	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(84)

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	INGRITH VANESSA CARBALLO LUGO
FACULTAD	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	LUIS ORLANDO VERGEL GRANADOS
TÍTULO DE LA TESIS	ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y OPERATIVOS PARA LA FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO DE BUTURAMA DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL PRESENTE ESTUDIO ES EL RESULTADO DE UNA INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CORREGIMIENTO DE BUTURAMA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA – CESAR. CON EL FIN DE IDENTIFICAR Y FORMULAR ESTRATEGIAS DE MEJORA EN LA PRESTACION DEL SERVICIO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 84	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 3	CD-ROM: 1
-------------	---------	------------------	-----------



**ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y
OPERATIVOS PARA LA FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA EN EL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO DE
BUTURAMA DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR**

AUTOR

INGRITH VANESSA CARBALLO LUGO

Trabajo de Grado presentado como requisito para Optar el Título de Ingeniero Ambiental

DIRECTOR

LUIS ORLANDO VERGEL GRANADOS

Ingeniero Ambiental

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

Ocaña, Colombia

Febrero de 2018

Dedicatoria

Dedico de manera orgullosa y especial este trabajo de grado a mi amada, recordada y jamás olvidada madre Gloria Azucena Lugo Triana, quien aunque ya partió de este mundo hizo que todo esto fuera posible, porque el que creyera en mi hizo que los demás también confiaran en que sería capaz de alcanzar este logro. Todo por ti y solo para ti.

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a Dios por haber permitido que alcanzara este logro, por haberme protegido, iluminarme el camino y sobre todo por no dejarme desvanecer en esos momentos difíciles.

A mi familia, en especial a mi padre Martin Carballo por darme la oportunidad de crecer como profesional y como persona, a mi hermano Fabio Nelso Carballo por haber sacrificado muchas cosas materiales y espirituales para que yo pudiera terminar esta carrera, estaré eternamente agradecida por ese gesto porque no siendo tu responsabilidad aun así lo hiciste; y a mi tío Nelson Lugo porque sin tu apoyo esto no hubiera sido posible.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por haberme aceptado y educado en estos años de formación.

Y por último agradezco a mis compañeros y amigos con los cuales compartí momentos buenos y malos durante el trayecto de la carrera,

Índice

Capítulo 1. Estudio de los parámetros físico – químicos, microbiológicos y operativos para la formulación de alternativas de mejora en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar.	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Delimitación operativa.....	4
1.5.2 Delimitación conceptual.....	5
1.5.3 Delimitación geográfica.....	5
15.4 Delimitación temporal.....	5
Capítulo 2. Marco referencial.....	6
2.1 Marco histórico.....	6
2.2 Marco contextual.....	7
2.3 Marco conceptual.....	7
2.4 Marco teórico.....	19
Capítulo 3. Metodología.....	26
3.1 Tipo de investigación.....	26
3.2 Población.....	28
3.3 Muestra.....	28
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	28
3.4.1.Observación directa.....	28
3.4.2.Consultas a los pobladores del corregimiento.....	29
3.4.3.Consulta de fuentes secundarias.....	29
3.4.4.Trabajo de campo.....	29
3.4.5. Determinación experimental de los parámetros fisicoquímicos y Microbiológicos ...	31
3.5. Procesamiento y análisis de la información.....	33
Capítulo 4. Aspectos generales del área de estudio.....	37
4.1. Localización.....	37
4.2 Presentación de resultados.....	38
4.2.1 Identificar fuentes hídricas presentes en el corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar.....	38
4.2.2 Evaluar la oferta y demanda de los cuerpos hídricos presentes en el corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar.....	40
4.2.3 Evaluar los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y los Índices de Calidad del Agua Potable, para determinar el nivel de riesgo y la calidad del agua en el sistema de abastecimiento del corregimiento de Buturama.....	42

4.2.4 Establecer alternativas de mejora en el abastecimiento y tratamiento del agua, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes.....	50
5. Conclusiones.....	56
6. Recomendaciones	58
Apéndices.....	66

Lista de tablas

Tabla 1. Criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano.	8
Tabla 2. Valores máximos permisibles según la Resolución 2115 de 2007.	14
Tabla 3. Valores máximos permisibles según la Resolución 2115 de 2007.	17
Tabla 4 Valores máximos permisibles de coliformes totales y E. Coli según la Resolución 2115 de 2007.	19
Tabla 5. Significancia de los índices de contaminación ICOs.	35
Tabla 6 Puntaje de riesgo para los parámetros evaluados.	35
Tabla 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA.	36
Tabla 8 Fuentes hídricas del corregimiento de Buturama.	39
Tabla 9 Conductividad, Alcalinidad y Dureza Total de las muestras analizadas.	43
Tabla 10 Color aparente de las muestras analizadas.	45
Tabla 11 Turbiedad de las muestras analizadas.	46
Tabla 12 Oxígeno disuelto de las muestras analizadas.	47
Tabla 13 pH de las muestras analizadas.	47
Tabla 14 Cloro residual libre de las muestras analizadas.	48
Tabla 15 Nitratos y nitritos de las muestras analizadas.	49
Tabla 16 Coliformes totales de las muestras analizadas.	49
Tabla 17 E. coli de las muestras analizadas.	49
Tabla 18 Índice de contaminación por minerales (ICOMI).	51
Tabla 19 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).	52
Tabla 20 Índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS).	53
Tabla 21 Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA).	54

Lista de figuras

Figura 1. Puntos de muestreo utilizados para la determinación de la calidad de agua que abastece al corregimiento de Buturama.....	30
Figura 2. Rotulo utilizado para identificar las muestras tomadas de las diferentes fuentes hídricas utilizadas en el siguiente proyecto de investigación.	31
Figura 3. Ubicación del corregimiento de Buturama con la herramienta Google Maps.	37

Lista de apéndices

Apéndice A Resultados de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.	67
Apéndice B Evidencias fotográficas.	72

Introducción

Uno de los principales fines del estado es la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de mortalidad por enfermedades gastrointestinales. El problema no es solo la calidad del agua; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. Por esto es importante que el servicio de acueducto sea continuo.

El servicio de acueducto en el casco urbano del municipio de Aguachica, ubicado en el departamento del Cesar, no es prestado de forma continua a su población. En las zonas rurales la situación es aún más desfavorable ya que este servicio no se brinda, por lo que el acceso al mismo es garantizado por la acción de sus propios habitantes; aunque tampoco se brinde de manera continua. Además, otro problema en la prestación del servicio radica en que no se garantiza la calidad del agua ya que dicho sistema no presenta ningún tipo de tratamiento de potabilización. Con el fin de brindar soluciones a esta situación, el objetivo del presente trabajo de investigación es conocer la calidad del agua en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar, identificando el estado del mismo, con lo cual se puedan formular alternativas de mejora.

Capítulo 1. Estudio de los parámetros físico – químicos, microbiológicos y operativos para la formulación de alternativas de mejora en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar.

1.1 Planteamiento del problema

Las zonas rurales y de población dispersa en Colombia presentan una problemática en cuanto al abastecimiento y calidad adecuada de agua potable apta para el consumo humano. Según cálculos del Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial (2002), del 56% de la población rural que presenta alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% cuenta con agua que ha llevado algún tipo de proceso para desinfectarla. Lo que significa que miles de personas, en los que se incluyen niños y niñas, pertenecientes a las zonas rurales, aun enfrentan el riesgo de contraer enfermedades como la diarrea y el cólera.

En 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. Sin embargo, la mayoría de las empresas prestadoras del servicio de acueducto (y sobre todo las más pequeñas) tienen dificultades para medir la calidad de su agua, debido a la falta de capacidad financiera y técnica.

El corregimiento de Buturama perteneciente al municipio de Aguachica departamento del Cesar, conformado por aproximadamente 200 personas dedicadas principalmente a la ganadería

y agricultura, no está exento de esta situación debido a que la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, ESPA, no brinda el servicio de acueducto, por lo cual la comunidad de dicho corregimiento estableció su propio mecanismo de abastecimiento de agua potable. Dicho mecanismo está conformado por un pozo con una profundidad de 81 metros, desde donde se extrae el agua con una bomba sumergible de 2 pulgadas que va dirigida a un tanque de almacenamiento recubierto con fibra de vidrio y elevado a 15 metros de altura, donde no se realiza ningún tratamiento para luego distribuir el agua mediante tuberías de PVC.

En cuanto a la distribución, está dividida en dos sectores y se realiza día por medio (un día por sector). El agua llega a cada casa por un tiempo de hora y media, siendo ineficiente para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes. Cabe mencionar que a este sistema desde que está operando no se le han realizado los análisis pertinentes para evaluar las características, físicas, químicas y microbiológicas, establecidas en la Resolución 2115 de 2007, y así determinar si es apta para el consumo humano. Además, el agua no cuenta con los respectivos tratamientos que se deben realizar para asegurar su calidad. Siendo esto uno de los principales factores de descontento y preocupación de los habitantes del corregimiento.

1.2 Formulación del problema

¿Qué alternativas de mejora exige el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de Buturama situado en el municipio de Aguachica, Cesar, con respecto al análisis de la calidad del agua?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Realizar un estudio de los parámetros físico – químicos, microbiológicos y operativos para formular de alternativas de mejora en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar.

1.3.2 Objetivos específicos. Identificar fuentes hídricas presentes en el corregimiento de Buturama.

Evaluar la oferta y demanda de los cuerpos hídricos presentes en el corregimiento de Buturama, Aguachica – Cesar.

Evaluar los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y los Índices de Calidad del Agua Potable, para determinar el nivel de riesgo y la calidad del agua en el sistema de abastecimiento del corregimiento de Buturama.

Establecer alternativas de mejora en el abastecimiento y tratamiento del agua, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

1.4 Justificación

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000, establece que el agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni

sustancias tóxicas o nocivas para la salud, por lo que debe cumplir con los requisitos de calidad microbiológicos y fisicoquímicos. Además, la calidad del agua no debe caer por debajo de los límites establecidos en la resolución 2115 de 2007.

De acuerdo con la situación del sistema de abastecimiento del Corregimiento de Buturama, es necesario realizar de forma rápida la medición y el análisis de las respectivas características en el agua potable que se distribuye con el fin de determinar si esta cumple o no con los parámetros establecidos en la ley; para así proteger al consumidor ante los posibles agentes patógenos que puedan ocasionar enfermedades (diarrea, vómito, enfermedades gastrointestinales, erupciones en la piel...) en la población.

La importancia de este proyecto radica en el aporte al desarrollo de la región, ofreciendo los conocimientos adquiridos en el trayecto de la formación como profesional, que unida con la interacción con la comunidad permitirá reforzarlos para poder brindar la información sobre la situación actual de la calidad del agua y su nivel de riesgo para la salud; y así fomentar las alternativas de solución, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa. En la realización del proyecto se pueden presentar inconvenientes con la disponibilidad del o los laboratorios para determinar los diferentes parámetros requeridos para la correcta implementación del mismo.

1.5.2 Delimitación conceptual. La temática del proyecto se enmarca en los siguientes conceptos: análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua potable, Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano – IRCA, Índices de contaminación - ICOS, entre otros.

1.5.3 Delimitación geográfica. El proyecto se desarrollará en el Corregimiento de Buturama situado en el municipio de Aguachica, Cesar.

15.4 Delimitación temporal. El cumplimiento de los objetivos propuestos se desarrollará en un periodo de tres (3) meses después de aprobada la propuesta.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

La calidad de agua es un factor que limita la disponibilidad de este recurso y restringe el rango de posibles usos. Los ríos colombianos reciben y transportan cargas de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o acción del hombre (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, s.f). En el año 2003, la cobertura de acueducto a nivel nacional registró una mejora sustancial, pasando de 79.7% en 1993 a 86.1%. Aunque esta expansión de la cobertura estuvo concentrada en la zona rural, aún existe una brecha significativa entre la cobertura urbana y la rural (esta brecha se estimó en 46 puntos porcentuales). Aún resta un largo camino por recorrer antes de que todos los habitantes del territorio nacional tengan acceso al agua potable: según datos del DNP, en 708 municipios del país (65% de los municipios), la cobertura no alcanza el 75% de la población (Unicef, s.f). Para el año 2012, cerca del 58,8% de la población consumió agua potable de buena calidad.

En la zona urbana el agua presentó un nivel de riesgo bajo de contraer enfermedades, pero en zona rural nivel de riesgo alto. Por lo anterior es necesario fortalecer las acciones para mejorar la calidad del agua suministrada en la zona rural y minimizar así riesgos a la salud pública (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014b).

Según el Reglamento Técnico del sector agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000), la entidad prestadora del servicio público de acueducto es la responsable de controlar la calidad de agua en la red de distribución ya sea en puntos previamente escogidos –como hidrantes o pilas diseñadas para recoger muestras– o en acometidas escogidas aleatoriamente. En dichos sitios deben realizarse mínimo los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos establecidos en el artículo 19 del Decreto 475 de 1998, y el número mínimo de muestras será la que establecen los artículos 20, 21, 22 y 27 de dicho decreto. Además, la vigilancia de que este proceso se cumpla está a cargo de las autoridades de salud de los Departamentos, Distritos o Municipios, tal como está estipulado en el Decreto 475 de 1998 artículo 41.

2.2 Marco contextual

El corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica – Cesar, se encuentra ubicado en el kilómetro 12 vía Puerto Mosquito, antigua estación de los Ferrocarriles Nacionales de Colombia.

2.3 Marco conceptual

Agua Potable. De acuerdo a lo definido en el Decreto 475 de 1998, es aquella que reúne los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, y puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

Agua Cruda. Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

Análisis Físico-Químico del Agua. Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

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 (Ada Barrenechea Martel, s.f pág. 4).

Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia (Instituto Nacional de Salud, 2011, p. 09).

En Colombia, el decreto 1594 de 1984 establece una serie de criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano.

Parámetro	Requiere tratamiento convencional (mg/L)	Requiere solo desinfección (mg/L)
Amoniaco	1,0	1,0
Arsénico	0,05	0,05
Bario	1,0	1,0
Cadmio	0,01	0,01
Cianuro	0,2	0,2
Cinc	15,0	15,0
Cloruros	250,0	250,0
Cobre	1,0	1,0
Color	75 unidades platino-cobalto	20 unidades platino-cobalto
Fenoles	0,002	0,002

Tabla 1. (Continuación)

Cromo hexavalente	0,05	0,05
Difenil policlorados	No detectable	No detectable
Mercurio	0,002	0,002
Nitratos	10,0	10,0
Nitritos	1,0	1,0
pH	5,0-9,0 unidades	6,5-8,5 unidades
Plata	0,05	0,05
Plomo	0,05	0,05
Selenio	0,01	0,01
Sulfatos	400,0	400,0
Tensoactivos	0,5	0,5
Turbiedad	---	10
Coliformes totales NMP/100mL	20000	1000
Coliformes fecales NMP/100mL	2000	---

Fuente: Decreto 1594 de 1984

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).

Demanda Hídrica. La demanda hídrica es la 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 Calidad de Agua. Se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua. Estas características determinan como y para cual agua puede usarse y las especies y procesos de ecosistemas que pueden soportar (United Nations Environment Programme, s.f).

Según los indicadores del IDEAM 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.

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 (Corporación Autónoma Regional de Nariño, s.f pág. 107).

Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA). El Ministerio Nacional de Salud define el IRCA como: 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. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro número 6 de la resolución 2115 de 2007 a las características

contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha resolución (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014c).

De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 cuando se obtiene un IRCA entre el rango de 0 a 5 % el agua distribuida es apta para consumo humano y se califica en nivel sin riesgo; cuando está entre 5,1 y 14% ya no es apta para consumo humano, pero se califica con nivel de riesgo bajo; entre 14,1 y 35% se califica con nivel de riesgo medio y no es apta para consumo humano; cuando está entre 35,1 y 80% es un nivel de riesgo alto y del 80,1 al 100 % es un agua inviable sanitariamente y obviamente no es apta para consumo humano.

Muestreo. Según el (Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio, 2011 pág. 09) es el “proceso de toma de muestras que son analizadas en los laboratorios para obtener la información sobre la calidad del agua del sitio concertado en que fueron tomados”.

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 (Corporación Autónoma Regional de Nariño, s.f pág. 107).

Salud Pública. Según la Organización Mundial de la Salud, la salud pública es una especialidad no clínica de la medicina enfocada en la promoción, prevención e intervención de la

salud desde una perspectiva multidisciplinaria y colectiva, ya sea a nivel comunitario, regional, nacional o internacional, es decir, no centrada en el individuo, sino en el colectivo.

Parámetros Físicos

Color. La presencia de sustancias orgánicas, iones metálicos como hierro y magnesio, plancton y hierba, pueden ser resultado de apariencia de color en el agua (Cuadros, 2012).

Se pueden definir dos clases de color:

Color Verdadero: Es el color del agua cuando la turbidez de ésta se ha eliminado.

Color aparente: Incluye no sólo el color de la solución sino el de la materia suspendida.

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 (Salcedo, 2008) .

Olor. El olor, como el gusto, depende del contacto de una sustancia estimulante de naturaleza química. El olor se da a conocer como un factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable para el consumo humano (Guarin, 2010).

Sabor. Se define como sensaciones gustativas de tipo amargo, salado, ácido o dulce, que resulta de la estimulación química de los sensores nerviosos situados en la lengua que se conocen como papilas gustativas. Las muestras del agua dentro de la boca, para análisis sensorial de la lengua siempre producen un sabor a través del gusto, olor o sensación en la boca que puede ser predominante dependiendo de las sustancias químicas que estén presentes (Cuadros, 2012).

Turbiedad. Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema (Roldan, 1992) y es asociada con la presencia de organismos patógenos (Washington State Department of Ecology, 2001). Sirve para determinar el grado de tratamiento requerido por un agua natural, al igual que permite establecer su filtrabilidad, así como la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración (Romero, 1996).

Sólidos. Son un parámetro útil para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento y son importantes para determinar la “fuerza” de las aguas residuales. En plantas de lodos activados se usan para controlar el proceso y factores del diseño de unidades de tratamiento biológico secundario; también son útiles para el diseño de tanques de sedimentación. (Romero, 1996). Son desagradables a la vista (poco estéticos), proveen superficies de adsorción para agentes químicos y biológicos, pueden degradarse (lo que causaría productos secundarios perjudiciales) y aquellos elementos biológicamente activos pueden ser agentes tóxicos o causantes de enfermedades (Campos, 2003).

La Tabla 2 muestra los valores máximos permisibles de los anteriores parámetros físicos, de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 2.
Valores máximos permisibles según la Resolución 2115 de 2007.

Características físicas	Expresadas como	Valor máx. aceptable
Color aparente	Unidades platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

Parámetros Químicos

pH. El intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 - 8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción. El valor del pH también debe ser tenido en cuenta en el suministro de aguas con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión o de incrustación (Bolaños et al., 2001).

Oxígeno disuelto. Constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración determina las especies, de acuerdo a su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas (Ramírez y Viña, 1998). La baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es, generalmente, una indicación de alta contaminación, ya que sirve para denotar la presencia de organismos que “respiran” y se multiplican a una tasa superior a la difusión del oxígeno desde la atmósfera al agua (Faña, 2000).

Alcalinidad. Proporciona la acción buffer o amortiguadora de cambios de pH al agua, de tal forma que conocer la alcalinidad de un cuerpo de agua es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldan, 1992). La alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento y control de la corrosión (Romero, J. A. 1996).

Dureza. Las aguas con bajas durezas se denominan “blandas” y biológicamente son poco productivas, por lo contrario las aguas con durezas elevadas “duras” son más productivas. La productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variada pero son menos productivas en términos de biomasa (Roldan, 1992). Para consumo humano se considera que las aguas blandas o duras son igualmente satisfactorias. El valor de la dureza determina la conveniencia del agua para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, ya que requieren demasiado jabón para producir espuma, además depositan lodo e incrustaciones sobre las superficies con las que este en contacto (Bolaños, 2000; Ministerio de Medio Ambiente et al., 2001).

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. El aumento de la DQO contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas,

disminución del oxígeno disuelto, salinización de los suelos, y pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso (Beltrán y Trujillo, 1999).

Fósforo y Fosfatos. El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y, por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. Su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Romero, 2001).

Nitrógeno, Nitritos y Nitratos. El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de éste. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes de determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos. Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgo de metahemoglobinemia para usuarios de la fuente receptora (Romero, 2001).

Los nitritos raras veces aparecen en concentraciones mayores de 1mg/L y 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. El nitrato es producido por la oxidación de los nitritos, debido a la acción de las nitro bacterias (Romero, Lección 19. Análisis químico, s.f., párr. 8).

De acuerdo a la Resolución 2115 de 2007, los valores máximos permisibles de estos parámetros químicos son los que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.
Valores máximos permisibles según la Resolución 2115 de 2007.

Características químicas	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos	HAP	0,01
Carbón orgánico total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂	0,1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F-	1,0
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl-	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

Parámetros Microbiológicos. Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos). La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. Un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala del agua y, potencialmente, epidemias detectables. Otras averías y la contaminación leve, posiblemente en ocasiones repetidas, pueden ocasionar brotes esporádicos significativos de enfermedades, pero no es probable que las autoridades de vigilancia de la salud pública los asocien con la fuente de abastecimiento de agua de consumo. La evaluación y cuantificación de los riesgos puede ayudar a comprenderlos y gestionarlos, sobre todo los relacionados con casos de enfermedad esporádicos.

Coliformes Totales y Fecales. El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. La determinación de la presencia del grupo coliformes constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia de la purificación y potabilidad del agua (Ministerio de Salud, 1998; Romero, 2001).

Los valores máximos permisibles de coliformes totales y E. Coli según la Resolución 2115 de 2007, y técnicas utilizadas para la determinación de éstos, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Valores máximos permisibles de coliformes totales y E. Coli según la Resolución 2115 de 2007.

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100cm ³	0 UFC/100cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismos en 100cm ³	0 microorganismos en 100cm ³
Presencia-ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

2.4 Marco teórico

El agua es esencial para el mantenimiento de todos los procesos biológicos, la calidad de vida de una sociedad y el sostenimiento de las actividades económicas. La calidad del agua está definida por su composición química y por sus características físicas, adquiridas a través de procesos naturales y antropogénicos que limitan o perjudican su uso. Éste es evaluado al comparar los valores que asumen los parámetros indicadores con estándares y criterios establecidos. La variación espacio temporal de la calidad se modifica por el influjo de múltiples actividades socioeconómicas y naturales, y la intensidad de esta variación es determinada por las características propias de estas dinámicas (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2004).

Dos son los principales desafíos en materia de agua que afectan la sostenibilidad de los asentamientos urbanos: la falta de acceso a agua saludable y a saneamiento y el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías. Estos problemas conllevan enormes consecuencias para la salud y el bienestar humano, la seguridad, el medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo. La falta de servicios adecuados de suministro de agua y saneamiento conduce a enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera. Aunque la

cobertura de suministro de agua y saneamiento ha aumentado entre 1990 y 2008, el crecimiento de la población urbana mundial pone en peligro estos resultados. 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 %.

Los que más sufren los desafíos que representa el agua son las poblaciones pobres de las ciudades que, con frecuencia, viven en zonas suburbanas o en asentamientos irregulares en rápido proceso de expansión y donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como un agua potable saludable, un saneamiento adecuado, el acceso a servicios de salud, una vivienda duradera y segura (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, 2014).

La escasez de agua se define según la ONU como el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha. La escasez de agua es pues un concepto relativo y puede darse bajo cualquier nivel de oferta o demanda de recursos hídricos. La escasez puede ser una construcción social (producto de la opulencia, las expectativas y unas costumbres arraigadas) o consecuencia de la variación en los patrones de la oferta, derivados, por ejemplo, del cambio climático.

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).

De otra parte, el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Colombia, reporta que el 21,5% del territorio nacional corresponde a zonas secas (estas zonas presentan precipitaciones anuales por debajo de los 1500 mm y en épocas de sequía son altamente afectadas), ubicadas en las regiones naturales de Orinoquía, Caribe y Andina, de las cuales 78,9% presenta algún nivel de desertificación derivado principalmente de procesos de erosión y salinización (Contraloría General de la República , s.f pág. 38).

“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. 02).

Se sabe que la demanda de agua implica deterioro y alteración de los ecosistemas si éste no se realiza bajo un enfoque de manejo integral del recurso y principios de sostenibilidad. En Colombia, el deterioro de la calidad y la alteración de la distribución espacial y temporal del

agua no es homogénea; “el 24% del área total del territorio nacional, correspondiente a la cuenca Magdalena – Cauca, aporta el 10.6% de la oferta hídrica del país, soporta el 70% de la población, condiciones que han contribuido a la desregularización del régimen hídrico y al deterioro de la calidad en su conjunto”.

La oferta del recurso hídrico para el abastecimiento de agua potable, está condicionada a la cantidad (medido en términos de caudal) y a la calidad de la fuente (asociada a la presencia de materiales contaminantes) (Contraloría General de la República, s.f pág. 38, pág. 178).

La demanda de agua crece exponencialmente. Sin embargo, la oferta y calidad cada vez es menor, razón por la cual urge la implementación de acciones que permitan mantener un suministro permanente de agua de buena calidad para toda la población y para preservar las funciones de los ecosistemas.

En este sentido, la calidad es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que definen el agua en su estado natural. Para establecer los parámetros que permiten clasificar el agua según su calidad es necesario definir el uso predominante que se le dará a ella (Contraloría General de la República, s.f pág. 38, pág. 178).

“Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso sea necesario”. Por ello, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial conjuntamente con el Ministerio de Protección Social emitieron el Decreto 1575 de 2007 y las resoluciones reglamentarias para establecer los

parámetros que debe cumplir el agua que sea destinada a consumo humano, derogando lo establecido en el decreto 475 de 1998.

2.5 Marco legal

Constitución política de Colombia de 1991, en el art. 79. “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. El deber del Estado es proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Ley 09 de 1979. Se dictan las medidas sanitarias que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias relacionadas con la salud humana; de igual manera se realiza el control de los usos del agua y los sistemas de potabilización de esta (Diario Oficial, 1979).

Ley 142 de 1994. Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento

básico, también la prestación continua e interrumpida del servicio, sin excepción alguna, salvo cuando existan causas de fuerza mayor (Congreso de Colombia , 1994).

Decreto 475 de 1998. Expide las normas técnicas de calidad de agua potable. Entre estas normas se encuentran las organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad de agua potable que deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua (Diario Oficial, 1998).

Decreto 1575 de 2007. Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Resolución 2115 de 2007. Señala las características, los instrumentos básicos y las frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano (Ministerio de la protección social, ministerio ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007).

Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título B “sistemas de acueducto”. Tiene como propósito fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación, y mantenimientos de los sistemas de acueducto que se desarrollen en la república de Colombia con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad, y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título C
“sistemas de potabilización”. Este título está dirigido al desarrollo de estudios y diseños de todos los componentes de un sistema de potabilización de agua, en sus etapas de conceptualización, diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento que se desarrolle en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad, y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Tipo de investigación

El trabajo de investigación en el presente proyecto es de tipo descriptivo, ya que el objetivo es la descripción de las variables técnicas y operativas de un sistema de abastecimiento de agua potable, así como la caracterización fisicoquímica y microbiológica en la fuente de abastecimiento utilizada actualmente.

Además posee un enfoque cuantitativo y cualitativo, al analizar un grupo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que serán interpretados a partir de valores numéricos, desde los cuales será posible un análisis al establecimiento de conclusiones conducentes, es decir poder establecer alternativas de abastecimiento de agua adecuada para el uso y consumo de los habitantes del corregimiento de Buturama, del municipio de Aguachica – Cesar.

La recolección de la información de la investigación se llevó a cabo en cuatro (4) fases:

Fase 1. En el desarrollo de esta etapa se recolectó información primaria, para lo cual se utilizó la técnica de la entrevista y consulta a los habitantes y a la Junta de Acción Comunal del corregimiento. Su objeto fue conocer detalles que ayudaran a la identificación de las fuentes hídricas presentes en la zona, para establecer los puntos a los cuales se les realizara los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de evaluar su estado actual.

Fase II. Comprendió la toma, preservación y transporte de las muestras de agua para su respectivo análisis fisicoquímico y microbiológico, se tendrá en cuenta su correspondiente cuidado para el transporte hacia el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander; Ocaña.

Fase III. En esta fase se realizaron los respectivos cálculos de la oferta y demanda del cuerpo hídrico identificado para encaminarse a la determinación de posibles alternativas de abastecimiento de agua en el corregimiento.

Además, se realizaron los cálculos de los Índices de Calidad del Agua (ICA), índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano (IRABAm), el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) y el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), establecidos en la Resolución 2115 del 2007.

Fase IV. La última etapa abarcó la evaluación de las alternativas de abastecimiento de agua para los habitantes del corregimiento a partir de la identificación de los cuerpos hídricos presentes en la zona, la interpretación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2115 del 2007 y el Decreto 1594 de 1984, así como la calidad de la fuente hídrica de la cual se abastecen actualmente.

3.2 Población

El presente proyecto de investigación se lleva a cabo en la población perteneciente al corregimiento de Buturama, del municipio de Aguachica – Cesar, conformado aproximadamente por 200 habitantes.

3.3 Muestra

La muestra estuvo constituida por 200 habitantes del corregimiento de Buturama. Siendo la muestra equivalente al 100% de la población, debido a que su tamaño contribuyó a la posibilidad de analizar su totalidad.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

En el presente proyecto de investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de información:

3.4.1. Observación directa. Se empleó como técnica de recolección primaria. Para ello se observó y registró el estado en el que se encuentra el sistema de abastecimiento actual (fuente hídrica de abastecimiento, visualización de la zona, tanque de almacenamiento, etc.), así como también el uso que se le da al agua en el corregimiento de Buturama.

3.4.2. Consultas a los pobladores del corregimiento. Utilizada para conocer la problemática de la comunidad en lo referente al acceso al agua potable y su distribución poblacional. Gracias al conocimiento que tienen los habitantes del corregimiento también permitieron acceder a la información relacionada a fuentes hídricas que podrían ser alternativas de solución.

3.4.3. Consulta de fuentes secundarias. Corresponde a las fuentes bibliográficas, estudios, artículos especializados y tesis relacionadas con la temática del presente proyecto, que ayudaron a la realización del mismo.

3.4.4. Trabajo de campo. El trabajo de campo se dividió en dos (2) etapas que consistieron en la georreferenciación y la toma de muestras de cada uno de los puntos seleccionados en el corregimiento de Buturama, para luego ser analizados.

Etapas de georreferenciación: Esta etapa comprendió la toma de las coordenadas para la ubicación geográfica de la fuente hídrica seleccionada en el corregimiento de Buturama, así como también se establecieron los puntos de muestreo y se tomaron sus respectivas coordenadas. Utilizando como herramienta un GPS.

Etapas de muestreo: para la determinación de la calidad del agua que abastece al corregimiento, se tomaron tres puntos, tal como se indica en la Figura 1. El primer punto se tomó en el lugar de la captación del agua (pozo perforado) con el fin de analizar la calidad de la fuente hídrica, el segundo punto fue tomado en el tanque de almacenamiento y el tercer punto

correspondió a una vivienda seleccionada al azar perteneciente al corregimiento de Buturama; estos últimos con el fin de evaluar la calidad de agua de consumo humano en dicha población.

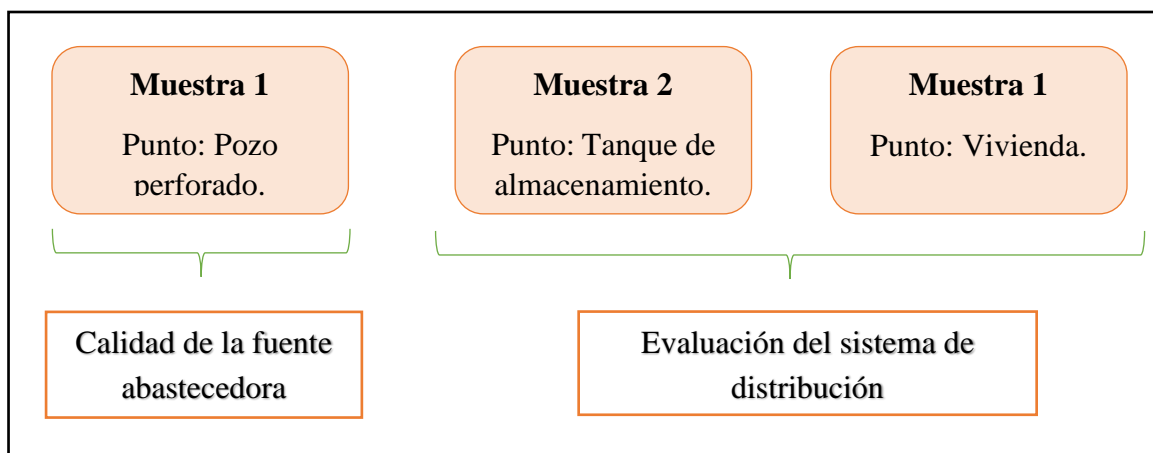


Figura 1. Puntos de muestreo utilizados para la determinación de la calidad de agua que abastece al corregimiento de Buturama.

Fuente. Autor del proyecto.

Además de la fuente actual de abastecimiento, se muestreo una fuente hídrica adicional que se encontró en el corregimiento (la quebrada Buturama), con el objetivo de recolectar datos que permitieran realizar evaluación de alternativas de abastecimiento de agua para la población. Por lo tanto, la técnica que se llevó a cabo al momento de realizar el muestreo fue manual, con muestras de tipo puntual.

Para la identificación de las muestras, se usó un rotulo que proporcione la información necesaria acerca de la muestra de agua que se quiso analizar. La figura 2 muestra la etiqueta que fue empleada.

ROTULO PARA MUESTRA DE AGUA	
Fecha:	Hora:
Lugar:	
Punto de muestra:	
Tipo de muestra:	
Tipo de agua:	
Solicitante:	

Figura 2. Rotulo utilizado para identificar las muestras tomadas de las diferentes fuentes hídricas utilizadas en el siguiente proyecto de investigación.

Fuente. Autor del proyecto.

El proceso de la toma de muestras se realizó teniendo en cuenta las técnicas de muestreo establecidas en la Norma Técnica ISO – 5667-1, ISO – 5667-3, buscando el adecuado manejo y conservación de éstas.

Los recipientes utilizados para los análisis microbiológicos, fueron esterilizados por ServiAnalitica Profesional SAS, laboratorio que se encargó de realizar dichos análisis. Con el fin de garantizar la recolección de cantidad suficiente de agua para el estudio de los análisis fisicoquímicos la capacidad de los recipientes fue de 1.5 litros.

La toma de muestras se realizó el día anterior a la fecha establecida por el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, siendo el 06 de septiembre del 2017 en horas de la mañana, el día en que se realizaron los análisis. Para preservar las muestras, éstas se mantuvieron refrigeradas en una cava para luego ser entregadas al laboratorio.

3.4.5. Determinación experimental de los parámetros fisicoquímicos y

Microbiológicos. El estudio de los parámetros fisicoquímicos se realizó en el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Los parámetros microbiológicos

correspondientes a coliformes totales y coliformes fecales se realizaron en el laboratorio de ensayos y análisis técnicos ServiAnalítica Profesional SAS ubicado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander y los parámetros microbiológicos como se realizaron en el laboratorio de biología de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Los parámetros analizados en los respectivos laboratorios fueron: potencial de hidrogeno (pH), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO)₅, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, nitratos, nitritos, turbiedad, cloro residual, dureza, alcalinidad, color, conductividad, oxígeno disuelto, *E. Coli*, coliformes totales y coliformes fecales; 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 fueron comparados con la Resolución 2115/2007 para los valores máximos permisibles, con el Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título C y con el Decreto 1594/1984 en cuanto a los valores permitidos para aguas sin ningún tipo de tratamiento.

Para el cálculo de la demanda y oferta, se tuvo en cuenta la muestra del proyecto de investigación.

La determinación de los Índices de Calidad del Agua (ICA) se realizó mediante el cálculo de los siguientes índices: índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de

contaminación por materia orgánica (ICOMO) e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

3.5. Procesamiento y análisis de la información

La interpretación y análisis de la información recolectada se basó en los siguientes índices de calidad:

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI). Integra la conductividad, dureza y alcalinidad.

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

Dónde:

- Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tienen un índice de conductividad = 1
- Durezas mayores a 110 mg/L, tienen un índice = 1
- Durezas menores a 30 mg/L, tienen un índice = 0
- Alcalinidades mayores a 250 mg/L, un índice de 1
- Alcalinidades menores a 50 mg/L, tienen un índice de 0

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). Se obtiene a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno (%).

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo de agua.

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{coliformes} + I_{oxigeno \%})$$

Dónde:

- DBO > 30 (mg/L) = 1
- DBO < 2 (mg/L) = 0
- Coliformes totales > 20.000 (NMP/100ml) = 1
- Coliformes totales < 500 (NMP/100ml) = 0
- Oxígenos mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Este índice trabaja con la concentración de solidos suspendidos que se definen como partículas sólidas orgánicas e inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ solidos suspendidos (mg/L)}$$

Dónde:


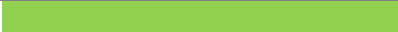



Solidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen un ICOSUS igual a 1.

Solido suspendido menor a 10 mg/L tiene un ICOSUS igual a 0.

De acuerdo a los resultados de los índices anteriores se determinó el grado de contaminación y se comparó con los siguientes rangos:

Tabla 5.

Significancia de los índices de contaminación ICOs.

Rango ICO	Grado de contaminación	Escala de color
0 - 2	Ninguno	
> 0.2 - 4	Bajo	
> 0.4 - 0.6	Medio	
> 0.6 - 0.8	Alto	
> 0.8 - 1	Muy alto	

Fuente: (Universidad de Pamplona)

Para evaluar la calidad del agua que consumen los habitantes del corregimiento de Buturama, así como para evaluar fuentes de alternativas de abastecimiento, se realizó el cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) para consumo humano. Para la asignación de los puntajes de riesgo (Tabla 6), cada parámetro fue comparado con los niveles máximos aceptables encontrados en la Resolución 2115 del 2007. Posteriormente se calculó el IRCA, aplicando la siguiente fórmula:

IRCA por muestra:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}} * 100$$

Tabla 6

Puntaje de riesgo para los parámetros evaluados.

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad	1

Dureza Total	1
Nitratos	1
Nitritos	3

Capítulo 4. Aspectos generales del área de estudio

4.1. Localización

El corregimiento de Buturama está ubicado aproximadamente en el kilómetro trece (13) de la vía que conduce del municipio de Aguachica al Corregimiento de Puerto Mosquito (perteneciente al municipio de Gamarra) en el departamento del Cesar. Este Corregimiento pertenece al área de suelo suburbano de vivienda según el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Aguachica, puesto que estas áreas están ubicadas dentro del suelo rural y son las que combinan los usos de las tierras y las formas de vida en el campo y el municipio. (Plan de Ordenamiento Territorial Aguachica, 2001 - 2010 pág., 63).

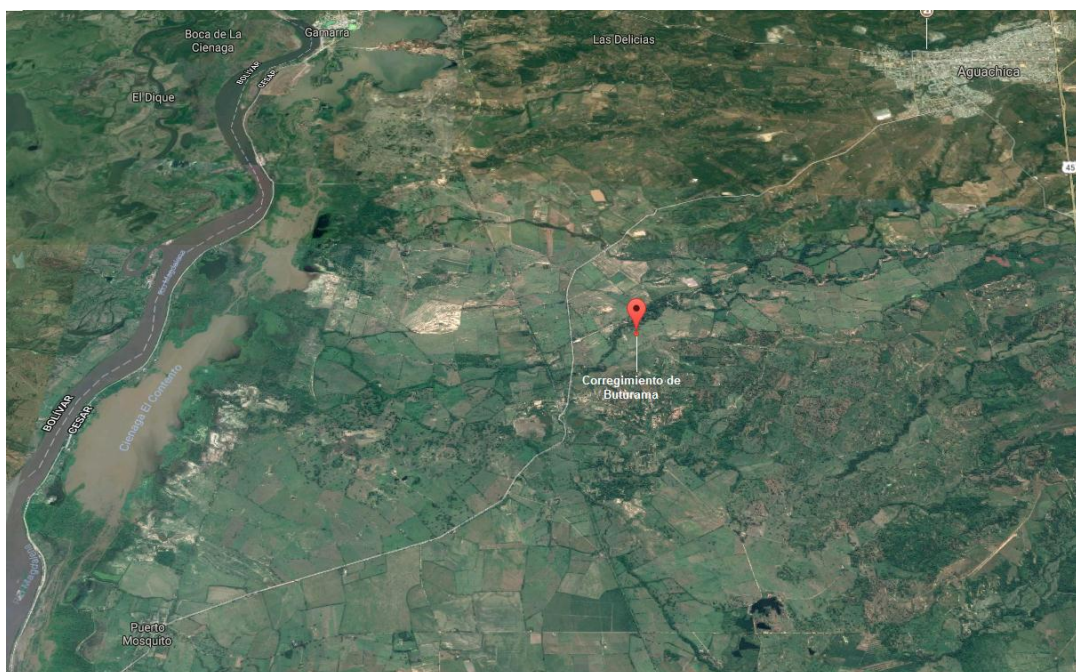


Figura 3. Ubicación del corregimiento de Buturama con la herramienta Google Maps.
Fuente. Autor del proyecto.

Está conformado por 50 viviendas, incluyendo 4 fincas, la capilla, el puesto de salud, la escuela donde los niños reciben educación básica primaria y una pista de Coalcesar Ltda. (Ubicada aproximadamente a 800 m del corregimiento, donde el agua tiene un uso doméstico ya que dicha infraestructura no funciona comercialmente). También cuentan con su respectiva Junta de Acción Comunal, conformada por habitantes de dicho corregimiento, quienes se encargan de solucionar los problemas más sentidos de la comunidad.

4.2 Presentación de resultados

4.2.1 Identificar fuentes hídricas presentes en el corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar. Se pudo establecer que en el corregimiento de Buturama se encuentran presentes como fuentes hídricas la quebrada de Buturama y pozos anillados por los propietarios de varios predios que no son utilizados como fuentes actuales de abastecimiento para todo el corregimiento sino para uso de cada predio que lo tiene. Así como tampoco la quebrada Buturama es utilizada para abastecer de agua para consumo humano, ya que ésta solo representa un pequeño tramo en el corregimiento de su recorrido total, además de que no se cuenta con la infraestructura adecuada (sistema de distribución y tratamiento) para utilizarla como fuente abastecedora.

De las fuentes identificadas, dos fueron seleccionadas para ser evaluadas en la siguiente fase de la investigación, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Fuentes hídricas del corregimiento de Buturama.

Fuente hídrica	Nombre	Latitud	longitud
1	Pozo perforado	8°13'40.5" N	73°41'45.5" O
	Tanque de almacenamiento	8°13'41.2" N	73°42'46.7" O
	Vivienda	8°15'44.3 N	73°45'48.5" O
2	Quebrada Buturama	8°13'59.4" N	73°41'37.5" O

Fuente. Autor del proyecto.

La fuente de la cual se abastecen actualmente los habitantes del corregimiento de Buturama fue una de las fuentes hídricas escogidas. La otra fuente localizada fue la quebrada Buturama ya que es la única corriente hídrica disponible que pasa por el corregimiento.

La escogencia de estas fuentes tuvo como objeto el análisis de agua con diferentes características a saber:

Depósito subterráneo (pozo perforado de 81 metros). Realizado con ayuda de máquinas. Consta de un tubo perforado con extremo puntiagudo y diámetro pequeño, además de tener una bomba sumergible de 2 pulgadas.

Agua en movimiento. La quebrada Buturama es la fuente abastecedora de agua más importante del municipio de Aguachica. Físicamente se integra a la Gran Cuenca hidrográfica del río Magdalena, desde su nacimiento partir de los 2000 msnm en el Alto del Oso en el municipio de Otaré, hasta su desembocadura a los 40 msnm en la ciénaga El Contenido del municipio de Gamarra, cuenta con una longitud total de 50,6 Km, extensión de 40 000 Ha, pendiente media total de 44,5m/Km, densidad de drenaje de 110m/km², caudal mínimo de 0,18 m³/s y caudal máximo de 1,3 m³/s, (CORPOCESAR, Proyecto de Reforestación 2000). Esta

fuelle fue seleccionada porque atraviesa una parte del corregimiento y en ciertas ocasiones es utilizada para actividades agrícolas como el riego e hidratación de animales. Así como también es utilizada para uso recreativo.

4.2.2 Evaluar la oferta y demanda de los cuerpos hídricos presentes en el corregimiento de Buturama del municipio de Aguachica, Cesar. Teniendo en cuenta que las fuentes hídricas en el presente proyecto de investigación presentan características diferentes (agua en movimiento y agua subterránea), no fue posible emplear un método común de medición de caudal para todas ellas. Por ejemplo, la medición del caudal del agua subterránea requería de la utilización de una bomba cuyos parámetros de operación hubiesen afectado el valor del caudal determinado; en otras palabras, el caudal determinado no hubiese sido natural. Mientras que la fuente hídrica (Quebrada Buturama) sólo hubiese requerido para determinación de su caudal natural el método de velocidad/área. Adicionalmente, por razones relacionadas con impedimentos metodológicos, no pudo medirse el caudal en la fuente 1 (falta de llaves para la toma de muestras, y de bombas sumergibles o de succión, etc.).

Dadas estas circunstancias, se decidió no realizar la determinación del caudal de las fuentes hídricas analizadas en esta investigación lo cual, a su vez, no permitió el cálculo de la oferta hídrica de éstas. No obstante el cálculo de la demanda de agua de la población del corregimiento de Buturama se presenta en esta sección dado que constituye información valiosa a la hora de caracterizar las necesidades de la comunidad para, a futuro, ofrecer soluciones viables a su problema de abastecimiento de agua potable.

Para el cálculo de la demanda media residencial (Q_{md}) se tomó en cuenta el número total de pobladores del corregimiento y las recomendaciones del RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) en lo referente a la demanda bruta de acuerdo a la complejidad del sistema.

Para determinar el nivel de complejidad del sistema, se tuvo en cuenta lo anunciado en el numeral 3.2 del RAS 2000 y el censo total de los habitantes del corregimiento; dando como resultado una capacidad de almacenamiento de 1000 litros por vivienda y un total de 200000 litros para todo el corregimiento.

Comparando los datos con las sugerencias del RAS 2000, el nivel de complejidad del sistema corresponde a nivel Bajo y para este caso la dotación neta mínima residencial tiene un valor de 100 L/Hab*Día. Sin embargo, el RAS 2000 permite correcciones en la dotación neta residencial por efectos del clima, donde se puede incrementar los valores de ésta. Teniendo en cuenta que el clima de la zona donde se encuentra ubicado el corregimiento de Buturama es cálido, con una temperatura promedio mayor a 28°C, la corrección de la dotación neta mínima sería del 15%.

Según el RAS 2000, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada, la demanda media residencial puede calcularse de la siguiente manera:

$$Q_{md} = \frac{Ps * d_{bruta}}{86.400}$$

Dónde:

Qmd = Demanda media residencial en litros/segundos (L/s)

Ps = Población servida (habitantes)

$dbruta$ = Dotación bruta en litros por habitante por día (L – H – D)

Entonces la demanda media residencial en este caso es:

$$Qmd = \frac{200 \text{ hab} * 115 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{dia}}}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{dia}}}$$

$$Qmd = 0.2662 \text{ L/seg}$$

Siendo así que en el corregimiento de Buturama sería necesaria la entrega diaria de 23000 litros de agua, a fin de garantizar la demanda media residencial del recurso hídrico a los pobladores de esta área rural.

De acuerdo a los resultados obtenidos puede concluirse que, en términos de abastecimiento, el concepto de equidad no se cumple en el corregimiento de Buturama en lo referente al acceso al agua potable. Ya que la cantidad de agua demandada es mayor a la cantidad que actualmente es abastecida.

4.2.3 Evaluar los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y los Índices de Calidad del Agua Potable, para determinar el nivel de riesgo y la calidad del agua en el sistema de abastecimiento del corregimiento de Buturama. Tal como está consignado en la sección 3.4.5, los parámetros fisicoquímicos evaluados en la presente investigación fueron:

potencial de hidrogeno (pH), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), solidos suspendidos, solidos disueltos, nitratos, nitritos, turbiedad, cloro residual, dureza, alcalinidad, color, conductividad y oxígeno disuelto. En el caso de los parámetros microbiológicos, fueron determinados *E. Coli*, *Salmonella*, coliformes totales y coliformes fecales.

Conductividad, Alcalinidad y Dureza Total.

Tabla 9

Conductividad, Alcalinidad y Dureza Total de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Valor max. aceptable	Alcalinidad mg/L CaCO ₃	Valor máx. aceptable	Dureza mg/L CaCO ₃	Valor máx. aceptable
1	302	Res.	175	Res.	100	Res.
2	347	2115/2007	175	2115/2007	110	2115/2007
3	312	1000 $\mu\text{S/cm}$	160	200 mg/L	110	300 mg/L
4	606		150		130	

Fuente. Autor del proyecto

Tal como se observa en la tabla 9, los resultados de conductividad demostraron que la fuente que abastece actualmente al corregimiento de Buturama (fuente hídrica 1), el tanque de almacenamiento (fuente hídrica 2), la vivienda (fuente hídrica 3) y la fuente hídrica adicional (fuente hídrica 4) seleccionadas durante la investigación se encuentran por debajo del valor máximo permitido según la Resolución 2115 del 2007 (1000 $\mu\text{S/cm}$). La conductividad de una solución acuosa es una medida de su capacidad para conducir la corriente eléctrica a 25°C; este parámetro está asociado al contenido de sales disueltas en el agua (IICA, s.f pág. 79).

Adicionalmente, en muchos casos la conductividad está directamente vinculada a la cantidad de sólidos totales disueltos. Es decir, los resultados de conductividad parecen indicar que la

quebrada buturama (fuente hídrica 4) posee una mayor cantidad de iones y/o sólidos disueltos que las demás fuentes hídricas analizadas. La fuente hídrica actual de abastecimiento (pozo perforado – fuente hídrica 1), el tanque de almacenamiento (fuente hídrica 2) y la vivienda (fuente hídrica 3) presentan valores de conductividad similares. No obstante las diferencias, con base en este parámetro, todas las fuentes seleccionadas y evaluadas podrían ser eventualmente utilizadas para consumo humano sin ningún tratamiento previo, dado que presentan un contenido de sales disueltas y/o sólidos totales disueltos adecuados según la normativa vigente.

En el caso de la alcalinidad, se puede observar en la Tabla 9 que los valores determinados se encuentran dentro de los valores permitidos por la Resolución 2115 de 2007 (< 200 mg/L). Todas las fuentes hídricas presentan valores significativos y similares, donde las fuentes hídricas 1 y 2 presentan el mismo valor. La alcalinidad se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Dado que en aguas superficiales este parámetro es primariamente una función del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, su valor se toma como un indicador de dichas especies iónicas. Sin embargo, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a los valores de alcalinidad (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2005). Además de ser el principal sistema amortiguador del agua dulce, la alcalinidad también desempeña un rol fundamental en la productividad de cuerpos de agua naturales, dado que sirve como una fuente de reserva para la fotosíntesis. De hecho, históricamente este parámetro ha sido utilizado como un indicador de productividad, donde niveles altos de alcalinidad reflejarían una productividad alta y viceversa (Recinto Universitario de Mayagüez, s.f). Con base en los valores obtenidos

podría concluirse que todas las fuentes hídricas poseen alcalinidad alta, haciéndolas totalmente productivas.

Finalmente, al analizar los valores de dureza obtenidos (tabla 9) al igual que los anteriores resultados, todas las fuentes hídricas cumplen con el rango de valores permitidos según la legislación vigente (Resolución 2115 de 2007: 300mg/L). La dureza, uno de los parámetros significativos de la calidad del agua, es causada por iones metálicos divalentes que pueden reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2007). Con base en la concentración de carbonatos presentes, puede concluirse que todas las fuentes hídricas seleccionadas están clasificadas como aguas medias, las cuales son tan satisfactorias para consumo humano como las aguas blandas desde el punto de vista sanitario (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2007).

Color aparente.

Tabla 10
Color aparente de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado UPtCo	Valor máximo aceptable
1	1,0	Res. 2115/2007 15 UPtCo
2	4,0	
3	4,0	
4	70	

Fuente. Autor del proyecto.

De acuerdo a los valores observados en la tabla 10, las fuentes hídricas 1, 2 y 3 (fuente actual de abastecimiento, tanque de almacenamiento y vivienda, respectivamente) se encuentran

por debajo del valor máximo permisible según la resolución 2115 de 2007, esto sin haber recibido ningún tratamiento. En el caso de la fuente 4 (quebrada Buturama), de acuerdo con el artículo 38 del Decreto 1594 de 1984 (color: 75 UPtCo), sería necesario solamente un tratamiento convencional para garantizar la potabilización del agua, teniendo en cuenta esta característica únicamente.

En ambos casos, luego del proceso adecuado, el recurso podría ser destinado para consumo humano y doméstico.

Turbiedad

Tabla 11
Turbiedad de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado NTU	Valor máximo aceptable
1	2,9	Res. 2115/2007 2 NTU
2	2,4	
3	3,1	
4	7,0	

Fuente. Autor del proyecto.

Puede observarse en la tabla 11 que todas las fuentes hídricas poseen valores de turbiedad que sobrepasan el valor más alto permitido.

Aunque conservan los valores de esta característica física admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y domestico según el Decreto 1594 de 1984, requiriendo únicamente un proceso de desinfección para garantizar su potabilización.

Oxígeno disuelto.

Tabla 12
Oxígeno disuelto de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado mg/L	Valor máximo aceptable
1	4,7	
2	8,8	Dec. 1594/1984 5,0 mg/L
3	4,0	RAS 2000 Título C
4	7,6	4,0 mg/L

Fuente. Autor del proyecto.

En la tabla 12, que presenta los resultados para oxígeno disuelto las fuentes hídricas 2 y 4 sobrepasan el rango de valores aceptables según el Decreto 1594 de 1984 que rige para Aguas crudas, que tiene como valor máximo permisible 5,0 mg/L, mientras que la fuente hídrica 1 cumple con dicho valor para oxígeno disuelto. La fuente hídrica 3 según el Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, da cumplimiento con el valor máximo aceptado para considerarse un agua aceptable según este parámetro, donde un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad de agua.

Potencial de Hidrogeno – pH.

Tabla 13
pH de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado pH	Rango de valores permitidos
1	6,7	
2	6,7	Dec. 1594/1984 4,5 – 9,0
3	6,9	Res. 2115/2007
4	6,9	6,5 – 9,0

Fuente. Autor del proyecto.

El pH indica la acidez o alcalinidad en una solución, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno. Según puede observarse en la Tabla 13, las cuatro fuentes hídricas analizadas se encuentran en un rango de pH entre 6.7 y 6.9, es decir, valores neutros a ligeramente básicos.

Todos los valores de pH medidos cumplen con los valores permisibles tanto del Decreto 1594 de 1984 para Aguas Crudas como de la Resolución 2115 de 2007 que señala los sistemas de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Cloro Residual Libre

Tabla 14
Cloro residual libre de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado mg/L	Valor máximo aceptable
1	0,03	Res. 2115/2007 0,3 – 2,0 mg/L
2	0,02	
3	0,03	
4	0,17	

Fuente. Autor del proyecto.

En la tabla 14 se observa, que ninguna de las fuentes hídricas cumple con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007 en cuanto al valor de cantidad de cloro en el agua.

La explicación más acertada para los resultados obtenidos es que estas fuentes no han recibido ninguna clase de tratamiento de potabilización, lo que podría conllevar a la actividad de microorganismos.

Nitratos y nitritos.

Tabla 15

Nitratos y nitritos de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Nitratos mg/L	Valor máximo aceptable	Nitritos mg/L	Valor máximo aceptable
1	4	Res. 2115/2007 10 mg/L	0,02	Res. 2115/2007 0,1 mg/L
2	4		0	
3	2,6		0,02	
4	3,1		0,01	

Fuente. Autor del proyecto.

Los resultados obtenidos para nitratos en todas las fuentes hídricas, cumplen con el valor permisible según la Resolución 2115 de 2007. En la fuente 2 no se encontró presencia de nitritos. Para las fuentes 1, 3 y 4 la concentración de nitritos es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas por causa de contaminación de carácter fecal reciente.

Coliformes totales y E. coli.

Tabla 16

Coliformes totales de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Coliformes totales UFC/ml	Valor máximo aceptable
2	27000	Res. 2115/2007 0 UFC/100ml

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 17 E.

coli de las muestras analizadas.

Fuente hídrica	Resultado	Valor máximo aceptable
1	Ausencia	Res. 2115/2007 Ausencia/100 ml
2	Ausencia	
3	Ausencia	
4	Ausencia	

Fuente. Autor del proyecto.

En la tabla 16 puede observarse los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos coliformes totales para la fuente hídrica 2, correspondiente al tanque de almacenamiento encargado actualmente de distribuir el agua para consumo humano. Superando los valores permisibles según la normativa vigente, lo que indica que existe un elevado grado de contaminación microbiológica por parte de este parámetro. Esto podría deberse al hecho de que el pozo perforado que abastece al tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en terrenos donde pastorea el ganado, lo cual podría constituir un foco de contaminación.

Observando los valores obtenidos en la tabla 17 para la *E. coli*, ninguna de las fuentes hídricas presenta este tipo de microorganismo.

Por otra parte, teniendo en cuenta el Decreto 1594 de 1984 referente a Agua Cruda, si la destinación del recurso es para consumo humano y doméstico, los valores permisibles de Coliformes Totales y *E. coli* son 200 microorganismos/ml y 20 microorganismos/ml respectivamente. En este caso, la sugerencia para su potabilización es la realización de un tratamiento convencional.

4.2.4 Establecer alternativas de mejora en el abastecimiento y tratamiento del agua, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes. En las siguientes tablas se presentan los cálculos de los índices de contaminación (ICOs) en la fuente hídrica 1 (pozo perforado) y la fuente hídrica 4 (Quebrada Buturama) y el índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA) en las fuentes 2 (tanque de almacenamiento) y 3 (vivienda).

Índices de contaminación. El índice de contaminación por minerales (ICOMI) integra los siguientes parámetros: conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, dureza por recoger los cationes de calcio y magnesio y la alcalinidad por relacionarse con los aniones de carbonatos y bicarbonatos (Diana P. Torres S., 2008). Teniendo en cuenta que este es un índice que relaciona tres parámetros fundamentales como lo son la conductividad, la dureza y la alcalinidad al obtener un valor de índice bajo (cerca a cero) se podría pensar en el mismo sentido en valores reducidos para los parámetros analizando de esta manera un bajo contenido de sales de magnesio y calcio que son responsables de un incremento de la dureza en un determinado cuerpo de agua. También es importante anotar que para que el fenómeno de mineralización en aguas está ampliamente ligado a la capacidad del cuerpo de agua que se estudia de disolver tanto cationes como aniones y esto se puede ver reflejado en la cantidad de sólidos disueltos que se pueden presentar y que incrementa o disminuye con la variación misma del resultado final del índice de contaminación (Juan S. Cañas Arias , s.f).

En la tabla 18 puede observarse que el ICOMI de la fuente 1, correspondiente al pozo perforado que abastece actualmente de agua para consumo humano al corregimiento, presenta un grado de contaminación alto; mientras que la fuente hídrica 4 se encuentra en un rango de contaminación muy alto.

Tabla 18
Índice de contaminación por minerales (ICOMI).

INDICE DE CONTAMINACION POR MINERALES (ICOMI)								
Fuente	Conductividad (μ S/cm)	IC	Dureza (mg/l)	ID	Alcalinidad (mg/l)	IA	ICOMI	Contaminación de la fuente
1	302	1	100	0.513	175	0.625	0.713	Alto
4	606	1	130	1	150	0.5	0.833	Muy Alto

Fuente. Autor del proyecto.

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Éstos en su conjunto recogen efectos distintos de contaminación orgánica, sin estar los unos correlacionados con los otros (Diana P. Torres S., 2008).

Por impedimentos económicos solo fue posible hallar este índice en la fuente hídrica 2 (tanque de almacenamiento).

Tabla 19
Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

INDICE DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA (ICOMO)								
Fuente	DBO (mg/l)	IDBO	COT (UFC/100ml)	ICOT	OD%	IO%	ICOMO	Contaminación de la fuente
1	210	1			0,0004	0,999		
2	15	0,773	27000	1	0,0008	0,999	0,924	Muy Alta
3	45	1			0,0004	0,999		
4	184	1			0,0007	0,999		

Fuente. Autor del proyecto.

En el resultado obtenido para el ICOMO (tabla 19) se hace evidente una fuerte carga de materia orgánica en la fuente hídrica 2, ya que presenta un valor de 0,924, lo que al ser cercano a 1, representa un alto grado de contaminación ya que cuando se incrementan los valores de coliformes totales que se empleó para determinar el índice de contaminación se observa un valor radicalmente alto de 27.000 UFC/100ml cuando el máximo permitido es de 0 UFC/100ml lo cual podría representar un alto riesgo para la salud de los usuarios o simplemente de las personas que estén en contacto con el agua después de este punto ya que como se sabe el grupo coliformes esta principalmente conformado por bacterias nocivas.

De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo del ICOMO, se debe prestar especial atención a la cantidad de materia orgánica encontrada en la fuente hídrica analizada, puesto que esto podría generar enfermedades a la comunidad

Tabla 20
Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

INDICE DE CONTAMINACION POR SOLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)			
Fuente	SS (mg/l)	ICOMO	Contaminación de la fuente
1	80	0.022	Ninguna
4	90	0.007	Ninguna

Fuente. Autor del proyecto.

En el índice ICOSUS se trabaja únicamente con un parámetro que es como su nombre lo indica la cantidad de sólidos suspendidos, estos pueden ser de origen industrial o doméstico (Boulton A.J. y Lake P. S., 1990).

En la tabla 20 se puede observar que ninguna de las fuentes hídricas analizadas en esta investigación presenta ninguna contaminación por sólidos suspendidos.

Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano.

La tabla 21 muestra que las fuentes hídricas 2 y 3, correspondientes al tanque de almacenamiento y a la vivienda; según los cálculos del IRCA y lo establecido en la Resolución 2115 de 2007 se encuentran en un rango de riesgo alto, lo que representa un grado de contaminación considerable para los habitantes del corregimiento de Buturama.

Tabla 21
 Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA)

INDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO				
P. de riesgo	Parámetro	Valor max. permisible	Fuente hídrica	
			2	3
6	Color	15 UPC	0	0
15	Turbiedad	2 UNT	15	15
15	Cloro	0,3 – 2 mg/l	15	15
3	Nitritos	0,1 mg/L	0	0
1	Nitratos	10 mg/L	0	0
1.5	pH	6,5 – 9,0	0	0
1	Alcalinidad	200 mg/L CaCO ₃	0	0
1	Dureza	300 mg/L CaCO ₃	0	0
15	Coliformes Totales	0 UFC/100 ml	15	-
25	<i>E. coli</i>	0 UFC/100 ml	0	0
∑ 83.5	Puntaje de riesgo características NO aceptadas		45	30
IRCA			53.9 %	35.9%
NIVEL DE RIESGO			Alto	Alto

Fuente. Autor del proyecto.

Para controlar la presencia de los metales pesados que tiene el agua, se podría utilizar un tratamiento de aireación con el cual se lograría agitar dichos metales y decantarlos, mientras que para la presencia de microorganismos patógenos en el agua (los cuales en la mayoría de veces generan problemas en la salud a la población servida), se haría necesaria la desinfección como paso final del tratamiento convencional; utilizando un sistema de bomba dosificadora de cloro por inyección directamente en la tubería de impulsión, ya que ésta inactiva o elimina los organismos que causan enfermedades, para controlar así, de esta forma los organismos indicadores de contaminación por materia orgánica como lo son las bacterias, los coliformes totales y fecales.

El cloro gas a presión normal es muy efectivo para remover casi todos los patógenos microbianos y apropiado para desinfección en plantas de tratamiento, tanto como para la desinfección secundaria, en la red de distribución. El cloro gas se distribuye en forma de líquido a presión en tanques y es inyectado en el agua a través de un orificio de Venturi, para que el cloro pase rápidamente al agua y se mezcle. Se requiere un tiempo de contacto entre el cloro y el agua para asegurar la desinfección y controlar al mismo tiempo el pH del agua (Maria T. Leal A., s.f. Pág. 63, 66.).

5. Conclusiones

El corregimiento de Buturama cuenta con una fuente hídrica que la abastece actualmente la cual, a pesar de no recibir ningún tipo de tratamiento, no presenta ninguna clase de índice de riesgo en términos de calidad del agua para consumo humano al ser evaluada desde los parámetros: color, turbiedad, cloro residual, nitritos, nitratos, pH, alcalinidad, dureza total, coliformes totales y *E. coli*. Ya que en épocas de verano dicha fuente no logra abastecer diariamente a la población del corregimiento, se hace necesario brindar otro tipo de alternativas de abastecimiento del recurso hídrico. Ante la necesidad, los habitantes y propietarios de algunas fincas que lo conforman han decidido empezar a construir pozos artesanales para abastecerse. Por esta razón, la presente investigación se enfocó en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la fuente hídrica representativa de la zona, así como de la evaluación de su índice de riesgo, buscando ofrecer soluciones adecuadas al problema de desabastecimiento.

También se identificó a la quebrada Buturama como fuente hídrica presente en el corregimiento, pero que no es tomada como una alternativa de abastecimiento ya que sería necesario implementar un sistema de tratamiento y distribución, siendo económicamente no viable. Además, en tiempo de sequía su caudal se ve seriamente reducido.

En términos de demanda hídrica, pudo establecerse que en el corregimiento de Buturama es necesaria la entrega de 23000 litros de agua al día, a fin de garantizar su demanda media residencial. Al igual, con base en la información obtenida acerca de la capacidad de almacenamiento de agua de las viviendas que componen el corregimiento, se pudo concluir que no hay equidad en lo referente al acceso a agua potable, dado que hay diferencias significativas

en los días de abastecimiento. Siendo evidente que se hace necesario establecer alternativas que garanticen la calidad del recurso, la disponibilidad y su asequibilidad.

Desde el punto de vista de calidad física y microbiológica y la determinación de los índices de riesgo, la presente investigación arrojó que las fuentes hídricas estudiadas tienen un índice de riesgo alto, por lo que la fuente actual de abastecimiento debe ser sometida a un tratamiento convencional de potabilización. Específicamente para este pozo perforado, un tratamiento de aireación seguido de una desinfección con cloro podría ser suficiente para garantizar su calidad para consumo humano.

6. Recomendaciones

Para la fuente de abastecimiento actual se recomienda diseñar un sistema de tratamiento convencional, que permita garantizar un estado óptimo en la calidad del agua para el consumo de la población.

Además, es recomendable que se aborde la exploración de aguas subterráneas con el fin de solventar el futuro problema de desabastecimiento, así como también se recomienda que mediante la Junta de Acción Comunal del corregimiento de Buturama se gestione la inversión de recursos para proyectos de desarrollo comunal con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Referencias

- Ada Barrenechea Martel. (s.f pág. 4). *Capítulo 1: Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>
- Boulton A.J. y Lake P. S. (1990). *The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. I Multivariate analyses of physicochemical feature*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10901/1/articulo%20final.pdf>
- A. Ramírez, R. Restrepo y G. Viña. (s.f). *Cuatro Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831997000100009
- Congreso de Colombia . (11 de Julio de 1994). *Ley 142 de 1994* . Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/ley-142-de-1994.pdf>
- Contraloría General de la República . (s.f pág. 38). *La calidad del agua para consumo humano en Colombia* . Recuperado el 16 de Septiembre de 2016, de Estado de los recursos naturales y del ambiente: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recursos_naturales_y_del_ambiente.pdf
- Corporación Autónoma Regional de Nariño. (s.f pág. 107). *Ordenamiento del recurso hídrico quebrada Miraflores*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2016, de <http://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf>
- Corporacion Autónoma Regional del Cesar, Universidad Nacional de Colombia. (2007). *Estudio de la Caracterización Biológica y Ecológica Integral, Fase I: Diagnóstico, Evaluación y*

Planificación del Proceso de Recuperación, Protección y Conservación del Bosque Natural del Aguil y Fase II: Formulación del Área Protectora, Aguachica - Cesa.

Recuperado el 26 de Diciembre de 2016, de

<https://www.corpocesar.gov.co/files/Informe%20Final-Final%20del%20Aguil%202.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Quindío. (Diciembre de 2011 pág. 5). *Oferta, demanda hídrica e índice de escasez de las unidades de manejo de cuenca del departamento del Quindío.* Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de

<https://www.crq.gov.co/Documentos/POLITICAS%20AMBIENTALES/Balanceshidricos2011.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Tolima . (2004). *Metodología del cálculo del índice de escasez.* Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de

https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_resoluciones/Rs_0865_Metodolog%C3%ADa_anexo%20.pdf

Cuadros, M. O. (2012). *Caracterización fisicoquímica y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja.* Recuperado el 14 de Septiembre de 2016, de

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6919/2/145296.pdf>

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. (07 de Febrero de 2014).

ONU - DAES. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

Diana P. Torres S. (15 de Septiembre de 2008). *Diagnóstico de la calidad del agua de la Microcuenca Sancotea.* Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de Ingeniería Ambiental, Universidad Libre:

<http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista7/articulos/Diagnostico-de-la-calidad-del-agua-de-la-microcuenca-Sancotea.pdf>

Diario Oficial . (24 de Enero de 1979). *Ley 9 de 1979*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html

Diario Oficial . (16 de Marzo de 1998). *Decreto 475 de 1998*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>

Fundación Agua y Paz. (Noviembre de 2013). *Calidad del agua de los rios de Santiago de Cali en su cuenca urbana ICA - IDEAM*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XUquVPT8I9EJ:www.cali.gov.co/descargar.php%3FidFile%3D7728+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

Guarin, M. A. (2010). *Estandarización del proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de San Vicente de Chucuri* . Recuperado el 02 de Octubre de 2016, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6620/2/133821.pdf>

IICA. (s.f. pág. 79). *Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales* . Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de <http://repiica.iica.int/docs/B0287e/B0287e.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (04 de Octubre de 2007). *Dureza Total en el agua con EDTA por volumetría*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (s.f). *Estudio Nacional del Agua* . Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (01 de Abril de 2005). *Determinación de alcalinidad por potenciometría*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>

Instituto Nacional de Salud. (sf de sf de 2011, p. 09). *Instituto Nacional de Salud*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua: http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3Ddc462e4b-5de8-4a2f-be3a-08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5-4988-442d-bc0e-2c07af4f66a5%26CurrentPage

Juan S. Cañas Arias . (s.f). *Determinación y evaluación de índices de contaminación (ICOs) en cuerpos de agua*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2016, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10901/1/articulo%20final.pdf>

Kevern N. R., Elliot R. F., Flaherty M. J., Jennings H. E. y Zafft D. J. (s.f pág. 120). *A limnological survey of Paradise Lake, Emmett and Cheboygan counties*. . Recuperado el 06 de Diciembre de 2016, de Department of Fisheries and Wildlife. Michigan State University .

Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. (2011 pág. 09). *Artículo 27 del Decreto 1575 de 2007*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3Ddc462e4b-5de8-4a2f-be3a-08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5-4988-442d-bc0e-2c07af4f66a5%26CurrentPage

Mendoza, J. A. (2014). *Tipos y enfoques de investigación*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2016, de <http://es.slideshare.net/JosMendoza1/tipos-de-investigacion-39300879>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Julio de 2004 pág. 02). *Resolución 865 de 2004*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de Metodología de cálculo de índice de escasez:
http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865_20040722.htm

Ministerio de la Protección Social . (09 de Mayo de 2007). *Decreto 1575 de 2007* . Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/documents/decreto%201575%20de%202007,mps-mavdt.pdf>

Ministerio de la protección social, ministerio ambiente, vivienda y desarrollo territorial . (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115 de 2007*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social . (20n de Marzo de 2014b). *Colombia trabaja para mejorar el acceso a agua potable y saneamiento básico en zonas rurales* . Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-trabaja-para-mejorar-acceso-a-agua-potable-y-saneamiento-b%C3%A1sico-en-zonas-rurales.aspx>

Ministerio de salud y protección social. (Octubre de 2014a). *Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano año 2012 con base en el IRCA*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2016, de Subdirección de salud ambiental:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-nacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2012-con-base-en-el-irca-reducido.pdf>

Nitrato y nitrito en el agua potable. (s.f). Recuperado el 27 de Diciembre de 2016, de http://www.state.nj.us/health/eoh/hhazweb/nitrate_sp.pdf

Plan de Ordenamiento Territorial Aguachica. (2001 - 2010 pág, 63). *El Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Recuperado el 02 de Octubre de 2016, de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/documento_resumen_aguachica_\(86_pag_278_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/documento_resumen_aguachica_(86_pag_278_kb).pdf)

RAS. (s.f de Noviembre de 2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016, de http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf

Recinto Universitario de Mayagüez . (s.f). *Parámetros fisicoquímicos: Alcalinidad* . Recuperado el 05 de Diciembre de 2016, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>

Salcedo, C. F. (2008). *Uso y control del proceso de coagulación en plantas de tratamiento de agua potable* . Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/298/2/628.162R696.pdf>

Sampieri, R. (2000). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill, p.15.

Técnicas para la enumeración de microorganismos: análisis microbiológico del agua y de otras diversas muestras. . (s.f). Recuperado el 18 de Diciembre de 2016, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/P7_EnumeracionMicroorganismos_19616.pdf

Unicef. (s.f). *Capítulo 1: El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos en los municipios*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2016, de Título III: El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo: <http://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>

United Nations Environment Programme. (s.f de s.f de s.f). *United Nations Environment Programme*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2016, de <http://www.unep.org/gemswater/Evaluacionesdeaguadulce/%C3%8DndiceeIndicadoresdelaCalidaddelAgua/tabid/104405/Default.aspx>

Universidad de Pamplona. (s.f.). *Índices de Calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Capítulo III*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de Universidad de Pamplona: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

Zamudio Rodríguez, C. (28 de Noviembre de 2012). *Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia*. Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/1694/169424893007.pdf>

WikiWater . (s.f). *Los diversos tipos de pozos y perforaciones*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2016, de <http://www.wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y.html>

Apéndices

Apéndice A Resultados de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Cruda.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: Pozo perforado **PUNTO:** punto 1.

TOMADA POR: Ingrith Carballo **HORA:** 17:00 Hrs.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre del 2017.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 06 de septiembre del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, DQO, DBO₅, Sólidos Suspendedos, Sólidos Disueltos, Nitratos, Nitritos, Turbiedad, Cloro Residual, Dureza, alcalinidad, Color, conductividad, Oxígeno disuelto.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
COLOR	UPtCo	1,0
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	6,7
DQO	mg/L O ₂	315
DBO ₅	mg/L O ₂	210
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	80
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/L	30
NITRITOS	mg/L	0,02
NITRATOS	mg/L	4,0
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	175
DUREZA	mg/L CaCO ₃	100
TURBIEDAD	NTU	2,9
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	302
OXIGENO DISUELTO	mg/L O ₂	4,7
CLORO RESIDUAL	mg/L	0,03



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



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

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Cruda.**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.**LUGAR DE MUESTREO:** Tanque de almacenamiento **PUNTO:** punto 2.**TOMADA POR:** Ingrith Carballo **HORA:** 17:00 Hrs.**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2017.**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 06 de septiembre del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, DQO, DBO₅, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Nitratos, Nitritos, Turbiedad, Cloro Residual, Dureza, alcalinidad, Color, conductividad, Oxígeno disuelto.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
COLOR	UPtCo	4,0
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	6,7
DQO	mg/L O ₂	36
DBO ₅	mg/L O ₂	15
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	100
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/L	33
NITRITOS	mg/L	0
NITRATOS	mg/L	4
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	175
DUREZA	mg/L CaCO ₃	110
TURBIEDAD	NTU	2,4
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	347
OXIGENO DISUELTO	mg/L O ₂	8,8
CLORO RESIDUAL	mg/L	0,02

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



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

Fuente: Laboratorio de Aguas UFPSO

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Cruda.

TIPO DE MUESTRA: Puntual.

LUGAR DE MUESTREO: Vivienda PUNTO: punto 1.

TOMADA POR: Ingrith Carballo **HORA:** 17:00 Hrs.

FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre del 2017.

FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS: 06 de septiembre del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs

ANALISIS SOLICITADOS: pH, DQO, DBO₅, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Nitratos, Nitritos, Turbiedad, Cloro Residual, Dureza, alcalinidad, Color, conductividad, Oxígeno disuelto.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 3
COLOR	UPtCo	4,0
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	6,9
DQO	mg/L O ₂	86
DBO ₅	mg/L O ₂	45
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	100
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/L	25
NITRITOS	mg/L	0,02
NITRATOS	mg/L	2,6
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	160
DUREZA	mg/L CaCO ₃	110
TURBIEDAD	NTU	3,1
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	312
OXIGENO DISUELTO	mg/L O ₂	4,0
CLORO RESIDUAL	mg/L	0,03

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



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

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Cruda.**TIPO DE MUESTRA:** Puntual.**LUGAR DE MUESTREO:** Quebrada Buturama **PUNTO:** punto 4.**TOMADA POR:** Ingrith Carballo **HORA:** 16:00 Hrs.**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 17 de octubre del 2017.**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 18 de octubre del 2017 **HORA:** 08:00 Hrs**ANALISIS SOLICITADOS:** pH, DQO, DBO₅, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Nitratos, Nitritos, Turbiedad, Cloro Residual, Dureza, alcalinidad, Color, conductividad, Oxígeno disuelto.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 4
COLOR	UPtCo	70
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	6,9
DQO	mg/L O ₂	210
DBO ₅	mg/L O ₂	184
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	90
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/L	20
NITRITOS	mg/L	0,01
NITRATOS	mg/L	3,1
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	150
DUREZA	mg/L CaCO ₃	130
TURBIEDAD	NTU	7,0
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	606
OXIGENO DISUELTO	mg/L O ₂	7,6
CLORO RESIDUAL	mg/L	0,17

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



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



ServiAnalítica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 13 de Septiembre 2017

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Cruda.

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** Corregimiento de Buturama, Aguachica - Cesar

TOMADA POR: Ingrith Vanessa Carballo Lugo

HORA DE TOMA DE MUESTRA: 4:00 pm **FECHA TOMA DE MUESTRA:** 10/SEP/17


PUNTO DE MUESTREO: Tanque de almacenamiento

FECHA DE ANALISIS: 11/SEP/17

SOLICITANTE: Ingrith Vanessa Carballo Lugo

ANALISIS SOLICITADOS: Ver tabla

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	27000	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	27000	Filtración por Membrana


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalítica Profesionales SAS
 NIT 900 476 024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 656 6273

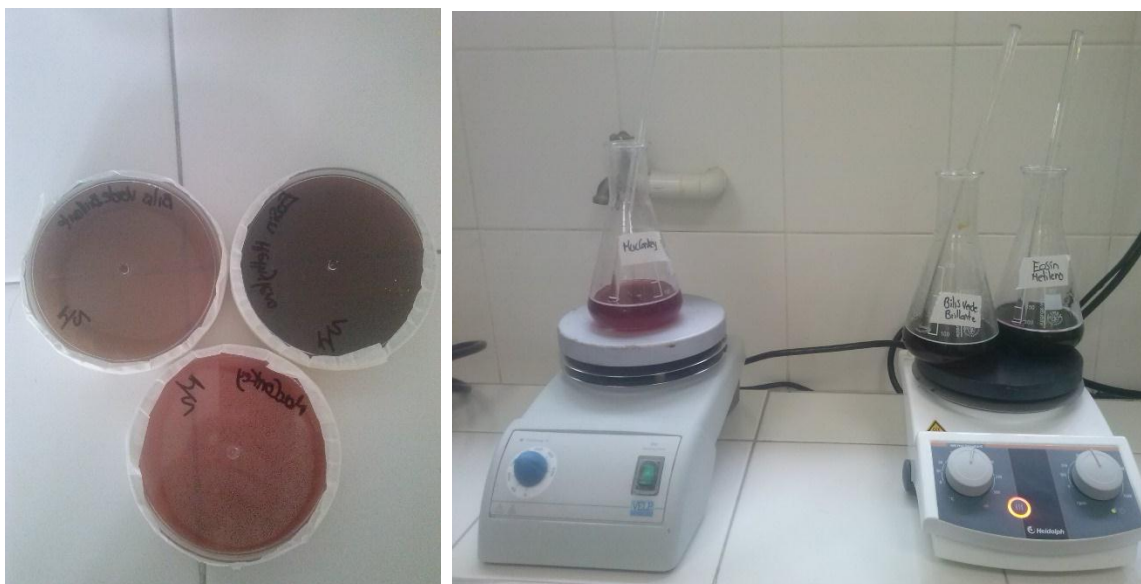
Apéndice B Evidencias fotográficas.



pozo pe
alizar la
utor del



Nota. La imagen representa el tanque de almacenamiento elevado a 15 metros de altura (donde solo el de la izquierda funciona), al cual llega el agua luego de ser captada por la bomba sumergible, para así ser distribuida. Fuente: autor del proyecto (2018).



Nota. Las imágenes representan algunos instrumentos de laboratorio utilizados para los análisis microbiológicos y físico-químicos de las muestras. Fuente: autor del proyecto (2018).