

**EVALUACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL AGUA
POTABLE DEL MUNICIPIO DE SILVANIA- CUNDINAMARCA.**

**CAMILO ANDRÉS MARTÍNEZ VARGAS.
DIEGO ANTONIO ARIAS ARIAS.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018**

**EVALUACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL AGUA
POTABLE DEL MUNICIPIO DE SILVANIA – CUNDINAMARCA.**

**CAMILO ANDRÉS MARTÍNEZ VARGAS.
DIEGO ANTONIO ARIAS.**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil.**

**Director
LUZ DORIS VIVAS BETANCOURT
Ingeniera Civil
Magíster En Hidrosistemas**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación

Asesor del trabajo de grado
Ing. Luz Doris Vivas Betancourt
Magister en Hidrosistemas

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 20 de Noviembre del 2018.

DEDICATORIA

A mi madre Ana Lucia Arias

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por siempre creer en lo que puedo ser capaz de hacer; por la enseñanza de sus valores, por haberme escuchado en los momentos que más necesite y darme su voz de aliento, que a pesar de mis rebeldías, siempre intervino para corregirme. Muchas gracias mamá, no me cansare de agradecer todo lo que has hecho por mí, este título de Ingeniero Civil es gracias a ti.

A mi padre Edilfo Antonio Arias

Por darme la oportunidad de estudiar, como siempre lo ha recalcado a mí y a mis hermanos “el estudio es la única herencia que no tuve y que se las quiero dar” y siento que a pesar de haber tropezado en este camino, supe llevar la carga que este mensaje conlleva. Gracias a eso he crecido y madurado como persona. Muchas gracias padre, porque al igual que mi madre, siempre creyó en mí, y hoy el fruto de esas palabras, se traducen en este logro el cual más que personal es para ustedes.

A mis hermanos

A mi hermano Javier que fue mi mano derecha en este proceso, a pesar que estudiamos carreras diferentes, existe ese complemento del uno hacia el otro el cuál me parece fundamental para llevar una buena relación interpersonal. Gracias hermanito por toda su ayuda. A mi hermana Lizeth que a pesar de ciertas diferencias y el carácter de ambos, supimos dejarlas de lado y en los momentos cruciales apoyarnos mutuamente, aportando conocimiento, sabiendo escuchar y dando consejos. A pesar de toda circunstancia, gracias hermanita, porque a pesar de todo he aprendido muchas cosas de ti. A mi hermano Alejandro, que a pesar de su corta edad, aprenderá a que las cosas se logran con esfuerzo y dedicación y este trabajo será un ejemplo de aquello.

A mis amigos

Todos mis amigos Camilo Novoa, Julián Gómez, Emmanuel Carrascal, Omar León, Nicolás Romero, Jefferson Garavito, Harold Luis y Luis Rodríguez por su increíble amistad, por sus voces de aliento, por toda la ayuda recibida, por los buenos y malos momentos. Encontrarse personas como ustedes en la vida es gratificante, un abrazo mis amigos. Y finalmente a mi amiga Vivian, que a pesar que no tenemos casi contacto, es una persona con la que puedo contar en todo momento, muchas gracias mi amiga por brindarme tu confianza, se te quiere un montón.

Diego Antonio Arias.

Les dedico este trabajo de grado a mis padres, por ser quienes me han apoyado durante todo este proceso educativo, a pesar de tantos altibajos siempre me han dado su ayuda y apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida, el tiempo ha pasado y se ve culminada una meta más en mi vida personal, de tal manera quiero dar las gracias a todos los Ingenieros docentes, laboratoristas y demás personas que han ayudado en este proceso educativo, mil gracias por que un sueño se hace realidad.

Camilo Andrés Martínez Vargas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Ingeniera Luz Doris Vivas, quien es tutora de grado, por el apoyo y comprensión frente a todas las observaciones dadas a lo largo de este trayecto. Mil y mil gracias por su ayuda y conocimiento para ejecutar este proyecto. De igual manera se les otorgan los agradecimientos a los Ingenieros Felipe Santamaría y Eliana Ortiz Muñoz por la orientación y direccionamiento de nuestro trabajo de grado.

También queremos agradecer al señor Javier Mendoza, quien es laboratorista del área de aguas de la Universidad Católica, pues la colaboración en el desarrollo de las prácticas realizadas, fue de gran provecho académico para ambos, para obtención de resultados para el progreso del proyecto.

También agradecerle al señor Fernando González, quien es el operador de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Silvanía, pues gracias a él se logró la obtención de muestras dentro de la planta y quien gracias a sus conocimientos fue una excelente guía para obtener de forma adecuada, información y herramientas dentro del municipio.

Al señor Guillermo Gómez, funcionario del acueducto de Silvanía quien nos brindó material académico para la elaboración del trabajo y autorizaciones correspondientes para el ingreso a la planta de tratamiento.

Gracias a ellos por su acompañamiento, y dedicación de su tiempo para llevar a cabo nuestro proyecto.

Camilo Andrés Martínez Vargas, Diego Antonio Arias.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--------------------------------------|----|
| GLOSARIO | 14 |
| RESUMEN..... | 16 |
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| ANTECEDENTES..... | 19 |
| 1. GENERALIDADES..... | 21 |
| 1.1. ESTADO DEL ARTE..... | 22 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 24 |
| 1.2.1. Descripción del problema..... | 24 |
| 1.2.2. Formulación del problema..... | 24 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 24 |
| 1.3.1. Objetivo general | 25 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 25 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN..... | 25 |
| 1.5. DELIMITACIÓN | 26 |
| 1.5.1. Espacio | 26 |
| 1.5.2. Tiempo | 27 |
| 1.5.3. Contenido..... | 27 |
| 1.5.4. Alcance | 28 |
| 1.6. MARCOS DE REFERENCIA..... | 28 |
| 1.6.1. Marco conceptual..... | 28 |
| 1.6.2. Marco teórico | 40 |
| 1.6.3. Marco legal..... | 47 |
| 1.7. METODOLOGÍA | 49 |
| 1.7.1. Tipo de estudio..... | 49 |
| 1.7.2. Fuentes de información..... | 49 |
| 1.8. DISEÑO METODOLÓGICO | 50 |
| 2. CONTEXTUALIZACIÓN..... | 52 |
| 2.1. LÍMITES Y EXTENSION..... | 52 |
| 2.2. PUNTOS DE MUESTREO..... | 54 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2.1. | Muestra 1: Entrada a la PTAP (canaleta parshall) | 55 |
| 2.2.2. | Muestra 2: Salida de la PTAP (Tanque de almacenamiento)..... | 56 |
| 2.2.3. | Muestra 3: Estación de policía. | 57 |
| 2.2.4. | Muestra 4: Predio. | 58 |
| 2.3. | SELECCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO | 59 |
| 3. | CARACTERIZACION FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA POTABLE | 60 |
| 3.1. | POTENCIAL DE HIDROGENO | 61 |
| 3.2. | COLOR..... | 63 |
| 3.3. | TURBIDEZ..... | 64 |
| 3.4. | CONDUCTIVIDAD..... | 66 |
| 3.5. | ALCALINIDAD | 67 |
| 3.6. | COLORO RESIDUAL..... | 68 |
| 4. | PERCEPCION DEL AGUA POTABLE | 70 |
| 4.1. | SECCIÓN 1 | 71 |
| 4.2. | SECCIÓN 2 | 73 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 77 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 78 |
| 7. | ANEXOS | 79 |
| 7.1. | BIBLIOGRAFÍA | 85 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2. Ciclo hidrológico del agua | 30 |
| Figura 3. Marco conceptual para la calidad del agua en las ERA. | 32 |
| Figura 4. Potabilización del agua | 34 |
| Figura 5. Sistema de distribución de agua potable. | 35 |
| Figura 6. Diagrama de flujo del proyecto | 50 |
| Figura 7. Mapa político de Silvanía | 52 |
| Figura 8. Vista panorámica municipio de Silvanía..... | 53 |
| Figura 9. Redes de distribución municipio de Silvanía..... | 54 |
| Figura 10. Ubicación muestra 1. | 55 |
| Figura 11. Punto de referencia muestra 1 | 55 |
| Figura 12. Punto de toma muestra 1 | 55 |
| Figura 13. Ubicación muestra 2. | 56 |
| Figura 14. Punto de referencia muestra 2..... | 56 |
| Figura 15. Punto de toma muestra 2..... | 56 |
| Figura 16. Ubicación muestra 3 | 57 |
| Figura 17. Punto de referencia muestra 3..... | 57 |
| Figura 18. Punto de toma de muestra 3..... | 57 |
| Figura 19. Ubicación muestra 4 | 58 |
| Figura 20. Punto de referencia muestra 4..... | 58 |
| Figura 21. Punto de toma de muestra 4..... | 58 |
| Figura 22. Medición de pH | 62 |
| Figura 24. Color muestra 1 | 63 |
| Figura 26. Turbidímetro..... | 65 |
| Figura 29. Metil naranja para determinar alcalinidad. | 67 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Origen de agua de consumo _____ | 19 |
| Tabla 2. Consulta externa 29 - 59 años _____ | 20 |
| Tabla 3. Resultados de laboratorio DBO, DQO, COLIFORMES Y SST _____ | 21 |
| Tabla 4. Características físicas _____ | 42 |
| Tabla 5. Características químicas con reconocido efecto adverso en la salud humana _____ | 43 |
| Tabla 6. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana. _____ | 44 |
| Tabla 7. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. _____ | 44 |
| Tabla 8. Puntaje de riesgo _____ | 45 |
| Tabla 9. Clasificación del nivel del riesgo en salud según el IRCA _____ | 46 |
| Tabla 11. Superficie de divisiones territoriales _____ | 53 |
| Tabla 12. Ensayos seleccionados a realizar _____ | 59 |
| Tabla 13. Caracterización fisicoquímica _____ | 60 |
| Tabla 14. Muestras de pH _____ | 62 |
| Tabla 15. Muestras de color _____ | 63 |
| Tabla 16. Muestras de turbidez _____ | 65 |
| Tabla 17. Muestras de conductividad _____ | 66 |
| Tabla 18. Muestras de alcalinidad _____ | 68 |
| Tabla 20. Análisis biológicos muestras 1 y 4 _____ | 69 |

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS EN EL TEXTO

| | |
|----------|---|
| OMS | Organización Mundial de la Salud. |
| ANLA | Agencia Nacional de Licencias Ambientales. |
| ICONTEC | Instituto Colombiano de Normas Técnicas. |
| IDEAM | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. |
| CAR | Corporaciones Autónomas Regionales. |
| PTAP | Planta de Tratamiento de Agua potable |
| IRCA | Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano. |
| ERA | Evaluación Regional del Agua. |
| ENA | Estudio Nacional del Agua. |
| pH | Potencial de Hidrogeno. |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigeno. |
| DQO | Demanda Química de Oxigeno. |
| SST | Solidos Suspendidos Totales |
| PUEAA | Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua |
| CODESCOM | Corporación Nacional Para el Desarrollo Socio-Comunitario. |
| CONPES | Concejo Nacional de Política económica y Social. |
| RDAP | Red de Distribución de Agua Potable. |

GLOSARIO

AGUA: fase líquida de un compuesto químico formado aproximadamente por dos partes de hidrógeno y 16 partes de oxígeno, en peso. En la naturaleza contiene pequeñas cantidades de agua pesada, gases y sólidos (principalmente sales), en disolución. ¹

AGUA CRUDA: agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento. ²

AGUA POTABLE: aquella que por reunir los requisitos organolépticos (olor, sabor y percepción visual), físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud. ³

DIAGNÓSTICO: se denomina a la acción y efecto de diagnosticar. Como tal, es el proceso de reconocimiento, análisis y evaluación de una cosa o situación para determinar sus tendencias, solucionar un problema o remediar un mal. ⁴

FUENTES HÍDRICAS: las Fuentes hídricas son todas las Corrientes de agua ya sea subterránea o sobre la superficie; de las cuales los seres humanos podemos aprovecharlas ya sea para la generación de energía o el uso personal. Las fuentes hídricas pueden ser: los ríos, manantiales, pozos, ríos subterráneos etc. ⁵

COAGULACIÓN: es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. ⁶

COAGULANTE: Es una sustancia que al introducirse en el agua, induce el agrupamiento de las partículas para la fácil eliminación.⁷

¹ IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

² IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

³ IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

⁴ SIGNIFICADOS. Significado de diagnóstico [en línea]. Bogotá: [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://www.significados.com/diagnostico/>>

⁵ PREZI. Fuentes hídricas de Villavicencio. [en línea]. Bogotá: Laura papa [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet <<https://prezi.com/qux5ae1tg7qz/fuentes-hidricas-de-villavicencio/>>

⁶ ANDIA CARDENAS, Yolanda. Tratamiento del agua coagulación y floculación. Lima: SEDAPAL. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. 2000. 9 p.

⁷ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

COMUNIDAD: puede decirse que una comunidad es un grupo de seres humanos que comparten elementos en común, como idioma, costumbres, ubicación geográfica, visión del mundo o valores, por ejemplo. Dentro de una comunidad se suele crear una identidad común mediante la diferenciación de otros grupos o comunidades.⁸

DESINFECCIÓN: El tratamiento del agua para eliminar o inactivar virus, bacteria y otros organismos patogénicos.⁹

FLOCULACIÓN: La aglomeración (aglutinación) de partículas suspendidas en agua para formar partículas de mayor tamaño (“flócs”) que se pueden eliminar por medio de sedimentación o flotación.¹⁰

GASTROENTERITIS: Es una inflamación de la membrana que recubre el estómago y los intestinos, que puede causar diarrea y vómito. La gastroenteritis puede ser causada por alimentos o agua contaminada por virus, bacteria o parásitos.¹¹

RÍO: Corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje.¹²

BIOFILM: serie de microorganismos que se encuentran agregados en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares y que se organizan en forma de colonias adheridas a diferentes superficies, ya sean blandas, animadas e inanimadas.¹³

⁸ DEFINICIÓN.DE. Concepto de comunidad [en línea]. Bogotá: [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://definicion.de/comunidad/>>

⁹ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

¹⁰ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

¹¹ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

¹² IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril,2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

¹³ GONZALEZ, Evangelina. Formación y desarrollo de Biofilms: Su impacto en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable. Buenos Aires. Especialización en seguridad alimentaria. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias

RESUMEN

Este trabajo de grado, tiene el objetivo de evaluar factores fisicoquímicos que influyen en la calidad del agua potable del municipio de Sylvania, cuyos resultados permitan plantear propuestas y/o alternativas para mejorar el sistema potabilización; Tomando como punto de partida trabajos realizados en el sector acompañado de visitas al municipio.

En el desarrollo del proyecto, la comunidad presumía que las características del líquido no eran las aptas para consumo y que este inconveniente provenía del material de fabricación de la tubería (asbesto – cemento) por lo que en un principio el planteamiento del trabajo se enfocó en el estudio de dicho material.

Realizando la respectiva investigación, se llegó a la conclusión que este material no tiene ningún tipo de incidencia en la calidad del agua con respecto al consumo, sino que los problemas del asbesto están asociados a problemas respiratorios al momento de la inhalación en el proceso de producción; por este motivo se le dio otro enfoque al presente trabajo con el fin de darle continuidad al problema planteado por la comunidad, evaluando parámetros de calidad del agua.

Frente a lo anterior, se da continuidad al trabajo, teniendo en cuenta la calidad del agua del municipio. Se realizaron pruebas del líquido en puntos de muestreo seleccionados por los autores y estas son analizadas en los laboratorios, los resultados del muestreo son comparados con la norma de calidad establecida del agua.

De esta manera se determinará la eficiencia de la planta de tratamiento del municipio y también se desarrollarán unas encuestas a nivel municipal para saber que piensa la comunidad acerca del proceso de potabilización.

PALABRAS CLAVE: asbesto, calidad del agua, comunidad, potabilización, factores físico-químicos.

INTRODUCCIÓN

El manejo del agua en toda su riqueza, es de importancia en la actualidad tanto en ámbitos ambientales, sociales y económicos, pues se ha visto un constante crecimiento en las tasas de natalidad en la población, además de un aumento considerable en el sector industrial del país, en el marco del mejoramiento de la calidad de vida. Por ende, se genera la necesidad de darle un buen uso a este recurso renovable favoreciendo condiciones óptimas para la salud de la comunidad, de otra manera se puede incurrir en problemas de salubridad pública, en el caso más desmesurado, aumentar la tasa de mortalidad en un alto porcentaje.

La OMS ¹⁴, sostiene que se debe llevar un seguimiento riguroso encaminado hacia la calidad del agua, debido a que esta es la principal clave para reducir los riesgos de enfermedades transferidas por ese medio, es por tal razón que las instituciones de salud y entidades responsables del abastecimiento de agua, han ocupado la responsabilidad de establecer normas de calidad adecuadas, con el fin de generar una conciencia pública, al momento de conocer los efectos colaterales que tienen para la salud la presencia de agentes patógenos, metales pesados y contaminantes orgánicos, dando pie para implementar mejoras continuas de sus normas hacia la calidad del agua.

Es indispensable tener un control estricto sobre la calidad del agua en el territorio colombiano, este se rige por unos estándares establecidos en cuanto a procesos técnicos para su regulación. Dentro de las entidades encargadas de ejercer este control se pueden encontrar: ANLA, ICONTEC, IDEAM y CAR. Estas entidades son vigiladas por el gobierno nacional mediante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible bajo la constitución política de 1991, con el fin de garantizar la correcta utilización del recurso para el bienestar del país.

Es muy importante adoptar las medidas que estas entidades enmarcan para las fuentes de abastecimiento que ofrecen el servicio a las pequeñas comunidades, porque es aquí donde se es más propenso a que se presenten problemas relacionados con la potabilidad, debido a que, al ser una comunidad de baja densidad poblacional, generalmente no poseen una capacidad económica ligada a una infraestructura capaz de proveer el abastecimiento óptimo del agua.

De acuerdo con lo anterior y a petición de la comunidad del municipio de Silvanía a través de CODESCOM, lo que se pretende es satisfacer expectativas de diagnóstico de calidad del agua proveniente de la fuente hídrica que actualmente abastece al acueducto y establecer si el estado en el que llega el agua a la comunidad (agua potable) es acorde a lo exigido por las entidades competentes, por lo tanto, se hace necesario verificar si se cumple con los estándares mínimos, todo lo anterior, en

¹⁴ ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del agua potable Vol. 3. Washington: 525 Twenty – Third Street NY, 1988; p. v.

relación al cumplimiento de la normatividad vigente (decreto 1575 del 2007, resolución 2115 del 2007).

Como plan de acción para abordar lo que se pueda encontrar, se planteó el desarrollo de este trabajo de grado, con el objetivo de evaluar los factores que pueden incidir en la calidad del agua en la red de distribución de agua potable – RDAP - del municipio, tomando como punto de partida proyectos relacionados realizados en el sector, seguido de visitas al municipio.

Desde el método seleccionado, se tuvieron en cuenta unas actividades que se llevaron a cabo para el desarrollo de este trabajo, entre estas actividades se destacan: recopilación y revisión de información secundaria (libros, artículos, revistas, tesis, planos, etc.), visitas al municipio, encuestas dirigidas a la comunidad, reconocimiento de puntos estratégicos para toma y recolección de muestras de agua, análisis de información obtenida y planteamiento de posibles medidas, todo esto con el fin de presentar conclusiones para futuras investigaciones, con el propósito de ir en veras del crecimiento sustentable del municipio.

ANTECEDENTES

La comunidad del municipio de Sylvania por medio de la Corporación Nacional para el Desarrollo Socio-Económico (CODESCOM), hace saber su inconformidad sobre el servicio del agua potable, en donde por diversas experiencias vividas con el servicio prestado, muestran su descontento, ya que según ellos, el agua no es 100% segura en parámetros de calidad para el consumo diario.

Por ello se logra una colaboración con CODESCOM, para el desarrollo del proyecto de grado, que busca solucionar la problemática mencionada, por medio de diversas actividades que ayuden a identificar el desconcierto de la comunidad con el servicio de agua potable en el municipio.

Como reportes técnicos realizados en el municipio, se encuentra el plan territorial de salud para el periodo 2012 – 2015, realizado por la secretaría local de salud. En materia de servicios públicos, destacan que “el servicio de acueducto de agua tratada en el municipio se presta en el sector urbano y en el centro poblado de Subia, en el sector rural existen los acueductos veredales que suministran el agua a los hogares con el agravante de no ser tratada y la consecuencia de la aparición y difícil erradicación de las enfermedades gastrointestinales.”¹⁵

Tabla 1. Origen de agua de consumo

| De donde obtienen el agua para consumo | Número | % |
|--|--------|-------|
| Acueducto | 9674 | 53,49 |
| Pozo con bomba | 160 | 0,88 |
| Pozo sin bomba, jagüey | 253 | 1,4 |
| agua lluvia | 188 | 1,04 |
| Río, quebrada, manantial, nacimiento | 7678 | 42,45 |
| Pila publica | 11 | 0,06 |
| Carro tanque | 0 | 0 |
| Aguatero | 4 | 0,02 |
| Donación | 118 | 0,65 |

Fuente. Plan territorial de salud 2012 - 2015

En aspectos generales, en la **Tabla 1** se registra que, la obtención del agua, el 53,49% se hace por el acueducto, sin embargo el 42.45% de la población, recolecta el agua directamente de fuentes naturales que, según la secretaria de salud del municipio, esta no tiene un tratamiento para su consumo.

Sylvania tienen en sus haberes hidrográficos varias fuentes de agua, que se han agotado por el uso indebido del suelo y las malas prácticas agrícolas, este

¹⁵ ALCALDIA LOCAL DE SILVANIA. Plan territorial de salud 2012 – 2015. Sylvania – Cundinamarca. Secretaría local de salud. 2012. 34 - 35 p.

comportamiento avoca a la comunidad especialmente en las partes altas a sufrir escasez de agua. La forma rudimentaria y la cultura del uso de fungicidas, plaguicidas por los agricultores, productos altamente tóxicos, generadores de enfermedades y secuelas afectan a la comunidad, siendo esta una causa de morbilidad y mortalidad en la comunidad del municipio.

Tabla 2. Consulta externa 29 - 59 años

| Diagnostico | total | % | tasa por cien |
|---|--------------|-------------|----------------------|
| G44 otros síntomas de cefalea | 166 | 3% | 26,2 |
| R509 otras fiebres no especificadas | 64 | 1% | 10,1 |
| R104 dolor abdominal | 110 | 2% | 17,4 |
| R05X tos | 48 | 1% | 7,6 |
| A09X diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 106 | 2% | 16,7 |
| B829 parasitosis intestinal, sin otra especificación | 49 | 1% | 7,7 |
| K296 otras gastritis | 54 | 1% | 8,5 |
| M545 lumbago | 87 | 2% | 13,7 |
| J06 infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples no especificados | 41 | 1% | 6,5 |
| R11 náusea y vomito | 16 | 0% | 2,5 |
| otras causas | 4852 | 87% | 766,5 |
| Total | 5593 | 100% | 883,4 |

Fuente. Plan territorial de salud 2012 – 2015.

Según la **Tabla 2**, hay reportados 106 casos asociados a la diarrea y gastroenteritis, situación que puede tener origen en el agua que esta población consume. Si bien el informe realizado no menciona el origen de estos casos, existe la posibilidad que la causa de aparición de estos síntomas, sea por no tratar el agua que los habitantes de la zona utilizan para su consumo.

El autor Sosa¹⁶, plantea en su trabajo de grado solución en acueductos auto-sostenibles para la vereda Subia Norte del municipio de Silvania, partiendo del diagnóstico realizado a la fuente hídrica. La propuesta de acueducto diseñada se enfoca en la disminución de coliformes, mejorar la eficiencia de la distribución del agua y su calidad con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población

¹⁶ SOSA CABALLERO, Álvaro Felipe. Diagnóstico del agua potable en el municipio de Silvania, planteando soluciones y alternativas en acueductos auto sostenibles. Trabajo de grado para obtener título de Ingeniero Civil. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Civil. 2016. 104 p.

afectada. En este trabajo recurrieron a dos métodos: el método descriptivo y el método de análisis y síntesis respectivamente. El primero se usa cuando: “las variables de análisis son seleccionadas por el investigador y van a depender del tipo de información recolectada”¹⁷ y el segundo se utiliza para: “detallar los procesos de desarrollo, diseño, implementación y operación partiendo de la toma de datos, consulta de información secundaria relacionada con el estudio”¹⁸.

Tabla 3. Resultados de laboratorio DBO, DQO, COLIFORMES Y SST

| Parámetro | Unidades | Límite | Resultado | Método analítico |
|--------------------------------------|------------------------|--------|------------------------|-------------------|
| Coliformes totales | NMP/100ml | 1 | >2420x10 ^{^2} | SM 9223 B |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L de O ₂ | 2 | 10,1 | SM 5210 B-4500-OG |
| Demanda química de oxígeno | mg/L de O ₂ | 32 | <32 | SM 5220 D |
| Sólidos suspendido totales | mg/L de SST | 20 | <20 | SM 2540 D |

Fuente: SOSA CABALLERO, Álvaro Felipe. Diagnóstico del agua potable en el municipio de Silvania, planteando soluciones y alternativa en acueductos auto sostenibles. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Civil. Modalidad trabajo de grado, 2016, p. 64.

Los resultados mostrados en la **Tabla 3**, se evidencia un estado de no favorabilidad, pues los parámetros reflejados están por encima del límite establecido, lo cual, representa que la calidad del agua es deficiente, lo que implica un peligro para la salud de quien consuma el líquido. Para la solución el autor sugiere la realización de un proceso de cloración al agua almacenada en el tanque, proceso que hace que disminuyan los agentes microbiológicos que afectan la calidad del agua.

1. GENERALIDADES

En este capítulo se abordan varios temas para el desarrollo del trabajo, pues es de pertinencia tener unas bases sólidas para su buen desenlace. La búsqueda de

¹⁷ Ibid. p. 42.

¹⁸ Ibid. p. 42.

información, el planteamiento y justificación de la problemática, los objetivos y la metodología hacen que el proyecto tenga una viabilidad siempre y cuando se ajuste a las necesidades que se solicitan.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Los trabajos desarrollados mostrados a continuación tienen que ver con el avance de soluciones y alternativas de acuerdo a anomalías presentadas en el agua, se presentan inicialmente en el ámbito internacional (México y Argentina) para finalizar en el medio nacional.

En el artículo realizado por las autoras Márquez y Ortega¹⁹, consideraron de manera importante realizar registros regulares sobre la percepción que tienen los usuarios sobre la calidad del agua, con el propósito de dar una mejora continua sobre los entes encargados de prestar el servicio. Realizaron un muestreo en donde procesaron la información con un programa estadístico, y encontraron que los estudios de opinión, arrojan suficientes datos para evaluar los servicios del acueducto en la comunidad estudiada. En este caso, la población consideró aceptable el servicio, dándole un rango de regular a bueno. Por lo tanto, este artículo proporciona al trabajo, una manera de indagar las inconformidades que presenta la comunidad del municipio, sobre irregularidades en la calidad del agua, por medio de una encuesta dirigida a dicha población.

Según los autores Rodríguez, Moraña y Seghezze²⁰, en su artículo detallan el proceso que siguieron para caracterizar el agua que es de consumo. Realizaron un monitoreo de los indicadores microbiológicos y de diversas variables fisicoquímicas a los diferentes sistemas de provisión de agua para consumo, con el fin de diferenciar los sitios de muestreo de acuerdo a la influencia de la estacionalidad, el tipo de fuente y la correlación entre las variables microbiológicas y fisicoquímicas. Posteriormente, concluyeron que las fuentes sin tratamiento no cumplen con los requerimientos bacteriológicos establecidos, mientras la proveniente de fuentes con tratamiento presentó algunas desviaciones en épocas de lluvia. Este estudio permite poner en dicho, la importancia de reevaluar los sistemas de potabilización que deberían garantizar un servicio óptimo, así como la necesidad de desarrollar nuevas formas de tratar el agua. Este artículo ayuda a comprender la importancia de evaluar características del agua, pues evidencia que factores son los apropiados para caracterizar estas fuentes y como estos varían por épocas de lluvia y sequía.

¹⁹ MARQUEZ FERNANDEZ, Olivia, ORTEGA MARQUEZ, Maritzel. Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. En: Revista mexicana de opinión pública. Julio – diciembre, 2017. no. 23, p. 41-59.

²⁰ RODRIGUEZ ALVAREZ, MS. Caracterización espacial y estacional del agua de consume proveniente de diversas Fuentes en una localidad periurbana de Salta. En: Revista Argentina de Microbiología. Septiembre 2016 – marzo 2017. P, 2-4

En este proyecto, indicadores como el pH, alcalinidad, turbidez, coliformes, entre otros serán los evaluados, porque de acuerdo a este artículo, estos arrojan resultados que pueden decir si el agua tiene o no tiene una buena calidad.

El trabajo de grado producido por Petro y Wees²¹, evaluaron las características físicas, químicas y biológicas del agua que es apta para consumo en el municipio de Turbaco (Bolívar), para lograr dicha evaluación llevaron a cabo una serie de actividades para lograr dicho propósito. De las más destacadas se pueden nombrar: reconocimiento de campo, ubicación de puntos de muestreo (9 puntos) y análisis de parámetros de calidad del agua basados en la resolución 2115 del 2007. Una vez realizadas estas actividades, encontraron que varios de los factores fisicoquímicos en los distintos punto de muestreo, están por encima de los valores mínimos requeridos. Dentro de sus conclusiones, consideran que el causante de este problema radica en la ausencia de cloro libre, dando lugar a la deficiencia del proceso de tratamiento. Este proyecto es de muy buena referencia, porque ayuda en la comprensión de las actividades que se pueden recrear, aparte que indica que normatividad se puede emplear para la resolución del proyecto

Un estudio publicado por la Universidad de Manizales realizado por Arenas, Abril y Moreno²², evaluaron la calidad del agua en pequeñas y medianas unidades de producción ganaderas en la región del Sumapaz, recolectando en bolsas las muestras de agua para determinar contaminación microbiológica, donde se encontraron contaminación microbiana en la mayoría de los predios. Concluyeron que el agua podría representar una fuente de contaminación para la salud humana y actividad ganadera en la región. Se toma como referente este estudio, al ser desarrollado bajo parámetros permisibles de potabilidad encontrados en el decreto 1575 del 2007, el cual para este trabajo permite visualizar algunas soluciones en caso de que no se cumplan con los parámetros mínimos de calidad de agua.

El caso anterior se tomó como referente, pues revela un método claro sobre los factores que determinan la potabilidad, los parámetros físico-químicos y microbiológicos del líquido, además, plantea una solución técnica y económica que se ajusta a las necesidades de la población, por lo que este tipo de proyectos contribuyen al crecimiento del municipio.

²¹ PETRO, Ana Karina y WEES, Tatiana. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, caribe colombiano. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2013.

²² ARENAS SUAREZ, Nelson Enrique; ABRIL HERRERA, Diego Andrés y MORENO MELO, Vilma. Evaluación de la calidad del agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz (Cundinamarca, Colombia). En: Archivos de medicina (Manizales), Julio-diciembre, 2017, vol.17 N° 2, p. 319-325.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo el agua un recurso vital para el ser humano y necesario para diversos procesos industriales, es importante que los entes encargados de distribuir y/o suministrar agua potable cumplan con los parámetros exigidos por la ley. Por esta razón, es indispensable evaluar y profundizar sobre la percepción que tienen los consumidores frente al agua. La obligación de los gobiernos en cualquier estado es garantizar que los procesos de potabilización cumplan con los estándares establecidos; de acuerdo a esto, desde el campo de la ingeniería, con este tipo de proyectos la intención es crear unidad en estos procesos de tecnificación y conciencia por ambas partes.

1.2.1. Descripción del problema.

Este trabajo de grado se genera a partir de la inconformidad manifestada por la comunidad a través de CODESCOM, por medio de su líder, el señor Gaspar Rodríguez, coordinador de proyectos (ver anexo 1), en la cual expresa que existe la necesidad de evaluar parámetros de calidad del agua, pues la población no está del 100% segura que el servicio brindado es el óptimo, situación que de llegarse a corroborar, se deben de tomar medidas para su mejoramiento.

CODESCOM es una organización sin ánimo de lucro, la cual tiene su domicilio en el municipio de Sylvania. Esta organización tiene como misión: “promover el crecimiento social y comunitario de la población con necesidades básicas insatisfechas, aportando al desarrollo humano y al mejoramiento de su calidad de vida, a través de planes, proyectos y programas”.

1.2.2. Formulación del problema.

Se plantea el siguiente interrogante: ¿Cuáles son los factores que influyen en la calidad del agua y cómo afectan éstos en la percepción que los consumidores tienen frente a este recurso?

Para poder dar solución a éste interrogante, se establecen las siguientes preguntas: ¿Qué parámetros son los necesarios para analizar las muestras de agua, obtenidas antes y después de su potabilización?, ¿Cuál es el análisis de resultados de laboratorio de las muestra tomadas frente los parámetros mínimos que exige la resolución 2115 del 2007?, ¿Cuáles son las recomendaciones para dar mejora a la calidad del agua de acuerdo a la evaluación realizada?, ¿Bajo qué características los consumidores generan confianza o no sobre la calidad del recurso?

1.3. OBJETIVOS

Los objetivos se plantean con el fin de darles solución a las interrogantes planteadas, además de imponer un orden para saber cómo trabajar. Por lo que,

para este trabajo, a continuación, se plantea un objetivo general y cuatro objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general

Evaluar los factores que influyen en la calidad del agua potable del municipio de Sylvania en relación con la percepción de satisfacción que tiene la comunidad frente al servicio recibido.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros físico-químicos de calidad del agua antes y después de su potabilización.

Comparar los resultados a obtener con los establecidos en la norma (resolución 2115 del 2007).

Identificar bajo qué criterios la población rural, se basa para juzgar las características del agua potable.

Entregar conclusiones y recomendaciones a la comunidad, con el fin de obtener un instrumento en la toma de decisiones.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El agua es importante para la vida, no solo para el ser humano, sino para todo ser vivo, porque este es el recurso natural indispensable para la supervivencia, ya que, si no hay agua, no hay vida. Además, el agua está presente en varias actividades

humanas, resaltando como las más principales la alimentación, la higiene y actividades industriales. Por tal motivo, estos elementos hacen que el agua sea un recurso indispensable y valioso, el cual es responsabilidad de todos.

Actualmente, la CAR estableció el documento el cual se titula “Guía de Planeación del PUEAA” en la que reglamenta parámetros para la regulación, control y fortalecimiento del servicio en zonas rurales para el consumo humano. Según el artículo *Food and Agriculture Organization of the United Nations*²⁶, argumentan que varias organizaciones como OMS, la OMM y la Unesco, entre otras, han trabajado repetidamente para mejorar las políticas sobre el agua, tratando de concientizar a la gente que este no es un recurso perdurable.

Por lo cual se considera pertinente el desarrollo de tecnologías más eficientes para el manejo del agua potable con el fin de garantizar el uso adecuado y sin generar un desperdicio en pro de la comunidad.

En los últimos años en el territorio nacional la ingeniería ha tenido un enfoque de producción económica en pro al desarrollo de proyectos ambiciosos; la financiación y gestión de estos por fructíferos y rentables que suenen, deben ser construidos a partir de las necesidades del ser humano, por lo tanto, debe existir una correlación entre el principio y el fin que se le da a cada uno de ellos. Este argumento más que una motivación fue lo que impulsó al desarrollo de este proyecto, teniendo en cuenta como principio una comunidad que manifestó inconformidades entorno a la calidad de un recurso que es necesario para subsistir. Renovar la percepción que la comunidad tiene sobre el agua potable no solo ayuda a generar la cohesión que necesita este proyecto, sino también a impulsar la confiabilidad entre la gente del municipio.

Al tener el trabajo terminado de acuerdo a los resultados que se obtengan, la idea es que CODESCOM también los divulgue con la comunidad, para que estos sean considerados cuando las personas vayan a utilizar agua para uso doméstico y genere confianza ante la percepción negativa que se tenga.

1.5. DELIMITACIÓN

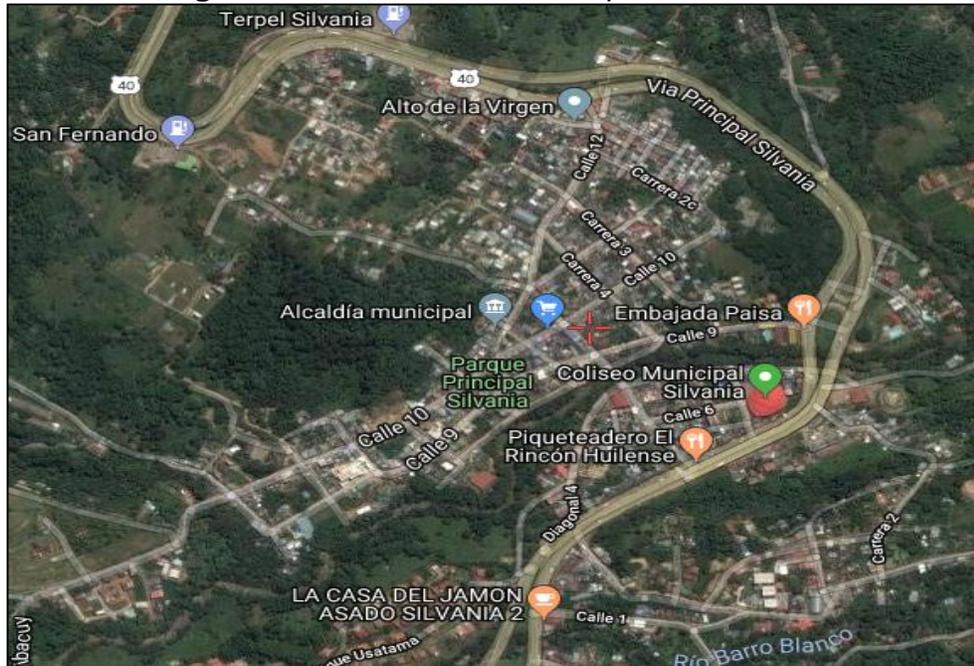
1.5.1. Espacio

El campo de estudio para desarrollar el proyecto se realizará en el casco urbano del municipio de Silvanía. Se consideran 4 puntos específicos para la recolección y

²⁶ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Water resource issues and agriculture [on line]. The Institute [cited 11, September 2017]. Disponible en internet < <http://www.fao.org/docrep/003/t0800e/t0800e00.htm>>

toma de muestras. Se establece que dos muestras se obtienen en la PTAP (carrera 2), otro punto de recolección será la estación de policía (carrera 4 con calle 10) y el último punto de muestreo será una residencia ubicada al sur del municipio (Salida a Tibacuy).

Figura 1. Casco urbano municipio de Silvanía.



Fuente: Google maps. Casco urbano de Silvanía [En línea]. Bogotá D.C.: Google [citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en internet: < http://satellites.pro/mapa_de_Silvania.Colombia>.

1.5.2. Tiempo

Se ejecutará en un plazo de 13 meses, iniciando con la búsqueda de información secundaria para la elaboración del anteproyecto de grado, durante el mes septiembre del 2017 hasta febrero del 2018. Luego de recopilar y analizar información primaria desde marzo del 2018 hasta junio del mismo año, se espera culminar el proyecto de grado con la elaboración del presente documento en octubre del 2018.

1.5.3. Contenido

El documento tiene el registro de las actividades realizadas por los autores; se recopiló, clasificó y analizó la información y se adjuntaron fotografías en campo. Así mismo se adhirieron los análisis de laboratorio que se obtuvieron, con la finalidad de generar una serie de observaciones y recomendaciones del diagnóstico realizado.

1.5.4. Alcance

El presente proyecto contempla la realización de la consulta correspondiente de las características del agua que abastece el municipio de Silvana, determinando sus características fisicoquímicas y a partir de esta caracterización y otra serie de análisis, se recomendarían las mejores acciones tendientes a corregir la posible problemática. Los autores no se comprometen a realizar procesos de optimización del recurso y tampoco se compromete a realizar un análisis financiero, pues el acuerdo con CODESCOM es el planteamiento de recomendaciones, a partir de la evaluación de calidad del agua.

1.6. MARCOS DE REFERENCIA

Para la construcción de los marcos de referencia (teórico y conceptual), se toman definiciones textuales de las páginas web y de los libros citados, los siguientes conceptos se consideran importantes, debido a que, ayuda a comprender el desarrollo del trabajo, con el fin de ilustrar de la mejor forma al lector.

1.6.1. Marco conceptual.

En el entendido que la cuenca hidrografía es la unidad básica de estudio en hidrología, es importante tomar la definición de dicho concepto desde diferentes puntos de vista, como lo describe Carlos Londoño en su texto “Cuencas hidrográficas, bases conceptuales y caracterización” (2001) donde dice que “La Cuenca Hidrográfica, sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación”²⁷. Otra definición que se encuentra de cuenca hidrográfica es por el señor Monsalve, G. (1995), quien dice que “una hoya o cuenca hidrográfica se puede concebir como un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple”²⁸

A la hora de caracterizar la cuenca hidrográfica cobra especial importancia el tema de la precipitación, definida como “la caída de agua desde la atmósfera hacia la

²⁷ LONDOÑO ARANGO. Carlos Hernando. Cuencas hidrográficas, bases conceptuales y caracterización 2001 Ibagué. p 57.

²⁸ *Ibíd.*, p. 57.

superficie terrestre. La precipitación forma parte del ciclo del agua que mantiene el equilibrio y sustento de todos los ecosistemas”.²⁹

La calidad del agua depende principalmente de factores físico-químicos y microbiológicos. Estos parámetros se deben evaluar a lo largo del proceso de potabilización, iniciando por la fuente hídrica que abastece al acueducto (agua cruda), debido a que en esta fase la variación del caudal tiene un gran impacto porque las condiciones del flujo de agua dependen del ciclo hidrológico. Al presentarse el fenómeno de la precipitación, se genera un aumento en el caudal haciendo que partículas sean arrastradas por acción del flujo, lo cual indica que algunos parámetros físico-químicos pueden variar.

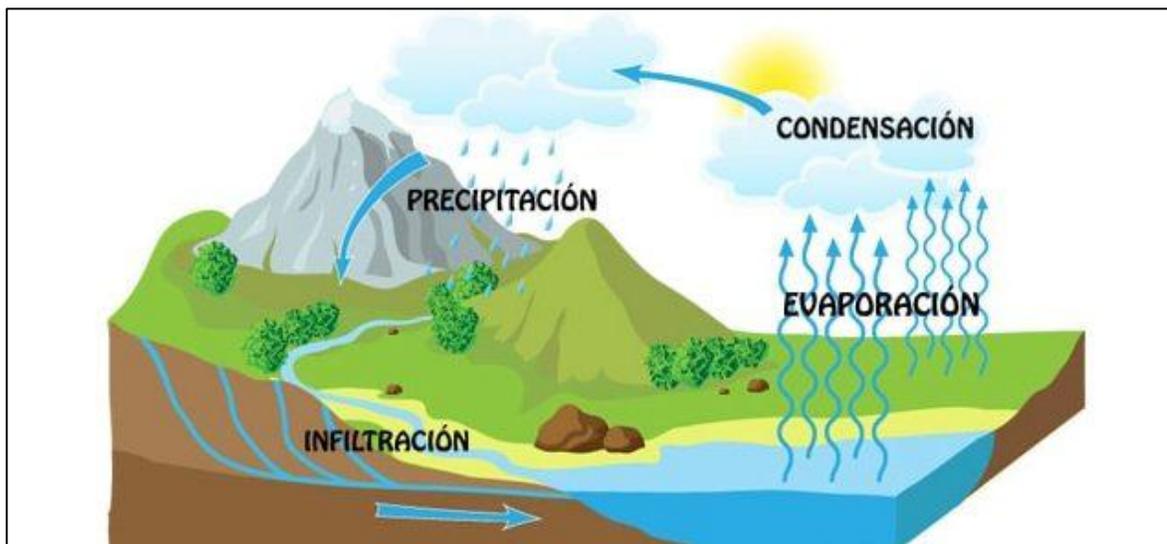
1.6.1.1. Origen del agua

“El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano. A medida que se eleva, el aire humedecido baja la temperatura y el vapor se transforma en agua: este proceso se llama condensación. Las partículas se juntan y dan paso a una nube. Luego, por efectos de la gravedad caen al suelo: este proceso se denomina precipitación. Si en la atmósfera la temperatura es muy baja, el agua cae como nieve o granizo. Si es más cálida, caerán gotas de lluvia. Una parte del agua que llega a la tierra será aprovechada por los seres vivos; otra fluirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano. A este fenómeno se le conoce como escorrentía. Otro poco del agua se filtrará a través del suelo, formando capas de agua subterránea. Este proceso es la percolación. Seguidamente, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido a la evaporación. Al evaporarse, el agua deja atrás todos los elementos que la contaminan o la hacen no apta para beber (sales minerales, químicos, desechos). Por eso el ciclo del agua nos entrega un elemento puro”.³⁰

²⁹ “Que es la precipitación”. [s.f]. [Citado el 10 de septiembre del 2017]. [en línea] disponible en :< <https://www.significados.com/precipitacion/>>.

³⁰ Manejo ambiental del recurso hídrico. [citado el 09 de septiembre del 2017]. [en línea]. Disponible en : < <http://manejohidrico.blogspot.com.co/2011/09/generalidades-del-agua.html>>.

Figura 2. Ciclo hidrológico del agua



Fuente: Enciclopedia de conceptos. Ciclo del agua [en línea]. Bogotá D.C.: El autor [citado 20 agosto, 2018]. Disponible en internet: <<https://concepto.de/ciclo-del-agua/>>

1.6.1.2. Calidad del agua

“La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa a países en vía de desarrollo y desarrollados, por su efecto en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo. Por este y miles de motivos más, es de suprema importancia tener planes de gestión para que la población consuma agua sin preocupación alguna”.³¹

“La calidad de agua puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Estas alteraciones tienen como origen procesos naturales del ciclo hidrológico y su interacción con el medio natural. Los contaminantes antropogénicos se han dispersado ampliamente en el ambiente y están surgiendo en aguas superficiales y subterráneas, como resultado de emisiones industriales, la inapropiada disposición de residuos sólidos derrames accidentales, aplicación controlada de químicos y otras actividades antrópicas. Los principales contaminantes del agua que causan alteraciones en la misma son los siguientes:

- Agentes físicos.
- Agentes químicos.
- Agentes patógenos.

³¹ World Health Organization. [Cited, 09 September, 2017]. [Online]. Disponible en: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/>.

- Sustancias radioactivas.”³²

1.6.1.3. *Partículas posiblemente encontradas en el agua superficial*

Según el estudio del agua realizado por el IDEAM en el 2010, se reportan como principales sustancias encontradas en el agua la materia orgánica biodegradable y no biodegradable, sólidos suspendidos y nutrientes. Además, se consideran importantes los aportes de sustancias tóxicas como el mercurio. Otro análisis de agua realizado en 1997 por la CRA, donde se realizó un diagnóstico sobre el origen y distribución geográfica de las principales fuentes de contaminación están constituidas por las descargas de los sectores agrícola, industrial y doméstico.³³

“La calidad de agua se ha de valorar a partir de variables físicas químicas y biológicas. Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, los métodos biológicos aportan esta información no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables por lo que recomiendan utilizar ambas en la evaluación del recurso hídrico. Los indicadores que se evaluarían para analizar el estado de la calidad físico-química y biológica del agua por contaminación son:

- Índice de calidad del agua (ICA).
- Índice de macro invertebrados acuáticos (IMA).
- Índice de afectación potencial a la calidad del agua (IACAL).

Una vez se establecen las condiciones de calidad de agua, para mejorar el estado y satisfacer condiciones óptimas, se busca garantizar los niveles de calidad de agua teniendo en cuenta los índices antes mencionados en base al decreto 2667 de 2012”.³⁴

1.6.1.4. *Evaluación de calidad de agua*

Con base a los conceptos y modelo conceptual para la evaluación de la calidad de agua en las regiones, en el presente trabajo se demostrará el procedimiento general del ERA, incluyendo las bases metodológicas generales para el cálculo de los indicadores de calidad, en relación con los criterios para la estimación del cálculo de la carga contaminante, métodos, técnicas, protocolos y monitoreo tanto de la calidad del agua como de vertimientos.

³² IDEAM, lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Bogotá D.C. p. 179.

³³ LONDOÑO ARANGO, Op. Cit., p. 181.

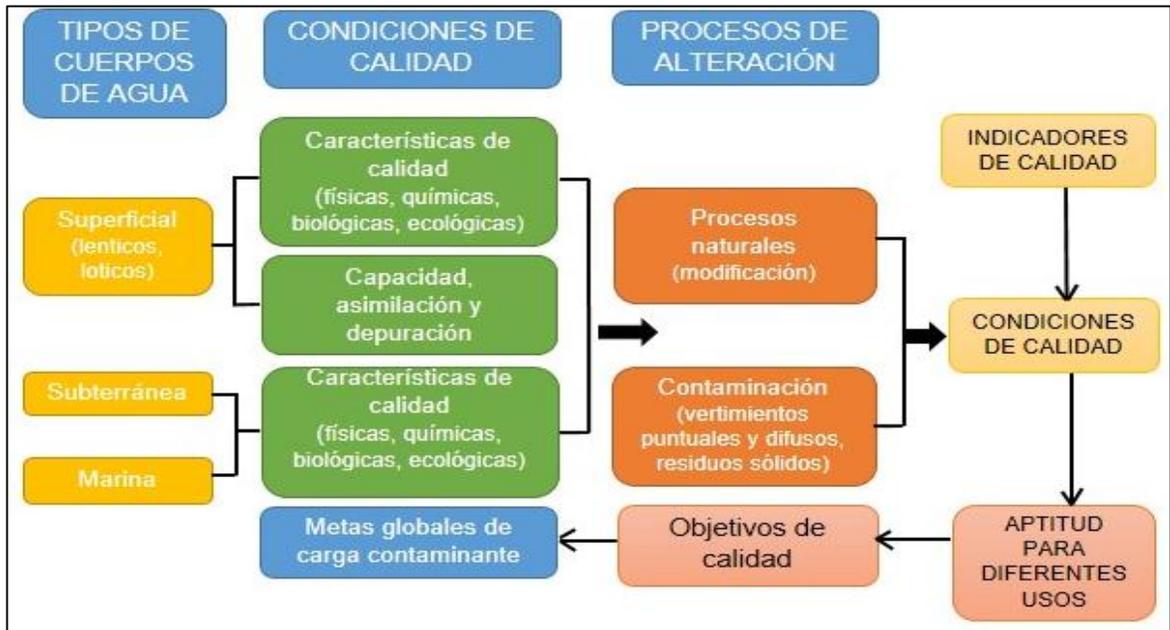
³⁴ LONDOÑO ARANGO, Op. Cit., p. 184.

La evaluación tendrá los criterios básicos que se demuestran a continuación:

- Apresamiento: unidades críticas de análisis, cartografía disponible, métodos y bibliografía, información disponible, protocolos y métodos.
- Inventario y georreferenciación de usos.
- Fuentes hídricas abastecedoras y receptoras de vertimientos.
- Inventario georreferenciación de puntos de vertimientos y características.
- Estimación de cargas contaminantes vertidas.
- Revisión o diseño del programa de calidad de agua
- Monitoreo sistemático de la calidad de agua y sistematización de información.
- Modelación de la calidad del agua en corrientes, tramos y cuerpos de agua prioritarios.
- Generación de productos e indicadores hídricos de calidad. ³⁵

El objetivo de la evaluación de la calidad del agua en las ERA es lograr, mediante un proceso continuo y sistemático, conocimiento e información sobre la calidad del agua, su estado, dinámica, alteraciones y tendencias, que permitan mejorar la gestión integral del recurso hídrico. Para fines de las ERA, conviene tener en cuenta el siguiente marco conceptual detallado en la gráfica N° 2 para la evaluación de la calidad del agua

Figura 3. Marco conceptual para la calidad del agua en las ERA.



Fuente: EPAM S.A. ESP. Metodología para la evaluación regional del agua (ERA). Evaluación de la calidad del recurso hídrico. 1 ed. Bogotá D.C. p. 32.

³⁵ LONDOÑO ARANGO, Op. Cit., p. 194.

1.6.1.5. Potabilización del agua

“La potabilización del agua bruta natural es una necesidad imperante en tiempos de globalización y crecimiento demográfico a pasos agigantados, considerando su importancia en el desarrollo de las actividades cotidianas para la subsistencia humana en la vida civilizada.

El agua potable es una imperante necesidad en estos tiempos de globalización, donde la población crece a pasos agigantados y se requiere mayor consumo para el desarrollo de las actividades de subsistencia humana, las cuales permiten suplir necesidades básicas para la vida en civilización.

En la actualidad, se estima que solo el 4% de la totalidad del agua existente en diferentes cuencas hídricas en el planeta es dulce y por ende, apta para el consumo masivo de la población, motivando a redoblar esfuerzos a nivel mundial para que la distribución de agua potable sea equitativa e igualitaria y alcance a quienes más lo necesitan.

Con relación a lo anterior, es importante resaltar que el desenfrenado consumo de agua potable y la ingesta de agua contaminada, no tratada o de dudosa procedencia, puede acarrear desde simples infecciones cutáneas hasta enfermedades crónico-diarreicas y gastrointestinales que pueden ocasionar hasta la muerte.

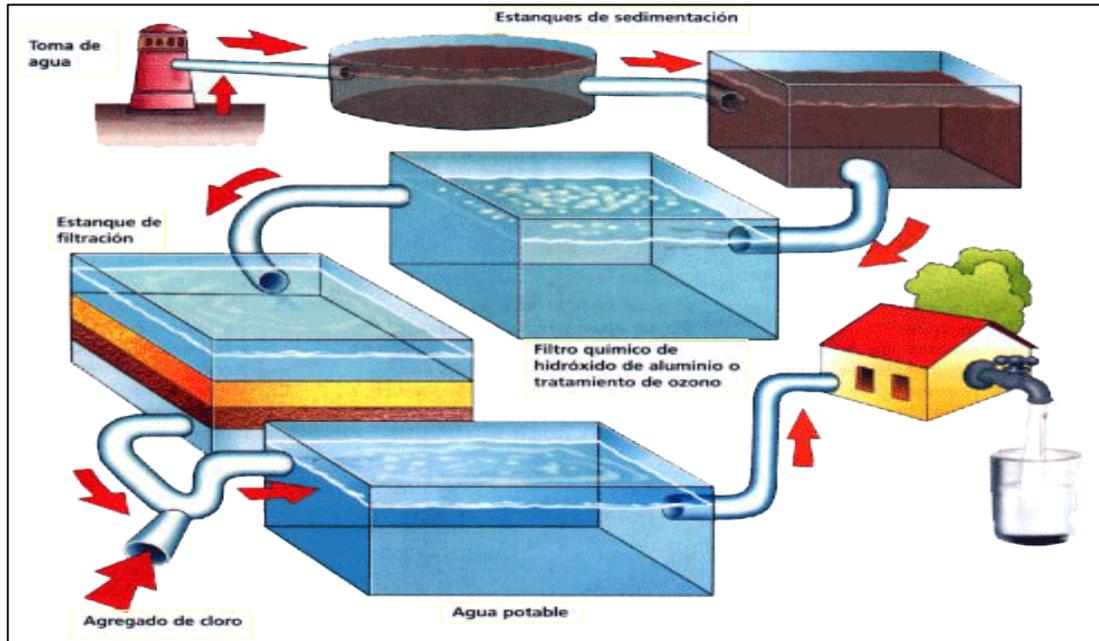
Por lo tanto, es necesario garantizar el pleno abastecimiento de este recurso hídrico bajo estrictas condiciones sanitarias, velando por la óptima potabilización e inspeccionando de manera constante para que esto se cumpla a cabalidad, logrando mejoras en la calidad de vida de la población.”³⁶

“Para ejecutar el proceso de potabilización o purificación del agua como también se le puede denominar, es necesaria la realización de una serie de procedimientos físico-químicos, eliminando agentes, elementos y sustancias contaminantes presentes en el agua para que esta sea de mayor pureza como también de calidad consumible, permitiendo su transformación en contenido idóneo que pueda ser ingerido sin riesgo e ilimitadamente.”³⁷

³⁶ FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. Etapas del proceso de potabilización de agua [En línea]. Bogotá D.C.: La empresa [Citado 22 de mayo del 2018]. Disponible en internet: <<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>>

³⁷ FERIAS Y NORMAS DE COLOMBIA SAS. Etapas de proceso de potabilización del agua [en línea]. Bogotá: Emmanuel Gil [citado 17 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://tratamientodeagua.co/agua-potable/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>>

Figura 4. Potabilización del agua



Fuente: Blogspot. Potabilización del agua [en línea]. Bogotá D.C.: Ana Coro [citado 20 septiembre, 2018]. Disponible en internet: <<http://asdrtu.blogspot.com/2016/04/potabilizacion-del-agua.html>>

1.6.1.6. Toma de muestras

“La toma de muestras varía dependiendo del tipo de agua y el uso al que esté destinada. Básicamente existen dos tipos de muestras:

Simple. Es aquella que se recoge de una sola vez, reflejándose de esta forma las condiciones del medio en un momento concreto. Una muestra simple se lleva a cabo cuando se deseen analizar parámetros como el pH, el oxígeno disuelto, la temperatura, etc., que precisen una determinación rápida. Otras situaciones en las que es aconsejable un muestreo simple son:

- Cuando ocurre una descarga ocasional y se desea evaluar la misma.
- Si el efluente fluye sólo de forma intermitente.
- Si el muestreo es constante en el tiempo.

Compuesta. Está formada por varias muestras simples recogidas a lo largo de un período de tiempo y combinadas según unas proporciones concretas, referidas a parámetro de interés como el caudal.

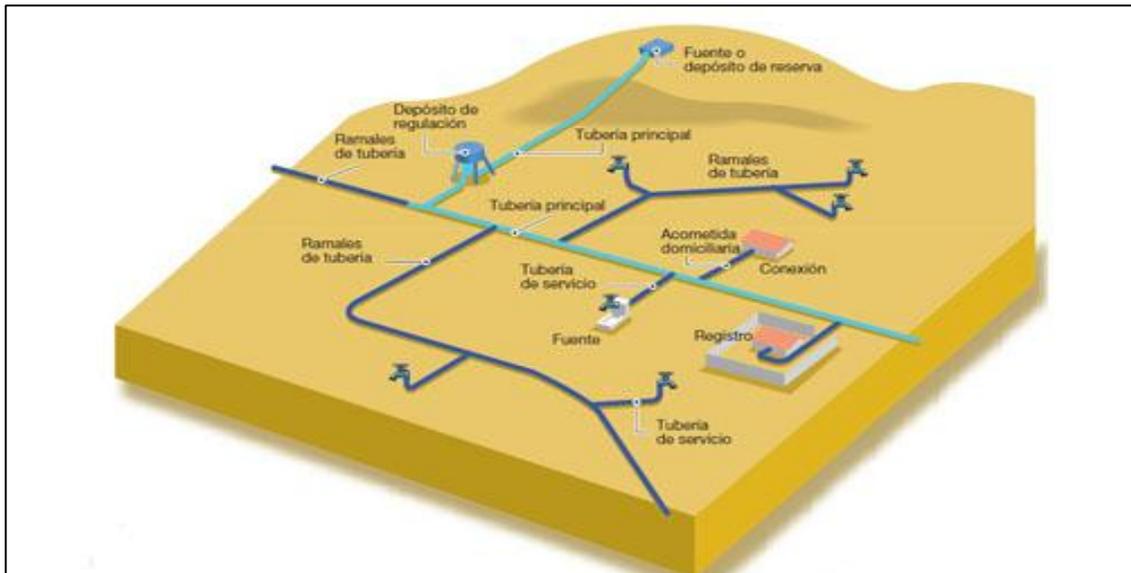
Este muestreo nos da las condiciones medias de flujo del efluente en un tiempo determinado. La muestra compuesta puede ser de un volumen fijo o proporcional al flujo.

Las muestras no deben tomarse demasiado cerca de la orilla, sino más cerca de la corriente principal, para evitar que las condiciones especiales de temperatura y de concentración de oxígeno disuelto, en el que influyen tanto la vegetación de la orilla como las algas, afecten a la muestra.”³⁸

1.6.1.7. Redes de distribución

Como lo destaca el autor Moliá, una red de distribución de agua potable es el “conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y Tratamiento, hasta hacer llegar el suministro al suscriptor en unas condiciones que satisfagan sus necesidades. Este grado de satisfacción tiene un elevadísimo número de componentes, unos medibles y otros no, y entre los que se destacan la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio. Naturalmente todos estos componentes tienen unos antecedentes a la red de distribución, por lo que los parámetros iniciales vienen prefijados. Por tanto, al crear una red de distribución ha de diseñarse para que altere lo menos posible las características de los componentes, minimizando la variación de satisfacción de las necesidades de los clientes.”³⁹

Figura 5. Sistema de distribución de agua potable.



Fuente: BLOGPLASTICS. Abastecimiento urbano. Red de distribución de agua potable [en línea]. Bogotá D.C.: El autor [citado 20 septiembre, 2018]. Disponible en internet: <<http://www.blogplastics.com/abastecimiento-urbano-red-de-distribucion-de-agua-potable/>>.

³⁸ ROBLE.PNTIC. Toma de muestras [en línea]. Bogotá: [citado 17 abril, 2018]. Disponible en: <<http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/tomademu.htm>>

³⁹ Moliá, Rafael. Modulo: Abastecimiento y saneamiento urbano. Andalucía – España: EOI Escuela de Negocios. Master en Ingeniería Medio Ambiental y Gestión del Agua. Modalidad Maestría, 1987, p. 3.

1.6.1.8. *Plan hídrico nacional*

“Este despliega cada una de las líneas de trabajo importantes de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, a través de la definición de programas y proyectos, y establece metas que permiten estipular el grado de implementación del plan y su impacto sobre el recurso hídrico, por lo tanto, una idea general de cómo se ejecutaría este plan estaría estructurado de la siguiente manera:

Diagnóstico:

- I. Problemática del agua: Gestión deficiente, conflictos crecientes, uso no coordinado del recurso hídrico.
- II. Gestión integrada del recurso hídrico: Conocimiento, uso prioritario, problemáticas, desarticulación, sistemas de información y monitoreo.

Formulación:

- I. Oferta: conocimiento, planeación, conservación, demanda, medición de consumos, gestión integral del recurso hídrico (GIRH) en sectores, uso eficiente y ahorro.
- II. Calidad: Ordenamiento del recurso, reducción de la contaminación, monitoreo y seguimiento.
- III. Riesgo: Divulgación de los riesgos, incorporar en planeación, reducción y adaptación.
- IV. Fortalezas Institucionales: Mejoramiento de la gestión, formación investigativa, revisión normativa, sostenibilidad financiera.
- V. Gobernabilidad: Participación, Cultura del agua”.⁴⁰

1.6.1.9. *Parámetros de calidad del agua*

Olor y sabor. “Los olores y sabores del agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores del agua; entre las más comunes se encuentran materia orgánica en solución, H₂S, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos etc.

⁴⁰ GESTION DEL AGUA. [Citado el 7 de octubre del 2017]. [En línea]. Disponible en: <<http://www.siac.gov.co/web/siac/calidadagua>>.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.”⁴¹

Temperatura. “La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo, normalmente la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y efectuar la lectura después de un lapso suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso, hay que prevenir cualquier posible rotura del termómetro.”⁴²

Sólidos. “Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

Sólidos totales. Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y sacado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una cazuela pesada con anterioridad, preferiblemente de platino, sobre un baño de María, y luego se seca a 103-105°C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.

Sólidos disueltos. Son determinados directamente o por referencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103-105°C, el incremento, de peso sobre el de la cazuela vacía representan los sólidos disueltos o residuo filtrable.

Sólidos suspendidos. Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103-105°C, el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuos no filtrables.

⁴¹ Ibid., p. 70.

⁴² Ibid., p. 70.

Sólidos sedimentables. La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentaran, en condiciones tranquilas, por acción de gravedad. La determinación se hace llenando un cono imhoff de un litro de volumen y registrando el volumen del material sedimentado en el cono, al cabo de una hora en ml/l.

Los procedimientos usados en la determinación del contenido de sólidos son métodos gravimétricos y como tales requieren la determinación del peso de crisoles o de cazuelas con residuos o sin ellos. Es importante usar recipientes previamente acondicionados y de peso constante, con el fin de no introducir errores en la determinación. Se prefieren recipientes de platino debido a que este es relativamente inatacable por las sales minerales y no sufre cambios significativos de peso durante el proceso de calentamiento, pero su alto costo limita su uso.”⁴³

Acidez. “La acidez del agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones como la medida de su contenido total de sustancias acidas. El contenido de CO₂ es también, un factor fundamental para la estimación de las dosis de cal y soda en el ablandamiento de aguas duras. En aguas naturales, la acidez puede ser producida por el CO₂ y por la presencia de iones H⁺ libres; por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc. Por la hidrolización de sales d ácido fuerte y base débil.

La causa más común de acidez en aguas es el CO₂, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos más usados en el tratamiento o de la oxidación de la materia orgánica, o por disolución del dióxido de carbono atmosférico.”⁴⁴

Dureza. “Como aguas duras se consideran aquellas que requieren grandes cantidades de jabón para generar espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementan la temperatura del agua. Se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.”⁴⁵

DBO. “La DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días y a 20°C.

En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO, como todo

⁴³ *Ibíd.*, p. 71.

⁴⁴ *Ibíd.*, p. 83.

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 90.

ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. El ensayo supone la medida de la cantidad de oxígeno consumido por organismos vivos en la utilización de la materia orgánica presente en un residuo; por tanto, es necesario garantizar que durante todo el periodo del ensayo exista suficiente OD (oxígeno disuelto) para ser utilizado por los organismos. Además, debe garantizarse que se suministran las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo y trabajo de los microorganismos, así que hay que proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo bacterial, tales como N y P y eliminar cualquier sustancia toxica en la muestra. Es también necesario que exista una población de organismos suficiente en cantidad y en variedad de especies, comúnmente llamada “simiente” durante la realización del ensayo.”⁴⁶

DQO. “La DQO es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de a cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Especialmente, representa el contenido orgánico tota de la muestra, oxidable por dicromato en solución acida. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que el de DBO y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes en condiciones acidas.

La oxidación de la mayoría de las formas de materia orgánica se efectúa mediante ebullición de la muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y un exceso de dicromato de potasio estándar. La mezcla formada por la muestra, más cantidades conocidas de dicromato de potasio y ácido sulfúrico, e sometida a reflujo por dos horas, durante el periodo de reflujo el material orgánico oxidable reduce una cantidad equivalente de dicromato}, el dicromato remanente se determina mediante titulación con sulfato ferroso amoniacal estándar. La cantidad de dicromato reducida (cantidad inicial-cantidad remanente=cantidad reducida) es una medida de la materia orgánica oxidada.”⁴⁷

⁴⁶ ROMERO ROJAS, Op. Cit. p. 135.

⁴⁷ ROMERO ROJAS, Op. Cit. p. 146.

1.6.2. Marco teórico

1.6.2.1. Puntos de muestreo.

La localización de los puntos de recolección de las muestras de agua deberá determinarse entre la entidad prestadora y la respectiva autoridad sanitaria de los departamentos, distritos o municipios, con base en los planos del sistema de distribución de acueducto, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Puntos fijos. Se deben localizar los siguientes puntos fijos de muestreo:
 - a) Inmediatamente después del accesorio o componente donde termina(n) la(s) tubería(s) de conducción y se da inicio a la red de distribución.
 - b) En el(los) extremo(s) más alejado(s) de la red de distribución, que sea más representativa(s) la calidad del agua.
 - c) A la salida de la infraestructura ubicada en la red de distribución que puede representar riesgo de contaminar el agua para el consumo humano, tales como los tanques de almacenamiento o compensación y los sistemas de bombeo con almacenamiento en la succión.
2. De interés general. Se deben localizar otros puntos de muestreo teniendo en cuenta que deben representar el funcionamiento hidráulico del sistema de distribución de agua en su conjunto y en sus principales componentes, a saber:
 - a) En las redes de distribución sectorizadas se debe determinar al menos un punto de muestreo por cada entrada de agua al sector correspondiente.
 - b) En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución desde el punto de vista de posible contaminación del agua para consumo humano.
 - c) Distribuidos de forma uniforme a lo largo y ancho del sistema de distribución de agua.
 - d) En aquellos puntos después de la mezcla del agua proveniente de las diferentes fuentes de abastecimiento o tratamiento de agua que ingresan al sistema de distribución;
 - e) En aquellos puntos de abastecimiento por otros mecanismos que tienen algunas redes de distribución, tales como pilas públicas y alimentadores de carro tanques.⁴⁸

⁴⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0811. (05, marzo, 2008). Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de

1.6.2.2. Lavado y desinfección de los puntos de toma.

El Instituto Nacional de Salud recomienda que “los procedimientos de lavado y desinfección de los grifos, o llaves de agua, o dispensadores de agua, son indispensables para garantizar la representatividad de la muestra recolectada. Se debe proceder de acuerdo al siguiente orden:

1. Cualquiera que sea el accesorio que descarga el agua, éste se debe limpiar y desinfectar con un paño limpio empapado en una solución de hipoclorito de sodio o calcio con una concentración del 5 al 10% de cloro activo. Las manos del operario deben estar protegidas con guantes para evitar quemaduras en la piel por la acción del hipoclorito. Si el accesorio dispensador es metálico, la desinfección puede hacerse por temperatura aplicando durante un minuto la llama de un mechero de alcohol. Este procedimiento se puede realizar siempre y cuando el grifo metálico no esté conectado a un accesorio plástico que pueda resultar afectado por la temperatura que se transmite.

Pueden utilizarse medios alternativos de desinfección de eficacia comparable cuando se emplean otro tipo de aditamentos para la recolección de muestras profundas o especiales (limpieza con desinfectantes diferentes al cloro)

2. A continuación y antes de tomar la muestra, se debe proceder a drenar el agua estancada en la instalación de toma de muestra, dejando que se derrame y corra hacia la cuneta de la calle por lo menos durante 1 a 2 minutos. Lo anterior con el objeto de que la muestra que se va a tomar sea representativa de la calidad del agua que está fluyendo en la tubería de distribución.”⁴⁹

1.6.2.3. *Muestra para análisis físico-químicos.*

Es importante señalar que deben cumplirse las recomendaciones de lavado y desinfección previos a la toma de la muestra. Para realizar la recolección se requieren estos tres pasos:

- “Enjuagar dos o tres veces la botella para el examen con la misma agua que se va a analizar.
- Llenar finalmente el frasco para las pruebas físico – químicas hasta el tope, evitando dejar aire atrapado en su interior, evitando así las modificaciones durante el transporte.

muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. Bogotá: El ministerio, 2008. P, 1-2.

⁴⁹ INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. ISBN: 978-958-13-0147-8. Bogotá: El instituto, 2011. 32-33 p.

- La cantidad mínima que se debe recoger para éste análisis es de 1.000 ml ó un litro.”⁵⁰

1.6.2.4. Muestra para análisis microbiológicos.

De la misma forma que la toma de muestras para análisis físico-químicos, deben cumplirse las recomendaciones de lavado y desinfección previos para la toma de muestra. Para este propósito se procede de la siguiente forma.

- Para evitar contaminación secundaria de la muestra, si el punto de toma es metálico debería esterilizarse, si es posible con llama, para inactivar cualquier microorganismo presente.
- Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos.
- No enjuagar el frasco con muestra a recolectar, puesto que se perdería el preservante (tiosulfato sódico) que contiene. La cantidad mínima a recoger para éste análisis es de aproximadamente 250 ml.
- Cuando se recolecta la muestra de una línea de muestreo o grifo, el agua debe dejarse fluir libremente desde el grifo o la salida. El recipiente de muestreo debe llenarse directamente.
- Recoger la muestra rápidamente llenando sólo la mitad o las dos terceras partes del recipiente, de manera que quede un espacio de aire, esto contribuye al mezclado.
- Después del muestreo, el recipiente que contiene la muestra debe taparse ajustadamente, teniendo la precaución de no contaminar la tapa y evitar así contaminaciones accidentales posteriores.⁵¹

1.6.2.5. Características físicas y químicas del agua potable.

Estas no podrán superar los valores máximos aceptables para cada una de las cualidades físicas, las cuales se señalan en la tabla 4:

Tabla 4. Características físicas

| Características físicas | Expresadas como | valor máximo aceptable |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Color aparente | Unidades de Platino Cobalto (UPC) | 15 |
| Olor y sabor | Aceptable o no aceptable | Aceptable |
| Turbiedad | Unidades Nefelometricas de Turbiedad | 2 |

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

⁵⁰ *Ibíd.*, p, 44-45.

⁵¹ *Ibíd.*, p, 45.

Si bien no se indica en alguna tabla, el valor máximo aceptable para la conductividad es de 1000 micro siemens/cm. Según el artículo 3 de la resolución 2115 del 2007, "un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra agua para consumo humano"⁵². De la misma forma el valor para el pH deberá abarcar un rango entre 6,5 y 9.

En la tabla 5, se muestran los valores de algunas sustancias químicas que representan un efecto opuesto en la salud humana. "Si los compuestos de trihalometanos totales o los de hidrocarburos policíclicos aromáticos, exceden los valores máximos aceptables, es necesario identificarlos y evaluarlos, de acuerdo al mapa de riesgo y a lo señalado por la autoridad sanitaria"⁵³. En la tabla 6, se encontraran los valores de sustancias químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Tabla 5. Características químicas con reconocido efecto adverso en la salud humana

| Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias | Expresadas como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| Antimonio | Sb | 0,02 |
| Arsénico | As | 0,01 |
| Bario | Ba | 0,70 |
| Cadmio | Cd | 0,003 |
| Cianuro libre y disociable | CN | 0,05 |
| Cobre | Cu | 1,00 |
| Cromo total | Cr | 0,05 |
| Mercurio | Hg | 0,001 |
| Níquel | Ni | 0,02 |
| Plomo | Pb | 0,01 |
| Selenio | Se | 0,01 |
| Trihalometanos Totales | THMs | 0,20 |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | HAP | 0,01 |

⁵² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El ministerio, 2007.

⁵³ *Ibíd.*, p. 3.

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

Tabla 6. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.

| Elementos, compuestos, químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana | Expresados como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| Carbono Orgánico Total | COT | 5,0 |
| Nitritos | NO ₂ | 0,1 |
| Nitratos | NO ₃ | 10,0 |
| Fluoruros | F | 1,0 |

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

En la tabla 7, se mencionan las características químicas del agua para consumo humano que según la resolución 2115, se relacionan con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

Tabla 7. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

| Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico | Expresadas como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|---|------------------------|--------------------------------------|
| Calcio | Ca | 60 |
| Alcalinidad total | CaCO ₃ | 200 |
| Cloruros | Cl | 250 |
| Aluminio | Al | 0,2 |
| Dureza total | CaCO ₃ | 300 |
| Hierro total | Fe | 0,3 |
| Magnesio | Mg | 36 |
| Manganeso | Mn | 0,1 |
| Molibdeno | Mo | 0,07 |
| Sulfatos | SO ₄ | 250 |
| Zinc | Zn | 3 |
| Fosfatos | PO ₄ | 0,5 |

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

1.6.2.6. IRCA.

“Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano”.⁵⁴ Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en la tabla 2 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la resolución 2115 de 2007 .

Tabla 8. Puntaje de riesgo

| CARACTERÍSTICA | PUNTAJE DE RIESGO |
|------------------------------------|--------------------------|
| Color aparente | 6 |
| Turbiedad | 15 |
| pH | 1,5 |
| Cloro residual libre | 15 |
| Alcalinidad total | 1 |
| Calcio | 1 |
| Fosfatos | 1 |
| Manganeso | 1 |
| Molibdeno | 1 |
| Magnesio | 1 |
| Zinc | 1 |
| Dureza total | 1 |
| Sulfatos | 1 |
| Hierro total | 1,5 |
| Nitratos | 1 |
| Nitritos | 3 |
| Aluminio (Al ³⁺) | 3 |
| Fluoruros | 1 |
| COT | 3 |
| Coliformes totales | 15 |
| Escherilichia coli | 25 |
| Sumatoria valores asignados | 100 |

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la Resolución 2115 de 2007 y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no

⁵⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1575. (09, mayo, 2007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá: El ministerio, 2007.

cumple ninguno de ellos. En el artículo 14 muestra cómo se realizan los cálculos correspondientes para obtenerlo.⁵⁵

IRCA por muestra:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

IRCA mensual:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de las muestras realizadas en el mes}}$$

Por lo tanto, se establece una clasificación del nivel de riesgo en salud, teniendo en cuenta los resultados arrojados por el IRCA por muestra y del IRCA mensual, que determina los siguientes rangos y puntajes de riesgo:

Tabla 9. Clasificación del nivel del riesgo en salud según el IRCA

| Clasificación IRCA (%) | Nivel de riesgo | IRCA por muestra | IRCA mensual |
|------------------------|----------------------------|--|---|
| 80.1 - 100 | INVIABLE SANITARIAMENTE | Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría general y Procuraduría general. | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades de orden nacional. |
| 35.1 - 80 | ALTO | Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD. | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos. |
| 14.1 - 35 | MEDIO | Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde y Gobernador. | Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora. |
| 5.1 - 14 | BAJO | Informar a la persona prestadora, al COVE. | Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento. |
| 0 - 5 | SIN RIESGO | Continuar el control y vigilancia. | Agua apta para consumo humano. Continuar con la vigilancia. |

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007)

⁵⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Op. Cit. p, 8.

1.6.3. Marco legal

En Colombia existen varias leyes, decretos y resoluciones que permiten llevar una correcta administración y planificación ambiental del agua, para este proyecto, serian aplicables las siguientes normativas.

El artículo 365 del capítulo 5 de la constitución política de 1991, establece que es deber del estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a los habitantes del territorio nacional. Estos podrán ser prestados por el mismo estado, comunidades organizadas o particulares. En todo caso el estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios.⁵⁶

El documento CONPES 3810 tiene como objetivo promover el acceso al agua potable y al saneamiento básico en todo el territorio colombiano a través de soluciones acordes a las condiciones dadas en estas zonas y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.⁵⁷

El decreto 3930 del 25 de octubre del 2010, del Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo territorial, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo 2 del título VI – parte III – libro II del decreto – ley 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Establece la responsabilidad del estado en proteger y conservar las áreas ecológicas y de esta manera fomentar educación ambiental en la comunidad, garantizando al mismo tiempo un ambiente sano y sostenible sobre su conservación controlando los factores de deterioro ambientales. El estado es responsable de garantizar la calidad del agua para el consumo humano y actividades de uso necesario.⁵⁸

El decreto 1594 del 26 de junio de 1984, del Ministerio de Agricultura, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI – parte III – libro II y el título III de la parte III – libro I del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. En el cual se establecen los parámetros para los diversos tratamientos de aguas de acuerdo a su uso y disposición. Así el agua residual debe tener una remoción de la carga orgánica del 80% como mínimo para ser vertida a una fuente superficial.⁵⁹

⁵⁶ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Constitución política. Art. 365.

⁵⁷ COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. Documento Conpes 3810. Bogotá: El consejo, 2014.

⁵⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930. (25, octubre, 2010). por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo 2 del título VI – parte III – libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010.

⁵⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594. (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI – parte III – libro II y el título III de

Posteriormente se expide la ley 99 de 1993, con la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente el cual es el encargado sobre la conservación del medio ambiente y recursos naturales renovables. El artículo 2 de la citada ley, determina que el ministerio es el organismo encargado del medio ambiente, estableciendo regulaciones y políticas sobre los recursos renovables para su conservación, protección y aprovechamiento asegurando de tal manera un desarrollo sostenible. De igual manera el artículo 30 de la mencionada ley determina que las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán derecho de ejecutar programas y proyectos sobre el medio ambiente y recursos naturales, así mismo hacer regir las disposiciones legales vigentes expedidas por el ministerio.

La Evaluación Regional del Agua (ERA), emitido por el IDEAM, se sustenta en disposiciones como el Código de Recursos Naturales y del Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974) y la Ley 99 de 1993, su implementación, a cargo de las autoridades ambientales regionales, fue establecida por el Decreto 1640 de 2012, que, además, dio un plazo de tres años a estas entidades para su desarrollo, a partir de la expedición de la metodología correspondiente por parte del IDEAM. El nivel de planificación regional corresponde a las 309 sub-zonas hidrográficas en que se ha subdividido el territorio nacional; este es el nivel de las ERA, a cargo de las autoridades ambientales y los municipios, cuyo instrumento de planificación es el plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA).⁶⁰

El decreto N° 3440 del 21 de octubre de 2004, del Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, en la cual se reglamentan usos del agua y residuos líquidos. En el Artículo 7 se decretó la guía nacional de modelación del recurso hídrico, con base en 105 insumos que apporto el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)⁶¹.

El decreto N° 1443 del 07 de mayo de 2004, del Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo territorial, en la cual se reglamenta parcialmente la prevención y control de contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Por esta razón, el decreto tiene por objeto establecer medidas ambientales para el manejo de los plaguicidas y para la prevención y manejo seguro⁶².

la parte III – libro I del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: El ministerio, 1984.

⁶⁰ EPAM S.A. ESP. Metodología para la evaluación regional del agua documento síntesis (ERA). 2013. p 2

⁶¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3430. (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título IV-parte III-libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010.

⁶² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1443. (07, mayo, 2004). COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930. (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el

1.7. METODOLOGÍA

En la metodología se presenta el trabajo realizado a lo largo de 9 meses, desde el momento que se da inicio a este proceso con el anteproyecto y ahora culmina con el trabajo de grado. Se conoce la problemática de la comunidad del municipio de Silvana, se procede a estudiar la zona afectada para identificar el problema presentado, se compara lo encontrado con problemáticas similares en otras partes del mundo, y se procede a realizar el análisis del agua que es obtenida para el consumo diario de la población y así determinar su estado para el consumo.

1.7.1. Tipo de estudio.

El presente proyecto se basa en la metodología descriptiva, la cual permite trabajar sobre la búsqueda de propiedades, características y rasgos importantes del estudio a analizar, (en este caso una evaluación de calidad) limitado a observación de los acontecimientos sin realizar intervenciones.⁶³ Se puede evidenciar en las visitas al municipio, el tratamiento que se le otorga al agua cruda para su potabilización en la PTAP, así como el aspecto físico con el que ingresa y sale de la planta.

Por medio de estudios de laboratorio realizados en la Universidad Católica de Colombia y en el Instituto de higiene ambiental S.A.S. (laboratorio certificado por el IDEAM), se obtienen valores para determinar las características físico-químicas y microbiológicas, con el fin de compararlas con los parámetros establecidos en la resolución 2115 del 2007. Por otra parte, en el enfoque social que tiene el proyecto se contempló la realización de encuestas dirigidas a la comunidad del municipio pues es de suma importancia conocer el criterio de ellos porque son los que se benefician con el recurso.

1.7.2. Fuentes de información.

La información primaria se obtiene a través de las visitas realizadas al Municipio, así como la búsqueda de información secundaria en diferentes fuentes, tanto científicas, como académicas y periodísticas. Se presta especial atención en la información obtenida de fuentes confiables y estudios realizados con problemáticas similares a la presentada en la comunidad.

capítulo II del título IV-parte III-libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010. Bogotá: El ministerio, 2004.

⁶³ HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. Citado por JIMÉNEZ JIMÉNEZ, Cindy Yaneth y SABOGAL JIMÉNEZ, Miguel Ángel. Diagnóstico y optimización de la PTAP del municipio de Fómeque, (Cundinamarca). Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil, 2017. P 34.

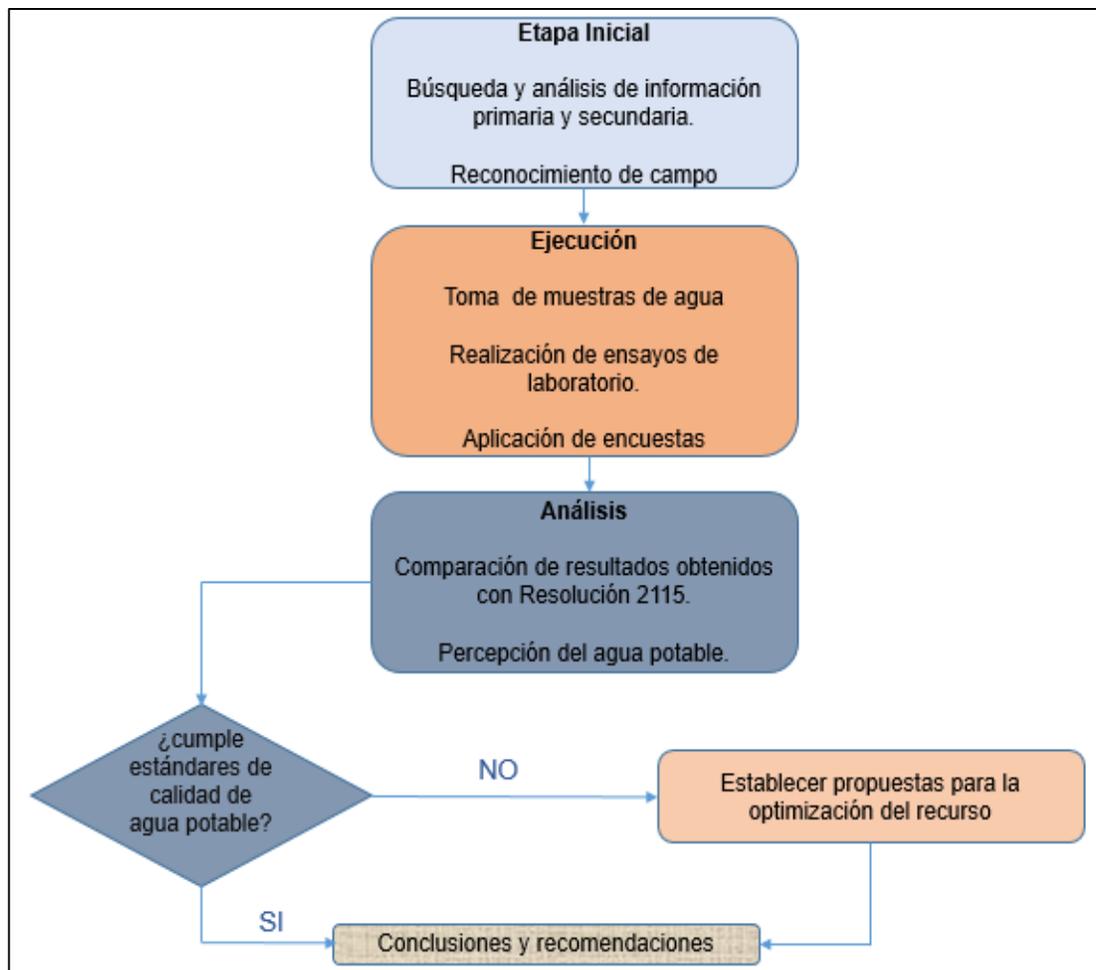
La principal fuente de información para el desarrollo de este documento se origina de artículos y trabajos relacionados con la calidad del agua encontrados en diferentes fuentes, de otro lado se consultaron textos en la biblioteca de la universidad, como en otras bibliotecas, pues es una herramienta que, en el ámbito académico, no se puede dejar de lado.

Finalmente se procede a clasificar la información obtenida y organizar el documento escrito, el cual servirá de base para la toma de decisiones tanto de los líderes de la comunidad como de los entes territoriales involucrados en la problemática abordada.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto se elaboró en 3 etapas teniendo en cuenta una disposición progresiva de la siguiente forma **Figura 6**:

Figura 6. Diagrama de flujo del proyecto



Fuente. Los autores

Tabla 10. Cuadro metodológico

| DESCRIPCIÓN | OBJETIVOS | ACTIVIDADES | METAS |
|--------------------|--|---|---|
| FASE INICIAL | Determinar los parámetros físico-químicos de calidad del agua antes y después de su potabilización. | -Búsqueda y análisis de información primaria y secundaria. -Reconocimiento de campo. -Planteamiento de objetivos. -Cotizaciones de ensayos de laboratorio. -Solicitud de información a CODESCOM (Plano). | Con las visitas realizadas, se logra obtener información de gran ayuda para conocer más a fondo la necesidad presentada por la comunidad. |
| EJECUCIÓN | Analizar los resultados a obtener de acuerdo a la norma (resolución 2115 del 2007). | -Toma de muestras de agua. -Georreferenciación de puntos de muestreo. -Practica de encuestas. -Solicitud de sala de laboratorio Universidad. -Envío de muestras al laboratorio contratado (IHC). -Realización de ensayos de laboratorio. | Conocer las características del agua del municipio de Silvanía. Después de haber realizado los ensayos correspondientes y ser analizadas en los laboratorios indicados. |
| ANÁLISIS | Determinar alternativas que cumplan con las normas establecidas y ofrezca la mejor viabilidad para el abastecimiento del agua. | -Interpretación de resultados obtenidos. -Comparación de resultados obtenidos con resolución 2115. -Percepción del agua potable. | Interpretar si los resultados obtenidos en los análisis realizados con los laboratorios, son los esperados de acuerdo a la resolución 2115 del 2007 e identificar qué opina la comunidad. |

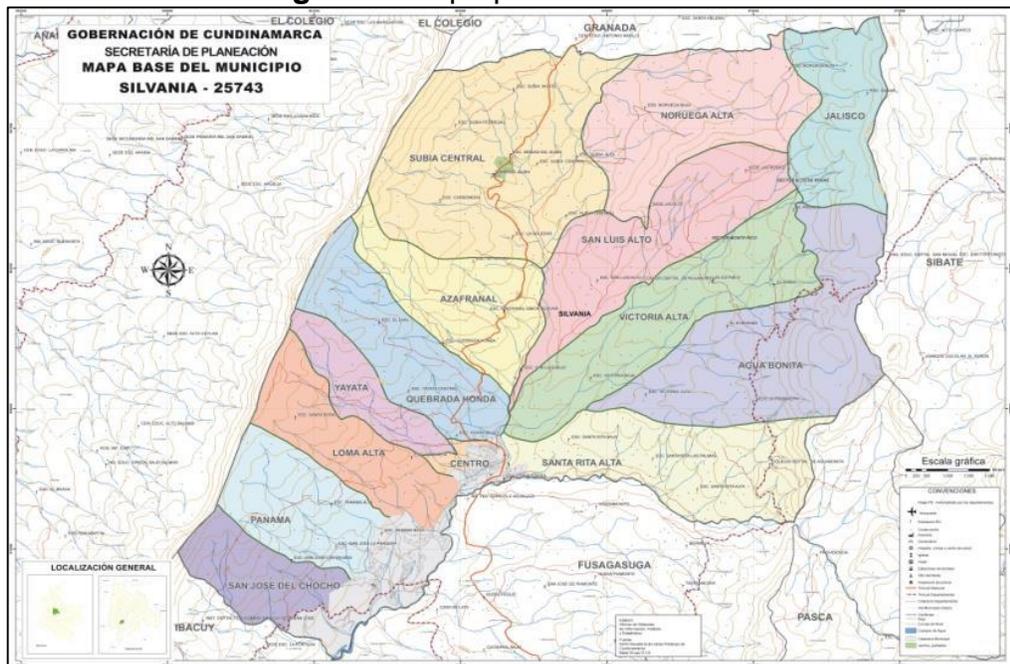
Fuente. Los autores

2. CONTEXTUALIZACIÓN

La fuente de estudio se enfoca en el Rio Barro Blanco, ubicado en el municipio de Silvana Cundinamarca, el cual nace en el municipio de Pasca con el nombre de quebrada Honda, Este dreña en dirección este-oeste, recibiendo aportes de mediana longitud sobre las dos vertientes. Recibe aportes principalmente de las quebradas La Laguna, Honda y El Chuscal, con una longitud de 53.5 km.⁶⁴

2.1. LÍMITES Y EXTENSION

Figura 7. Mapa político de Silvania



Fuente: Alcaldía de Silvania.

Silvania es un municipio de Cundinamarca, ubicado en la provincia del Sumapaz, distanciado de Bogotá en 44 km, con un área de 16.293 hectáreas. Limitado por el norte con granada en la cordillera del Soche o Tequendama, por el sur con los municipios de Tibacuy y Fusagasugá, por el oriente con los municipios Fusagasugá y Sibaté y por el occidente con Viota y Mesitas del colegio, en la cordillera de Tibacuy.⁶⁵

⁶⁴ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Delimitación y localización subcuena Rio Panches, informe POMCA-002 UT Bogotá D.C. p. 6.

⁶⁵ UBICACION DEL PROYECTO, Bogotá [citado 29 abril, 2018]. Disponible en internet:< www.silvania-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia>

Figura 8. Vista panorámica municipio de Silvanía



Fuente. Los autores

Se encuentra dividido en su territorio en Zona urbana y zona rural.

Zona urbana: está conformada por tres sectores: Casco Urbano, Casco zona de condominios y la inspección departamental de policía de Subía.

Zona rural: está representada por trece veredas y dos inspecciones Municipales (Inspección Municipal de policía de Agua bonita y Subía).⁶⁶

Tabla 11. Superficie de divisiones territoriales

| VEREDA | ÁREA/ha | % ÁREA |
|-----------------------|----------------|---------------|
| Z.U Subia | 18.8933 | 0.12 |
| Z.U Silvania | 134.5875 | 0.83 |
| Z.U Casco condominios | 594.8369 | 3.65 |
| Panam | 596.9454 | 3.65 |
| Jalisco | 607.8161 | 3.73 |
| Quebrada honda | 770.6187 | 4.73 |
| Yayata | 835.8499 | 5.13 |
| San Luis | 853.5267 | 5.24 |

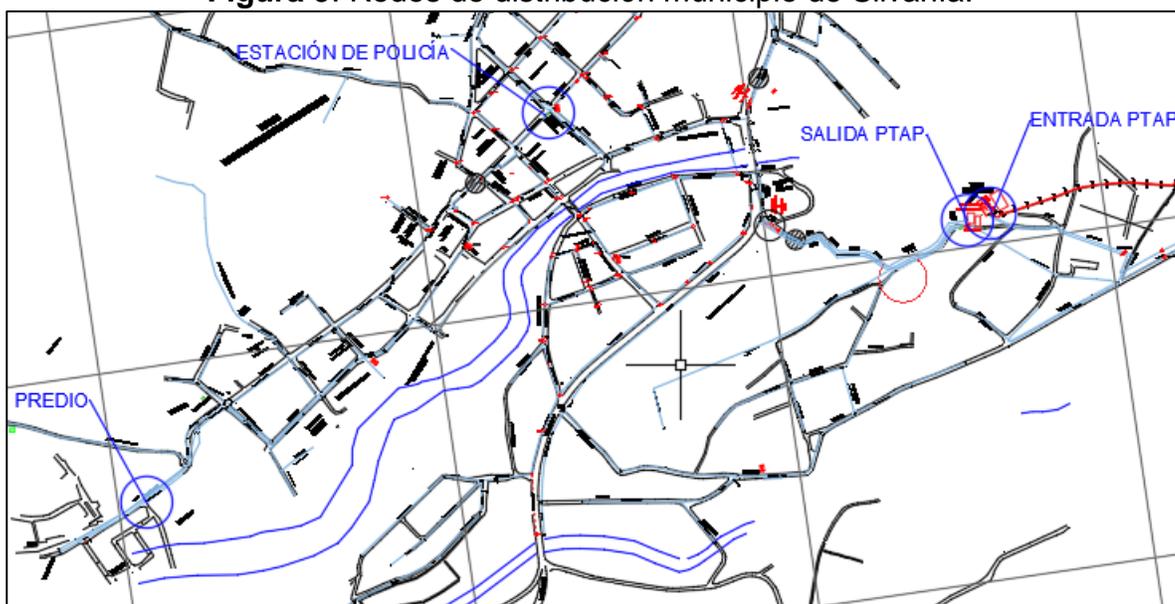
⁶⁶ SECRETARIA LOCAL DE SALUD. Plan territorial de salud [en línea]. Bogotá: Alcaldía municipal de Silvanía [citado 19 septiembre, 2018]. Disponible en internet: <<http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/silvaniacundinamarcapt20122015.pdf>>

| | | |
|----------------|-------------------|------------|
| Loma alta | 884.4001 | 5.43 |
| San José | 895.365 | 5.5 |
| Azafranal | 963.4768 | 5.91 |
| Victoria | 998.0479 | 6.13 |
| Noruega | 1621.717 | 9.95 |
| Santa Rita | 1759.666 | 10.8 |
| Agua bonita | 2334.772 | 14.33 |
| Subia | 2422.764 | 14.87 |
| TOTALES | 16293.2833 | 100 |

Fuente. Alcaldía de Silvanía. Plan territorial de salud.

2.2. PUNTOS DE MUESTREO

Figura 9. Redes de distribución municipio de Silvanía.



Fuente. CODESCOM

En el desarrollo del trabajo como se observa en la **Figura 9**, se plantearon 4 zonas de muestreo dentro del casco urbano de Silvanía con el fin de observar la variación de los parámetros de calidad dentro de la red de distribución, los puntos donde se tomaron las muestras son los siguientes:

- Muestra 1: Entrada a la PTAP (Canaleta Parshall).
- Muestra 2: Salida de la PTAP (Tanque de almacenamiento).
- Muestra 3: Punto domiciliario (Estación de policía).
- Muestra 4: Punto domiciliario (Predio).

2.2.1. Muestra 1: Entrada a la PTAP (canaleta parshall)

La muestra 1 (agua cruda) se tomó en la canaleta parshall, antes de empezar su proceso de potabilización, con el fin de establecer con qué características llega el agua para su tratamiento.

Localización punto de muestreo.

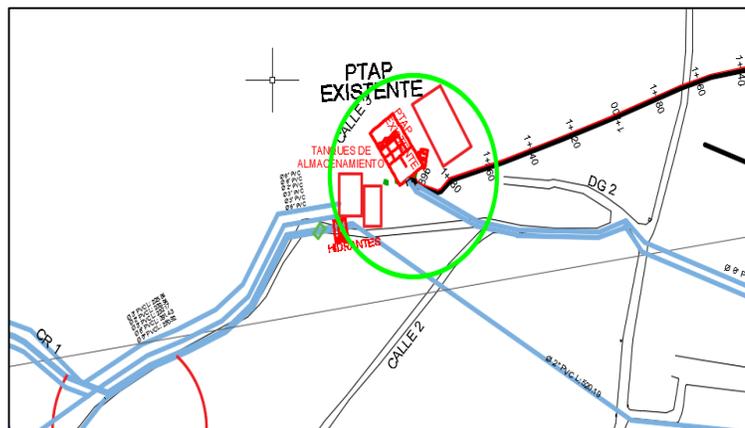
Latitud: N 4°24'06.8"

Longitud: W 74°22'50.8"

Altitud: 1538 m.s.n.m.

Localización en el plano.

Figura 10. Ubicación muestra 1.



Fuente: Los autores.

Registro fotográfico.

Figura 11. Punto de referencia muestra 1



Fuente. Los autores.

Figura 12. Punto de toma muestra 1



Fuente. Los autores.

2.2.2. Muestra 2: Salida de la PTAP (Tanque de almacenamiento)

La Muestra 2 se tomó a la salida de la PTAP en el tanque de almacenamiento de agua. Se escogió este punto porque es indispensable saber bajo que parámetros se encuentra tratada el agua luego de todo su proceso de potabilización.

Localización punto de muestreo.

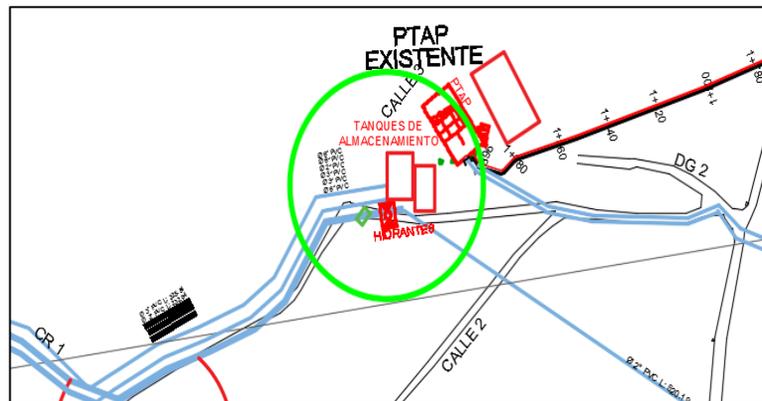
Latitud: N 4°24'06.8"

Longitud: W 74° 22'50.8"

Altitud: 1532 m.s.n.m.

Localización en el plano.

Figura 13. Ubicación muestra 2.



Fuente: Los autores

Registro fotográfico.

Figura 14. Punto de referencia muestra 2



Fuente. Los autores

Figura 15. Punto de toma muestra 2



Fuente. Los autores

2.2.3. Muestra 3: Estación de policía.

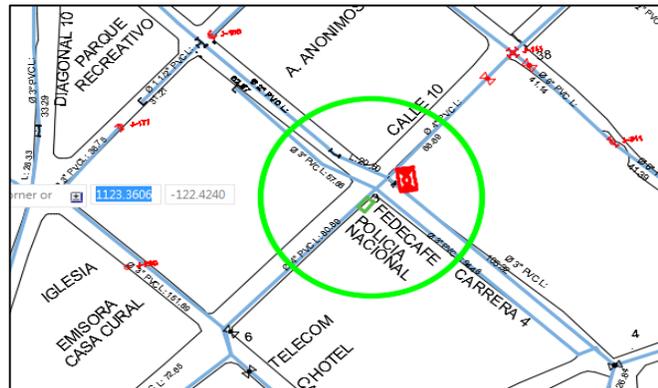
La muestra 3 se tomó en un punto medio del municipio, éste se ubica en la Estación de Policía del municipio en la calle 10 con carrera 4. Se escogió este sitio porque al ser una zona con alta afluencia de personas, tiene un alto consumo de agua.

Localización punto de muestreo.

Latitud: N 4°24'14.9"
Longitud: W74°23'11.6"
Altitud: 1515 msnm.

Localización en el plano.

Figura 16. Ubicación muestra 3



Fuente. Los autores

Registro fotográfico.

Figura 17. Punto de referencia muestra 3



Fuente. Google maps

Figura 18. Punto de toma de muestra 3



Fuente. Los autores

2.2.4. Muestra 4: Predio.

Para la muestra 4 se selecciona este punto para así conocer las características físico químicas del agua, ya que es el punto opuesto a la planta de tratamiento y con ello es el punto de más recorrido dentro de la red de distribución, por eso se selecciona este punto, para así comparar las características con las que llega el agua a este punto, con el de la planta.

Localización punto de muestreo

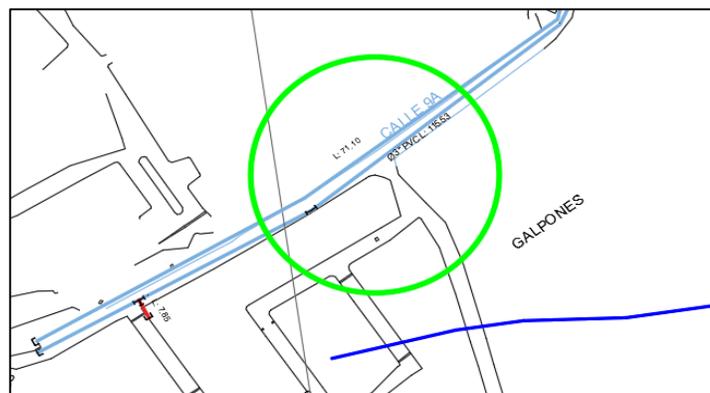
Latitud: N 4°24'03.4"

Longitud: W 74°23'28.7"

Altitud: 1499 m.s.n.m.

Localización en el plano.

Figura 19. Ubicación muestra 4



Fuente. Los autores

Registro fotográfico.

Figura 20. Punto de referencia muestra 4



Fuente. Los autores

Figura 21. Punto de toma de muestra 4



Fuente. Los autores

2.3. SELECCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Se seleccionan estos ensayos, ya que se consideraron importantes para el análisis a realizar sobre la calidad del agua del municipio, se evidencian los ensayos que de acuerdo a la resolución 2115 son ejecutables y comparables para evaluar la calidad del agua del municipio.

Tabla 12. Ensayos seleccionados a realizar

| PARÁMETRO | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Conductividad | X | X | X | X |
| Sólidos Suspendidos | X | X | X | X |
| pH | X | X | X | X |
| Color | X | X | X | X |
| Alcalinidad | X | X | X | X |
| Dureza | X | X | X | X |
| DBO | X | X | | |
| DQO | X | X | | |
| Coliformes Totales | X | X | | |

Fuente. Los autores

Se observa que entre las 4 muestras, los ensayos físico-químicos son un factor común, pues son los ensayos más conocidos para determinar valores representativos de una muestra de agua.

Teniendo en cuenta lo mencionado, los ensayos de carácter microbiológico solo son representativos en la muestra 1 y 4; esto se debe a que para la muestra 1, es necesario conocer bajo qué condiciones biológicas llega el agua a la PTAP.

Para la muestra 4 se consideró evaluar estos factores porque con el paso del tiempo, en la tubería de distribución se pueden generar biofilms ocasionando que el agua tenga presencia de agentes bacterianos.

De las muestras que se tomaron en el municipio, se decidió realizar los ensayos de carácter físico-químico en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica, con el acompañamiento del laboratorista Javier Mendoza. El laboratorio cuenta con los equipos necesarios para evaluar en su mayoría estos parámetros, además de que es una excelente forma de poner en práctica lo aprendido en clase de Plantas de tratamiento. Por otra parte, para tener un mayor grado de confiabilidad y ajustándonos al presupuesto, los ensayos de carácter biológico fueron realizados en el Instituto de Higiene Ambiental, laboratorio certificado por el IDEAM acreditado por ISO17025:2005 que cuenta con los equipos e instrumentos necesarios para evaluar estos ensayos.

3. CARACTERIZACION FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA POTABLE

Dando cumplimiento a los objetivos “Determinar los parámetros físico-químicos de calidad del agua antes y después de su potabilización” y “comparar los resultados a obtener con los establecidos en la norma (resolución 2115 del 2007)”, se establecen los resultados obtenidos en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica y en el Instituto de Higiene Ambiental, efectuados a las cuatro muestras de agua.

Se realizó la caracterización del agua a la entrada de la planta, a la salida de la misma y en dos puntos domiciliarios (Estación de Policía y predio residencial) se determinan estos parámetros seguido de su comparación y análisis de resultados con ayuda de la resolución en mención.

En la tabla 13 se relaciona el consolidado anual de las características físico-químicas y microbiológicas realizado por el Instituto Nacional de Salud del año 2018 en el periodo del 23 de enero al 23 de julio, información que tiene que ser brindada por la entidad prestadora del servicio de agua potable, en este caso EMPUSILVANIA S.A. E.S.P.

Tabla 13. Caracterización fisicoquímica

| CARACTERÍSTICA | N° ANALISIS | VR PROMEDIO | % NO ACEPTABLES | % ACEPTABLES |
|----------------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|
| Alcalinidad Total | 6,00 | 25,00 | 0.00% | 100.00% |
| Aluminio | 4,00 | 0,26 | 50.00% | 50.00% |
| Cadmio | 1,00 | 0,00 | 0.00% | 100.00% |
| Cianuro libre y disociable | 2,00 | 0,01 | 0.00% | 100.00% |
| Cloro residual libre | 11,00 | 0,95 | 27.27% | 72.73% |
| Cloruros | 6,00 | 10,00 | 0.00% | 100.00% |
| Cobre | 1,00 | 0,05 | 0.00% | 100.00% |
| Coliformes totales | 11,00 | 63,64 | 18.18% | 81.82% |
| Color aparente | 11,00 | 6,25 | 9.09% | 90.91% |
| Cromo total | 1,00 | 0,02 | 0.00% | 100.00% |
| Dureza total | 6,00 | 20,00 | 0.00% | 100.00% |
| E. Coli | 11,00 | 0,64 | 18.18% | 81.82% |
| Fluoruros | 2,00 | 0,10 | 0.00% | 100.00% |
| Fosfatos | 3,00 | 0,10 | 0.00% | 100.00% |
| Hierro total | 4,00 | 0,29 | 25.00% | 75.00% |
| Magnesio | 1,00 | 5,00 | 0.00% | 100.00% |
| Manganeso | 1,00 | 0,04 | 0.00% | 100.00% |
| Molibdeno | 1,00 | 0,01 | 0.00% | 100.00% |
| Níquel | 1,00 | 0,01 | 0.00% | 100.00% |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------|--------|---------|
| Nitratos | 3,00 | 3,53 | 0.00% | 100.00% |
| Nitritos | 3,00 | 0,01 | 0.00% | 100.00% |
| pH | 11,00 | 5,77 | 72.73% | 27.27% |
| Plaguicidas Totales | 2,00 | 0,00 | 0.00% | 100.00% |
| Plomo | 1,00 | 0,00 | 0.00% | 100.00% |
| Sulfatos | 6,00 | 10,67 | 0.00% | 100.00% |
| Turbiedad | 11,00 | 1,48 | 18.18% | 81.82% |
| Zinc | 1,00 | 0,20 | 0.00% | 100.00% |

Fuente. Instituto Nacional de Salud. 2018

En la tabla 11 se observa que en términos generales, que el agua cumple con el porcentaje aceptable de acuerdo a su caracterización; sin embargo parámetros como el pH y el aluminio presentan un porcentaje bajo. Estos hallazgos deben ser tenidos en cuenta para su temprana revisión, pues es posible que algún proceso de potabilización no se efectuó de la mejor forma.

3.1. POTENCIAL DE HIDROGENO

“Cuando se examina un agua en su origen con objeto a valorar su uso potencial como agua de bebida, este parámetro tiene valores entre 4 y 9. Los valores más frecuentes se encuentran entre 5,5 y 8,6. En las aguas naturales, el pH es principalmente función del sistema de carbonatos (dióxido de carbono, ácido carbónico, bicarbonato y carbonato). La entrada de ácidos aun sistema de agua puede alterar sustancialmente el pH. La principal fuente de ácido son los drenajes de zonas mineras la deposición ácida atmosférica.

El agua con bajo pH puede corroer las tuberías de distribución de las plantas de agua potable. Las tuberías son muy costosas de reemplazar y la corrosión implica que algunas sustancias (principalmente iones metálicos como Cu, Pb, Zn y Cd) pueden entrar en el agua ya tratada. La ingestión de metales pesados puede ser un riesgo importante para la salud humana. El pH tiene unos valores máximos y mínimos admisibles que para el agua potable están, entre 6,5 y 8,5 (ley del agua potable).”⁶⁷

⁶⁷ SPELLMAN, Frank R, DRINAN, Joanne Manual del agua potable. 1 ed. Zaragoza. CRC Press. 2000. 141 p.

Figura 22. Medición de pH



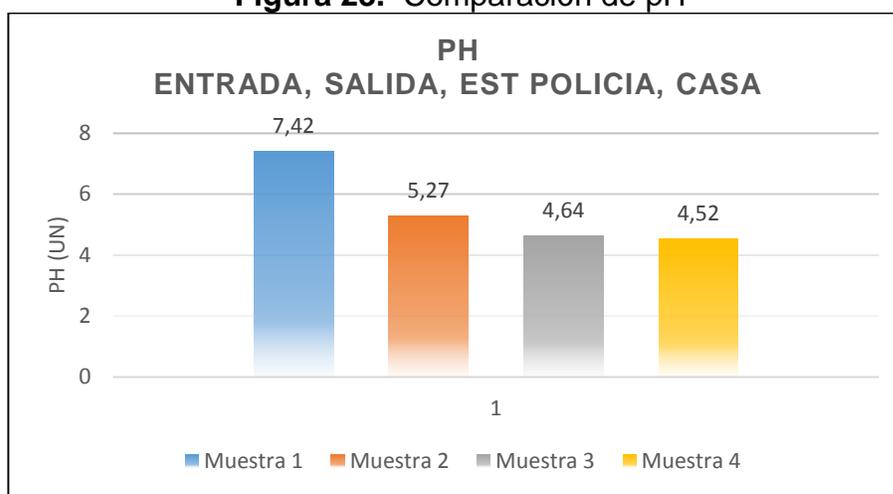
Fuente. Los autores

Tabla 14. Muestras de pH

| TOMA DE MUESTRA | PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MÁXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|-----------|--------|-------|---------------------|--------|
| Muestra 1 | pH | Unidad | 7,42 | 6,5 - 9 | SI |
| Muestra 2 | | | 5,27 | | NO |
| Muestra 3 | | | 4.64 | | NO |
| Muestra 4 | | | 4,52 | | NO |

Fuente. Los autores

Figura 23. Comparación de pH



Fuente. Los autores.

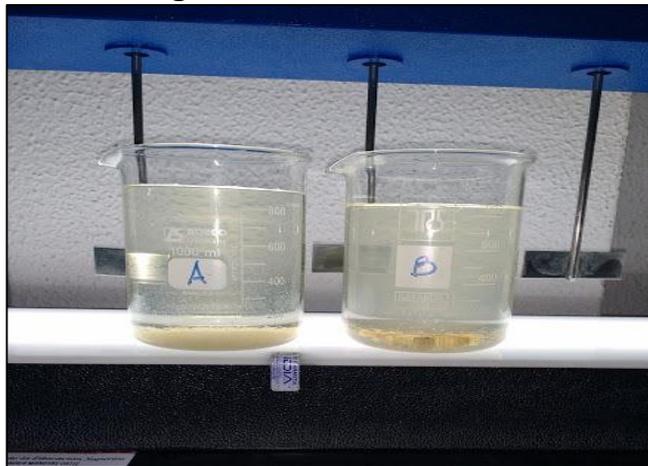
El pH en la muestra de agua cruda cumple con la resolución 2115 del 2007, sin embargo, las muestras de agua potable no cumplen con la resolución pues están por debajo de 6.5, por lo tanto, es un agua acida, debe garantizarse que sea agua neutra o alcalina. Un agua acida puede provocar enfermedades gastrointestinales, Resfriados y Alergias entre otros aspectos.

3.2. COLOR

“Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces etc. En diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el aluminio o el hierro.

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa.”⁶⁸ **Figura 24**

Figura 24. Color muestra 1



Fuente. Los autores

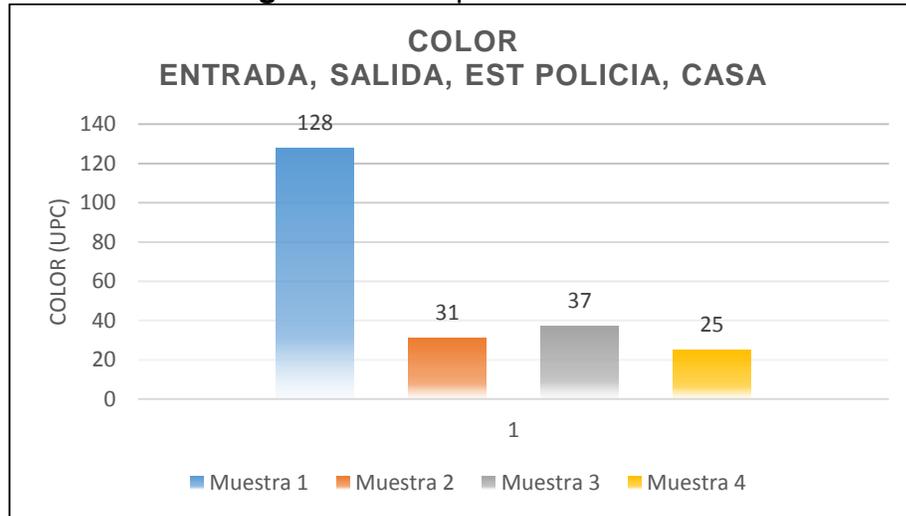
Tabla 15. Muestras de color

| TOMA DE MUESTRA | PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MÁXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|-----------|--------------------|-------|---------------------|--------|
| Muestra 1 | Color | Un platino cobalto | 128 | 15 | NO |
| Muestra 2 | | | 31 | | NO |
| Muestra 3 | | | 37 | | NO |
| Muestra 4 | | | 25 | | NO |

Fuente. Los autores

⁶⁸ *Ibid.*, p. 69.

Figura 25. Comparación de color



Fuente. Los autores

Por medio de la figura 25, se ilustra que la muestra 1 (agua cruda) está muy por encima de del valor permitido pues es de 128 UPC, por lo que el agua a la entrada de la PTAP llega con una alta cantidad de sedimentos, no cumple. Después del tratamiento se evidencia un cambio sustancial pues después del tratamiento se obtiene un valor de 32 UPC, sin embargo, junto a las otras 2 muestras el valor del color sigue siendo muy alto pues el valor mínimo de acuerdo a la resolución 2115 es de 15 UPC por lo que este parámetro no cumple el reglamento.

3.3. TURBIDEZ

“La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finalmente dividida, organismos plantónicos y microorganismos.”⁶⁹

⁶⁹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del agua. 1 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p, 67.

Figura 26. Turbidímetro



Fuente. Los autores

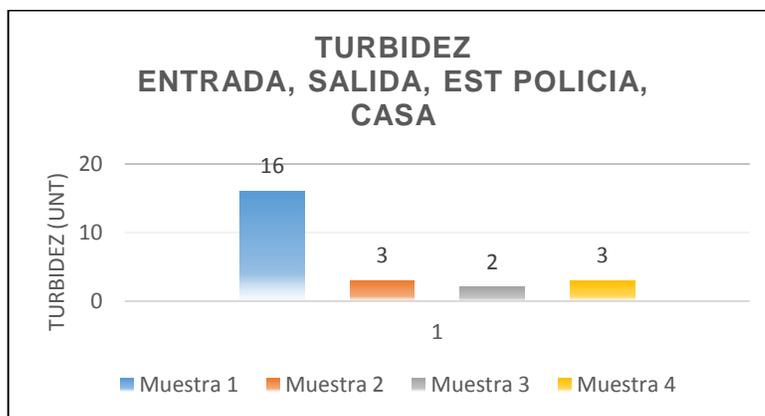
Tabla 16. Muestras de turbidez

| TOMA DE MUESTRA | PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MÁXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|-----------|--------|-------|---------------------|--------|
| Muestra 1 | Turbidez | UNT | 16 | 2 | NO |
| Muestra 2 | | | 3 | | NO |
| Muestra 3 | | | 2 | | SI |
| Muestra 4 | | | 3 | | NO |

Fuente. Los autores

En la gráfica 26 se evidencia que el agua que ingresa a la planta posee un valor alto de turbiedad, a la salida de la planta se ve un cambio significativo en esta característica y esta se intenta mantener en las muestras restantes (3 y 4). Sin embargo, de acuerdo a la normatividad vigente la turbiedad permitida es de 2 UNT, por lo que solo la muestra 3 cumple. Estos valores pueden verse afectado por diferentes características del agua dentro de la red de distribución, lo cual podría alterar los valores de la turbidez del agua.

Figura 27. Comparación turbidez



Fuente. Los autores

3.4. CONDUCTIVIDAD

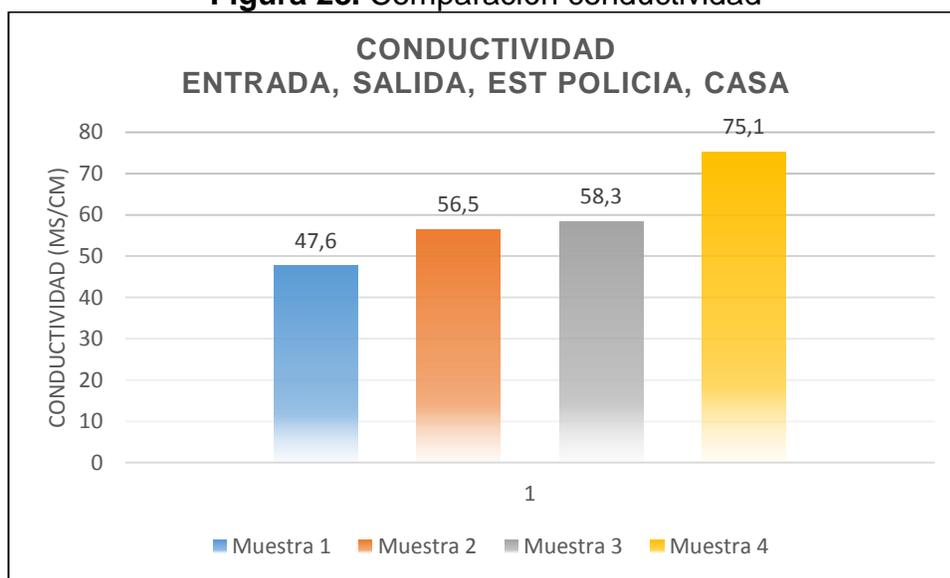
“La conductividad del agua es una expresión numérica que indica la habilidad para transportar una corriente eléctrica, depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón el valor de la conductividad, se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de solidos disueltos.”⁷⁰

Tabla 17. Muestras de conductividad

| TOMA DE MUESTRA | PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MÁXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|---------------|--------|-------|---------------------|--------|
| Muestra 1 | Conductividad | μs/cm | 47,6 | 1000 | SI |
| Muestra 2 | | | 56,5 | | SI |
| Muestra 3 | | | 58,3 | | SI |
| Muestra 4 | | | 75,1 | | SI |

Fuente. Los autores

Figura 28. Comparación conductividad



Fuente. Los autores

En la figura 28, se observa que el parámetro de la conductividad varía de forma ascendente, sin embargo cada uno de los datos obtenidos en laboratorio están por debajo del valor indicado en la resolución (1000μs/cm), por lo tanto este parámetro en las 4 muestras cumplen el criterio. No obstante se observa que la conductividad

⁷⁰ Ibid., p. 71.

aumenta después de haber sido tratada el agua y a medida de que una partícula de agua va recorriendo los tramos de tubería va creciendo este valor.

3.5. ALCALINIDAD

“En la coagulación química del agua, las sustancias usadas como coagulantes reaccionan para formar precipitados hidróxidos insolubles. Los iones H originados reaccionan con la alcalinidad del agua, y por tanto, la alcalinidad actúa como “buffer” del agua en un intervalo de pH en que el coagulante puede ser efectivo. Por consiguiente, para que ocurra una coagulación completa y efectiva es necesario un exceso de alcalinidad. En el ablandamiento del agua por métodos de precipitación, la alcalinidad es un dato necesario para el cálculo de la cantidad de cal y carbonato de sodio necesario para el proceso.

El método clásico para determinar el cálculo de la alcalinidad total es de las distintas formas de alcalinidad (hidróxidos, carbonato, y bicarbonatos) consiste en la observación de las curvas de titulación para estos compuestos, suponiendo que alcalinidades por hidróxidos y carbonatos no pueden coexistir en la misma muestra. La fenolftaleína y el metil naranja o el metacresol purpura y el bromocresol verde son los indicadores usados para la determinación de la alcalinidad. La fenolftaleína da un color rosado a pH mayores de 8,3 y vira a incolora por valores de pH menores a 8,3 el metil naranja es de color amarillo en presencia de formas de alcalinidad, o sea pH mayor de 4,5, y vira a color naranja en condiciones acidas; el metacresol purpura cambia de color a pH 8,3 y el bromocresol verde lo hace a pH 4,5.”⁷¹

Figura 29. Metil naranja para determinar alcalinidad.



Fuente. Los autores

Se realizó el siguiente análisis para obtener la alcalinidad para el agua de entrada

⁷¹ *Ibid.*, p, 79.

1.0 ml de ácido sulfúrico + 0.5 ml de hidróxido de sodio = 1.5 ml consumidos
 1.5 ml * 10 = 15 mg/ de CaCo3

Tabla 18. Muestras de alcalinidad

| TOMA DE MUESTRA | PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MÁXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|-------------|---------------------------|-------|---------------------|----------------------|
| Muestra 1 | Alcalinidad | mg/l de CaCO ₃ | 15 | 200 | SI SI SI SI |

Fuente. Los autores

Considerando los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007 el valor máximo permitido de alcalinidad es 200 mg/L CaCO₃, para la muestra 1 este valor cumple a cabalidad.

3.6. CLORO RESIDUAL

El cloro residual libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. Se caracteriza por ser fuertemente oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos (en especial bacterias) y numerosos compuestos causantes de malos sabores. La OMS señala que no se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable.⁷²

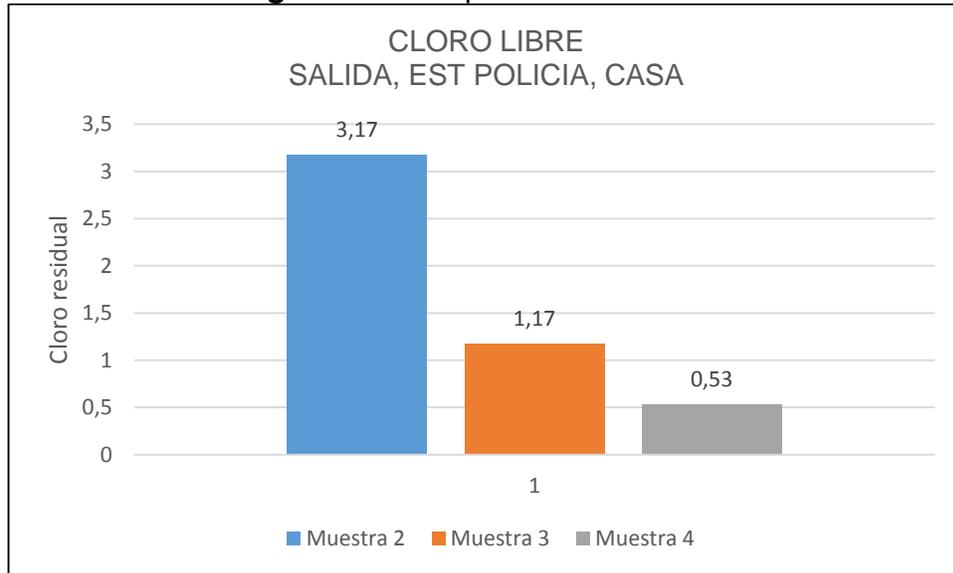
Tabla 19. Muestras de cloro residual

| TOMA DE MUESTRA | PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | VR MAXIMO ACEPTABLE | CUMPLE |
|-----------------|----------------|--------|-------|---------------------|--------|
| Muestra 2 | Cloro residual | mg/l | 3,17 | 0,3 - 2,0 | NO |
| Muestra 3 | | | 1,17 | | SI |
| Muestra 4 | | | 0,53 | | SI |

Fuente. Los autores

⁷² Agua, Agbar. Fichas sobre calidad del agua. [En línea]. Bogotá D.C. Citado [09 octubre 2018]. Disponible en: < <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf> >

Figura 30. Comparación cloro libre



Fuente. Los autores

En la figura 30, se compara el parámetro de cloro residual en la salida de la PTAP, en la estación de policía y en el punto domiciliario, teniendo estos dos últimos el valor adecuado para un agua apta para consumo humano. La falencia radica en la muestra a la salida, pues este valor está muy por encima, ya que, el cloro debe estar entre un rango de 0.3 – 2.0 mg/l.

Tabla 20. Análisis biológicos muestras 1 y 4

| Muestra N°1 | | | |
|-------------------------------|------------|----------------------|------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | MÉTODO ANALÍTICO |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100ml | 2420x10 ¹ | SM 9223 B |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O2 | 10,8 | SM5210 B-4500-OG |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O2 | <32.0 | SM5220 D |
| Muestra N°4 | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | MÉTODO ANALÍTICO |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100ml | 102x10 ¹ | SM 9223 B |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O2 | 12,2 | SM5210 B-4500-OG |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O2 | <32.0 | SM5220 D |

Fuente. Los autores

Se realizaron las pruebas de DBO y DQO para las muestras 1 y 4, para así conocer las características biológicas y químicas de la muestra 1, esta corresponde al agua cruda, se compara con el agua de la muestra 4, donde esta pertenece al punto lejano de la planta de tratamiento, donde esta agua ya cumple con el proceso de potabilización.

En los análisis a realizar es de importancia que los resultados de DBO sean nulos, ya que esto significaría que no hay oxígeno para posibles microorganismos en el agua que es tratada lista para su distribución por la red del municipio. (Ver ANEXO 3)

4. PERCEPCION DEL AGUA POTABLE

En este capítulo se hará mención de la percepción de la comunidad acerca del agua que utilizan para su consumo diario, también sobre las enfermedades que suscitan (en caso de que se hayan presentado algún caso) y la calidad del recurso natural.

Para dar paso a lo anteriormente expuesto, se realizó la encuesta dirigida a los usuarios del acueducto. Se seleccionaron algunas personas que estuvieran ubicadas cerca de los puntos de muestreo.

La encuesta fue realizada a los pobladores del casco urbano del municipio, se realizaron en total 52 encuestas enfocando los puntos de realización de estas de acuerdo a dos puntos de muestreo establecidos en el capítulo 2, estos puntos son la estación de policía (muestra 3) y el predio (muestra 4), se consideró que realizar las encuestas alrededor de estos dos puntos arrojaría datos que se pueden comparar respecto a lo plasmado en el capítulo 3. Esta encuesta se realizó en el mes de octubre del 2018 a 26 personas a los alrededores del punto de toma de muestra 3 y 26 personas a los alrededores del punto de toma de muestra 4.

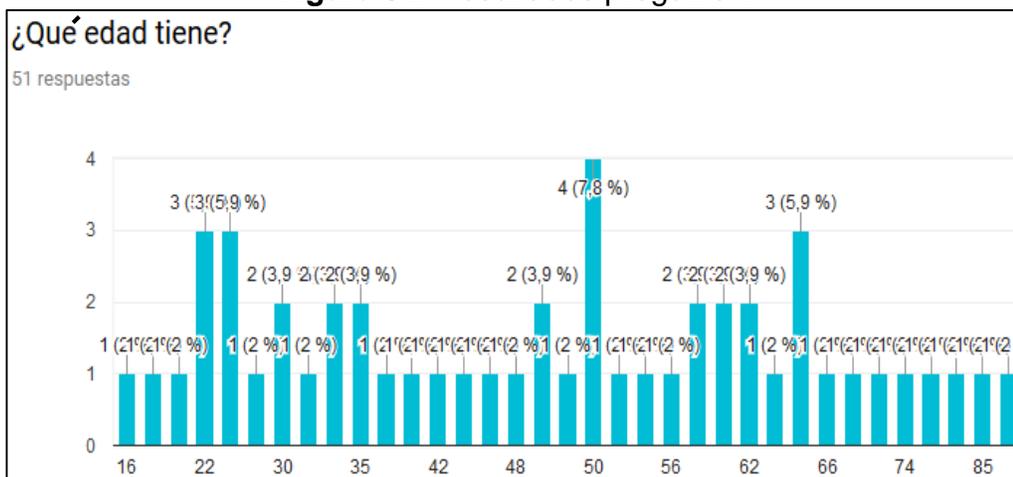
No se hicieron encuestas alrededor de los puntos de muestreo 1 y 2 ya que éstos corresponden con la entrada y salida de la planta de tratamiento (zona rural sin beneficiarios)

Esta encuesta consta de 9 preguntas, se componen de 3 secciones, la primera sección brinda información preliminar acerca de la persona encuestada, información como la edad y el tiempo de que lleva viviendo en el municipio muestra si el individuo tiene la suficiente experiencia para poder dar una opinión certera. Las secciones 2 y 3 brindan información específica del tema de la calidad del agua. Los resultados se presentan a continuación:

4.1. SECCIÓN 1

Pregunta 1 ¿Qué edad tiene? La mayoría de las personas están entre la edad de 20 a 60 años, destacando que: 4 personas correspondiente a 7.8% de total de encuestados tienen 50 años, 3 personas correspondientes al 5.9% del total de encuestados tienen 22 años, 3 personas correspondientes al 5.9% del total de encuestados tienen 23 años, 3 personas correspondientes al 5.9% del total de encuestados tienen 65 años, las personas que tienen una edad entre 30 a 35 años representan 13.7% de los encuestados, las personas que están en el rango de edad entre los 65 a 90 años representan el 16% de la los encuestados

Figura 31. Resultados pregunta 1



Fuente. Los autores

Para la pregunta 2 ¿hace cuánto vive en el municipio? 35 personas correspondientes al 67.3% de los encuestados respondió a que hace más de 9 años vive en Silvania, 10 personas correspondientes al 19.2% de 1 a 3 años, 5 personas correspondientes al 9.6% de 6 a 9 años y solo 2 personas que corresponden al 3.8% viven en el municipio de 3 a 6 años.

Figura 32. Resultados pregunta 2

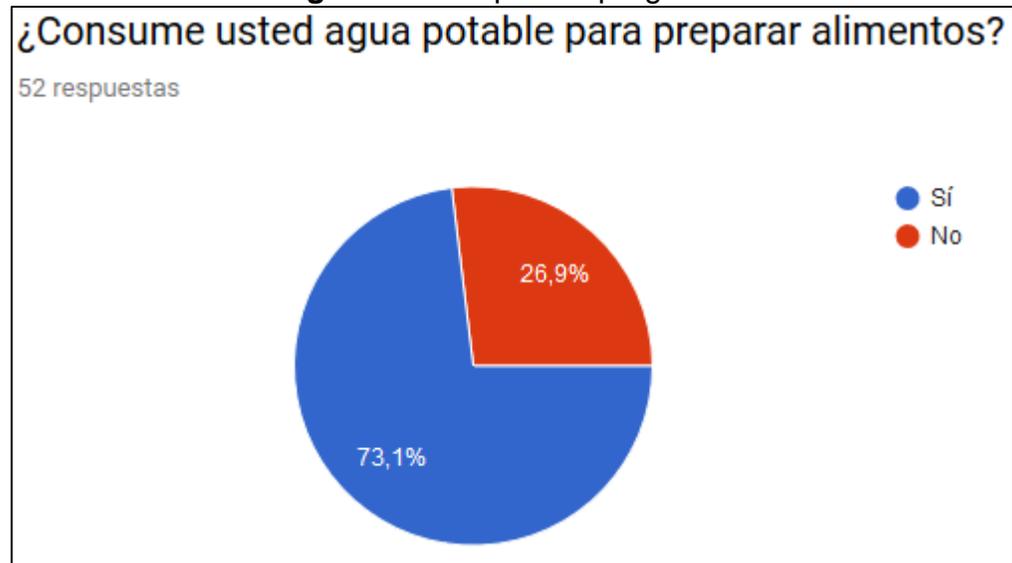


Fuente. Los autores

Con los datos obtenidos hasta el momento, los resultados que se obtendrán de aquí en adelante tendrán un alto porcentaje de confiabilidad, pues, queda demostrado que la mayoría de la gente encuestada tiene la edad necesaria para dar una opinión confiable respecto diferentes problemáticas, de acuerdo a sus vivencias. Además viven en el municipio hace más de una década, por lo que se refuerza cualquier opinión que ellos tengan.

La pregunta 3 ¿Consume usted agua potable para preparar alimentos? El 73% (38 personas) respondieron que no tienen inconveniente al usar el agua que brinda el acueducto del municipio para cocinar, sin embargo 14 personas de las encuestadas que corresponden al 26.9% no usan el agua potable para sus usos alimenticios.

Figura 33. Respuesta pregunta 3



Fuente. Los autores

A partir de esta pregunta se divide la encuesta en 2 secciones, de acuerdo a lo que se respondió en esta pregunta. En este caso 38 personas respondieron las preguntas de la sección 2, por lo tanto los 12 faltantes respondieron la sección 3. La intención es reconocer diferentes hábitos de la gente para conocer que los lleva a tomar decisiones y si estos inciden en aspectos de calidad del agua.

4.2. SECCIÓN 2

Para la pregunta 4: ¿Toma usted precauciones con el agua potable para cocinar? El 63.2% de los encuestados si toma sus precauciones con el agua potable que utilizan para cocinar, el resto de personas considera que no tienen que hacerle algún paso o procedimiento al agua que usan para cocinar, pues confían en su tratamiento.

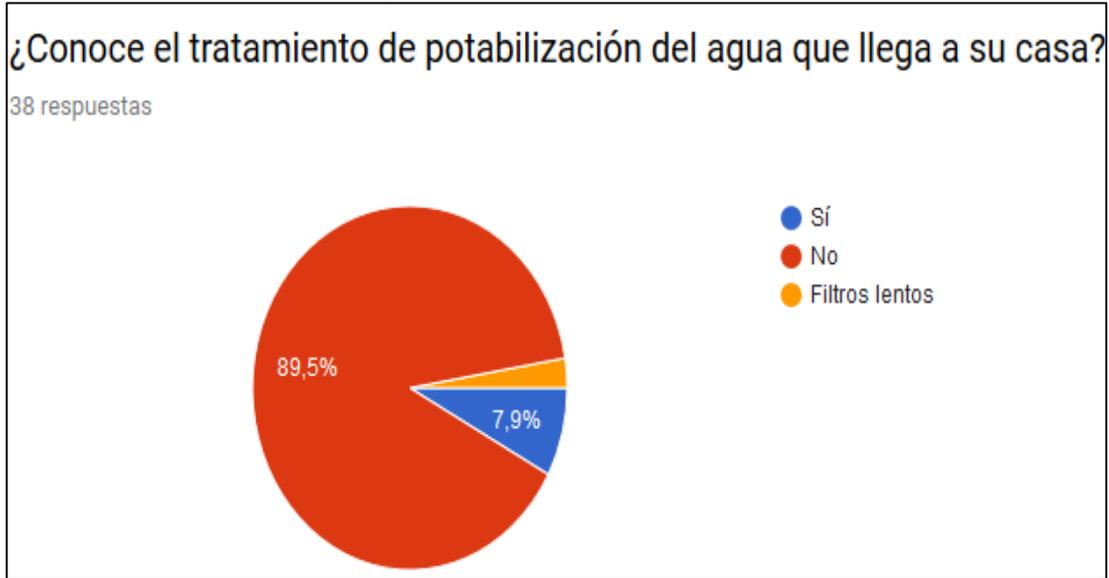
Figura 34. Respuestas pregunta 4



Fuente. Los autores

A la quinta pregunta: ¿Conoce el tratamiento de potabilización que llega a su casa? El 89.5% 34 personas no tienen conocimiento de cómo tratan el agua que usan, el 7.9% 3 personas han escuchado de algún proceso pero solo el 2.6% 1 persona sabe que el filtro lento lo utilizan en la PTAP para eliminar impurezas de agua.

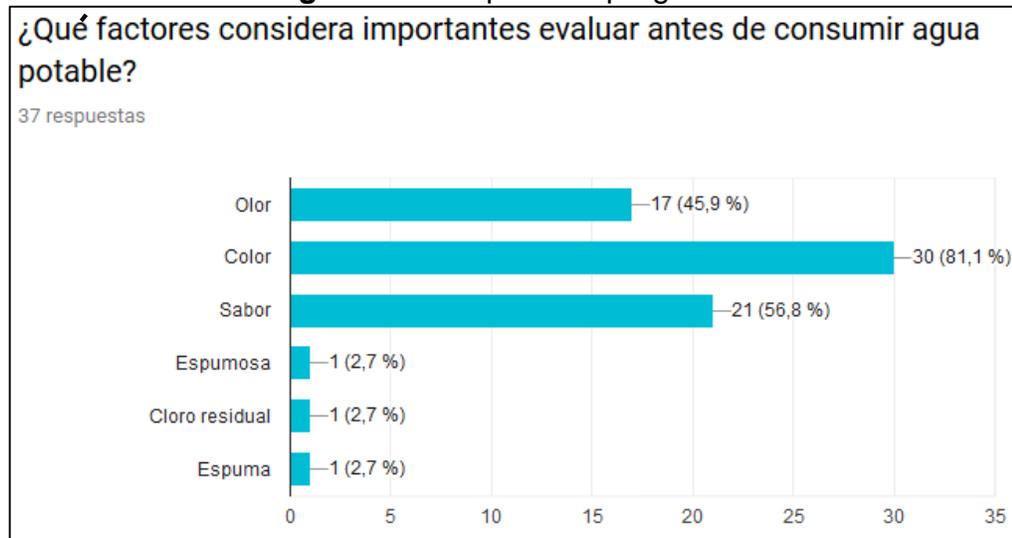
Figura 35. Respuesta pregunta 5



Fuente. Los autores

En la sexta pregunta ¿Qué factores considera importantes evaluar antes de consumir agua potable? El 45.9% 17 personas consideran que el olor es un aspecto importante evaluar, el 81.1% 30 personas dicen que el color es fundamental para su evaluación y posterior consumo, el 56.8% 21 personas contemplan que el sabor es imprescindible para consumirla, sin embargo, el 8.1% 3 personas dicen que hay otros factores que los inquietan como el cloro que está presente en el agua y la “espuma”.

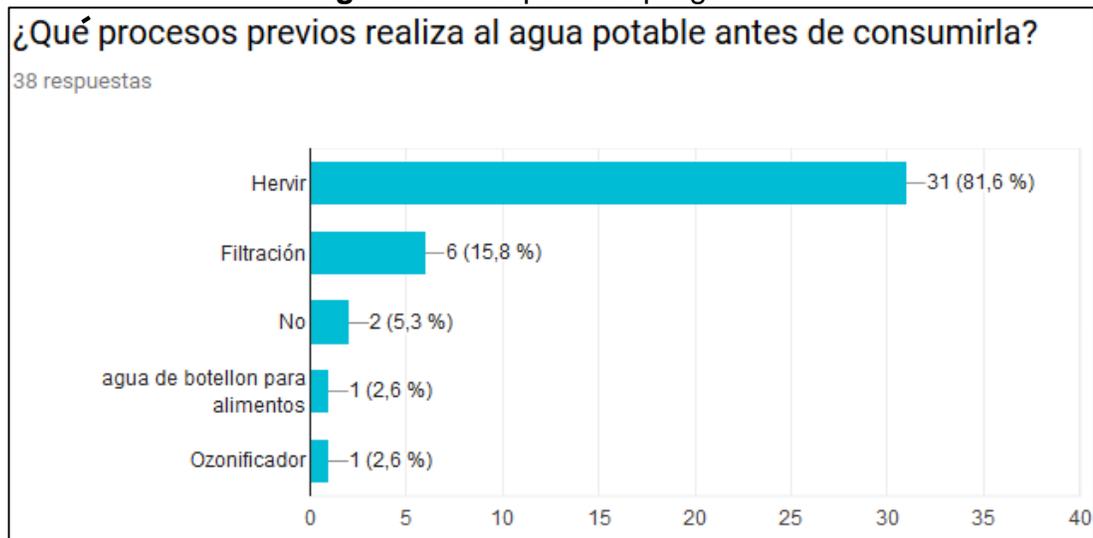
Figura 36. Respuestas pregunta 6



Fuente. Los autores

Para la séptima pregunta ¿Qué procesos previos realiza al agua potable antes de consumirla? El 81.6% 31 personas prefiere hervir el agua para eliminar cualquier impureza, el 15.8% 6 personas prefiere filtrar el agua, pero solo el 2.6% 1 persona filtra el agua por medio del ozonificador, el 5.3% 2 personas no realizan ningún proceso previo.

Figura 37. Respuestas pregunta 7



Fuente. Los autores

Con respecto a la pregunta 8 ¿Cómo considera usted la calidad del agua que llega a su casa? El 50% 19 personas consideran su calidad regular, el 47.4% 18 personas consideran su calidad en buenas condiciones, mientras que solo el 2.6% 1 persona dice que la calidad del agua no es la mejor.

Figura 38. Resultados pregunta 8



Fuente. Los autores

De acuerdo al tema estudiado en el presente trabajo se destacan varias cosas:

La planta de tratamiento tiene un funcionamiento que si bien no es completamente eficiente, por lo menos suple las necesidades básicas de la población que beneficia. Sin embargo, no se puede desconocer que con un poco de esfuerzos técnicos y recursos económicos, puede llegar a funcionar al 100%, abasteciendo no solamente las necesidades de la comunidad, sino prestando un servicio todos los días del año, sin interrupciones.

La anterior apreciación se basa en que los resultado del laboratorio muestran que la calidad es en cuanto a los parámetros es (aceptable) en relación a la aplicación de la resolución 2115 del 2007.

De otro lado las encuestas muestran que la comunidad tiene una mala imagen de la empresa que presta el servicio en relación con la calidad del agua que consumen, pero de acuerdo a los análisis practicados al agua, se evidencia que en términos generales el agua es de buena calidad, exceptuando el tema de pH el cual no cumple de cara a la normatividad ya mencionada. Para solucionar éste tema, la empresa prestadora del servicio debería implementar soda caustica para neutralizar el pH para manejar valores dentro de la norma.

Es de suma importancia mencionar que a pesar que el agua sale de la planta de tratamiento con condiciones aceptables, los usuarios la reciben con características un poco desmejoradas, esto posiblemente a la falta de aseo en tanques de almacenamiento y posiblemente a la implementación de tubería galvanizada en la acometida de la vivienda. Para solucionar ello, sería importante que desde los entes municipales se propendiera por hacer campañas de aseo a los tanques de almacenamiento periódicamente.

Finalmente, el desarrollo del presente trabajo permite la comprobación de las características fisicoquímicas del agua del municipio de Sylvania, frente a la percepción de los usuarios, analizando las posibles causas y emitiendo las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5. CONCLUSIONES

- Se determinaron los parámetros físicos y químicos del agua en los 4 sectores de muestreo. Por medio de los análisis realizados a las muestras del agua obtenida, se concluye que no se cumple en totalidad con los parámetros establecidos en la resolución 2115 del 2007. Algunos factores que no cumplieron con la resolución son: Aunque cabe resaltar que estos valores pueden verse afectados por factores ajenos al tratamiento que alteren sus características, como la temperatura, el material de conducción del agua y mantenimientos en la red.
- De acuerdo a la encuesta realizada, el sabor es uno de los aspectos más importantes para la población a la hora de consumir agua, esta característica va asociada con el pH, parámetro que en el análisis, presenta diferencias, pues los resultados muestran, que el agua, tiene un pH ácido de 4.64, cuando el pH indicado para el consumo debe estar en el rango de 6.5 a 9, por lo tanto, al ser acida puede disolver iones metálicos, haciendo que ocasionen daños en tuberías y accesorios, en el caso que la red de distribución este en material galvanizado. Además para el consumidor no sería agradable tomar agua por el sabor producto de la corrosión.
- El proceso de cloración que realizan en la planta, es de tipo granulado, esto con el fin de eliminar agentes patógenos. Se determinó que el cloro a la salida no cumple con la resolución 2115, pero a medida que el líquido va recorriendo la red, esta valor baja hasta cumplir con lo que solicita la resolución (1.17mg/l), lo que quiere decir que cuando llega al consumidor está dentro del rango; sin embargo en las encuestas, la comunidad manifestó que en varias ocasiones, el agua llega con un olor a cloro muy fuerte, por lo que como se refleja en la pregunta 6 este aspecto es el tercer factor más importante para el consumidor cuando utiliza agua potable.
- Por medio de la encuesta realizada a la comunidad, se identifica un descontento con el servicio de agua, debido a que gran parte de ellos, desconfía del proceso de potabilización por datos reportados en la encuesta. Además de los seguidos cortes de agua, hacen que la planta no logre su eficiencia total.
- En aspectos generales, la comunidad dice que la calidad del agua es buena, sin embargo, con el fin de mejorar aspectos de calidad de vida, el

mantenimiento y lavado de los tanques de almacenamiento de cada casa del municipio, es una gran medida para evitar infecciones o enfermedades a futuro producto del agua almacenada.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda agregar al tratamiento soda caustica, si es posible, en los puntos de control por parte del acueducto del municipio, para que de esta manera se maneje un pH entre los valores normales, (6,5 – 8,5) debido a que, al salir de la planta el agua es acida.
- Se identifica que la cloración realizada por la planta de tratamiento disminuye a lo largo del recorrido del agua por la red de distribución, se recomienda la implementación de estaciones de cloro, para que de esta manera se mantengan los niveles de cloro uniformes sobre la red de distribución y la planta de tratamiento.
- Si se evalúa generalmente las características físico-químicas del agua problema, se evidencia que la PTAP brinda agua de calidad, sin embargo es importante precisar para una continuación a este trabajo, indicar la dosis de coagulante para mejorar estas características y que el proceso de tratamiento sea el esperado por el municipio.
- Se recomienda que por parte del municipio, realicen campañas de aseo e higiene para la comunidad, creando así conciencia sobre la importancia de lavar los tanques de almacenamiento de agua, lo cual puede reducir enfermedades.
- Aunque se evaluaron aspectos físico-químicos que dan un gran parte de evaluación por medio del muestreo simple, se podría mejorar realizando un muestreo compuesto acompañado de otras pruebas como lo son el ensayo de dureza total, ensayo de aluminio, hierro total, entre otras. Porque con este tipo de muestreo en se tiene un registro más exacto sobre la calidad del agua del municipio.
- Como actividad adicional a este trabajo, la verificación del buen funcionamiento de las estructuras hidráulicas de la PTAP, puede complementar la evaluación de la calidad del agua del municipio.
- La implementación de un modelo de calidad del agua, que permita obtener resultados para toda la red, a partir del insumo, producto de los puntos de monitoreo realizados, puede arrojar datos muy precisos sobre el tipo de agua

que consumen los habitantes del municipio de silvania. Dicha implementación puede realizarse por el software EPANET.

- se recomienda que por parte de la universidad inviten más a realizar estos proyectos de enfoque social ya que de cierta manera se beneficia a una comunidad necesitada y se ponen a prueba los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera

7. ANEXOS

ANEXO 1

| | | | |
|---|--|---|------|
|  | | "CORPORACION NACIONAL PARA EL DESARROLLO SOCIOCOMUNITARIO" NIT: 900536175-6 | |
| Sitio: Calle 12 No 4-20 | | Silvania, Cundinamarca | |
| FECHA DE REUNIÓN | 12 | 09 | 2017 |
| | HORA | 15:00 | |
| ACTA No. | | | |
| OBJETO: | Identificar el alcance de los trabajos que se ejecutarían con ocasión del proyecto de grado de Camilo Martínez y Diego Arias, de cara a las necesidades presentadas por la comunidad de Silvania. | | |
| PARTICIPANTES: | Camilo Andrés Martínez y Diego Antonio Arias, estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia. Gaspar Alfonso Prieto González, Coordinador de Proyectos de la Corporación Nacional para el Desarrollo Sociocomunitario CODESCOM. | | |
| DESARROLLO ORDEN DEL DÍA: | | | |
| <p>El día 12 de septiembre de 2017 a las 15:00 en el municipio de Silvania se realizó una reunión entre el señor Gaspar Alfonso Prieto González, en su calidad de Coordinador de Proyectos de la Corporación Nacional para el Desarrollo Sociocomunitario CODESCOM, y los señores Camilo Andrés Martínez y Diego Antonio Arias, en representación de la Universidad Católica de Colombia, con motivo de darle alcance a las necesidades que presentan la comunidades atendidas por CODESCOM, de cara al desarrollo del trabajo de grado de los alumnos.</p> <p>La Corporación presenta una serie de proyectos, entre los cuales pone de manifiesto la necesidad de determinar la calidad de la fuente de abastecimiento. Respecto a lo anterior ellos manifiestan estar altamente preocupados debido a que hay indicios de que dicho cuerpo de agua parece estar contaminado y esta situación ha sido la limitante para la asignación de recursos en diversos proyectos en los cuales se han postulado.</p> <p>Entendiendo la problemática y con el ánimo de querer ayudar a la comunidad, los estudiantes Camilo Andrés Martínez y Diego Antonio Arias se comprometen a adelantar las siguientes actividades para poder abordar la situación planteada por la Corporación, y de esta manera proyectar el trabajo de grado en beneficio de una comunidad que necesita el apoyo técnico.</p> | | | |
| 01. Realizar una encuesta midiendo el nivel de satisfacción del usuario o Comunidad. 02. Realizar análisis de los resultados obtenidos por medio de la estadística. 03. Revisión bibliográfica de archivos y/o documentos que pueda suministrar la Alcaldía o en su defecto algún otro ente público del municipio. 04. Análisis de los resultados que arroje el laboratorio. 05. Toma de muestras. | | | |
| CALLE 8 No 5-28 SILVANIA CUNDINAMARCA TEL: 3114891775 - 3112136152 EMAIL: codescomnacional20@gmail.com | | | |



"CORPORACION NACIONAL PARA EL
DESARROLLO SOCIOCOMUNITARIO"

NIT: 900536175-6

06. Realizar muestras de laboratorio
07. Analisis de resultados
08. Prácticas de alternativas utilizadas en la actualidad para mejorar el Abastecimiento de agua
09. Analisis de cada alternativa de acuerdo a los criterios establecidos
10. Valoración cualitativa de cada alternativa
11. Valoración cuantitativa de las alternativas más potenciales, de acuerdo al Grado XXI que se aproximen a los resultados deseados.

CEDESCOM acepta el alcance que le proponen los estudiantes de Ingeniería Civil Camilo Andres Martínez y Diego Antonio Anas.

COMPROMISOS

1. El estudiante Camilo Andrés Martínez y Diego Antonio Anas se comprometen a ejecutar el proyecto anteriormente descrito y a tener permanentemente comunicación con el señor Gaspar Alfonso Prieto González para socializar el avance de las actividades.
2. Los estudiantes Camilo Andrés Martínez y Diego Antonio Anas se comprometen a entregar una copia del trabajo terminado tanto en físico como en medio magnético una vez sea avalado por el comité evaluador de la Universidad Católica de Colombia.
3. El señor Gaspar Alfonso Prieto González, se compromete a prestar acompañamiento en todas las visitas que se realicen para avanzar en los procesos que sean derivados del trabajo de grado de los estudiantes.

FIRMAS:

| | |
|---|--|
| |  |
| Camilo Andres Martínez CC 101279622 Bogotá | Gaspar Alfonso Prieto González CC 3170317 Silvania, Cundinamarca |
| Diego Antonio Anas CC 1014260891 Bogotá | |

CALLE S No 5-28 SILVANIA CUNDINAMARCA TEL: 3114891775 - 3112136152 EMAIL:
ccdescomnacional10@gmail.com

ANEXO 2: Resultados de laboratorio IHA



INSTITUTO DE HIGIENE AMBIENTAL S.A.S.
EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA ENFOCADAS A LA SOLUCIÓN
DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

AGUA - AIRE - RESIDUOS SÓLIDOS
CARACTERIZACIÓN - TRATAMIENTO - DISPOSICIÓN
Nit: 830.113.152-8

Bogotá D.C., Abril 06 de 2018.

180406-02

Señores
CAMILO MARTINEZ
Carrera 88ª #21-75 / casa 159
3212166909
Bogotá.

Con la presente hacemos envío y entrega de los documentos relacionados a continuación:

- Cuenta de cobro No. 012018-04
- Informe de laboratorio No. 90003
- Informe de laboratorio No. 90002

Cordialmente,

ING. LINA MARIA PARRA S.
GERENTE GENERAL



Calle 25 F N° 84 B – 47 PBX: 263 23 00 – 605 72 29 Email: servicioalcliente@ihatda.com
www.laboratoriosiha.com Bogotá - Colombia



INSTITUTO DE HIGIENE AMBIENTAL S.A.S.
EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA ENFOCADAS A LA SOLUCIÓN
DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

AGUA - AIRE - RESIDUOS SÓLIDOS
CARACTERIZACIÓN - TRATAMIENTO - DISPOSICIÓN
NIT: 830.113.152-8

CUENTA DE COBRO No. 012018-04

Ciudad : Bogotá D.C. Fecha: Abril 09 de 2018
Señor: **CAMILO MARTINEZ** NIT: 1012379622
Dirección: Carrera 88 A N 21-75 Casa 159 Ciudad: Bogotá
Tel.: 3212166909

DEBE A:

INSTITUTO DE HIGIENE AMBIENTAL S.A.S
CC 830.113.152.8

POR CONCEPTO DE:

INFORME Y ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA INFORME No 90002 90003

EL VALOR DE: (378.182)

SON: TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL CIENTO OCHENTA Y DOS PESOS
MCTE (\$378.182)

Atentamente,



INSTITUTO DE HIGIENE AMBIENTAL S.A.S.
NIT.830.113.152-8

LINA MARIA PARRA SIERRA
DIRECTORA DE OPERACIONES



Calle 25 F N° 84 B – 47 PBX: 263 23 00 – 605 72 29 Email: servicioalcliente@ihalda.com
www.laboratoriosiha.com Bogotá - Colombia



INSTITUTO DE HIGIENE AMBIENTAL S.A.S.
EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA ENFOCADAS A LA SOLUCIÓN
DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.



AGUA - AIRE - RESIDUOS SÓLIDOS
CARACTERIZACIÓN - TRATAMIENTO - DISPOSICIÓN
Nit: 830.113.152-8

| | |
|-------------------------------|--|
| INFORME DE LABORATORIO | PROCESO MISIONAL Código: OP-R-24 Versión: 06 |
|-------------------------------|--|

FECHA DE EMISIÓN: 26 de Marzo de 2018

INFORME No: 90002

| DATOS DEL CLIENTE | | | |
|-------------------|-------------------------------|---------------|--------------|
| Empresa: | CAMILO ANDRES MARTINEZ VARGAS | Teléfono: | 3212166909 |
| Solicitante: | CAMILO ANDRES MARTINEZ VARGAS | Ciudad: | BOGOTA |
| Dirección: | CARRERA 88A #21-75 CASA 159 | Departamento: | CUNDINAMARCA |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|----------------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| Fecha de muestreo: | 4-mar-18 | Muestreado por: | Cliente |
| Fecha de recepción: | 7-mar-18 | Tipo de muestreo: | Puntual |
| Fecha de análisis: | 8-mar-18 a 20-mar-18 | Hora de muestreo: | 10:30 |
| Sitio de muestreo: | AGUA CRUDA | Municipio: | Silvania |
| Clase de muestra: | AGUA CRUDA | Departamento: | Cundinamarca |
| Empresa generadora: | N.R. | Coordenadas: | N.R. |
| Procedimiento de muestreo: | OP-G-001 | Plan de Muestreo: | N.A. |

| PARAMETRO | UNIDADES | RESULTADO | METODO ANALITICO |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 2420x10 ⁴ | SM 9223 B |
| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO | mg/L de O ₂ | 10,8 | SM 5210 B-4500-OG |
| DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO | mg/L de O ₂ | <32,0 | SM 5220 D |

NOTA: El presente documento es válido únicamente si tiene el sello seco.
(SUB) Parámetro Subcontratado
** Parámetro medido en campo
N/R: No Reporta

| OBSERVACIONES: ESTE RESULTADO CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENSAYADA LA CONTRAMUESTRA SE RETENDRÁ HASTA EL: 18 de Abril de 2018 | CONDICIONES AMBIENTALES | | |
|--|-------------------------|-----------|--------------|
| | Temperatura °C | Humedad % | Presión Atm. |
| | 20 ± 1 | 49 ± 5 | 560 mm Hg |

VIVIANA ORTIZ
Coordinadora de Laboratorio
MP. PQ - 4495
Revisó y Aprobó

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL LABORATORIO
Acreditado ISO17025:2005. Resoluciones 1883:2015, 0286:2016, 1331:2017 y 1975:2017 del IDEAM
Parámetros acreditados en www.laboratoriosiha.com - www.ideam.gov.co



| | |
|-------------------------------|--|
| INFORME DE LABORATORIO | PROCESO MISIONAL Código: OP-R-24 Versión: 06 |
|-------------------------------|--|

FECHA DE EMISIÓN: 26 de Marzo de 2018

INFORME No: 90003

| DATOS DEL CLIENTE | | | |
|-------------------|-------------------------------|---------------|--------------|
| Empresa: | CAMILO ANDRES MARTINEZ VARGAS | Teléfono: | 3212165909 |
| Solicitante: | CAMILO ANDRES MARTINEZ VARGAS | Ciudad: | BOGOTA |
| Dirección: | CARRERRA 88A #21-75 CASA 159 | Departamento: | CUNDINAMARCA |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|----------------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| Fecha de muestreo: | 4-mar-18 | Muestreado por: | Cliente |
| Fecha de recepción: | 7-mar-18 | Tipo de muestreo: | Puntual |
| Fecha de análisis: | 8-mar-18 a 20-mar-18 | Hora de muestreo: | 15:00 |
| Sitio de muestreo: | ANCIANATO | Municipio: | Silvania |
| Clase de muestra: | AGUA POTABLE | Departamento: | Cundinamarca |
| Empresa generadora: | N.R. | Coordenadas: | N.R. |
| Procedimiento de muestreo: | OP-G-001 | Plan de Muestreo: | N.A. |

| PARAMETRO | UNIDADES | RESULTADO | METODO ANALITICO |
|-------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 102x10 ⁴ | SM 9223 B |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O ₂ | 12.2 | SM 5210 B-4500-OG |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO | mg/L de O ₂ | <32.0 | SM 5220 D |

NOTA: El presente documento es válido únicamente si tiene el sello seco.
(SUB) Parámetro Subcontratado
** Parámetro medido en campo
N/R: No Reporta

| OBSERVACIONES: ESTE RESULTADO CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENSAYADA LA CONTRAMUESTRA SE RETENDRÁ HASTA EL: 18 de Abril de 2018 | CONDICIONES AMBIENTALES | | |
|--|-------------------------|-----------|--------------|
| | Temperatura °C | Humedad % | Presión Atm. |
| | 20 ± 1 | 49 ± 5 | 560 mm Hg |

VIVIANA ORTIZ
Coordinadora de Laboratorio
MP. PQ - 4495
Revisó y Aprobó

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL LABORATORIO
Acreditado ISO17025:2005. Resoluciones 1883:2015, 0286:2016, 1331:2017 y 1975:2017 del IDEAM
Parámetros acreditados en www.laboratoriosiha.com - www.ideam.gov.co

7.1. BIBLIOGRAFÍA

¹ IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

¹ SIGNIFICADOS. Significado de diagnóstico [en línea]. Bogotá: [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://www.significados.com/diagnostico/>>

¹ PREZI. Fuentes hídricas de Villavicencio. [en línea]. Bogotá: Laura papa [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet <<https://prezi.com/qux5ae1tg7qz/fuentes-hidricas-de-villavicencio/>>

¹ ANDIA CARDENAS, Yolanda. Tratamiento del agua coagulación y floculación. Lima: SEDAPAL. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. 2000. 9 p.

¹ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

¹ DEFINICIÓN.DE. Concepto de comunidad [en línea]. Bogotá: [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://definicion.de/comunidad/>>

¹ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. El agua potable segura es esencial [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/glossary.html#gloss161>>

¹ IDEAM. Participación ciudadana – Glosario [en línea]. Bogotá: El instituto [citado 26 abril, 2018]. Disponible en internet: < <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>>

¹ GONZALEZ, Evangelina. Formación y desarrollo de Biofilms: Su impacto en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable. Buenos Aires. Especialización en seguridad alimentaria. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias

¹ ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del agua potable Vol. 3. Washington: 525 Twenty – Third Street NY, 1988; p. v.

¹ ALCALDIA LOCAL DE SILVANIA. Plan territorial de salud 2012 – 2015. Silvania – Cundinamarca. Secretaría local de salud. 2012. 34 - 35 p.

¹ SOSA CABALLERO, Álvaro Felipe. Diagnóstico del agua potable en el municipio de Silvania, planteando soluciones y alternativas en acueductos auto sostenibles. Trabajo de grado para obtener título de Ingeniero Civil. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Civil. 2016. 104 p.

¹ MARQUEZ FERNANDEZ, Olivia, ORTEGA MARQUEZ, Maritzel. Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. En: Revista mexicana de opinión pública. Julio – diciembre, 2017. no. 23, p. 41-59.

¹ RODRIGUEZ ALVAREZ, MS. Caracterización espacial y estacional del agua de consume proveniente de diversas Fuentes en una localidad periurbana de Salta. En: Revista Argentina de Microbiología. Septiembre 2016 – marzo 2017. P, 2-4

¹ PETRO, Ana Karina y WEES, Tatiana. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, caribe colombiano. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2013.

¹ ARENAS SUAREZ, Nelson Enrique; ABRIL HERRERA, Diego Andrés y MORENO MELO, Vilma. Evaluación de la calidad del agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz (Cundinamarca, Colombia). En: Archivos de medicina (Manizales), Julio-diciembre, 2017, vol.17 N° 2, p. 319-325.

¹ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Water resource issues and agriculture [on line]. The Institute [cited 11, September 2017]. Disponible en internet < <http://www.fao.org/docrep/003/t0800e/t0800e00.htm>>

¹ LONDOÑO ARANGO. Carlos Hernando. Cuencas hidrográficas, bases conceptuales y caracterización 2001 Ibagué. p 57.

¹ “Que es la precipitación”. [s.f]. [Citado el 10 de septiembre del 2017]. [en línea] disponible en :< <https://www.significados.com/precipitacion/>>.

¹ Manejo ambiental del recurso hídrico. [citado el 09 de septiembre del 2017]. [en línea]. Disponible en: < <http://manejohidrico.blogspot.com.co/2011/09/generalidades-del-agua.html>>.

¹ World Health Organization. [Cited, 09 September, 2017]. [Online]. Disponible en: < http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/>.

¹ IDEAM, lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Bogotá D.C. p. 179.

¹ FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. Etapas del proceso de potabilización de agua [En línea]. Bogotá D.C.: La empresa [Citado 22 de mayo del 2018]. Disponible en internet: <<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>>

¹ FERIAS Y NORMAS DE COLOMBIA SAS. Etapas de proceso de potabilización del agua [en línea]. Bogotá: Emmanuel Gil [citado 17 abril, 2018]. Disponible en internet: <<https://tratamientodeagua.co/agua-potable/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>>

¹ ROBLE.PNTIC. Toma de muestras [en línea]. Bogotá: [citado 17 abril, 2018]. Disponible en: <<http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/tomademu.htm>>

¹ Moliá, Rafael. Modulo: Abastecimiento y saneamiento urbano. Andalucía – España: EOI Escuela de Negocios. Master en Ingeniería Medio Ambiental y Gestión del Agua. Modalidad Maestría, 1987, p, 3.

¹ GESTION DEL AGUA. [Citado el 7 de octubre del 2017]. [En línea]. Disponible en: <<http://www.siac.gov.co/web/siac/calidadagua>>.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0811. (05, marzo, 2008). Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. Bogotá: El ministerio, 2008. P, 1-2.

¹ INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. ISBN: 978-958-13-0147-8. Bogotá: El instituto, 2011. 32-33 p.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, junio, 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El ministerio, 2007.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1575. (09, mayo, 2007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá: El ministerio, 2007.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Op. Cit. p, 8.

- ¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Constitución política. Art. 365.
- ¹ COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. Documento Conpes 3810. Bogotá: El consejo, 2014.
- ¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930. (25, octubre, 2010). por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo 2 del título VI – parte III – libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010.
- ¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594. (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI – parte III – libro II y el título III de la parte III – libro I del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: El ministerio, 1984.
- ¹ EPAM S.A. ESP. Metodología para la evaluación regional del agua documento síntesis (ERA). 2013. p 2
- ¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3430. (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título IV-parte III-libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010.
- ¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1443. (07, mayo, 2004). COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930. (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título IV-parte III-libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio, 2010. Bogotá: El ministerio, 2004.
- ¹ HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. Citado por JIMÉNEZ JIMÉNEZ, Cindy Yaneth y SABOGAL JIMÉNEZ, Miguel Ángel. Diagnóstico y optimización de la PTAP del municipio de Fómeque, (Cundinamarca). Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil, 2017. P 34.
- ¹ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Delimitación y localización subcuenca Rio Panches, informe POMCA-002 UT Bogotá D.C. p. 6.
- ¹ UBICACION DEL PROYECTO, Bogotá [citado 29 abril, 2018]. Disponible en internet:< www.silvania-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia>

¹ SECRETARIA LOCAL DE SALUD. Plan territorial de salud [en línea]. Bogotá: Alcaldía municipal de Silvanía [citado 19 septiembre, 2018]. Disponible en internet: <
<http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/silvaniacundinamarcapt s20122015.pdf>>

¹ SPELLMAN, Frank R, DRINAN, Joanne Manual del agua potable. 1 ed. Zaragoza. CRC Press. 2000. 141 p.

¹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del agua. 1 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p, 67.

¹ Agua, Agbar. Fichas sobre calidad del agua. [En línea]. Bogotá D.C. Citado [09 octubre 2018]. Disponible en:< <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/f>