	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>ii(79)</b>	

<b>AUTORES</b>	<b>BLEIDY MAGRETH NAVARRO MÁRQUEZ GINA ALEXANDRA RUEDAS TORRADO</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>YEENY LOZANO LÁZARO</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL DESABASTECIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DEL CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>ESTE PROYECTO SE REALIZÓ EN EL CENTRO POBLADO DE AGUAS CLARAS, UBICADO A SEIS KILÓMETROS DEL CASCO URBANO DE OCAÑA, DONDE SE DETERMINÓ EL DESABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEBIDO A UNA PROBLEMÁTICA EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE, TAMBIÉN SE ESTUDIARON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS FUENTES ABASTECEDORAS, LA PTAP Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN. ADEMÁS, SE EVALUARON LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA ICA E IRCA.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS: 79</b>	<b>PLANOS: 0</b>	<b>ILUSTRACIONES: 19</b>	<b>CD-ROM: 1</b>



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL. OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088

[www.ufps.edu.co](http://www.ufps.edu.co)



**DETERMINACIÓN DEL DESABASTECIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD  
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DEL  
CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.**

**AUTORES:**

**GINA ALEXANDRA RUEDAS TORRADO  
BLEIDY MAGRETH NAVARRO MÁRQUEZ**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Ambiental**

**Directora:**

**YEENY LOZANO LÁZARO  
Esp., Ingeniera Ambiental y Sanitaria**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Octubre de 2016**

## Índice

<b>Capítulo 1. Determinación del desabastecimiento y análisis de la calidad del agua para consumo humano del centro poblado del Corregimiento de Aguas Claras, municipio de Ocaña. ....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema .....	4
1.3 Objetivos de Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitaciones.....	5
1.5.1 Delimitación Operativa.....	5
1.5.2 Delimitación Conceptual .....	6
1.5.3 Delimitación Geográfica.....	6
1.5.4 Delimitación Temporal .....	6
 <b>Capítulo 2. Marco Referencial .....</b>	 <b>7</b>
2.1 Marco Histórico.....	7
2.2 Marco Contextual.....	9
2.3 Marco Conceptual .....	10
2.4 Marco Teórico .....	14
2.5 Marco Legal .....	17
 <b>Capítulo 3. Metodología .....</b>	 <b>20</b>
3.1 Tipo de Investigación.....	20
3.2 Población y muestra .....	21
3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de información .....	22
 <b>Capítulo 4. Aspectos generales del área de estudio.....</b>	 <b>27</b>
4.1 Localización .....	27

<b>Capítulo 5. Presentación de Resultados .....</b>	<b>32</b>
5.1 Identificar los componentes del desabastecimiento del recurso hídrico en el centro poblado de Aguas Claras, por medio de la evaluación de la oferta y la demanda. ....	32
5.2 Establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano en el centro poblado de Aguas Claras, mediante pruebas en el Laboratorio de Aguas, teniendo en cuenta la Resolución 2115 del 2007. ....	36
5.3 Evaluar la calidad del agua mediante la determinación de los Índices de calidad de agua (ICA) y el Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) en el centro poblado del corregimiento de Aguas Claras. ....	43
<b>Capítulo 6. Conclusiones .....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo 7. Recomendaciones .....</b>	<b>50</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>51</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>57</b>
Apéndice A. Censo del Centro poblado de Aguas Claras.....	58
Apéndice B. Resultados del Laboratorio de Aguas.....	60
Apéndice C. Registro fotográfico.....	68

## Lista de Tablas

Tabla 1. Significancia de los índices de contaminación ICOs.....	26
Tabla 2. Puntaje de riesgo para los parámetros evaluados.....	26
Tabla 3. Clasificación del nivel de riesgo en salud según IRCA.....	26
Tabla 4. Características morfométricas de la Microcuenca Q. La Esperanza.....	29
Tabla 5. Puntos de muestreo y aforo de caudal.....	31
Tabla 6. Aforos de Caudal.....	32
Tabla 7. Categorías según el índice de escasez.....	34
Tabla 8. Resultados de la Alcalinidad.....	36
Tabla 9. Resultados de la Turbiedad.....	37
Tabla 10. Resultados de la Dureza.....	37
Tabla 11. Resultados del oxígeno disuelto.....	38
Tabla 12. Resultados del Cloro Residual Libre.....	39
Tabla 13. Resultado de pH (potencial de hidrogeno).....	39
Tabla 14. Resultado de la conductividad.....	40
Tabla 15. Resultado de Color.....	41
Tabla 16. Resultado de Coliformes totales.....	41
Tabla 17. Resultado de E. Coli.....	42
Tabla 18. Índice de contaminación por minerales (ICOMI).....	43
Tabla 19. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).....	44
Tabla 20. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).....	45
Tabla 21. Índice de contaminación por pH (ICOpH).....	46
Tabla 22. Índice de Riesgo de Calidad de Agua para consumo humano (IRCA).....	47
Tabla 23. Censo a la Muestra.....	58

## Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación Geográfica del Proyecto de Investigación usando Google Earth.....	27
Figura 2. Fuentes de abastecimiento de la PTAP Aguas Claras (Centro Poblado).....	28
Figura 3. Microcuenca Q. La Esperanza. ....	30
Figura 4. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	60
Figura 5. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	61
Figura 6. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	62
Figura 7. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	63
Figura 8. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	64
Figura 9. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	65
Figura 10. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	66
Figura 11. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	67
Figura 12. Toma y etiquetado de muestras.....	68
Figura 13. Medición de pH.....	68
Figura 14. Aforo de caudal, método velocidad/Área.....	69
Figura 15. Aforo de caudal, método volumétrico.....	69
Figura 16. Análisis de Laboratorio.....	70
Figura 17. Reservorio.....	70
Figura 18. Toma de la temperatura.....	71
Figura 19. Planta de tratamiento.....	71

## **Introducción**

El agua es un recurso natural indispensable para la vida y fundamental para llevar a cabo una variedad de actividades realizadas por todos los seres humanos, como la agricultura, ganadería e industria. Colombia se caracteriza por ser uno de los países que cuenta con gran variedad del recurso hídrico por lo que es de carácter importante preservar excelentes condiciones de calidad del agua para suplir las necesidades de las poblaciones.

El presente trabajo se realizara en el Centro Poblado de Aguas Claras Municipio de Ocaña Norte de Santander, donde se determinara el desabastecimiento del recurso hídrico pues se presenta una clara problemática en la prestación del servicio ya que se suministra agua día por medio durante 7am y 1 de la tarde (6 horas), y se estudiaran las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de las fuentes Quebrada La Esperanza y el Reservorio quienes abastecen la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Se establecerá la oferta y demanda del Recurso Hídrico para el Centro poblado de Aguas Claras y por medio de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se evaluaran los índices de calidad del agua (ICOs – IRCA), donde se determinara si el agua es apta o no para el consumo de la población ya que la Planta de Tratamiento de Agua Potable suministra el servicio a 227 usuarios del Centro Poblado de Aguas Claras.

## Resumen

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Poblado de Aguas Claras Municipio de Ocaña, teniendo como objetivo determinar el desabastecimiento y analizar la calidad del agua para consumo humano. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se compararon con la normatividad ambiental vigente con el fin de obtener datos claros del cumplimiento en cuestiones de calidad del agua potabilizada en la Planta de Tratamiento. La información primaria y secundaria se obtuvo por medio de visitas de campo, censos a los usuarios, aforos de caudal y tomas de muestras para el respectivo análisis, se realizaron cálculos a los Índices de Contaminación (ICOs – IRCA) quienes arrojaron información significativa de los niveles de contaminación de las fuentes hídricas y niveles de riesgo de la calidad del agua potable. El estudio realizado nos aporta un resultado importante del estado actual de las fuentes que abastecen la Planta de Tratamiento de Agua Potable que son La Quebrada la Esperanza y el Reservorio, indicando que el agua se encuentra en un grado de contaminación alto lo que requiere de inmediata atención por parte de las autoridades competentes del Municipio de Ocaña Norte de Santander a quienes de manera directa les corresponde tomar las medidas necesarias y efectivas para mejorar la calidad de vida de la población objeto de estudio. En cuanto a la oferta y demanda del recurso hídrico los resultados obtenidos arrojan que el Centro Poblado de Aguas Claras presenta un claro desabastecimiento de agua ocasionado por los cambios climáticos, actividades agrícolas llevadas a cabo aguas arriba de la Quebrada la Esperanza de donde se capta el recurso para fines de riego sin ningún control del mismo y por la capacidad insuficiente de la Planta de tratamiento para abastecer a toda la población.



# **Capítulo 1. Determinación del desabastecimiento y análisis de la calidad del agua para consumo humano del centro poblado del Corregimiento de Aguas Claras, municipio de Ocaña.**

## **1.1 Planteamiento del Problema**

Debido al cambio climático que se ha venido intensificando al pasar los años, algunas regiones del país han tenido que afrontar la disminución del recurso hídrico, el cual es vital para el desarrollo de las actividades del ser humano. De este modo, García, Botero Piñeros, Bernal Quiroga, & Ardila Robles (2012) afirman que los “fenómenos de variabilidad climática cada vez tienen mayor intensidad sobre los recursos hídricos en el territorio nacional. En esa medida, la variabilidad climática se ha vuelto un tema fundamental para encaminar los recursos hacia las demandas de esta problemática.” (parr. 26)

La disminución del recurso hídrico no sólo está ligada al cambio climático, sino también al aumento de la contaminación y deforestación de las cuencas, por lo cual crece la probabilidad de que hayan alteraciones en la calidad del agua de las fuentes que se utilizan para abastecer una población (Montoya, Loaiza, Torres, Cruz, & Escobar, 2011), convirtiéndose éstas en un riesgo inminente para la salud de las personas. Además, por si fuera poco, “a nivel mundial aun se identifican deficiencias en la calidad de la prestación de los servicios, organización, ausencia de planificación e insuficiente inversión que puedan garantizar en el mediano y largo plazo el sostenimiento de las coberturas en los servicios de agua y saneamiento en numerosos países” (Hernández Vásquez, Chamizo García, & Mora Alvarado, 2011, párr. 10).

En este mismo sentido, el Centro Poblado de Aguas Claras, municipio de Ocaña, que se abastece de la Quebrada “La Esperanza” y el Reservorio de la Finca “Monte Redondo”, presenta una problemática a causa de que el recurso hídrico no abastece en su totalidad a los usuarios, pues la prestación del servicio es intermitente el cual es suministrado cada día por medio en las horas de la mañana, siempre y cuando el caudal de las fuentes sea aceptable; de igual forma, a pesar de contar con una Planta de Tratamiento de Agua Potable, la cual surte a 227 usuarios,

éstos aducen que la calidad del agua tiende a ser deficiente, lo que conlleva a generar consecuencias negativas a la salud de la población y desmejoramiento en su calidad de vida.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo contribuirá la determinación de desabastecimiento y el análisis de la calidad del agua para consumo humano del centro poblado del corregimiento de Aguas Claras, para mejorar la prestación del servicio?

## **1.3 Objetivos de Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar el desabastecimiento y analizar la calidad del agua para consumo humano del centro poblado del corregimiento de Aguas Claras, municipio de Ocaña.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Identificar los componentes del desabastecimiento del recurso hídrico en el centro poblado de Aguas Claras, por medio de la evaluación de la oferta y la demanda.

Establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano en el centro poblado de Aguas Claras, mediante pruebas en el Laboratorio de Aguas, teniendo en cuenta la resolución 2115 del 2007.

Evaluar la calidad del Agua mediante la determinación de los Índices de calidad de Agua (ICA) y el Índice de Riesgo de la calidad del Agua (IRCA) en el centro poblado del corregimiento de Aguas Claras.

## **1.4 Justificación**

Una de las razones que motivan para realizar la determinación del desabastecimiento, es para conocer a fondo los componentes causales y consecuentes de que los usuarios del centro

poblado de Aguas Claras no reciban el servicio de acueducto en continuidad, y así las entidades dirijan adecuadamente la gestión del recurso hídrico. Teniendo en cuenta “el marcado deterioro de los cuerpos de agua superficial, hace prioritaria su evaluación con el fin de tomar acciones de control y mitigación del nivel de riesgo que será determinante en la complejidad y costos del tratamiento del agua para consumo humano (...)” (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

Conocer las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano es de suma importancia, ya que “el agua es uno de los vehículos más importantes de transmisión (...) de las enfermedades diarreicas de naturaleza infecciosa, por tal razón resulta primordial evaluar la calidad sanitaria del agua consumida” (Isaac Márquez, Lezama Dávila, Ku Pech, & Tamay Segovia, 2016, pág. 656). Además, “la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura” (Torres et al., 2009, pág. 79).

De esta manera los resultados que se obtengan con la investigación servirán como soporte técnico para que las autoridades competentes articulen en el Plan de Desarrollo del Municipio de Ocaña propuestas enfocadas en la mejora del Sistema de Tratamiento de Agua Potable y preservación de las fuentes hídricas, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población objeto de estudio.

## **1.5 Delimitaciones**

### **1.5.1 Delimitación Operativa**

El proyecto se desarrolló por medio de visitas a campo en el centro poblado del Corregimiento de Aguas Claras, acercamiento a la comunidad afectada, aforos de caudal, realización de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas que se analizaron en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### **1.5.2 Delimitación Conceptual**

El proyecto se enmarca dentro de los conceptos de Cobertura y Calidad del Agua, Índice de calidad de Agua (ICA), Índice de Riesgo de la calidad del Agua (IRCA), Desabastecimiento del Recurso Hídrico (oferta - demanda).

### **1.5.3 Delimitación Geográfica**

El proyecto se llevará a cabo específicamente en el Centro Poblado del Corregimiento de Aguas Claras, donde existen 227 usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

### **1.5.4 Delimitación Temporal**

El proyecto se desarrolló en un total de cuatro (4) meses contando a partir de la aprobación del mismo.

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Histórico

El agua es un recurso natural no renovable, en la actualidad es un bien estratégico, ya que contribuye a satisfacer las necesidades básicas de un país. Puello Payares, Maza Ávila, & Navarro España (2012) expresan que “la demanda y su uso inadecuado se han convertido en unos de los principales problemas en el mundo ya que, su demanda ha crecido más del doble que la tasa de crecimiento demográfico en el último siglo, lo que ha provocado que más de 1.200 millones de personas vivan en condiciones de escasez física de agua”. No obstante los fenómenos de variabilidad climática cada vez tienen mayor intensidad sobre los recursos hídricos en el territorio nacional, por tal razón se han realizado múltiples estudios que dan la posibilidad de tener un conocimiento más amplio y establecer los impactos que podría ejercer el cambio climático sobre ellos. Uno de los pilares en el desarrollo de investigaciones sobre el cambio climático y su relación con los recursos hídricos en Colombia, está constituido por las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), “Este análisis abordó la vulnerabilidad desde dos perspectivas: desde la capacidad de los recursos hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico, ante posibles alteraciones climáticas, y desde la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso ante cambios substanciales en la oferta y disponibilidad de agua” (García, Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles, 2012, párr. 3). En Colombia se presentan precipitaciones y variabilidad climática a lo largo del año, el régimen varía entre las regiones, por lo tanto los efectos de las alteraciones no se perciben en el territorio nacional, lo que dificulta la creación de escenarios que fortalezcan la toma de decisiones en la determinación del comportamiento del recurso hídrico antes presiones de cambio climático (García, Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles, 2012).

De esta manera se refleja la necesidad de definir y establecer políticas e instrumentos que faciliten una reacción de todos los sistemas (sociales, económicos y ambientales), que son altamente vulnerables a la variación de caudales con alteraciones climáticas. A esto se encuentra

ligado que el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Torres et al. (2009) afirman que “las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas”.

Mientras que los índices de calidad de agua aparecen en la literatura la ciencia del desarrollo de estos no madura ya que no fueron ampliamente utilizados y acepados. Sin embargo “Para las evaluaciones de calidad de agua, diferentes organizaciones de varias nacionalidades involucradas en el control del recurso hídrico, han usado históricamente y de manera regular índices Físicoquímicos” (UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, s.f., pág. 33). De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM “La medición de parámetros físicoquímicos es una actividad rutinaria” (UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, s.f., pág. 34).

Por lo general las aguas superficiales están sometidas a la contaminación natural ya sea por la presencia de materia orgánica natural o por el arrastre de material particulado; y a la contaminación de origen antrópico como las descargas de aguas residuales domésticas, efluentes de procesos industriales entre otros. De esta forma es evidente que “El mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua, el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria” (Torres et al., 2009, pág. 81).

## 2.2 Marco Contextual

En el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Ocaña (Norte de Santander), está registrado que Aguas Claras es uno de los 18 corregimientos pertenecientes al municipio, el cual está conformado por el suelo suburbano de Aguas Claras y las veredas: El Limón, Santa Rita, Cristo Rey y el sector de la Cotorrera. (Concejo Municipal, 2002)

Para mayor exactitud, “el suelo suburbano se localiza al Noroccidente del Municipio de Ocaña, cubriendo una extensión superficial de 0.078 km<sup>2</sup>, equivalente al 0.012% del territorio.” (Concejo Municipal, 2002, pág. 161) Este suelo suburbano hace referencia al Centro Poblado de Aguas Claras, el cual será el escenario principal de la investigación, y que está ubicado cerca al área urbana del municipio de Ocaña, aproximadamente a sólo seis Kilómetros de distancia, siendo de fácil acceso en transporte público, ya que se encuentra al lado de un eje vial nacional que comunica a la zona del Catatumbo.

El Centro Poblado de Aguas Claras cuenta con una Escuela y un Colegio donde se forman académicamente los niños, adolescentes y jóvenes del corregimiento, en su educación básica primaria, básica secundaria y educación media. Y en cuanto a la parte de la salud, la población dispone de una Unidad Básica de Atención Rural que pertenece al Hospital Emiro Quintero Cañizares, donde encuentran personal médico y paramédico que atiendan sus necesidades.

Los habitantes del Centro Poblado de Aguas Claras se dedican a las actividades agrícolas semi-intensivas y tradicionales, producción pecuaria de especies menores, recreación pasiva, entre otras; en cuanto a la religión, son predominantemente católicos. Además, cuentan con una Junta Directiva o de Acción Comunal, quienes realizan labor social y están al tanto del correcto desarrollo de los planes y proyectos que disponga la Alcaldía Municipal de Ocaña. También, cuando se construye una vivienda en el Centro Poblado, el dueño de ésta debe pasar una petición a la Junta Directiva solicitando que se le haga parte de la lista de usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, con el fin de poder contar con el servicio de suministro del recurso hídrico, el cual tiene un valor mensual de diez mil pesos colombianos siendo una tarifa única, ya que no existen micromedidores que regulen la cantidad de agua que recibe cada uno de ellos. La

Planta de Tratamiento de Agua Potable se abastece de la Quebrada “La Esperanza” y del Reservorio de la Finca “Monte Redondo”, y sólo se realizan los procesos de filtración y cloración, lo cual está a cargo de un fontanero.

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, como bien lo especifica en uno de sus objetivos de impacto y proyección social, hace énfasis en su interés como institución educativa en el “Desarrollo de las capacidades institucionales promoviendo impactos positivos a la región, el medio ambiente y la comunidad, mediante la creación de alianzas estratégicas, ejecución de proyectos pertinentes...” (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña [UFPSO], s.f., pág. 1). De este modo, los corregimientos aledaños al casco urbano del municipio de Ocaña, en este caso Aguas Claras, se ven beneficiados de una manera significativa debido al avance investigativo que se despliega en la U.F.P.S.O. en cada una de sus facultades, convirtiéndose en un escenario especial para el estudio de las problemáticas actuales y el desarrollo de proyectos que respondan positivamente a estas situaciones.

### 2.3 Marco Conceptual

**Calidad del Agua:** El término está íntimamente relacionado con el uso del recurso, ya que no todas las fuentes de agua son aptas para consumo humano. La medición de la calidad del agua se lleva a cabo con diferentes procedimientos que deben ser analizados y sistematizados en cada caso. (Barrenechea Martel, s.f., pág. 4)

**Microcuenca:** Es un territorio definido por partes altas, de las cuales drenan las aguas superficiales, generalmente provee agua a uno o más mini riegos de abastecimiento domiciliar (Rodas Ramos & Godínez Cifuentes, s.f., párr. 9).

**Oferta hídrica:** Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar (CORPONARIÑO, s.f., pág. 103).



**Demanda hídrica:** La demanda hídrica es calculada con base en las concesiones de agua que existen a lo largo de cada corriente principal y que tributan a ella. El mayor volumen de agua es utilizado para el consumo humano, seguido del uso agrícola (Corporación Autónoma Regional del Quindío, 2011, pág. 5)

**Índice de escasez:** Se establece como la relación entre la Oferta Hídrica Neta Superficial y la Demanda Total de Agua ejercida en el desarrollo de actividades económicas y sociales, la escasez se registra cuando la cantidad de agua tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y las de las demandas potenciales (CORPONARIÑO, s.f., pág. 107).

**Desabastecimiento del Recurso Hídrico (oferta - demanda):** Como indica el IDEAM la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición, en este sentido es importante para la planificación sostenible del recurso hídrico conocer la cantidad de agua disponible, los niveles de demanda y las restricciones de uso necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora de agua. Esto indica, que además de ofrecer agua para el consumo humano y el abastecimiento de las actividades productivas, es necesario que las corrientes abastecedoras mantengan un remanente de agua para atender los requerimientos hídricos de los ecosistemas asociados a sus cauces, preservando así su biodiversidad, productividad y estabilidad. (Romero, Lección 4. Oferta y demanda del recurso hídrico, s.f., párr. 1)

**Sustancias químicas inorgánicas:** Se incluyen dentro de estas sustancias los ácidos, metales tóxicos y sales. Algunos de los metales al permanecer por largos tiempos en el agua pueden causar afectación en los seres vivos. (Libro electrónico: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO, s.f., párr. 3)

**Compuestos orgánicos:** Abundantes moléculas orgánicas como la gasolina, plásticos, plaguicidas entre otros, en varios casos terminan en el agua por periodos de tiempo prolongado y de acuerdo a su composición molecular son de difícil degradación. (Barba Ho, 2002, párr. 44)

**Sedimentos y materiales suspendidos:** Son considerados uno de los mayores contaminantes del agua. Provocan la turbidez en el agua lo que complica el desarrollo de ciertos organismos. (UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, s.f., párr. 6)

**Color:** Son causantes del color en el agua el contacto con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces en diferente estado de descomposición, y la presencia de ácido húmico y algunos residuos industriales. (Rodríguez Salcedo , 2008, pág. 18)

**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. 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. (Romero, Lección 18. Análisis físico, s.f., párr 1)

**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. (Romero, Lección 22 - Aspectos, parámetros fisicoquímicos y contaminantes medibles en el agua, s.f., párr. 3)

**Alcalinidad:** 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. (Romero,

Lección 22 - Aspectos, parámetros fisicoquímicos y contaminantes medibles en el agua, s.f., párr. 6)

**Nitritos:** Raras veces aparece en concentraciones mayores de 1mg/L, en aguas superficiales y subterráneas su concentración por lo general es menor de 0.1mg/L. su presencia indica, por lo regular, procesos activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato. (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 1)

**Nitratos:** Es producido por la oxidación de los nitritos, debido a la acción de las nitro bacterias. La determinación de nitratos puede hacerse mediante un electrodo de membrana líquida o por cromatografía iónica. (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 8)

**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. (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 9)

**Hierro:** El hierro crea problemas en suministros de agua. En general, estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnion 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 el hierro soluble, el cual forman precipitados coloidales. (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 11)

**Oxígeno Disuelto (OD):** Es muy importante en ingeniería ambiental por cuanto es el factor que determina la existencia en condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular. El OD se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la auto purificación de los ríos. Los valores de OD en aguas son bajos y disminuyen con la temperatura. (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 12)

**Dureza:** Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. (Romero, Lección 22 - Aspectos, parámetros fisicoquímicos y contaminantes medibles en el agua, s.f., párr. 7)

**pH:** Indica si el agua procede de material calizo (pH básico) o silíceo (pH ácido), si contiene residuos industriales (generalmente a pH ácidos) y la posible disociación de compuestos con metales pesados. (Romero, Lección 17. Parámetros fisicoquímicos del agua potable, s.f., párr. 6)

**Índice de calidad de Agua (ICA):** El ICA es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación. Toma en cuenta una gama de factores ambientales a través de variables simples que permiten el análisis de los principales orígenes de la contaminación: oxígeno disponible, materia orgánica, sólidos, mineralización, acidez, entre otros, y características claves de la columna de agua como la temperatura (IDEAM, s.f., pág. 1).

**Índice de Riesgo de la calidad del Agua (IRCA):** Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. (Bogotá Jurídica Digital, 2007)

## 2.4 Marco Teórico

“El agua como recurso ambiental, bien económico, y bien social debería hacer parte de la agenda pública colombiana, no sólo en cuanto a su manejo y preservación, sino también en cuanto a las implicaciones sociales que se puedan generar en su tenencia y uso” (Días Pulido et al., 2009)

Smiths et al., (2012) en su estudio afirman que las coberturas rurales de acueducto en Colombia, están muy por debajo de las urbanas, pues según el Censo del DANE del año 2010, las coberturas rurales en el año 2005 eran de 57 %, mientras que las urbanas eran del 94 %.

Además de los problemas de cobertura, la calidad del agua ofrecida en Colombia es deficiente, pues un estudio realizado por la Defensoría del Pueblo (2005) en 959 cabeceras urbanas del país (de las 1.113 existentes), encontró que el 82,2 % de los municipios suministra agua que no cumple con los estándares de calidad que exige la legislación colombiana.

Domínguez Calle, Gonzalo Rivera, Vanegas Sarmiento, y Moreno (2008) en su estudio sobre las relaciones oferta – demanda de agua en Colombia, concluyen que el crecimiento poblacional es una de las principales razones de la presión sobre los cuerpos de agua en el país. A medida que aumenta la demanda del recurso hídrico incrementan los vertimientos de aguas residuales, disminuyendo así la calidad del agua, de manera que en algunos casos se induce a la escasez de éste recurso, debido a que su calidad es inadecuada para el consumo humano o para usarla en actividades de producción.

En Colombia, más del 80 % de las cabeceras municipales se abastecen con cuerpos de agua que no tienen la cantidad suficiente para asegurar la disponibilidad. Además, los puntos de desarrollo industrial, agropecuario, hidroenergético, se han dado en regiones donde la oferta hídrica es menos adecuada, lo cual genera presiones sobre el recurso hídrico sobre todo en períodos con condiciones climáticas extremas. Esta serie de vulnerabilidades frente a la disponibilidad de agua para el desarrollo de las actividades se contrasta con la evidente negligencia y abandono con que se manipulan los ríos, quebradas, humedales y demás fuentes hídricas, los cuales son despreciados y subestimados a cambio de contar con el suministro de agua potable a través de los sistemas de acueducto (Zamudio Rodríguez, 2012).

Debido a esto, Costa Posada, Domínguez Calle, Gonzalo Rivera, y Vanegas Sarmiento (2005), afirman la importancia de realizar el seguimiento a la sostenibilidad del uso del agua con el fin de orientar la gestión del recurso hacia un desarrollo sostenible. Costa Posada et al.(2005) analizaron el impacto del índice de escasez, el cual es el resultado entre la oferta hídrica

disponible y la demanda de agua por parte de las actividades socioeconómicas, aplicándolo a un caso puntual en la cuenca del Río Pamplonita, donde los resultados obtenidos reflejaron índices de escasez de año seco altos para Cúcuta, Bochalema, Chinácota, Pamplona y Pamplonita, y medio para Los Patios, lo cual significa que la demanda representa una porción muy importante de la oferta neta de un año hidrológicamente crítico como lo es el año seco. Con base a los resultados del índice de escasez, y teniendo en cuenta la infraestructura existente para la gestión del agua, se pudo pronosticar para los municipios mencionados anteriormente, un posible agudizamiento en los conflictos por el agua entre los distintos usuarios durante la aparición de fenómenos extremos como el del Niño, por lo cual, recomendaron aplicar una serie de medidas de gestión y administración del recurso con el fin de revertir la situación.

El caso mencionado demuestra cómo el índice de escasez puede convertirse en un llamado de atención para que los entes involucrados en la gestión del recurso hídrico tomen acciones dirigidas a reducir el riesgo de desabastecimiento futuro.

El agua es empleada en diferentes actividades, para consumo humano, usos agrícolas, uso recreacional, uso industrial entre otros. Lo anterior indica que la calidad del agua puede variar según el uso para la que sea destinada. Es importante recalcar que el agua para consumo humano debe cumplir con unos parámetros de calidad físico-químicas y bacteriológicas que la hagan apta para tal uso, garantizando que las condiciones del agua que se va a consumir tenga el tratamiento y desinfección adecuados para asegurar su potabilidad, así como un seguimiento a las condiciones microbiológicas del agua tanto en la distribuida por el servicio de acueducto como la de las fuentes superficiales y subterráneas. Es deber enfatizar en un correcto monitoreo del agua potable, ya que facilita a las autoridades sanitarias tener información rápida y organizada sobre una posible enfermedad, brote o epidemia, y así poder tomar las medidas en cada caso (Defensoría del Pueblo, 2005).

“El índice de escasez constituye la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico de un país, área hidrográfica, región, municipio o cabecera es suficiente o deficitario y aún más importante además, es agregar el ingrediente de calidad de agua al concepto de disponibilidad” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 2)

Torres et al. (2009) afirman que la evaluación de la calidad del agua es objeto de infinitas discusiones en lo relacionado con el control del recurso hídrico, ya que todas las regiones presentan características diferentes por lo tanto no se garantiza un resultado semejante en todas, de esta manera los países han desarrollado e implementado indicadores, estudios y criterios de evaluación particulares.

Por tal razón la calidad de agua se definirá en función de los indicadores y estudios definidos por cada país, que corresponderán a definir si el agua es apta o no para determinado uso, aquellas aguas que no cumplan con los parámetros establecidos deberán ser objeto de tratamiento (Beamonte, Casino, Veres, & Bermúdez, 2004).

Surgen entonces los índices de calidad del agua –ICA- que son “una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos, son una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que sirven como expresión de la calidad del agua; el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color” (Torres et al., 2009, pág. 82).

Torres et al. (2009) sustentan que la evaluación de la calidad del agua debe ser entendida como la valoración de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural y los usos posibles. Los índices de calidad del agua incluyen dentro de su evaluación el nivel de riesgo sanitario presente en el agua para garantizar de igual forma la calidad del agua para el consumo - El IRCA- el cual “mide el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano una vez ha sido sometida a diferentes procesos de tratamiento que garantizan su potabilidad” (Torres et al., 2009, pág. 85).

## **2.5 Marco Legal**

Antes de desarrollar el marco legal respecto al tema es necesario hacer referencia que se han realizado una serie de foros y encuentros internacionales en los cuales se ha destacado la

importancia del agua en los aspectos sociales, económicos y ambientales de los países. El agua y su acceso, tanto en cobertura como en calidad ha sido un tema de gran importancia en Colombia, “en la constitución política de 1991 se estableció que los servicios públicos están relacionados con la finalidad social del Estado y es deber de sus instituciones asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional; establece, además, que un objetivo fundamental es la solución de necesidades insatisfechas en saneamiento ambiental y agua potable”. (Puello Payares, Maza Ávila, & Navarro España, 2012, pág. 59)

Así mismo “El Estado colombiano, para asegurar una distribución efectiva de los recursos económicos a sus entes territoriales, estableció la Ley 715 de 2001, con la cual se conforma el Sistema General de Participaciones-SGP; en él se determinan los montos y el procedimiento de destinación de los recursos para el sector de la salud, sector educativo y para los servicios de agua potable y saneamiento básico de los entes territoriales” (Puello Payares, Maza Ávila, & Navarro España, 2012, pág. 59); por lo tanto es responsabilidad de los entes territoriales garantizar la prestación del servicio y mejorar por medio de alternativas la calidad del agua potable.

A través de la Resolución 2115 de 2007 se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, 2007, pág. 1)

El Estado por medio de la Ley 142 de 1994 intervendrá en los servicios públicos, con el propósito de: “Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios, procurar la atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico y brindar una prestación eficiente” (Bogotá Jurídica Digital, 1994, pág. 1)

La resolución 151 de 2001 de la CRA, contiene la regulación integral del sector de agua potable y saneamiento básico. En lo que respecta a la calidad del agua, señala los deberes que tiene la persona prestadora beneficiaria de: “Garantizar que el agua que se suministre sea potable, de acuerdo con las condiciones estipuladas legalmente, la persona transportadora en el



contrato puede exigir que la calidad del agua, no sea inferior a la que establezcan las normas propias de la persona transportadora, mientras esta las esté cumpliendo, permitir a la persona transportadora y a las autoridades efectuar los controles de calidad necesarios, asumir el control de calidad del agua”. (Bogotá Jurídica Digital, s.f., pág. 1)

El evidente deterioro de los cuerpos de agua superficial refleja la necesidad de su evaluación con el fin de tomar acciones de control y mitigación del nivel de riesgo que será determinante en la complejidad y costos del tratamiento del agua para consumo humano, como lo evidencia la reglamentación vigente para aguas superficiales destinadas al consumo humano. “En el decreto 1594 de 1984 son consideradas dos opciones de tratamiento dependiendo de la calidad del agua cruda –sólo desinfección y tratamiento convencional, y el Reglamento de Agua y Saneamiento –RAS– (Resolución 1096 de 2000) presenta cuatro opciones de tratamiento, desde desinfección hasta tratamiento convencional (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección) más la aplicación de tratamientos específicos”. (Torres et al., 2009, pág. 91)

Todas las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano estarán reguladas por el Decreto 475 de 1998 en donde se establece: “Cuando los resultados de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, no concuerden con las normas establecidas en el decreto, las autoridades de salud de los distritos o municipios deben tomar las muestras que sean necesarias para ubicar la posible falla y adoptar las medidas correctivas del caso” (Bogotá Jurídica Digital, 1998).

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo descriptiva, ya que “responde a las preguntas quién, qué, cuándo, dónde y cómo” (Abreu, 2012, pág. 192). Esto quiere decir que el objetivo principal es caracterizar la situación o problema que se presenta en el área de estudio, mediante el respectivo registro, análisis e interpretación de los datos recopilados, los cuales se obtienen de diferentes maneras.

El método a emplear en la investigación fue el hipotético-deductivo, caracterizado por “combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación)” (Echegoyen, s.f., pág. 1). Las fases o etapas por las cuales atravesó la investigación son las siguientes:

- **Etapa I Preliminar.** Esta fase consiste en la recolección de información primaria y secundaria a través de censo a los usuarios, entrevistas y consultas a diferentes fuentes como por ejemplo CORPONOR. También incluye la medición de caudal por medio de aforos, y selección de los puntos de muestreo.

- **Etapa II Realización de estudios.** Se realizó la geolocalización a los puntos de muestreo y aforo, los cuales están ubicados de la siguiente manera: 1. Red de Distribución (Casa), 2. Planta de Tratamiento de Agua Potable (Tanque de Almacenamiento), 3. Quebrada La Esperanza (antes de la Bocatoma) y 4. Reservorio.

En esta fase se realizaron los cálculos de demanda, oferta e índice de escasez con base en toda la información recolectada anteriormente, luego de haber realizado los aforos respectivos.

También se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos a las muestras tomadas en el Laboratorio de la UFPSO. El muestreo se realizó dos veces, primero en época de invierno y luego en época de verano. También se calculó el Índice de calidad de Agua e Índice de Riesgo de la calidad del Agua, ICA e IRCA respectivamente, según la Resolución 2115 del 2007.

- **Etapa III Análisis de la Información.** En esta fase se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos en la Fase II. De tal manera que los resultados relacionados con la Calidad del Agua fueron comparados con el marco normativo de la Resolución 2115 del 2007 y Decreto 1594 de 1984. Mientras que los resultados del índice de escasez se compararán según la interpretación que contiene la Resolución 865 del 2004 en el índice 5.3.

### 3.2 Población y muestra

Se establece el concepto de Población como “el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación” (López, 2004), y el de Muestra como “un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación (...) es una parte representativa de la población” (López, 2004).

**Población:** En el Centro Poblado de Aguas Claras, Norte de Santander, existen 227 usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, los cuales componen la población en la investigación.

**Muestra:** Para definir el tamaño de la muestra se aplica la siguiente fórmula según López (2004).

$$m = \frac{N}{(N - 1)(K^2) + 1}$$

Donde:

$m$  = Muestra.

$N$  = Población = 225 usuarios.

$K$  = Margen de error = 5% = 0.05.

$$m = \frac{227}{(227 - 1)(0.05^2) + 1} = \frac{227}{(226)(0.0025) + 1} = \frac{45400}{313}$$

$$m = 145,05$$

La muestra es de 145 usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Centro Poblado de Aguas Claras, para efecto de la aplicación del censo con el fin de determinar la población total del Centro Poblado de Aguas Claras.

Las unidades muestrales (usuarios de la Planta) se seleccionarán por medio del método de muestreo aleatorio simple, el cual “consiste en elegir en forma aleatoria "n" unidades muestrales (UM) del universo. El proceso debe otorgar la misma oportunidad de selección a todas las UM en una sola ocasión” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s.f.). Para lograrlo, la FAO (s.f) especifica que se requiere un marco muestral completo, como por ejemplo un listado de direcciones de domicilio, el cual permita identificar cada unidad muestral, ya que a cada una se le asignará un número para luego elegirla aleatoriamente por medio de sorteo o tablas de números aleatorios.

### **3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de información**

Se usó la técnica de observación directa para la recopilación de información primaria, además de censos y consultas a los actores involucrados en la investigación; para esta técnica se empleó la bitácora donde se registró toda la información. También se realizó la georeferenciación del área de estudio incluyendo los puntos de aforo de caudal y los puntos de muestreo, tanto en el Reservorio de agua como en la Quebrada “La Esperanza” y la Planta de Tratamiento del Centro Poblado de Aguas Claras, usando el GPS y Google Earth.

Los métodos de aforo de caudal que se utilizaron fue el de Velocidad-Área, en el cual se toma un trecho de la corriente y se mide el área con cinta métrica, luego se lanza un cuerpo flotante (pelota de ping pong) desde un punto 1 y se mide el tiempo que demorar en llegar hasta un punto 2 con un cronómetro, y también el método Volumétrico que consiste en tomar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido. Luego se divide el volumen entre el tiempo promedio, obteniéndose el caudal en lts./seg.

La recolección de muestras puntuales se realizó tipo manual, siguiendo la NTC-ISO 5667, para lo cual fue necesario un kit de medición de pH, termómetro, cinta de enmascarar, recipientes de vidrio esterilizados y una cava para guardar las muestras, guantes de látex, tapabocas, bitácora y lapiceros, etiquetas.

Para la toma y preservación de las muestras, se usó la cava como método de refrigeración, donde había hielo y gel congelante, con el fin de mantenerlas a una buena temperatura antes de llegar al Laboratorio de Aguas de la UFPSO. Los recipientes usados para la toma de las muestras fueron envases de vidrio de 1 lt y otro de 500 ml, previamente esterilizados en un horno a 220 °C durante 3 minutos. Para evitar confusiones entre los puntos de muestreo, se utilizaron rótulos que identificaran cada muestra, y el envase se selló con cinta de enmascarar para proteger las muestras recolectadas.

Para la determinación de la Oferta, se aforaron los caudales del Reservorio y La Quebrada La Esperanza, con el fin de establecer la entrada del recurso hídrico a la PTAP, y también se aforó en la salida de la Planta de Tratamiento. Para conocer la demanda, se tuvo en cuenta el censo realizado a los 145 usuarios, mediante el cual se sacó un promedio de población.

Posteriormente, en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se realizaron los respectivos análisis de los parámetros fisicoquímicos (pH, Dureza Total, Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, conductividad y turbiedad) y microbiológicos (coliformes totales y E. Coli) de las muestras tomadas anteriormente, de acuerdo a los procedimientos establecidos en los Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Los resultados de los análisis de las muestras en el Laboratorio, se compararon con los límites máximos aceptables encontrados en la Resolución 2115 del 2007, aplicable al Agua Potable, y el Decreto 1594 de 1984 referente al Agua Cruda.

Para la determinación de los Índices de Calidad de Agua (ICA), se calcularon los ICOs, que comprenden los siguientes índices, según (UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, s.f.):

- ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALES (ICOMI)

$$\text{ICOMI} = 1/3(\text{IC} + \text{ID} + \text{IA})$$

- ✓ IC es el índice de conductividad

Donde  $\text{Log IC} = 3,26 + 1,34\text{LogC}$  ( $\mu\text{S/cm}$ )

Para conductividades mayores a  $270\mu\text{S/cm}$ ,  $\text{IC} = 1$

- ✓ ID es el índice de dureza

Donde  $\text{Log ID} = 9,09 + 4,40\text{LogD}$  ( $\text{mg/l}$ )

Para durezas mayores a  $110\text{mg/l}$ ,  $\text{ID} = 1$

Para durezas menores  $30\text{mg/l}$ ,  $\text{ID} = 0$

- ✓ IA es el índice de alcalinidad

Donde  $\text{IA} = 0,25 + 0,005(\text{mg/l})$

Para alcalinidades mayores a  $250\text{mg/l}$ ,  $\text{IA} = 1$

Para alcalinidades menores a  $50\text{mg/l}$ ,  $\text{IA} = 0$

- ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO)

$$\text{ICOMO} = 1/3 (\text{IDBO} + \text{ICOT} + \text{IO}\%)$$

- ✓ IDBO es el índice de DBO

Donde el  $\text{IDBO} = -0,05 + 0,70\text{Log}_{10} \text{DBO}$  ( $\text{mg/l}$ )

Para DBO mayor a  $30\text{mg/l}$ ,  $\text{IDBO} = 1$

Para DBO menor a  $2\text{mg/l}$ ,  $\text{IDBO} = 0$

- ✓ ICOT es el índice de Coliformes totales

Donde el  $\text{ICOT} = -1,44 + 0,56 \text{Log}_{10} \text{COT}$  ( $\text{NMP}/100\text{ml}$ )

Para COT mayor a  $20000 \text{NMP}/100\text{ml}$ ,  $\text{ICOT} = 1$

Para COT menor a  $500 \text{NMP}/100\text{ml}$ ,  $\text{ICOT} = 0$

- ✓ O% es el porcentaje de saturación de oxígeno

Donde el  $\text{IO} = 1 + 0,01\text{O}\%$

Para 0% mayores a 100%, IO% = 1

- ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR pH (ICOpH)

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31.08+3.45pH}}{1+e^{-31.08+3.45pH}}$$

- ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)

$$(\text{ICOSUS}) = -0.02 + 0.003 * \text{Solidos Suspendidos (mg/l)}$$






Para sólidos suspendidos mayores a 340mg/l, ICOSUS = 1

Para sólidos suspendidos menores a 10mg/l, ICOSUS = 0

Los resultados de los ICOs se comparan con los siguientes grados de contaminación.

**Tabla 1**

*Significancia de los índices de contaminación ICOs*

ICO	Grado de contaminación	Escala de color
0 – 0.2	Ninguna	
> 0.2 – 0.4	Baja	
> 0.4 – 0.6	Media	
> 0.6 – 0.8	Alta	
> 0.8 – 1	Muy Alta	

**Nota.** La tabla muestra los grados de contaminación de la fuente con respecto a los niveles de los Índices. Fuente: (UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, s.f.)

Para evaluar la calidad del agua potabilizada en la planta de tratamiento, se calcula Índice de Riesgo de la calidad del Agua (IRCA) para consumo humano, cada parámetro es comparado con los niveles máximos aceptables encontrados en la Resolución 2115 del 2007, si alguno de estos sobrepasa estos niveles se les asigna un puntaje de riesgo. Posteriormente se calcula el IRCA, aplicando las siguientes formulas encontradas en (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, 2007)

- IRCA por muestra:

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

- IRCA mensual:

$$\text{IRCA}_{\text{Mensual}} = \frac{\sum \text{De los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

**Tabla 2**

*Puntaje de riesgo para los parámetros evaluados*

<b>Característica</b>	<b>Puntaje de riesgo</b>
Alcalinidad	1
Turbiedad	15
Dureza Total	1
pH	1,5
Cloro	15
Color Aparente	6
Coliformes Totales	15
E. Coli	25

**Nota.** La tabla muestra los diferentes puntajes de riesgo asignados por la Resolución 2115 del 2007, para algunos parámetros físico-químicos y microbiológicos. Fuente: Autores del proyecto. Los resultados obtenidos en el cálculo del IRCA se comparan con los siguientes niveles de riesgo.

**Tabla 3**

*Clasificación del nivel de riesgo en salud según IRCA*

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
80.1 – 100	INVARIABLE SANITARIAMENTE
35.1 – 80	ALTO
14.1 – 35	MEDIO
5.1 – 14	BAJO
0 – 5	SIN RIESGO

**Nota.** La tabla muestra el nivel de riesgo en salud, para la evaluación del IRCA. Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, 2007)



## Capítulo 4. Aspectos generales del área de estudio

### 4.1 Localización

El Centro Poblado de Aguas Claras, cubre una extensión superficial de 0.078 km<sup>2</sup> y está ubicado a seis kilómetros del casco urbano del municipio de Ocaña, y pertenece al suelo suburbano de Aguas Claras, el cual es uno de los 18 corregimientos del municipio (Concejo Municipal, 2002).



Figura 1. Ubicación Geográfica del Proyecto de Investigación usando Google Earth. Fuente: Autores del Proyecto, Google Earth.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable que presta el servicio al Centro Poblado de Aguas Claras, se abastece de la Quebrada “La Esperanza” o también llamada “La Vaca”, la cual pertenece a la Microcuenca Quebrada “La Esperanza”, y del Reservorio ubicado en la Finca “Monte Redondo”. En la figura 2, se pueden observar los puntos mencionados anteriormente.

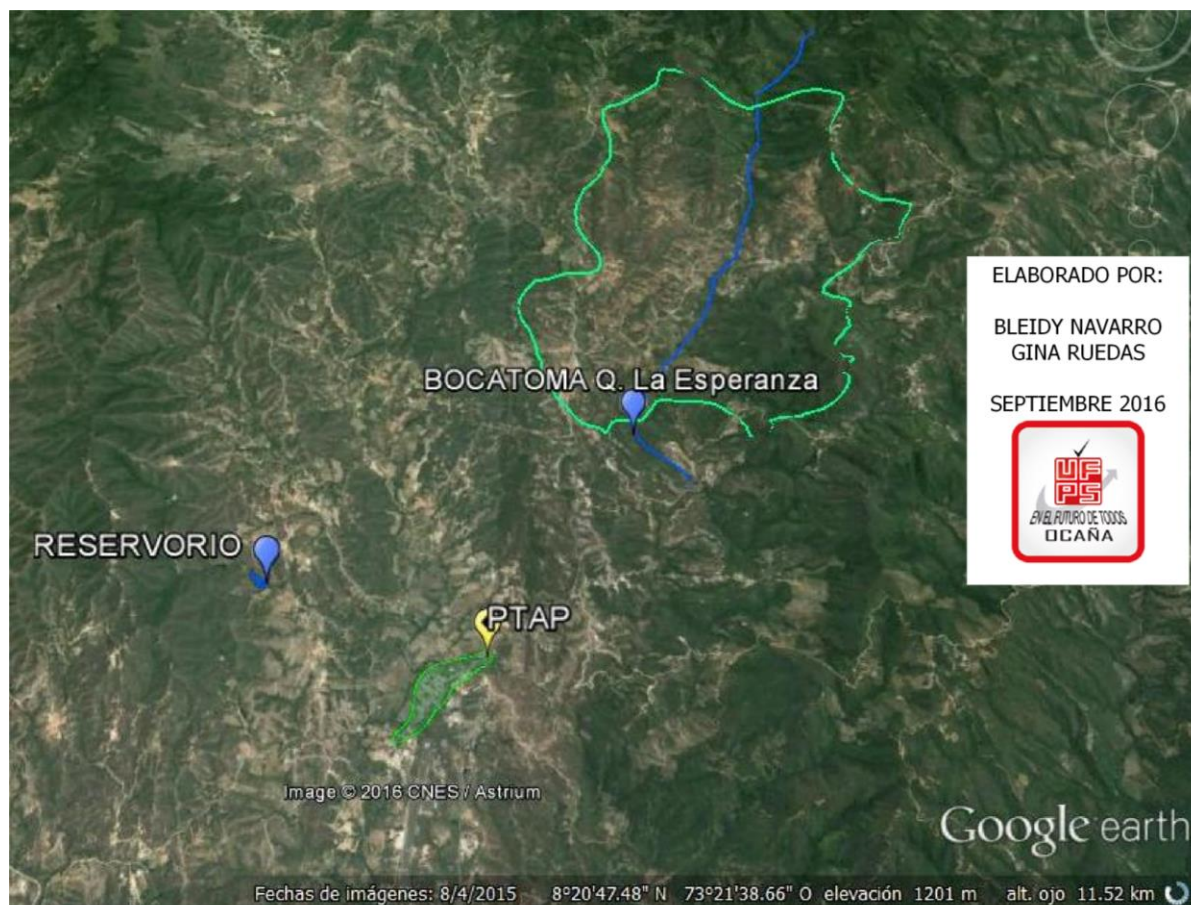


Figura 2. Fuentes de abastecimiento de la PTAP Aguas Claras (Centro Poblado). Fuente: Autores del Proyecto, Google Earth.

Amaya Amaya & Franco Sanguino (2016) realizaron un estudio sobre la Microcuenca Quebrada La Esperanza, y definieron las siguientes características morfométricas:

**Tabla 4***Características morfométricas de la Microcuenca Q. La Esperanza*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Explicación</b>
Área o magnitud de la cuenca (Ac)	1054,81 Ha = 10.54 Km <sup>2</sup>	Es el área plana delimitada por su divisoria o parte aguas.
Perímetro (P)	14.84 Km	Medición lineal del parte aguas.
Longitud (L <sub>c</sub> )	4.25 Km	Medida desde la salida hasta el límite de la divisoria.
Forma de la Microcuenca (C <sub>c</sub> )	1,29	Microcuenca irregular, menos susceptible a inundaciones.
Número de orden de cauce y colector principal	3 Orden	Refleja el grado de ramificación de la Microcuenca
Longitud de Cauces (L)	23,71 Km	Se mide desde el punto de desfogue hasta su cabecera principal.
Densidad de Drenaje (Dd)	2,24 Km/KM <sup>2</sup>	Presenta un drenaje pobre.
Densidad de la Corriente (Dc)	1,99 Km/KM <sup>2</sup>	Presenta arrastre de sedimentos.
Pendiente media de la Microcuenca	17,69 %	Cuenca con gran potencial erosivo en una fase de juventud (términos geológicos)

**Nota.** La tabla muestra las diferentes características morfométricas de la Microcuenca Quebrada La Esperanza. Fuente: (Amaya Amaya & Franco Sanguino, 2016)

En la figura 3, se puede observar mejor el área que abarca la Microcuenca Quebrada La Esperanza, cubriendo parte de las veredas: Santa Rita, San Cayetano, La Floresta, Quebrada La Esperanza, Santa Lucía y Llano Verde.

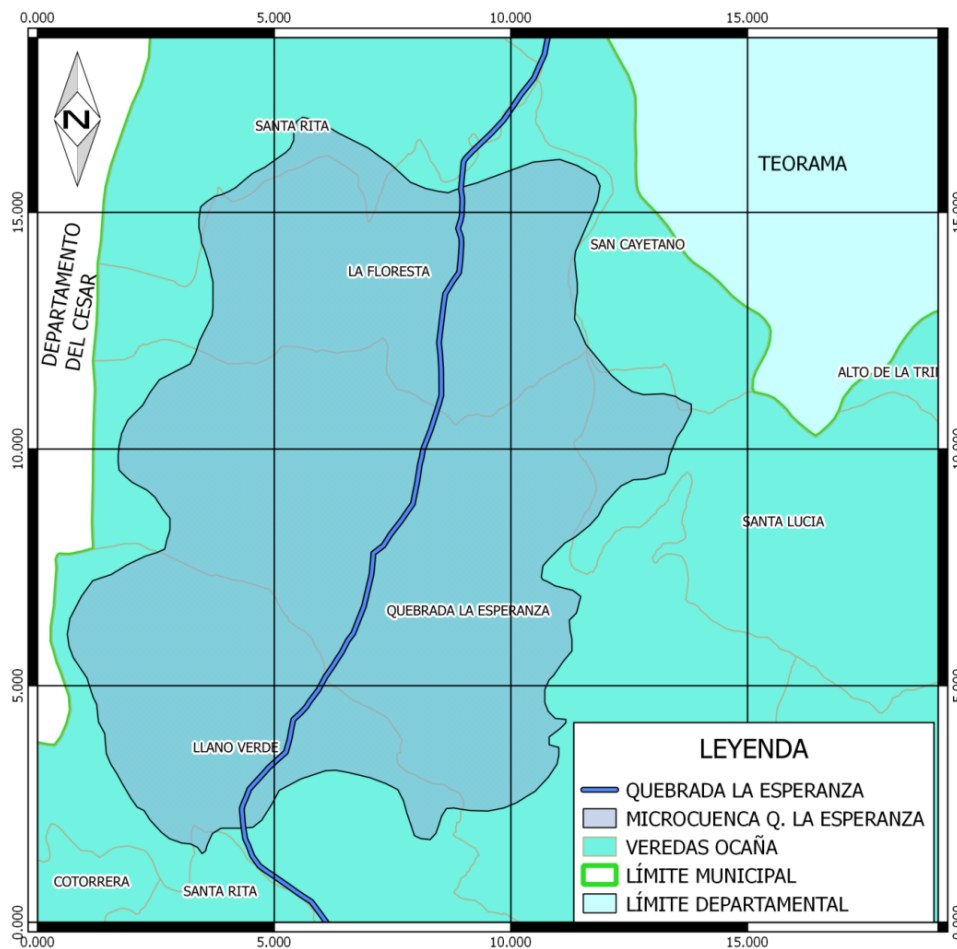


Figura 3. Microcuenca Q. La Esperanza. Fuente: Autores del Proyecto, QGIS 2.8.2 Wien.

La siguiente tabla evidencia los puntos georeferenciados, permitiendo conocer la ubicación de cada punto de muestreo, los cuales fueron escogidos estratégicamente para analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua.

La Toma 1 se realizó el tres de agosto del presente año y la Toma 2 se realizó el 24 de agosto.

**Tabla 5***Puntos de muestreo y aforo de caudal*

<b>Punto</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>msnm</b>	<b>Descripción</b>
001	8°19'24.66" N	73°21'29.64" O	1151	Red de distribución (Casa)
002	8°19'36.24" N	73°21'14.16" O	1176	Planta de tratamiento (Tanque de almacenamiento)
003	8°20'48.48" N	73°20'34.38" O	1225	Quebrada la Esperanza
004	8°19'53.40" N	73°22'14.58" O	1210	Reservorio

**Nota.** La tabla muestra los diferentes puntos de muestreo y aforo que se escogieron de forma estratégica. Fuente: Autores del proyecto

En estos puntos se presenta un Temperatura ambiente promedio de 22 a 24 °C. El corregimiento de Aguas Claras pertenece a la zona de vida bh-PM que significa Bosque Húmedo Premontano, caracterizado por tener “un promedio anual de lluvias entre 1000 mm y 2000 mm, perteneciendo a la escala de humedad subhúmeda, sus alturas varían entre 900 y 2000 m.s.n.m, con variaciones de acuerdo a la topografía local” (CORPONOR, s.f.).

## Capítulo 5. Presentación de Resultados

### 5.1 Identificar los componentes del desabastecimiento del recurso hídrico en el centro poblado de Aguas Claras, por medio de la evaluación de la oferta y la demanda.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable del Centro Poblado de Aguas Claras abastece a 227 usuarios actualmente, por medio de los cuerpos de agua Quebrada “La Esperanza” y el Reservorio de la Finca “Monte Redondo”.

Con el fin de conocer la oferta de estas dos fuentes, se realizaron aforos en cuatro puntos estratégicos:

**Tabla 6**

*Aforos de Caudal*

<b>Punto</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Caudal aforado</b>
Quebrada la Esperanza (Antes de la Bocatoma)	8°20'48.48" N	73°20'34.38" O	11,47 lt/s
Entrada de caudal del Reservorio a la Planta	8°19'36.24" N	73°21'14.16" O	0,211 lt/s
Entrada de caudal de la Bocatoma a la Planta	8°19'36.24" N	73°21'14.16" O	0,9953 lt/s
Salida de Caudal de la PTAP	8°19'36.24" N	73°21'14.16" O	1,087 lt/s

**Nota.** La tabla muestra los resultados de los caudales aforados, con sus respectivas coordenadas.

Fuente: Autores del proyecto.

En la Tabla anterior podemos observar que la Quebrada La Esperanza, 10 metros antes de la Bocatoma presenta un caudal de 11,47 lt/s, de los cuales, entran a la Planta de Tratamiento 0,9953 lt/s todo el tiempo. Además, del Reservorio es captado 0,211 lt/s con el fin de mantener un buen nivel en la PTAP. El caudal con el cual se abastece el Centro Poblado de Aguas Claras

es de 1,087 lt/s, aclarando que la prestación del servicio no es continuo, sino que se realiza solamente de 7 am a 1 de la tarde completando seis horas de servicio, y teniendo en cuenta que el Centro Poblado está dividido en dos sectores; el primero consta de 71 usuarios y el segundo de 156, abasteciendo un día al primer sector, y al otro día al segundo sector, y así sucesivamente.

Por otro lado, La Quebrada “La Esperanza” no cuenta con una concesión de aguas dada por la Corporación Autónoma Regional encargada de supervisar estos cuerpos de agua (CORPONOR), como tampoco se lleva un registro de los caudales que entran y salen de la PTAP.

La prestación del servicio de agua potable, implica que los usuarios sólo destinen el recurso para consumo humano, ya que no se permite darle otros usos, sin embargo, no hay regulación sobre este tema. Para la determinación de la Demanda hídrica, se tiene en cuenta que en el RAS (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), se asigna una dotación neta mínima y máxima, según el nivel de Complejidad del Sistema, que en este caso corresponde a un nivel Bajo, por lo tanto, la dotación neta mínima es de 100 lt/hab\*día.

Según el censo realizado a la Muestra, se pudo determinar que en el centro poblado de Aguas Claras hay un promedio de 908 habitantes (4 habitantes por usuario), que multiplicado por la dotación neta mínima, nos arroja un resultado de la Demanda: 90800 lt/día.

$$90800 \frac{lt}{día} = 33142 \frac{m^3}{año}$$

Con respecto a la Oferta Hídrica de la prestación del servicio, ésta corresponde a 1,087 lt/s, que es el caudal con el cual es abastecida la mitad de los usuarios cada día, por un lapso de seis horas. Aclarando que, las seis horas equivalen a un día de prestación del servicio. La oferta hídrica es igual a 23479,2 lt/día.

$$1,087 \frac{lt}{seg} \times \left( \frac{21600 \text{ seg}}{6 \text{ horas}} \right) = 23479,2 \frac{lt}{6 \text{ horas}} = 23479,2 \frac{lt}{día} = 8569,908 \frac{m^3}{año}$$

Teniendo estos dos datos, oferta y demanda, se procede a calcular el Índice de escasez según la fórmula matemática siguiente, la cual establece CORPONARIÑO (s.f.).

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} \times 100\% = \frac{33142}{8569,908} \times 100\% = 386,725 \%$$

Donde:

$Ie$  = Índice de escasez






$Dh$  = Demanda Hídrica ( $m^3$ )

$Oh$  = Oferta Hídrica ( $m^3$ )

El resultado del índice de escasez se compara con la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Categorías según el índice de escasez*

<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Color</b>	<b>Explicación</b>
Alto	> 50 %		Demanda alta
Medio Alto	21 – 50 %		Demanda apreciable
Medio	11 – 20 %		Demanda baja
Mínimo	1 – 10 %		Demanda muy baja
No significativo	< 1 %		Demanda no Significativa

**Nota.** La tabla muestra las categorías que determinan el índice de escasez. Fuente: (IDEAM, 2004)

Según la Tabla anterior, el índice de escasez para el Centro Poblado de Aguas Claras se encuentra en la categoría Alto, lo cual significa una Demanda Alta: “Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico.” (IDEAM, 2004)



El centro poblado de Aguas Claras se abastece de la Quebrada La Esperanza y del Reservorio quien aporta caudal para mantener el nivel en la planta de tratamiento, como se ha mencionado anteriormente la prestación del servicio no es continua siendo consecuencia de esto algunos factores que influyen directamente en la Oferta del recurso hídrico.

Pero, ¿qué pasaría si la prestación del servicio de agua potable en el centro poblado de Aguas Claras, fuera continua? ¿Alcanzaría el agua? Para responder a estos interrogantes, hallamos la oferta hídrica con respecto al caudal que es tratado durante las 24 horas del día.

$$1,087 \frac{lt}{seg} \times \left( \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}} \right) = 93916,8 \frac{lt}{día}$$

Por lo tanto, comparando esta oferta con la demanda hídrica, se puede constatar que el recurso hídrico sí alcanza para abastecer el centro poblado de Aguas Claras, con la población actual. Sin embargo, encontramos unos componentes del desabastecimiento, los cuales conllevan a que no se preste el servicio de manera continua.

Primero, el sistema de captación en la Bocatoma, es insuficiente, ya que no permite captar mayor cantidad de agua, y por otro lado, el sistema de conducción hasta la planta es artesanal, por lo cual las mangueras presentan colmatación.

Otro componente importante a tener en cuenta es el estado de la PTAP que lleva funcionando 30 años, y hasta el momento no cuenta con energía eléctrica, donde únicamente se realizan procesos de filtración y cloración, a cargo de un fontanero.

En el centro poblado de Aguas Claras, no existen micromedidores, ni se lleva un registro de los usos que se le dan al recurso. Además, los usuarios tienen en sus viviendas piletas y tanques aéreos demasiado grandes, sanitarios en mal estado, teniendo en cuenta que la mayoría de las casas son bastante antiguas. Todo esto conlleva a que los usuarios estén captando mayor cantidad de agua que la establecida en la dotación según el RAS.

Existen deficiencias en la distribución del agua potable debido a que se trabaja por gravedad, por lo tanto, se dificulta la llegada del recurso hídrico a los usuarios ubicados en zonas un poco altas.

## 5.2 Establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano en el centro poblado de Aguas Claras, mediante pruebas en el Laboratorio de Aguas, teniendo en cuenta la Resolución 2115 del 2007.

**Tabla 8**

*Resultados de la Alcalinidad*

Punto	Resultados mg/L CaCO <sub>3</sub>		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	100	135	
2	100	90	Res. 2115/2007
3	90	100	200 mg/L
4	130	150	

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de la Alcalinidad para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

En la tabla anterior podemos observar que los niveles de alcalinidad para la Toma 1 en cada punto, se encuentran en un rango de 90 a 130 mg/L, y en la Toma 2 tienen un rango de 90 a 150 mg/L, los cuales según la normatividad vigente, no sobrepasan el valor máximo aceptable pues están en un rango medio. Estos resultados indican la presencia de especies iónicas como los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, y posiblemente algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, fosfatos y nitratos. (RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ, 2012)

El nivel más alto de alcalinidad es 150 mg/L que corresponde al Reservorio. Esto representa una productividad alta, ya que “la alcalinidad desempeña un rol principal en la

productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis.” (RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ, 2012, pág. 1)

**Tabla 8**

*Resultados de la Turbiedad*

Punto	Resultado NTU		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	0,0	0,0	Dec. 2115/2007
2	0,0	0,0	2 NTU
3	0,0	0,0	Dec. 1594/1984
4	0,0	0,0	190 NTU

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de la Turbiedad para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

Podemos observar que los resultados de la turbiedad en los puntos 1 y 2 están por debajo de los límites permisibles según el Decreto 2115/2007, lo cual indica que en ninguno de los puntos hay presencia de materiales como arcillas, plancton o material orgánico que ocasionen una ineficiencia en el proceso de filtración de la planta de tratamiento de agua potable. De igual forma en los puntos 3 y 4 se presentan niveles de turbiedad 0 (cero), con respecto a lo estipulado en el Decreto 1594/1984 se encuentra dentro de los límites permisibles.

**Tabla 9**

*Resultados de la Dureza*

Punto	Resultados mg/L CaCO <sub>3</sub>		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	60	103	
2	57	70	Res. 2115/2007
3	58	77	300 mg/L
4	54	60	

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de la Dureza para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

En la tabla se puede observar que los niveles de dureza para la Toma 1 en cada punto, se encuentran en un rango de 54 a 60 mg/L, y en la Toma 2 tienen un rango de 60 a 103 mg/L. Estos niveles de dureza son óptimos, ya que están por debajo del valor máximo aceptable expuesto por la normatividad vigente. Además, según ITACA (2004) hay que tener en cuenta que aguas muy duras dificultan la creación de espuma por parte del jabón, y algunos detergentes reaccionan con los iones de calcio y magnesio, provocando su ineficiencia, ya que no retienen las partículas de mugre en suspensión. Por otra parte, se corroen las tuberías y se puede causar taponamiento en ellas.

**Tabla 10**

*Resultados del oxígeno disuelto*

Punto	Resultado mg/L		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
3	5,0	8,0	RAS 2000 Titulo C
4	6,7	7,2	$\geq 4,0$ mg/L

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis del Oxígeno Disuelto para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

Podemos observar en la tabla anterior que los valores del Oxígeno disuelto en los puntos de agua cruda (3 y 4), según el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 cumple con el nivel permisible para considerarse un agua aceptable, ya que los resultados están por encima de 4 mg/L. De esta manera debemos tener en cuenta que el oxígeno disuelto (OD) “es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables, puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal” (Bustamante, 2013, pág. 2)

**Tabla 11***Resultados del Cloro Residual Libre*

Punto	Resultados mg/L		Rango de valores permitidos
	Toma 1	Toma 2	
1	0,5	0,5	Res. 2115/2007
2	0,5	0,5	0,3 – 2,0 mg/L

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis del Cloro Residual Libre para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

En la tabla anterior se aprecia que los niveles de cloro residual libre están dentro del rango de valores permitidos según la Resolución 2115/2007, la cual aplica para agua potable. Este Cloro residual libre, representa la concentración de cloro disponible para inactivar microorganismos, que en este caso, es mínima, lo cual indica deficiencia en la cloración, poniendo en riesgo la salud de la población.

**Tabla 12***Resultado de pH (potencial de hidrogeno)*

Punto	Resultados pH		Rango de valores permitidos
	Toma 1	Toma 2	
1	7,5	8,3	Res. 2115/2007
2	7,4	7,9	6,5 – 9,0
3	7,6	7,6	Dec. 1594/1984
4	8,3	8,0	6,5 – 8,5

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis del pH para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

El pH se refiere al nivel de acidez o basicidad de una solución, en este caso, el agua. En la tabla anterior se puede observar que los niveles de pH (7,4 a 8,3) se encuentran dentro del rango

de valores permisibles por la normatividad, tanto para agua cruda (Punto 3 y 4) como agua potable (Punto 1 y 2). Según la escala del pH, el agua mantiene un pH entre neutro y ligeramente básico, lo cual es favorable para el buen desarrollo de la vida acuática, como también para la salud humana.

**Tabla 13**

*Resultado de la conductividad*

Punto	Resultado $\mu\text{S}/\text{cm}$		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	146	163	
2	156	156	Dec.2115/2007
3	112	152	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
4	175	156	

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de la Conductividad para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

En la tabla anterior podemos observar que los valores de la conductividad para los puntos 1 y 2 se encuentran entre un rango de 146 a 163  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lo cual nos indica que se presenta un flujo de iones relativamente normal, teniendo en cuenta que la conductividad “es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua”. (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, s.f., pág. 7). Los valores de conductividad presentes en el agua analizada se encuentran por debajo de los niveles establecidos en el decreto 2115/2007 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.

**Tabla 14***Resultado de Color*

Punto	Resultado UPCo		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	30	19	Res. 2115/2007
2	15	13	15 UPCo
3	45	51	Dec. 1594/1984
4	115	107	75 UPCo

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis del color para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

En la tabla anterior se puede observar que para el Punto 1 y 2, que es agua potable, el valor máximo aceptable establecido en la Resolución 2115 del 2007 es sobrepasado, cumpliendo sólo en el punto 2 (Tanque de almacenamiento de la Planta de Tratamiento). Esto indica un aumento de color en la red de distribución (Punto 1), posiblemente por sustancias orgánicas e inorgánicas. Para el punto 3 y 4, correspondiente a agua cruda, se observa que sólo el Punto 3 cumple con el valor máximo aceptable. En el punto 4 (Reservorio), indica que hay presencia de sustancias en forma disuelta y por sólidos suspendidos.

**Tabla 15***Resultado de Coliformes totales*

Punto	Resultado NMP/100ml		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	>1100	<3,6	Dec. 2115/2007
2	>1100	<3,6	0 microorganismos en 100cm <sup>3</sup>
3	>1100	>1100	Dec. 1594/1984
4	>1100	>1100	20.000 NMP/100 ml.

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de Coliformes totales para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

**Tabla 16***Resultado de E. Coli*

Punto	Resultado NMP/100ml		Valor máximo aceptable
	Toma 1	Toma 2	
1	>1100	<3,6	Dec. 2115/2007
2	>1100	<3,6	0 microorganismos en 100cm <sup>3</sup>
3	>1100	>1100	Dec.1594/1984
4	>1100	>1100	20.000 NMP/100 ml.

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados del análisis de E. Coli para cada punto. Fuente: Autores del proyecto

Según lo apreciado en las tablas anteriores para los puntos 1 y 2 los valores de los Coliformes totales y E. Coli sobrepasan los niveles permisibles establecidos en la resolución 2115 de 2007 pues los valores para estas características microbiológicas deben ser 0 (cero) ya que estos son claros indicadores de la calidad del agua, nos indica entonces que se presenta un grado de contaminación microbiológica relativamente alto, lo que puede corresponder a fallas presentadas en el tratamiento en la fase de la cloración, y distribución del recurso, en los puntos 3 y 4 aunque no sobrepasan los niveles aceptables estipulados en el Dec.1594/1984 se puede decir que debido a la defecación a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres alrededor de la fuente abastecedora Quebrada la Esperanza y en el Reservorio ocasionan el aumento de estos parámetros. (Arcos Pulido, Ávila, Estupiñán Torres, & Gómez Prieto, 2005)

Los parámetros de DBO<sub>5</sub> y Sólidos suspendidos, se realizaron con el fin de utilizarlos para el cálculo de los ICOs.



### 5.3 Evaluar la calidad del agua mediante la determinación de los Índices de calidad de agua (ICA) y el Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) en el centro poblado del corregimiento de Aguas Claras.

A continuación se desarrollan los cálculos de los índices de contaminación (ICOs) y el índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA).

**Tabla 17**

*Índice de contaminación por minerales (ICOMI)*

ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALES (ICOMI)									
Puntos	Conductividad (μS/cm)	IC	Dureza (mg/l)	ID	Alcalinidad (mg/l)	IA	ICOMI	Contaminación de la Fuente	
3	Toma 1	112	0,306	58	0,047	90	0,2	0,184	Ninguna
	Toma 2	152	0,461	77	0,162	100	0,25	0,291	Baja
4	Toma 1	175	0,557	54	0,034	130	0,4	0,33	Baja
	Toma 2	176	0,477	60	0,054	150	0,5	0,344	Baja

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados de la evaluación del ICOMI para cada punto.  
Fuente: Autores del proyecto

El ICOMI “se expresa en numerosas variables, de las cuales se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos” (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997)

Según los resultados obtenidos anteriormente podemos afirmar que las muestras de agua analizadas no presentan grados de contaminación por minerales, se observa un cambio entre el resultado del ICOMI en la toma 1 del punto 3 y las demás tomas siendo la causante de esto la

variación de los valores de la conductividad y alcalinidad, ya que según Torres Solano (2008) la conductividad es el reflejo de todos los sólidos disueltos y la alcalinidad puede generarse por bicarbonatos de calcio y magnesio, aunque los valores siguen siendo bajos en los puntos 3 y 4 de cada toma las variaciones presentadas también pueden corresponder a que la quebrada la Esperanza limita con cultivos de los cuales se pueden desprender material vegetal y fertilizantes químicos aumentando estos parámetros y por lo tanto el índice evaluado.

**Tabla 18**

*Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)*

ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO)									
Puntos	DBO (mg/l)	IDBO	COT (NMP/100 ml)	ICOT	OD%	IO%	ICOMO	Contaminación de la Fuente	
3	Toma 1	1	0	1100	0,263	57,47	0,425	0,229	Baja
	Toma 2	4,7	0,42	1100	0,263	90,9	0,091	0,258	Baja
4	Toma 1	2,4	0,216	1100	0,263	85,89	0,141	0,207	Baja
	Toma 2	2,8	0,263	1100	0,263	90	0,1	0,209	Baja

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados de la evaluación del ICOMO para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

En el análisis de cada uno de los parámetros considerados para el cálculo del ICOMO se puede inferir que el nivel de contaminación en cada punto es bajo, ya que todos los valores se acercan a 0 (cero). Sin embargo al analizar los valores registrados de coliformes totales, observamos que son bastante altos lo cual podría representar un riesgo para la salud de los usuarios en caso que no se efectúe el tratamiento adecuado a estas aguas (Cañas Arias, s.f.).

**Tabla 19***Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)*

ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)				
Puntos		SS (mg/l)	ICOSUS	Contaminación de la Fuente
3	Toma 1	220	0,64	Alta
	Toma 2	100	0,28	Baja
4	Toma 1	200	0,58	Media
	Toma 2	70	0,19	Ninguna

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados de la evaluación del ICOSUS para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

En la Tabla anterior podemos observar unas variaciones en los niveles del ICOSUS, ya que unas muestras se tomaron en época de sequía y otras en época de lluvias, por lo tanto, la contaminación de las fuentes va desde alta hasta ninguna, debido a la cantidad de sólidos suspendidos en los cuerpos de agua.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos, “generalmente representan un problema para la humanidad cuando entran en contacto con las estructuras hidráulicas a lo largo de una conducción o una planta de tratamiento ya que pueden tapar las válvulas por ejemplo...” (Cañas Arias, s.f., pág. 8).

Además, el ICOSUS “es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno.” (CORPONARIÑO, 2002, pág. 1)

**Tabla 20***Índice de contaminación por pH (ICOpH)*

ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR pH (ICOpH)				
Puntos		pH	ICOpH	Contaminación de la Fuente
3	Toma 1	7,6	0,008	Ninguna
	Toma 2	7,6	0,008	Ninguna
4	Toma 1	8,3	0,08	Ninguna
	Toma 2	8,0	0,03	Ninguna

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados de la evaluación del ICOpH para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

El valor del ICOpH para los puntos 3 (quebrada la Esperanza) y 4 (Reservorio) demuestra que la contaminación generada por la variación del pH es nula, lo cual favorece el tratamiento pues no se presentaran problemas de corrosión, según Torres Solano (2008).

**Tabla 21***Índice de Riesgo de Calidad de Agua para consumo humano (IRCA)*

<b>ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO</b>						
		<b>Punto 1</b>		<b>Punto 2</b>		
<b>Puntaje de Riesgo</b>	<b>Valor permisible parámetro</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>	<b>Toma 1</b>	<b>Toma 2</b>
1	200 mg/L CaCO <sub>3</sub>	Alcalinidad	100	135	100	90
15	2 NTU	Turbiedad	0	0	0	0
1	300 mg/L CaCO <sub>3</sub>	Dureza Total	60	103	57	70
1,5	6,5 – 9	pH	7,5	8,3	7,4	7,9
15	0,3 - 2,0 mg/L	Cloro residual	0,5	0,5	0,5	0,5
6	15 UPC	Color	30	19	15	13
15	0 NMP/100 ml	Coliformes Totales	>1100	<3,6	>1100	<3,6
25	0 NMP/100 ml	E. Coli	>1100	<3,6	>1100	<3,6
<b>Σ 79,5</b>	<b>Puntaje de Riesgo Características NO aceptadas</b>		<b>46</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>IRCA</b>			<b>57,86 %</b>	<b>57,86 %</b>	<b>50,31 %</b>	<b>50,31 %</b>
<b>IRCA Mensual</b>			<b>57,86 %</b>		<b>50,31 %</b>	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>			<b>ALTO</b>		<b>ALTO</b>	

**Nota.** La tabla muestra los diferentes resultados de la evaluación del IRCA para cada punto.

Fuente: Autores del proyecto

El nivel de riesgo obtenido es alto, lo que según el Dec.2115 de 2007 califica como “agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.”. En la PTAP del Corregimiento de Aguas Claras solo se realizan los procesos de filtración y cloración, al analizar los parámetros evaluados podemos observar que características como Coliformes totales, E.Coli y Color aparente no cumplen con los niveles máximos aceptables, determinando así que el proceso de desinfección es insuficiente para cumplir con esta legislación, esta situación puede ser preocupante ya que la planta abastece 227 usuarios.

## Capítulo 6. Conclusiones

El Centro Poblado de Aguas Claras, ubicado a seis kilómetros del casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander, es abastecido por medio de dos fuentes de agua, las cuales son Quebrada “La Esperanza” y un Reservorio ubicado en la Finca “Monte Redondo”.

Con el fin de conocer la demanda y oferta del Centro Poblado de Aguas Claras, se aforaron los caudales que recibe la Planta de Tratamiento de Agua Potable por parte de las dos fuentes abastecedoras. De la Quebrada La Esperanza se captan 0,9953 lt/s y del Reservorio se captan 0,211 lt/s, de modo que la PTAP suministra 1,087 lt/s a la población durante un lapso de 6 horas al día, abasteciendo un sector cada día, ya que el Centro poblado está dividido en dos sectores. Con base en esto, se halló la demanda y oferta hídrica en unidades de m<sup>3</sup>/año, de modo que el índice de escasez dio como resultado una categoría ALTA, la cual se atribuye a la intermitencia en la prestación del servicio. Sin embargo, se pudo constatar que la cantidad del recurso hídrico tratado en la PTAP, sí es suficiente para abastecer a toda la población actual durante todo el día, lo cual no sucede debido a deficiencias en la Planta de tratamiento, en el sistema de captación y distribución, y a que los usuarios están captando más de la cantidad requerida para consumo humano y doméstico.

Con respecto a los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se puede observar que al compararlos con la normatividad ambiental vigente para agua potable (Punto 1 y 2) y agua cruda (Punto 3 y 4), los resultados de color no cumplen con lo establecido en la normatividad, debido a la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua cruda. Por último, los niveles de Coliformes Totales y E. Coli en el agua potable, no cumplen con lo expuesto en la Resolución 2115 del 2007, lo cual indica una contaminación microbológica que puede representar enfermedades para la población, ésta contaminación puede corresponder a fallas en el tratamiento (cloración) y en la distribución del recurso. Los demás parámetros están dentro de los valores máximos aceptables contemplados en la normatividad ambiental de Colombia.

Para la ejecución del tercer objetivo, se evaluaron los índices de contaminación del agua ICA e IRCA, que incluyen los niveles de contaminación y riesgo para la salud humana. Para la determinación del ICA se tuvieron en cuenta cuatro índices de contaminación que se describirán a continuación:

El ICOMI, que indica la contaminación por minerales, dio como resultado niveles de contaminación entre NINGUNO y BAJO. Estos cambios se deben a las variaciones de la Conductividad y Alcalinidad, debido a que la quebrada La Esperanza limita con cultivos, cuyos fertilizantes podrían hacer variar éstos parámetros.

El ICOMO, que indica la contaminación por materia orgánica, dio como resultado un nivel de contaminación BAJO, ya que todos los valores estaban en el rango  $> 0,2 - 0,4$ , lo cual indica la necesidad de que a estos cuerpos de agua se les efectúe el correcto tratamiento para evitar daños en la salud de la población.

El ICOSUS, que indica la contaminación por sólidos suspendidos, dio como resultados diferentes categorías de contaminación: NINGUNA-BAJA-MEDIA-ALTA, lo cual se debe a que unas muestras fueron tomadas en época de sequía y otras en época de lluvias, favoreciendo la cantidad de sólidos suspendidos presentes en los cuerpos de agua. Niveles Altos de ICOSUS pueden provocar taponamientos en las válvulas de una PTAP.

El ICOpH, que indica la contaminación por las variaciones del pH, dio como resultado que estas variaciones son casi nulas, por lo que no representa ningún riesgo o afectación.

Con respecto al IRCA, los resultados tanto del Punto 1 (Red de distribución - Casa) como en el Punto 2 (Tanque de almacenamiento de la PTAP), dieron ALTO. Esto se debe principalmente a los puntajes de riesgo asignados a los parámetros que no cumplieron con los niveles máximos aceptables: Coliformes Totales, E. Coli, y color. Esto determina que el proceso de desinfección es insuficiente, lo cual es preocupante, ya que la salud de la población se ve afectada por la contaminación microbiológica, que puede reflejarse en enfermedades gastrointestinales, entre otras.

## Capítulo 7. Recomendaciones

Es necesaria la implementación de micromedidores en las casas de los usuarios, para tener un seguimiento del consumo mensual por parte de la población del Centro poblado de Aguas Claras. Sumado a esto, se deben realizar campañas de educación ambiental para concienciar a los usuarios, sobre el buen uso del agua potable.

Se requiere por parte de CORPONOR, la concesión de aguas para el centro poblado de Aguas Claras, y que se le haga un seguimiento a los niveles del caudal de la Quebrada La Esperanza, con el fin de controlar su uso. También, les corresponde elaborar y coordinar la ejecución del POMCA, mediante el cual se ordene la microcuenca quebrada La Esperanza, con el fin de asegurar la disponibilidad correspondiente al consumo humano para el Centro Poblado de Aguas Claras.

Se recomienda a la Alcaldía Municipal de Ocaña, priorizar dentro de su Plan de Desarrollo Municipal, la necesidad de ampliar la PTAP del centro poblado de Aguas Claras, con el fin de mejorar el sistema de tratamiento del recurso hídrico, ya que actualmente sólo se realiza el tratamiento de filtración y cloración, lo cual se vio reflejado en los análisis físico-químicos y microbiológicos.

Se recomienda a las autoridades ambientales (CORPONOR-UTA) ejercer mayor presencia y control en la fuente hídrica, ya que es de vital importancia prevenir la afectación que ésta sufre actualmente, pues las personas aledañas se abastecen sin la debida concesión de aguas, por lo tanto, no se lleva un control del agua captada en la Microcuenca Q. La Esperanza, para actividades como la agricultura.



## Referencias

- García, M. C., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F. A., & Ardila Robles, E. (18 de octubre de 2012). *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
- Arcos Pulido, M. d., Ávila, S. L., Estupiñán Torres, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (12 de diciembre de 2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de Revista Científica NOVA: <http://hemeroteca.unad.edu.co/revista1/index.php/nova/article/viewFile/338/1214>
- Barba Ho, L. E. (s.f. de s.f. de 2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: s.f.
- Barrenechea Martel, A. (s.f. de s.f. de s.f.). *Capítulo 1. Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>
- Beamonte, E., Casino, A., Veres, E. J., & Bermúdez, J. D. (s.f. de s.f. de 2004). *La calidad del agua en ciertas estaciones de control del canal Júcar-Turia (Período 1994-2001)*. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Estudios agrosociales y pesqueros: [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_reeap/r201\\_04.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reeap/r201_04.pdf)
- Bogotá Jurídica Digital. (11 de julio de 1994). *Ley 142 de 1994*. Recuperado el 24 de mayo de 2016, de Bogotá Jurídica Digital: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>
- Bogotá Jurídica Digital. (16 de marzo de 1998). *Decreto 475 de 1998*. Recuperado el 24 de mayo de 2016, de Bogotá Jurídica Digital: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>
- Bogotá Jurídica Digital. (9 de mayo de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Bogotá Jurídica Digital - Consulta la norma: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30007>
- Bogotá Jurídica Digital. (s.f. de s.f. de s.f.). *Decreto 1575 de 2007*. Recuperado el 24 de mayo de 2016, de Bogotá Jurídica Digital: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30007>

- Bogotá Jurídica Digital. (s.f. de s.f. de s.f.). *Resolucion CRA 151 de 2001*. Recuperado el 24 de mayo de 2016, de Bogotá Jurídica Digital:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19990>
- Bustamante, C. (25 de febrero de 2013). *Oxígeno Disuelto*. Recuperado el 3 de septiembre de 2016, de SlideShare: <http://es.slideshare.net/poesmi/oxigeno-disuelto>
- CANTABRIA, UNIVERSIDAD DE. (s.f. de s.f. de s.f.). *Contaminacion del agua*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de OCW Universidad de Cantabria: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- Concejo Municipal. (s.f. de s.f. de 2002). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Recuperado el 12 de mayo de 2016, de Alcaldía de Ocaña: <http://ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/38343339653963383637363461323363/ACUERDO.pdf>
- CORPONARIÑO. (s.f. de s.f. de s.f.). *Oferta y Demanda Hídrica*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de Corporación Autónoma Regional del Nariño:  
<http://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Quindío. (s.f. de diciembre de 2011). *OFERTA, DEMANDA HIDRICA E INDICE DE ESCASEZ DE LAS UNIDADES DE MANEJO DE CUENCA DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de Corporación Autónoma Regional del Quindío:  
<https://www.crq.gov.co/Documentos/POLITICAS%20AMBIENTALES/Balanceshidricos2011.pdf>
- Costa Posada, C., Domínguez Calle, E., Gonzalo Rivera, H., & Vanegas Sarmiento, R. (s.f. de julio de 2005). *El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión del recurso hídrico?* Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Revista de Ingeniería: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932005000200012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932005000200012)
- Defensoría del Pueblo. (s.f. de s.f. de 2005). *DIAGNÓSTICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN COLOMBIA, EN EL MARCO DEL DERECHO HUMANO AL AGUA*. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Defensoría del Pueblo:  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/06Informe.pdf>
- Días Pulido, A. P., Chingaté Hernández, N., Muñoz Moreno, D. P., Olaya González, W., Perilla Castro, C., Sánchez Ojeda, F., & Sánchez González, K. (s.f. de enero de 2009). *Desarrollo Sostenible y el Agua como derecho en Colombia*. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Revista Estud. Socio-Juríd.:  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3021654.pdf>

- Domínguez Calle, E. A., Gonzalo Rivera, H., Vanegas Sarmiento, R., & Moreno, P. (s.f. de junio de 2008). *Relaciones Demanda-Oferta de agua y el Índice de Escasez de agua como Herramientas de Evaluación del recurso hídrico colombiano*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de DOCPLAYER, Rev. Acad. Colomb. Cienc.: <http://docplayer.es/2031684-Relaciones-demanda-oferta-de-agua-y-el-indice-de-escasez-de-agua-como-herramientas-de-evaluacion-del-recurso-hidrico-colombiano.html>
- Echegoyen, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Método Hipotético-Deductivo*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de DICCIONARIO DE PSICOLOGÍA CIENTÍFICA Y FILOSÓFICA: <http://www.e-torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Metodo-Hipotetico-Deductivo.htm>
- IDEAM. (s.f. de s.f. de s.f.). *Evaluacion del recurso hídrico - Indicadores*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. (22 de junio de 2007). *Ministerio de la proteccion social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Res 2115*. Recuperado el 24 de mayo de 2016, de INSTITUTO NACIONAL DE SALUD: <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>
- Isaac Márquez, A. P., Lezama Dávila, C. M., Ku Pech, P. P., & Tamay Segovia, P. (18 de enero de 2016). *Calidad Sanitaria de los Suministros de Agua para Consumo Humano en Campeche*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de Salud Pública de México: <http://saludpublica.mx/insp/index.php/spm/rt/printerFriendly/5803/6466>
- ITACA. (s.f. de diciembre de 2004). *Una Introducción a la Dureza del Agua*. Recuperado el 3 de septiembre de 2016, de ITACA: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/durezaagua/Agua%20dura.pdf>
- Libro electrónico: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO. (s.f. de s.f. de s.f.). *Substancias contaminantes del agua*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Libro electrónico: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/110ConAg.htm>
- López, P. L. (s.f. de s.f. de 2004). *Población, muestra y muestreo*. Recuperado el 28 de mayo de 2016, de Revista Punto Cero: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1815-02762004000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1815-02762004000100012&script=sci_arttext)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de julio de 2004). *RESOLUCION 865 DE 2004*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de Ministerio de Ambiente, Vivienda

- y Desarrollo Territorial:  
[http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865\\_20040722.htm](http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865_20040722.htm)
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C. H., & Escobar, J. C. (s.f. de Diciembre de 2011). *Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización*. Recuperado el 4 de Mayo de 2016, de Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA): <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n16/n16a11.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f. de s.f. de s.f.). *Capítulo 3: Diseño de Muestreo*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de Depósito de Documentos de la FAO:  
<http://www.fao.org/docrep/005/Y3779S/y3779s08.htm#TopOfPage>
- Ortíz Arellano, E. (15 de diciembre de 2013). *Epistemología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa: Paradigmas y Objetivos*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de Revista de Claseshistoria: <http://www.claseshistoria.com/revista/2013/articulos/ortiz-epistemologia-investigacion.pdf>
- Puello Payares, J. G., Maza Ávila, F. J., & Navarro España, J. L. (02 de Enero de 2012). *¿Fue eficiente la asignación de recursos en el suministro de agua potable en el departamento de Bolívar - Colombia en el periodo 2007-2008?* Recuperado el 20 de mayo de 2016, de Entramado: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4044816>
- RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ. (s.f. de s.f. de 2012). *PARAMETROS FISICO-QUIMICOS: ALCALINIDAD*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ:  
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alkalinidad.pdf>
- Reichardt, C., & Cook, T. (s.f. de s.f. de 1982). *Más allá de los métodos cualitativos versus los cuantitativos*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de Estudios de psicología:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2858142>
- Rodas Ramos, V., & Godínez Cifuentes, B. (s.f. de s.f. de s.f.). *Manual para la implementación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA)*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UINC - Union internacional para la conservación de la naturaleza:  
[https://cmsdata.iucn.org/downloads/manual\\_de\\_pago\\_por\\_servicios\\_ambientales\\_\\_taca\\_n\\_a\\_1.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/manual_de_pago_por_servicios_ambientales__taca_n_a_1.pdf)
- Rodríguez Salcedo, C. F. (s.f. de octubre de 2008). *Uso y control del proceso de coagulación en plantas de tratamiento de agua potable*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Biblioteca pompeyo Molina, repositorio digital:  
<http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/298/2/628.162R696.pdf>

- Rojas, M., & Gómez Zamudio, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Enfoques paradigmáticos y métodos de la investigación cualitativa*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ. Revista digital:  
[http://www.ujap.edu.ve/pasion/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=70](http://www.ujap.edu.ve/pasion/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=70)
- Romero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Lección 17. Parámetros fisicoquímicos del agua potable*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento\\_Contenido\\_en\\_linea/leccion\\_17\\_parmetros\\_fisicoquimicos\\_del\\_agua\\_potable.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento_Contenido_en_linea/leccion_17_parmetros_fisicoquimicos_del_agua_potable.html)
- Romero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Lección 18. Análisis físico*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento\\_Contenido\\_en\\_linea/leccion\\_18\\_analisis\\_fisico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento_Contenido_en_linea/leccion_18_analisis_fisico.html)
- Romero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Lección 19. Análisis químico*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento\\_Contenido\\_en\\_linea/leccion\\_19\\_analisis\\_quimico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento_Contenido_en_linea/leccion_19_analisis_quimico.html)
- Romero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Lección 22 - Aspectos, parámetros fisicoquímicos y contaminantes medibles en el agua*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358004/358004/leccion\\_22\\_\\_aspectos\\_parmetros\\_fisicoquimicos\\_y\\_contaminantes\\_medibles\\_en\\_el\\_agua.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358004/358004/leccion_22__aspectos_parmetros_fisicoquimicos_y_contaminantes_medibles_en_el_agua.html)
- Romero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Lección 4. Oferta y demanda del recurso hídrico*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento\\_Contenido\\_en\\_linea/leccion\\_4\\_oferta\\_y\\_demanda\\_del\\_recurso\\_hdrico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento_Contenido_en_linea/leccion_4_oferta_y_demanda_del_recurso_hdrico.html)
- Smiths, S., Tamayo, S. P., Ibarra, V., Rojas, J., Benavidez, A., & Bey, V. (s.f. de s.f. de 2012). *Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia*. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Banco Interamericano de Desarrollo:  
<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3137/Gobernanza%20y%20sostenibilidad%20de%20los%20sistemas%20de%20agua%20potable%20y%20saneamiento%20rurales%20en%20Colombia.pdf?sequence=1>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (05 de octubre de 2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de Revista Ingenierías Universidad de Medellín: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (s.f. de s.f. de 2009). *Índices de Calidad de Agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de Revista Ingenierías Universidad de Medellín: <http://www.scielo.org.co/pdf/riium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- UNIPAMPLONA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Capítulo III Índices de Calidad ICA(s) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de Universidad de Pamplona: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_c\\_ontenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_10/recursos/general/pag_c_ontenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)
- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. (s.f. de s.f. de s.f.). *1.1.3.1 Etapas del método hipotético-deductivo*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de Universidad de Cantabria: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/ciencias-psicosociales-i/materiales/bloque-i/tema-1/1.1.3.1-etapas-del-metodo-hipotetico-deductivo>
- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Contaminacion del agua- Sedimentos y materiales suspendidos*. Recuperado el 21 de mayo de 2016, de Universidad de cantabria: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Capítulo II. Indicadores de la calidad del agua*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de Universidad de Pamplona: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_c\\_ontenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo2.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_10/recursos/general/pag_c_ontenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf)
- Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. (s.f. de s.f. de s.f.). *Objetivos Institucionales*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia: <https://ufpso.edu.co/Objetivos>
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Análisis de Aguas*. Recuperado el 4 de septiembre de 2016, de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA: [http://www.upct.es/~minaees/analisis\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf)
- Zamudio Rodríguez, C. (s.f. de diciembre de 2012). *Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de Revista Gestión y Ambiente: <http://www.redalyc.org/pdf/1694/169424893007.pdf>

# Apéndices

## Apéndice A. Censo del Centro poblado de Aguas Claras

**Tabla 22**  
*Censo a la Muestra*

N	Nombre Usuario	Nº Hab.	N	Nombre Usuario	Nº Hab.
1	José De Dios Picón	6	73	Oliva Gonzales	3
2	Cristóbal Martínez	5	74	Marlon Mora	7
3	Rosalía Manzano	5	75	Dioselina Manzano	6
4	Luis Quintero	4	76	Lucy Galván	3
5	Rafael Jiménez	1	77	Alirio Bohórquez	6
6	Lumar Mora	3	78	Gloria Ortega	4
7	Javier Avendaño	2	79	Patricia Picón	2
8	Zoraida Aridez	4	80	Lumar Mora	1
9	Miguel Jiménez	2	81	Alirio Manzano	4
10	Lina Patiño	2	82	Henry López	2
11	Torcoroma Álvarez	5	83	Cecilia Obregón	3
12	Luis García	6	84	Fredy Carrascal	6
13	Nubia López	3	85	Ana Diva Ruedas	6
14	Carmito Ortega	3	86	Liceth Quintero	5
15	Ángel Rincón	3	87	Wilmar Rodríguez	5
16	María Rincón	2	88	Fernando Zapata	4
17	Zunilda Guerrero	3	89	Javier Picón	1
18	Andrés Pérez	2	90	Yulieth Ríos	3
19	Cecilia López	2	91	Eduardo Martínez	2
20	Gerson López	5	92	Torcoroma Álvarez	4
21	Ciro Moreno	7	93	Ever Molina	2
22	Aura Ordoñez	6	94	Víctor Sarabia	2
23	Francisco Rincón	4	95	Yasmín Ortíz	5
24	Emilio López	4	96	Ceneli Urquijo	6
25	Gustavo Manzano	3	97	Luz Durán	3
26	Jesús Durán	2	98	Marina Villegas	3
27	Ludy Carrascal	4	99	Alba Gaona	3
28	Sonia Ortíz	5	100	Astrid Rozo	2
29	Alcides Plata	4	101	Franklin Pallares	3
30	José Álvarez	3	102	Jorge Álvarez	2
31	Iglesia Pentecostal	7	103	Katherine Ruedas	2
32	Franklin Pallares	6	104	Jairo Bohórquez	5
33	Lalo Carrascal	3	105	Elizabeth Chinchilla	7
34	Elicer Gaona	6	106	Estación Gasolina	6
35	Diana Picón	4	107	Deiber Mora	4
36	Edinson Bohórquez	2	108	Ricaurte Picón	4
37	Otoniel Ortega	1	109	Alirio Manzano	3
38	Leonor Arenas	4	110	Misael Álvarez	2



## Continuación

39	Alirio Manzano	2	111	Ana D. Carrascal	4
40	Orlando Guerrero	3	112	Carolina Picón	5
41	Guillermo Ruedas	6	113	Lumar Mora	4
42	Cristo Cañizares	3	114	Fernando Zapata	3
43	Urielson Tarazona	6	115	Uriel Pineda	7
44	Alver López	5	116	Diomar Vega	6
45	Eliecer Pérez	5	117	Gustavo Toro	3
46	Deiver Mora	4	118	Álvaro Carrascal	6
47	Isabel Pallares	1	119	Uriel Pineda	4
48	Fabián Carrascal	3	120	Said Jiménez	2
49	Sain Roperó	2	121	Mary Ortega	1
50	Leonardo Picón	4	122	Sandra Jiménez	4
51	Oscar Guevara	2	123	Edgar Gómez	2
52	Reemberto Sánchez	2	124	Fauder Vega	3
53	Cecilia Obregón	5	125	Mario Tarazona	6
54	Sandra Roperó	6	126	Mary Ortega	6
55	Ninfa Ruiz	3	127	Jaime López	5
56	Mariela Coronel	3	128	Alix Bayona	2
57	Sandra Picón	3	129	Omaira Tarazona	1
58	María Josefa Rizo	2	130	Pedro Emilio Ruedas	4
59	Fredy Bohórquez	3	131	Yurlei Ruedas	3
60	Ludy Carrascal	2	132	Nancy Plata	2
61	Olga Pineda	2	133	Nereida López	2
62	Sandra Armesto	5	134	Ever Molina	5
63	Olga Trigos	7	135	Antonio Uribe	4
64	Fanny López	6	136	Víctor Sarabia	3
65	Yeison Suarez	4	137	Graciela García	2
66	Anna Guerrero	4	138	Luz Duran	2
67	Freddy (Taller)	3	139	Ayde Ruedas	4
68	Nuriz Cubidez	2	140	Alver López	6
69	Fabián Picón	4	141	Casa San Jose	6
70	Elías Rincón	5	142	Carlos Ruedas	7
71	Alonso Rincón	4	143	Carmenza Pérez	3
72	Carolina Picón	3	144	María Josefa Rizo	2

**Nota.** La tabla muestra los resultados del Censo realizado en el centro poblado de Aguas Claras.

Fuente: Autores del proyecto

## Apéndice B. Resultados del Laboratorio de Aguas

### LABORATORIO DE AGUAS

#### RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Red de distribución **PUNTO:** punto 1.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 7:32 am.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 03 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 03 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2,2
DQO	mg/L	26
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,5
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	146
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	260
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	190
COLOR	UPCo	30
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100



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

Figura 4. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Planta de tratamiento **PUNTO:** punto 2.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 8:30 am.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 03 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 03 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	57
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3,0
DQO	mg/L	15
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,4
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	156
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	200
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	130
COLOR	UPCo	15
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100

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

Figura 5. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Quebrada la esperanza **PUNTO:** punto 3.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 9:13 am.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 03 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 03 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	90
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	58
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	5,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,0
DQO	mg/L	29
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,6
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	112
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	220
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	140
COLOR	UPCo	45
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100

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

Figura 6. Resultados Análisis físicoquímicos y microbiológicos.

---



---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Reservorio **PUNTO:** punto 4.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 10:41am.

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 03 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 03 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	130
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	54
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	6,7
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2,4
DQO	mg/L	18
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	8,3
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	175
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	200
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	210
COLOR	UPCo	115
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100

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

Figura 7. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Doraida López **PUNTO:** punto 1.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 8:12

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 24 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO5, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	135
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	103
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	6,4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,1
DQO	mg/L	20
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	8,3
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	163
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	20
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	30
COLOR	UPCo	19
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	<3,6

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

Figura 8. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Reservoirio **PUNTO:** punto 2.

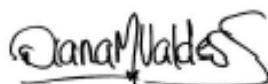
**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 9:04

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 24 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO5, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	150
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	7,2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2,8
DQO	mg/L	22
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	8,0
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	156
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	70
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	160
COLOR	UPCo	107
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100



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

Figura 9. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Planta de tratamiento **PUNTO:** punto 3.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 9:27

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 24 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	90
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	70
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	8,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4,3
DQO	mg/L	18
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,9
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	156
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	30
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	50
COLOR	UPCo	13
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	<3,6

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

Figura 10. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.



---

**LABORATORIO DE AGUAS**
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

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

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.

**LUGAR DE MUESTREO:** Bocatoma PUNTO: punto 4.

**TOMADA POR:** Bleidy Navarro – Gina Ruedas **HORA:** 10:03

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 24 de agosto de 2016.

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 24 de agosto de 2016 **HORA:** 12:00 pm.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Alcalinidad, turbiedad, dureza, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color, Coliformes totales y E. Coli.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
ALCALINIDAD	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100
TURBIEDAD	NTU	0,0
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	77
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	8,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4,7
DQO	mg/L	32
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7,6
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	152
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	100
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	150
COLOR	UPCo	51
Coliformes Totales y E. Coli	NMP/100mL	>1100

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

Figura 11. Resultados Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

## Apéndice C. Registro fotográfico



Figura 12. Toma y etiquetado de muestras. Fuente: Autores del proyecto



Figura 13. Medición del pH. Fuente: Autores del proyecto



Figura 13. Aforo de caudal, método velocidad/Área. Fuente: Autores del proyecto



Figura 14. Aforo de caudal, método volumétrico. Fuente: Autores del proyecto



Figura 15. Análisis de Laboratorio. Fuente: Autores del proyecto



Figura 16. Reservorio. Fuente: Autores del proyecto



Figura 17. Toma de la temperatura. Fuente: Autores del proyecto



Figura 18. Planta de tratamiento. Fuente: Autores del proyecto