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

AUTORES	<b>ALBA LUZ JIMENEZ JIMÉNEZ JHON JAIDER AGUDELO QUINTERO</b>		
FACULTAD	<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>		
DIRECTOR	<b>ANDREA MARCELA DUARTE SUAREZ</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO Y DE LAS CONDICIONES DE USO QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIO ALGODONAL EN EL SECTOR DE LA ERMITA, MUNICIPIO DE OCAÑA</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE REALIZÓ LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO Y LAS CONDICIONES DE USO QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIO ALGODONAL EN EL SECTOR DE LA ERMITA, YA QUE ESTE AFLUENTE HÍDRICO ES FUENTE PRINCIPAL DEL AGUA DE CONSUMO DE LA POBLACIÓN ASENTADA EN ESTA MICROCUENCA Y ADEMÁS ES LA PRINCIPAL FUENTE DE ABASTECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA. ESTE TRABAJO SE REALIZÓ CON EL FIN DE DETERMINAR, DE ACUERDO A LOS RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS OBTENIDOS, CUÁL SERÍA EL TRATAMIENTO QUE SE LE DEBE DAR AL AGUA CON EL FIN DE QUE SEA APTA PARA CONSUMO HUMANO Y A SU VEZ RECOMENDAR A LOS USUARIOS DE ESTA FUENTE CUAL SERÍA LA DESTINACIÓN MÁS ADECUADA DEL RECURSO HÍDRICO.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 103	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 9	CD-ROM: 1



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.  
 Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL  
SUELO Y DE LAS CONDICIONES DE USO QUE INCIDEN EN LA CALIDAD  
DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIO ALGODONAL EN EL SECTOR DE LA  
ERMITA, MUNICIPIO DE OCAÑA**

**AUTORES:**

**ALBA LUZ JIMENEZ JIMÉNEZ**

**JHON JAIDER AGUDELO QUINTERO**

**Proyecto de grado presentado para optar el Título de Ingeniero Ambiental**

**Director**

**ANDREA MARCELA DUARTE SUAREZ**

**Magister**

**Desarrollo sustentable y gestión ambiental**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Abril de 2018**

## Índice

	<b>Pág.</b>
Capítulo 1. Evaluación de las características fisicoquímicas del suelo y de las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, Municipio de Ocaña	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General.	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Delimitaciones	6
1.5.1 Geográfica	6
1.5.2 Temporal	6
1.5.3 Operativa	7
1.5.4 Conceptual	7
Capítulo 2. Marco Referencial	8
2.1 Marco Conceptual	8
2.1.1 Calidad del agua.	8
2.1.3 Calidad del agua y sus usos.	8
2.1.2 Índice de Contaminación del Agua	9
(ICOMI) Índice de contaminación por mineralización	10
(ICOMO) índice de contaminación por materia orgánica	10
(ICOSUS) índice de contaminación por solidos suspendidos	10
2.1.4 Características Fisicoquímicas del Agua	10
2.1.8 Contaminación del agua.	15
2.1.9 El Suelo.	16
2.1.10 Análisis físicos y químicos en suelo	16
2.1.11 Calidad del Suelo	24
2.1.12 Indicadores de calidad del suelo	26
2.1.13 Contaminación de suelo	26
2.3 Marco Teórico	27
2.3.1 Cuenca Hidrográfica.	27

2.3.2 La Gestión Integral del Recurso Hídrico	28
2.3.1 La gestión ambiental, como accionar sobre el recurso hídrico	29
2.3.3 Sustentabilidad Ambiental	31
2.3.4 Sustentabilidad del Recurso Hídrico	32
2.4 Marco Legal	33
2.4.1 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III	33
2.4.2 Decreto 1449 de 1977	33
2.4.3 Decreto 1541 de 1978	33
2.4.4 Decreto 1681 de 1978	34
2.4.5 Ley 09 de 1979	34
2.4.6 Decreto 2858 de 1981	34
2.4.7 Decreto 2105 de 1983	35
2.4.8 Decreto 1594 de 1984	35
2.4.9 Decreto 79 de 1986	35
2.4.10 Decreto 1700 de 1989	36
2.4.11 Ley 99 de 1993	36
2.4.12 Ley 373 de 1997.	37
2.4.13 Decreto 1729 de 2002	37
2.4.14 Decreto 1575 de 2007	38
2.4.15 Decreto 2811 de 1974	38
2.4.16 Ley 388 de 1997.	39
Capítulo 3. Diseño Metodológico	40
3.1 Tipo de Investigación	40
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	45
3.3.1 Fase 1. Reconocimiento preliminar de la zona de estudio	45
3.3.2 Fase 2. Recolección de información	46
3.3.3 Fase 3. Análisis de las muestras realizadas	47
3.4.5 Procesamiento y análisis de la información	48
Procesamiento y análisis de la información	49
POMCHRA	50
Ley 388 de 1997	50
POT	50
Capítulo 4. Administración del Proyecto	51
4.1. Recursos Humanos	51

4.2. Recursos Materiales	51
4.3. Recursos Institucionales	51
4.4. Recursos Financieros	51
Capítulo 5. RESULTADOS Y ANALISIS	53
4.1 Identificar los usos del suelo de la zona circundante a la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita	53
4.2 Determinar los índices de contaminación (ICOs) y los parámetros fisicoquímicos que inciden en la calidad del agua y el suelo en la cuenca del Rio Algodonal del sector de la Ermita	57
4.2.1 Resultados muestras de suelo	61
4.3 Establecer la incidencia del uso del suelo y sus condiciones en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal del sector de la Ermita.	63
Capítulo 6. Cronograma	67
Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Referencias	70
Apéndice	83

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características físicas	11
Tabla 2. Características del agua	11
Tabla 3. Origen de los principales factores contaminantes del agua	15
Tabla 4. Índices de contaminación	49
Tabla 5. Resultados muestras de agua	57
Tabla 6. Resultados muestras de agua	58
Tabla 7. Resultados de los Icos temporada seca	60
Tabla 8. Resultados de los Icos temporada invernal	60
Tabla 9. Muestras de suelo 1	61
Tabla 10. Muestras de suelo 2	62
Tabla 11. Muestras de suelo 3	62

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema de Localización de la Cuenca Rio Algodonal	3
Figura 2. Pilares de la Sustentabilidad Hídrica	32
Figura 3: Cuenca del Rio Algodonal	41
Figura 4. Polígono delimitación de la cuenca del Rio Algodonal	42
Figura 5. Localización Zona de Muestro	43
Figura 6: Localización zona de muestreo	44
Figura 7. Resultados Encuesta Conocimiento de la Población	54
Figura 8. Resultados Encuesta Conocimientos del Usos del Suelo	55
Figura 9. Resultados Encuesta Conocimientos del Uso del Agua	56

## Resumen

El agua no es completamente pura, contiene impurezas que son constituyentes de origen natural o con frecuencia contaminante de origen antropogénico. Se estima que el volumen total de agua contenido en la hidrósfera es de 1.386 kilómetros cúbicos. De este volumen, el 96.5% se encuentra en los océanos como agua salada y el 3.5% restante, como agua dulce proveniente del continente. De este último porcentaje el 69% se encuentra en forma sólida en los glaciares y el 30% como agua subterránea, quedando sólo el 1% que conforma los ríos y los cuerpos de agua, siendo este porcentaje el que se encuentra disponible para las necesidades corporales del hombre, por tal razón este debe ser muy cuidadoso con su uso.

Desde esta perspectiva, en la presente investigación se realizó la evaluación de las características fisicoquímicas del suelo y las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, ya que este afluente hídrico es fuente principal del agua de consumo de la población asentada en esta microcuenca y además es la principal fuente de abastecimiento del acueducto del municipio de Ocaña. Este trabajo se realizó con el fin de determinar, de acuerdo a los resultados físico químicos obtenidos, cuál sería el tratamiento que se le debe dar al agua con el fin de que sea apta para consumo humano y a su vez recomendar a los usuarios de esta fuente cual sería la destinación más adecuada del recurso hídrico.



## Introducción

La evaluación de la calidad del agua es el proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, a los efectos humanos y a los usos intencionales, particularmente usos que puedan afectar la salud humana, y a la de los sistemas acuáticos.

Esta incluye el monitoreo que define la condición del agua, provee las bases para detectar tendencias y suministra información disponible para establecer las relaciones causa-efecto.

La importancia radica en la interpretación y reporte de los resultados del monitoreo y que sirvan de base para realizar recomendaciones para acciones futuras. Así, el manejo requiere inevitablemente del muestreo y de la evaluación, es decir, es una cadena de retroalimentación (Chapman, 1996).

A partir de lo expuesto, nace la presente investigación la cual tiene como objetivo evaluar las características fisicoquímicas del suelo y las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, Municipio de Ocaña, para lo cual se identificaron los usos del suelo de la zona circundante a la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita y los parámetros fisicoquímicos que inciden en la calidad del mismo, de igual forma, se determinaron los índices de contaminación (ICOs) del agua en la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita y por último se estableció la incidencia del uso del suelo y sus condiciones en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita.

Todos estos aspectos, teniendo en cuenta que no se han reportado estudios exhaustivos de la calidad fisico-química del agua en esta zona.

De ahí que, los resultados generados en este estudio pueden servir de línea base para monitorear variaciones en las concentraciones de las sustancias potencialmente

peligrosas para la salud y sentar las bases para elaborar un plan de acción para la cogestión del recurso hídrico en la microcuenca, con la finalidad de garantizar agua de calidad a las presentes y futuras generaciones.

**Capítulo 1. Evaluación de las características fisicoquímicas del suelo y de las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, Municipio de Ocaña**

**1.1 Planteamiento del Problema**

Durante años los recursos naturales han sido sometidos a un proceso acelerado de degradación por parte del ser humano, por lo tanto es difícil hoy en día considerar un lugar habitado que no se encuentre inmerso en esta problemática, como por ejemplo el agua, que es un compuesto vital para la vida y el desarrollo de las comunidades, pero que debido al crecimiento de la población y la búsqueda de la suplencia de necesidades hoy se ve amenazado. Una de las principales causas de la degradación del recurso hídrico es el cambio en el uso del suelo debido entre otros aspectos al avance de la frontera agrícola y la ganadería extensiva que han causado impactos negativos sobre los ecosistemas tales como pérdida de la biodiversidad, fragmentación en los ecosistemas, erosión en los suelos y contaminación por agroquímicos en el agua (FAO, 1996).

El sobreuso de agroquímicos utilizados en los cultivos constituye una de las principales causas de contaminación de los cuerpos de agua (Richters, 1995; PNUMA, 2001), puesto que estos son arrastrados por escorrentía, alterando la química del agua y la dinámica de los ecosistemas acuáticos, generando un problema ambiental importante (Boesten y Van der Pas, 2000), que afecta a la salud de las comunidades aledañas a las fuentes hídricas, por acumulación de sustancias que pueden resultar nocivas o tóxicas para los seres humanos y los organismos en general (PNUMA, 2001). Es así como la calidad del agua se puede ver afectada tanto por

descargas puntuales y no puntuales de contaminantes como nutrientes, metales pesados y productos fitosanitarios provenientes de las actividades urbano-industriales y agrícolas

Desde esta óptica, se puede decir que la degradación del suelo varía según el tipo de uso y región, pero siempre con mayor intensidad en la tierra cultivada que en los pastos o bosques con poca intervención antrópica (Oldeman, citado por PNUMA, 2001). Las áreas cubiertas con bosques son muy efectivas para reciclar elementos y/o compuestos químicos, que evitan el arrastre de estos hacia los cuerpos de agua; es por ello que a medida que las áreas naturales son alteradas por el cambio de uso del suelo, el reciclaje de materiales tiende a ser menor, al igual que su recuperación (Basterrechea *et al.* 1987a).

Colombia no se escapa a esta problemática debido a su enfoque de producción agropecuario, muchas de las fuentes hídricas del país están contaminadas o afectadas por este tipo de actividades. Un ejemplo de ello es Municipio de Ocaña ubicado en Norte de Santander, en donde las fuentes hídricas, han sufrido una gran afectación en su calidad, así como en la disminución de su caudal, debido a factores como el aprovechamiento del recurso hídrico sin control, el crecimiento poblacional, donde la infraestructura no asegura las condiciones óptimas y sanitarias, debido al mal manejo de las aguas residuales, las cuales son arrojadas a las cuencas.

En el caso puntual de la cuenca Río Algodonal en el sector que se encuentra ubicado en el Corregimiento de La Ermita, Municipio de Ocaña, cuya localización (ver figura 1) se encuentra al occidente del departamento de Norte de Santander. Al norte limita con las cuencas de los Ríos Catatumbo y Río de Oro (departamento del Cesar), al sur y occidente limita con la cuenca del Río Lebrija Regidor, la cuenca del Río de Oro y la del Río San Alberto, estas dos últimas en el área de jurisdicción del departamento del Cesar, al oriente limita con la cuenca del Río Tarra. (POMCHRA, Río Algodonal, 2.006)

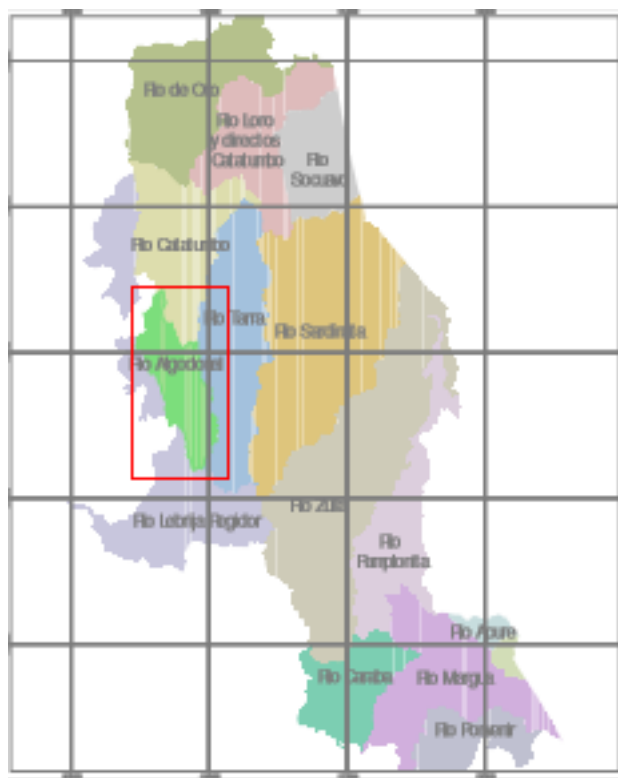


Figura 1. Esquema de Localización de la Cuenca Río Algodonal  
Fuente: (POMCHRA, Río Algodonal, 2.006)

Esta es una de las fuentes más importantes para el sector ya que abastece el poblado de Abrego con una participación del 56.9% del área total de la cuenca, seguido por la participación de la cuenca en el municipio de Ocaña con un 36,8% y Teorama con el 6,1% los cuales tienen su área urbana incluida en la cuenca. (POMCHRA, Río Algodonal, 2.010) incluyendo también su paso por el corregimiento de la Ermita. entre los usos más frecuentes se encuentran; el doméstico y el agrícola, lo que ha generado presión sobre el recurso hídrico, evidenciando la estrecha relación entre los usos del suelo y la calidad del agua, lo que permite generar la dimensión de la importancia de los procesos económicos, sociales y ambientales generados en estos centros poblados. Desde la política nacional de gestión integral del recurso hídrico se visualiza esta relación y la necesidad de priorizar los ecosistemas aledaños a las fuentes hídricas, pero para ello

es esencial conocer el estado real de los recursos tanto agua como suelo para poder determinar alternativas de manejo.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿De qué manera se ve afectada la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal, en el sector de la Ermita por los diferentes usos del suelo en su área de influencia?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Evaluar las características fisicoquímicas del suelo y las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, Municipio de Ocaña

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

Identificar los usos del suelo de la zona circundante a la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita y los parámetros fisicoquímicos que inciden en la calidad del mismo.

Determinar los índices de contaminación (ICOs) del agua en la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita

Establecer la incidencia del uso del suelo y sus condiciones en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita.

## 1.4 Justificación

La calidad del agua de los ecosistemas acuáticos superficiales de una región está determinada por procesos naturales, tales como las entradas de materiales desde las cuencas y microcuencas por precipitación (escurrimiento superficial y sub-superficial), así como por las actividades humanas, ya sean urbanas, industriales y/o agrícolas que se desarrollan en su cuenca de drenaje (Carpenter et al., 1998; Jarvie et al., 1998).

Es así como, las cuencas ajustan su ancho y profundidad de acuerdo al caudal y a la carga de sedimentos que transportan, por lo que los cambios en el uso del suelo pueden provocar alteraciones en la hidrología y geomorfología de las mismas, evidenciando el impacto a nivel físico, químico y/o biológico, que ejercen la urbanización y la agricultura, sobre los sistemas acuáticos (Dunne & Leopold, 1978; Lenat, 1984). Entre los aspectos más importantes se tiene la disminución en la tasa de infiltración del agua y el aumento en la escorrentía superficial (Dunne & Leopold, 1978; Arnold & Gibbons, 1996), provocando una pérdida de la diversidad de hábitats y por consiguiente cambios en el ecosistema (Karr & Chu, 2000).

Generando problemas ambientales y por consiguiente afectaciones a la calidad de vida de la comunidades, es por esto que, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) (GWP Technical Advisory Committee, 2000).

Ello implica una mayor coordinación en el desarrollo y gestión de tierras, aguas superficiales y subterráneas, cuencas fluviales y entornos costeros y marinos adyacentes, e intereses aguas arriba y aguas abajo. Pero la GIRH, no se limita a la gestión de recursos físicos, sino que se involucra también en la reforma de los sistemas sociales, con el fin de habilitar a la población para que los beneficios derivados de dichos recursos reviertan equitativamente en ella.

De igual manera, la presente investigación ofrecerá a los organismos de control información técnica fiable que permita la planeación estratégica más consistente de los planes de desarrollo municipal y regional. Además brinda elementos de juicio a las autoridades competentes para tomar decisiones con miras a su conservación y restauración.

Por lo anterior, la presente investigación sobre la evaluación de las características físico-químicas del suelo y de las condiciones de uso que inciden en los factores de calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, municipio de Ocaña, es de gran importancia porque con la utilización y medición de estos parámetros se puede obtener información del estado en que se encuentra esta cuenca y las condiciones en que los habitantes del corregimiento de la Ermita se abastecen del recurso hídrico.

Por último, debido a que los ríos constituyen un importante recurso de agua dulce, para consumo humano, industrial, agrícola y recreación, es de suma importancia prevenir y controlar las fuentes de emisión de contaminantes, así como también monitorear las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Geográfica.** El trabajo se realizará en la cuenca media de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, Municipio de Ocaña.

**1.5.2 Temporal.** En la elaboración del presente proyecto se emplearan doce (8) semanas, para el desarrollo de las actividades propuestas.



**1.5.3 Operativa.** Realizar el trabajo de campo en la parte media de la cuenca del Rio algodonal en el sector de la Ermita donde se incluye la toma de 6 muestras en 3 diferentes puntos de la misma, con el ánimo de conocer características fisicoquímicas del suelo y de las condiciones de uso que la comunidad le está dando al mismo y como esto influye en la calidad del agua de la cuenca.

**1.5.4 Conceptual.** La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: estudios fisicoquímicos y microbiológicos, índices de caracterización de aguas (ICA); (ICOMI) índice de contaminación por mineralización (ICOMO) índice de contaminación por materia orgánica (ICOSUS) índice de contaminación por solidos suspendidos y en la parte de suelos se utilizaran términos como: Estructura, textura, porosidad, profundidad, contenido de materia orgánica, Gestión integral del recurso Hídrico, Sustentabilidad.

## Capítulo 2. Marco Referencial

Para el desarrollo del presente capítulo es importante conocer todos los aspectos relacionados con el tema de la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), la cual busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recurso hídrico, a través de una combinación de desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas. La GIRH se define como “un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

### 2.1 Marco Conceptual

A continuación se expondrá los conceptos claves que serán utilizados en la solución del problema de la calidad del agua por el uso del suelo en la cuenca del Río Algodonal.

**2.1.1 Calidad del agua.** Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país (Rivera, 2010).

**2.1.3 Calidad del agua y sus usos.** En el marco de la definición de calidad del agua, se contemplan factores de acuerdo al uso que puede dársele. La calidad de agua es definida como una lista de concentraciones, especificaciones y particiones físicas de sustancias orgánicas e

inorgánicas, así como, la composición y estado de la biota acuática encontrada en el cuerpo de agua. Esta calidad muestra la variación temporal y espacial de los factores tanto internos como externos de los cuerpos de agua (Chapman, 1992). La definición de calidad del agua se basa en el uso al que se destina, donde la suma de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas superficiales (quebradas, ríos y lagos) y las subterráneas cumplan con los requerimientos establecidos para cada uso, como consumo humano, industrial, abrevaderos, agricultura, etc. (Batram y Ballance, 1996). Estas características deben ser monitoreadas para definir las condiciones del agua, proveer las bases para detectar las tendencias y proveer información para establecer las causas y efectos de las relaciones entre estas características (Chapman, 1992). Al evaluar la calidad de agua es importante identificar las actividades que ejercen influencia directa o indirecta, identificar las características geográficas del área (uso de la tierra, clima, pedología, hidrología), usos del agua (canales, embalses, abastecimiento para ciudades, industrias, agricultura, navegación, recreación, etc.); además de las fuentes contaminantes incluyendo, domésticas, industriales y agricultura (Chapman, 1992). A esto se le suma considerar las facilidades para manejar la contaminación y tratamiento de las aguas.

**2.1.2 Índice de Contaminación del Agua.** Por medio de los cuales son calificadas las diferentes cualidades de las aguas y, por lo tanto, complementan el panorama ambiental de un curso hídrico, tal como lo demuestra la correlación próxima a cero entre ellos.

De igual manera, un índice de contaminación de agua, puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color, los cuales sirven como una medida del grado de contaminación del agua, en otras palabras se convierte en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que nos indican las características de la misma.

Su importancia radica, en que estos datos se transforman en una herramienta comunicativa con la cual se interpretar fácilmente los resultados arrojados por los valores numéricos. (Ramírez *et al*, 1997)

**(ICOMI) Índice de contaminación por mineralización.** Desde hace varias décadas se han propuesto y empleado los índices de Calidad de las Aguas (ICA), los cuales tienen como propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Martínez de Bascaran, 1976, Prat *et al*. 1986, MOPT 1992).

**(ICOMO) índice de contaminación por materia orgánica.** al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DB05), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas (Ramírez, Restrepo y Viña 2015).

**(ICOSUS) índice de contaminación por sólidos suspendidos.** Se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos.

#### **2.1.4 Características Fisicoquímicas del Agua**

El Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por medio de la Resolución No. 2115 de junio de 2007, en la cual se señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

En su capítulo II, habla sobre las características físicas y químicas del agua para consumo humano.

Artículo 2°.- características físicas como se observa en la tabla 1 El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 1.

*Características físicas*

CARACTERISTICAS FISICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR MAXIMO ACEPTABLE
<b>COLOR APARENTE</b>	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
<b>OLOR Y SABOR</b>	Aceptable o no aceptable	Aceptable
<b>TURBIEDAD</b>	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: (Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2007)

Según esta norma, a continuación se mencionan las características del agua las cuales se pueden clasificar como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2.

*Características del agua.*

Físicas	Químicas	Bacteriológicas
<b>Turbiedad, Olor, Color, Sabor, Conductividad, Temperatura y Sólidos.</b>	Dureza, Alcalinidad, pH, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Acidez, Fosfatos, Cloruro, Amoníaco, Oxígeno disuelto, Cloro, Hg, Mg, Ca, Al, Fe, Mn, Pb, Zn, Cr, Cu, B, Cd, As, Ba, COT, etc.	Coliformes, fecales, Coliformes totales, Mesofilos, Bacterias, etc.

Nota: La Tabla muestra las diferentes características que presenta el agua y que serán tenidas en cuenta para el desarrollo del presente proyecto. Fuente: Universidad Politécnica de Cartagena, 2012

Dado que es necesario conocer el significado y el origen de las características del agua, a continuación se presenta algunas definiciones y sus posibles causas.

Estás son el eje central de este trabajo, de las cuáles se presentarán las características fisicoquímicas analizadas en el laboratorio (Universidad Politécnica de Cartagena, 2012).

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

Se pueden definir dos clases de color:

**Color verdadero:** Es el color del agua cuando la turbidez de esta se ha eliminado.

Para eliminar la turbidez se recomienda la centrifugación.

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

Existe dos métodos que se han establecidos para la determinación del color, el método por comparación visual que es aplicable a todas las muestras de agua potable (a excepción de las aguas industriales que usan el método instrumental), y el método espectrofotométrico que permite calcular un único valor representativo de la muestra.

**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 de 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 (Vargas, 2010).

**Olor.** El olor como, el gusto, depende del contacto de una sustancia estimulante de naturaleza química, por ello se suele decir que el olfato y el gusto son “sentidos químicos”. El olor se da conocer como un factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable para el consumo humano (Mendoza, 2006).

**Turbiedad.** La turbiedad es una expresión de las propiedades ópticas que causa la luz al ser dispersada y absorbida, en lugar de la transmitida sin cambios en la dirección o nivel de flujo a través de la muestra. La turbiedad del agua es producido por materias en suspensión, como arcilla o materias orgánicas e inorgánicas (Pérez, 2010).

**pH.** La medida de pH es una de las más importantes y frecuentes pruebas usadas en el agua. El pH es utilizado en medidas de alcalinidad, dióxido de carbono y muchos otros equilibrios acido-base (Vargas, 2010) El pH indica la acidez o alcalinidad, en una sustancia como el agua, este es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno ( $H^+$ ), el cual ayuda en los procesos biológicos necesarios para los organismos que habían en el agua.

**Conductividad.** Es una medida de la capacidad de transportar una corriente eléctrica en una solución acuosa, varía con el tipo y la cantidad de iones que contenga y depende de la temperatura (Pérez, 2010). Al existir un incremento de la conductividad, por lo tanto, incrementa de la salinidad del agua, lo que trae consigo graves efectos sobre el ecosistema fluvial, llegando incluso a una fuerte reducción de la biodiversidad.

**Temperatura.** Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, ya que influye en el retardo o aceleración de alguna actividad biológica, en la precipitación de compuestos, en la desinfección, en la floculación, sedimentación y filtración (Mendoza, 2006).

**Dureza total.** La dureza total es definida como la suma de sus concentraciones de calcio y magnesio en una muestra de agua, expresada en unidades de mg/l de  $CaCO_3$ . Tiene dos tipos de dureza, dureza temporal y permanente. La dureza temporal contiene carbonatos, bicarbonatos de calcio y magnesio mientras que la dureza permanente solo contiene sales de calcio y magnesio (Pérez, 2010).

**Cloruros.** El ión cloruro ( $Cl^-$ ) es uno de los iones inorgánicos que más se encuentra en mayor cantidad en aguas. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de

cloruros es variable. Un elevado contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de las plantas (Mendoza, 2006).

**Nitritos.** El nitrito ( $\text{NO}^{2-}$ ) aparece como un estado intermedio de la oxidación de descomposición biológica de compuestos que contienen nitrógeno orgánico. El nitrito es producido por la oxidación del ( $\text{N}_2$ ) mientras el nitrato se produce por medio de oxidación de ( $\text{NH}_3$ ). La presencia de nitritos afecta la potabilidad del agua, debido a que su presencia indica una contaminación y existencia de microorganismos patógenos (Vargas, 2010).

**Sulfatos.** El ión sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) es uno de los compuestos que se presentan en mayor cantidad en aguas naturales. La determinación de sulfato es importante porque se han reportado casos que cuando el ión está presente en exceso alrededor de los 250 mg/L en aguas potables, causan una acción laxante en el cuerpo (en especial en niños) (Pérez, 2010).

**Alcalinidad.** Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma las bases que pueden ser titulables. Cuando su pH disminuye el carbonato se precipita, y cuando aumenta se disuelve. Es expresada en unidades de mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Mendoza, 2006).

**Aluminio.** El aluminio es el tercer elemento en abundancia en la corteza terrestre, formando parte de minerales, rocas y arcillas. El aluminio soluble coloidal e insoluble puede encontrarse también en aguas tratadas o en aguas residuales, como residuo de la coagulación (Vargas, 2010).

**Hierro.** En muestras de agua el hierro puede estar en forma de solución auténtica, en estado coloidal, o en partículas suspendidas relativamente gruesas.

El hierro total es aquel que está presente tanto en suspensión como en solución en una muestra de agua (Pérez, 2010).

**Cloro residual.** Se le denomina cloro residual a la sumatoria entre el cloro libre y el cloro combinado presentes en una muestra de agua después de cierto tiempo de reacción. El cloro



es el mayor desinfectante de mayor uso por tres razones, es económico de fácil comercialización y tiene sobre el agua un efecto residual. El cloro libre reacciona fácilmente con el amoníaco y ciertos compuestos de nitrógeno, formando cloro combinado. Tanto el cloro libre como el combinado pueden estar presentes simultáneamente. La determinación del contenido de cloro residual, tanto libre como combinado, es de gran interés y debe hacerse diariamente en las aguas de distribución para el consumo humano (Mendoza, 2006).

**2.1.8 Contaminación del agua.** Se define como contaminación del agua a cualquier modificación, natural o artificial, que directa o indirectamente cambia la calidad original y perturbe o destruye los recursos naturales (FAO, 1993). Puede causar riesgos sanitarios, reducir el bienestar del hombre y de las comunidades acuáticas y perjudicar el mejor uso del agua actual o potencial para el que está destinada (Miador, 1993). La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ya sea debido a residuos urbanos o industriales, puede ser ocasionada por agentes como bacterias, virus y otros microorganismos, materia orgánica, metales pesados, detergentes, insecticidas, fungicidas, plaguicidas (Rueda, 2000). Los principales contaminantes que llegan a los mares son: aguas residuales de origen urbano, metales pesados, herbicidas, pesticidas, desechos y productos industriales, sustancias radioactivas, petróleo y sus derivados. (Rossegrant, et al 2002). La tabla 3 resume los contaminantes del agua y su origen:

Tabla 3.

*Origen de los principales factores contaminantes del agua*

<b>Contaminantes</b>	<b>Origen</b>
Sustancias orgánicas biodegradables	Organismos en descomposición, heces humanas y de animales
Sustancias orgánicas tóxicas producidas por el hombre	En general no son biodegradables. Ej. biocidas, anilinas, hidrocarburos

Sustancias inorgánicas tóxicas	Originadas por la industria y la minería. Ej. metales pesados, dispersantes (en la explotación petrolera), etc.
Sólidos en suspensión	Sedimentos que llegan por escorrentía provenientes de la construcción, industria, pastoreo.
Agentes patógenos	Desechos de unidades sanitarias no esterilizados
Térmicos	Vertidos de agua a temperaturas superiores a las del cuerpo de agua receptor. industria, centrales nucleares, explotación de petróleo

Fuente: FAO, 1996

**2.1.9 El Suelo.** En geología comúnmente se denomina suelo al sistema estructurado con características biológicamente activas, que se desarrolla en la capa más superficial de la corteza terrestre. Entre las etapas implicadas en la formación del suelo están la disgregación o meteorización mecánica de rocas; ya sea por frío, calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, y es de esta manera en que la roca es gradualmente fragmentada. Los fragmentos de roca se van mezclando con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en etapa de descomposición, restos vegetales, así como la instalación de seres vivos sobre los sustratos orgánicos, propiciando de esta manera el enriquecimiento del sustrato. Con el paso del tiempo la estratificación de todo este conjunto de materiales da lugar a la formación del suelo (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2007).

### **2.1.10 Análisis físicos y químicos en suelo**

**PH.** El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos ( $H^+$ ) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es

fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Hanna, 2012).

**Humedad.** El agua es esencial para todos los seres vivos porque en forma molecular participa en varias reacciones metabólicas celulares, actúa como un solvente y portador de nutrimentos desde el suelo hasta las plantas y dentro de ellas. Además, intemperiza las rocas y los minerales, ioniza los macro y micronutrientes que las plantas toman del suelo, y permite que la materia orgánica sea fácilmente biodegradable. El contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial. El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo (Topp, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006). Aunque es recomendable determinar la humedad a la capacidad de campo de los suelos, es decir, la cantidad de humedad que un suelo retiene contra la gravedad, cuando se deja drenar libremente; en algunas ocasiones, cuando se trata de suelos contaminados, por ejemplo con hidrocarburos del petróleo, es difícil llevar a cabo esta medición por la dificultad de rehidratar suelos secos con estas características. Por lo que la medición de humedad se realiza sólo en función del porcentaje de agua que retiene este tipo de suelos.

**Conductividad Eléctrica.** La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, que generalmente se expresa en mmhos/cm o en mSiemens/m; la NOM-021-RECNAT-2000 establece dSiemens/m a 25°C. Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus

concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo. De acuerdo con los valores de conductividad eléctrica, pH y porcentaje de sodio intercambiable, los suelos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

**a) Suelos salinos.** Se caracterizan porque su extracto de saturación tiene un valor de conductividad eléctrica igual o superior que 4 mmhos/cm a 25°C y la cantidad de sodio intercambiable es menor de 15%. Por lo general tienen una costra de sales blancas, que pueden ser cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.

**b) Suelos sódicos.** Presentan un color negro debido a su contenido elevado de sodio. Su porcentaje de sodio intercambiable es mayor que 15, el pH se encuentra entre 8.5 y 10.0, y la conductividad eléctrica está por debajo de 4 mmhos/cm a 25°C.

**c) Suelos salino-sódicos.** Poseen una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm a 25°C, una concentración de sodio intercambiable de 15% y el pH es variable, comúnmente superior a 8.5 (Muñoz et al., 2000).

La conductividad eléctrica se puede complementar con la determinación de  $\text{Na}^+$  o bases intercambiables ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ). Principalmente si los suelos fueron contaminados con aguas congénitas.

**Carbono orgánico total.** El carbono orgánico es uno de los principales componentes de los seres vivos: aproximadamente 50% del peso seco de la materia orgánica (m.o.) es carbono. En el medio ambiente su ciclo está estrechamente ligado al flujo de energía, debido a que las principales reservas de energía de los organismos son compuestos de carbono reducidos que han derivado de la fijación del  $\text{CO}_2$  atmosférico, ya sea por medio de la fotosíntesis o, con menor frecuencia de la quimiosíntesis (Tiessen y Moir, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo.

2006). Las plantas y los animales que mueren son desintegrados por los microorganismos, en particular bacterias y hongos, los cuales regresan el carbono al medio en forma de bióxido de carbono (Baker y Herson, 1994) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por esos organismos. Esta definición es muy amplia pues incluye tanto a los materiales poco alterados como a aquellos que sí han experimentado cambios de descomposición, transformación y resíntesis dentro del suelo. Además se pueden incluir compuestos orgánicos tóxicos, provenientes de las actividades industriales del hombre, como la contaminación de suelos por hidrocarburos del petróleo, que también constituye parte de la materia orgánica del suelo (Etchevers, 1988) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

**Fósforo soluble.** El fósforo elemental (P) no se encuentra en estado libre en la naturaleza porque se oxida muy fácilmente; sin embargo, son muy comunes los compuestos orgánicos y principalmente minerales que contienen fósforo. En términos generales, el fósforo del suelo se clasifica en fósforo orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos que forme. La forma orgánica se encuentra en el humus y la materia orgánica, y sus niveles en el suelo pueden variar desde 0 hasta mayores que 0.2%. La fracción inorgánica está constituida por compuestos de hierro, aluminio, calcio y flúor, entre otros, y normalmente son más abundantes que los compuestos orgánicos. Solo una pequeña parte del P aparece en solución en suelo ( $< 0.01-1 \text{ mg L}^{-1}$ ).

El Ph es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutriente limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Los análisis de P sirven fundamentalmente para el control de la

dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (Muñoz et al., 2000) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006)

**Nitrógeno total.** El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida, forma parte de las principales biomoléculas de todos los seres vivos. Es también uno de los elementos más abundantes de la Tierra, pues en su forma gaseosa ( $N_2$ ) constituye 78% de la atmósfera. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire. Dentro del suelo es aprovechado por las plantas, animales y microorganismos que lo incorporan a sus tejidos. Cuando dichos organismos se mueren, el nitrógeno reingresa al suelo completando el ciclo. Este ciclo es complejo e involucra una serie de reacciones y organismos con diferentes metabolismos. Siempre comienza con compuestos orgánicos sencillos ( $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ ) y termina con compuestos orgánicos complejos; que a través de la descomposición regresan a la etapa de compuestos sencillos.

En los microorganismos la carencia de nitrógeno puede afectar el crecimiento, por lo que la población microbiana no tendrá un desarrollo óptimo. En contraste, demasiado nitrógeno permite el crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición; pero puede crear problemas de olor en condiciones anaerobias. Además, el exceso de nitrógeno puede ser liberado como amoníaco; en tanto que el nitrógeno aprovechable escapará en forma de gas. Para la mayoría de los materiales una relación C/N cercana a 10:1 mantendrá estos elementos en equilibrio aproximado. En los suelos normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% en sus diferentes formas.

**Amonio intercambiable.** Los microorganismos participan de forma importante en el ciclo del nitrógeno en el suelo, debido a que realizan la fijación del nitrógeno, nitrificación y desnitrificación, así como su inmovilización. Se reportan como fracciones predominantes al amonio y nitratos (Foster, 1995; Maynard y Kalra, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

En el caso de los derrames de hidrocarburos, la relación C/N aumenta significativamente; la adición de nitrógeno inorgánico permite balancearla y estimular la biodegradación al satisfacer los requerimientos de síntesis de aminoácidos, proteínas, purinas, ácidos nucleicos, aminoazúcares y vitaminas que en conjunto representan el contenido de nitrógeno en alrededor de 10% del peso celular seco de los microorganismos (Graham et al., 1999; Smith et al., 1998) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006). Otro aspecto a tener en cuenta y que comúnmente se evalúa es el amonio intercambiable, por representar la fuente de nitrógeno más directamente disponible para su incorporación en aminoácidos, sin requerir ser oxidado o reducido (Gaudy y Gaudy, 1981) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

El amonio intercambiable se define como el amonio que puede extraerse con una solución neutra de ión potasio a temperatura ambiente. Las sales de potasio utilizadas comúnmente son  $K_2SO_4$  0.05 M y KCl de 0.1 a 2 M; la capacidad de extracción depende del tipo de sal y su concentración. Posteriormente se cuantifica el amonio en el extracto, para lo cual se emplea una gran variedad de métodos: técnicas colorimétricas manuales, microdifusión, destilación con arrastre de vapor, análisis de inyección de flujo y electrodo de ión selectivo (Maynard y Kalra, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

**Nitritos y nitratos intercambiables.** Las fracciones minerales de nitrógeno son predominantemente amonio y nitratos, mientras que los nitritos son rara vez detectados en el

suelo, incluso su determinación es normalmente injustificada excepto en suelos neutros y alcalinos que reciben amonio o fertilizantes liberadores de amonio (Foster, 1995; Maynard y Kalra, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

Al igual que el amonio, los nitritos se pueden emplear para estimular la biodegradación de hidrocarburos contaminantes al balancear la relación C/N (Brook et al., 2001; Walworth y Reynolds, 1995) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006). Diferenciándose por lixivarse más fácilmente por su carga negativa, especialmente en suelos arcillosos. Los nitratos, además de ser una fuente de nutrientes, son aceptores de electrones en condiciones limitadas de oxígeno.

En la determinación analítica de nitratos en suelos, varias soluciones extractoras se han empleado para su separación del suelo. Entre éstas se encuentra el agua; KCl de 1 a 2 M;  $\text{CaCl}_2$  0.01 M;  $\text{NaHCO}_3$  0.5 M; solución de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  al 0.35% con 0.03 M de  $\text{NH}_4\text{F}$  y 0.015 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{CuSO}_4$  0.01 M; y  $\text{CuSO}_4$  0.01 M con  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ . De todas éstas la solución más común es el KCl. Para la determinación de las concentraciones de nitritos y nitratos en el extracto se utilizan diferentes métodos que incluyen técnicas colorimétricas, microdifusión, vapor de destilación, análisis de inyección de flujo, cromatografía de iones y electrodo de ión selectivo (Maynard y Kalra, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

**Sulfato.** El sulfato es la principal forma inorgánica de azufre en la mayoría de los suelos, aunque pueden estar presentes las formas elementales y en sulfuro bajo condiciones predominantemente anaerobias. Otras formas oxidadas como tiosulfatos, tetrionato o sulfito también pueden estar presentes en el suelo, pero sólo como intermediarios durante la oxidación o reducción del sulfuro. Los sulfatos pueden estar presentes en formas solubles, adsorbidos en la superficie del suelo o como sales insolubles (yeso o asociados con carbonato de calcio). Teóricamente el sulfato biodisponible en fertilidad de suelos es el adsorbido y el soluble,



mientras que el insoluble no se considera directamente disponible (Kowalenko, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

Diferentes soluciones extractoras se han empleado en las determinaciones de sulfato en suelo, entre ellos se reportan el agua, acetatos, carbonatos, cloruros, fosfatos, citratos y oxalatos. Para cuantificar sólo el sulfato soluble, la elección teórica es el agua; sin embargo, comúnmente se emplea una solución salina débil en bajas concentraciones, como el cloruro de calcio para flocular el suelo y para poder disminuir materia orgánica coloreada; o el cloruro de litio que presenta el efecto benéfico adicional de inhibir la actividad microbiana. Para recuperar todo el sulfato adsorbido se recomienda una alta relación extractante: suelo, e incrementar el pH por arriba de 6.5 para neutralizar las cargas positivas que establecen la adsorción del sulfato al suelo, y a su vez evitar una extracción ácida de porciones de yeso o sulfato asociado a carbonatos. Sin embargo, a pH altos también se extrae materia orgánica coloreada (Kowalenko, 1993) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

Se han desarrollado varios métodos para la cuantificación de iones: turbidimétricos, volumétricos, gravimétricos o colorimétricos después de precipitar al sulfato como sulfato de bario o después de la reducción ácida a sulfuro. Otros métodos emplean cromatografía de iones, plasma inductivamente acoplado y fluorescencia de rayos X.

El método que se describe a continuación emplea la electroforesis ión capilar (EIC), que es una tecnología de separación relativamente nueva (1990) para el análisis de iones inorgánicos y orgánicos en solución acuosa (ASTM D6508, 2000; Krol et al., 2000; US EPA 6500, 1998; US EPA 4140, 1998b) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006).

**Sulfuro de hidrógeno y metano.** La actividad microbiana sulfato-reductora y metanogénica de los microorganismos presentes en un suelo, agua o sistemas de cultivo en

laboratorio, se puede determinar con la presencia de sulfuro ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ) (Salminen et al., 2004; Tiehm y Schulze, 2003; Atteia y Franceschi Loser, 2002; Lors et al., 2001; et al. 1998) (citado en Instituto Mexicano de Petróleo. 2006). Esta determinación puede realizarse por cromatografía de gases, por ser un método sensible a bajas concentraciones. La determinación de la actividad metabólica, anaerobia o aerobia, a través de los metabolitos liberados ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ), permite relacionar la pérdida de hidrocarburos con la actividad microbiana; factor esencial principalmente en el seguimiento de la atenuación natural y en estudios de biodegradación de hidrocarburos.

El detector de ionización de flama (FID) es no selectivo, emplea la combustión de hidrógeno para la ionización de los compuestos orgánicos. Este tipo de sistemas es utilizado para la separación y detección de compuestos orgánicos en muestras ambientales.

El detector de quimioluminiscencia (SCD) es selectivo para compuestos azufrados. La operación se basa en la reacción de ozono con monóxido de sulfuro producido por la combustión del analito. La luz producida por la combustión es detectada con un fotomultiplicador sensible a la luz azul.

**2.1.11 Calidad del Suelo.** El suelo representa un factor de producción y en este estudio se busca evaluar la calidad del suelo que determina la sostenibilidad de la producción en un agroecosistema, ambos conceptos definidos anteriormente, pero que en este caso se utilizarán en conjunto, debido que al evaluar calidad del suelo se busca de cierta forma conocer si es posible producir sosteniblemente en un suelo determinado (León, T. s. f. (a); Corrales, E. 2002).

Por lo que un suelo de buena calidad, es aquel del que se pueden obtener cultivos, sanos y de alto rendimiento, con el menor impacto negativo sobre el ecosistema. Adicionalmente un suelo sano posee propiedades de regulación o amortiguación frente a perturbaciones naturales (ej.

clima) o antrópicas, proporcionando un ambiente estable al crecimiento saludable de los cultivos. En otras palabras los factores que determinan la calidad del suelo, son aquellos que influyen en el crecimiento del cultivo y muchos de estos factores no son propiedades de la fertilidad propiamente dicha, como puede ser la estructura del suelo (Karlen, D. et al. 1992; Vandermeer, J. 2011).

Parr, J et al. (1992 p.5) afirman que “las diferentes propiedades químicas físicas y biológicas de un suelo interactúan de formas complejas determinando la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos. La integración de estas propiedades junto al nivel de productividad es conocido comúnmente como calidad del suelo”.

La Calidad del suelo es un atributo que puede ser inferido por características específicas del suelo como son: compactación, erosión, pH, materia orgánica etc. tomando en cuenta que no incluye solo fertilidad sino que también se refiere a la integridad de la estructura del suelo. Ya la pérdida de calidad de suelo puede definirse como la degradación del suelo (Karlen, D. et al. 1992; Parr, J et al. 1992).

Para evaluar la calidad de los suelos deben ser medidas u observadas las propiedades químicas, físicas y biológicas; haciendo énfasis en esta última debido que los microorganismos e invertebrados del suelo cumplen un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, así como en el ciclo de nutrientes. Adicionalmente los procesos biológicos contribuyen a la resiliencia y a la capacidad amortiguadora del suelo frente a cualquier stress ambiental o antrópico. Paralelamente está el Carbono, el cual es un elemento esencial en los suelos, razón por la cual la materia orgánica representa un factor crítico al influir sobre casi todas las propiedades (físicas, químicas y biológicas) que definen la calidad del suelo así como en el ciclo de nutrientes (Parr, J et al. 1992; Magdoff, F. 1999; Karlen, D. et al. 1992).

Evaluando la calidad del suelo es posible comprender el efecto que generan las prácticas y manejos sobre los suelos para posteriormente poder sugerir estrategias que mejoren la calidad del suelo (Parr, J et al. 1992; Magdoff, F. 1999; Karlen, D. et al. 1992).

Para complementar León, T. (s.f. (a) p.4) afirma apoyado en estudios actuales que “un suelo sano, con adecuados contenidos de nutrientes y de materia orgánica, bien estructurado y manejado con visión integral, respetando los ciclos y las leyes de los ecosistemas, es garantía suficiente para obtener rendimientos altos (producción) y sostenibles”.

**2.1.12 Indicadores de calidad del suelo.** Para evaluar las condiciones del suelo existen una serie de indicadores de calidad estandarizados que sirven como referencia (SQI. 1996). Los indicadores permiten evaluar el estado de los suelos a través de observaciones o mediciones que nos indican si un suelo es sano, productivo o si por el contrario; se encuentra degradado (Altieri, M. y Nicholls, C. 2001).

Los indicadores son un grupo de mediciones u observaciones definidos por investigadores que por experiencia reconocen dichos datos como relevantes y sirven de referencia para evaluar cierto sistema o recurso. Los indicadores suelen funcionar no solo para describir sino para monitorear el mismo objeto de estudio en el tiempo. Los indicadores son una herramienta muy adecuada para evaluar y llevar seguimiento de un agroecosistema, pero si se quiere evidenciar la viabilidad de este sistema, dichos indicadores deben ser pertinentes en el tiempo, espacio, y las condiciones específicas de estudio (SQI. 1996, Parr, J et al. 1992; Magdoff, F. 1999; Karlen, D. et al. 1992). Por medio de estos indicadores se podrá evaluar la calidad del suelo.

**2.1.13 Contaminación de suelo.** La contaminación es el cambio indeseable sobre las características físicas, químicas o biológicas del ambiente, debido principalmente a las diferentes

actividades humanas. A pesar que la propia naturaleza sufre también de contaminación natural; erupciones volcánicas e incendios forestales, esta ha sabido sobreponerse a través del tiempo, a diferencia cuando hablamos de contaminación generada por actividades humanas la naturaleza se ha visto afectada de súbitamente, debido al ritmo acelerado de las grandes ciudades (Wagner, 1996).

### 2.3 Marco Teórico

El suelo es un componente fundamental en los ecosistemas terrestres para la nutrición y soporte de las plantas. En los agroecosistemas; cumple análogamente la misma función; siendo indispensable para la producción agropecuaria. De la conservación y buen manejo del suelo depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras (Gliessman, R. 2002; Vandermeer, J. 2011).

Por consiguiente, se considera imprescindible investigar los diferentes enfoques, teorías y modelos sobre las características fisicoquímicas del suelo y sobre la calidad del agua y con relación a esto se debe entender los conceptos sobre la influencia en el uso del suelo, con el fin de poder comprender su finalidad o propósitos más detalladamente.

**2.3.1 Cuenca Hidrográfica.** La cuenca es un sistema de captación y concentración de aguas superficiales en el que interactúan recursos naturales y asentamientos humanos dentro de un complejo de relaciones, donde los recursos hídricos aparecen como factor determinante. El territorio de la cuenca facilita la relación entre sus habitantes, independientemente de si éstos se agrupan allí en comunidades delimitadas por razones político-administrativas, debido a su

dependencia común a un sistema hídrico compartido, a los caminos y vías de acceso y al hecho de que deben enfrentar peligros comunes.

El concepto de cuenca hidrográfica posee connotaciones amplias dependiendo de los objetivos que se persiga. Los intereses perseguidos determinan, de algún modo, su definición y caracterización, y por consiguiente su planificación y manejo. En general, para efectos de la gestión y administración de los recursos naturales, la cuenca hidrográfica se ha entendido, bien como una fuente de recursos hidráulicos, bien como un espacio ocupado por un grupo humano, que genera una demanda sobre la oferta de los recursos naturales renovables y realiza transformaciones del medio, bien como un sistema organizado de relaciones complejas, tanto internas como externas (García, 2015).

**2.3.2 La Gestión Integral del Recurso Hídrico.** Si bien en la región, algunos conceptos relacionados con la gestión del agua no son muy claros, lo cual atenta con el intercambio de ideas y ocasiona conflictos. La Gestión Integral del Recurso Hídrico ha tomado fuerza, por ende, según la CEPAL; declara el espacio conformado por la cuenca, como la base para realizar una gestión integral del agua y ésta se encuentra directamente relacionada con el uso del suelo, el aprovechamiento del agua, y el factor ecosistémico. De la misma manera, en el programa 21 (Conferencia de las Naciones Unidas 1992), se hace énfasis en la ordenación integrada de los recursos hídricos, en la que se incluye tierras y agua. También en el 2001, en la Conferencia Internacional sobre el Agua, se retoma lo dicho anteriormente, que las cuencas son los marcos de referencia para realizar la gestión integral del recurso hídrico.

Lo anterior se justifica, porque las cuencas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico, que se encargan de receptor el agua que proviene de las precipitaciones, manteniéndola como oferta para los ecosistemas y las poblaciones que se encuentran ubicadas

cerca a las mismas. En este contexto, la cuenca alta y la cuenca baja guardan una gran relación en lo concerniente a cantidad y calidad de agua, por lo tanto, si los habitantes de la cuenca alta explotan los diferentes recursos naturales, que se encuentran relacionados con ésta, entonces los habitantes de aguas abajo van a ser afectados directamente porque la cuenca se encuentra organizada como un sistema y la afectación de uno de sus componentes, influyen en la disponibilidad de agua y en el sistema en general. De acuerdo a ésto la cuenca en su conjunto juega un papel fundamental para la toma de decisiones en una región, justificándose por ende, la intervención del estado para la solución de los conflictos relacionados, dependiendo de lo anterior, se presenta una influencia directa sobre la calidad de vida de la población y sobre el desarrollo de la región (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002).

**2.3.1 La gestión ambiental, como accionar sobre el recurso hídrico.** Para empezar a realizar el recorrido por la gestión ambiental, cabe en primer lugar dar una mirada rápida, al concepto de gestión, el cual es un proceso que comprende determinadas funciones y actividades organizativas, que los gestores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos y metas deseadas, este proceso se encuentra integrado por regla general, por funciones como: planificar, ejecutar y controlar, como núcleo del proceso (Muriel, 2006).

De esta manera, empieza a adaptarse al término de gestión, al de ambiente y es así, como la gestión ambiental nace en los años 70 del siglo XX, definida como la reorientación de parte del pensamiento ambiental (ecodesarrollo y desarrollo sostenible), como instrumento de diagnóstico y planificación (planes, programas y proyectos), para la resolución de los problemas ambientales. Es en este momento, precisamente cuando toma fuerza el cuidado del medio ambiente, porque empiezan a conformarse grupos e instituciones que luchan por la misma causa (Muriel, 2006).

En este contexto, fue de gran influencia la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, reunida en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972, donde los principios expuestos, forman parte del impulso que tomó desde ese momento el cuidado por el medio ambiente, por lo tanto; cabe resaltar el principio 2, en donde se expresa que: los recursos naturales incluidos, el aire, el agua, la tierra, la flora y fauna, especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa planificación u ordenación según convenga.

A continuación y tratando de establecer un orden cronológico, se citan algunas definiciones de gestión ambiental, que han surgido de diferentes pensadores del ambiente, a nivel internacional y nacional.

En este respecto, como una de las primeras definiciones se encuentra que la gestión ambiental como la administración y manejo de todas las actividades humanas que influyen sobre el medio ambiente, mediante un conjunto de pautas, técnicas y mecanismos, que aseguren la puesta en práctica de una política ambiental, racional y sostenible (CEPAL, 1981),.

En este orden de ideas, en Colombia existen varios autores que han escrito sobre la gestión ambiental, es así como se encuentra el concepto de una de las personalidades que ha brindado grandes aportes al cuidado del medio ambiente, desde su labor en el INDERENA, su participación en la formulación de algunos artículos de la Constitución Nacional y de igual manera en el marco regulatorio nacional. Otro planteamiento es; que se entiende por gestión ambiental, en el diagnóstico ambiental, toda acción antrópica, capaz de alterar esencialmente el ambiente humano, en relación con el cumplimiento de los objetivos de un sistema específico; ésto incluye las gestiones consideradas buenas y malas, contempladas así por la percepción social. Por lo tanto, es imposible señalar las acciones humanas que gestan ambiente, porque la simple existencia del hombre ocasiona absorción y emisión de flujos, que cambian la



organización y la forma de los elementos que se encuentran a su alrededor y por lo tanto gestan continuamente ambientes nuevos; este concepto se convierte en algo inconmensurable (Carrizosa, 1982).

**2.3.3 Sustentabilidad Ambiental.** La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrentan los países es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Solo así se puede alcanzar un desarrollo sustentable. Desafortunadamente, los esfuerzos de conservación de los recursos naturales y ecosistemas suelen verse obstaculizados por un círculo vicioso que incluye pobreza, agotamiento de los recursos naturales, deterioro ambiental y más pobreza.

Por consiguiente, la sustentabilidad ambiental requiere así de una estrecha coordinación de las políticas públicas en el mediano y largo plazo. Esta es una premisa fundamental para los Gobiernos, lo que debe traducirse en esfuerzos significativos para mejorar la coordinación interinstitucional y la integración intersectorial. La sustentabilidad ambiental será un criterio rector en el fomento de las actividades productivas, por lo que, en la toma de decisiones sobre inversión, producción y políticas públicas, se incorporarán consideraciones de impacto y riesgo ambientales, así como de uso eficiente y racional de los recursos naturales. Asimismo, se debe promover una mayor participación de todos los órdenes de gobierno y de la sociedad en su conjunto en este esfuerzo. La consideración del tema ambiental será un eje de la política pública que esté presente en todas las actividades de los gobiernos (Presidencia de México, 2012).

**2.3.4 Sustentabilidad del Recurso Hídrico.** Uno de los elementos esenciales del desarrollo sustentable, se refiere al recurso hídrico. Esta sustentabilidad parte del principio de cubrir la demanda del recurso para los diversos usos con la oferta existente, sin llegar a una sobre-explotación de las fuentes o utilizar el gasto ecológico de los cauces. Sin embargo, es necesario considerar no solamente el aspecto de la cantidad sino igualmente y tal vez más importante, la calidad del recurso, así como la relación con salud, y biodiversidad, e indicadores como la llamada “huella hídrica”.

La disponibilidad de agua, será igualmente determinante para la actividad económica de las regiones si se cuenta o no con el recurso hídrico en ella. También es importante, heredar a las generaciones futuras, una sociedad con oportunidades iguales o mejores a las actuales. El mejoramiento de la administración del recurso es importante para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio (Kundzewicz, 2007). Además, la administración sustentable del recurso hídrico debe considerarse dentro del marco interactivo que contempla los tres pilares del desarrollo sustentable: social, económico y medioambiental (Fig. 1).



Figura 2. Pilares de la Sustentabilidad Hídrica

Fuente: Lacayo, 2008

## 2.4 Marco Legal

Para el desarrollo del presente trabajo de grado se tendrán en cuenta las siguientes normas.

### **Normatividad sobre el recurso hídrico**

**2.4.1 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III.** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

Artículo 99: Establece la obligatoriedad de tramitar el respectivo permiso de explotación de material de arrastre

Art. 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces.

**2.4.2 Decreto 1449 de 1977.** Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.

Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática. (Ministerio del Medio Ambiente, 1977)

**2.4.3 Decreto 1541 de 1978.** Por el cual se reglamenta la parte III del Libro II del decreto - ley 2811 de 1974: 'De las aguas no marítimas' y parcialmente la ley 23 de 1973.

Aguas continentales: Art. 44 a 53 Características de las concesiones, Art. 54 a 66 Procedimientos para otorgar concesiones de agua superficiales y subterráneas, Art. 87 a 97: Explotación de material de arrastre, Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de ocupación de cauces, Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224: Vertimiento por uso doméstico y municipal, Art. 225: Vertimiento por uso agrícola, Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial, Art. 231: Reglamentación de vertimientos (corp. autonoma regional de santander, 2014).

**2.4.4 Decreto 1681 de 1978.** Por el cual se reglamentan la Parte X del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 que trata de los recursos hidrobiológicos, y parcialmente la Ley 23 de 1973 y el Decreto - Ley 376 de 1957 (Ministerio de Agricultura, 1978).

#### **2.4.5 Ley 09 de 1979.** Código sanitario nacional

Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua (Congreso de Colombia, 1979).

**2.4.6 Decreto 2858 de 1981.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978 (Ministerio de Ambiente, 1981).

Artículo 1.- El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, como las Corporaciones Regionales de Desarrollo podrán otorgar permisos especiales hasta por el término de un año, para la realización de estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de aguas con destino a la formulación de proyectos de riego a nivel de finca o grupos de fincas, cuando el costo de tales estudios y de las obras civiles correspondientes vayan a ser financiados con recursos del Banco de la República en los términos de la Resolución número

28 de 1981 expedida por la Junta Monetaria, o de las disposiciones que se expidan con igual finalidad.

**2.4.7 Decreto 2105 de 1983.** Reglamenta parcialmente la Ley 09 de a 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 1983).

Artículo 2: De conformidad con los artículos 594 y 597 de la Ley 09 de 1979, la salud es un bien de interés público. En consecuencia son de orden público las disposiciones del presente Decreto, mediante las cuales se regulan las actividades relacionadas con la potabilización de las aguas para consumo humano.

**2.4.8 Decreto 1594 de 1984.** Normas de vertimientos de residuos líquidos (Presidencia de la Republica, 1984)

Art. 1 a 21 Definiciones. Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 142 Tasas retributivas. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras.

**2.4.9 Decreto 79 de 1986.** Conservación y protección del recurso agua (Congreso de Colombia, 1986).

**Artículo 1º.-** Declárense áreas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación del agua, las siguientes:

- a. Todos los bosques y la vegetación natural que se encuentren en los nacimientos de agua permanente o no, en una extensión no inferior a doscientos (200) metros a la redonda, medidos a partir de la periferia.
- b. Todos los bosques y la vegetación natural existentes en una franja no inferior a cien (100) metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sena permanentes o no alrededor de los lagos, lagunas, ciénagas o depósitos de agua que abastezcan represas para servicios hidroeléctricos o de riego, acueducto rurales y urbanos, o estén destinados al consumo humano, agrícola, ganadero, o la acuicultura o para usos de interés social.
- c. Todos los bosques y la vegetación natural, existentes en el territorio nacional, que se encuentren sobre la cota de los tres mil (3.000) metros sobre el nivel del mar. Ver Ley 373 de 1997 Programa para el uso eficiente y ahorro de agua

**2.4.10 Decreto 1700 de 1989.** Crea Comisión de Agua Potable (Presidencia de la Republica, 1989).

Que el Gobierno Nacional ha formulado el Plan de Ajuste del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (PAD), orientado a elevar la cobertura y calidad de los servicios de acueductos y alcantarillados en el país, y a fortalecer el nuevo marco institucional dispuesto por las normas de descentralización.

**2.4.11 Ley 99 de 1993.** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Congreso de la Republica, 1993).

Art. 10, 11, 24, 29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.

**2.4.12 Ley 373 de 1997.** Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (Congreso de la Republica, 1997).

Artículo 1o. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos.

**2.4.13 Decreto 1729 de 2002.** Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones (Presidencia de la Republica, 2002).

**Artículo 1°.** *Definición de cuenca.* Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

**Artículo 2°.** *Delimitación de la cuenca.* Una cuenca hidrográfica se delimita por la línea de divorcio de las aguas. Se entiende por línea de divorcio la cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas.

Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con la línea divisoria de aguas, sus límites serán extendidos subterráneamente más allá de la línea superficial de divorcio hasta incluir la de los acuíferos subterráneos cuyas aguas confluyen hacia la cuenca deslindada.

**Artículo 3°.** *Del uso.* El uso de los recursos naturales y demás elementos ambientales de la cuenca, se realizará con sujeción a los principios generales establecidos por el Decreto-ley 2811 de 1974, Ley 99 de 1993, sus normas reglamentarias y lo dispuesto en el presente Decreto.

**2.4.14 Decreto 1575 de 2007.** Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Presidencia de la Republica, 2007).

Artículo 1°.- Objeto y campo de aplicación. El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

### **Normatividad sobre el recurso suelo**

**2.4.15 Decreto 2811 de 1974.** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Presidencia de la Republica, 1974).



**Artículo 1º.-** *El ambiente es patrimonio común.* El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social. (C.N. artículo 30).

**Artículo 2º.-** Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos.

**2.4.16 Ley 388 de 1997.** Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo (Congreso de Colombia, 1997).

**Artículo 33º.-** *Suelo rural.* Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas. Ver Decreto Nacional 1337 de 2002, Ver el art. 21, Ley 1469 de 2011.

## Capítulo 3. Diseño Metodológico

### 3.1 Tipo de Investigación

Para el presente proyecto, se realizó una investigación básica descriptiva, ya que se busca describir el estado de la cuenca identificando las relaciones suelo-agua, partiendo así de la generación de conocimientos a los problemas de la sociedad en particular a la comunidad del corregimiento de la Ermita, de igual forma se utilizó una metodología descriptiva teniendo en cuenta que en la cuenca se tomaron tres muestras puntuales de agua y suelo ubicadas en diferentes puntos de la cuenca (parte media), de esta forma se dio una perspectiva más clara de las condiciones en que se encuentra actualmente la cuenca ya mencionada.

Para la ejecución del proyecto de caracterización del cuerpo de agua proveniente de la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita, se tuvieron en cuenta una serie de actividades alcanzables en un periodo a corto plazo de (2 meses), donde se pudo observar el estado actual en que se encuentra la cuenca y los usos del suelo de la zona de estudio y de esta forma realizar los análisis pertinentes sobre el recurso hídrico y el suelo, ya que según Hernández Sampieri “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis” (Hernández, 2010).

Por su parte, se desarrolló una investigación con enfoque mixto, puesto que se elaboraron datos estadísticos los cuales fueron analizados cuantitativamente por medio de tablas y gráficos y cualitativamente a partir de su análisis, todo esto basado en un diseño no experimental.

## 3.2 Población y Muestra

**3.2.1 Población.** La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. Según Tamayo y Tamayo (Tamayo, 2002): “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.



Figura 3: Cuenca del Río Algodonal  
 Fuente: La Opinión

La población objeto de estudio que se tendrá en cuenta en el proyecto, está representada por las 74.639,8 hectáreas correspondientes al área total de esta cuenca (ver figura 3), la cual presenta como características una forma alargada y 62,7 km de longitud, esta se encuentra entre los 950-3680 m.s.n.m. y en esta se encuentra la influencia de Ocaña, la Ermita, la Playa de Belén, Teorama y Abrego. A nivel veredal en la cuenca existen 168 veredas, de las cuales participan

parcialmente 67 veredas y las incluidas totalmente son 101, la cuales corresponden a los poblados que se encuentran en el área de influencia de esta cuenca (Corponor, 2010), así mismo se cómo se observa en la figura 4 se presenta el polígono correspondiente a la delimitación de la cuenca del Rio Algodonal,



Figura 4. Polígono delimitación de la cuenca del Rio Algodonal

Fuente: Shp público y autores del proyecto

**3.2.2 Muestra.** La zona de estudio que se tuvo en cuenta en el proyecto como muestra corresponde aproximadamente a 879,915 km<sup>2</sup> del corregimiento de la Ermita ( ver figura 5), teniendo esta una participación total dentro de la cuenca ya que su área se encuentra incluida en la misma, esta una zona es montañosa, de buena accesibilidad topográfica, con actividades económicas como la agricultura, la ganadería, y las casetas comerciales, entre otros, hay que mencionar además, que en esta zona es localizada el área donde se tomaron los diferentes muestreos que fueron realizados para el desarrollo de la investigación en la zona de influencia de cuenca.



Igualmente, según datos recogidos del POT del municipio de Ocaña, esta zona se encuentra como Corredor vial suburbano La Ermita la cual comprende:

El tramo de la vía de primer orden Ocaña – Cúcuta entre el kilómetro 1+800 y el Centro Poblado La Ermita a la altura del Instituto Tecnológico Carlos Hernández Yaruro. En este corredor se busca el asentamiento de actividades turísticas, recreacionales, entretenimiento, agrícolas y aprovechamiento del paisaje.



Figura 5. Localización Zona de Muestra  
Fuente: autores del proyecto, google earth



Figura 6: Localización zona de muestreo

Fuente: autores del proyecto, google earth

En la figura 6 se localiza el área donde se tomaron los muestreos que fueron realizados para el desarrollo de la investigación en la zona de influencia de la cuenca del Rio algodonal a continuación se describen los puntos con su ubicación geográfica:

Punto 1 de muestreo	8°10'40.21"N, 73°19'5.19"O
Punto 2 de muestreo	8°10'46.87"N, 73°19'0.91"O
Punto 3 de muestreo	8°10'48.37"N, 73°18'56.26"O

### 3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Como primer paso se efectuó una recopilación y organización de la información. Luego se realizó el trabajo de campo que consistió en la toma de muestras para su posterior análisis y la Georeferenciación de cada uno de los puntos antes mencionados, para posteriormente hacer una visualización de la zona identificando los posibles factores que influyen en la afectación de la cuenca, de igual forma se realizó una encuesta a los habitantes de la zona para conocer de primera mano los usos de agua y de suelo presentes en la zona así como, su opinión acerca del estado actual de la zona de influencia.

El proyecto se dividió en tres etapas para un mejor desarrollo del mismo, en la primera etapa se realizó un reconocimiento de la zona de estudio, en la segunda etapa se recogió la información y en la tercera se efectuó el análisis de los datos recolectados las cuales se estudiaron más a fondo a continuación.

**3.3.1 Fase 1. Reconocimiento preliminar de la zona de estudio.** Se buscó hacer una caracterización general de la muestra con el fin de identificar su ubicación geográfica, topografía de la zona y condiciones socio-ambientales, por medio de información cartográfica obtenida por medio del shp público de la cuenca del Rio algodonal, Como segunda instancia se aplicó una encuesta (ver apéndice 2) a 60 familias correspondientes a un 50% de la población. Dicha encuesta se diseñó con 15 preguntas, dividida en tres partes: la primera Conocimiento de la población, la segunda Conocimiento de los usos del suelo y la tercera Conocimiento de los usos del agua, como producto de estas actividades se obtuvo un registro fotográfico en la zona (ver apéndice 1), y por último la georreferenciación para poder establecer los puntos de muestreo, en la zona media de la cuenca y la consulta de documentos oficiales tales como el POT, POMCHRA, Ley 388 de 1997, entre otros.

**3.3.2 Fase 2. Recolección de información.** En esta fase se contempló la recolección de las respectivas muestras de la cuenca para su posterior análisis en el laboratorio, para esto se realizó la toma de 6 muestras de las cuales tres de ellas corresponden a agua (tomadas en temporada seca y temporada invernal) y tres a suelo estas se tomaron en tres puntos diferentes de la cuenca en la parte media, los criterios de selección y cantidad de muestras fueron referenciados por la metodología propuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Para la recolección de las muestras de agua para el análisis de los parámetros físico-químicos se midieron parámetros como: alcalinidad, dureza Total, conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Suspendidos, Potencial de Hidrogeno, Demanda Biológica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>, y Coliformes totales, por medio de los cuales analizaremos los ICOS.

Se recolectaron muestras puntuales, 1000 ml en recipiente plástico esterilizado para la ejecución de los análisis físicos químicos y 250 ml en recipiente de vidrio para los análisis microbiológicos.

Para la recolección de muestras de suelo para el análisis de parámetros como Estructura, Textura, Profundidad del Perfil, Drenaje Interno, Contenido de materia Orgánica, Conductividad, Acidez Intercambiable, PH, Porcentaje de carbonatos, capacidad de intercambio catiónico, ya seleccionado el sitio de muestreo se tomaron tres muestras compuestas (es una mezcla de varias submuestras que se tomó en diferentes sitios y a una profundidad determinada) en cada punto ubicado, se abrió una calicata cuyas dimensiones generales son de 1m de ancho x 2 m de largo x 1,5m de profundidad (la cual varía de acuerdo con el espesor del suelo la profundidad de la roca madre o de la capa freática) para establecer la profundidad de muestreo se recomienda 0-10cm para pastos de pastoreo, 0-20/25cm para cultivos comerciales y pastos de corte 0-25 y 25-50cm



para frutales y especies forestales, en general; el estándar de muestreo es de 0-20cm por que la mayoría de plantas tiene su mayor densidad radicular en este segmento del suelo.

Al abrir la calicata se realiza en forma de “V” o triangulo invertido se toma la muestra y se pone en un balde, una vez abierta la calicata se puede analizar los horizontes para obtener características del suelo como estructura, textura, etc., si la cobertura es de pastos, antes de tomar la muestra se debe retirar el césped para descubrir el suelo; de igual manera, se debe limpiar la capa de hojarasca del suelo cuando se encuentra bajo árboles frutales o especies forestales antes de tomar la muestra, empacar en una bolsa plástica entre 750 y 1000 gramos de suelo y cerrarla herméticamente, rotular con la información de campo la ficha de identificación y sujetarla a la bolsa (Gómez, 2006).

Para la realización del muestre se utilizaron las siguientes herramientas de trabajo:

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

6 recipientes (3 frascos para la medición microbiológica, tapa azul de 250 ml, 3 frascos de plásticos de 1 litro)

1cronometro.

Cinta de enmascarar.

Lapiceros.

1 flotador

La bitácora

**3.3.3 Fase 3.** La tercera fase es el análisis de las muestras realizadas que se especifican a continuación:

Parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua (pH, Dureza Total, Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, DBO5, sólidos suspendidos, nitritos, nitratos, hierro total, color, conductividad,

sulfatos y turbiedad, Escherichia Coli, coliformes totales) Estos se realizaron en el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, para determinar cada uno de los componentes mediante pruebas fotométricas y titulométricas para los parámetros físico químicos y el método de filtración por membrana para los parámetros microbiológicos.

**3.4.5 Procesamiento y análisis de la información del agua** Para el estudio de los parámetros físico- químico y microbiológico tomado en cada uno de los puntos de muestreo antes mencionados, se realizó el análisis de cada uno de los factores necesarios para observar las condiciones en que se encuentra en recurso hídrico mediante los ICO, los cuales me permiten determinar el grado de contaminación que se presenta en la cuenca.

Se realizó una estandarización para poder comparar los diferentes parámetros fisicoquímicos, mediante la aplicación de los siguientes índices para la evaluación de la contaminación del agua, (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOPH) utilizando las formulas sugeridas En Ramírez (2007), para el cálculo de estos indicativos, se puede mencionar que el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) el cual se calcula con la conductividad, dureza y alcalinidad, el índice de contaminación por materia orgánica como se ilustra en la ecuación 1 (ICOMO) el cual se calcula con la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno como se muestra en la ecuación 2, el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) se determinara mediante la concentración de sólidos suspendidos como se observa en la ecuación 3 y finalmente el índice de contaminación por potencial de hidrogeno (ICOPH) el cual se determinara con el potencial de hidrogeno (pH) como se expone en la ecuación 4.

$$ICOMI: \frac{1}{3} (I \text{ Conductividad} + I \text{ Dureza} + I \text{ Alcalinidad})$$

Ecuación 1

$$ICOMO: \frac{1}{3} (I \text{ DBO} + I \text{ Coliformes} + I \text{ oxígeno}\%)$$

Ecuación 2

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos Suspendidos}$$

Ecuación 3






$$ICOPH = \frac{e^{-31,08+3,45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31,08+3,45 \text{ pH}}}$$

Ecuación 4

Los índices de contaminación se caracterizaran por medio de los colores establecidos por Ramírez (1997) como se ve en la tabla 4, donde se muestran las escalas de valores y colores que expresan el grado de contaminación del agua.

Tabla 4.

*Índices de contaminación*

CLASIFICACION	ESCALA	COLOR
NINGUNO	0 – 0,2	
BAJO	0,2 – 0,4	
MEDIO	0,4 – 0,6	
ALTO	0,6 – 0,8	
MUY ALTO	0,8 - 1	

Fuente: Ramírez, *et al*, 1997

**Procesamiento y análisis de la información del suelo:** Para el estudio de los parámetros fisicoquímicos del suelo se realizó el análisis de cada parámetro de acuerdo a lo estipulado por el IGAC en el documento Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos (Gómez, 2006) y también

se observaron las condiciones en que se encuentra el suelo la guía para la evaluación de la calidad y salud de los suelos (USDA, 1999) y observar así las condiciones actuales en que se encuentra el suelo y partiendo de la recolección de información brindada por documentos oficiales tales

Como:

POMCHRA

Ley 388 de 1997

POT

## **Capítulo 4. Administración del Proyecto**

### **4.1. Recursos Humanos**

La presente investigación será realizada por los responsables del proyecto, Alba Luz Jiménez Jiménez, John Jaider Agudelo Quintero.

El director del proyecto, Andrea Marcela Duarte Suarez, Magister

La comunidad del corregimiento de la Ermita, que se benefician de la cuenca del Rio Algodonal.

### **4.2. Recursos Materiales**

Para la ejecución del presente proyecto será indispensable la utilización de equipos, material de oficina necesario, dispositivos de almacenamiento masivo, entre otros.

### **4.3. Recursos Institucionales**

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, donde se tendrá acceso a los recursos bibliográficos de la biblioteca y a los laboratorios para el análisis de las muestras de agua y suelo.

### **4.4. Recursos Financieros**

Los costos que se requieren en la investigación serán financiados por las responsables del presente proyecto de investigación y estos ascienden a la suma de \$ 1.600.000 pesos de acuerdo a la siguiente distribución:

**INGRESOS:**

Aporte investigadores	Alba Luz Jiménez Jiménez	\$ 800.000
	John Jaider Agudelo Quintero	\$ <u>800.000</u>
<b>Total</b>		<b>\$ 1.600.000</b>

**EGRESOS**

Papelería	\$ 350.000
Transporte	\$ 100.000
Internet	\$ 50.000
Fotocopias	\$ 100.000
Análisis de Laboratorio	\$ 800.000
Otros Gastos Generales	\$ 200.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.600.000</b>

## Capítulo 5. Resultados y Análisis

### 4.1 Identificar los usos del suelo de la zona circundante a la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita

Para lograr la caracterización de la zona circundante a la cuenca del Rio Algodonal, se realizó una encuesta (ver apéndice 2) a 60 familias de la Vereda San Luis y el corregimiento la Ermita, la cual se ejecutó en los días 6-7 y 9 de noviembre de 2017, a los habitantes asentados en la zona, la cual se encuentra dividida en tres partes, una para conocimiento de la población, otra para conocimiento de los usos del suelo y otra para el conocimiento de los usos del agua, de donde se obtienen los siguientes resultados:

#### A) Conocimiento de la Población

Se obtiene que el 73,33% de la población es mayormente temporal (población que vive en el corregimiento por más de 15 años), donde también un 10% de la comunidad es habitante de 1-5 años y otro 10% de 10-15 años, mientras que un 6,66% pertenece a los ciudadanos de 5-10 años de vivir en este corregimiento, y donde algunos de los pobladores de la zona se presentan reacios ante la presencia de los responsables del proyecto, con un 63,33% de personas entre las edades de 25-40 años, de los cuales 43,33% pertenece a mujeres y 56,66% a hombres, el 5% corresponde a pobladores menores de 18 años, el 63,33% son ciudadanos entre los 25-40 años, así mismo, el 8,33% se refiere a los habitantes mayores de 40 años, donde un 40% de la población no cuenta con educación formal, un 46,66 cuenta con educación primaria y un 13,33% de la población tiene estudios secundarios o universitarios

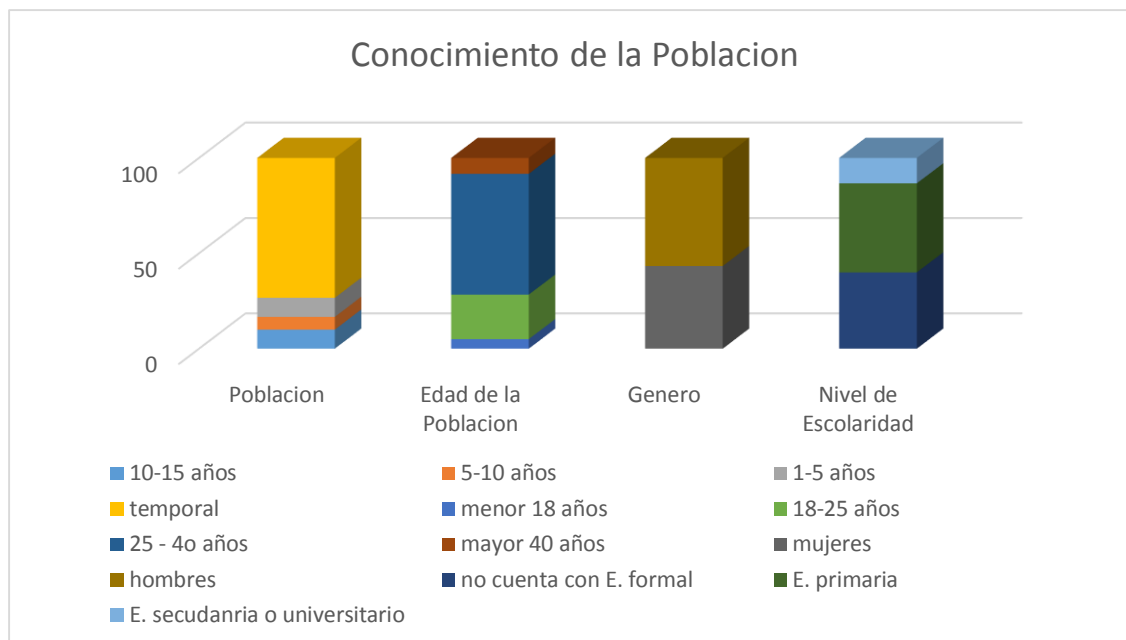


Figura 7. Resultados Encuesta Conocimiento de la Población

Fuente: Datos recolectados con la población de la cuenca del Rio Algodonal

### B) Conocimiento de los usos del suelo

Se obtiene que de la población encuestada el 25% responde a que la actividad económica que realiza que es agricultura seguida por 11,66% que pertenece a la cría de animales tales como chivos, vacas, patos, entre otros y el 63,33% no responde a esta pregunta, el 13,33% concierne a los cultivos que más se presentan en la zona, los cuales son el frijol, tomate, ají topito, maíz y cebolla, donde se presenta una rotación de cultivos entre los 0 y 12 meses, también se determina que un 13,33% presenta la utilización de fertilizantes sintéticos tales como (reductil y atracol) y un 11,66% utiliza fertilizantes naturales como hojarasca, residuos de comidas y abono orgánico (bocachi), el 63,33% de los habitantes encuestados consideran que la fertilidad del suelo es buena, mientras que el 33,33% consideran que es regular y el 91,66% no han observado cambios notorios en el mismo. Al preguntar sobre la cantidad de agua aproximada que se utiliza para el



riego de los cultivos se obtuvo como resultado que el 13,33% de los encuestados utiliza un valor mayor al de 20 litros por hora, 3,33% comentó que poseían un tubo de 3 pulgadas el cual trabajaba por algo más de 4 horas y donde el 8,33% de los encuestados respondieron que poseían una captación directa de la cuenca para el sistema de riego de los cultivos.

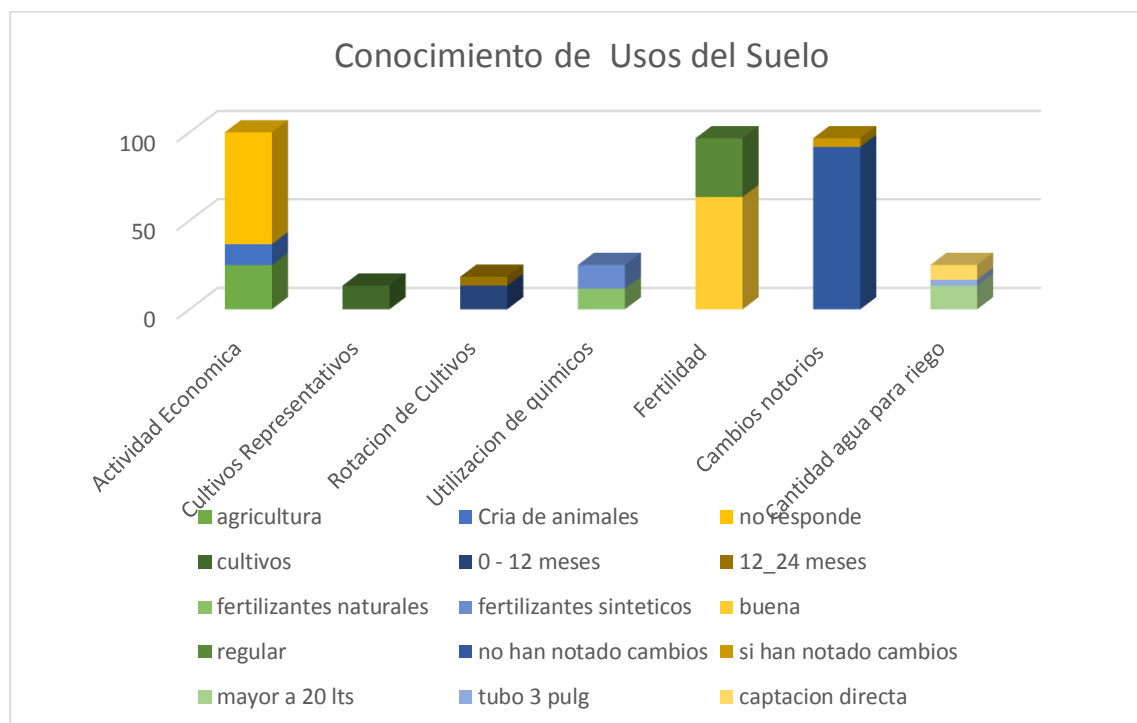


Figura 8. Resultados Encuesta Conocimientos del Usos del Suelo

Fuente: Datos recolectados con la población de la cuenca del Rio Algodonal

Al consultar el POT de Ocaña Norte de Santander, se obtiene que para efectos del régimen de usos asignados a cada una de las clasificaciones del suelo rural y suburbano, según el Modelo de Ocupación Territorial, las cabeceras de los corregimientos de Pueblo Nuevo, La Ermita, Buenavista, Aguas Claras y Otaré se elevan a la categoría de suelos suburbanos; mientras que se crean por su connotación zonas de actividad especializadas las cuales son: los usos Recreativos, Turísticos, Agropecuarios .

De esta manera, se puede determinar que los datos obtenidos en la encuesta para los conocimientos de los usos de suelo concuerdan con lo planteado en el POT de Ocaña Norte de Santander para el corregimiento de la Ermita.

### C) Conocimiento de los usos del agua

Se obtiene que de la población encuestada el 100% responde que no se encuentran conectados a una red de alcantarillado, y que disponen de las aguas residuales en pozos sépticos. La disposición de los residuos generados en los hogares se hace por medio del vehículo recolector. El 53,33% de habitantes encuestados consideran que la calidad del agua es buena, así mismo el 41,66% de los pobladores encuestados dicen que han notado cambios en la calidad del agua, mientras que el 58,33% dicen que no han notado cambios, al preguntar sobre el caudal de la misma en los últimos años se obtiene que el 56,66% de los encuestados han percibido un aumento del mismo, por otra parte, el 43,34% de la población no han observado cambios en el caudal.

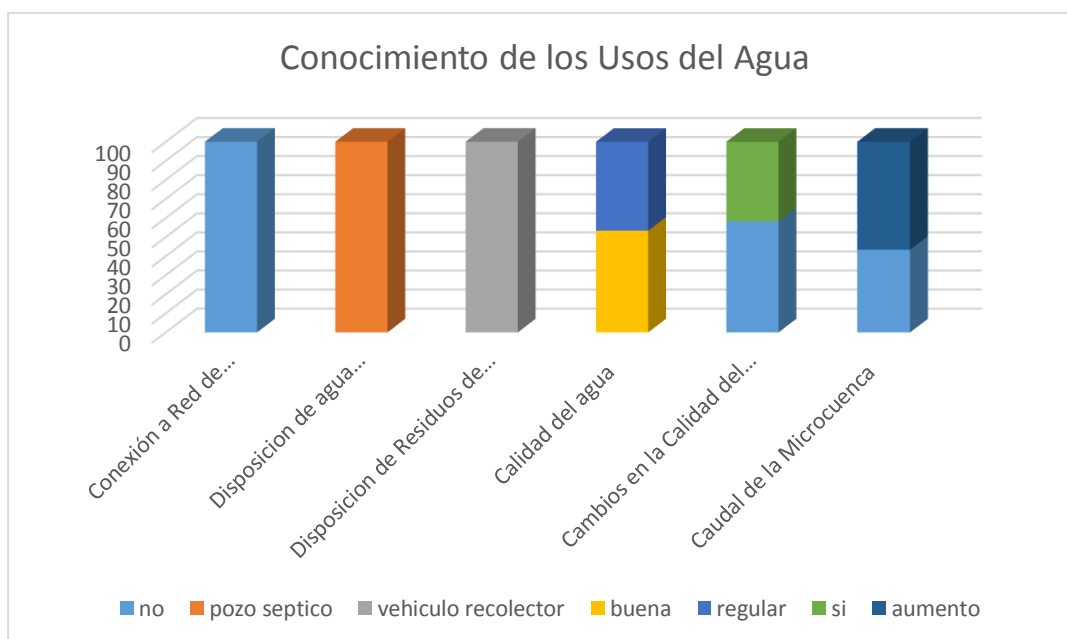


Figura 9. Resultados Encuesta Conocimientos del Uso del Agua

Fuente: Datos recolectados con la población de la cuenca del Rio Algodonal

**4.2 Determinar los índices de contaminación (ICOs) y los parámetros fisicoquímicos que inciden en la calidad del agua y el suelo en la cuenca del Rio Algodonal del sector de la Ermita**

**Resultados muestras de agua**

A continuación en la tabla 5 se observan los resultados obtenidos en el análisis realizado a las muestras de agua, cabe señalar que en el momento en el que es tomada la muestra la zona de estudio estaba en temporada seca

Tabla 5.

*Resultados muestras de agua*

PUNTO	PARÁMETROS IDENTIFICADOS							
	ALCALINIDAD D Mg/L CaCO <sub>3</sub>	DUREZA A TOTAL Mg/L CaCO <sub>3</sub>	CONDUCTIVIDAD D Ms/cm	OXIGENO DISUELT O Mg/L O <sub>2</sub>	SOLIDOS SUSPENDIDOS S Mg/L	pH	DBO <sub>5</sub> Mg/L	Coliformes totales NMP/100M l
<b>1</b>	40	40	270	3,5	140	8,5	330	>1100
<b>2</b>	40	50	244	3,9	240	6,9	370	>1100
<b>3</b>	45	40	79	4,1	190	6,9	390	>1100

Fuente: Laboratorio De Biotecnología Animal Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña y Laboratorio De Aguas Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

En primera instancia, es necesario reconocer que al observar los resultados obtenidos en el estudio realizado a las muestras, se percibe en los puntos de muestreo 1 y 2 presenta una similitud en los valores de los parámetros evaluados, mientras que, en el tercer punto de muestreo se distingue la variabilidad de los datos de estos parámetros con respecto a los anteriores, sin embargo la incidencia de esta alteración se notara en los resultados obtenidos al realizar el respectivo análisis con los Índices de Contaminación (Icos)

A continuación se muestra en la tabla 6 los resultados obtenidos en el análisis realizado a unas segundas muestras de agua tomadas, cabe señalar que en el momento en el que es tomada la muestra la zona de estudio estaba en temporada invernal.

Tabla 6.

*Resultados muestras de agua*

PUNTO	PARÁMETROS IDENTIFICADOS							
	ALCALINIDAD D Mg/L CaCO <sub>3</sub>	DUREZA A TOTAL Mg/L CaCO <sub>3</sub>	CONDUCTIVIDAD D Ms/cm	OXIGENO DISUELT O Mg/L O <sub>2</sub>	SOLIDOS SUSPENDIDOS S Mg/L	pH	DBO <sub>5</sub> Mg/L	Coliformes totales NMP/100M l
<b>1</b>	50	70	86	6,4	110	8,1	19	155
<b>2</b>	55	90	86	7.1	90	7,9	<2,0	145
<b>3</b>	55	60	83	5.1	150	7,8	195	165

Fuente: Laboratorio De Biotecnología Animal Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña y Laboratorio De Aguas Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Es necesario reconocer que al observar los resultados obtenidos en el estudio realizado a las muestras, se percibe que los puntos de muestreo presentan una similitud en los valores de los parámetros evaluados siendo esta una notoria diferencia presentada con los resultados obtenidos en las muestras anteriores.

Al hablar sobre los sólidos suspendidos los cuales son definidos como la porción de sólidos existentes en el agua, y estos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua, así mismo estos se relacionan directamente con parámetros como el Oxígeno Disuelto, la DBO y las coliformes, en cuanto a la producción de oxígeno en un cuerpo de agua está muy relacionada con la fotosíntesis, y su consumo depende de la respiración y descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas, en la muestra tomada observamos que el oxígeno disuelto, se encuentra en un rango de 0-7 combinando las dos muestras, es decir que, existe la presencia de un agua hipoxia, lo que significa que puede generar

consecuencias como la desaparición de organismo y especies sensibles, así mismo la DBO la cual es un parametro que nos ayuda a medir la cantidad de de oxigeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia organica existe en el agua, tambien se habla que las coliformes totales, las cuales nos indican la existencia de contaminacion con bacterias, que son encontradas regularmente en el intestino del hombre y de los animales, o también en otros ambientes tale como: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc. Y por último el pH puede determinar que el agua se encuentra con un potencial de hidrogeno propicio para la realizacion de procesos biologicos necesarios en el agua, se puede relacionar con la alcalinidad y la conductividad y se puede agregar que, al momento de evaluar la alcalinidad y partiendo del hecho que su límite permisible es  $30 < \text{alcalinidad} < 200$ , decimos que este parámetro evalúa la capacidad que tiene la misma para neutralizar los ácidos, sirviendo de esta manera como una fuente de reserva para la fotosíntesis y ha sido utilizada como un indicador de productividad de los cuerpos de agua, en cuanto a la conductividad del agua es aquel parámetro utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella.

### **Índices De Contaminación**

Para los índices ICOMO ICOMI e ICOSUS se define en un rango de 0 a 1 en el cual los valores cercanos a cero indican baja contaminación, por el contrario los valores cercanos a uno indican una alta contaminación, los resultados obtenidos los veremos a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 7.

*Resultados de los Icos temporada seca*

<b>RESULTADOS DE LOS ICOS</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>ICOMI</b>	<b>ICOMO</b>	<b>ICOSUS</b>	<b>ICOPH</b>
<b>MUESTRA 1</b>	0.33	0.74	0.022	0.1474
<b>MUESTRA 2</b>	0.02	0.74	0.052	0.0007
<b>MUESTRA 3</b>	0.23	0.74	0.037	0.0007

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 8.

*Resultados de los Icos temporada invernal*

<b>RESULTADOS DE LOS ICOS</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>ICOMI</b>	<b>ICOMO</b>	<b>ICOSUS</b>	<b>ICOPH</b>
<b>MUESTRA 1</b>	0.54	0.52	0.012	0.0416
<b>MUESTRA 2</b>	0.37	0.23	0.006	0.0213
<b>MUESTRA 3</b>	0.40	0.58	0.024	0.0152

Fuente: Autores del proyecto

No se presenta contaminación por mineralización en ninguna de las dos muestras ya que al evaluar los valores obtenidos en los icos nos representan mayor significancia, ya que todos los valores de ICOMI son menores a 0.54, en cuanto a contaminación por materia orgánica (ICOMO) el promedio que se logra diferenciar en la muestra tomada en temporada seca es 0.74 lo que indica que hay una contaminación por materia orgánica alta, mientras que en las muestras tomadas en la temporada invernal muestran con respecto a este índice un cambio valioso ya que los niveles de contaminación para estos disminuyeron, para determinar la contaminación por solidos suspendidos ICOSUS en las muestras tomada se efectúa un promedio de las tres muestras observadas tanto en temporada seca e invernal al momento de hacer el análisis el cual logramos determinar el valor que oscila entre 0.014 y 0.037 el cual indica que no hay contaminación por solidos suspendidos, luego de realizadas las pruebas de laboratorio en la muestras que se

realizaron, se logra establecer por los datos obtenidos que no se presenta contaminación por pH ICoPH en las muestras analizadas.

#### 4.2.1 Resultados muestras de suelo

**Muestra 1:** se realiza el análisis a una muestra compuesta de suelo, tomada a las 15:50 hrs, el 9 de noviembre de 2017 en la Vereda San Luis, Corregimiento la Ermita, donde se puede observar los resultados obtenidos en la tabla 8, por medio de los cuales se puede determinar el estado actual del suelo.

Tabla 9.

*Muestras de suelo 1*

PARAMETRO	RESULTADO
<b>POTENCIAL DE HIDROGENO pH</b>	7.14
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	0.21
<b>ACIDEZ</b>	0.1
<b>HUMEDAD GRAVIMETRICA</b>	20.04
<b>TEXTURA</b>	Franco- arenoso
<b>COLOR</b>	Oscuro
<b>ESTRUCTURA</b>	Granular simple
<b>DENSIDAD APARENTE</b>	1,35

Fuente: Autores del proyecto

**Muestra 2:** se realiza el análisis a una muestra compuesta de suelo, tomada a las 16:15 hrs, el 9 de noviembre de 2017 en la Vereda San Luis, Corregimiento la Ermita, donde se puede observar los resultados obtenidos en la tabla 9, por medio de los cuales se puede determinar el estado actual del suelo.

Tabla 10.

*Muestras de suelo 2*

PARAMETRO	RESULTADO
<b>POTENCIAL DE HIDROGENO    pH</b>	7.36
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	0.20
<b>ACIDEZ</b>	0.1
<b>HUMEDAD GRAVIMETRICA</b>	17.92
<b>TEXTURA</b>	Franco- arenoso
<b>COLOR</b>	Oscuro
<b>ESTRUCTURA</b>	Granular simple
<b>DENSIDAD APARENTE</b>	1,35

Fuente: Autores del proyecto

**Muestra 3:** se realiza el análisis a una muestra compuesta de suelo, tomada a las 16:55 hrs, el 9 de noviembre de 2017 en la Vereda San Luis, Corregimiento la Ermita, donde se puede observar los resultados obtenidos en la tabla 10, por medio de los cuales se puede determinar el estado actual del suelo.

Tabla 11.

*Muestras de suelo 3*

PARAMETRO	RESULTADO
<b>POTENCIAL DE HIDROGENO    pH</b>	7.27
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	0.23
<b>ACIDEZ</b>	0.1
<b>HUMEDAD GRAVIMETRICA</b>	16.55
<b>TEXTURA</b>	Franco- arenoso
<b>COLOR</b>	Oscuro
<b>ESTRUCTURA</b>	Granular simple
<b>DENSIDAD APARENTE</b>	1,35

Fuente: Autores del proyecto

Al momento de indagar sobre los resultados obtenidos con las muestras de suelo se basó en la guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo, para el análisis de estos parámetros,



y se pudo determinar que los resultados obtenidos en el pH y la acidez indican que el suelo es neutro, lo que nos indica que este se encuentra en condiciones favorables en cuanto a la salinidad del mismo, en cuanto al parámetro de conductividad los resultados obtenidos oscilan entre 0.20 – 0.23 lo que corrobora lo indicado anteriormente y se establece que se encuentra ante un suelo no salino, mediante el proceso para determinar la textura lo que es indicado por medio de la facilidad con que se puede trabajar el suelo y la cantidad de agua y aire que retiene el mismo, aplicando el método convencional se logra establecer que la textura es franco-arenoso y granular simple, y como variable secundaria se logra establecer que presenta un color oscuro, lo cual se puede tomar como un indicador de la presencia de materia orgánica y actividad microbiológica en el suelo.

#### **4.3 Establecer la incidencia del uso del suelo y sus condiciones en la calidad del agua de la cuenca del Rio Algodonal del sector de la Ermita.**

Partiendo del hecho de que toda masa de agua requiere del suelo para poder alojarse y formar acuíferos y nacimientos de agua, mediante la capacidad de retención o filtración de agua del mismo, es evidente que existe una conexión directa entre estos dos elementos (Villegas, 2004).

Es así, como en muchas zonas existe la contaminación del agua por la presencia de agentes nocivos en el suelo, los cuales cuando el suelo presenta una capacidad mayor de retención de agua o son suelos permeables, poseen una fragilidad al movimiento de tierra cuando no soporta el peso del agua, por el contrario cuando los suelos no poseen gran capacidad de retención de agua o son impermeables estos evacuan los agentes nocivos mediante la escorrentía superficial (López, 2002).

Para esto, se observó que en el análisis realizado, el suelo se encuentra propicio para el crecimiento de cultivos, sin afectación a los nutrientes, ni a la actividad de los microorganismos, este presenta un color oscuro, el cual se evaluó como una medida indirecta para distinguir propiedades tales como la existencia de materia orgánica en la muestra, al determinar que presenta una textura franco-arenoso y granular simple se logró establecer que es un suelo que posee una mezcla de limos, arcillas y arenas lo que permite un equilibrio entre permeabilidad y retención de agua y su estructura es ventajosa ya que por ser un suelo suelto permite la circulación de agua y aire, observándose también que este suelo presenta una densidad aparente ideal lo que puede servir como indicador de poca compactación y apto para el crecimiento radicular, es así, que si se tiene crecimiento de raíces indirectamente se evita tener escorrentía superficial debido al amarre del suelo generado por las raíces, así mismo se determinó que este tipo de suelo es no salino y que se encuentra con nivel de sales esenciales para el crecimiento de plantas y de esta manera ayuda a mantener un equilibrio suelo-agua.

Al momento de realizar el análisis en el agua donde se evalúan cuatro índices de contaminación (Icos), en los dos muestreos realizados al agua observando que no se presenta contaminación por mineralización representativa en los puntos de muestreo ya que todos los valores de ICOMI son menores a 0.54, A partir de lo anterior se afirma que los diferentes usos del suelo no afectan significativamente la contaminación por mineralización en la cuenca del Rio Algodonal en el sector trabajado, en cuanto al índice de contaminación por materia orgánica en la muestras realizadas en la temporada seca el promedio que se logra diferenciar al momento de hacer la prueba es 0.74 como se puede observar en la tabla 6 de resultados de ICOS el promedio del índice se encuentra entre 0,6 y 0,8 lo que indica que hay una contaminación por materia orgánica alta en la cuenca, mientras que en las muestras tomadas en la temporada invernal

muestran con respecto a este índice un cambio valioso ya que los niveles de contaminación para estos disminuyeron notoriamente al determinar que el suelo que se evaluó y este se encuentra con buenas condiciones, se puede decir entonces que la variabilidad que se presenta en este índice se debe primordialmente por el aumento del caudal presentado en la temporada invernal, hay que mencionar, además la presencia de vertimientos puntuales provenientes de las fincas aledañas por la falta de servicios básicos presentes en la zona y el constante paso de animales tales como chivos y vacas, también se determina que al presentarse un suelo suelto y poroso los químicos que contienen los fertilizantes o pesticidas sintéticos utilizados para los cultivos pueden llegar por infiltración o escorrentía a la fuente hídrica lo cuales al reaccionar con los compuestos presentes en el agua alteran este indicador al propiciar el crecimiento de microorganismos, para el índice de contaminación por sólidos suspendidos en las muestras tomada se efectúa un promedio de las tres muestras observadas tanto en temporada seca e invernal al momento de hacer el análisis el cual logramos determinar el valor que oscila entre 0.014 y 0.037 el cual indica que no hay contaminación por sólidos suspendidos, en el índice de contaminación por pH el cual se midió debido a que es una de las variables más contundentes para evidenciar la afectación de las aguas por actividades humanas como efluentes de aguas residuales, drenajes agrícolas y de aguas lluvias se determinó que el promedio de valores de pH en las muestras realizadas se encuentra en el rango de neutralidad por lo tanto se puede determinar que el agua se encuentra con un potencial de hidrógeno propicio para la realización de procesos biológicos necesarios en el agua para la supervivencia de los organismos existentes en la misma.

En definitiva, es posible concluir que la incidencia del uso del suelo y sus condiciones, generan una afectación en la calidad del agua de la cuenca, aunque el suelo se encuentra en condiciones favorables y propicias para su desarrollo, los asentamientos humanos presentes en la

zona de influencia, ocasionan un desgaste a la condición natural de esta cuenca debido a la intervención realizada por los mismos, con el fin de generar un bienestar particular.

### Capítulo 6. Cronograma

De acuerdo al diagrama de Gantt se muestra la planificación del tiempo necesario para ejecutar las diferentes actividades del presente proyecto de investigación:

<b>SEMANAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>ACTIVIDADES</b>								
Análisis de la literatura relacionada.								
Ajuste del marco referencial.								
Toma de Muestras								
Determinar los parámetros fisicoquímicos (Estructura, textura, porosidad, profundidad, contenido de materia orgánica) y los usos del suelo en la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita..								
Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (ICOMI, ICOSUS, ICOMO) del agua en la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita.								
Analizar el efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y de los ecosistemas aledaños a la cuenca del Rio Algodonal en el sector de la Ermita.								
Presentación de resultados								
Revisión del Director, corrección, ajustes y digitación.								
Entrega final del trabajo								

Fuente: Autores del Proyecto

## Conclusiones

Se concluye que en la cuenca del Rio Algodonal la calidad del agua presenta una contaminación por materia orgánica importante, lo cual de manera significativa se ve presentado por intervención antrópica de la zona, en cuanto a los demás índices analizados no se encontró una contaminación significativa, por otra parte, los usos del suelo son principalmente agrícola y en menor proporción ganadero, con poca compactación y apto para el crecimiento radicular, presenta una relación importante en cuanto a la calidad del agua con los usos del suelo, ya que aunque el suelo se encuentra en condiciones óptimas, la utilización que se tiene con respecto a los cultivos, la rotación de los mismos, y los fertilizantes o pesticidas utilizados en la zona es lo que conlleva a la variabilidad o la afectación significativa presente en el agua es mostrada directamente en los niveles de contaminación, por tal motivo es posible determinar que la incidencia del uso del suelo y sus condiciones, generan una afectación en la calidad del agua de la cuenca, debido a la influencia de los asentamientos humanos.

Por consiguiente, se puede determinar que los índices de contaminación (ICO) utilizados para el análisis de los resultados presentados, constituyen una herramienta poderosa de fácil manipulación, para obtener unos resultados claros, los cuales prestan gran utilidad en la caracterización de la calidad de las agua para la toma de decisiones, de igual modo la guía para la evaluación de la calidad y salud de los suelos y el documento de métodos analíticos de laboratorio de suelo ayudan a tener una ejecución comprensible en cuanto al manejo, muestreo, procesamiento y análisis de los resultados de los suelos.

### Recomendaciones

Sabiendo que la cuenca del Rio Algodonal es fundamental para el abastecimiento de agua de la población asentada en el corregimiento la Ermita para la ejecución de su actividad económica, es importante resalta la necesidad de una capacitación a la comunidad para que estos tengan un conocimiento sobre el estado actual de la cuenca y se pueda mejorar las condiciones de la misma, cabe señalar también que se recomienda continuar el seguimiento del comportamiento en cuanto a calidad del agua de la cuenca y de este modo se corrobore la existencia de un mejoramiento de las condiciones de la misma. Hay que mencionar además que aunque las condiciones de la cuenca se encuentran optimas es necesaria la implementación un plan donde se manejen adecuadamente la disposición de la aguas residuales y de residuos sólidos, analizando los componentes específicos en el agua y en el suelo para de esta forma generar una comparación de estos y de esta manera obtener un diagnóstico más específico sobre el estado de la mencionada cuenca.

## Referencias

Altieri, M. y Nicholls, C. 2001. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>.

Álvarez, J.; Panta, J.; Ayala, C. y Acosta, E. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información tecnológica*. 19(6), 21-32.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASOCIACIÓN Y FEDERACIÓN DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Estándar Métodos para el Examen de Aguas y Aguas Residuales. 20 ed., Nueva York, 1998.

Arnold, CL & Gibbons, CJ. (1996). Cobertura superficial impermeable: la aparición de un indicador ambiental clave. *Diario de la Asociación Americana de Planificadores*. 62: 243–258.

Avila, S. y Estupiñan S. (2011). Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223225046003>

Aquilla, Ruth. (2005). Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0725E/A0725E.PDF>

Bacca, Gladis. (2016). Informe de Visita de Campo al acueducto del corregimiento de la Ermita Municipio de Ocaña.

Bandick, A.K., & Dick, R.P. (1999). Efectos de la gestión en la enzima del suelo ocupaciones. *Biología del Suelo y Bioquímica*, 31, 1471 - 1479.



- Barceló, D. (2008). Aguas continental. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. CSIC. Madrid.
- Bartram, J; Ballance, R. 1996. Monitoreo de la calidad del agua. Una guía práctica para el diseño E implementación de estudios de calidad de agua dulce y monitoreo Programas. UNEP / OMS. GB. 383 p.
- Basterrechea, M; Molina, M; Molina, S; Beltrán, E. (1987). Causas de la contaminación de siete tributarios de la subcuenca del Lago Amatitlán. In Simposium estudios recientes sobre la contaminación del Lago Amatitlán (1987, Guatemala). Guatemala. IGA-CATIE. p. 123-148.
- Behar, R., Zúñiga, M. del C. y Rojas, O., 1997. "Análisis y valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez (Cali -Colombia)", Seminario Internacional sobre Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del agua, Cali -Colombia.
- Benez, M. Kauffer, E. y Álvarez, G. (2008). Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/fn/v22n43/v22n43a6.pdf>
- Boesten, J.J.T.I; Van der Pas, L.J.T. (2000). Movimiento de agua, bromuro y los pesticidas ethoprophos y bentazone en un suelo arenoso: el conjunto de datos de Vredepeel. Gestión del agua en la agricultura. 44: 21-42.
- Bonomia, G., D'Ascolic, A., Antignania, V., Capodilupoa, M., Cozzolino, L., Marzaiolic, R., Puopolo, G., Rutiglianoc, F., Scelzab, R., Scotti, R., Raob, M.A., & Zoinaa, A. (2011). Evaluación del suelo Calidad bajo cultivo intensivo y Huertos en el sur de Italia. Suelo Aplicado Ecology, 47, 184 - 194.

- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., & Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo*, 25, 173-178.
- Carrizosa, Julio. Cuaderno del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales. CIFCA. Madrid. 1982. p 69, p 70, p 92, p 93.
- Carpenter, SR; Caraco, NF; Correll, DL; Howarth, RW; Sharpley, AN & Smith VH. (1998). Contaminación no puntual de las aguas superficiales con fósforo y nitrógeno. *Aplicaciones Ecológicas*. 8(3): 559–68.
- CEPAL/CLADES. Tesoro de Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 1981.
- Chapman, D. 1992. Evaluaciones de la calidad del agua. Una guía para el uso de la biota, Sedimentos y agua en el monitoreo ambiental. UNESCO. GB. 565 p.
- Congreso de Colombia. (1979). Ley 09 de 1979. Código sanitario nacional. Recuperado de: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0009\\_1979.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html)
- Congreso de Colombia. (1986). Decreto 79 de 1986. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=305>
- Congreso de la Republica. (1993). Ley 99 de 1993. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- Congreso de la Republica. (1997). Ley 373 de 1997. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)
- Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Corrales, E. 2002. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5 Reino de Noruega - SUIPICOL Suiza; Séjours Catholique Francia ASDI Suecia, IDEA - IER - ILSA - Secretariado Nacional Pastoral. Bogotá.

Corporación Autónoma Regional de la Frontera CORPONOR. (2016). Resolución 00789 de 2016. Recuperada de: [http://corponor.gov.co/PLANES/PLAN%202016\\_2035/3.%20CAPITULO%20DIAGNOSTICO-PLANEAR.pdf](http://corponor.gov.co/PLANES/PLAN%202016_2035/3.%20CAPITULO%20DIAGNOSTICO-PLANEAR.pdf)

Corporación Autónoma Regional de Santander. (2014). Decreto 1541 de 1978. Recuperado de: <http://www.cas.gov.co/index.php/component/remository/Decreto/DECRETO-1541-DE-1978/>

CORPOCHIVOR. (2005). Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca del Río Garagoa. Garagoa: Corporación Autónoma Regional de Chivor.

DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Departamento Nacional de Planeación - DNP, durante el año 2013, en el marco del desarrollo del objetivo de gobernabilidad de la PNGIRH y los resultados de la Misión Gobernanza del Agua que tuvo lugar en el año 2012.

De la Paz-Jiménez, M., De la Horra, A.M., Pruzzo, L., & Palma, R.M. (2002). Calidad del suelo: a Nuevo índice basado en la microbiología y Parámetros bioquímicos. *Biología Fertilidad Soils*, 35, 302 - 306.

De la Rosa, D. (2005). Calidad y monitoreo del suelo Basado en la evaluación de la tierra. *Degradacion de la tierra & Development*, 16, 551 - 559.

Doran, J. W., & Zeiss, M.R. (2000). Salud del suelo Y la sostenibilidad: la gestión del biotic Componente de la calidad del suelo. *Suelo Aplicado Ecology*, 15, 3-11.

Dourojeanni, Axel y Jouravlev Andrei. Crisis de Gobernabilidad en la Gestión del Agua a Nivel de Cuencas en América Latina y el Caribe. p 6, p 16, p 28.

Dunne, T & Leopold, LB. (1978). El agua en la planificación ambiental. New York: Freeman. 818pp.

FAO, 1996. Control de la contaminación del agua por la agricultura. Ongley, E.D. Riego de la FAO y Papel de Drenaje, pág. 55

Faustino, J. (1986). Criterios para la clasificación de los problemas y soluciones en la conservación de suelos y aguas. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1986. 60 p.

Fernández Cirelli y C. du Mortier. (2012). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Recuperado de: [http://horus.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/01\\_Capitulo\\_01.pdf](http://horus.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/01_Capitulo_01.pdf).

Fließbach, A., Oberholzer, H-R., Gunst, L., Mäder, P. (2007). Materia orgánica del suelo y Indicadores biológicos de la calidad del suelo después de 21 Años de agricultura orgánica y convencional. Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente, 118, 273 - 284

Galantini, J.A., & Suñer, L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Agriscientia, 25(1), 41-55.g

García, W. (2015). El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica. Recuperado de: [http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%Elfica.pdf](http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%Elfica.pdf)

- Gil-Stores, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros, M.C., & Seoane, S. (2005). Diferentes aproximaciones Evaluación de la calidad del suelo mediante Propiedades. *Biología del Suelo y Bioquímica*, 37, 877 - 887.
- Gómez, Iván. (2006). *Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos*. 6 Ed. Editorial Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.
- Guimaraes, D.V., Silva Gonzaga, M.I., Oliveira Da Silva, T., Lima da Silva, T., Silva Dias, N., & Silva Matias, M.I. (2013). Piscinas de la materia orgánica del suelo y carbono Fracciones en el suelo bajo diferentes usos del suelo. *Soil & Tillage Research*, 126, 177 - 182.
- González, A; Illescas, O. (1987). Diagnóstico preliminar de los usos del suelo y sus impactos ambientales en la subcuenca del Lago Amatitlán. In *Simposium estudios recientes sobre la contaminación del Lago Amatitlán (1987, Guatemala, Guatemala)*. Guatemala. IGA-CATIE. p. 75-88.
- Hanna Instruments. (2012). Ph en suelos. Recuperado de: <http://www.hannainst.es/blog/ph-en-suelos/>
- Haynes, R.J. (2005). Materia orgánica labílica Fracciones como componentes centrales de la Calidad de los suelos agrícolas: una visión general. *Avances in Agronomy*, 85, 221-268.
- Hernández, L.; Chamizo, H. y Mora, D. (2011). Calidad del Agua para Consumo Humano y salud: dos Estudios de Caso en Costa Rica. *Rev. Costarric. Salud pública*. 20(1), 25-30.
- Heredia, O. Giuffré, L. Gorleri, F. & Conti M. (2006). Calidad de los suelos del norte de santa fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v24n2/v24n2a02.pdf>

- Instituto Mexicano de Petróleo. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Recuperado de: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf>
- Jarvie, HP; Whitton, BA; Neal, C. (1998). Nitrógeno y fósforo en los ríos británicos de la costa este: especiación, fuentes y significado biológico. *Ciencia del Medio Ambiente*. 210–211: 79–109.
- Karlen, D., Ditzler, C.A., & Andrews, S.S. (2003). Calidad del suelo: ¿por qué y cómo? *Geoderma*, 114, 145 - 156.
- Karlen, D., Wash, N., Unger, P. (1992). Efectos de la gestión del suelo y de los cultivos en los indicadores de calidad del suelo. En *American Journal of Alternative Agriculture*. Vol. 7 p. 48-56
- Karr, JR & Chu, EW. 2000. Sostener ríos vivos. *Hidrobiología*. 422-423:1-14.
- Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen and I.A. Shiklomanov, (2007), Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. p. 200.
- Lacayo, M. (2008). “La responsabilidad social de las empresas: El caso de la empresa ensambladora de automóviles Renault” en *Memorias del XIII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática, DICA, FCA, UNAM*.
- Lenat, DR. (1984). Agricultura y calidad de las aguas de riego una evaluación biológica de las prácticas de control de la erosión. *Revista de Gestión Ambiental*. 8: 333–43.

López, R. (2002). Degradación del suelo, Causas, procesos, evaluación e investigación. Recuperado de: <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>

Luters, J.C., & Salazar, J.P. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.

Magdoff, F. Calidad y Manejo de Suelo. En Altieri, M. 1999. AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo. p. 280-304

Martínez de Bascaran, G, 1976. "El índice de calidad del agua", Ingeniería Química: 45 -49.

Mendoza Gómez, Mónica Marcela e Ibáñez Pinedo, William. (2006). Módulo recurso del agua III: tratamiento de agua potable, operación, procesos, talleres y monitoreos, especialización en Ingeniería Ambiental. Especialista en Ingeniería Ambiental (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Ministerio de Agricultura. (1978). Decreto 1681 de 1978. Recuperado de: <http://vetzooft.co/vetzooft/index.php/es/2013-10-29-08-25-43/categories/item/136-decreto-1681-de-1978-por-el-cual-se-reglamentan-la-parte-x-del-libro-ii-del-decreto-ley-2811-de-1974-que-trata-de-los-recursos-hidrobiologicos-y-parcialmente-la-ley-23-de-1973-y-el-decreto-ley-376-de-1957>

Ministerio del Medio Ambiente. (1977). DECRETO 1449 DE 1977. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/35-dec\\_1449\\_1977.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/35-dec_1449_1977.pdf)

Ministerio de ambiente. (1981). Decreto 2858 de 1981. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22675>

Ministerio del medio Ambiente. (2014). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Recuperado de:

<http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MADS-0026/MADS-0026.pdf>

Ministerio de Salud. (1983). Decreto 2105 de 1983. Recuperado de: [http://www.anla.gov.co/sites/default/files/normativa\\_ambiental/dec\\_2105-83.pdf](http://www.anla.gov.co/sites/default/files/normativa_ambiental/dec_2105-83.pdf)

Molina, E. y Meléndez, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo.

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España), 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico.

Muriel, Rafael Darío. Gestión Ambiental. Idea Sostenible. Año 3. N° 13. Enero 2006.

Navarrete, A., Vela, G., López, J., & Rodríguez, M.L. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. Revista Contactos, 80, 29-37.

Parr, J., Papendick, R., Hornick, S. y Meyer, R. 1992. Calidad del suelo: Atributos y relación con Alternativa y sostenible. Revista Americana de Agricultura Alternativa. Vol.7. P.5-11.

Paudel B.R., Udawatta, R.P., & Anderson, S.H. (2011). Agroforestación y amortiguador de hierba Efectos sobre los parámetros de calidad del suelo Pastos y cultivos de hileras. Aplicado Earth Ecology, 48, 125 - 132.

Pérez López, Jhean Eleison. (2010). Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución en la ciudad de Yopal. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

PNUMA (Programa de las Naciones para el Medio Ambiente). (2001). Situación de los recursos naturales en América Latina. Recuperado de: [www.rolac.unep.mx/recnat/esp/RecNat/recnat.htm](http://www.rolac.unep.mx/recnat/esp/RecNat/recnat.htm)



Presidencia de México. (2012). Plan Nacional de Desarrollo. Recuperado de:  
<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental.html>

Presidencia de la Republica. (1974). DECRETO 2811 DE 1974. Recuperado de:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

Presidencia de la Republica. (1984). Decreto 1594 de 1984. Recuperado de:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Presidencia de la Republica. (1989). Decreto 1700 de 1989. Recuperado de:  
[http://vetzooft.co/vetzooft/images/normatividad/normatividad\\_medio\\_ambiente/decreto\\_1700\\_de\\_1989.pdf](http://vetzooft.co/vetzooft/images/normatividad/normatividad_medio_ambiente/decreto_1700_de_1989.pdf)

Presidencia de la Republica. (2002). DECRETO 1729 DE 2002. Recuperado de:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5534#1>

Ramírez, A. Restrepo, R y Viña G. (2015). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. Recuperado de:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf>

Richters, E.J. (1995). Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 440 p.

Rivera, A. (2010). Calidad de agua. Recuperado de:  
[http://www.ecured.cu/index.php/Calidad\\_del\\_Agua](http://www.ecured.cu/index.php/Calidad_del_Agua)

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Medellín.

- Romero, S.; García, J.; Valdez, B. & Vega, M. (2010). Calidad del Agua para Actividades Recreativas del Río Hardy en la Región Fronteriza México-Estados Unidos. *Información tecnológica*. 21(5), 69-78.
- Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., y Burger, J.A. (2000). Una revisión de las Propiedades físicas como indicadores de Calidad del suelo: retos y oportunidades. *Ecología y Gestión Forestal*, 138, 335-356.
- SQI [Instituto de Calidad del Suelo]. (1996b). Calidad del suelo Indicadores: Materia Orgánica. Castaño: Conservación de Recursos Naturales del USDA Servicio, Instituto de Calidad del Suelo, Agrícola Servicio de Investigación. 2 p.
- Torres, Patricia. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- Universidad de Pamplona. (2015). Indicadores de la calidad del agua. Recuperado de: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo2.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf)
- Universidad Politécnica de Cartagena. (2012). Análisis de aguas. Recuperado de: [https://www.upct.es/~minaees/analisis\\_aguas.pdf](https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf)
- (USDA) Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. (1999). guía para la evaluación de la calidad y salud de los suelos. Recuperado de: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- Vandermeer, J. 2011. *La Ecología de los Agroecosistemas*. Por Jones y Bartlett Publishers. Massachusetts, Estados Unidos.

- Vallejo, V.E., Roldán, F., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N., y Dick, R.P. (2012). Efecto del manejo de la tierra y *Prosopis Juliflora* (Sw.) DC árboles en el suelo microbiano Actividades comunitarias y enzimáticas En sistemas silvopastoriles de Colombia. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 150, 139 - 148.
- Vallejo, Victoria. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. Recuperado: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3955/5890>
- Vargas Guarín, Miguel Ángel. (2010). Estandarización del proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de San Vicente de Chucuri. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- Wang, Q., Liu, J., Wang, Y., Guan, J., Liu, Q., & Lv, D. (2012). Efectos del uso de la tierra en el suelo Calidad a lo largo de un humedal nativo a tierras de cultivo *Cronosecuencia Revista Europea del Suelo Biology*, 53, 114 - 120.
- Weil, R.R., & Magdoff, F. (2004). Significado De la materia orgánica del suelo a la calidad y salud. En R.R. Weil & F.F. Magdoff (Eds.). *Materia Orgánica del Suelo en el Desarrollo Sostenible Agricultura, Avances en Agroecología* (Págs. 1-34). Londres: Taylor y Francis.
- Villegas, J. (2004). Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el departamento de Antioquia. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372004000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100008)
- Xu, M., Lou, Y., Sun, X., Wang, W., Baniyamuddin, M., & Zhao, K. (2011). Suelo orgánico Fracciones activas de carbono como primeros indicadores Para el cambio total de carbono bajo paja incorporación. *Biología y Fertilidad de Soils*, 47, 745 - 752.

Zhou, X., Chen, C., Lu, S., Rui, Y., Wu, H., & Xu, Z. (2012). La cobertura a corto plazo Los cultivos aumentan el carbono orgánico lábil del suelo En el sureste de Australia. *Biología y Fertility of Soils*, 48, 239-244.

## Apéndice

### Apéndice 1. Registro Fotográfico





















## Apéndice 2. Encuesta proyecto de grado

Evaluación de las características fisicoquímicas del suelo y de las condiciones de uso que inciden en la calidad del agua de la microcuenca la tagua corregimiento de la ermita, municipio de ocaña

<b>Genero</b>  <b>F___ M___</b>  <b>Con cuantas personas vive</b> <b>usted ___</b> <b>M___</b> <b>H___</b>	<b>Edad</b>  <b>0-18___</b> <b>18-25___</b> <b>25-40___</b> <b>&gt;40___</b>	<b>Nivel escolaridad</b>  <b>Sin educación formal___</b> <b>Primaria___</b> <b>Secundaria___</b> <b>Universitario___</b>
---	---	---

- Es usted un habitante temporal u ocasional del Corregimiento la Ermita  
1 – 5 Años \_\_\_ 5-10 Años\_\_\_ 10- 15 Años\_\_\_ >15 años\_\_\_
- Es usted poseedor \_\_\_ o administrador\_\_\_ de alguna parcela. Ninguna\_\_\_  
Tamaño de la parcela 1-3 he\_\_\_ 3-5 he\_\_\_ 5 -7 he\_\_\_ >10 he \_\_\_
- Qué actividad económica realiza  
Agricultura\_\_\_ Ganadería\_\_\_ otra\_\_\_ cuál?\_\_\_\_\_
- Qué tipo de cultivos se realizan en la parcela  
Maíz\_\_\_ Cebolla\_\_\_ tomate\_\_\_ frijol\_\_\_ arveja\_\_\_ habichuela\_\_\_  
otros\_\_\_\_\_
- Qué tipo de fertilizantes y/o pesticidas utilizan para los cultivos  
Sintéticos \_\_\_ naturales\_\_\_ ¿Cuáles?\_\_\_\_\_
- Cada cuanto se realizan rotación de cultivos  
0-12 meses\_\_\_ 12-24 meses\_\_\_ 24-36 meses \_\_\_ >36 meses \_\_\_
- Considera que la fertilidad del suelo es:  
Buena\_\_\_ Regular\_\_\_ Mala\_\_\_
- De donde obtiene usted el agua para el riego de los cultivos  
Del sistema de acueducto\_\_\_ captación directa de la microcuenca\_\_\_  
Otros\_\_\_\_\_

9. ¿Qué cambios notorios ha observado en el uso del suelo?  
\_\_\_\_\_
10. Que cantidad de agua aproximada se utiliza para el riego de los cultivos  
5-10 lt\_\_\_ 10-15lt\_\_\_ 15-20lt\_\_\_ >20 lt\_\_\_
11. Se encuentra usted conectado a una red de alcantarillado sí\_\_\_ o no\_\_\_, sino se encuentra conectado de qué forma dispone las aguas residuales\_\_\_\_\_
12. Qué tipo de disposición final le da usted a los residuos que genera en su hogar  
Los quema\_\_\_ los entierra\_\_\_ los arrojan a la microcuenca\_\_\_  
otros\_\_\_\_\_
13. Considera usted que la calidad del agua de la microcuenca es:  
Buena\_\_\_ Regular\_\_\_ Mala\_\_\_
14. Considera que en los últimos años la calidad del agua ha cambiado si\_\_\_ o no\_\_\_, por qué?\_\_\_\_\_
15. ha notado aumento\_\_\_ o disminución\_\_\_ del caudal de la microcuenca en los últimos años

*Como habitantes de la Tierra, compartimos la responsabilidad de cuidarla y protegerla.*