



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Fase 1 del programa del Uso Eficiente y Ahorro de  
Agua (PUEAA).**

**Preparación y aprestamiento de información  
basados en un diagnóstico realizado al acueducto del  
Municipio de Mariquita-Tolima**

**Autor**

**Juan Pablo Hincapie Zuluaga**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental**

**Medellín, Colombia**

**2020**



Fase 1 del programa del Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA).  
Preparación y aprestamiento de información basados en un diagnóstico realizado al  
acueducto del Municipio de  
Mariquita-Tolima

Juan Pablo Hincapie Zuluaga

Informe de práctica  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Ambiental.

Asesora interna  
María Camila Grueso Domínguez  
Ingeniera Sanitaria

Asesor Externo  
Hernán Charry Nieto  
Administrador de empresas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia

2020.

## **Resumen**

El aumento en la presión sobre el recurso hídrico es cada vez mayor. En Colombia la oferta de agua está cada vez más amenazada y los problemas de escasez se incrementan. Evidencia de esto es que más del 80 % de las cabeceras municipales se abastecen con fuentes que no cuentan con el caudal suficiente para este propósito, con bajas condiciones de regulación y alta vulnerabilidad, situación que se agrava frente a los fenómenos de variabilidad y cambio climáticos (MAVDT, 2010), por lo que promover e implementar planes de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) es el camino para lograr optimizar la demanda del recurso hídrico.

En este trabajo se usaron los lineamientos con base a la ley 0373 del 1997 (lineamientos para la elaboración del programa de uso eficiente y ahorro del agua) y la guía metodología de la corporación autónoma regional Cortolima, para realizar gran parte de la Fase 1 de la guía.

El acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita capta el agua para la población urbana del Río Sucio por medio de una bocatoma de captación lateral, cuenta con dos desarenadores, dos floculadores, dos sedimentadores de flujo lento, 6 filtros y dos tanques de almacenamiento.

A partir del diagnóstico realizado a la fuente de agua superficial Río Sucio, y a su línea base de oferta y demanda, se concluyó que, la planta de tratamiento PTAP trata el agua de manera óptima y suministra el caudal adecuado para abastecer la población, a pesar de que la calidad inicial del agua no es la más idónea.

## **CONTENIDO**

Introducción .....	5
Objetivos .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Marco Teórico .....	7
Zona de estudio.....	7
Programa del Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUAAA) .....	8
Normatividad.....	8
Fases y proyectos: .....	9
Metodología .....	10
Resultados .....	11
Información preliminar .....	11
Descripción de ubicación de las instalaciones del acueducto: bocatoma, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento.....	11
Diagnostico.....	21
Diagnóstico de la fuente .....	21
Calidad del agua postratamiento .....	28
Conclusiones .....	30
Recomendaciones .....	30
ANEXO .....	32
Bibliografía .....	33

## **Fase 1 del programa del Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA).**

### **Preparación y aprestamiento de información basados en un diagnóstico realizado al acueducto del Municipio de San Sebastián de Mariquita-Tolima**

#### ***INTRODUCCIÓN***

Para implementar una gestión del uso eficiente y ahorro del agua en el municipio de Mariquita es necesario conocer la estructura y el funcionamiento básico de la fuente de agua superficial (Río Sucio) y la cuenca hidrográfica (Río Gualí), ya que el Río Sucio presenta una calidad de agua altamente contaminada debido a los vertimientos que se realizan en medio del sitio de nacimiento y el sitio donde se realiza la captación, lo que dificulta la posterior potabilización del agua; sumando a esto, es la única fuente de agua superficial con la que cuenta el municipio, por lo que es necesario disminuir el deterioro y agotamiento del Río sucio y su subzona hidrografía, buscando el uso eficiente por parte de los usuarios, así como la eficiencia operacional por parte del acueducto.

El PUEAA es una herramienta en donde se orienta y se reglamenta las pautas necesarias para lograr el uso eficiente del agua y como consecuencia de esto disminuir las pérdidas del sistema, proteger tanto las fuentes de abastecimiento hídrico, como las fuentes receptoras de vertimientos, así garantizando la disminución de los riesgos e impactos ambientales causados por la actividad humana como lo define *Sanchez, L. E. en las memorias del II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental (2000)*, define impacto ambiental como la “*Alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana*” .

Para llevar a cabo la formulación del PUEAA se deben realizar 3 fases, la fase 1 es la preparación y el aprestamiento de la información, en base a un diagnóstico general del acueducto; las fases 2 y 3 son la formulación de nueve proyectos de mejora y su respectivo monitoreo como lo determina la Ley 373 de 1997 y Resolución 1257 del 10 de julio del 2018:

- Reducción de pérdidas.
- Uso de aguas lluvias y reúso del agua.
- Medición.
- Educación ambiental.
- Tecnologías de bajo consumo.

- Protección de zonas de manejo especial.
- Gestión del riesgo del recurso hídrico.
- Incentivos tarifarios, tributarios y/o sanciones.
- Usuarios en la cuenca.

El aumento en la presión sobre el recurso hídrico es inminente, por lo cual promover e implementar el uso eficiente y ahorro del agua es imperativo. Elaborar e implementar los instrumentos para la gestión del recurso hídrico es fundamental para optimizar la demanda de agua que permitirá mantener la capacidad de regulación de las cuencas y la armonía con el ciclo hidrológico para garantizar la sostenibilidad de los recursos agua y suelo y así mejorar disponibilidad y el acceso al agua. (*Sostenible, M. d. (2018). Guía para el uso eficiente y ahorro del agua: Una visión colectiva para el uso sostenible y responsable del agua*).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Realizar un diagnóstico al acueducto municipal, su fuente abastecedora y usuarios, para la preparación y aprestamiento la información necesaria en la elaboración de las fases 2 y 3: formulación y monitoreo del PUEAA.

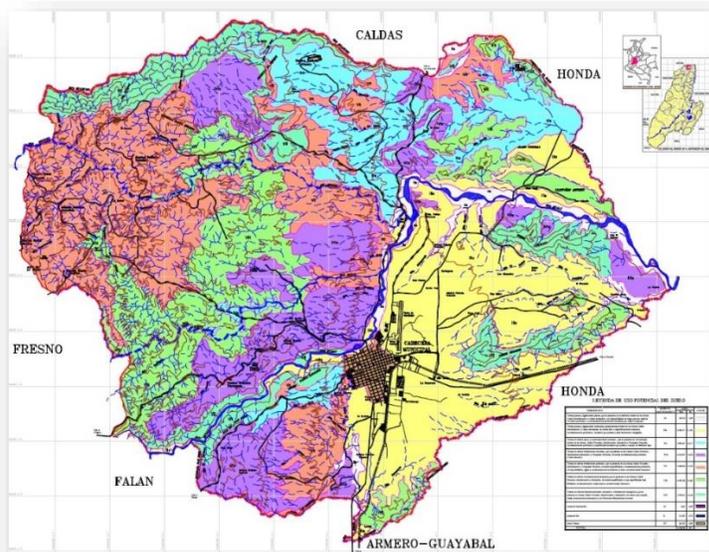
### **Objetivos específicos**

- Identificar la Información general del acueducto municipal, incluyendo la ubicación de las instalaciones como bocatoma, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento, para la creación de su línea base
- Describir el tipo de fuente de abastecimiento y su respectiva cuenca hidrográfica, incluyendo la descripción de la subzona hidrográfica, estableciendo así un panorama general del estado eco-hidrológico de la zona
- Identificar el estado general de la fuente abastecedora, detallando las zonas de manejo especial a su alrededor, proporcionando un diagnóstico inicial del estado en que se encuentra
- Analizar la línea base de la oferta y la demanda hídrica que se presenta en el municipio de Mariquita-Tolima, permitiendo la identificación de los riesgos en términos de calidad y cantidad del recurso hídrico

## MARCO TEÓRICO

### Zona de estudio

San Sebastián de Mariquita es un municipio de Colombia ubicado al norte del departamento del Tolima, limitando al occidente con el municipio de Fresno, al oriente con el municipio de Honda, al sur con los municipios de Armero-Guayabal y Falan, y por último al norte con el municipio de Victoria (Caldas). El municipio se encuentra ubicado a una altitud de 495 MSNM, con una temperatura promedio de 28° C y con una población aproximada de 34.505 habitantes (Alcaldía de San Sebastián de Mariquita. (2020). Información del municipio. Recuperado de <http://www.sansebastiandemariquitatolima.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>)



**Figura 1.** Mapa geográfico general del Municipio de Mariquita-Tolima (Alcaldía de San Sebastián de Mariquita. (2020). Información del municipio. Recuperado de <http://www.sansebastiandemariquitatolima.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx#lg=1&slide=0>)

En el área urbana, los habitantes son abastecidos de agua por tres fuentes superficiales y una subterránea. El municipio tiene tres acueductos en funcionamiento: el Acueducto Municipal, cuya fuente abastecedora es Río Sucio; Acueducto del Turbay (privado) abastecido por la quebrada San Juan y Acueducto de La Estación (privado), abastecido por la quebrada San Juan. (PDM, 2016-2019).

La cuenca de la fuente abastecedora del acueducto municipal, Río Sucio, presenta problemas de cuidado y conservación, posee poca vegetación en las laderas más

cercanas a la fuente, taludes pronunciados y pendientes generando con problemas de inestabilidad (*PDM, 2016-2019*)

El municipio de Mariquita cuenta con la Empresa de Servicios Urbanos S.A.S. E.S.P, empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado; en ella se encuentra la planta de tratamiento convencional especializada en sólidos disueltos, sólidos suspendidos y remoción de materia orgánica, en sus distintos tamaños. La PTAP esta compuesta por una bocatoma de captación lateral a 6 km de la sección principal de tratamiento. El agua captada en la bocatoma se dirige a 2 desarenadores y continua su proceso en los floculadores, posteriormente el agua continua su proceso hacia los sedimentadores de flujo lento y finaliza su remoción de flóculos en la sección de lecho empacado (filtros), finalizando en la etapa de cloración. El agua totalmente clarificada se dirige hacia los 2 tanques de almacenamiento, para luego ser redirigida a la red de distribución del municipio.

El consumo promedio bruto que se maneja por habitante, supera los valores teniendo en cuenta la capacidad de esta (el volumen promedio por habitante es 773 l/ hab/día, respecto al establecido para una ciudad las características de Mariquita que es, 175 l/hab/día), lo cual es una clara evidencia de los malos hábitos en el uso del agua y su uso irracional. (*PBOT, 2019*).

### ***Programa del Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA)***

Un PUEAA es el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. (*Art 1. Ley 373 del 6 de junio de 1997*)

La necesidad de formular el PUEAA parte de la premisa de que el recurso hídrico se trata de un recurso escaso, que está siendo afectado por factores antrópicos de todo tipo, por lo que mantener el servicio de acueducto de manera permanente y eficiente se convierte en un gran labor; por lo que el PUEAA se convierte en esa herramienta que con la ayuda de estrategias y acciones, puede contrarrestar el uso irracional, orientando el uso actual que los usuarios le dan al recurso hídrico, además de proteger la fuente de abastecimiento de deterioro y agotamiento.

#### ***Normatividad***

La Ley 373 del 6 de junio de 1997 decreta que todo Plan Ambiental Regional y Municipal debe incorporar obligatoriamente un Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, siendo una herramienta que reglamenta y orienta a la población, en especial a las empresas públicas domiciliarias e instituciones del sector ambiental como las Corporaciones Autónomas Regionales CARs.

La aplicación del conjunto de proyectos y acciones del PUEAA, debe tener un horizonte de implementación a cinco años, de acuerdo con el Artículo 2 de la Ley 373 de 1997, basado en el diagnóstico de la oferta de la fuente de abastecimiento y la demanda de agua según el decreto 1090 de 28 de junio de 2018 "Por el cual

se adiciona el Decreto 1076 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones"

En virtud de las facultades otorgadas en el párrafo 1 y el Artículo 2.2.3.2.1.1.3 del Decreto 1090 del 2018, se profirió la Resolución 1257 del 10 de julio del 2018, el cual estableció la estructura y contenido del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua y del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua simplificado.

#### *Fases y proyectos:*

El PUEAA se divide en 2 fases:

*Fase 1: Información preliminar y diagnóstico general del acueducto (Art.1, 2 y 3. Resolución 1257 del 10 de julio del 2018)*

En esta fase se recopila toda la información general del acueducto, su fuente de abastecimiento, cuenca hidrográfica, fuentes receptoras de vertimientos, así como la descripción general del acueducto desde la captación hasta su distribución, analizando la oferta y la demanda.

*Fase 2: Plan de acción (Formulación y monitoreo) (Art.4.Resolucion 1257 del 10 de julio del 2018)*

En esta fase se desarrollan los proyectos de mejora, así como su respectivo monitoreo:

*Medición:* Desarrollar proyectos que permitan la instalación, mantenimiento, calibración y renovación de medidores de consumo, llevar los registros periódicos del caudal total de agua, de acuerdo con el sistema de medición implementado en el predio y cuantificar el caudal de agua utilizado en cada una de las actividades desarrolladas en el predio. Los proyectos planteados en este aspecto son la base para determinar las pérdidas totales de agua del sistema, el tipo de pérdidas y el porcentaje que representan.

*Reducción de Pérdidas:* los proyectos planteados en este aspecto deben tener como objetivo disminuir las pérdidas de agua que se pueden presentar en el sistema de captación, control, conducción, almacenamiento y medición implementado en el acueducto, a través de la supervisión y mantenimiento periódico de estas obras.

*Reusó de agua:* Plantear proyectos que permitan el reusó de las aguas utilizadas en las actividades desarrolladas en el acueducto, en otras actividades en las que no se requiera el uso de agua potable.

*Educación ambiental:* Desarrollar un proyecto dirigido a informar, sensibilizar y capacitar sobre el uso eficiente y ahorro de agua a los usuarios del agua.

*Tecnologías de bajo consumo:* Implementar un proyecto en el cual se instalen sistemas que permitan reducir el consumo de agua en las actividades en que es empleada el agua.

*Protección de zonas de manejo especial:* Diseñar proyectos que permitan la conservación de las características naturales de las fuentes hídricas de tal manera que asegure la disponibilidad de agua. Para diseñar estos proyectos se debe tener en cuenta la descripción realizada del estado actual de la Fuente Abastecedora presentado en el Diagnóstico. Entre las actividades que se pueden plantear para dar cumplimiento a este proyecto están: reforestación con especies nativas, levantamiento de cercas para aislar la zona protectora, organización de jornadas de limpieza etc.

*Gestión de riesgo del recurso hídrico:* Implementar proyectos que permitan la realización de actividades tendientes a disminuir o prevenir las situaciones de riesgos identificadas en el Diagnóstico; o en la eventualidad de que se llegasen a presentar situaciones de emergencia se puedan atender de manera efectiva.

Con el fin de promover estrategias orientadas a la gestión integral del recurso hídrico, se empieza a implementar la fase 1 del PUEAA, con el propósito de empezar a mejorar la gestión del acueducto municipal, optimizando la eficiencia operacional, mejorando las proyecciones económicas de la empresa y conservando en óptimo estado el sistema ecológico: la fuente de abastecimiento y sus zonas de manejo especial.

## **METODOLOGÍA**

Para la consecución de los objetivos planteados se decidió dividir el proyecto planteando en dos etapas: la primera etapa fue la recopilación de información preliminar del acueducto y la segunda etapa el diagnóstico de la línea base de la oferta y demanda hídrica, así como del estado general de la fuente de abastecimiento.

### *Información preliminar*

Para hacer la descripción del acueducto: bocatoma, planta de tratamientos y tanques de almacenamiento, se hizo una revisión al Plan Maestro de Acueducto suministrado por la empresa, además se realizaron visitas a todas las instalaciones del acueducto con el fin de generar un registro fotográfico y evidenciar el estado en el que se encuentran, tanto en la Bocatoma como en la PTAP, así creando la línea base del estado actual del acueducto.

### *Diagnóstico*

#### *Actividades que se llevaron a cabo para el diagnóstico de la fuente:*

Para describir el tipo de fuente de abastecimiento y su respectiva cuenca y subzona hidrográfica se revisaron documentos como el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT del año 2019 del Municipio de San Sebastián de Mariquita; se identifica la cuenca hidrográfica Río Gualí como la correspondiente para el Río Sucio, por lo que se hace una revisión detallada del

Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Gualí -POMCA Río Gualí, encontrando los parámetros necesarios para establecer el panorama general del estado eco-hidrológico del Río sucio así como de la sub-Zona hidrográfica.

*Actividades que se llevaron a cabo para el diagnóstico de la línea base de la oferta hídrica*

Para describir la oferta hídrica de la fuente abastecedora Río Sucio se realizó con base a su respectivo caudal promedio, y la correspondiente concesión realizada por Cortolima al acueducto, además de los caudales ambientales en condiciones normales, de El Niño y La Niña; usando la definición propuesta por el decreto 3930 del 2010, que establece como caudal ambiental al “volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”.

Se revisó información en el POMCA para identificar el estado general de la fuente abastecedora y se revisaron los parámetros de calidad con los respectivos decretos y resoluciones actuales, además se analizó la calidad del agua del acueducto postratamiento, en base al índice de riesgo de la calidad de agua-IRCA basados en el decreto 2115 del 2007.

*Actividades que se llevaron a cabo para el diagnóstico de la línea base de la demanda de agua*

Para calcular el balance de agua de la empresa se identificó la complejidad del sistema utilizando el artículo 11 del RAS 2000 título A. Luego para encontrar la dotación se utilizó la tabla 1 del artículo 43 de la resolución 0330 del 2017. Posteriormente para la dotación bruta se utilizó el artículo 44 de la resolución 0330 del 2017, adicionalmente para los cálculos se utiliza Caudal medio (Qmed), máximo diario (QMD) y máximo horario (QMH) basados en las fórmulas encontradas en el RAS 2000 Título B.2.7, utilizando K1 y K2 para un nivel de complejidad medio alto.

## **RESULTADOS**

### ***Información preliminar***

*Descripción de ubicación de las instalaciones del acueducto: bocatoma, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento.*

La captación del acueducto municipal de San Sebastián de Mariquita, se hace de manera superficial en la bocatoma paralela a la fuente de agua superficial llamada Río Sucio, el cual se convierte en la fuente abastecedora del acueducto municipal

de San Sebastián de Mariquita; de esta infraestructura el líquido es conducido a la planta de tratamiento de agua potable pasando primero por los desarenadores para finalmente arribar a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), de la cual se conduce a los a tanques de almacenamiento para luego ser distribuida a la población del municipio.

### *Bocatoma*

Estructura conformada por una captación de fondo, mediante el represamiento del cauce del Río Sucio, su construcción fue terminada a finales de 1972 aproximadamente, pero se llevó a cabo una restauración debido al daño sufrido en el 2001 por causa de un aumento anormal del Caudal. La bocatoma en la actualidad está captando 256.57 l/s, para luego enviar cerca de 178 L/s a los desarenadores y el excedente retornarlos a la fuente.

La bocatoma se encuentra ubicada aproximadamente a 6 km de la planta de tratamiento, es de tipo lateral de fondo como se muestran en la figura 2 y 3. Cuenta con dos líneas de aducción de 12" y 10". A 500 metros de la bocatoma se ubican dos desarenadores los cuales realizan el tratamiento previo a la aducción.



*Figura 2. Captación lateral de la Bocatoma del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*



Figura 3. Vista lateral de la Bocatoma del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)

#### *Aducción Tramo: Captación – Desarenador*

La capacidad máxima para cada una de las líneas es de 110 l/s, (es decir unos 220 l/s de capacidad máxima total teórica con buenas condiciones):

*Desarenador 1:* El estado general observado es bueno en lo que se refiere a la estructura de concreto. El desagüe para caudales excedentes es deficiente en época de invierno, ya que se rebosa por las paredes de la estructura, con lo cual se puede generar erosión, que pone en peligro la estructura a futuro.

*Desarenador 2:* El estado general de la estructura es bueno. A nivel de funcionamiento hidráulico, no es totalmente eficiente en la remoción de partículas flotantes, tales como hojas de árboles, y demás material vegetal.



Figura 4. Vista 1 de los desarenadores del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)



*Figura 5. Vista 2 de los desarenadores del acueducto de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*

### *Planta de tratamiento de agua potable-PTAP*



*Figura 6. Vista 2 de los desarenadores del acueducto de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*

Localizada aproximadamente a 545 m.s.n.m., es de tipo convencional. A esta llegan dos tuberías independientes provenientes de los desarenadores. Cuenta con canaleta Parshall para la medición del caudal de entrada. La planta cuenta con una estructura física bien dotada para laboratorios, zona de operarios, oficina, así como bodegas y baños.



*Figura 7. Vista general de la PTAP del acueducto del municipio de Mariquita. (Fuente: Autor)*

La planta está conformada por dos módulos de floculación de tipo hidráulico, dos de sedimentación de flujo horizontal y seis filtros de gravedad y rata declinante variable. Los filtros son lavados cada 12 a 24 horas en función de la calidad del agua, durante un tiempo total de 3 a 4 horas de lavado.



*Figura 8. Vista 1 de los módulos de floculación de la PTAP del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*



*Figura 9. Vista 2 de los módulos de floculación de la PTAP del Municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*



*Figura 10. Sedimentador lento de la PTAP del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)*



Figura 11. Sedimentador de panal de la PTAP del acueducto del Municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)



Figura 12.. Filtros de Gravedad de la PTAP del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: Autor)

#### 4. Conducción

La conducción está comprendida entre los desarenadores y la planta de tratamiento. Está conformada por dos tuberías de diámetro = 10" y 12" A.C. con una longitud total aproximada de 5900 m, de los cuales los últimos 2000 m, son en tubería metálica.

La bocatoma se encuentra en la cuenca del río Gualí mientras que la planta de tratamiento se encuentra en la cuenca Sabandija por lo cual su conducción es de casi 6 km, debido a esto en la zona por donde pasa las redes de conducción existen

varias erosiones, que han ocasionado fenómenos de remoción en masa, siendo necesario en varias ocasiones la suspensión del servicio por largas horas y posteriormente realizar obras de contención sobre las zonas afectadas

### *5. Almacenamiento*

Posterior al proceso de potabilización en el sistema de tratamiento el agua pasa a dos tanques de almacenamiento con una capacidad de 950 m<sup>3</sup> y 850 m<sup>3</sup> respectivamente, son de tipo semienterrado en concreto reforzado, en este punto se realiza el proceso de desinfección por inyección de cloro gaseoso; se utilizan para abastecer a todo el municipio de Mariquita

A la salida de la conducción y el tanque de almacenamiento se encuentran instalados cuatro macro medidores. La conducción de agua tratada se hace por gravedad.



*Figura 13. Vista superior del tanque de almacenamiento N° 1 del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita.  
(Fuente: Autor)*



*Figura 14. Vista lateral del tanque de almacenamiento N° 1 del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita.  
(Fuente: Autor)*



*Figura 15. Vista superior del tanque de almacenamiento N° 2 del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita.  
(Fuente: Autor)*



*Figura 16. Vista lateral del tanque de almacenamiento N° 2 del acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita.  
(Fuente: Autor)*

## **6. Distribución**

La red de distribución fue construida en el año de 1972, el material que se utilizó originalmente fue asbesto de cemento, pero en los últimos 10 años se han realizado renovaciones al material de PVC. Las redes de conducción tienen una longitud aproximada de 60000 metros, con diámetros que oscilan entre 3 y 14 pulgadas.

Díametros, longitudes y porcentajes de tubería:

- 1) En 3", 40930 m (74.6 %).
- 2) En 4", 7521 m (13.7 %).
- 3) En 6", 3620 m (6.6 %).
- 4) En 8", 1174 m (2.14 %).
- 5) En 10", 1251 m (2.28 %).
- 6) En 14", 372 m (0.68 %).

La salida de la planta hacia la distribución se hace desde el tanque de almacenamiento en 8" en una longitud 10 m, que luego se amplía a 12" en una distancia de 2 m, al cabo de los cuales aumenta a 14", lo cual crea un problema ya que por más que la red en la distribución en sí sea de 14", la salida está limitada al caudal que pueda pasar por la red de 8".



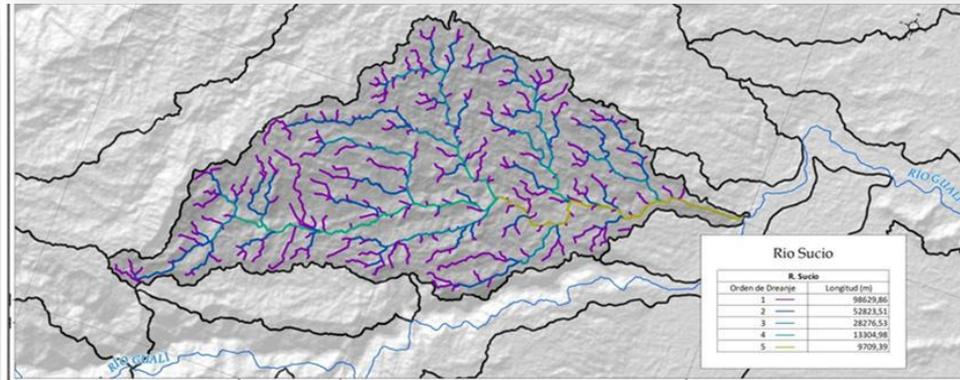


Figura 18. Fuente principal de abastecimiento Río Sucio. Recuperado de POMCA, Río Gualí.

La longitud total de las corrientes de la cuenca del río Sucio de primer orden es 9.86 km, las corrientes de segundo orden con longitud de 5.28 km, las corrientes de tercer orden 2.83 km, las corrientes de cuarto orden 1.33 km y por último la corriente de quinto orden 0.97km desembocando en el río Gualí como se muestra en la figura 18.

Tabla 1. Ordenes de drenaje del Río Sucio aclarados ya que en la figura 18 no se ven claramente. (Fuente: Autor)

R. Sucio		
Orden de Drenaje	Longitud (m)	Longitud(km)
1	98629,86	9,86
2	52823,51	5,28
3	28276,53	2,83
4	13304,98	1,33
5	9709,39	0,97

### Diagnóstico de la línea base de la oferta hídrica

Según el POMCA, las áreas de mayores rendimientos hídricos se localizan al noroccidente de esta subcuenca, específicamente en las veredas San Vicente, La Mesa, Pueblo Nuevo, Mal Paso, El Hatillo, Porvenir y Camelias, ubicadas en el Municipio de Mariquita, donde se presentan valores de 71.39 l/s\*km<sup>2</sup>; así mismo, las áreas de menores rendimientos hídricos, se presentan al sur de esta subcuenca, especialmente en las veredas el Cairo y Fátima, del municipio de Mariquita, donde se alcanzan valores de 58.71 l/s\*km<sup>2</sup> como lo muestra la figura 19.

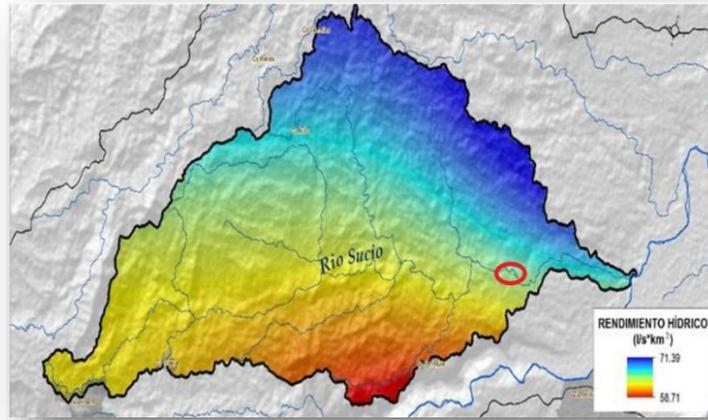


Figura 19. Distribución espacial de los rendimientos hídricos (l/s\*km<sup>2</sup>), para el periodo 1992-2011, en la subcuenca (NSS) del Río Sucio, afluente del río Gualí. (Fuente: POMCA Río Gualí)

En el círculo rojo que se observa en la figura 19, se encuentra ubicada la bocatoma del municipio de San Sebastián de Mariquita, evidenciando que la bocatoma se encuentra ubicada entre los valores promedio del rendimiento hídrico de 64.7 l/s\*km<sup>2</sup>, y una oferta hídrica promedio de 5.7 m<sup>3</sup>/s, adicionalmente como se muestra en la tabla 2, de acuerdo a las proyecciones, en cualquier temporada del año sin importar las condiciones extremas de El Niño o La Niña siempre habrá la disponibilidad hídrica necesaria para cumplir con el caudal promedio 180 L/s adjudicado por la corporación autónoma regional del Tolima (Cortolima) al acueducto del municipio de San Sebastián de Mariquita mediante la resolución 038 del 3 de mayo del 2007 (Figura 20), evidenciándose especialmente con el dato más extremo para la condición climática de El Niño que se presenta en el mes de septiembre por valores de 1,12 m<sup>3</sup>/s.

Nombre de la fuente	Tipo de fuente o pozo	Entidad que expidió la concesión	Resolución concesión	Fecha inicial de la autorización	Fecha final de la autorización	Caudal adjudicado (L/S)
RIO SUCIO	Rio (superficial)	CORTOLIMA	038 del 3 de mayo de 2007	03/05/2007	03/05/2027	180

Figura 20. Concesión de Cortolima al acueducto del municipio de Mariquita URBES S.A.S

Tabla 2. Propuesta inicial de caudales ambientales en las subcuencas que conforman la cuenca hidrográfica del río Gualí, para cada mes en el período climático El Niño y La Niña (valores en m<sup>3</sup>/s).

<b>Cuenca hidrográfica</b>	<b>Río Sucio</b>
----------------------------	------------------

Condiciones extremas	El Niño	La Niña
Enero	1,503	2,09
Febrero	1,459	2,24
Marzo	1,582	2,47
Abril	1,674	3,848
Mayo	2,169	3,114
Junio	1,796	3,077
Julio	1,499	1,908
Agosto	1,253	2,004
Septiembre	1,121	2,598
Octubre	1,549	3,5
Noviembre	2,085	4,091
Diciembre	1,79	3,492

En el POMCA se encuentran 3 estaciones de muestreo ubicadas sobre la fuente de agua superficial Río Sucio, la primera estación de monitoreo se encuentra antes del Municipio de Fresno, la segunda estación se encuentra después del municipio de Fresno donde ya ha recibido las descargas provenientes del municipio y la tercera estación se encuentra antes de la captación de la bocatoma del acueducto del municipio de Mariquita. En el trayecto del Río Sucio se encuentra la piscícola La Carolina entre la estación E12 y la estación número E13.

DESCRIPCIÓN			
Tipo de vegetación	Abundante vegetación arbustiva y arbórea en ambas márgenes.		
Influencia de comunidades	Presencia de viviendas rurales en la zona.		
Descarga y tipo	No se evidencia		
Tipo de textura de sustrato	Arenoso – arcilloso, con abundante presencia de rocas pequeñas		
Características organolépticas	Aguas transparentes, sin olor particular.		
Tipo de corriente	Lótico	Coordenadas	
		Este	Norte
		892960	1061994
<b>Observaciones:</b> Aguas con poca corriente. Se observa abundante musgo sobre las rocas del río y a lo largo de su cauce hay algunas cascadas. Es un punto de extracción de agua para los pobladores de la zona, ya que se observan mangueras. Es evidente la acumulación de material vegetal (troncos, hojarasca). Ancho del Cauce: 8.0 m. Profundidad promedio 0.15 m			

Figura 21. Estación E11 Río Sucio, antes del casco urbano de Fresno. (Fuente: POMCA Río Gualí)

DESCRIPCIÓN				
Tipo de vegetación	Abundante vegetación arbustiva, herbácea y arbórea en ambas márgenes.			
Influencia de comunidades	Presencia de viviendas rurales en la zona y actividades agrícolas (cultivo de caña, café, plátano y aguacate).			
Descarga y tipo	Recibe las descargas residuales del municipio de Fresno.			
Tipo de textura de sustrato	Arenoso – arcilloso, con abundante presencia de rocas medianas y pequeñas.			
Características organolépticas	Aguas de color verde grisáceo, de aspecto turbio, sin olor particular.			
Tipo de corriente	Lótico	Coordenadas	Este 894732	Norte 1063733
<b>Observaciones:</b> Aguas con poca corriente. En las márgenes se observa mucha acumulación de residuos sólidos (basura). Se observa abundante acumulación de hojarasca en las márgenes. Presencia de espuma en algunos sectores. Ancho del Cauce: 9.0 m. Profundidad promedio 0.20 m, cerca de las orillas.				

Figura 22. Estación E12 Río Sucio, abajo del casco urbano de Fresno, donde ya ha recibido todas las descargas de aguas residuales. (Fuente: POMCA Río Gualí)

DESCRIPCIÓN				
Tipo de vegetación	Abundante vegetación arbórea y arbustiva, en ambas márgenes.			
Influencia de comunidades	Aguas arriba se ubica el municipio de Fresno y cerca al punto de muestreo hay una piscícola.			
Descarga y tipo	Aguas arriba recibe las descargas residuales del municipio de Fresno.			
Tipo de textura de sustrato	Arenoso, con abundante presencia de rocas medianas y pequeñas			
Características organolépticas	Aguas claras, sin olor particular			
Tipo de corriente	Lótico	Coordenadas	Este 909890	Norte 1070219
<b>Observaciones:</b> Aguas con abundante corriente. En esta corriente se realiza extracción artesanal de oro. Ancho del Cauce: 15m. Profundidad promedio 0.50 m (cerca de las orillas)				

Figura 23. Estación E13 Río Sucio antes de la bocatoma del municipio de San Sebastián de Mariquita. (Fuente: POMCA Río Gualí)

Se observa que la estación E13 no es apta para el consumo, se corrobora que antes de la estación E12 se vierten aguas residuales provenientes del municipio del Fresno lo que explica la alta presencia de coliformes que se menciona más adelante. Se evidencia por la E11 que la calidad del agua antes de pasar por la inmediación del municipio de Fresno es apta para el consumo humano.

Según el POMCA la estación E13 de monitoreo registra valores de 15,9 mg O<sub>2</sub>/L de DQO y 2,0 mg O<sub>2</sub>/L de DBO los cuales están dentro de los objetivos de calidad impuestos por la corporación autónoma regional Cortolima a través de la Resolución 803 del 31 de julio de 2006 presentes en la tabla 3.

Tabla 3. Objetivos de calidad para el Río Sucio en el tramo Piscícola carolina-Bocatoma Municipal. (Fuente: PSMV 2016)

Cuenca mayor	Cuenca	Mpio	Tramo-4	Uso definido	Parámetro	Unidad	Valor Normativo	Objetivos de calidad	
Guailí	Río Sucio	Mariquita	Bocatoma Piscícola Carolina - Bocatoma Acueducto Mariquita T-4	Consumo humano - uso doméstico, asimilación y dilución	O.D.	mg O <sub>2</sub> /L	>5,0	Mantener el nivel de O.D.	> 5,0
					DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	*****	Reducir carga orgánica	< 10,0
					S.S.T.	mg/L	*****	Reducir nivel de S.S.	< 50
					Grasas y aceites	mg/L	Ausentes	Reducir grasas y aceites	Ausentes
					Coliformes Totales	NMP*	20000	Reducir presencia de Coliformes Totales	< 20000
					Coliformes Fecales	NMP*	2000	Reducir presencia de Coliformes Fecales	< 2000

Además de los análisis anteriores también se realizó la medición de los siguientes parámetros:

Tabla 4. Datos Fisicoquímicos y microbiológicos del Río Sucio en la estación E13, tomados en el año 2014. (Fuente: POMCA Río Gualí)

Parámetro	Unidades	Resultados
Cianuro total	mg CN/l	<0,007
Mercurio	mg/l	<0,0019
Nitratos	mg Hg/l	<0,46
Nitritos	mg NO	<0,01
Níquel	mg Ni/l	<0,0054
pH	Unid. pH	7,5
Plomo	mg Pb/l	<0,05
Saturación O.D	%	81
Tensoactivos	mg/l	<0,09
Turbiedad	UNT	10
Coliformes fecales	NMP/100 ml	21000

Puede observarse que de acuerdo con el contenido de coliformes fecales, el recurso no sería apto para consumo humano y uso doméstico, ni para uso agrícola en riego de frutas que se consuman con cáscara o cultivos de hortalizas, ni para fines recreativos según los resultados descritos en la tabla 4.

Aunque la resolución expedida por Cortolima Resolución 803 del 31 de julio de 2006, nos dice que en el tramo de capacitación el agua es apta para consumo humano, sin embargo, en el 2014 el POMCA en la tabla 5 basado en los parámetros encontrados en la tabla 4, nos dice que para ese tramo el agua no es apta para consumo humano y su único uso debería ser pecuario.

Tabla 5. Objetivos de calidad para los tramos comprendidos entre el Municipio del Fresno y la bocatoma.

Estación	E12	E13
CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO CON TTO. CONVENCIONAL	No apto por contenido de coliformes fecales	No apto por contenido de coliformes fecales
USO AGRICOLA	No apto por contenido de coliformes fecales	No apto por contenido de coliformes fecales
USO PECUARIO	APTO	APTO
USO RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	No apto por contenido de coliformes fecales	No apto por contenido de coliformes fecales

Estación	E12	E13
USO RECREATIVO CONTACTO SECUNDARIO	No apto por contenido de coliformes fecales	No apto por contenido de coliformes fecales

El acueducto manifiesta que cerca de la bocatoma no se encuentra ninguna zona de manejo especial, además, aunque la zona no sea de manejo especial, por parte del acueducto no se realiza ninguna actividad documentada en pro de la conservación y preservación de la zona.

#### *Calidad del agua postratamiento*

Conforme con la última información disponible de la vigilancia que reporta la Secretaria de Salud Departamental del Tolima, la empresa para el mes de octubre del 2019 presento el siguiente comportamiento del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua – IRCA, Ver anexo 1.

En los parámetros evaluados por la secretaria de salud el IRCA arrojo un valor de 5, basados en el decreto 1575 del 2007 en el artículo 15 se encuentra que el agua del acueducto no presenta riesgo alguno para la salud Humana, basados en la clasificación del nivel de riesgo del IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua)

#### *Diagnóstico de la línea base de la demanda hídrica*

De acuerdo con la información proporcionada por el acueducto, el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) promedio para el año 2019 fue de 49.21% sobre pasado el 25% establecido por el RAS 2000, esto podría reflejar el desperdicio y consumo excesivo por parte de los usuarios, fallas en la optimización del sistema a causa de las fugas que se puedan presentar en todo el sistema, y conexiones fraudulentas por parte de los habitantes del municipio.

Para el análisis de estimación de la demanda de agua potable para el municipio de San Sebastián de Mariquita, se efectuó teniendo en cuenta el dato proporcionado por los resultados de la proyección de población según los métodos Aritmético, Geométrico y Exponencial para la cabecera urbana de San Sebastián de Mariquita encontrado en el PSMV cuyo valor es de 24380 habitantes para la zona urbana del municipio.

Según lo definido por la resolución 0330 del 2017 y el decreto 1575 del 2007 para el cálculo de la proyección de la demanda se requiere estimar el caudal medio diario (Qmed). Para el cálculo del Caudal medio diario se requieren los parámetros de población urbana y la dotación en bruto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos tanto para el IANC actual de 49,21 y el IANC de 25% establecido por el RAS 2000.

Tabla 6. Comparación de caudales medios con distinto % de perdida. (Fuente: Autor)

<b>Nivel de Complejidad</b>	<b>Medio alto</b>	
<b>Características</b>	<b>Cifras</b>	
Proyección urbana para el año 2020	24380	
Perdidas del Sistema (%)	49,21%	25%
Dotaciones Neta (L/Hab*Dia)	140	
Dotación Bruta (L/Hab*Dia)	274	186
Caudal Medio Diario (L/s)	77,31	52,84
Caudal Máximo Diario (L/s)	92,77	63,4
Caudal Máximo Horario (L/s)	139,15	95,1

En el artículo 47 de la resolución 330 del 2017 se manifiesta que el acueducto debe captar de la fuente superficial 2 veces el caudal máximo diario provenientes de los cálculos de la demanda de agua actual de la población, cuyo valor es de 92,77 L/s. El volumen producido por el acueducto es de 189 l/s aproximadamente, Cortolima concesiono 180 L/S por lo tanto la demanda y la oferta están satisfechas.

#### *Otras actividades realizadas en la empresa*

Además de la elaboración de la fase 1 del PUEAA, se llevaron a cabo actividades de educación ambiental en el municipio de Mariquita en Instituciones educativas, empresas y restaurantes, también se llevó a cabo un control diario de los datos PTAP, además se propusieron actividades dentro de la empresa para mejorar sus prácticas ambientales y se apoyó en el cumplimiento de la normatividad ambiental que la empresa debe cumplir.

## **CONCLUSIONES**

La bocatoma se encuentra ubicada casi al final del río sucio en las coordenadas Este: 90°98'90", Norte: 107°02'19", el cual se evidencio que está siendo afectado considerablemente por los vertimientos provenientes del municipio del Fresno.

A pesar de que el POMCA manifestó que el agua en el punto de captación no es apta para consumo humano, la PTAP del acueducto está tratando correctamente el agua proveniente del Río Sucio, se corrobora por los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados por la secretaría de salud.

En vista de que la planta ya tiene más de 40 años, los cálculos de caudales demostraron que la concesión otorgada por Cortolima satisface plenamente la demanda actual de la población urbana, incluyendo sus actividades socioeconómicas.

Los coliformes fecales representan un problema actual en la zona de captación debido al inadecuado manejo de las aguas residuales que se vierten al río sucio en el municipio del Fresno sin haber sido redirigidas a una PTAR.

En general el acueducto trata el caudal necesario para el abastecimiento de la población urbana del municipio, sin embargo, se debe priorizar en un mejor análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de captación debido a los vertimientos que recibe la fuente.

Al realizar el balance del caudal de demanda y de oferta, se evidencia que el caudal entregado por Cortolima satisface el consumo de la población actual.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que se realicen análisis microbiológicos con mayor frecuencia y mejor detalle debido a los vertimientos provenientes de las aguas residuales del Municipio del Fresno.
- Se recomienda plantear medidas en conjunto con el municipio de Fresno para lograr metas de reducción de vertimientos sobre el cuerpo de agua.
- Se recomienda hacer un estudio forestal detallado de la zona para establecer medidas de preservación y conservación a los alrededores de la zona de captación.
- Se recomienda elaborar el plan de contingencia del acueducto en base a la fuente de captación ya que es un documento de suma importancia.
- Se recomienda hacer un estudio detallado de la viabilidad tanto económica como técnica de otra fuente de abastecimiento para el municipio.
- Para la Fase 2 del PUEAA se recomienda lo siguiente:

- Se debe evaluar a fondo donde están ubicadas las perdidas ya que el porcentaje de perdidas es demasiado alto.
- Se debe implementar un plan de reusó del agua.
- Se recomienda implementar la telemetría en cuanto a medición para tener muy claro el consumo del agua en el municipio por horas.
- Se deber hacer un estudio detallado de los usuarios de la cuenca junto con sus vertimientos.

# ANEXO

Anexo 1. Tabla de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados por la secretaria de salud del Tolima

		GOBERNACION DEL TOLIMA			CODIGO: LSP-FOR-IV-130	
		SECRETARIA DE SALUD			VERSION: 01	
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA		INSPECCION VIGILANCIA Y CONTROL			PAGINA: 1 de 1	
MACROPROCESO		NOTIFICACION DE RESULTADOS DE LABORATORIO: AGUA DE CONSUMO HUMANO			VIGENTE DESDE: 03/05/2018	
PERSONA PRESTADORA:		ESPUMA S.A. E.S.P				
PERIODO AL QUE CORRESPONDEN LOS RESULTADOS: MES/ANO		RESPONSABLE DEL MONITOREO: Monica Rodriguez				
TABLA DE RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS AGUA CONSUMO HUMANO						
		MUESTRA 1 Rad: 1246			MUESTRA 2 Rad: 1247	
		MUESTRA 3 Rad: 1248			MUESTRA 4 Rad: 1249	
		MUESTRA 5 Rad: 1250				
CARACTERÍSTICAS Y SU ESTÁNDAR		VALOR			VALOR	
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	RIESGO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Turbiedad	2,00	15	0,077	0,119	0,138	0,193
Cloro Residual Libre	0,30 - 2,00	15	1,16	0,99	1,37	1,36
Color Aparente	15,00	6	1,143	N.D	0,429	N.D
pH	6,50 - 9,00	1,50	6,53	6,56	6,75	6,59
Nitritos	0,10	3	N.D	0,006	-	0,001
Aluminio AL <sup>3+</sup>	0,20	3	0,012	0,017	-	0,012
Hierro Total	0,30	1,50	0,035	0,03	-	0,04
Alcalinidad Total	200,00	1	52,138	25,173	15,920	94,923
Calcio	60,00	1	13	19	5	25
Fosfatos	0,50	1	0,178	0,194	-	0,488
Magnesio	36,00	1	6,787	8,629	1,794	13,429
Dureza Total	300,00	1	62,014	84,032	34,744	118,776
Sulfatos	250,00	1	5,270	4,922	-	12,661
Cloruros	250,00	1	12,589	16,466	6,794	17,685
Nitratos	10,00	1	3	5	-	6,667
Fluoruros	1,00	1	-	-	-	-
Coliformes Totales	AUSENCIA	15	A	A	A	A
Escherichia Coli	AUSENCIA	25	A	A	A	A
IRCA (%)			0	0	0	0
IRCA		RIESGO	S R	S R	S R	S R
			5	5	5	5

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alcaldía de San Sebastián de Mariquita. (2020). Información del municipio. Obtenido de:

<http://www.sansebastiandemariquitatolima.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Ambiente, M. d. (2002). Guía de Ahorro y Uso Eficiente del Agua. Obtenido de: [http://crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia\\_MAVDT.pdf](http://crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_MAVDT.pdf)

Decreto 1575 (2007). El Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Decreto 2115 (2007). Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 1076 (2015). Decreto único reglamentaria de sector ambiente y desarrollo sostenible.

Decreto 1090 (2018). Programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA).

Labrador, C. & del Valle, Á. (1995). La educación medioambiental en los documentos internacionales. Notas para un estudio comparado. Revista Complutense de Educación. Vol. 6(2), 75-94.

Ley 373 (1997). Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

PDM (2016-2019). Plan de desarrollo del Municipio de Mariquita-Tolima.

PBOT (2019). Plan básico de ordenamiento territorial del Municipio de Mariquita-Tolima.

POMCA Río Gualí (2014). Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Gualí

PSMV (2016). Plan de saneamiento y manejo de vertimientos del Municipio de Mariquita-Tolima.

RAS (2000), Título A. Reglamento técnico de acueducto y saneamiento básico.

Sánchez, L. E. (2000). Memorias del II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental.

Sostenible, M. d. (2014). Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1935-uso-eficiente-y-ahorro-delagua#>