

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	<b>Documento</b> FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	<b>Código</b> F-AC-DBL-007	<b>Fecha</b> 10-04-2012	<b>Revisión</b> A
	<b>Dependencia</b> DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	<b>Aprobado</b> SUBDIRECTOR ACADEMICO		<b>Pág.</b> 1(92)

### RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	<b>EDDY LORENA JAIME CRIADO LUIS IVÁN SANABRIA PÉREZ</b>		
FACULTAD	<b>DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>		
DIRECTOR	<b>YEENY LOZANO LÁZARO</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA POTABILIZACION EN EL CONDOMINIO CAMPESTRE LAS HELICONIAS, CORREGIMIENTO VILLA SAN ANDRÉS MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR</b>		
<b>RESUMEN</b> <b>(70 palabras aproximadamente)</b>			
<p>EL CONSUMO DE AGUA CRUDA AFECTA LA SALUD DE LA POBLACIÓN A NIVEL MUNDIAL, EL TRATAMIENTO DE ESTAS AGUAS SE HACE INDISPENSABLE PARA GARANTIZAR EL CONSUMO HUMANO SIN EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD. EN ESTE PROYECTO SE DETERMINÓ UN PROCESO DE PRESEDIMENTACIÓN, SEDIMENTACIÓN Y DESINFECCION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, YA QUE EL AGUA PRESENTA BAJA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINACIÓN, DE ESTA MANERA SE GARANTIZÓ EL AGUA ACTA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CONDOMINIO CAMPESTRE LAS HELICONIAS CORREGIMIENTO DE VILLA DE SAN ANDRES.</p> <p style="text-align: center;">. .</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 92	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 14	CD-ROM: 1



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA DETERMINACIÓN DEL  
TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA POTABILIZACIÓN EN EL CONDOMINIO  
CAMPESTRE LAS HELICONIAS, CORREGIMIENTO VILLA SAN ANDRÉS MUNICIPIO  
DE AGUACHICA, CESAR

Autores:

EDDY LORENA JAIME CRIADO

LUIS IVÁN SANABRIA PÉREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director:

YEENY LOZANO LÁZARO

Especialista en gestión ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

## Dedicatoria

*A Dios, por proveernos la sabiduría y el conocimiento para el desarrollo del proyecto.*

*A nuestros padres y familiares, por el esfuerzo, apoyo incondicional y colaboración.*

*A nuestros docentes por su guía, por formarnos y compartir sus conocimientos.*

## Agradecimientos

*A todas las personas que de una u otra manera nos ayudaron y apoyaron en transcurso de la investigación: Arq. Roque Alberto Sánchez, por su guía, colaboración y confianza, a las coordinadoras del laboratorio de aguas, microbiología y nutrición: M. Sc. Diana Milena Valdés Solano y Esp. Johana Ximena Páez Pacheco, por su apoyo, contribución y tiempo. Al Ing. Jhon Salvador Arévalo por sus consejos, orientación profesional en las diferentes fases del proyecto.*

*A nuestra directora Esp. Yeeny Lozano Lázaro por su apoyo, guía, orientación, tiempo y confianza en el diferente proceso de la investigación.*

## Indice

Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua y determinación del tratamiento requerido para la potabilización en el Condominio Campestre Las Heliconias, corregimiento Villa San Andrés Municipio de Aguachica, Cesar .....	1
1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Formulación del Problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos .....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitaciones .....	6
1.5.1 Operativa.....	6
1.5.2 Conceptual .....	6
1.5.3 Geográfica.....	6
1.5.4 Temporal.....	6
Capítulo 2. Marco Referencial.....	7
2.1 Marco Histórico .....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	7
2.2 Marco teórico .....	12
2.3 Marco conceptual.....	15
2.3.1 Calidad del agua .....	15
2.3.2 Microcuenca.....	17
2.3.3 Desechos orgánicos .....	17
2.3.4 Evapotranspiración .....	17
2.3.5 Esguerrimiento superficial.....	18
2.3.6 Sustancias químicas inorgánicas .....	18
2.3.7 Nutrientes vegetales inorgánicos.....	18
2.3.8 Compuestos orgánicos.....	19
2.3.9 Sedimentos y materiales suspendidos .....	19
2.3.10 Sustancias radiactivas .....	19
2.3.11 Contaminación térmica.....	19
2.3.12 Parámetros físicos en el agua .....	20
2.3.13 Parámetros químicos en el agua .....	22
2.3.14 Parámetros microbiológicos en el agua .....	25
2.3.15 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada .....	26
2.4 Marco legal.....	27
2.4.1 Constitución política de Colombia de 1991.....	27
2.4.2 Decreto 1449 de 1977.....	27
2.4.3 Decreto 1541 de 1978.....	27
2.4.4 decreto 1575 del 2007 .....	28
2.4.5 Decreto 2811 de 1974.....	28
2.4.6 Ley 79 de 1986.....	28
2.4.7 Resolución 2115 de 2007.....	28
2.4.8 Decreto 2857 de 1981.....	29

2.4.9 Resolución 2115 de 2007.....	29
Capítulo 3. Diseño Metodológico .....	30
3.1 Tipo de investigación.....	30
3.2 Población.....	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	31
3.4 Procesamiento y análisis de la información.....	32
Capítulo 4. Presentación de resultados.....	33
Capitulo 5. Conclusiones.....	61
Capítulo 6. Recomendaciones .....	63
Referencias .....	64
Apéndices .....	69

## Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros evaluar .....	35
Tabla 2. Resultados de pH.....	36
Tabla 3. Resultados de Color.....	38
Tabla 4. Resultados de Sulfatos.....	40
Tabla 5. Resultados de Hierro .....	41
Tabla 6. Resultados de Nitratos y Nitritos.....	43
Tabla 7. Resultados de Conductividad.....	45
Tabla 8. Resultados de Alcalinidad.....	47
Tabla 9. Resultados de Dureza, .....	49
Tabla 10. Resultados de turbidez.....	51
Tabla 11. Resultados de Coliformes fecales y E. coli.....	53
Tabla 12. Tabla de IRCA por muestra, .....	58

## Lista de figuras

Figura 1. Potencial de Hidrogeno. ....	36
Figura 2. Sonda Multiparamétrica. ....	37
Figura 3. Color Aparente. ....	38
Figura 4. Espectrofotómetro. ....	39
Figura 5. Resultados de sulfatos. ....	40
Figura 6. <i>Hierro, Nitratos y Nitritos</i> . ....	43
Figura 7. Resultados de conductividad. ....	45
Figura 8. Conductímetro.....	46
Figura 9. Resultados de Alcalinidad. ....	47
Figura 10. Resultados de Dureza. ....	49
Figura 11. Resultados de Turbidez. ....	51
Figura 12. Explorer glx .....	52
Figura 13. Resultados de Coliformes fecales y E. coli.....	54
Figura 14. Hidroflo.....	59

## Lista de apéndices

Apéndice A. Resultados análisis fisicoquímicos fuente mezcla de agua tratada.....	70
Apéndice B. Resultados análisis fisicoquímicos fuente Pozo Artesanal .....	71
Apéndice C. Resultados análisis microbiológicos .....	74
Apéndice D. Evidencia fotográfica .....	75
Apéndice E. Resultados de turbidez en diferentes muestras de agua: .....	79

## Resumen

El consumo de agua cruda afecta la salud de la población a nivel mundial, ya que el agua es fundamental para satisfacer una de las necesidades básicas del ser humano, pero así como es importante este preciado líquido es igual de importante que tenga un adecuado tratamiento y que sea apta para consumo humano, ya que si no se tiene en cuenta podrían llegar a afectar diferentes órganos del ser humano de manera reversible e irreversible; es donde se hace indispensable realizar un tratamiento para garantizar que la calidad del agua para el consumo humano se encuentre sin efectos adversos a la salud. Se analizó el agua antes y después de adicionar la tableta con una concentración de cloro 91%, y los resultados demostraron que presentan una disminución de microorganismos y en el color considerablemente, de acuerdo a esto se pudo observar que no requiere de un tratamiento completo. Es por eso que en el proyecto se determinó el proceso de presedimentación, sedimentación y un tanque clorador, es decir, un proceso de desinfección para el tratamiento donde se elimine los microorganismos existentes, para así de esta manera garantizar que el agua sea apta para consumo humano en el condominio campestre las heliconias.

Palabras clave: Presedimentación, sedimentación, desinfección.

## Introducción

La falta de tratamiento en el agua cruda para potabilización es una problemática que se está evidenciando cada vez más en la actualidad debido a la inadecuada gestión en algunas entidades prestadoras de servicios públicos y así mismo la falta de interés por parte de personas que cuentan con el conocimiento idóneo para realizar este tipo de prácticas.

En la sociedad se puede sentir la preocupación de muchos sectores por el tema referente a la calidad del agua, sectores como el industrial, comercial, institucional y aún más el sector doméstico; en este orden de ideas, se muestra el tratamiento de agua cruda mediante la desinfección por medio de un clorador portátil y la separación de partículas de arena mediante unos tanques de presedimentación y sedimentación debido a que el agua tratada con el adicionamiento de cloro al 91% no presenta mayores amenazas en los resultados obtenidos en el laboratorio; estos métodos han mostrado ser eficientes en sistemas de tratamientos de agua cruda en sectores puntuales como el industrial y el doméstico, de esta forma se tiene una menor tasa de inversión económica para el tratamiento y se disminuye el riesgo de enfermedades a la población servida teniendo en cuenta que estos tratamientos se pueden efectuar en aquellas metodologías donde el agua no presenta una suficiente amenaza en cuanto a su carga contaminante como parámetros nocivos contra la salud humana.

Se analizó la muestra de agua potable luego de pasar por este tratamiento para determinar la calidad con la que llegó a la vivienda, de acuerdo a eso se determinó la eficiencia del

tratamiento y poder sugerir este tipo de alternativas en sectores donde actualmente no hay la disponibilidad de una planta de tratamiento para agua potable.

# **Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua para la determinación del tratamiento requerido para la potabilización en el Condominio Campestre Las Heliconias, corregimiento Villa San Andrés Municipio de Aguachica, Cesar**

## **1.1 Planteamiento del Problema**

El agua es uno de los recursos más importantes para los seres vivos, sin embargo en la actualidad se evidencia a nivel mundial las dificultades para el aprovechamiento del recurso hídrico. Un reciente informe de Naciones Unidas advierte que si actualmente el 18% de la población mundial (1.100 millones de personas) no tienen acceso al agua potable, dentro de 20 años serán más los países con problemas relacionados con ese recurso y que concentrarán las dos terceras partes de los habitantes del planeta, de los cuales, 385 millones estarán radicados en Medio Oriente. (Ruth, 2005)

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se

trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella. La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización. (María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A, 2005)

Así mismo se observa a nivel nacional en las zonas rurales, donde no existe tratamiento para potabilizar el agua y el consumo se hace directo desde la fuente hídrica, exponiendo al consumidor a enfermedades sanitarias y brotes epidémicos, a causa de los impactos negativos provocados por la falta de gestión, se hace necesario implementar la mejora en la gestión del recurso hídrico donde se pueda promover y contribuir a una calidad de agua óptima para la población beneficiada del Condominio Campestre Las Heliconeas con un adecuado tratamiento y una determinación de medidas tendientes a la remoción de carga contaminante presente en el cuerpo de agua.

El Corregimiento de Villa de San Andrés del municipio de Aguachica Cesar, donde se llevó a cabo dicho proyecto cuenta con dos fuentes de abastecimiento que son el acueducto

veredal y un pozo artesanal existente; actualmente el servicio de acueducto veredal es eficiente en su cobertura ya que abastece el 100% de la población, la operación del sistema se encuentra a cargo de la empresa ADUAVISAN ubicada en el corregimiento de Villa De San Andrés.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados, surgió la necesidad de gestionar medidas tendientes a la implementación de un tratamiento adecuado para potabilización del agua, el cual se desarrolló puntualmente en el proyecto “Condominio Campestre Las Heliconias del Corregimiento de Villa de San Andrés”, que benefició a la primera unidad (debido a que no existe censo demográfico de estas viviendas ya que serán habitadas por primera vez se toma de acuerdo al promedio tomado por el DANE en Colombia de 4.0 personas / hogar cada una) (DANE, 2005), que fue construida , tomado inicialmente esa vivienda como prueba piloto.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuáles serían las medidas tendientes dentro del campo de acción ambiental para conocer la calidad del agua y determinar el tratamiento requerido para la potabilización en el Condominio Campestre Las Heliconias Ubicado En El corregimiento Villa De San Andrés Municipio De Aguachica Cesar?

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 General.** Evaluar la calidad del agua para determinar el tratamiento requerido para la potabilización en el Condominio Campestre Las Heliconias, ubicado en el Corregimiento Villa San Andrés Municipio De Aguachica, Cesar.

**1.3.2 Específicos.** Determinar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de las fuentes de abastecimiento (acueducto veredal y pozo artesanal), en el condominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio de Aguachica Cesar.

Comprobar la aptitud de las fuentes abastecedoras de acuerdo a la normatividad vigente, para el uso de consumo humano en el condominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio De Aguachica, Cesar.

Determinar el tratamiento de potabilización requerido para abastecer al condominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio De Aguachica, Cesar.

### **1.4 Justificación**

El consumo de agua sin un tratamiento previo de potabilización causa en la humanidad el incremento de enfermedades digestivas debido a que los parámetros de la calidad del recurso hídrico no son permisibles en la mayoría de casos de agua cruda, por esta razón se busca

controlar la presencia de contaminantes en el agua para consumo humano y eliminar el aumento de estas enfermedades no deseadas (Instituto Nacional de Salud, 2005).

Debido a la problemática que actualmente se presenta a nivel mundial con el recurso hídrico en cuanto a escasez y desconocimiento de la calidad del agua a raíz de efectos tensionantes, como vertimientos por el sector agrícola, residencial, doméstico y demás presentes en el ambiente, como también las afectaciones a la salud por el consumo de agua sin tratamiento previo, y los altos costos por prestación de servicio, se hace necesaria la toma de medidas que permita evaluar la calidad del agua destinada para el consumo humano como primera prioridad y determinar el tratamiento de las mismas evitando problemas a la salud de la población.

Actualmente el condominio campestre las heliconias, cuenta con dos puntos de captación de agua sin tratamiento de potabilización y desconocimiento del estado del cuerpo de agua, un pozo artesanal y un acueducto veredal; la empresa ADUAVISAN encargada de la prestación del servicio de agua en el corregimiento de villa de san Andrés, ofrece el transporte de agua cruda a los usuarios del corregimiento para consumo humano, careciendo esta de un tratamiento de potabilización y cumplimiento con los parámetros establecidos por la normatividad legal vigente resolución 2115/ 2007.

Para el condominio campestre las heliconias es importante ofrecer a sus habitantes calidad en el consumo del agua, y mediante el tratamiento de potabilización evitar patologías a la población beneficiaria del proyecto.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Operativa.** Se realizó la revisión bibliográfica determinando la metodología para la toma de muestra de agua y el análisis necesario para la potabilización, este proyecto cuenta con los recursos destinados por el arquitecto de la obra, por el apoyo de la Universidad y con recursos propios, se realizaron las muestras en el laboratorio de aguas de la UFPSO teniendo en cuenta que para la realización de este proyecto se contó con el personal adecuado, los recursos tecnológicos tales como la sonda multiparamétrica, el espectrofotómetro, el explorer glx y el área donde se pondrá en marcha el determinado tratamiento de potabilización del agua en el Condominio Campestre las Heliconeas.

**1.5.2 Conceptual.** Descontaminación de agua cruda, tratamiento para agua potable, evaluación del agua, partículas, caudal, concentración de cloro, sedimentos, materiales suspendidas.

**1.5.3 Geográfica.** El Condominio Campestre Las Heliconias se encuentra en el Corregimiento de Villa San Andrés en el tramo de la vía Aguachica, Cesar – Ocaña, Norte de Santander con un área de 13922,00 metros cuadrados dentro de la zona urbana.

**1.5.4 Temporal.** El proyecto se diseñó para un tiempo de ejecución de aproximadamente 8 meses.

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Histórico

**2.1.1 Antecedentes internacionales.** Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, el hombre aprende a domesticar los cultivos y con ello encuentra la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. (Serea, 2006)

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua. (Mitchell, 1991)

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal. (Ongley, 1997)

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en: Condiciones físicas: que sea clara, transparente, inodora e insípida. Condiciones químicas: que disuelva bien el jabón sin formar grumos, que cueza bien las legumbres. Condiciones biológicas: que esté libre de organismos patógenos, con alto contenido de oxígeno y una temperatura que no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente, pH no menor de seis ni mayor de ocho. (Mejía M. , 2005)

En el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En otras ocasiones se acudió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se elimina la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia u otros sistemas alternativos. A comienzos del siglo XXI la situación es diferente, en muchas regiones semiáridas del mundo se establecieron poblaciones que se desarrollaron de manera vertiginosa, ejerciendo presión sobre las fuentes finitas de agua. En periodos secos el agua no es suficiente para el abastecimiento de estas poblaciones, y se dan conflictos sociales por la escasez agua y/o sus altos costos. (Ojeda, 2013)

En el África la problemática del abastecimiento de agua potable es de carácter global, pero es una situación muy crítica en el continente Africano debido a la alta concentración de pobreza que imposibilita la obtención de la cantidad de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto y alcantarillado adecuado, además la escasez de fuentes apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro, ha hecho de este un problema aún mayor. Aunque en algunas zonas de África en los últimos años se ha producido una rápida expansión de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias el proceso de implantación de esta tecnología en el Sur de África ha sido lento. Esto debido en parte a la baja precipitación, el reducido número y tamaño de las cubiertas impermeabilizadas y el alto costo en la construcción de los sistemas en relación a los ingresos familiares. La falta de disponibilidad de cemento y arena, eleva el precio de las instalaciones. Sin embargo, la recolección de agua es muy difundida en África con grandes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania. (Serea, 2006)

En Tokio el aprovechamiento de agua es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para los estados de emergencia. A nivel comunitario se están implementado instalaciones que están introduciendo a la población en la utilización del agua lluvia, éstas son llamadas “Ronjinson”, se les encuentra la vía pública del distrito de Mukojim. Está instalación recibe el agua lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, para extraer el agua se utiliza una bomba manual, el agua colectada es utilizada para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia. (programa de las naciones unidas para el medio ambiente, 2006)

**2.1.2 Antecedentes nacionales.** Según evaluaciones del IDEAM, cerca del 50% de la población colombiana que vive en las áreas urbanas municipales está expuesta a sufrir problemas de suministro de agua, como consecuencia de la presión sobre las cuencas hidrográficas y las restricciones de uso por contaminación de las aguas superficiales. Como agravante, más del 80% de las cabeceras municipales tienen como fuente de suministro de agua pequeños riachuelos o quebradas que en épocas de estiaje no garantizaran el abastecimiento a la población. (Ideam, 2010)

Colombia es un país que se caracteriza por tener riqueza hídrica que la mayoría del país se abastece tanto de fuentes superficiales y subterráneas como lo son acuíferos, ríos, lagos, quebradas, entre otros.

El abastecimiento no adecuado del agua es un obstáculo para el crecimiento, el desarrollo y eficiencia de cualquier ser vivo por ello, en la mayoría de los cuarenta capítulos de la Agenda 21 la referencia al agua es una permanencia vital para que la naturaleza y la raza humana transiten y avancen hacia el desarrollo sostenible, La situación mundial del agua es aún más deplorable y con matices mucho más catastróficos que la energética, pues hoy el volumen de agua disponible es menos de 50% del que existía al principio del siglo XX. (Lopez, 2014)

La demanda asociada a la distribución geográfica de la población en Colombia, no coincide con la disponibilidad de recursos hídricos, por lo anterior, se puede ver como existe una mayor demanda en el área hidrográfica de Magdalena – Cauca, donde se encuentran asentados la mayor parte de los colombianos, la cual no cuenta con la mayor disponibilidad de agua; mientras las zonas de la Amazonia y Orinoquia, donde se concentra la mayor disponibilidad de agua del

país, cuenta con una población de apenas cerca del 10% de la población nacional. (Universidad Nacional, 2010)

En efectivo Colombia contrataría con 1150 kms<sup>3</sup> al año de oferta hídrica superficial, aunque en realidad, la capacidad instalada en sistemas de abastecimiento y suministro de agua, aun no alcanza esta cifra. A su vez, la oferta modal de agua para el territorio colombiano alcanza la cifra de 1910 kms<sup>3</sup> al año, mientras que en año seco esta oferta no supera los 1240 kms<sup>3</sup> al año. Para entender el problema del agua en Colombia es necesario establecer los niveles anuales de demanda potencial de agua, según los siguientes sectores y según su distribución en el territorio nacional. Solo esta correlación deja en evidencia el conflicto existente por la localización de las altas demandas de agua en territorios con una baja oferta hídrica natural. (Ideam, 2000)

Para las estimaciones proyectadas en el año 2004, la demanda total de agua en los sectores socio- económicos alcanzo los 13.000 millones de metros cúbicos de agua dulce al año. La estructura de demanda de agua en Colombia difiere de la estructura promedio de todos los países del mundo y de la de demanda de los países de altos ingresos. La demanda de agua en Colombia se diferencia de la de un país de altos ingresos en un receso de los requerimientos de agua para la industria, que en países industrializados constituye el 59% de toda la demanda. Adicionalmente, la estructura de la demanda se caracteriza por altos requerimientos de agua para el sector agrícola, los cuales sin embargo resultan inferiores en un 10% a la demanda agrícola promedio mundial y en un 22% con relación a la de un país de bajos a medios ingresos. (Ideam, 2010)

El patrón de mayor demanda hídrica por el sector agrícola se mantiene, con diferentes porcentajes, en los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Cesar y Sucre siendo la excepción el distrito capital en cuya estructura el mayor aporte de demanda lo hace el sector doméstico. Esta composición de la demanda de agua del distrito capital se puede explicar al considerar el hecho de que Bogotá ocupa el puesto número 31 en la clasificación de las ciudades más grandes del mundo del año 2000. (FAO, 2000)

## **2.2 Marco teórico**

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (1984), como 'adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal'. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana. (Lloyd, 1982)

La importancia del agua de bebida como vehículo de dispersión de enfermedades ha sido largamente reconocida. La mayor parte de las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, amebas, virus y helmintos. (Programa de las naciones unidas para el desarrollo, 2013)

Estos organismos causan enfermedades que varían en severidad y van desde ligeras gastroenteritis a severas, y algunas veces, a fatales enfermedades de proporciones epidémicas. La

calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el Coliforme total y el termotolerante debe dársele la más alta prioridad dentro de la política del Abastecedor de agua. (Programa de las naciones unidas para el desarrollo, 2013)

De otra parte, la contaminación química también es importante, pero ello no está asociado con efectos agudos sobre la salud humana y por lo tanto debe tener una menor prioridad que la evaluación de la contaminación bacteriológica y que muchas veces resulta irrelevante en zonas donde enfermedades relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias muestran elevados índices de prevalencia. (Organización Mundial de la Salud, 1995)

No obstante, el agua de buena calidad no es generalmente suficiente para asegurar la buena salud, es necesario que sean satisfechos tres aspectos adicionales: continuidad, cantidad y costo razonable. Adicionalmente, y al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos acerca del uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como la correcta disposición de excretas. Estas actividades de apoyo deben ser realizadas a través de programas educativos y complementarios a las actividades propias del Abastecedor a fin de evitar la creencia e impresión de que la calidad de agua por sí sola, previene las enfermedades. (Programa de las naciones unidas para el desarrollo, 2013).

Otro factor de re-contaminación y de gran importancia en los países en vías de desarrollo donde existe déficit de agua, es la interrupción del sistema de abastecimiento, como resultado de

la práctica de rotar el servicio de una a otra área de abastecimiento de otra parte, en sistemas de baja confiabilidad como consecuencia de la restricción del servicio de abastecimiento de agua, es común el deterioro de la calidad físico, química y principalmente bacteriológica del agua a nivel intradomiciliario, durante su manipuleo y almacenamiento. (Stenstrom, 1988)

En teoría, la vigilancia tiene dos grandes componentes: a) el examen permanente y sistemático de la calidad del agua para confirmar que la fuente, el tratamiento y la distribución responden a objetivos y reglamentaciones establecidas, y b) la evaluación de la calidad microbiológica, físico química y su correlación con las enfermedades relacionadas con la calidad del agua en todo el sistema de abastecimiento de agua. La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.

El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. (OMS, 2014)

El agua ha estado siempre presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar las más diferentes formas de aprovechamiento. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades. En la Declaración de los Derechos del Hombre de 1948 se establece que toda persona tiene derecho a un nivel de vida suficiente para asegurar su salud, su bienestar y el de su familia, lo que sin lugar a dudas incluye el derecho humano al agua. (Informe Defensorial, 2009)

## **2.3 Marco conceptual.**

**2.3.1 Calidad del agua.** Para hablar de calidad del agua se toma como referencia el libro Química de Barrenchea. El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del agua. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. (UNAD, 2004)

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. (UNAD, 2004)

Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean

representativos, es necesario dar importancia a los procesos de muestreo, las unidades y terminologías empleadas. Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos. (Mejía, 2010)

A continuación se tratan en detalle las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, su relación con los principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano. (Maillard, 2010)

**Características físicas.** Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. (Mejía, 2010)

Se consideran importantes las siguientes:

Turbiedad

Sólidos solubles e insolubles

Color

Olor y sabor

Temperatura

PH

**2.3.2 Microcuenca.** Se conoce como un territorio delimitado por partes altas (parte aguas) cuyas aguas superficiales drenan a través de un mismo curso de agua, con una superficie menor a 5,000 has (50 km<sup>2</sup>) y una población integrada (de manera actual o potencial). Así mismo se determina como una subdivisión de una subcuenca, es decir, varias subcuencas forman una cuenca. Una microcuenca provee agua a uno o más mini riegos o abastecimientos de agua domiciliar. (Felizzola, 2016)

**2.3.3 Desechos orgánicos.** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etcétera Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). (Echarri, 2010)

**2.3.4 Evapotranspiración.** Es la pérdida de agua por evaporación y transpiración de una cuenca o microcuenca, tomado como referencia (gramíneas o pastos), debido a condiciones climáticas. (Organización Mundial de la Salud, 1995)

**2.3.5 Escurrimiento superficial.** Suele referirse al volumen de las precipitaciones que caen sobre una cuenca, menos la retención superficial y la infiltración.

El escurrimiento superficial o directo es función de la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrográfica considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo. (Miranda, 2015)

**2.3.6 Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua. (Echarri, 2010)

**2.3.7 Nutrientes vegetales inorgánicos.** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas.

Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable. (Echarri, 2010)

**2.3.8 Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etcétera acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos. (Regil, 2015)

**2.3.9 Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos. (Echarri, 2010)

**2.3.10 Sustancias radiactivas.** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua. (Echarri, 2010)

**2.3.11 Contaminación térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. (Echarri, 2010)

**2.3.12 Parámetros físicos en el agua.** Los parámetros de Calidad de Agua para consumo humano se toman de las definiciones entregadas por ROMERO R. Jairo Alberto, Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, en la Facultad de Ingeniería Ambiental, quien realizó un compendio de los conceptos fundamentales de química y microbiología del agua que son útiles para entender lo básico de los procesos de potabilización de agua. (Felizzola, 2016)

**Color.** Las causas más comunes del color en el agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etcétera, en diferente estado de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. 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. (Instituto Nacional de Salud, 2005)

**Turbiedad.** 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 la muestra de agua. La turbidez 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 otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para

consumo humano y en un gran número de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

(UNAD, 2004)

Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

**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. (Definición ABC, 2013)

**Conductividad.** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que 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 sólidos disueltos. (Cardona, 2011)

**2.3.13 Parámetros químicos en el agua.** Alcalinidad. La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido de sustancias alcalinas (OH<sup>-</sup>). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua. En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos. (Ideam, 2010)

**Nitritos.** Dióxido de Nitrógeno, NO<sub>2</sub>, formado por acción bacterial sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Se usa como preservativo de algunos alimentos y es poco común en aguas por su facilidad de oxidación en nitrato. En dosis altas es perjudicial por sus efectos como vasodilatador cardiovascular, su contribución a la metahemoglobinemia en los infantes y la posible formación de nitrosaminas, las cuales son probables carcinógenos. (Bronk, 1994)

**Nitratos.** Usualmente introducido al agua por contaminación humana. Concentraciones altas causan metahemoglobinemia en la población infantil y diarrea, por lo que se limita su concentración en agua potable a 10 mg/L-N. Concentraciones mayores de 100 mg/L interfieren con el ensayo de coliformes. Sirve, además, como indicador de calidad sanitaria del agua. (Cardona, 2011)

**Sulfatos.** El ión sulfato, uno de los aniones más comunes en las aguas naturales, se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta unos miles de mg/L. Como los

sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos. El contenido también es importante, porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor. (UNAD, 2004)

**Fosfatos.** Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fósforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible de la protección social, 2007)

**Hierro.** El hierro crea problemas en suministros de agua. En general, estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnio anaeróbico de lagos estratificados; en algunos casos, también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses. Las aguas con hierro, al ser expuestas al aire, se hacen turbias e inaceptables estéticamente por acción del oxígeno, así como por la oxidación del hierro soluble, en  $Fe^{3+}$  el cual forman precipitados coloidales. El hierro, en bajas concentraciones, imparte sabores metálicos al agua. Hasta donde se conoce, el consumo humano de aguas con hierro no tiene efectos nocivos para la salud. (Cardona, 2011)

**Oxígeno Disuelto (OD).** Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua. La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial. (Bain y Estevenson, 1999)

**Significado sanitario.** El OD se utiliza para el control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes. Se mide para asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento. Los cambios biológicos producidos en un residuo líquido se conocen por la concentración de oxígeno disuelto. Sirve como base para calcular la DBO. Es un factor de corrosión del hierro y el acero y se controla o elimina en sistemas de distribución de agua y vapor. (Blanco, 2010)

**pH.** La capacidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como al costo que suponen la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión. (Murillo, 2011)

**2.3.14 Parámetros microbiológicos en el agua. Coliformes.** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan lactosa a temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible de la protección social, 2007)

**Coliformes totales.** Los coliformes totales son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C. (Felizzola, 2016)

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo “coliforme” forman parte varios géneros: Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, etcétera Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etcétera. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario. (Laboratorio de Tecnología Educativa, 2013)

**Coliformes fecales.** Los coliformes fecales son coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a temperaturas (Felizzola, 2016)

**2.3.15 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.** El agua puede ser un elemento conductor de microorganismos transmisores de enfermedades. Entre las enfermedades que se contraen por la ingestión de aguas contaminadas se pueden citar las siguientes:

El mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, metales pesados etcétera, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos). (Felizzola, 2016)

Consumir agua en mal estado es una de las principales fuentes de infección y la causa de diversas enfermedades gastrointestinales como el cólera. Alrededor de 2 millones de personas mueren cada año debido a diarreas, siendo la mayoría de ellos niños menores de 5 años.

Las parasitosis intestinales causadas por protozoarios están ampliamente distribuidas en el mundo, y su prevalencia e incidencia son mayores en los países con deficientes condiciones de higiene y saneamiento ambiental, como sucede en los países en vías de desarrollo. (Juarez, 2013)

La variedad de agentes patógenos cambia en función de factores variables como la densidad poblacional y animales, el mal manejo de las aguas residuales, los cambios de los

hábitos de las personas o de las intervenciones médicas, los desplazamientos y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. Los microorganismos transmitidos por el agua se multiplican en el intestino y se eliminan por el cuerpo a través de las heces. Esto puede determinar la aparición de una contaminación fecal de las fuentes de suministro, entonces un nuevo hospedador puede consumir esa agua y el patógeno puede colonizar su intestino. (Cardona, 2011)

## **2.4 Marco legal**

**2.4.1 Constitución política de Colombia de 1991.** Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (Congreso de la República, 1991)

**2.4.2 Decreto 1449 de 1977.** Mediante el cual se establecen obligaciones a los propietarios de predios sobre conservación, protección y aprovechamiento de las aguas.

**2.4.3 Decreto 1541 de 1978.** Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto Ley

**2.4.4 decreto 1575 del 2007.** Del ministerio de protección social del gobierno nacional se establecen los sistemas para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano.

**2.4.5 Decreto 2811 de 1974** “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.

**2.4.6 Ley 79 de 1986.** Por la cual se declaran áreas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación del agua. (Declarada posteriormente inexecutable).

**2.4.7 Resolución 2115 de 2007** “Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”

En el año 1984, se expidió el Decreto 1594, en el que se definieron los límites permisibles para el vertimiento o descarga de residuos líquidos a un cuerpo de agua o alcantarillado sanitario; igualmente se establecieron los conceptos de cargas combinadas, sustancias de interés sanitario, planes de cumplimiento de los usuarios contaminadores, tasas retributivas y marcos sancionatorios, entre otros aspectos. La perspectiva de esta norma es la regulación de la calidad en función de los usos del agua y el control de los efluentes a la salida de los mismos (“control al final del tubo”)

**2.4.8 Proyecto ley estatuaría 174 de 2012 senado.** Por la cual se establece el marco jurídico para la implementación del mínimo vital en agua potable y alcantarillado y se autorizan políticas de fomento para el acceso a los servicios públicos domiciliarios.

**2.4.9 Resolución 865 de 2004.** Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índices de escasez para aguas superficiales a que se refiere el decreto 155 del 2004 y se adopta otras disposiciones.

## **Capítulo 3. Diseño Metodológico**

### **3.1 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación desarrollado en este trabajo fue de carácter descriptivo evaluativo, resaltando que se pudo conocer el estado actual físico-químico del agua de ambas fuentes abastecedoras del condominio campestre las heliconias mediante la toma de muestras de agua realizadas para el análisis, determinando el tratamiento de potabilización requerido para el uso de consumo humano, el Condominio Campestre Las Heliconas, ubicado en el Corregimiento de Villa de San Andrés.

### **3.2 Población**

La población objetivo son las fuentes hídricas de Corregimiento de Villa de San Andrés, debido a que sus características fisicoquímicas, sirven de abastecimiento de agua potable para la población, ya que las fuentes de abastecimiento son suficientes para la cobertura del Condominio Campestre las Heliconias.

### **3.3 Muestra.**

La muestra correspondió a las fuentes potenciales de abastecimiento de agua potable para el Condominio campestre las Heliconias (pozo artesanal existente y acueducto veredal) para las cuales se evaluaron su calidad y cantidad del recurso hídrico.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.

El trabajo de campo que se realizó consistió en la toma de muestra compuesta, que consiste en añadir agua en un recipiente de plástico con capacidad de un litro pero a diferentes intervalos; en este caso el intervalo fue de media hora, es decir, que se tomó 250ml de agua, luego después de media hora se tomaron otros 250ml de agua, y así sucesivamente hasta alcanzar los 1000 ml de agua en el recipiente, en cada uno de las bocatomas (pozo artesanal y acueducto veredal) y luego la toma de una tercera muestra compuesta en la mezcla de ambas fuentes de abastecimiento para conocer el estado actual de la calidad de agua mediante la evaluación de parámetros. Se tomaron como referencia los resultados de los parámetros de calidad de agua evaluados por servianalítica, y luego se determinó el tratamiento requerido para poder potabilizar el recurso hídrico.

**Fase I.** Se realizó una localización del pozo artesanal y de la bocatoma del acueducto veredal utilizando los puntos estratégicos para una mejor distribución del agua en el condominio.

**Fase II.** Se tomaron las muestras de agua en ambas fuentes para su posterior análisis. Para la recolección de las muestras para análisis físico químicos y microbiológicos; todas las muestras deben estar etiquetadas con la información necesaria como fecha, hora, número de muestras, sitio de muestreo, tipo de muestra; para evitar confusiones en el momento de la identificación de las muestras.

1cava para el guardado y cuidado de las muestras tomadas.

9 recipientes plásticos de 1 litro c/u

1cronometro.

Cinta de enmascarar.

Lapiceros.

1 recipiente de 20 litros para medición del caudal.

La bitácora

Luego se enviaron al laboratorio de agua de la UFPSO para la evaluación del mismo.

**Fase III.** La información recolectada de la fase anterior se revisó y se ordenó para luego ser representada mediante tablas y gráficos que resumió las principales características fisicoquímicas y microbiológicas de las zonas de estudio las cuales fueron pozo artesanal y el acueducto veredal existente en el Condominio Las Heliconias, del corregimiento Villa San Andrés, del municipio de Aguachica Cesar. Con base en estas, se analizó la información con respecto a la normativa y, con base a la revisión bibliográfica, se determinó el tratamiento de potabilización que mejor se ajustara a las condiciones evaluadas.

### **3.4 Procesamiento y análisis de la información.**

La información recopilada mediante el análisis de laboratorio y demás, se tomó directamente por los autores de la investigación, permitiendo un contacto para comparación con los parámetros definidos por la resolución 2115 de 2007 para hacer el estudio de manera efectiva.

## Capítulo 4. Presentación de resultados

**Determinar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de las fuentes de abastecimiento (acueducto veredal y pozo artesanal), en el condominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio de Aguachica Cesar.** En el primer objetivo se determinó la calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las dos fuentes de abastecimiento, como lo son el acueducto veredal el cual solo cuenta con un sistema de captación y distribución, y el pozo artesanal existente donde anteriormente se encontraba abandonado sin ningún tipo de tratamiento.

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es obtener un litro de agua por cada muestra realizada al pozo artesanal y al acueducto veredal, donde se analizaron los parámetros tales como pH, turbiedad, color, sulfatos, hierro total, nitratos, nitritos, conductividad, alcalinidad, dureza, coliformes fecales y coliformes totales. La cantidad de agua captada se transportó hasta el lugar de almacenamiento, es decir, la cava para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características originales. Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis (Calderon, 1997).

En este caso se procedió a tomar las muestras en el Corregimiento de Villa de San Andrés, puntualmente en el Condominio Campestre las Heliconias en el área de influencia directa de la casa piloto, donde se realizó de manera individual mediante muestra compuesta, la cual consiste en añadir agua en un recipiente de plástico con capacidad de un litro pero a diferentes intervalos; en este caso el intervalo fue de media hora, es decir, que se tomó 250ml de agua, luego después de media hora se tomaron otros 250ml de agua, y así sucesivamente hasta alcanzar los 1000 ml de agua en el recipiente de plástico, en donde habían dos salidas de las tuberías donde fluye el agua del acueducto veredal y la otra tubería donde fluye el agua del pozo artesanal, teniendo una disposición final en el tanque de almacenamiento donde se realiza la mezcla y es dirigida a la bomba donde se es adicionada la pastilla de cloro a una concentración de 91%.

En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo (*time-composite*)" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios (Calderon, 1997).

En el momento en que se tomaron las muestras su proceso fue tomar una botella de plástico y añadir el agua con un intervalo de media hora hasta obtener un litro de cada muestra.

Luego se realizó el respectivo etiquetado de cada muestra, y se almacenaron en una cava con hielo para refrigerarlas y preservarlas, estas muestras fueron transportadas teniendo en cuenta las recomendaciones dadas en el manual de instrucciones para la toma de muestras, estipuladas por el RAS 2000 en su sección II título E capítulo E2. Luego se llevaron al laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde se evaluaron los siguientes parámetros:

**Tabla 1.**  
*Parámetros evaluar*

PARÁMETROS	UNIDAD
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH
TURBIEDAD	UNT
COLOR	UPC
SULFATOS	mg/L
HIERRO TOTAL	mg/L
NITRATOS	mg/L
NITRITOS	mg/L
CONDUCTIVIDAD	μS/cm
ALCALINIDAD	mg/L
DUREZA	mg/L
COLIFORMES TOTALES	NMP/100
COLIFORMES FECALES	NMP/100

Fuente. Autores del proyecto.

El pH (potencial de Hidrogeno) es un indicador de la acidez de una sustancia.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $H^+$ ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida.

Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución (Lenntech BV. (2016).

Los resultados de la prueba de pH se muestran en la tabla 2.

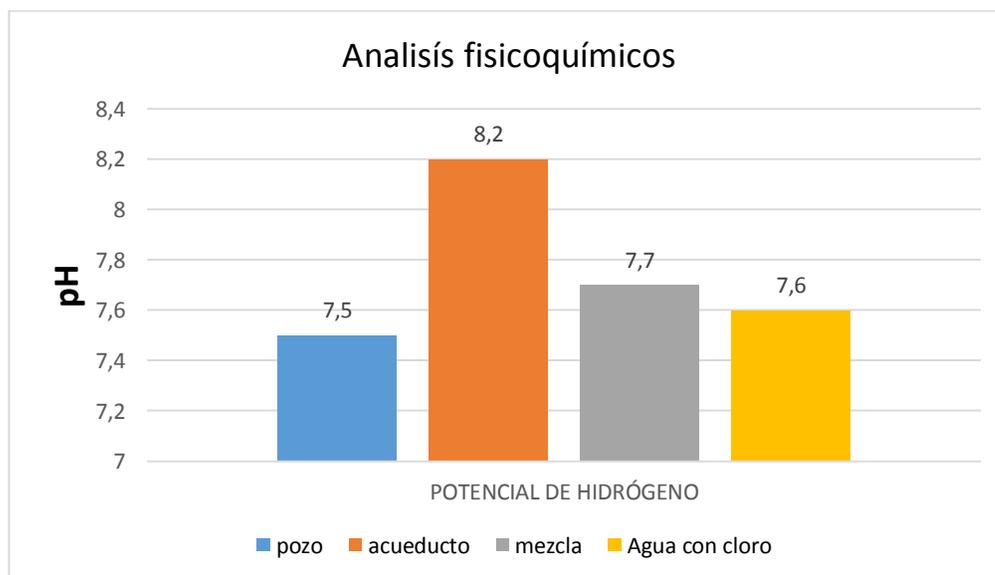
**Tabla 2.**  
*Resultados de pH.*

Parámetro	Pozo	Acueducto	Mezcla	Agua con cloro
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	7,5	8,2	7,7	7,6

Fuente. Autores del proyecto

Los resultados de la prueba de pH se muestran en la figura 1.

Resultados de potencial de Hidrogeno.



**Figura 1.** Potencial de Hidrogeno según la Resolución 2115 de 2007.

Fuente. Autores del proyecto

Según la resolución 2115 en el artículo 4, menciona que el pH deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0. Lo cual quiere decir que los resultados que se obtuvieron no supero el limite comprendido. (Resolución 2115, 2007).

El pH, se analizó por medio de la sonda multiparamétrica que fue donde se obtuvieron los anteriores resultados. En el procedimiento se toman 300ml de la muestra en un vaso precipitado y se mide directamente con la sonda multiparamétrica, se mantiene por unos minutos hasta que se mantenga un valor.



**Figura 2. Sonda Multiparamétrica.**  
**Fuente. Autores del proyecto**

El color es una propiedad física que indirectamente describe el origen y las propiedades del agua. La coloración del agua indica la posible presencia de óxidos metálicos, como puede ser el óxido de hierro, el cual da al agua un color rojizo. Las algas y material orgánico en degradación también imparten color al agua. Si esto ocurre, la coloración puede deberse a la

presencia de algas y microorganismos en el agua de suministro. El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en forma conjunta le dan calidad al agua en lo que se refiere a sus características estéticas que son muy importantes para el usuario o consumidor. (Parámetros y características de las aguas naturales, 2009).

Los resultados de la prueba de color se muestran en la tabla 3.

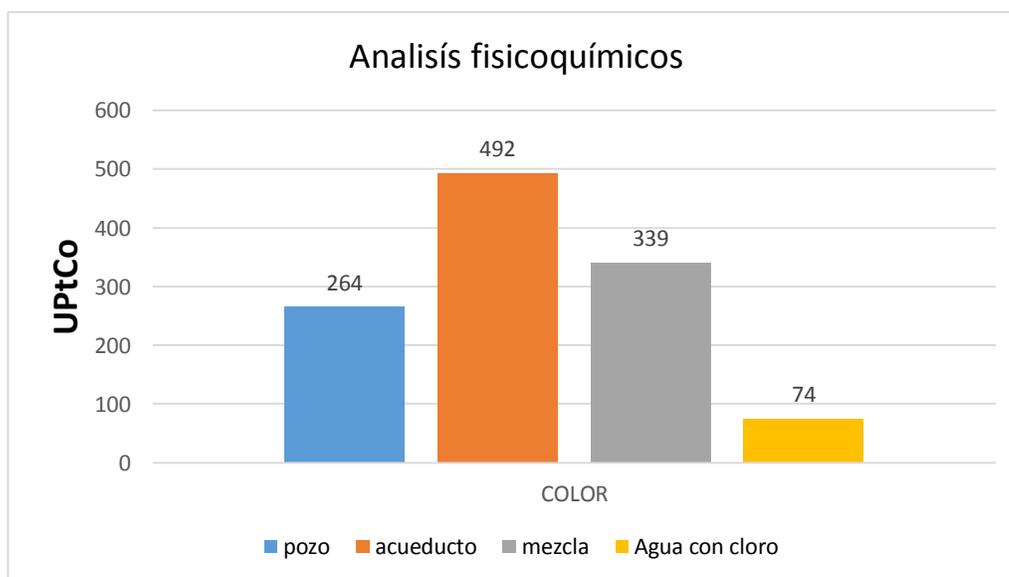
**Tabla 3**  
**. Resultados de Color.**

Parámetros	Pozo	Acueducto	mezcla	Agua con cloro
<b>COLOR</b>	264	492	339	74

Fuente. Autores del proyecto

Los resultados de la prueba de color se muestran en la figura 3.

Resultados de Color



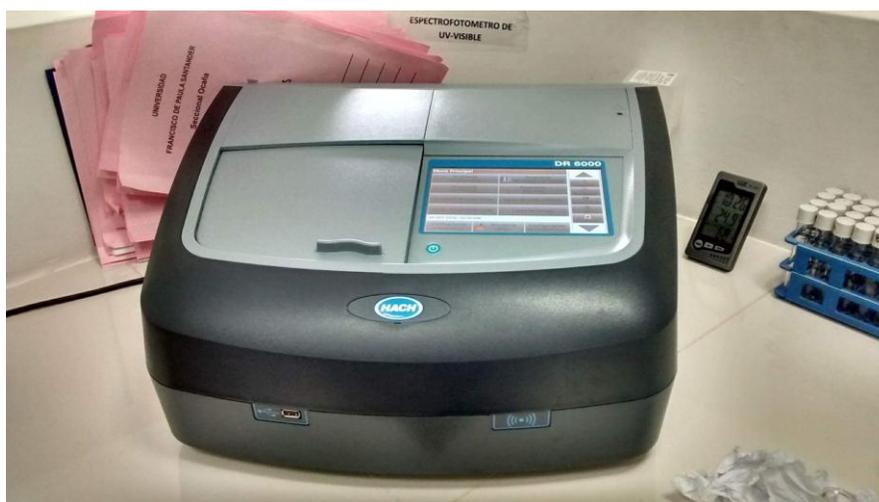
**Figura 3. Color Aparente según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto.

Según la normatividad vigente lo establecido para el Color Aparente debe estar comprendido en un valor de 15 UPtCo (unidades Platino Cobalto). Esto quiere decir que en los resultados obtenidos de las muestras anteriores, supero el valor permitido, para esto se hace necesario que se aplique dentro del tratamiento el proceso de presedimentación y sedimentación para así obtener el color deseado y permitido. (Resolución 2115,2007).

El color se analizó por medio del espectrofotómetro UV-VIS, donde en las micro celdas se adiciona 10ml de agua destilada como blanco y se lleva a cero en el procedimiento 120 (número que se digita en el espectrofotómetro para agua potable o agua cruda) para su adecuada medición, luego se toma una micro celda y se adiciona 10ml de la muestra y se hace el mismo procedimiento obteniendo así el resultado.

#### Espectrofotómetro UV-VIS



**Figura 4. Espectrofotómetro.**

Fuente. Autores del proyecto.

El sulfato es el resultado de la oxidación del ácido sulfhídrico  $H_2S$  originalmente presente en el agua o en el acuífero. Altos niveles de este compuesto no presentan toxicidad pero

si problemas en la calidad y usos del agua. (Parámetros y características de las aguas naturales, 2009).

Los resultados de la prueba de sulfatos se muestran en la tabla 4.

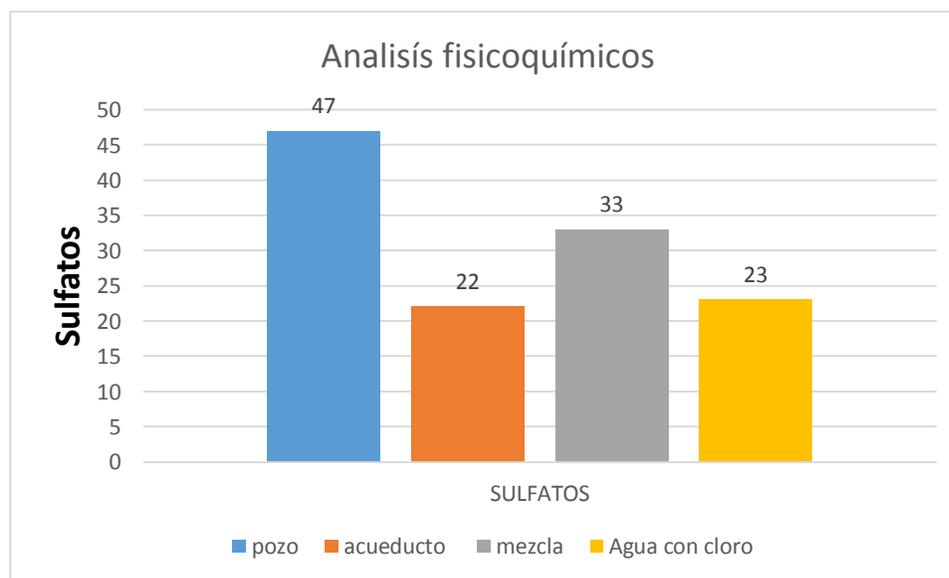
**Tabla 4.**  
*Resultados de Sulfatos.*

Parámetros	Pozo	acueducto	mezcla	Agua con cloro
SULFATOS	47	22	33	23

Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados de la prueba de sulfatos se muestran en la figura 5

Resultados de sulfatos.



**Figura 5. Resultados de sulfatos según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto.

Según la normatividad vigente el límite permisible debe ser de 250mg/L, esto quiere decir que los resultados obtenidos de las muestras tomadas son aceptables (Resolución 2115, 2007).

El sulfato se analizó por medio del espectrofotómetro UV-VIS donde igual que con el Color se realizó tomando como blanco el agua destilada, y luego se procedió a tomar 10ml de la muestra y se adiciona 1 sachet de reactivo para sulfatos, cuando este disuelto totalmente se lleva a medición con el espectrofotómetro.

El Hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. (Barrenechea, 2000)

Los resultados de la prueba de hierro se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.**  
**Resultados de Hierro**

<b>Parámetros</b>	<b>pozo</b>	<b>acueducto</b>	<b>mezcla</b>	<b>Agua con cloro</b>
<b>HIERRO</b>	0,6	1,3	0,8	0

Fuente. Autores del proyecto.

Según lo establecido en la normatividad, el Hierro tiene un límite permisible de 0,3 mg/L, lo que quiere decir que las muestras tomadas no supera este valor, y es aceptable dentro del valor comprendido. (Resolución 2115,2007)

Nitritos y nitratos: El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. En general, los nitratos (sales del ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Los nitritos (sales de ácido nitroso,  $\text{HNO}_2$ ) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos (Barrenechea, 2000).

Los resultados de la prueba de nitratos y nitritos se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.**  
**Resultados de Nitratos y Nitritos.**

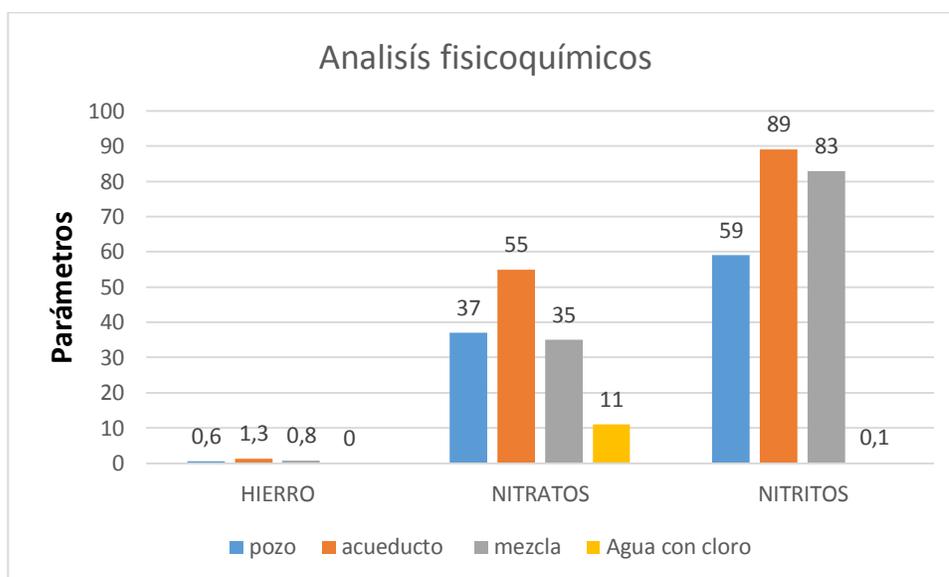
Parámetros	Pozo	acueducto	Mezcla	Agua con cloro
<b>NITRATOS</b>	37	55	35	11
<b>NITRITOS</b>	59	89	83	0,1

Fuente. Autores del proyecto.

Según lo establecido en la normatividad que rige las características fisicoquímicas el valor permitido para Nitratos es de 10mg/L y el de Nitritos es de 0,1mg/L, lo que quiere decir que con respecto a Nitritos supero el valor comprendido y se hace necesario tener en cuenta un tratamiento, y con el parámetro de Nitritos se puede observar que no supero el valor permisible para agua potable (Resolución 2115, 2007).

Los resultados de las pruebas de hierro, nitratos y nitritos se muestran en la figura X.

Resultados de Hierro, Nitratos y Nitritos.



**Figura 6. Hierro, Nitratos y Nitritos según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto

Con respecto al parámetro de hierro, se tomaron 10 ml de agua destilada como blanco y se lleva a cero en el procedimiento 265 (número que se digita para analizar hierro), del UV-VIS. Luego se tomaron 10 ml de la muestra que se va a analizar y se adiciona un sachet de reactivo para hierro, cuando este disuelto totalmente se lleva a medición al espectrofotómetro.

Seguido al proceso de nitratos tomaron 10 ml de agua destilada como blanco y se lleva a cero en el procedimiento 361 (número que se digita para analizar nitrato), del UV-VIS. Se tomaron 10 ml de la muestra que se va a analizar y se adiciona un sachet de reactivo para nitrato, cuando este disuelto totalmente se lleva a medición al espectrofotómetro.

Continuando con el análisis de la muestra de nitrito se tomaron 10 ml de agua destilada como blanco y se lleva a cero en el procedimiento 373 (número que se digita para analizar nitrito), del UV-VIS. Se tomaron 10 ml de la muestra que se va a analizar y se adiciona un sachet de reactivo para nitrito, cuando este disuelto totalmente se lleva a medición al espectrofotómetro.

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales ó sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella (Parámetros y características de las aguas naturales, 2009).

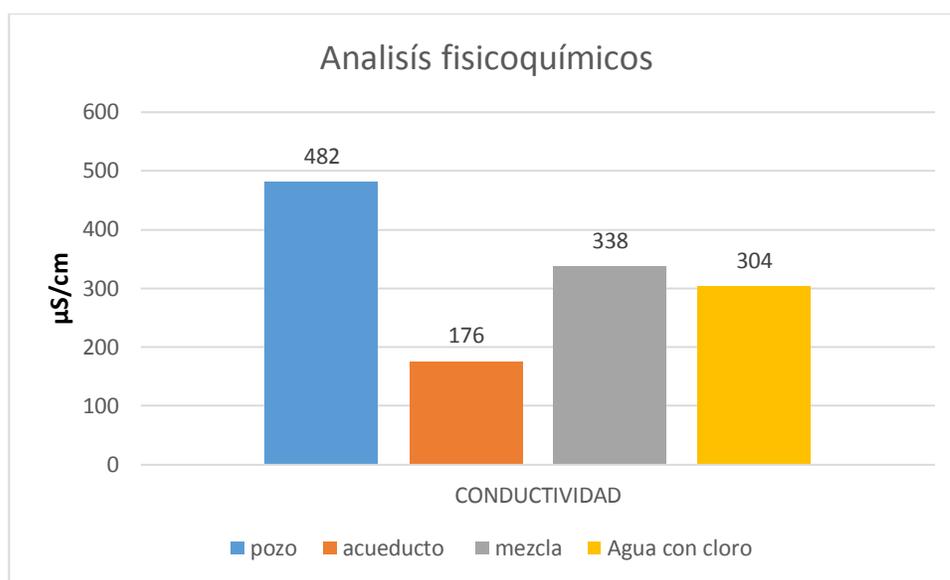
Los resultados de la prueba de conductividad se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.****Resultados de Conductividad.**

Parámetros	pozo	acueducto	mezcla	Agua con cloro
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	482	176	338	304

Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados de la prueba de conductividad se muestran en la figura X.

**Resultados de Conductividad.****Figura 7. Resultados de conductividad según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto

Según lo establecido por la normatividad en el artículo 3 dice que para el parámetro de Conductividad el valor máximo aceptable puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Lo que quiere decir que según los resultados de las muestras no superan este valor, y se encuentra con el valor aceptable para agua potable (Resolución 2115,2007).

Para el análisis realizado a la conductividad, se mide la muestra directamente con el conductímetro HANNA 8733, obteniendo así el resultado.



**Figura 8. Conductímetro.**  
Fuente. Autores del proyecto

La Alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor (Barrenechea, 2000).

Los resultados de la prueba de alcalinidad se muestran en la tabla 8.

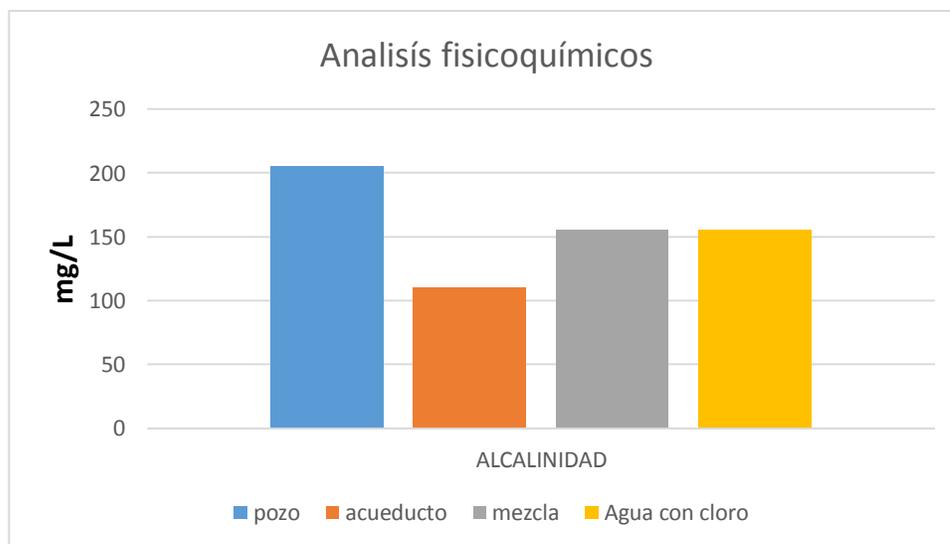
**Tabla 8.**  
**Resultados de Alcalinidad.**

Parámetros	Pozo	acueducto	Mezcla	Agua con cloro
ALCALINIDAD	205	110	155	155

Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados de la prueba de alcalinidad se muestran en la figura X.

Resultados de Alcalinidad.



**Figura 9. Resultados de Alcalinidad según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto

Según lo establecido en la normatividad el valor de Alcalinidad no debe superar los 200mg/L, es decir que en el análisis de las muestras el resultado no supero el valor comprendido para agua potable. (Resolución 2115,2007)

Para el análisis de Alcalinidad se tomaron 100ml de la muestra de agua cruda en un Erlenmeyer y se adicionó 3 gotas de naranja de metilo. Se titula con HCl, el volumen gastado del ácido se multiplica por 50 y el resultado equivale a la concentración en mg/L DE CaCo<sub>3</sub> (Alcalinidad).

La Dureza del agua se debe a la presencia de cationes como: calcio, magnesio, estroncio, bario, fierro aluminio, y otros metales que se encuentran presentes en forma de sólidos disueltos. De éstos, el calcio y el magnesio son los más abundantes, por lo que casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración de éstos dos elementos.

Desde el punto de vista sanitario, la dureza del agua no tiene ninguna relación con la salud, por lo que es irrelevante consumir agua de alta o baja dureza, sin embargo, el exceso de dureza hacen el agua desagradable para su empleo en servicios y en la industria. Si la cantidad de calcio y magnesio es muy alta, cuando el agua se evapora o cuando cambian sus condiciones, se satura la solución y se forma un precipitado de carbonato de calcio y de hidróxido de magnesio que causan formación de sarro en equipos y tuberías y en algunos equipos industriales dañan éstos irreversiblemente.

Para disminuir la dureza a valores adecuados, se emplean resinas de intercambio iónico o se emplea el proceso de precipitación química de calcio y magnesio (Barrenechea, 2000).

Los resultados de la prueba de dureza se muestran en la tabla X.

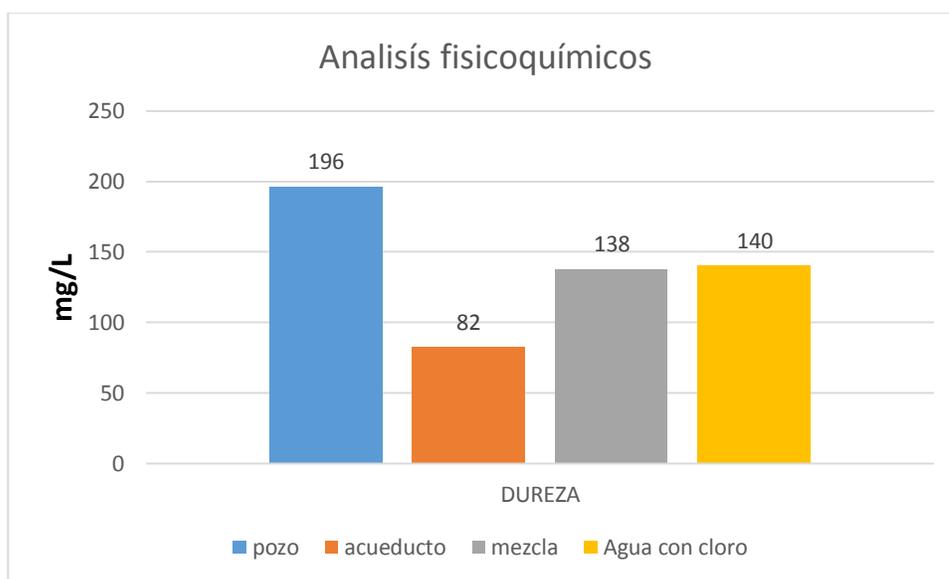
**Tabla 9.**  
*Resultados de Dureza,*

Parámetros	pozo	acueducto	mezcla	Agua con cloro
<b>DUREZA</b>	196	82	138	140

Fuente. Autores del proyecto

Los resultados de la prueba de dureza se muestran en la figura 10.

Resultados de Dureza



**Figura 10. Resultados de Dureza según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto

Según lo establecido en la normatividad el valor permisible para la Dureza debe ser de 200mg/L, esto quiere decir que según el valor obtenido no supera los límites permisibles para agua potable. (Resolución 2115,2007)

Para el análisis de Dureza, se tomaron 100ml de la muestra en un Erlenmeyer y se adiciona 1 pastilla buffer indicador, después de disolverse la pastilla se agrega 1ml de amoníaco. La muestra se titula con EDTA. El volumen gastado de EDTA se multiplica por 10 y el resultado equivalente a la concentración en mg/L de CaCO<sub>3</sub> (Dureza).

La turbidez Es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. La turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua.

Sus unidades son NTU's (Nephelometric Turbidity Units). Un agua turbia estéticamente es desagradable y es rechazada por el consumidor. La turbidez del agua es un parámetro de importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua a consumir. También la turbidez interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta, disminuyendo la efectividad biocida de éstos lo cual representa un riesgo en el consumidor (Parámetros y Características de las aguas naturales, 2009).

Los resultados de la prueba de turbidez se muestran en la tabla 10.

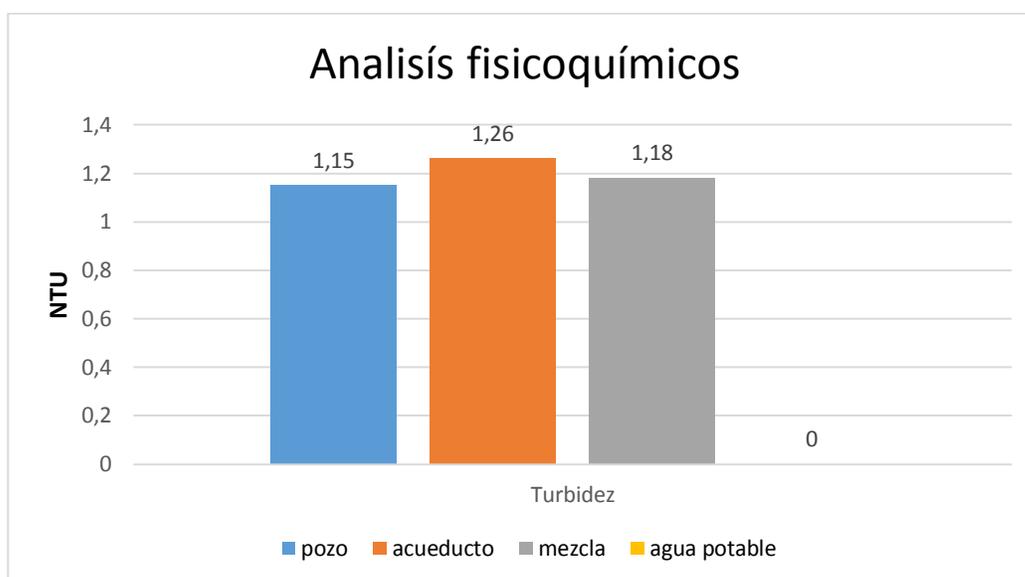
**Tabla 10.**  
*Resultados de turbidez.*

Parámetros	pozo	acueducto	mezcla	agua potable
<b>Turbidez</b>	1,15	1,26	1,18	0

Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados de la prueba de turbidez se muestran en la figura 11.

Resultados de turbidez



**Figura 11. Resultados de Turbidez según la Resolución 2115 de 2007.**

Fuente. Autores del proyecto.

Según lo establecido en la normatividad el valor máximo aceptable para turbiedad es 2 NTU, lo que quiere decir que según los resultados obtenidos de las muestras este no supera el valor comprendido (Resolución 2115,2007).

Para el análisis de turbiedad se tomó un vaso precipitado donde se adicionó 200ml de la muestra, y se procedió a medir con el equipo Explorer glx de la marca Pasco, dándonos así los resultados anteriormente descritos.



**Figura 12. Explorer glx**  
Fuente. Autores del proyecto

En Coliformes para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes.

Los coliformes se determinan por medio de la técnica de número más probable (NMP) y por cuenta en placa en un medio de cultivo que es específico para el crecimiento de bacterias coliformes. Los resultados se manejan de forma similar a como se hace en el caso de mesofílicos aerobios: se hace una cuenta en placa a las 24, 48 y 72 horas y se considera la dilución, si la muestra original fue diluida. La cuenta de mesofílicos aerobios indica únicamente el grado de potabilidad del agua en valores relativos. Por ejemplo; un agua con menos de 10 col/ml. de mesofílicos aeróbicos y 0 coliformes/ml. se considera de buena calidad, mientras que un agua con 100,000 col/ml. de mesofílicos aeróbicos y cero coliformes por ml. se considera apta para consumo como agua potable pero indica una fuente de contaminación (Parámetros y características de las aguas naturales, 2009).

Los resultados de las pruebas de coliformes se muestran en la tabla 11.

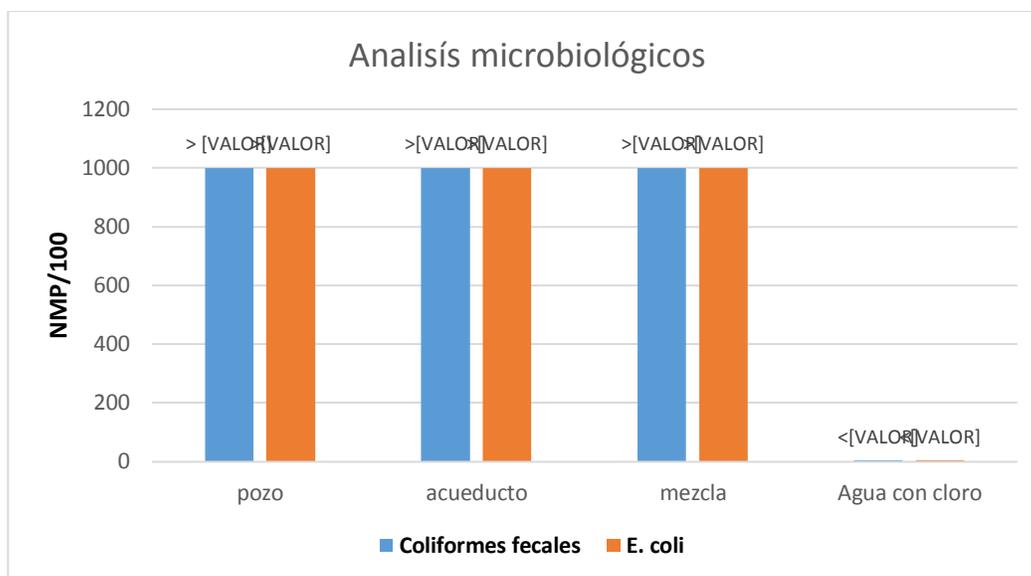
**Tabla 11.**  
*Resultados de Coliformes fecales y E. coli.*

<b>Parámetros</b>	<b>Pozo</b>	<b>acueducto</b>	<b>mezcla</b>	<b>Agua con cloro</b>
<b>Coliformes fecales</b>	1000	1000	1000	3,6
<b>E. coli</b>	1000	1000	1000	3,6

Fuente. Autores del proyecto

Los resultados de las pruebas de coliformes se muestran en la figura X.

Resultados de Coliformes fecales y E. coli.



**Figura 13. Resultados de Coliformes fecales y E. coli según la Resolución 2115 de 2007.**  
Fuente. Autores del proyecto

Según lo establecido por el IDEAM (2007) el valor permitido por cualquier método que se realice el análisis de coliformes debe ser cero, lo cual quiere decir que si supera el valor permitido.

En estos análisis podemos observar que las fuentes abastecedoras presentan bajas concentraciones de contaminación y que con un adecuado tratamiento esta fuente puede abastecer a la población que habitara en cada vivienda del Condominio Campestre Las Heliconias.

**Comprobar la aptitud de las fuentes abastecedoras de acuerdo a la normatividad vigente, para el uso de consumo humano en el condominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio De Aguachica, Cesar.** Para comprobar si se cuenta con la cantidad de recurso en las dos fuentes de abastecimiento se tomaron los caudales

para garantizar que la cantidad de agua fuera suficiente a la población a servir; el tipo de caudal que se realizó fue el volumétrico el cual consistió que con un balde de 20 litros y un cronometro se midió cuanto tiempo duró el balde en llenarse, y así el procedimiento del cálculo consistió en dividir el volumen del agua recogido en el deposito por el tiempo (segundos) que se demoró en llenarse, el resultado expresó el caudal en litros por segundo.

Es necesario repetir dos o tres veces el procedimiento y promediar para garantizar mayor exactitud.

El caudal se calculó de esta manera:

$$Q = \frac{\text{Volumen de agua capturado (en litros)}}{\text{Tiempo de llenado del balde (en segundos)}} = \frac{L}{S}$$

$$Q = V/T$$

Caudal del pozo

$$Q_1 = \frac{20L}{1,51S} = 13,25 \text{ L/S}$$

$$Q_2 = \frac{20L}{1,51S} = 13,25 \text{ L/S}$$

$$Q_3 = \frac{20L}{1,50S} = 13,33 \text{ L/S}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \div 3 = ?$$

$$Q_T = 13,25 + 13,25 + 13,33 \div 3 = 13,28 \text{ L/S}$$

$$Q_{\text{pozo}} = 13,28 \text{ L/S}$$

Caudal del acueducto

$$Q_1 = \frac{20L}{3,32S} = 6,02 \text{ L/S}$$

$$Q2 = \frac{20L}{3,31S} = 6,04 \text{ L/S}$$

$$Q3 = \frac{20L}{3,32S} = 6,02 \text{ L/S}$$

$$QT = Q1 + Q2 + Q3 \div 3 = ?$$

$$QT = 6,02 + 6,04 + 6,02 \div 3 = 6,03 \text{ L/S}$$

Q. Real condominio

Qpozo + Qacueducto

13,28 L/S + 6,03 L/S

QR = 19,31 L/S

Debido a que no se conoce la población real la cual habitara en el Condominio, se tomaron los datos según el DANE, el promedio de personas por hogar es de 4 habitantes, luego se calculó la proyección con base al número de casas que conformaran el condominio, de la siguiente forma: El número de viviendas por el número de habitantes según el DANE, lo que quiere decir que al multiplicar 28 por 4 nos da 112 habitantes para el Condominio Campestre las Heliconias.

Por otro lado se determinó la demanda de agua para uso doméstico, que será la cantidad de agua consumida para los habitantes, mediante la ecuación:

DUD = Demanda per cápita urbana \* Número de habitantes urbanos.

Dónde:

DUD = Demanda de agua para uso doméstico.

DUD = 100l/hab.día \* 112 hab = 11200 l/día

Establecida en la resolución 865 de 2004, para la anterior relación, se consideró como dotación neta por habitante, el mínimo vital (100 L/hab,día) que establece el proyecto de ley estatutaria 174 de 2012 senado. La demanda de agua para consumo humano del condominio, es de aproximadamente 11200 L/día

Con respecto al caudal real que su resultado es de 19,31L/s

Conversión de L/s a L/día

$$19,31 \text{ L/s} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}} = 1668384 \text{ L/día}$$

Qreal: 1668384 L/día

Para saber si las dos fuentes de abastecimiento alcanza para abastecer al Condominio, se suprime el 25% que es el caudal ambiental, según la resolución 865 de 2004, del caudal real.

Qreal: 1668384 L/día

$$1668384 \text{ L/día} - 25\% (417096, \text{ cuarta parte de caudal}) = 1251288.$$

Ahora comparando con los 11200 L/día de la demanda de agua para uso doméstico, se observa que es suficiente para abastecer al Condominio Campestre las Heliconias, ya que el caudal de pozo junto con el acueducto dio 1251288 y la dotación del Condominio dio 11200 L/día.

AGUA TRATADA CON CLORO 91%.

**Tabla 12.**

*Tabla de IRCA por muestra según la Resolución 2115 de 2007.*

Parámetros	Unidad	Valor de agua con cloro 90	Valor máximo aceptable	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado
Potencial de Hidrógeno	pH	7,6	6,5 – 9,0	1.5	0
Color	UPC	74	15	6	6
Cloro	Mg/L	1,5	0,9 – 2,0	10	0
Alcalinidad total	mg/L	155	200	1	0
Dureza total	mg/L	140	300	1	0
Sulfatos	mg/L	23	250	1	0
Conductividad		304	1000		0
Turbidez	NTU	0	2	15	0
Hierro total	mg/L	0	0,3	1.5	0
Nitratos	mg/L	11	10	1	1
Nitritos	mg/L	0,1	0,1	3	0
Coliformes totales	NMP	3,6	0	15	0
Coliformes fecales	NMP	3,6	0	25	0
<b>TOTAL</b>				<b>81</b>	<b>47</b>

Fuente. Autores del proyecto.

IRCA por muestra

$$\text{IRCA \%} = \frac{\sum \text{PUNTAJES DE RIESGO ASIGNADO A LAS CARACTERISTICAS NO ACEPTABLES}}{\sum \text{PUNTAJES DE RIESGOS ASIGNADOS A TODAS LAS CARACTERISTICAS ANALIZADAS}} \times 100$$

$$\text{IRCA \%} = \frac{47}{81} \times 100 = 50\%$$

Según la clasificación del nivel de riesgo en salud, el IRCA por muestras se debe tener en cuenta estas acciones, el porcentaje fue de 50% el nivel de riesgo ALTO y se debe informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.

**Determinar el tratamiento de potabilización requerido para abastecer al dominio campestre las heliconias, corregimiento Villa San Andrés del Municipio De Aguachica, Cesar.** Para determinar el tratamiento requerido de potabilización en el Condominio

Campestre las Heliconias, se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos y microbiológicos a las muestras de agua cruda del pozo y el acueducto veredal como lo son, ph, color, sulfatos, nitritos, nitratos, hierro total, conductividad, alcalinidad total, dureza total, turbidez, coliformes fecales y coliformes totales; estos análisis se realizaron tomando como unidad de muestreo una casa piloto de las 27 restantes a construir.

Teniendo los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua cruda del Condominio Campestre las Heliconias, se observa que el cuerpo de agua cuenta con una carga de contaminación baja pero no nula, siendo la prioridad del tratamiento, la desinfección por presencia de coliformes en los resultados microbiológicos y el tratamiento de Color y Nitratos en los resultados fisicoquímicos.

Tomando como medio de estudio los parámetros evaluados se realiza una investigación piloto para determinar un tratamiento mediante un tanque de compensación y un sistema de bombeo con el equipo Hidroflo, donde se le adiciona una pastilla de cloro con una concentración al 91% en tableta previo a la llegada de la casa piloto.



**Figura 14. Hidroflo.**

Fuente. Autores del proyecto

Para determinar la eficiencia de la investigación piloto realizada se tomó otra muestra de agua en el interior de la vivienda la cual ya había pasado por el cloro 91% en tableta, en donde se analizó que la presencia de coliformes presento una disminución considerable de menor a 3,6 NMP, en el color se pudo observar que su valor desciende hasta 74 UPC disminuyendo su valor, para complementar el tratamiento requerido se debe adicionar un proceso de presedimentación y sedimentación que consiste en una operación de separación de sólido-fluido en las que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad, y por ultimo adicionar un sistema de desinfección donde se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo, es así donde se hace necesario implementar este tratamiento para poder obtener la calidad de agua deseada.

## Capítulo 5. Conclusiones

La presente investigación permitió evaluar, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda de dos fuentes, una de las cuales es potencial para captación (pozo artesanal), el tratamiento requerido para que estas permitan el abastecimiento del condominio campestre las heliconias. Para ello, se tuvo en cuenta una de las casas como modelo piloto, en el cual se utilizó un tanque de compensación y un sistema de bombeo con pastillas de cloro 91%, para desactivar la carga contaminante de coliformes y color, con ello comparar la aptitud de las fuentes en estudio.

Las características de las fuentes son muy variadas entre sí. Físicamente, el color aparente es considerablemente mayor en la muestra del acueducto veredal, al igual que con la característica de turbidez. Sin embargo, la turbidez del pozo artesanal es ligeramente menor que la de la muestra de referencia. Químicamente hablando, para las características que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, sucede lo contrario, la presencia de sulfatos es aproximadamente el doble en la muestra del pozo artesanal con respecto a la del acueducto, pero al igual que en los parámetros mencionados anteriormente, la muestra de referencia presentó un valor ligeramente mayor con respecto a la del acueducto, en este caso. La misma situación se presentó para el parámetro de hierro, pero el mayor valor de este se presentó en la muestra del acueducto. Tanto la alcalinidad como la dureza, fueron mayores para el pozo artesanal; por otro lado, estas características en el acueducto veredal presentaron valores muy por debajo incluso de las que se presentó en la muestra de agua con cloro.

En cuanto a las características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana, es la muestra del acueducto veredal la que presentó los valores altos en las pruebas de nitritos y nitratos. Para la muestra de referencia, la prueba de nitratos fue la de menor valor, mientras que en nitritos presentó un valor alto muy cercano a la que se observó de la del acueducto. A nivel microbiológico, para las muestras del pozo, del acueducto y la de referencia se observó la presencia de Coliformes fecales y E.Coli. Con base en los resultados de la presente investigación, el análisis para cantidad del recurso hídrico, sugieren que tanto el pozo artesanal como el acueducto veredal en conjunto, tienen la disponibilidad de abastecer a la población del condominio.

En lo que a calidad se refiere, el IRCA calculado indica un nivel de riesgo alto, por lo que se hace indispensable un tratamiento del recurso hídrico de estas fuentes. Como parte del estudio, se identificó que deben gestionarse los recursos para potabilizar estas fuentes, que incluya en el corto plazo las etapas de presedimentación, sedimentación y desinfección.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Implementar el tratamiento requerido para potabilización del recurso hídrico mediante las fases de presedimentación, sedimentación donde se logre una total remoción de las partículas y desinfección donde se recomienda el debido cuidado con el adiconamiento de concentración de cloro, la dosificación del tratamiento con cloro granular al 91% de ácido tricloroetanoico TCA con su fórmula  $CCl_3COOH$ , debe ser de adicionar 3 gramos por metro cubico de agua a tratar (En este caso el tanque de almacenamiento es de  $40m^3$ , lo que quiere decir que la dosificación debe ser de 120gramos de cloro).

Para el adiconamiento de cloro al 91% en tableta se recomienda el clorador flotante que es un dosificador de cloro, lo único que se tiene que hacer es llenar el recipiente con la cantidad de tableta necesaria y ajustar el flujo con las ranuras del fondo que permiten la dosificación correcta (cada tableta contiene 200g).

Gestionar y motivar a los usuarios de ADUAVISAN para que realicen los respectivos tramites con los entes encargados de velar por la prestación del servicio.

Ejecutar programas de información a los usuarios del Corregimiento de Villa de San Andes sobre el estado actual del agua.

Realizar mantenimiento con frecuencia de seis meses, para evitar que se generen cultivos de microorganismos y cualquier otra partícula que afecte el tratamiento.

## Referencias

Barrenechea, A. (2000). *ASPECTOS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*.

Obtenido de ASPECTOS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>

Blanco, D. (2010). *Analisis de calidad de agua quebrada san jose*. Recuperado el 15 de junio

de 2016, de Analisis de calidad de agua quebrada san jose:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7091/2/136072.pdf>

Calderon, D. (Julio de 1997). *TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS*. Obtenido de TOMA

Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS:

[http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Toma\\_De\\_Muestras.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm)

Cardona, D. (2011). *CARACTERIZACION DEL AGUA CRUDA DEL RIO LA VIEJA COMO*

*FUENTE SUEPERFICIAL PARA EL PROCESO DE POTABILIZACION*. Recuperado el

3 de JUNIO de 2016, de CARACTERIZACION DEL AGUA CRUDA DEL RIO LA

VIEJA COMO FUENTE SUEPERFICIAL PARA EL PROCESO DE

POTABILIZACION:

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessi](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessionid=77CBFCBEF8A6CC431968D5963CE2E268?sequence=1)

[onid=77CBFCBEF8A6CC431968D5963CE2E268?sequence=1](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessionid=77CBFCBEF8A6CC431968D5963CE2E268?sequence=1)

Congreso de la República. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá: Congreso de la

República.

DANE. (2005). *CENSO GENERAL 2005*. BOGOTA.

Definición ABC. (2013). *Medio ambiente: área protegida*. Obtenido de

[www.definicionabc.com/medio-ambiente/areaprotegida](http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/areaprotegida)

Echarri, L. (2010). Sustancias contaminantes del agua. En L. Echarri, *ciencias de la tierra y medio ambiente*.

FAO. (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia*. Chile.

Felizzola, J. (MAYO de 2016). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA BAJO PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA LA BRAVADEL CORREGIMIENTO DE PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE OCAÑA N.S.* Recuperado el 3 de AGOSTO de 2016, de DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA BAJO PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA LA BRAVADEL CORREGIMIENTO DE PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE OCAÑA N.S: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1165/1/28775.pdf>

Ideam. (2000). *Estudio nacional del agua*. Bogotá: Ideam.

Ideam. (2010). *Agua*. Bogotá: Ideam.

Informe Defensorial. (2009). *Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua*. Bogotá.

Instituto Nacional de Salud. (2005). *Octavo curso-taller validación de métodos analíticos. Enfermedades asociadas a la calidad del agua*. Bogotá: Memorias.

Jaime, G. (12 de ENERO de 2016). *instituto nacional de la salud INS*. Recuperado el 21 de JULIO de 2016, de instituto nacional de la salud INS: <http://www.ins.gov.co/líneas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Protocolos%20SIVIGILA/PRO%20Enfermedades%20Trans.%20por%20alimentos.pdf>

Juarez, M. (2013). Parasitosis intestinales en Argentina: principales agentes causales encontrados en la población y en el ambiente. *Scielo*, 2.

Laboratorio de Tecnología Educativa. (2013). *Recuento de coliformes totales. Filtración a través de membrana.* Obtenido de [http://virus.usal.es/Web/demo\\_fundacua/demo2/FiltraMembColit\\_auto-html](http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColit_auto-html)

Lloyd, B. (1982). *Vigilancia de la calidad del agua.* México.

Lopez, H. (16 de octubre de 2014). *oferta y demanda hidrica.* Recuperado el 15 de julio de 2016, de oferta y demanda hidrica: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/495/1/25977.pdf>

Maillard, I. (2010). *Reporte de mantenimiento de instalaciones hidráulicas y sanitarias del palacio de gobierno de Xalapa, Veracruz.* Veracruz: Universidad de Veracruz.

María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A. (2005). *Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.* Mexico.

Mejía, J. (2010). *Estudio sobre la calidad de agua potable del caton.* Recuperado el 2 de junio de 2016, de estudio sobre la calidad de agua potable en el caton: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2589/1/tm4362.pdf>

Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El limón, San jeronimo, Honduras.* Recuperado el 17 de 07 de 2016, de Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El limón, San jeronimo, Honduras: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible de la protección social. (2007).

*Resolución 2115 de 2007, junio 22.* Bogotá: Minambiente.

Miranda, I. (15 de mayo de 2015). *escurrimiento superficial*. Recuperado el 5 de julio de 2016,

de escurrimiento superficial: <https://prezi.com/2e2o8dbobycc/escurrimiento-superficial/>

Mitchell, M. (1991). *una guía para monitorear la calidad del agua en el río bravo*. México.

Ojeda, A. (2013). *Agua y vida para saciar la sed de desarrollo*. Obtenido de

<http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/rwh.html>

OMS. (2014). *IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO*.

Recuperado el 5 de junio de 2016, de IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA

DE CONSUMO HUMANO:

<http://www.emapica.com.pe/gyg2014/control%20de%20calidad.pdf>

Ongley, E. (1997). *REDESIGN AND MODERNIZATION OF THE MEXICAN WATER*

*QUALITY MONITORING NETWORK*. Recuperado el 7 de 06 de 2016, de REDESIGN

AND MODERNIZATION OF THE MEXICAN WATER QUALITY MONITORING

NETWORK:

[http://www.unep.org/gemswater/Portals/24154/freshwater\\_assessments/pdfs/redesign\\_modernization\\_mexico.pdf](http://www.unep.org/gemswater/Portals/24154/freshwater_assessments/pdfs/redesign_modernization_mexico.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (1995). Guías para la calidad del agua potable. *WHO*, 52-60.

Programa de las naciones unidas para el desarrollo. (03 de septiembre de 2013). *el control del*

*agua durante la elaboración de alimento. aspectos y consideraciones generales*.

Recuperado el 03 de julio de 2016, de el control del agua durante la elaboración de

alimento. aspectos y consideraciones generales: <http://www.gestionrestaurantes.com/el->

control-del-agua-durante-la-elaboracion-de-alimentos-aspectos-y-consideraciones-generales/

programa de las naciones unidas para el medio ambiente. (05 de junio de 2006). *historia de sistemas de aprovechamiento para agua lluvia*. Recuperado el 07 de julio de 2016, de historia de sistemas de aprovechamiento para agua lluvia: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

Regil, M. (9 de febrero de 2015). *contaminacion del agua y del suelo*. Recuperado el 9 de julio de 2016, de contaminacion del agua y del suelo: <https://prezi.com/tjen0seqjam6/contaminacion-del-agua-del-agua-y-del-suelo/>

Ruth, A. (02 de 07 de 2005). *scielo*. Recuperado el 21 de 07 de 2016, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2005000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009)

Serea. (2006). *Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua*. Brasil: Joao Pessoa.

Stenstrom, T. (1988). Educación y participación comunitaria. *Curso sobre vigilancia y control de la calidad del agua potable*, 24.

UNAD. (2004). *leccion 2 criterios para la calidad de agua*. Recuperado el 16 de junio de 2016, de leccion 2 criterios para la calidad de agua: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido\\_en\\_linea\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_Potabilizadoras/leccin\\_2\\_criterios\\_de\\_calidad\\_del\\_agua.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Disenio_de_Plantas_Potabilizadoras/leccin_2_criterios_de_calidad_del_agua.html)

Universidad Nacional. (2010). *Recursos hídricos*. Bogotá: Gireh.

# Apéndices

## Apéndice A. Resultados análisis fisicoquímicos fuente mezcla de agua tratada



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

### LABORATORIO DE AGUAS

#### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable.

**TIPO DE MUESTRA:** Compuesta.

**LUGAR DE MUESTREO:** Fuente mezcla de agua tratada **PUNTO:** punto 4

**TOMADA POR:** Eddy Jaime / Luis Sanabria **HORA:** 8:30 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 06 de diciembre del 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 07 de diciembre del 2016 **HORA:** 15:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, color, sulfatos, hierro, nitratos, nitritos, conductividad, alcalinidad, dureza.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,6
COLOR	UPtCo	74
SULFATOS	mg/L	23
HIERRO	mg/L	0,0
NITRATOS	mg/L	11
NITRITOS	mg/L	0,1
CONDUCTIVIDAD	mg/L	304
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	155
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	140

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
Coord. Laboratorio de Aguas.



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

## Apéndice B. Resultados análisis fisicoquímicos fuente Pozo Artesanal



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

### LABORATORIO DE AGUAS

#### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Compuesta.

**LUGAR DE MUESTREO:** Pozo Artesanal **PUNTO:** punto 1

**TOMADA POR:** Eddy Jaime / Luis Sanabria **HORA:** 8:30 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de octubre del 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 28 de octubre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, color, sulfatos, hierro, nitratos, nitritos, conductividad, alcalinidad, dureza.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,5
COLOR	UPtCo	264
SULFATOS	mg/L	47
HIERRO	mg/L	0,6
NITRATOS	mg/L	37
NITRITOS	mg/L	59
CONDUCTIVIDAD	mg/L	482
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	205
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	196

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**





**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable.

**TIPO DE MUESTRA:** Compuesta.

**LUGAR DE MUESTREO:** Acueducto Veredal **PUNTO:** punto 2

**TOMADA POR:** Eddy Jaime / Luis Sanabria **HORA:** 9:00 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de octubre del 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 28 de octubre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, color, sulfatos, hierro, nitratos, nitritos, conductividad, alcalinidad, dureza.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	8,2
COLOR	UPtCo	492
SULFATOS	mg/L	22
HIERRO	mg/L	1,3
NITRATOS	mg/L	55
NITRITOS	mg/L	89
CONDUCTIVIDAD	mg/L	176
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	110
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	82

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
Coord. Laboratorio de Aguas.



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

## LABORATORIO DE AGUAS

### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Cruda.

**TIPO DE MUESTRA:** Compuesta.

**LUGAR DE MUESTREO:** Mezcla pozo-acueducto **PUNTO:** punto 3

**TOMADA POR:** Eddy Jaime / Luis Sanabria **HORA:** 9:30 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 de octubre del 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 28 de octubre del 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, color, sulfatos, hierro, nitratos, nitritos, conductividad, alcalinidad, dureza.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,7
COLOR	UPtCo	339
SULFATOS	mg/L	33
HIERRO	mg/L	0,8
NITRATOS	mg/L	35
NITRITOS	mg/L	83
CONDUCTIVIDAD	mg/L	338
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	155
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	138

*Diana M. Valdes S.*

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
Coord. Laboratorio de Aguas.



SC-CER102673 GP-CER102674

## Apéndice C. . Resultados análisis microbiológicos



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander  
Ocaña - Colombia

NIT. 800163130-0

## LABORATORIO DE AGUAS

## RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: POTABLE

TIPO DE MUESTRA: COMPUESTA

LUGAR DE MUESTREO: VILLA DE SAN ANDRES

PUNTO:

TOMADA POR: HORA: LUIS IVAN EDDY LORENA

FECHA TOMA DE MUESTRA:

FECHA ENTREGA LABORATORIO: 12 DE DICIEMBRE DEL 20116 HORA: 11:00 a.m.

MICROORGANISMO	TECNICA	RESULTADOS	VALOR ADMISIBLE
<i>Coliformes totales</i>	Filtración por membrana	----	0 UFC/100ml
<i>E. coli</i>	Filtración por membrana	----	0 UFC/100ml
<i>Aerobios mesofilos</i>	Filtración por membrana	-----	100 UFC/100ml

MICROORGANISMO	TECNICA	RESULTADOS
<i>Coliformes totales</i>	Tubos múltiples	<3.6NMP/100ml
<i>E. coli</i>	Tubos múltiples	<3.6NMP/100ml
<i>Aerobios mesofilos</i>	Recuento en placa	56UFC/100ml

*Johanna Ximena Paez P*  
JOHANNA XIMENA PAEZ PACHECO  
LABORATORISTA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

**Apéndice D. Evidencia fotográfica**







## Apéndice E. Resultados de turbidez en diferentes muestras de agua:



Ocaña, 12 de Diciembre del 2016

### LABORATORIO DE BIOLOGIA

#### RESULTADOS DE TURBIDEZ EN DIFERENTES MUESTRAS DE AGUA:

Fecha	No. de muestras	Resultados
8 de Noviembre del 2016	Muestra 1 (pozo)	1.15 NTU
8 de Noviembre del 2016	Muestra 2 (Acueducto)	1.26 NTU
8 de Noviembre del 2016	Muestra 3 (Mezcla del agua del pozo y el acueducto)	1.18 NTU
9 de Diciembre del 2016	Muestra de agua potable	0.0 NTU

**Nota:** Los datos se tomaron con el equipo Explorer glx de la marca Pasco.

Coordinadora del laboratorio de biología.

**VIVIANA PATRICIA RODRIGUEZ ALVAREZ.**

Especialista en práctica docente universitaria.



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co