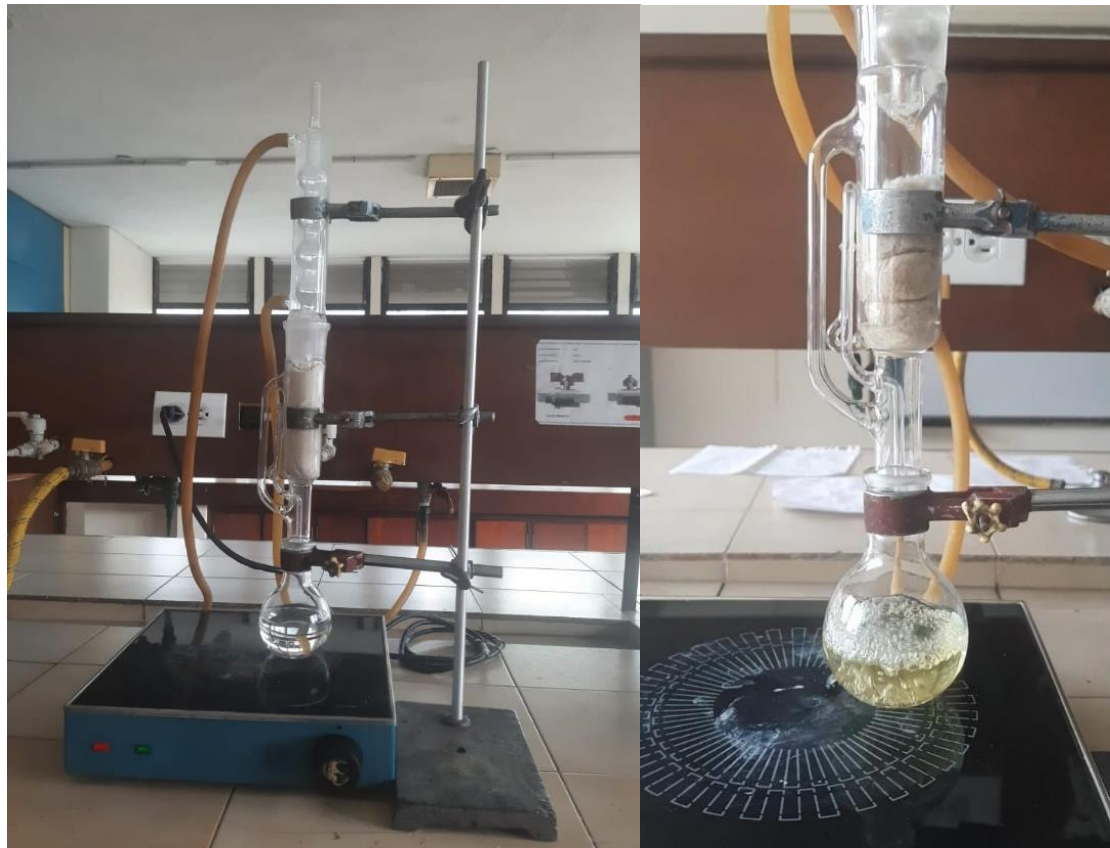


Imagen propia

Por último, se filtró y se realizó una extracción de etanol por medio del roto evaporador para eliminar el exceso obteniendo 14,72 mL de extracto de moringa de los cuales 5,31 mL fueron obtenidos por el método de dilución y 9,41 mL por el método soxhlet; consiguiendo mayor volumen de extracto por el segundo método.

### 7.3 RESULTADOS DESPUÉS DE TRATAMIENTO DE MORINGA

Una vez expuesta las muestras de agua con el extracto de moringa se realizó la caracterización fisicoquímica con los aspectos tenidos en cuenta en la prueba inicial a fin de comparar estas condiciones con las iniciales y asegurar que estas no van a

tener cambios significativos; pues los microorganismos se desarrollan en condiciones específicas del medio. Así pues, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5: Resultados fisicoquímicos iniciales de la fuente (junio del 2022).

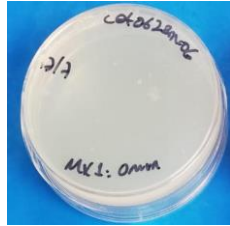
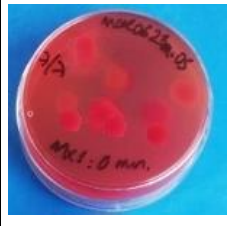
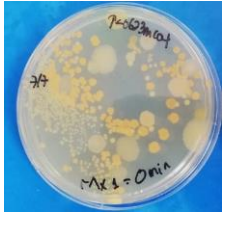
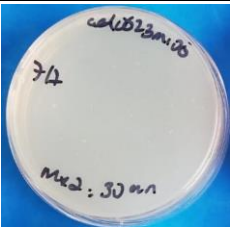

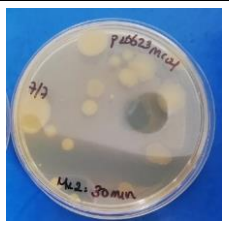
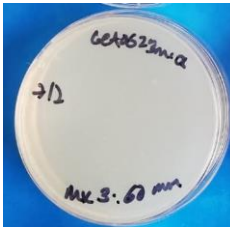
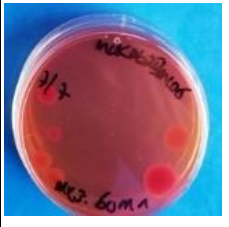
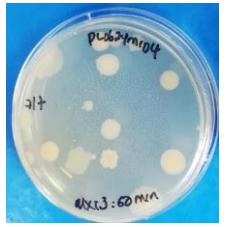


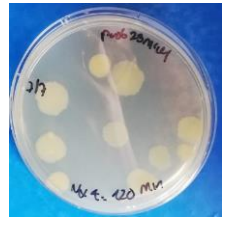
<b>Características fisicoquímicas</b>	
<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Color aparente	30 UPC
Olor y sabor	Aceptable
Cloruros	0,1 ml*1000=100mg/L
Fosfatos	2 mg/L
Nitratos	< 10 mg/L

Elaboración propia

Posteriormente se confirmó la capacidad microbiana de la solución preparada con las muestras de agua. Así pues, se estableció cuatro intervalos de tiempo de exposición (0min, 30min, 60min y 120min) en donde se tomó una muestra en estos tiempos para posteriormente realizar las pruebas de microbiología donde se evalúa la presencia de Coliformes totales, E. Coli, Mesófilos Aerobios y Pseudomonas. Transcurridos los intervalos propuestos se obtuvieron los siguientes:

Tabla 6: Resultados agua después tratamiento con extracto de moringa (junio del 2022)

Elaboración propia

Muestras tratadas	Pseudomonas	E.coli - coliformes totales	mesófilos aeróbicos
Muestra 1 - tiempo de aplicación de moringa 0 min	Ausencia de Pseudomonas	Ausencia de E. coli Presencia de coliformes totales 14 UFC	> 500 UFC
Evidencia fotográfica			
Muestra 2 - tiempo de aplicación de moringa 30 min	Ausencia de Pseudomonas	Ausencia de E. coli Presencia de coliformes totales 11 UFC	22 UFC
Evidencia fotográfica			
Muestra 3 - tiempo de aplicación de moringa 60 min	Ausencia de Pseudomonas	Ausencia de E. coli Presencia de coliformes totales 6 UFC	18 UFC
Evidencia fotográfica			
Muestra 4 - tiempo de aplicación de moringa 120 min	Ausencia de Pseudomonas	Ausencia de E. coli Presencia de coliformes totales 6 UFC	15 UFC
Evidencia fotográfica			

Teniendo en cuenta los tiempos de exposición de las muestras de agua con el extracto de moringa, se observa una disminución considerable de los microorganismos analizados, y con ello la capacidad de perturbación y crecimiento microbiano que presentan los principios activos (isotiocianato de bencilo, bencil carbamato y tiocarbozamida bencilo.), pues se le atribuye la capacidad inhibidora de bacterias gram positivas y gram negativas (Coliformes totales, E. Coli, Mesófilos Aerobios y Pseudomonas) (Yang, y otros, 2020)

#### 7.4 SENSIBILIZACIÓN

Teniendo en cuenta que los habitantes de la zona afirman que el único tratamiento que se le realiza al agua es hervirla y que algunos desechos productos de actividades ganaderas y/o domesticas son vertidas a los cuerpos de agua, se desarrolla proceso de sensibilización sobre el manejo de la fuente de abastecimiento a partir de la participación en todo el desarrollo de las actividades en la zona, además de entregar un folleto informativo (ver anexo 4) para explicar y enfatizar la importancia, las condiciones y el cuidado de la fuente de agua dentro de las dinámicas socioculturales y ambientales de la vereda, con el fin de desarrollar buenas prácticas en el manejo de los recursos hídricos del municipio. Como evidencia de esta actividad se generó una lista de asistencia y divulgación (ver anexo 5) de esta temática.

## 8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es de considerar, que se evidencia un decrecimiento importante de microorganismos Mesófilos, teniendo en cuenta que estos tienen mayor capacidad adaptativo frente a diferentes variables ambientales tales como temperatura, humedad y/o pH. Por consiguiente, se resaltó en color amarillos los resultados obtenidos en la etapa de caracterización, y en verde las casillas correspondientes a los tiempos de exposición de las muestras de agua con el extracto de moringa, quedando así la siguiente tabla

Tabla 7: Comportamiento del decrecimiento microbiano en función del tiempo de exposición con el extracto de moringa

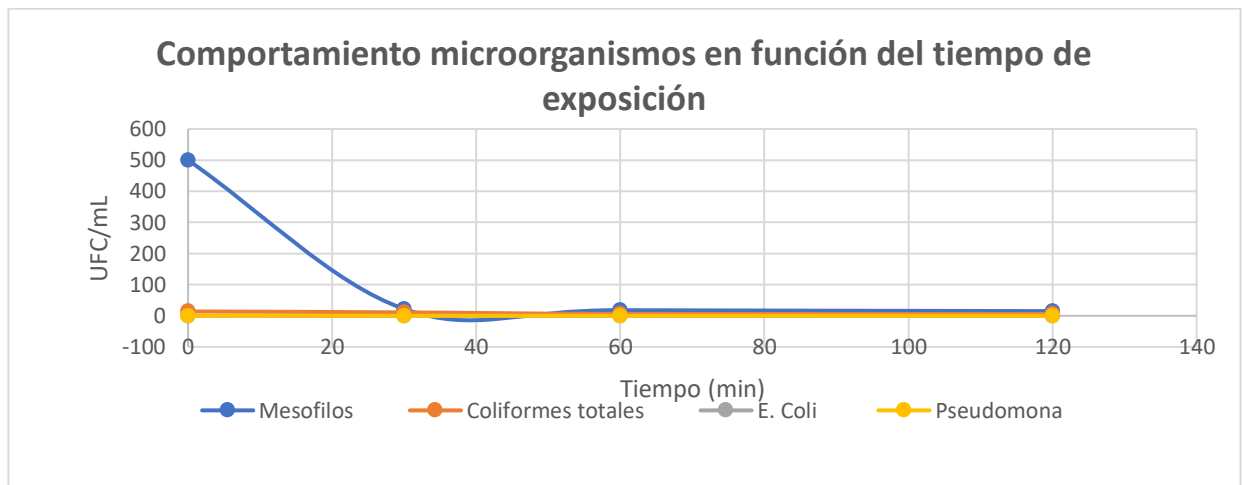
Etapa	Microorganismo (UFC/mL)			
	Mesófilos	Coliformes totales	E. Coli	Pseudomona
Caracterización	2260	100	0	0
0 min	500	14	0	0
30 min	22	11	0	0
60 min	18	6	0	0
120 min	15	6	0	0

Elaboración propia

Se visualiza que hay un cambio abrupto en la concentración de mesófilos aerobios y en coliformes totales entre la etapa de caracterización y 0min de exposición del agua con el extracto, ya que se esperaría que los resultados obtenidos fueran similares, sin embargo, esta premisa no se cumple debido posiblemente a factores ambientales diferentes entre las dos épocas en las que se tomaron las muestras, ya que en el mes de marzo hasta ahora se iniciaba con la temporada de lluvias, mientras que en el mes de junio las precipitaciones ya llevaban por lo menos dos meses continuos.

Así mismo, en durante la época de lluvias se presume que el agua era de mayor acceso para actividades ganaderas y domésticas, ya que los habitantes de la zona usan estas para actividades cotidianas, y con ello no se presentaba mayor interacción con el afluente en mención (Quebrada Seca).

Ilustración 6: Comportamiento decrecimiento microorganismos en función del tiempo de exposición.



Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados, se evidencia que:

- En ningún momento se evidencia presencia de E. Colí, y esto se relaciona directamente con las pocas colonias de Coliformes totales, evidenciando así presunta ausencia de contaminación fecal
- No hay presencia presuntiva de Pseudomonas.
- El decrecimiento de UFC de Coliformes totales y Mesófilos Aerobios es inversamente proporcional al a tiempo de exposición de la muestra de agua con el extracto de moringa; esto es debido a la presencia de principio activo de la moringa.

Viendo los resultados obtenidos se evidencia un mejoramiento en la calidad del agua, sin embargo, estos no son aceptados bajo los parámetros establecidos por la normatividad local (resolución 2115 de 2007), por ende, es recomendable adaptar este sistema a un posterior tratamiento térmico (hervir el agua) y así terminar de eliminar las colonias persistentes. Esto teniendo en cuenta que no se superan más de 10 UFC en las muestras tratadas.

Adicionalmente, se pudo evidenciar que el único aspecto que varió en las pruebas fisicoquímicas fue el color aparente; obteniendo un valor de 30 UPC que es mayor al permitido por la resolución 2115 de 2007, esto entendiéndose que por la naturaleza de la moringa y que se encuentran solidos disueltos inherente a la naturaleza de la moringa en el extracto. Cabe aclarar que este valor no afecta las condiciones de desarrollo de los microorganismos de interés en el medio (muestra de agua).

Tabla 8: Comparación de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del punto de análisis con la resolución 2115 de 2007.

<b>Característica</b>	<b>resolución 2115 de 2007</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Concepto</b>	<b>Pruebas con moringa</b>	<b>Concepto</b>
Color aparente	15 UPC	10 UPC	Cumple	30 UPC	Cumple
Olor y sabor	Aceptable	Aceptable	Cumple	Aceptable	Cumple
Cloruros	250(mg/L)	100mg/L	Cumple	100mg/L	Cumple
Fosfatos	0,5(mg/L)	2 mg/L	No Cumple	2 mg/L	No Cumple
Nitratos	10(mg/L)	< 10 mg/L	Cumple	< 10 mg/L	Cumple
Microorganismos mesofílicos	100 UFC/100cm <sup>3</sup>	2260 UfC	No Cumple	15 UFC	Cumple
Coliformes Totales	0 UFC/100cm <sup>3</sup>	> 100 UFC	No Cumple	6 UFC	No Cumple
Coliformes fecales (E. coli)	0 UFC/100cm <sup>3</sup>	0 UFC	Cumple	0 UFC	Cumple

Elaboración propia

Asimismo, se constata las propiedades de disminución microbiana en un estudio realizado por estudiantes en su tesis para obtener el grado Ingenieros agrónomos en Universidad Nacional Abierta y Distancia, “Se evidencia que mediante la aplicación del tratamiento con semillas de Moringa y sin ningún tipo de

procedimiento adicional como filtrado o sustancias químicas para el control de coliformes se obtuvo una reducción importante en los microorganismos aeróbicos significando una disminución del 26.5% porcentaje de remoción de microorganismos aeróbicos”. (MELO & TURRIAGO, 2012)

Comparando los resultados con esta investigación se determina que el porcentaje de eliminación de mesófilos aerobios es del 99,33%; esto se debe a que en la metodología descrita por Melo y Turriago (2012) en su tesis, la semilla de moringa se utiliza sin ningún tipo de proceso para la obtención del extracto que sirve como microbicida, mientras que en este trabajo, se extrae este principio activo a través de dilución y Soxhlet; siendo así este un paso importante en materia de desarrollo, ya que de esta manera al tener una mayor concentración de este, se aumenta la capacidad reductora de microorganismos.

## 9 CONCLUSIONES

Tras los análisis de caracterización y teniendo en cuenta las condiciones climáticas (época de bajas precipitaciones) en las que fue tomada la muestra de agua de la quebrada Seca de la cuenca media del río bogotá, se observó que hay un alto número de UFC de los microorganismos mesofílicos y Coliformes totales; esto se explica, porque a medida que hay menor disponibilidad de medio para desarrollarse, mayor la cantidad de microorganismos presentes por unidad volumétrica de agua y con ello una alta concentración de UFC/cm<sup>3</sup>.

Si bien la extracción de la moringa a través de uso de solventes como el etanol no genera trazas que puedan afectar la salud de los habitantes tras el uso de este como proceso de tratamiento del agua, es de considerar que este método no es más asequible para la población de la vereda Copo en el municipio de Tocaima; por ello se puede evaluar en estudios posteriores el mejoramiento de la dilución en etanol

por 48h, donde este se pueda evaporar por métodos térmicos más sencillos de realizar. Así mismo, de acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda la utilización de un filtro que contenga grava, carbón activo y piedras posterior a la exposición de agua con el extracto, con el fin de mejorar las condiciones de esta.

Por otro lado, la disminución de coliformes totales y mesófilos aerobios después de 120 minutos de exposición con el extracto de moringa da pie para profundizar en estudios futuros sobre Moringa Oleifera como base para el posible mejoramiento de la calidad del agua, por medio del tratamiento secundario propuesto; en poblaciones que no cuentan con acueductos y/o plantas de tratamiento de agua potable cercanas que puedan suministrar este líquido vital.

Para finalizar, se evidencia que el desarrollo de estrategias de interacción como la socialización por medio del folleto y charlas con la comunidad de la vereda sobre las prácticas entorno al recurso hídrico de la zona, permite aclarar la percepción frente a actividades de índole cotidiano relacionadas directamente al uso del agua, contribuyendo así en el desarrollo de procesos en pro de mejorar la calidad de vida de los habitantes de este territorio y así evitar la contaminación de estos cuerpos.

Una vez expuestos los resultados y con ello la capacidad microbicida del extracto, se recomienda hervir el agua, a fin de garantizar la eliminación de la mayor cantidad de patógenos acá estudiados. Así mismo, se debe considera filtrar a través de un filtro de grava y carbón activo y así mejorar las condiciones de color aparente, sólidos disueltos y fosfatos presentes en el agua de la quebrada.

## 10 REFERENCIAS

- Abubakar, B., & E., O. E. (2013). Phytochemical and acute toxicity studies of Moringa Oleifera ethanl leaf extract. *nt. J. LifeSc. Bt & Pharm, Res.* Vol. 2, No, 2.
- Acuatecnica. (2017). *Tratamiento agua potable en Colombia*. Obtenido de Acuatecnica: <https://acuatecnica.com/tratamiento-agua-potable-colombia/>
- Aguilar, S. (2019). *Tratamientos primario, secundario y terciario en la depuración de agua residual*. Obtenido de Axisima: <http://axisima.com/tratamientos-primario-secundario-y-terciario-en-la-depuracion-de-agua-residual/>
- Alcaldía de tocaima. (2018). *Nuestro municipio*. Obtenido de Alcaldía de tocaima cundinamarca: <http://www.tocaima-cundinamarca.gov.co/informacion-adicional/informacion-socio-economica-de-tocaima>
- Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A., & Hossain, M. A. (2011). Reduction of Turbidity ofWater Using Locally. *International Scholarly Research Network*.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (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). *Tecnología en Marcha Vol. 30-4*, 15-27. .
- Cancillería de Colombia. (2022). *Colombia en la implementación de la Agenda 2030*. Obtenido de Cancillería de Colombia: <https://www.cancilleria.gov.co/rio/linea>
- Castellanos, L., & Martin, M. (2020). Desarrollo de un coagulante orgánico a partir de la semilla de moringa para la empresa comercial dacetex ltda. *Fundación universidad de américa*.
- Centro de aprendizaje carbotecnia. (2021). *Bacterias coliformes en el agua potable*. Obtenido de carbotecnia: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>
- Delelegn, A., Sahile, S., & Husen, A. (2018). Water purification and antibacterial. *Agriculture & Food Security*.

- Equipos y Laboratorio de Colombia. (2021). *POTENCIAL DE HIDROGENO*.  
Obtenido de Artículos: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/potencial-de-hidrogeno>
- Fundacion aquae. (s.f.). *¿Qué es el agua? Tipos, composición y funciones*.  
Obtenido de Fundacion aquae: <https://www.fundacionaquae.org/que-es-el-agua/>
- García-Vargas, A., Reyes-Navarrete, M. G., Alicia Irene Alvarado-de la Peña, L. S.-V.-A., & Elisa del Carmen Vázquez-Alarcón, M. E.-M.-E. (2012). cloruros totales en el agua de abastecimiento. *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional*.
- Hanna Instruments . (2020). *¿Por qué medir la alcalinidad en el agua potable?*  
Obtenido de Hanna Instruments Mexico :  
<https://hannainst.com.mx/boletines/por-que-medir-la-alcalinidad-en-el-agua-potable/>
- Hanna instruments. (s.f.). *Color*. Obtenido de Hanna instrument Chile :  
<https://hannachile.com/color>
- Lenntech. (s.f.). *Turbidez*. Obtenido de Lenntech:  
<https://www.lenntech.es/turbidez.htm>
- Liang, L., Wang, C., Li, S., Chu, X., & Sun, K. (2019). *Nutritional compositions of Indian Moringa oleifera seed and antioxidant activity of its polypeptides*.  
Obtenido de Food Science & Nutrition:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6526633/#:~:text=CONCLUSIONS-,Indian%20M.,content%20is%20%2C537.71%20mg%2Fkg>.
- Liñan, F. (2010). Moringa oleífera El árbol de la nutrición . *Ciencia y Salud*.
- Mariam G. Eshak, M. M. (2014). Evaluation of Protective and Therapeutic Role of Moringa oleifera leaf extract on CCL4-induced genotoxicity,. *International Journal of PharmTech Research*, Vol.7, No.2, pp 392-415.
- MELO, G., & TURRIAGO, F. (2012). evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleifera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias. *Repositorio UNAD*, 60 - 61.
- Mendoza, I., Fernández, N., Ettiene, G., & Díaz, A. (2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia 8* , 235-242.

- Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2007). *Resolución número 2115*.
- Mora, J. (14 de 07 de 2020). *Plan de desarrollo de Tocaima Cundinamarca Futuro en marcha 2020-2023*. Obtenido de Alcaldía de tocaima : <http://www.tocaima-cundinamarca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-futuro-en-marcha-20202023>
- Naciones Unidas. (2021). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Obtenido de Objetivos de desarrollo sostenible : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Oluduro, O., Aderiye, B., Connolly, J., Akintayo, E., & Famurewa, O. (2010). Characterization and Antimicrobial Activity of 4-( $\beta$ -D-Glucopyranosyl-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyloxy)- benzyl thiocarboxamide; a Novel Bioactive Compound from Moringa oleifera Seed Extract. *Folia Microbiologica*, 422-426.
- ONU. (2021). *United Nations*. Obtenido de United Nations -Colombia : <https://sdg6data.org/country-or-area/Colombia>
- Ordóñez, J. I. (2020). El agua y el sector rural en colombia. *Revista de ingeniería* 49.
- Organizacion de las Naciones Unidas . (2014). *Calidad del agua*. Obtenido de Decenio internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005-2015: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Pakpour, N., & Horgan, S. (2021). *Lab 8: Membrane Filtration*. Obtenido de biology libretexts: [https://bio.libretexts.org/Learning\\_Objects/Laboratory\\_Experiments/Microbiology\\_Labs](https://bio.libretexts.org/Learning_Objects/Laboratory_Experiments/Microbiology_Labs)
- Parrotta, J. A. (1993). Moringa oleifera Lam. . 366-370.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo . (2022). *los ods en acción*. Obtenido de undp: <https://www.undp.org/sustainable-development>
- Pütz, P. (2011). analítica de laboratorio y sistema de control de proceso nutrientes fosfato. *Productos de aplicación de laboratorio HACH LANGE*.
- Rodríguez, C. (2007). *dureza total en agua con edta por volumetría*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr>

- Sánchez, Y., Martínez, G., Sinagawa, S., & Vázquez, J. (2013). Moringa oleifera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, Volumen 5, No 9.
- tecnilab. (2021). *tecnilab*. Obtenido de Funcionalidades y ventajas del extractor Soxhlet automático: <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatico/>
- Weggler, B. A., Gruber, B., Teehan, P., Jaramillo, R., & L.Dorman, F. (s.f.). Schematic illustration of the workflow of SOX. *Chapter 5 - Inlets and sampling*. Separation Science and Technology.
- Yang, C.-X., Wu, H.-T., Li, X.-X., Wu, H.-Y., Niu, T.-X., Wang, X.-N., . . . Hou, H.-M. (2020). Comparison of the inhibitory potential of benzyl isothiocyanate and phenethyl isothiocyanate on Shiga toxin-producing and enterotoxigenic *Escherichia coli*. *LWT - Food Science and Technology*.

## **11 ANEXOS**

### **11.1 ANEXO 1: ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN QUE SE ABASTECE DEL AGUA PROVENIENTE DE LA QUEBRADA SECA**

#### **ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN QUE SE ABASTECE DEL AGUA PROVENIENTE DE LA QUEBRADA SECA**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

RANGO DE  
EDAD:

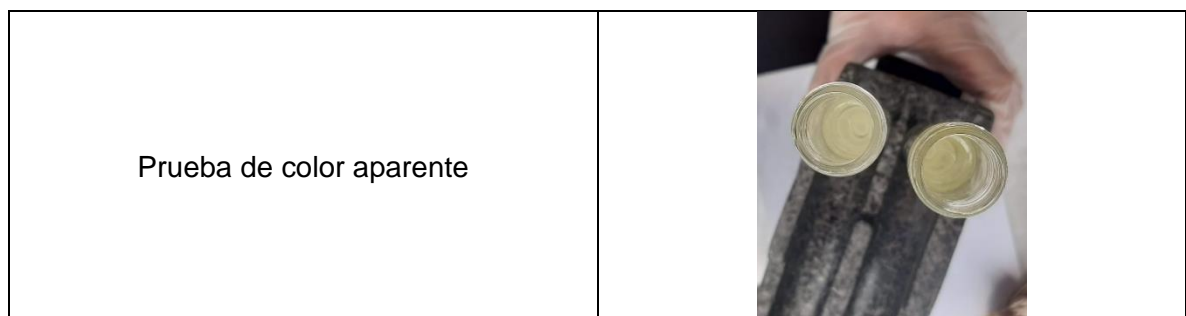
18 años a 29 años	
30 años a 45 años	
46 años a 60 años	
61 años o más	





FINALIDAD: La presente encuesta tiene como objetivo realizar una caracterización de la zona de estudio del presente proyecto junto con la población que se abastece de la quebrada la seca, el medio por el cual se abastecen de agua, el tratamiento que la población realiza al agua antes de su consumo, además de identificar las prácticas culturales que la población tiene con relación al recurso hídrico. Por otro lado, el cuestionario es una herramienta de apoyo a la investigación mixta, como trabajo para el espacio académico de Proyecto de Grado en el semestre 2022-1.

Esta encuesta será utilizada para fines investigativos, lo que se registre no será divulgado por terceros.

1. ¿De dónde proviene el agua que utilizan para el consumo diario?
2. ¿Desde hace cuánto tiempo vive en la zona?
3. ¿Cuáles son las actividades de sustento de la familia?
4. ¿Conoce las condiciones de la fuente hídrica de la que se abastece?
5. ¿Realiza algún tratamiento al agua antes de su consumo?
6. ¿Cree usted que la fuente hídrica de la cual usted se suministra de agua presenta algún tipo de contaminación?
7. Si su respuesta anterior es afirmativa ¿Que acciones realiza en el hogar para evitar la contaminación en la fuente hídrica?

## 11.2 ANEXO 2: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE CARACTERIZACIÓN



Nitratos	
Fosfatos	
Cloruros	
pH	

### 11.3 ANEXO 3: LABORATORIO DE EXTRACCIÓN DEL PRINCIPIO ACTIVO DE MORINGA

La preparación de la semilla de moringa que servirá como coagulante en el proceso de mejoramiento de las condiciones del agua, ya que, según Sánchez, Martínez, Sinagawa, & Vázquez (2013) las semillas de moringa tienen propiedades desinfectantes gracias a la presencia de compuesto de isotiocianato de bencilo,

bencil carbamato y tiocarbozamida bencilo que tienen gran actividad bactericida, las cuales ayudan a inhibir los microorganismos que están presentes en el agua.

**Objetivo:** Extraer el principio activo de las semillas de moringa por medio etanólico con el método de dilución y método soxhlet.

### **Metodología**

Se obtuvieron las semillas de Moringa y se trituran en el molino mecánico y tamizar en un tamiz de 1,6mm para posteriormente secarlas en la estufa a una temperatura 105°C.

Una vez seca la semilla se hacen dos procesos

- Se toman 100 g que posteriormente se maceraron en 200 mL de etanol. Esta preparación se dejó reposar durante 48h.
- Se toman 100g de polvo de moringa y 200mL de etanol y se agregan en el montaje soxhlet previamente armado y se deja hacer la extracción de principio activo.

Pasado el tiempo el extracto se filtra al vacío. El extracto de etanol resultante se concentró y se evaporó utilizando un evaporador rotatorio y medir la cantidad obtenida de extracto.

### **Materiales**

- Beaker de 250mL
- Agitador de vidrio
- Pipeta de 10 mL
- Probeta
- Mortero con pistilo
- Tamizador
- Estufa
- Evaporador rotatorio
- Capsula de porcelana grande
- Pinzas para capsula
- Desecador
- Montaje Soxhlet
- Bomba de vacío
- Papel de filtro
- Filtro bushner
- Etanol (500mL)

## **Bibliografía**

- Mariam G. Eshak, M. M. Hassanane, Ibrahim M. Farag, Nermeen M.

Shaffie and Aboelfetoh M. Abdalla. (2014). Evaluation of Protective and Therapeutic Role of Moringa

oleifera leaf extract on CCL4-induced genotoxicity,

hemotoxicity and hepatotoxicity in rats. International Journal of PharmTech Research. Vol.7, No.2, pp 392-415

- Ugwu Okechukwu P C\*, Nwodo Okwesili F C, Joshua Parker E, Bawa Abubakar, Ossai Emmanuel

Cand Odo Christian E. (2013). Phytochemical And Acute Toxicity Studies Of Moringa Oleifera Ethanol Leaf Extract. nt. J. LifeSc. Bt & Pharm. Res. Vol. 2, No. 2.

11.4 ANEXO 4: DIVULGACIÓN

MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MORINGA  
EN LA VEREDA COPO DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA.

Fecha: 10 de Julio Dirigida por: Gloria Sanchez.

Titulo: Charla "En copo cuidamos el agua"

Consideraciones: De antemano agradezco a cada persona por atender esta charla y brindarme un espacio de su tiempo para el desarrollo de mi tesis, por dicha razón, este documento representa evidencia de la actividad realizada en la vereda de Copo y por tanto la información acá suministrada se usara unica y exclusivamente con fines academicos.

Nombre	Cedula	Firma
Jose Amelio Ramirez	3.207.588	Jose Ramirez
Fernanda Bolache	1000237513	Fernanda Bolache
Javol Jovanillo	1000116673	J. Jovanillo
Sandra Sanchez	101445274980	Sandra Sanchez
Aurora Sanchez	52.524327.	Aurora Sanchez
Avaminta R.	51 734910	Avaminta R.
Fernando Bolache	73 411.353	Fernando Bolache
Juan Diaz	163 3807 506	Juan Diaz
Juan Lopez	1024 724 806	Juan Lopez
Andrea Gutierrez	52. 056. 586	Andrea Gutierrez
Observaciones:		

### 11.5 ANEXO 3: FOLLETO “EN COPO CUIDAMOS EL AGUA”

**Ayudemos al planeta**

Medir y optimizar el consumo de agua

Nunca descargar aguas residuales en cuerpos de agua

Reducir, reutilizar y reciclar el agua

**Viva el agua**

**NOSOTROS SOMOS EL CAMBIO**

Debemos adaptarnos y convertirnos en seres que generan actividades más eficientes a fin de minimizar el uso de agua para prevenir prácticas de desperdicio y detener la contaminación.

Para más información  
**¡CONTÁCTAME!**

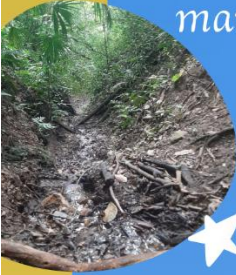
☎ 3507725820  
✉ [sanchezhuertasgl@gmail.com](mailto:sanchezhuertasgl@gmail.com)  
📘 [Facebook.com/lizethsamchezhuertass/](https://www.facebook.com/lizethsamchezhuertass/)

**Tocaima**

**¡Cuidemos desde casa lo que nos tomamos!**

¿El agua que bebo es saludable?

maneras de saberlo



Los habitantes se surten de agua proveniente de una red que trae el agua desde una quebrada cercana, y puede estar contaminada por causas naturales o agrícolas.



Es por eso que vamos a mirar como cuidar nuestra agua



### Quebrada seca

Quebrada Seca es un arroyo intermitente en Cundinamarca. Quebrada Seca está situada cerca de Quebrada Santa Rosa, y cerca de Quebrada San Cristobal.

### Algunos riesgos de contaminación

- Deforestación
- Vertimiento de aguas residuales
- Ganadería
- Agricultura



### Efectos de agua contaminada



- Enfermedades recurrentes y degenerativas, infecciones,
- Afectación en los cultivos y en los animales domésticos.
- Afectación de la vida silvestre



Con pequeñas acciones podemos mejorar las condiciones de estas fuentes de agua.