	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	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(138)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	LEIDY TATIANA APONTE PÉREZ LOREINY GALEANO FRANCO		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CRIADO		
TÍTULO DE LA TESIS	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA LA TENERÍA DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELÉN NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PROPÓSITO DE ESTA INVESTIGACIÓN FUE ANALIZAR LA AFECTACIÓN DE LOS CAMBIOS DEL USO DEL SUELO EN LOS ÚLTIMOS DIECISIETE (17) AÑOS EN LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA LA TENERÍA DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELÉN NORTE DE SANTANDER. MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA A LAS IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 7 ETM Y 8 ETM, Y EL MÉTODO LLUVIA ESCORRENTIA PARA EL CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 138	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 30	CD-ROM: 1



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y SU
INFLUENCIA EN LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA LA
TENERÍA DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELÉN NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

LEIDY TATIANA APONTE PÉREZ 160907

LOREINY GALEANO FRANCO 160974

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director:

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CRIADO

Ingeniero Ambiental

MSc. En Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Abril, 2017

AGRADECIMIENTOS

Primeramente damos la gloria y la honra a Dios por habernos dado la sabiduría, su guía y victoria a lo largo de todo el proceso. A nuestros padres y familiares por el apoyo tan grande que nos brindaron para lograr esta meta tan anhelada, a los profesionales que nos apoyaron y compartieron sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto. También agradecemos al Área Natural Única Los Estoraques por permitirnos realizar este proyecto en su jurisdicción y por el acompañamiento y servicio prestado por parte de sus funcionarios.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Análisis multitemporal de los cambios en los usos del suelo y su influencia en la oferta hídrica superficial en la microcuenca La Tenería del municipio de La Playa de Belén Norte de Santander.....	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
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 Delimitación	7
1.5.1 Delimitación Geográfica.	7
1.5.2 Delimitación Conceptual.....	8
1.5.3 Delimitación Operativa.	8
1.5.4 Delimitación Temporal.	9
Capítulo 2. Marco Referencial.....	10
2.1. Marco Histórico.....	10
2.2. Marco Contextual.....	13
2.3. Marco Conceptual	16
2.3.1 Cartografía.....	16
2.3.2 Análisis multitemporal..	17
2.3.3 Teledetección.	18
2.3.4 Cuenca hidrográfica.	19
2.3.5 Oferta hídrica superficial.	21
2.3.6 Escorrentía hídrica superficial.....	22
2.3.7 Uso de la tierra..	23
2.4 Marco Teórico	24
2.5 Marco Legal	31
2.5.1 Constitución Política de Colombia.....	31
2.5.2 Decreto 1640 del 2012..	32
2.5.3 Ley 165 de 1994.....	32

2.5.4 Ley 388 de 1997.....	32
Capítulo 3. Diseño Metodológico	35
3.1. Tipo de Investigación.....	35
3.2. Población.....	35
3.3. Muestra.....	35
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	35
3.5 Procedimiento metodológico.....	36
3.5.1 Objetivo 1: Determinar las características biofísicas mediante la colecta de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería... 36	
3.5.2 Objetivo 2: Identificar las coberturas y los usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería.....	38
3.5.3 Objetivo 3: Establecer de la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio por medio de la información obtenida.	40
3.5.3.1 <i>Determinación de la oferta hídrica superficial.</i>	40
3.5.3.1.1 <i>Número de curva de escorrentía CN.</i>	42
Capítulo 4. Administración del Proyecto.....	50
4.1 Recursos	50
4.1.1 Recursos Humanos.....	50
4.1.2 Recursos Institucionales.....	50
4.1.3 Recursos financieros.	50
Capítulo 5. Análisis de Resultados	52
5.1. Cumplimiento del objetivo N°1. Determinar las características biofísicas mediante la colecta de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería.....	52
5.1.1 Perfil biofísico de la microcuenca La Tenería	52
5.1.2 Pendiente del terreno	56
5.1.3 Características generales de los suelos de la microcuenca La Tenería..	60
5.1.4 Hidrografía de la microcuenca La Tenería.....	64
5.1.5 Isoyetas e isotermas.....	68
5.2 Cumplimiento al objetivo N° 2 Identificar las coberturas y usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería.....	73

5.3 Cumplimiento del objetivo de investigación N° 3. Establecer la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio de la información obtenida.....	99
5.3.1 Calculo de oferta hídrica superficial.....	99
5.3.1.1 <i>Número de curva de escorrentía CN</i>	100
5.3.2 Cuantificación de la oferta hídrica neta.....	103
Conclusiones	105
Recomendaciones	107
Referencias.....	109
APÉNDICE	119
Apéndice A. Soporte de la respuesta de la solicitud realizada al IDEAM	120
Apéndice B. Registro de los datos utilizados del IDEAM.....	121
Apéndice C. Registro de los datos generados a partir de las imágenes satelitales	122
Apéndice D. Registro fotográfico de las visitas a campo	123

Lista de tablas

Tabla 1	37
Tabla 2	39
Tabla 3	43
Tabla 4	44
Tabla 5	45
Tabla 6	45
Tabla 7	47
Tabla 8	51
Tabla 9	53
Tabla 10	54
Tabla 11	56
Tabla 12	63
Tabla 13	65
Tabla 14	66
Tabla 15	77
Tabla 16	80
Tabla 17	85
Tabla 18	90
Tabla 19	95
Tabla 20	97
Tabla 21	101
Tabla 22	102
Tabla 23	103

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de la microcuenca La Tenería.	8
Figura 2. Localización del municipio de La Playa de Belén	13
Figura 3. Localización de la quebrada La Tenería.....	15
Figura 4. Procedimiento metodológico.....	49
Figura 5 Veredas pertenecientes a la microcuenca La Tenería.....	54
Figura 6 Veredas del municipio de La Playa de Belén y de Ocaña que limitan con el área superficial de drenaje de la microcuenca La Tenería.....	55
Figura 7. MÓdelo Digital de Elevación.....	57
Figura 8. Curvas de nivel de la microcuenca La Tenería.	58
Figura 9. Modelo Digital de Elevación del Terreno de la microcuenca La Tenería.....	59
Figura 10. Pendientes del terreno en la microcuenca de La Tenería.	60
Figura 11. Mapa de suelos de la microcuenca La Tenería del municipio La Playa.	61
Figura 12. Descripción del suelo en la microcuenca La Tenería.....	62
Figura 13. Drenajes de los suelos de la microcuenca La Tenería.....	64
Figura 14. Mapa de la red hídrica de la microcuenca La Tenería.....	68
Figura 15. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el área de estudio.....	69
Figura 16. Isoyetas de La microcuenca La Tenería.	70
Figura 17. Isotermas de La microcuenca La Tenería.....	71
Figura 18. Mapa de las zonas de vida de la microcuenca de La Tenería.....	80
Figura 19. Imagen satelital de Junio 2000 Landsat 7 ETM.	74
Figura 20. Imagen satelital de agosto 2013 Landsat 8 ETM.	75

Figura 21 Imagen satelital febrero de 2016 Landsat 8 ETM.	76
Figura 22. Usos del suelo para el año 2000 en la zona de la microcuenca La Tenería..	79
Figura 23. Usos del suelo del año 2000 de la microcuenca La Tenería.....	83
Figura 24. Mapa de los usos del suelo para el año 2013 de la microcuenca La Tenería	84
Figura 25. Usos del suelo para el año 2013 en la zona de la microcuenca La Tenería.	88
Figura 26. Usos del suelo en el año 2016 en la zona de la microcuenca La Tenería.....	89
Figura 27. Usos del suelo en el año 2016 en la zona de la microcuenca La Tenería.....	93
Figura 28. Área y porcentajes de las coberturas y los usos de los suelo de la microcuenca La Tenería.	96
Figura 29. Porcentaje de las coberturas y usos del suelo actual.	98
Figura 30. Precipitaciones de los cinco (5) días del área de estudio.....	102

Introducción

El propósito de esta investigación fue la realización de un análisis multitemporal de los cambios de los usos y su influencia en la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería. El cambio de coberturas y uso del suelo es un proceso dinámico que ocurre con mayor rapidez por el hombre, reflejado en las cuencas hidrográficas, áreas aledañas a las quebradas, ríos, y partes altas de las montañas, generando la pérdida de la cobertura boscosa y la disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico y suelo; afectando de esta manera a las comunidades que viven en las cuencas (Muñoz G., Rodríguez M., y Romero H., 2008). Con el análisis multitemporal se puede detectar los cambios del uso del suelo entre diferentes fechas, lo que permite deducir la evolución de un medio natural o las consecuencias de la acción humana sobre tal medio (Chuvienco E. , 1996).

Esta investigación permitió la determinación de las características biofísicas mediante la colecta de información de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería. También se identificaron las coberturas y los usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería. Luego se estableció la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio de la información obtenida.

En la metodología de esta investigación se aplicó un análisis multitemporal a las imágenes satelitales, que permitió confirmar lo establecido por Chuvienco (1990) citado por Bedoya et al (2015) que afirma que es un método eficaz y confiable para la comparación y determinación de

lo que ocurre a través del tiempo en un medio natural. Con la clasificación no supervisada aplicada en las imágenes satelitales se generó información actualizada sobre los cambios del uso del suelo de la microcuenca. Otro método utilizado fue el de lluvia escorrentía, en este se relacionaron los cambios del uso del suelo para obtener la escorrentía superficial media de los diecisiete (17) años. Posterior a esto se logró comprobar que la afectación que tienen los cambios del uso del suelo de la microcuenca La Tenería a través de los años en la disponibilidad del recurso hídrico.

Capítulo 1. Análisis multitemporal de los cambios en los usos del suelo y su influencia en la oferta hídrica superficial en la microcuenca La Tenería del municipio de La Playa de Belén Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del Problema

Los cambios de cobertura de la vegetación y el uso del suelo se han reconocido en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental, lo cual está alterando los ecosistemas terrestres que inducen a la pérdida y degradación de suelos, a los cambios en el microclima y a la disminución de la diversidad de especies; que afectan el funcionamiento de cuencas hidrológicas y de asentamientos humanos y a nivel global (Ibarra et al, 2011).

En los últimos años los habitantes de la microcuenca La Tenería han usado los suelo para la agricultura y la ganadería; y por otro lado realizan captaciones del recurso hídrico para uso doméstico (Área Natural Única Los Estoraques [ANU Los Estoraques], 2015). Debido a esta situación se está ejerciendo una fuerte presión ambiental sobre los recursos (suelos y fuentes hídricas), lo cual genera la alteración al ciclo hidrológico. Algunas consecuencias son la falta de disponibilidad del recurso hídrico, la disminución del caudal, las desviaciones de agua y la incertidumbre acerca de la cantidad de agua disponible colocan en peligro el crecimiento económico, el medio ambiente y la salud de los habitantes para su sustentabilidad (Wirtgen, 2008).

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo ha afectado los cambios del uso del suelo a través del tiempo la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca La Tenería del municipio La Playa de Belén Norte de Santander?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Analizar los cambios en los usos del suelo y su influencia en la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander, mediante el análisis de imágenes satelitales.

1.3.2 Objetivos Específicos. Se establecen los siguientes:

Determinar las características biofísicas mediante la colecta de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería.

Identificar las coberturas y los usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería.

Establecer la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio de la información obtenida.

1.4 Justificación

El consejo de la administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ([PNUMA], 2005) reconoció que el agua es tal vez el más fundamental de los recursos ambientales y es un elemento clave para la viabilidad y la sustentabilidad de los ecosistemas mundiales. El equilibrio de estos ecosistemas se ve amenazado como consecuencia de daños infringidos a la infraestructura de desarrollo, modificación de los cauces de los ríos, deforestación, prácticas agrícolas no sustentables, introducción de especies invasoras y descargas de contaminantes.

De acuerdo a la Política de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Colombia por sus características geográficas y su variedad en regímenes climáticos, se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo. Sin embargo, existen regiones en donde la oferta hídrica es baja, por tanto existen necesidades hídricas insatisfechas a los ecosistemas, aumentando cada vez los impactos de origen antrópico sobre el agua, concluyéndose que la disponibilidad del recurso es cada vez menor MAVDT (2010). A nivel regional para el departamento Norte de Santander en el informe que presenta CORPOICA y el Fondo de Adaptación Climatológica (2014) se establece que en el municipio de La Playa de Belén predominan las condiciones secas, por lo cual los meses críticos con respecto a la disponibilidad hídrica son febrero y marzo; y que además representan la época del año donde es necesario aplicar con frecuencia los sistema de riego para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi ([IGAC], 2014) como autoridad nacional en el estudio de vocación de suelos presento el último estudio de las áreas afectadas debido a las malas prácticas de manejo y uso del suelo en los departamentos de Colombia, en donde el área menos afectada es la Amazonia y los departamentos que presenta un 78% de todo su territorio con suelos afectados por la falta de ordenación del territorio son Norte de Santander y Sucre siendo estos los primeros en la lista del escalafón; por consiguiente, el principal problema de los suelos en Norte de Santander es la sobre utilización, dado al exceso de la calidad de los suelos que es aprovechado por los productores agrícolas.

Según el estudio del Fondo de Adaptación del Cambio Climático (2014) afirma que el área geográfica del municipio de La Playa de Belén tiene capacidades de uso de suelo para actividades agroforestales (clase VII) y conservación (clase VIII); por las características de paisajes de montaña que predominan y las actividades agropecuarias presentan restricciones severas y moderadas.

Dado que la microcuenca La Tenería es tributaria de la cuenca del Catatumbo, esta cumple una función vital para todo el territorio en especial para el municipio de La Playa de Belén. El drenaje principal de la microcuenca es la quebrada de La Tenería que a su vez es alimentada por las quebradas La Honda, Piritama, Pantanillo y Caldo Huevo, en donde la quebrada La Honda abastece el acueducto de la población urbana y las demás a la población rural. Por esta razón, la microcuenca La Tenería es de gran importancia para el desarrollo social y económico de los habitantes del municipio de La Playa de Belén.

Por tal motivo se realizó el análisis de imágenes satelitales que identifiquen los cambios del uso del suelo y su influencia en la disponibilidad de agua en esta microcuenca, lo que garantiza una herramienta de gestión para el Área Única Natural de Los Estoraques, para el municipio y entidades corporativas (CORPONOR), que no cuentan con información actualizada y que sirva como insumo técnico para la toma de decisiones de conservación y ordenación de la microcuenca La Tenería. De esta manera, dando cumplimiento a la conservación de los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país, siendo éste uno de los objetivos de la Política de Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación Geográfica. El proyecto de investigación se desarrolló en el área geográfica de la microcuenca La Tenería ubicada en los municipios de La Playa de Belén y Ocaña de Norte de Santander y tiene influencia en el Área Natural Única de Los Estoraques (Consejo Municipal de La Playa de Belén, 2000).

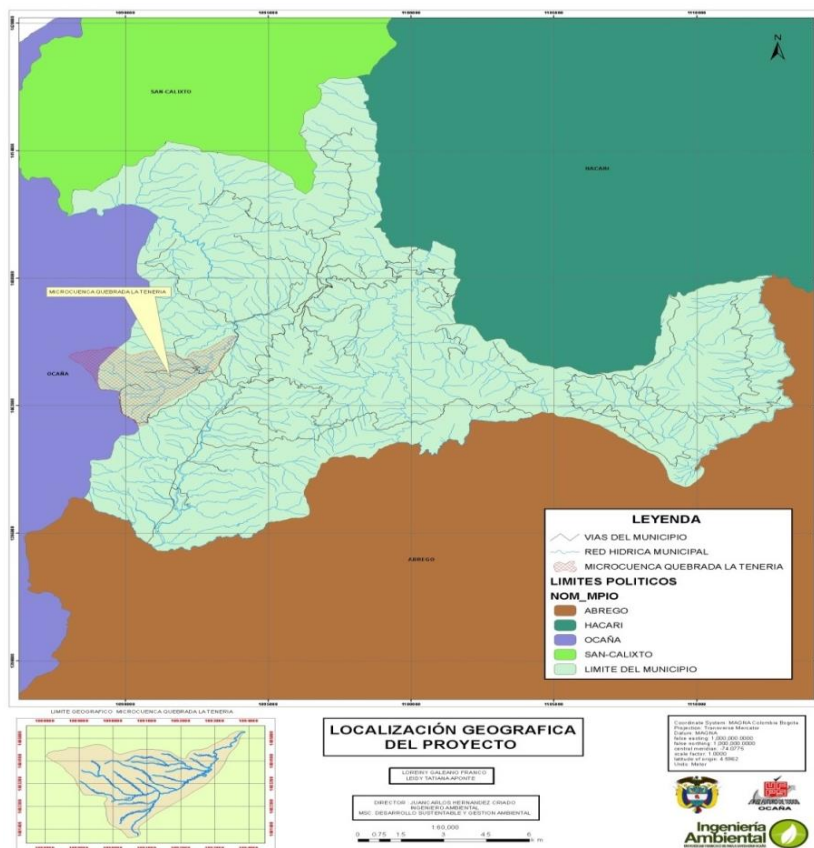


Figura 1. Ubicación geográfica de la microcuenca La Tenería. Fuente: CORPONOR adaptado por autoras del proyecto (2016).

1.5.2 Delimitación Conceptual. Este trabajo abarcó conceptos fundamentales como: oferta hídrica, teledetección, imágenes satelitales, cartografía y uso actual del suelo.

1.5.3 Delimitación Operativa. En cuanto al desarrollo del trabajo fue de la siguiente manera:

Se realizó la consulta y gestión de la información primaria referente a estudios anteriores de la microcuenca La Tenería, estudios de suelos e información climatológica del catálogo de las estaciones del IDEAM.

Se realizó la adquisición de imágenes del satélite LANDSAT 7 ETM correspondientes a escenas de los años 2000, 2013 y 2016 y la descarga de un Modelo Digital de Elevación (DEM).

Se llevaron a cabo salidas de campo en compañía de los funcionarios de Parques Nacionales Área Única Los Estoraques, para la verificación de la información obtenida mediante el procesamiento de las imágenes satelitales y de otros datos. Además se solicitó al IDEAM información de características climatológica de la última década para realizar la depuración de datos.

1.5.4 Delimitación Temporal. El proyecto se desarrolló en un total de 10 meses contando a partir de la aprobación de la propuesta por parte del comité curricular del Plan de Estudios de Ingeniería Ambiental.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

Los inicios de la percepción remota ocurrieron hace unos 600 millones de años, en donde se diferenciaron algunas células de la vida animal siendo fotosensibles a los sensores que a través del tiempo fueron evolucionando en un poderoso sensor conocido como el ojo humano, este poderoso sensor fue la base para dar inicio a un instrumento mecánico como la cámara fotográfica (Comisión Nacional del Agua [CNA], 2005). La invención de la primera cámara fotográfica se le atribuye a los hermanos franceses Charles y Vincent Chevalier que fue diseñada en madera para Joseph Niepce en 1826 quien se convirtió en el primer fotógrafo de la historia, pero George Eastman revolucionó el mundo de la fotografía al introducir las cámaras de 35 mm en su representativa empresa KODAK; esto originó un notable desarrollo de las fotografías aéreas y así mismo a otras formas de la percepción remota durante la Segunda Guerra Mundial se (Air Drone View, 2014).

El campo de la teledetección tiene una de sus primeras apariciones en el año 1859 cuando desde un globo Gaspar Félix de Tournachon pudo obtener las primeras fotos aéreas de la historia (Air Drone View, 2014). La paloma con cámara fotográfica se convirtió en el primer dron de la Primera Guerra Mundial para permitir durante muchos años la visualización aérea de todo tipo de paisajes y como espía en los combates (Instituto Español de Tecnología [IET], 2014). En la década de 1960 se reemplazaron las plataformas satelitales a las aéreas y las cámaras fotográficas por sensores electrónicos multiespectrales, acoplados a computadoras (CNA, 2005); y se

introdujeron nuevos sensores tales como el Radar y así mismo el mejoramiento de comunicación (IGAC, 2007). En este mismo año, la NASA colocó en órbita el primer satélite de la serie TIROS que es pionero de múltiples misiones de observación meteorológica, lo cual permitió un conocimiento y control frente a las condiciones atmosféricas para evitar así graves catástrofes naturales. Igualmente en Estados Unidos se llevó a cabo el primer lanzamiento del satélite Landsat -1 en el año 1972 en donde todos los técnicos y científicos se beneficiaron de él, ya que este ofrecía imágenes con una observación de carácter sistemático y periódico de la tierra y de sus recursos naturales, como también el impacto de las actividades antrópicas que se han realizado en todas las regiones terrestres, a través del tiempo el Landsat 1 no ha sido el único satélite lanzado al espacio (Chuvieco, 1995), ya que ha ido evolucionando en sus características influyendo en su precisión de toma de datos satelitales llegando así hasta el Landsat 8. Este Landsat conocido como el instrumento de observación de la Tierra lanzado el 15 de abril de 1999 ofrece una medidas precisas en comparación con las mismas medidas del suelo y lo han convertido en la opción de validación para muchos sensores de resolución gruesa (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio [NASA], 2016).

Por consiguiente, las imágenes satelitales se han convertido en una fuente valiosa de información para numerosas aplicaciones como lo son el inventario de recursos naturales, planificación urbana y rural, monitoreo y gestión del medio ambiente, agricultura, infraestructuras, obras civiles, exploraciones mineras, respuestas rápidas a desastres y operaciones militares, entre muchas otras (Chuvieco, 1995). Por lo tanto uno de los cambios que ocurre en la tierra y que pueden ser estudiados por medio del uso de imágenes de satelitales de media o alta resolución son los cambios en los usos del suelo, para conocer el estado actual de

esté evaluándolo con base a los años anteriores teniendo presente su distribución, su dinámica y su evolución, y así esta puede ser utilizada como un indicador ambiental ya que las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio y cambian su calidad y la cantidad de los recursos naturales como es el caso del recurso hídrico (Rodríguez, González y Arias, 2013).

El IDEAM en el 2010 citado por Delgado y Quintana (2014) afirma que una de las primeras entidades en liderar a nivel internacional la producción de datos sobre el agua en el mundo fue la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la difusión de los procedimientos estandarizados para obtener datos sobre el recurso hídrico en el mundo comenzó a principio de los años 60 en más de 182 países, dando origen a la Guía de Práctica Hidrológica, la cual es aplicada en muchos países entre los que se encuentra Colombia.

Por tal motivo se ha buscado evidenciar el estado del recurso hídrico y sus tendencias a corto y largo plazo mediante un indicador, por lo cual se propuso una la relación entre la demanda y la oferta de agua a mediados de los 90's, para convertirse en un instrumento válido para manejar mejor este recurso (García, 2010). Desde 1998 el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM calcula el índice de escasez hídrico para los municipios de Colombia con el fin de mejorar el recurso hídrico del país. Recientemente la Comunidad Andina de Naciones (CAN), con el respaldo del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO adoptó la propuesta del IDEAM de usar este índice y su metodología de construcción como el indicador común para orientar la gestión del agua en los países andinos (Costa, Domínguez, Gonzalo y Vanega, 2005, pág 1). Asimismo desde 2004 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopto la metodología propuesta por el IDEAM en

la Resolución 865, en donde mencionas diferentes métodos para el cálculo de la oferta hídrica como es el caso del método lluvia escorrentía (MAVDT, 2004).

2.2. Marco Contextual

La Playa de Belén es uno de los cuarenta (40) municipios que conforman el departamento Norte de Santander, que está localizado bajo las siguientes coordenadas geográficas: 8° 11' Latitud Norte y 73° 03' de Longitud oeste. Esta hace parte de la región Andina y a su vez integra la subregión occidental junto a los municipios de Abrego, Cáchira, Convención, El Carmen, Hacarí, La Esperanza, Ocaña, San Calixto y Teorama. De acuerdo a su tamaño este es el municipio más pequeño de la Provincia de Ocaña con un área de 241,25km² lo que equivale al 0.88% de la superficie del departamento (Consejo Municipal de La Playa de Belén, 2000).

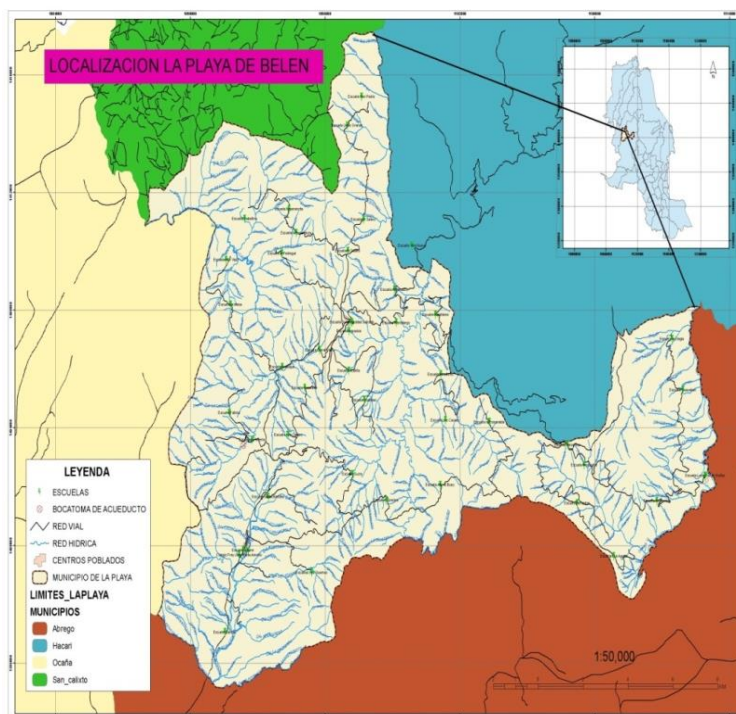


Figura 2. Localización del municipio de La Playa de Belén. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Asimismo en este municipio existe un área de 2.7% que hace parte del Área Natural Única de Los Estoraques por su valor ambiental y paisajístico, lo que lo hace característico para pertenecer al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (Consejo Municipal de La Playa de Belén, 2000). Los Estoraques son formaciones que corresponde a estructuras de carácter geomorfológico las cuales se originan a través de los procesos de meteorización de la roca cristalinas en el transcurrir de millones de años (Consejo Municipal de La Playa de Belén, 2000).

El Consejo Municipal de La Playa de Belén (2000) mediante el Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT afirma que por medio del Acuerdo 22 del 1984 el INDERENA declaró la microcuenca La Tenería del municipio La Playa como Área de Reserva Forestal Protectora, en este acto administrativo se hace referencia a la protección de la parte alta de la misma, lo cual ha permitido llevar a cabo prácticas enfocadas a la conservación y así garantizando el abastecimiento de agua al acueducto del municipio de La Playa de Belén; un ejemplo de esta situación es que la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Norte de Santander-CORPONOR ha desarrollado compras en compañía de la administración local en el año 2002 entre ellas el correspondiente al nacedero de la corriente hídrica principal. Además la ANU delimita con el Área de Reserva Forestal Protectora con coordenadas geográficas 8°13' Latitud Norte y 73°14' Longitud Oeste, esta hace parte de la subcuenca Cargamanta.

En este sentido el municipio de la Playa de Belén junto con los municipios de Abrego, Ocaña y parcialmente Rio de Oro y Gonzales alimentan por la parte alta al rio principal de Norte de Santander que es la cuenca del Rio Catatumbo, por lo cual han sido estudiados a través del

Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental del Cuenca Alta del Río Catatumbo, con el fin de direccionar políticas para el manejo racional de los recursos naturales. Siendo la quebrada El Playón y Cargamanta los principales drenajes de la cuenca alta del río Catatumbo.

La quebrada Cargamanta inicia al unirse las quebradas Aratoque, La Tenería y La Ahuyama, exactamente en la parte más baja del valle de Aratoque y de allí avanza en sentido noroeste. Más adelante toma el nombre de río Cargamanta y sirve de frontera parcial con el municipio de Ocaña, para entregar luego sus aguas al río Catatumbo.

La quebrada La Tenería cuenta con un aporte del recurso hídrico por las quebradas: La Honda, Piritama, Tenería, Pantanillo y Caldo de Huevo (Consejo Municipal de La Playa de Belén, 2000).

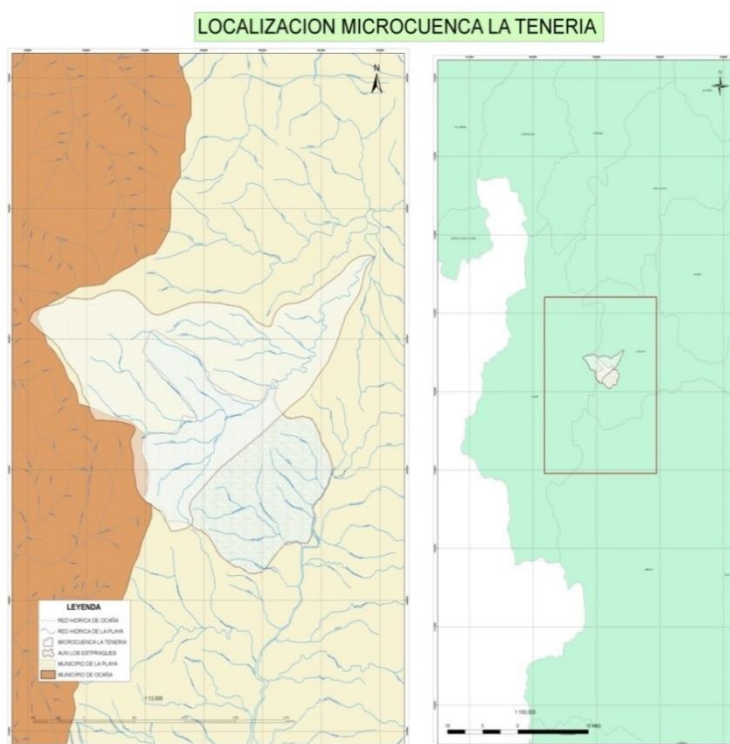


Figura 3. Localización de la quebrada La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Cartografía. Se considera a la cartografía como el arte, ciencia y técnica de hacer mapas y el estudio de éstos como documentos científicos y obras de arte. Esta es la definición clásica adoptada durante mucho tiempo, dada originalmente por la Asociación Cartográfica Internacional (ICA) (Hansen, sf). Durante la 17ava Asamblea General de esta Asociación, celebrada en Barcelona, España en septiembre de 1995 se adoptó una nueva definición citado por Hansen sf, que la cartografía es la disciplina que trata sobre la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas arte.

Hansen (sf) afirma que el hecho de incluir los tres aspectos, arte, ciencia y técnica, representa una solución de compromiso en la definición, ya que dentro del mundo cartográfico hay quienes favorecen y defienden una determinada corriente de pensamiento en el sentido de que la cartografía es fundamentalmente un arte. Para otros, en la cartografía todo es científico y muy poco hay de artístico, y para un tercer grupo, es más que todo una técnica, considerada ésta como el conjunto de procedimientos asociados a un arte o ciencia. Los defensores del primer concepto aducen que con el fin de crear un mapa es necesario poseer un cierto sentido artístico para balancear la información representada, situar adecuadamente los rótulos, utilizar los colores, dibujar las líneas. Para el cartógrafo-artista la presentación del mapa es lo esencial y la información en sí es secundaria; sus productos tienen un carácter pictórico fundamental. En el polo opuesto, los cartógrafos-científicos defienden con celo la idea de que es necesaria una base científica para la creación de un mapa: matemáticas, geodesia, física, electrónica, etc.; sus productos son muy precisos, a veces en extremo y en ocasiones difíciles de- interpretar en

términos de la información contenida. En el caso de los cartógrafos puramente técnicos, para producir un mapa, basta con seguir una tecnología establecida, sin que sea necesario conocer su fundamento (p.4).

Un poco de reflexión puede conducir a la conclusión de que favorecer una sola corriente de pensamiento constituye una idea equivocada, ya que en la realidad y como se tendrá oportunidad de reconocerlo más adelante, los tres aspectos concurren en la producción de mapas: la ciencia en lo que respecta a los sistemas de producción, para la determinación de relaciones espaciales y para la definición de parámetros en la información, el arte como elemento esencial para efectos de presentación, y la técnica que viene en apoyo de las otras dos (Hansen, sf, pág 5).

La segunda de las definiciones merece cierto comentario: en primer lugar, hace de la cartografía una disciplina, entendida ésta como una rama del conocimiento que desemboca en un conjunto de reglas y métodos aplicables a una determinada actividad. En segundo término, la definición tiene una orientación hacia los procesos involucrados en la actividad cartográfica, desde la concepción, hasta el empleo de los mapas. Esta nueva definición procura ser suficientemente comprensiva y trata de evitar la aparente confrontación entre los aspectos científicos, artísticos y técnicos (Hansen, sf, pág 5).

2.3.2 Análisis multitemporal. Los estudios multitemporales son el análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas, lo que permite evaluar los cambios

en la situación de las coberturas que han sido clasificadas, como los meses del año y los años entre sí, donde abarca todo en una imagen (Bedoya, Portillo y Sáenz, 2015).

Para Chuvieco (1990) citado por Bedoya et al (2015) el análisis multitemporal permite detectar cambios entre dos fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. Según Silva (1999) citado por Bedoya et al (2015) constituye este análisis como uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios en la vegetación que acontecen en un lapso de tiempo.

2.3.3 Teledetección. La palabra teledetección proviene de la traducción dada por los franceses "télé-détectation" en 1967 al término anglosajón usado por los hispanoparlantes para referirse al término inglés "remote sensing", puede literalmente traducirse como "La adquisición de información sobre un objeto a distancia es decir sin que haya contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador" que se refiere a la ciencia, técnica o, incluso "arte" para algunos, de obtener información (imágenes) de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con él. Pero la teledetección también incluye todo el trabajo realizado a posterior con esas imágenes, es decir, su procesamiento e interpretación (Labrador, Évora y Arbelo, 2012, pág 9).

Se puede definir la teledetección como la técnica que permite obtener información a distancia de los objetos localizados sobre la superficie terrestre, enmarcando los procesos que permiten obtener una imagen y su posterior tratamiento e interpretación, dicha técnica puede utilizarse tanto para el tratamiento de imágenes satelitales como aéreas, y para llevar a cabo el

tratamiento de la información obtenida es necesario que exista una interacción entre los objetos y el sensor, esta interacción se refiere a un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige al sensor, la cual puede ser de tres tipos: la radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado); la radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico); c) radiación emitida por el sensor y la reflejada por los objetos (radar), las dos primeras técnicas se conocen como teledetección pasiva y la tercera como teledetección activa (Chuvieco, 2008, pág 544).

Una parte fundamental en la información que se obtiene a partir de los distintos sensores remotos es la resolución con que se obtiene, por lo tal la resolución espacial se refiere al tamaño mínimo identificable sobre una imagen, denominado píxel. Por su parte, la resolución espectral es el número y el ancho de las bandas espectrales que es capaz de detectar un sensor (Bernabé y López, 2012, pág 90).

2.3.4 Cuenca hidrográfica. La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar (Franquet, 2010, pág 23).

Para Muñoz (s/f) citado por Ordoñez (2011), la cuenca es una unidad del territorio en donde funciona la combinación de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político (p. 7).

En una cuenca hidrográfica interactúan una serie de ecosistemas naturales, cuyo grado de complejidad aumenta en relación directa con el tamaño de la cuenca. Estos ecosistemas tienen elementos como el aire, el clima, el suelo, el subsuelo, el agua, la vegetación, la fauna, el paisaje, entre otros, los cuales, en conjunto, conforman lo que se denomina la oferta de bienes y servicios ambientales, o base natural de sustentación; oferta que es necesario conocer, para lograr una utilización sostenible de la misma (Ordoñez, 2011, pág 30).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1992), una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente que desemboca mediante un sistema fluvial, en otras palabras a un curso de agua o río. Del mismo modo constituye una unidad hidrológica descrita como una unidad físico-biológica, conocida también como unidad socio-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales (Molina, 2005, pág 21).

Una cuenca incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y sus límites se establecen por el parte aguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida” (Ordoñez, 2011, pág 9).

Llerena (2003) citado por Ordoñez Galvez (2011) En la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos: Alto, Medio y Bajo, los cuales en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (p.9).

Arreola-Muñoz (s/f) citado por Ordoñez (2011) establece que “Las cuencas tienen un funcionamiento territorial altitudinal ya que implica la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja (p. 9).

En el decreto 1640 de 2012 establece la definición de una cuenca u hoya hidrográfica es aquella zona de aguas superficiales o subterráneas en donde descarga sus aguas a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor como en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

La microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas (Ordoñez, 2011, pág. 9).

2.3.5 Oferta hídrica superficial. La oferta hídrica es el volumen de agua disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre (Cornare, 2013).

La oferta hídrica superficial para el ENA representa el volumen de agua continental que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Esta variable se analiza

para unidades temporales anuales y mensuales en condiciones hidrológicas promedio, húmedas y año típico seco (IDEAM, 2010).

Cuantificar la oferta hídrica a nivel de país, región o cuenca hidrográfica es esencial y aparentemente sencillo para iniciar el proceso de análisis, solamente requiere medir la lluvia y las fuentes que abastecen dichas áreas delimitadas, a partir de observaciones diarias en sitios estratégicos o de interés que pueden ser estaciones hidrológicas y meteorológicas, y así lograr obtener la variación sistemática de los principales parámetros considerados para su análisis, en el tiempo (MAVDT, 2004).

También es definido como el volumen total de agua que fluye por la fuente abastecedora después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo cobertura vegetal (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2004).

2.3.5.1 Oferta hídrica superficial neta. Volumen de agua que ofrece la fuente hídrica (en millones de metros cúbicos – Mm³), que resulta después de aplicar los factores de reducción por fuentes frágiles y de reducción por régimen de estiaje (DANE, 2004).

2.3.6 Escorrentía hídrica superficial. Según el ENA, la escorrentía superficial es la precipitación que fluye por la superficie del suelo y se concentra en los cauces y cuerpos de agua. Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida (IDEAM, 2008).

De tal forma la escorrentía superficial es el agua que escurre hacia la corriente de drenaje de la cuenca después que la precipitación se ha repartido en intercepción, retención e infiltración. El estado inicial de humedad de la cuenca regula las magnitudes relativas intercepción, retención e infiltración (CORPAMAG, 2004).

2.3.7 Uso de la tierra. El uso de suelo se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad (Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial D.F, [PAOT], 2013).

2.3.7.1 Uso y tratamiento del suelo. La condición superficial en una cuenca hidrográfica se muestra en el uso del suelo, que está relacionado con las coberturas forestales y vegetales de la cuenca las cuales son el tipo de vegetación, los usos agrícolas, tierras en descanso, superficies impermeables y áreas urbanas, y la otra condición es el tratamiento del suelo se aplica a las prácticas mecánicas como perfilado de curvas de nivel propias del uso agrícola, y prácticas de manejo como controles de pastoreo y rotación de cultivos (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, [MAVDT] 2004).

2.4 Marco Teórico

El recurso hídrico está siendo altamente afectado por la presión humana disminuyendo cada vez su disponibilidad en cuanto a la cantidad y calidad del mismo, por la presión principalmente de la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, entre otros (Ordoñez, 2011).

En la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico realizada por MAVDT (2010) afirma que la mayoría de los conflictos de la gestión integral del recurso hídrico se relaciona con la ordenación de la cuenca, el ordenamiento del territorio, el manejo y aprovechamiento forestal y el saneamiento básico. Asimismo en la política se identificaron otros conflictos que se presentan con frecuencia en las cuencas es el uso del suelo, la calidad y por ultimo cantidad de agua, adicional a estos existen otros conflictos en los que están desconocimientos de las competencias y la normatividad, diferencias de visiones y en la priorización de problemas por parte de las autoridades ambientales, las dificultades al acceso de la información por parte de las diferentes instituciones y las personas que habitan en ellas.

Los cambios que se generan en el suelo al cambiar su cobertura vegetal original por otra, se producen en las propiedades químicas y en las físicas del mismo, como lo demuestran el estudio realizado por Ordóñez et al (1992), donde él evalúa en Guaviare (Colombia) las propiedades de

suelos en donde cambio su cobertura original de bosque por cultivos o por pastos citado por Jaramillo (2002).

Ordóñez et al (1992) citado por Jaramillo (2002) afirma que la densidad aparente se incrementa y la porosidad total y el almacenamiento de agua disminuyen, al comparar los valores recuperados en suelos bajo bosque con los mismos suelos con cultivos y en mayor proporción, cuando se comparan con suelos de potreros de más de 5 años de establecidos, con pastoreo continuo; el efecto nocivo del uso pecuario fue mucho mayor que el de los cultivos en estos suelos en todos los paisajes estudiados (pág 277).

Paruejo et al (2006) en su investigación los cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. Los cambios en el uso de la tierra que describieron fue base a la información aportada por estadísticas oficiales de Argentina y Uruguay, y datos resultantes del procesamiento y clasificación de imágenes provistas por satélites. Se aprovecha el contraste entre ambos países para explorar el papel de los controles políticos sobre el uso de la tierra. En base a este marco conceptual es posible modelar los cambios en el uso de la tierra a partiendo de la probabilidad de transición entre usos. Por lo cual Los controles de estas transiciones pueden ser ambientales (por ej. tipos de suelos, clima, etc.), económicos (por ej. margen bruto, precios internacionales, etc.), sociales (por ej. disponibilidad de mano de obra, tenencia de la tierra, etc.), o políticos (por ej. la ley forestal, política impositiva, líneas de créditos, etc.). Por lo cual definieron la idea de servicios ecosistémicos presentamos un marco conceptual para la planificación del uso de la tierra considerando sus impactos ambientales, sociales, económicos y políticos.

Candela, Tamoh, Olivares, Gómez y Valdes (2015) realizaron un trabajo de investigación con el título efectos del cambio climático y usos del suelo sobre los recursos hídricos de la cuenca del río Tordera (Barcelona, España) para el periodo de 2000 y 2050. En la metodología aplicada para determinar los impactos producidos por el cambio climático sobre los recursos hídricos consiste en el uso de diversos métodos de forma escalonada. El periodo de comparación que utilizaron fue 1984-2008, en donde se realizaron la estimación de la escorrentía, recarga subterránea y balance en el acuífero mediante modelación numérica para el periodo histórico (1984-2008). Los códigos utilizados fueron HEC-HMS 3.4 (Scharffenberg y Fleming, 2009), Visual BALAN 2.0 (Samper et al., 2005) y Visual MODFLOW 2009.1 Pro (McDonald y Harbaugh, 1988). Además la estimación de los recursos hídricos futuros (superficiales y subterráneos) para el escenario A2 y periodos 2000-2025 y 2025- 2050 a partir de los modelos calibrados y validados anteriormente. Los datos climáticos se escalaron a partir del modelo ECHAM5. Por otra parte la estimación de los recursos hídricos futuros bajo escenarios sostenible y tendencial de cambios de usos del suelo y según los escenarios climáticos y periodo temporal definido.

Ramírez (2015) elaboró un trabajo de investigación en donde hizo un análisis e identificación de las coberturas del municipio de San Jacinto en el departamento de Bolívar. Este fue realizado a partir de imágenes satelitales (Rapideye y Spot) del año 1999 y 2011. Los cambios que se identificaron en las coberturas terrestres, durante dos épocas a una escala 1: 25 mil. Con un proceso de clasificación supervisada de coberturas y el análisis de las mismas, reflejando una principal expansión de las Tierras agrícolas. Por el desarrollo económico que ha tenido este municipio, se pudo evidenciar que la actividad agrícola presento un crecimiento

considerable, contrario a los territorios artificializados, los cuales presentaron una pequeña pérdida sin presentar crecimiento de esta.

Ruiz, Savé, y Herrera, (2013) realizaron una investigación la cual tuvo como objetivo evaluar el cambio de uso del suelo en el Paisaje Terrestre Miraflores Moropotente en el período 1993-2011, mediante imágenes satelitales, con el fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. Para los cambios en los usos del suelo, se utilizaron tres imágenes Landsat TM, estas contaron con una resolución espacial de 30 metros teniendo en cuenta el intervalo del tiempo a estudiar. De la misma manera se verificó en campo la identificación de las coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales. La fragmentación se realizó con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje. En conclusión los resultados arrojados que los cambios de uso de suelo son generados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería. Además el crecimiento poblacional y los monocultivos han ejercido presión sobre el bosque. Estos cambios de cobertura en el paisaje ha causado diferentes grados de perturbación generando fragmentación y por ende una disminución de la superficie de hábitats naturales, reducción del tamaño de los fragmentos y aislamientos de los mismos.

Hernández (2012) realizó la tesis de grado llamada “Análisis multitemporal de cobertura vegetal del municipio del distrito central años 1987 – 2006” que contiene un intervalo de tiempo de 18 a 22 años. Para esta investigación se utilizó dos tipos de imágenes satelitales se adquirieron de los sensores Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM, estas se implementaron como base para la interpretación y clasificación de firmas espectrales mediante un método no supervisado de la

cobertura del suelo, adquiriendo la identificación de 7 clases: Bosque de coníferas, Boque mixto, matorrales, Suelo Desnudo, Cuerpos de Agua y Urbano. Para el estudio se utilizaron las combinaciones en falso color RGA, para las bandas 4, 5, 3 disponiéndolas de la siguiente manera: El Canal rojo hace referencia a la Banda 4, el Canal verde a la Banda 5 y el Canal Azul a la Banda 3. Con esta combinación se logró la identificación de la vegetación de color marrón, verde y naranja, dependiendo del número o volumen de los agrupamientos vegetales existentes y cuando la superficie terrestre presenta carencia de vegetación ilustra tonalidades de intensidad como blanco, amarillo y agua.

Delgado y Quintana (2014) tuvieron como objetivo para su investigación determinar el índice de escasez de la cuenca del río Guachaca en el Departamento del Magdalena, mediante el análisis de la escorrentía superficial y la demanda de agua generada por los usos del suelo, teniendo como base la metodología del IDEAM, para conocer la disponibilidad del recurso hídrico y asimismo plantear recomendaciones para su conservación y uso sostenible. La información secundaria para este estudio fue facilitada por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (I.H.S.A) de la Universidad de Cartagena, a partir de registros de estaciones meteorológicas del IDEAM, curvas Isoyetas del departamento del Magdalena y planos IGAC de usos del suelo. Como resultado se obtuvieron las características morfométricas de la cuenca relacionadas con la forma, el relieve y la Hidrografía de la 57 subcuencas, también se determinó la demanda de agua basándose en la población actual y futura en las subcuencas, y los diferentes usos del suelo y cultivos presentes en la misma; del mismo modo se calculó la oferta hídrica dentro de la cuenca, para así conocer el índice de escasez para cada una de las subcuencas.

Delgado, Charry y Ortiz (2015) se basaron en su estudio en determinar el comportamiento de la cuenca del río Tunjuelo con relación a su oferta y demanda hídrica. Para llevar a cabo esta investigación se hizo una evaluación de la oferta hídrica teniendo en cuenta el caudal ecológico y la calidad del agua, asimismo se estimó la demanda hídrica y por último se halló el índice de escasez mediante el análisis del balance hídrico en la cuenca.

Gutiérrez, Díaz , y Muñoz (2015) llevaron a cabo un estudio en donde se calculó el índice de escasez de la cuenca del Río Opía ubicada en el departamento del Tolima aplicando la metodología expuesta en la resolución 865 del 2004 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, relacionando la oferta y demanda neta del agua, para esto se tuvieron en cuenta dos escenarios: el primero es cuando existe información disponible de demanda hídrica con respecto a concesiones de agua; y el segundo cuando no hay la información y es necesario ir a métodos indirectos utilizando información secundaria como lo es la cartografía de cobertura de la tierra, datos de precipitación, evapotranspiración (ETP) y coeficientes teóricos según la cobertura para tener datos confiables en la toma de decisiones.

Cruz y Rivera (2014) desarrollaron un trabajo en conjunto con la Universidad de Pamplona y CORPOCHIVOR, donde su propósito fue determinar la oferta y demanda hídrica de la microcuenca Quebrada La Quiña, departamento de Boyacá, para ejecutar la distribución de agua con base en los usos de este se tuvo en cuenta la normativa ambiental. Del mismo modo se emplearon las metodologías citadas en la Resolución 865 del 22 de Julio 2004 y el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010 para calcular el índice de escasez. Asimismo para la cartografía del área fue suministrada por el SIAT de CORPCHIVOR, y complementada con el

levantamiento de información en campo. Los programas utilizados para la determinación de la ETP es el CROPWAT 8.0 (FAO) y para los análisis estadísticos el paquete Excel.

Santiago y Guerrero (2015) realizaron una evaluación del índice de escasez del agua superficial neta en la microcuenca La Estancia del municipio de González, departamento del Cesar. En este estudio se utilizó la metodología del índice de escasez propuesta por el Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la cual adopta el índice de escasez como una herramienta para hacer un uso eficiente del recurso hídrico. Como también implementaron el Sistema de Información Geográfica con el software ArcGIS e IDRISI.

López y Quintero (2014) realizaron una investigación en la microcuenca “Juan Sánchez” del municipio de Ocaña Norte de Santander en donde se hizo un análisis a la oferta y demanda hídrica superficial de la misma en el periodo de mayo a septiembre del 2014. Para lo cual se recopiló información secundaria haciendo una revisión de literatura y acopio de toda la información existente tanto en las entidades estatales como privadas, por ende se contó con entidades como: CORPONOR (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental Ocaña), Estación Meteorológica de la Universidad Francisco de Paula Santander - Ocaña. Con respecto a la información de campo se realizaron recorridos por el cauce principal de la quebrada, y se aplicaron encuestas a los habitantes como a los usuarios del agua de la microcuenca. Una vez recolectada la información se utilizaron programas como ArcCatalog 10.2 y ArcMap 10.2 para su análisis respectivo, permitiendo así el análisis morfométrico de la cuenca y las salidas graficas necesarias para este estudio.

2.5 Marco Legal

El proyecto está enmarcado dentro de las siguientes leyes, normas y decretos para los siguientes aspectos:

2.5.1 Constitución Política de Colombia.

2.5.1.1 Art 79. “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo, es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

2.5.1.2 Artículo 80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible su conservación y restauración o sustitución además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados, así mismo cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

En el 2010 el ministerio del medio ambiente expidió la política para la gestión integral del recurso Hídrico, la cual define la cuenca hidrográfica como la unidad espacial de análisis y de gestión en donde el agua interactúa con los demás recursos naturales renovables, elementos ambientales y ecosistemas estratégicos que la integran.

2.5.2 Decreto 1640 del 2012. Establece los lineamientos y directrices de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en relación con la estructura de planificación de cuencas hidrográficas.

2.5.3 Ley 165 de 1994. Por medio del cual se aprueba el “Convenio sobre la biodiversidad Biológica “establece el artículo 6º, elaborara estrategias, planes y programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad bilógica o adoptara para este fin las estrategias, planes o programas existentes que habrán de reflejar, entre otras cosas las medidas establecidas en el presente convenio y que sean pertinentes.

2.5.4 Ley 388 de 1997. Establece el Plan de Ordenamiento Territorial en el cual se encuentra en el Capítulo IV La clasificación del suelo de la siguiente manera:

2.5.4.1 Artículo 30. Clases de suelo. Los planes de ordenamiento territorial clasificarán el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección, de conformidad con los criterios generales establecidos en los artículos siguientes.

2.5.4.2 Artículo 31. Suelo urbano. Constituyen el suelo urbano, las áreas del territorio distrital o municipal destinadas a usos urbanos por el plan de ordenamiento, que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso. Podrán pertenecer a esta categoría aquellas zonas con procesos de urbanización incompletos, comprendidos en áreas consolidadas con edificación,

que se definan como áreas de mejoramiento integral en los planes de ordenamiento territorial. Las áreas que conforman el suelo urbano serán delimitadas por perímetros y podrán incluir los centros poblados de los corregimientos. En ningún caso el perímetro urbano podrá ser mayor que el denominado perímetro de servicios públicos o sanitarios.

2.5.4.3 Artículo 32. Suelo de expansión urbana. Constituido por la porción del territorio municipal destinada a la expansión urbana, que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los Programas de Ejecución. La determinación de este suelo se ajustará a las previsiones de crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres, y parques y equipamiento colectivo de interés público o social. Dentro de la categoría de suelo de expansión podrán incluirse áreas de desarrollo concertado, a través de procesos que definan la conveniencia y las condiciones para su desarrollo mediante su adecuación y habilitación urbanística a cargo de sus propietarios, pero cuyo desarrollo estará condicionado a la adecuación previa de las áreas programadas.

2.5.4.4 Artículo 33. 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.

2.5.4.5 Artículo 34. Suelo suburbano. Constituyen esta categoría las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de

desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994. Podrán formar parte de esta categoría los suelos correspondientes a los corredores urbanos interregionales. Los municipios y distritos deberán establecer las regulaciones complementarias tendientes a impedir el desarrollo de actividades y usos urbanos en estas áreas, sin que previamente se surta el proceso de incorporación al suelo urbano, para lo cual deberán contar con la infraestructura de espacio público, de infraestructura vial y redes de energía, acueducto y alcantarillado requerida para este tipo de suelo.

2.5.4.6 Artículo 35. Suelo de protección. Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

La investigación es de enfoque mixto, ya que se hizo una recolección de datos para proceder al análisis de estos, con el fin de establecer el comportamiento de las variables y de esta manera se comparó las teorías existentes. El tipo de investigación es correlacional y descriptivo, ya que la finalidad de esta investigación fue conocer la afectación en la disponibilidad del recurso hídrico por los cambios del uso del suelo en la microcuenca La Tenería del municipio La Playa de Belén Norte de Santander, para así realizar el posterior análisis de estas variables y otras que serán necesarias para el complemento del estudio. Adicional a esto, la investigación es de diseño no experimental, debido a que se realiza sin manipular las variables. La metodología de investigación se basó en lo establecido por Hernández, Fernández y Baptista (2014).

3.2. Población

La población del estudio corresponde a las microcuencas pertenecientes a la subcuenca Cargamanta del municipio de La Playa de Belén.

3.3. Muestra

La muestra que se estudio fue la microcuenca La Tenería de la subcuenca Cargamanta municipio de la Playa de Belén.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Recopilación y análisis documental, adquirido por el Área Natural Única Los Estoraques, la alcaldía municipal y demás entidades. Asimismo se realizó un análisis multitemporal del cambio de coberturas de la tierra y el uso del suelo de los años 2000, 2010 y 2016 mediante procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 ETM y Landsat 8 ETM, aplicando una clasificación no supervisada en el software ArcGIS 10.3. Posterior a esto se determinó el escurrimiento superficial por el método lluvia escorrentía, para el cálculo de la oferta hídrica superficial.

3.5 Procedimiento metodológico

3.5.1 Objetivo 1: Determinar las características biofísicas mediante la colecta de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería. El estudio se comenzó con la delimitación y caracterización de la microcuenca La Tenería por medio de la información geográfica en formato vectorial procedente de Parque Nacional Natural - Área Única Natural Los Estoraques y CORPONOR. Con esta información vectorial se logró determinar algunas características biofísicas (área, perímetro, hidrografía y zonas de vida) y con los archivos vectoriales que tienen información del estudio general de suelos de Norte de Santander hecho por el IGAC del año 2006, a partir de éste determinándose las características de paisaje, clima, relieve, litología, procesos geomorfológicos, unidades cartográficas y drenaje. Para la clasificación taxonómica de los suelos en la microcuenca se utilizó la metodología Sistema Taxonómico Americano (Soil Survey Staff) (Ver tabla 1).

Tabla 1*Clasificación taxonómica de los suelos*

PAISAJE		CLIMA	C. PEDOLÓGICO	RANGOS DE PENDIENTES	EROSIÓN	PEDREGOSIDAD	
M	Montaña	E	Contenidos poblaciones de suelos	a	Ligeramente plana (1-3%)	1 Ligera	
L	Lomerío	H		b	Ligeramente inclinada (3-7%)	2 Moderada	Recubrimiento de fragmentos de roca en superficie
P	Piedemonte	L		c	Moderadamente inclinada (7-12%)	3 Severa	
R	Planicie	M		d	Fuertemente escarpada (12-25%)		
V	Valle	Q		e	Moderadamente escarpada (50-75%)		
		R		f	Fuertemente escarpada (>75%)		
		V		g			
		W					

Nota. En la tabla se describe la simbología dada a la clasificación taxonómica de suelos. Fuente: Soil Survey Staff (1996).

También se descargó una imagen raster denominado Modelo Digital de Elevación (DEM), para extraer las curvas de nivel necesarias para crear el Modelo Digital del Terreno (TIN) conocido como Modelo de Triángulos para generar un Modelo de Elevación del Terreno. Luego se hallaron las pendientes del área de la microcuenca La Tenería a partir del DEM. Además se comprobó y se actualizó la información con documentos oficiales tales como EOT del 2000 del municipio de La Playa de Belén y el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Norte de Santander elaborado por el IGAC del 2006.

3.5.2 Objetivo 2: Identificar las coberturas y los usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería. Las imágenes satelitales utilizadas fueron Landsat 7 ETM del año 2000 y para los años 2013 y 2016 se trabajó con el Landsat 8 ETM, que fueron descargadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos y fueron tratadas de forma digital. Luego se realizó un reconocimiento y una combinación de bandas (Ver tabla 2), a través del software ArcGIS 10.3 se utilizó la herramienta ArcToolbox – Data Management Tools- Raster- Raster Processing- Composite Bands, para luego realizar la clasificación no supervisada en este software mediante la aplicación de ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Multivariate -Iso Cluster Unsupervised Classification, a través de esta herramienta se agruparon los píxeles similares de la imagen satelitales de acuerdo a los cinco (5) establecidos de acuerdo a las coberturas y usos del suelo existentes en la zona. Una vez generada la leyenda de las salidas gráficas para los tres (3) años de las coberturas y el uso del suelo de la microcuenca, se relacionó con la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra CORINE LAND COVER, para definir lo que se encuentra en el área.

Tabla 2*Combinación de bandas para Landsat 7 ETM y Landsat 8 ETM*

COMBINACIÓN DE BANDAS	LANDSAT 7 ETM	COMBINACIÓN DE BANDAS	LANDSAT 8 ETM
3,2,1	Color natural	4,3,2	Color natural
4,3,2	Falso color (vegetación densa o escasa)	7,6,4	Falso color (urbano)
4,5,3	Falso color (agua, tierra)	5,4,3	Infrarrojo (vegetación)
7,4,2	Falso color (urbano)	6,5,2	Agricultura
3,4,1	Falso color (urbanos, vegetación)	7,6,5	Penetración atmosférica
5,3,1	Falso color	5,6,2	Vegetación saludable
5,4,1	Falso color	5,6,4	Tierra/Agua
5,4,2	Falso color (ríos)	7,5,3	Natural con remoción atmosférica
7,4,1	Falso color	7,5,4	Infrarrojo de onda corta
		6,5,4	Análisis de vegetación

Nota. En esta tabla se describe las combinaciones de bandas correspondientes al satélite Landsat 7

ETM y Landsat 8 ETM. Fuente: NASA.

Una vez determinadas las coberturas y los usos del suelo se generó la base de datos del mapa para los años 2000, 2013 y 2016 de la microcuenca La Tenería para la comparación de los cambios del suelo a través de este periodo. Además se utilizó la siguiente fórmula de Tasa de Cambio Anual establecida por la FAO:

$$TC = \left[\left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1/n} - 1 \right] * (100)$$

Dónde:

TC= Tasa de cambio anual.

T1 = Superficie de la cobertura del suelo al inicio del periodo.

T2 = Superficie de la cobertura del suelo al final del periodo.

N = Amplitud el periodo analizado o intervalo.

3.5.3 Objetivo 3: Establecer de la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio por medio de la información obtenida.

3.5.3.1 Determinación de la oferta hídrica superficial. Para el cálculo de la oferta hídrica superficial se tuvo en cuenta la siguiente fórmula establecida por IDEAM en el 2004:

$$Q = \frac{Y(A)}{t}$$

Dónde:

Q= Caudal modal para el período de agregación seleccionado (m³/s).

t= Cantidad de segundos en el período de agregación (S).

Y= Esguerrimiento superficial.

A= Área de la Microcuena.

El método de lluvia escorrentía establecido por Soil Conservation Service SCS (Servicio de Conservación de los Estados Unidos) y adoptado por el IDEAM en la resolución 0865 del 2004. A través de este método se estimó el esguerrimiento medio.

Esguerrimiento medio:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + (0,8S)}$$

$Q > 0$ Si $0,2S \leq P$

Si no $Q = 0$

Dónde:

Q = Esguerrimiento medio (mm)

P = Precipitación media (mm)

S = Retención máxima potencial (mm)

Retención máxima potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Dónde:

S= Retención máxima potencial (mm).

CN= Curvas numéricas (adimensional).

Para este caso la variable de retención máxima potencial del agua del suelo (S) se halló mediante la relación lluvia escorrentía establecido por SCS, ya que el IDEAM propone que este método es aplicable a cuencas y microcuencas cuyas áreas sean inferiores a 250 km², que además no tienen información y por lo cual no cuentan con registros de caudal para la estimación de la oferta superficial.

3.5.3.1.1 Número de curva de escorrentía CN. Según la resolución 865 del año 2004 el número de curva de escorrentía CN del SCS fue desarrollado por análisis empíricos que llevaron a deducir que el CN es un índice que representa la combinación de los grupos hidrológicos del suelo, el uso y la clase de tratamiento de la tierra. Además de este depende de las condiciones del suelo, vegetación y manejo del cultivo y condición de humedad antecedente.

3.5.3.1.1.1 Clasificación hidrológica de los suelos de la microcuenca La Tenería. La clasificación hidrogeológica esta agrupada en cuatro (4) grupos de suelos hidrológicos (Ver tabla 3), identificados con las letras A, B, C y D de acuerdo al potencial de escurrimiento. Esta clasificación fue establecida por el SCS.

Tabla 3*Clasificación hidrológica de los suelos*

CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Suelo tipo A	Potencial de escurrimiento bajo. Suelos con altas capacidades de infiltración cuando están completamente húmedos, principalmente arenas y gravas muy bien ordenadas. Suelos con alta transmisión de agua.
Suelo tipo B	Suelos con capacidades de infiltración moderadas cuando están completamente húmedos, principalmente suelos medianamente profundos y drenados, con textura de sus agregados variando entre moderada y muy fina. Tiene velocidades medias de transmisión de agua.
Suelo tipo C	Suelos con capacidades de infiltración baja cuando están completamente húmedos, principalmente suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo o suelos con textura fina o moderadamente fina. Estos suelos tienen baja transmisión de agua
Suelo tipo D	Suelos con capacidades de infiltración muy bajas cuando están completamente húmedos. Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos. Suelos con transmisión del agua muy baja.

Nota. Esta tabla presenta la clasificación hidrológica de los suelos con su descripción. Fuente. SCS (2004).

3.5.3.1.1.2 Uso y tratamiento del suelo. La condición superficial en la cuenca hidrográfica se refleja en el uso del suelo y las clases de tratamiento. El uso del suelo está asociado a las coberturas forestales y vegetales de la cuenca como son el tipo de vegetación, los usos agrícolas, tierras en descanso, superficies impermeables y áreas urbanas. El tratamiento del suelo se aplica

a las prácticas mecánicas como perfilado de curvas de nivel propias del uso agrícola, y prácticas de manejo como controles de pastoreo y rotación de cultivos. Para ello se utilizaron las imágenes satelitales del área de la microcuenca La Tenería.

3.5.3.1.1.3 Condición hidrológica del suelo. El tipo de vegetación y la densidad de la cobertura en la cuenca o microcuenca tienen una gran influencia en la capacidad de infiltración del suelo. Se definieron las siguientes categorías de cobertura para pasto natural (Ver tabla 4). El porcentaje se estima cualitativamente en los planos respectivos:

Tabla 4

Categorías de cobertura para pasto natural

Mala	<50% de área cubierta por pasto. Alta intensidad de pastoreo.
Regular	50 al 75% del área cubierta por pasto. Intensidad media de pastoreo.
Buena	>75% del área cubierta por pasto. Intensidad ligera de pastoreo.

Nota. En esta tabla muestra las categorías de cobertura para pasto natural según el área cubierta y la intensidad de pastoreo. Fuente: SCS (2004).

La condición hidrológica para los bosques se determina igualmente cualitativamente (Ver tabla 5):

Tabla 5*Condición hidrológica para los bosques*

Mala	Bosques regularmente quemados con pocos arbustos y poco humus vegetal.
Regular	Con algunos arbustos, moderada cantidad de humus vegetal y pasto.
Buena	Protegido con pasto, con alta cantidad de humus vegetal y muchos arbustos cubriendo la superficie.

Nota. La tabla registra las tres condiciones hidrológicas para los bosques y las características de cada uno. Fuente: SCS (2004).

En la siguiente tabla 6, se estima el valor del número de curva (CN) de acuerdo con la clasificación hidrológica de los suelos y con la información anterior obtenida.

Tabla 6*Valor del número de curva (CN) según clasificación hidrológica*

CLASE	USO DE LA TIERRA	TIPO DE COBERTURA VEGETAL	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO			
				A	B	C	D
1	Rastrojo	Hilera rectas	-----	77	86	91	94
2	Cultivos en Hilera	Hilera rectas	Mala	71	81	88	91
		Hilera rectas	Buena	67	78	85	89
		Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
		Cur/Niv y Terrazas	Mala	66	74	80	82
		Cur/Niv y Terrazas	Buena	62	71	78	81
3	Cultivos	Hileras rectas	Mala	65	76	84	86
		Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
		Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Curvas de Nivel	Buena	61	73	81	84
		Cur/Niv y Terrazas	Mala	61	72	79	82

Tabla 6 Continuación

		Cur/Niv y Terrazas	Buena	59	70	78	81
4	Leguminosas en Hileras Estrechas o Forraje en Rotacion	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Hileras rectas	Buena	58	72	81	89
		Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		1/Curvas de Nivel	Buena	55	69	78	85
		Cur/Niv y Terrazas	Mala	63	73	80	83
		Cur/Niv y Terrazas	Buena	51	67	76	80
5	Pastos de pastoreo	Curvas de nivel	Mala	68	79	86	89
		Curvas de nivel	Regular	49	69	79	84
		Curvas de nivel	Buena	39	61	74	80
			Mala	47	87	81	88
			Regular	25	59	75	83
			Buena	6	35	70	79
6	Pastos de corte		Buena	30	58	71	78
7	Bosque		Mala	45	66	71	83
			Regular	36	60	73	79
			Buena	25	55	70	77
8	Pacios	-----		59	74	82	86
9	Caminos de tierra 2/	-----		72	82	87	89
10	Pavimentos	-----		72	84	90	92
11	Erial (suelo desnudo)	-----		77	85	91	93

Nota. En la tabla se encuentra el número de curva para cada grupo de suelo de acuerdo al uso de la tierra al tipo de tratamiento de la cobertura y la condición hidrológica. Fuente: SCS (2004)

3.5.3.1.1.4 Condición de humedad antecedente

Una vez determinado la CN en la figura que está dado por la condición de humedad antecedente intermedia (II), por tal motivo se debe considerar los datos de precipitación de los cinco (5) días previos al evento que se desea utilizar para la predicción del escurrimiento o del nuevo valor de CN. Si la precipitación es menor de 12,7 la condición de humedad es seca (I).

Cuando la precipitación es mayor de 38,1 se busca el valor de la condición humedad antecedente es humedad (III).

Tabla 7

Condición humedad antecedente como función de la precipitación.

CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE LOS CINCO DIAS PREVIOS AL EVENTO (mm)
I	0-12,7
II	12,7-38,1
III	>38,1

Nota. Esta tabla muestra los valores de condición humedad a estimar de acuerdo al valor de precipitación acumulada. Fuente: SCS (2003).

De acuerdo a la condición humedad antecedente resultante de la precipitación a los cinco (5) previos se estima ya sea el CN (I) o CN (III) a partir de las siguientes ecuaciones:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

3.5.3.2 Cuantificación de la oferta hídrica neta disponible. Para obtener la oferta hídrica neta disponible, se procedió a reducir la oferta hídrica total ya hallada por el método relación lluvia-escorrentía, es decir la reducción de la oferta hídrica total por calidad del agua y por caudal mínimo ecológico expresada en la siguiente fórmula propuesta por el IDEAM:

$$OH_N = OH_T * (R_{FF} + R_{FE})$$

Dónde:

OH_N = Oferta hídrica neta (m³ /seg)

OH_T = Oferta hídrica total (m³ /seg)

R_{FF} = Factor de reducción por fuentes frágiles (%)

R_{FE} = Factor de reducción por régimen de estiaje (%)

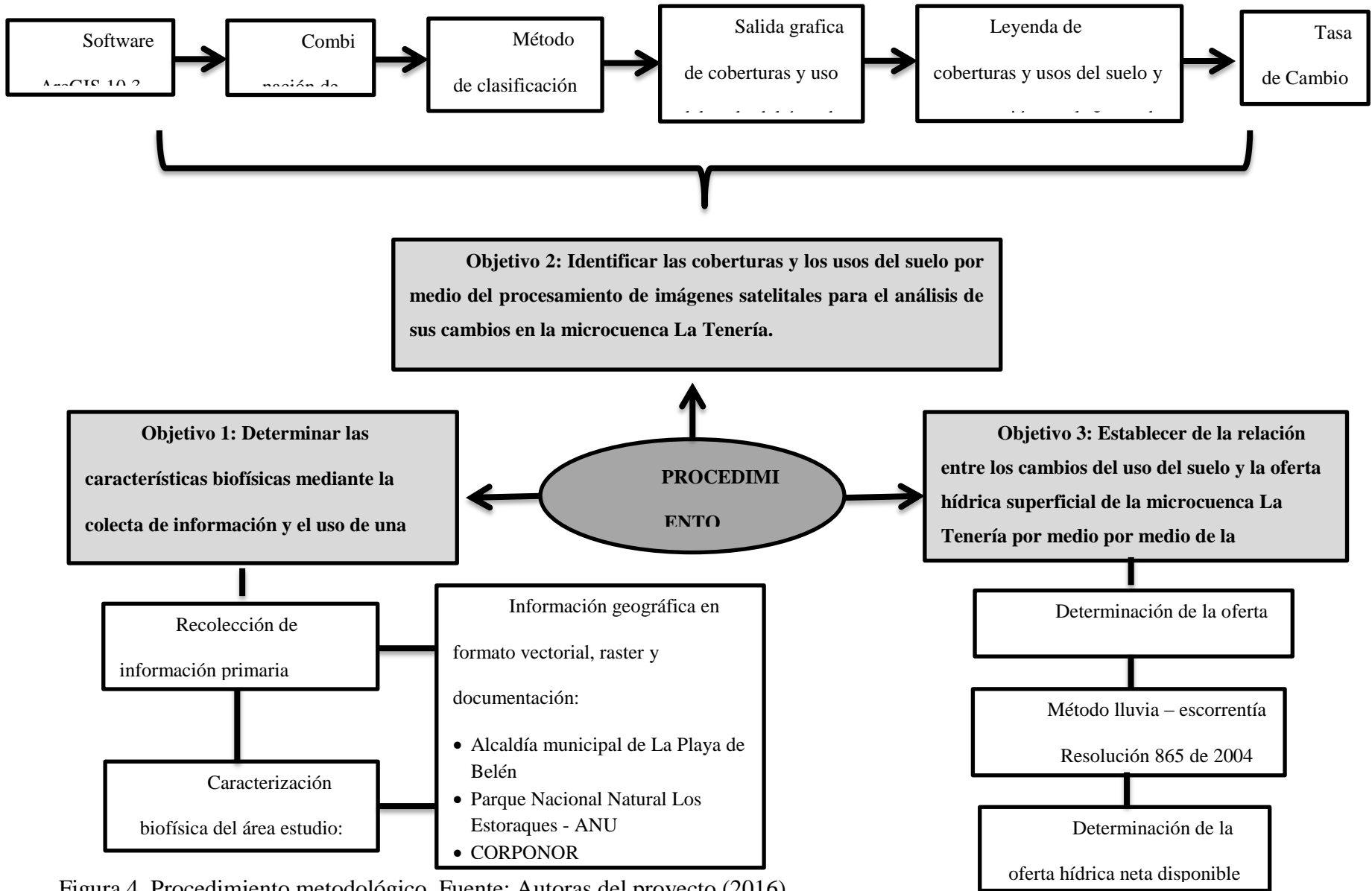


Figura 4. Procedimiento metodológico. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Capítulo 4. Administración del Proyecto

4.1 Recursos

4.1.1 Recursos Humanos. Los proponentes de este trabajo de grado son Leidy Tatiana Aponte Pérez y Loreiny Franco Galeano de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña del Plan de Estudios de Ingeniería Ambiental, quienes estarán trabajando con la guía del Ingeniero Ambiental Juan Carlos Hernández Criado.

4.1.2 Recursos Institucionales

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (antena GPS y licencia académica del software SIG ARCGIS 10.3. Esri).

Sistema de Parques Naturales de Colombia: Área Única Naturales Los Estoraques

Biblioteca Argemiro Bayona Portillo

4.1.3 Recursos financieros. A continuación se dará a conocer en detalle los recursos financieros que se utilizarán en la presente investigación:

Tabla 8*Presupuesto general del proyecto*

PRESUPUESTOS GENERAL				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
GASTOS SALIDA DE CAMPO				
Alimentación	Desayuno	20	\$6.000	\$120.000
	Almuerzo	20	\$3.000	\$60.000
	Comida	20	\$5.000	100.000
Transporte	Viajes	20	\$6.000	\$120.000
Subtotal de gastos de herramientas				\$225.000
GASTOS DE MATERIALES				
Alquiler GPS	Días	3	\$70.000	\$210.000
Licencia del Software ArcGIS 10.3		2	\$	\$20.000.000
Subtotal de Materiales				\$20.210.000
GASTOS DE EQUIPO DE COMPUTO Y PAPELERIA				
Computador y computo	Horas	610	\$1.000	610.000
Papelería	Hojas	60	100	\$6.000
Subtotal de equipo de cómputo e imagen				\$626.000
TOTAL DE GASTOS				\$20.499.000

Nota. En esta tabla se describe los gastos generados durante la ejecución del proyecto. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Capítulo 5. Análisis de Resultados

5.1. Cumplimiento del objetivo N°1. Determinar las características biofísicas mediante la colecta de información y el uso de una imagen raster para el análisis de la microcuenca La Tenería.

5.1.1 Perfil biofísico de la microcuenca La Tenería. Las características biofísicas de la microcuenca La Tenería se determinaron de acuerdo a la información registrada en el EOT del año 2000 del municipio de La Playa de Belén, éste es un documento oficial y el más actualizado del ordenamiento territorial del municipio. Al igual se confrontó la información con el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Norte de Santander elaborado por el IGAC en el año 2006.

Según los datos geográficos de la alcaldía municipal de La Playa de Belén y CORPONOR dentro del área de la microcuenca La Tenería se encuentran las veredas pertenecientes a los municipios de La Playa (Ver tabla 9) y Ocaña (Ver tabla 10); registrándose con sus respectivas áreas calculadas a partir del archivo veredal en formato vectorial.

Tabla 9

Veredas del municipio de La Playa de Belén que hacen parte de la microcuenca de La Tenería.

MUNICIPIO	NOMBRE DE LA VEREDA	AREA	
		Ha	Km ²
LA PLAYA DE BELÈN	Vereda Aratoque	7,55	0,0755
	Vereda Fátima	22,47	0,2247
	Vereda La Honda	462,26	4,6226
	Vereda La Tenería	138,32	1,3832
	Vereda Piritama	308,24	3,0824
Total		938,8	9,388

Nota. La tabla presenta las veredas del municipio de La Playa de Belén pertenecientes al área de estudio. Fuente: CORPONOR (2016).

De acuerdo a los datos registrados en la tabla 9 el área total de las veredas del municipio de La Playa de Belén que hacen parte de la microcuenca de La Tenería es de 938,8 Ha.

Las veredas del municipio de Ocaña Norte de Santander que hacen parte a la microcuenca La Tenería se registran en la Tabla 10.

Tabla 10

Veredas del municipio de Ocaña Norte de Santander que hacen parte de la microcuenca de La Tenería

MUNICIPIO	NOMBRE DE LA VEREDA	AREA (Ha)	
		Ha	Km ²
OCAÑA	La Cabaña	84,48	0,8448
	El Apial	22,95	0,2295
	Las Liscas	0,02	0,0002
Total		107,5	1,075

Nota. La tabla presenta las veredas del municipio de Ocaña con sus áreas pertenecientes al área de estudio. Fuente: CORPONOR (2016).

El área total registrada en la Tabla 10 de las veredas del municipio de Ocaña Norte de Santander que hacen parte de la microcuenca de La Tenería es de 107,5 Ha.

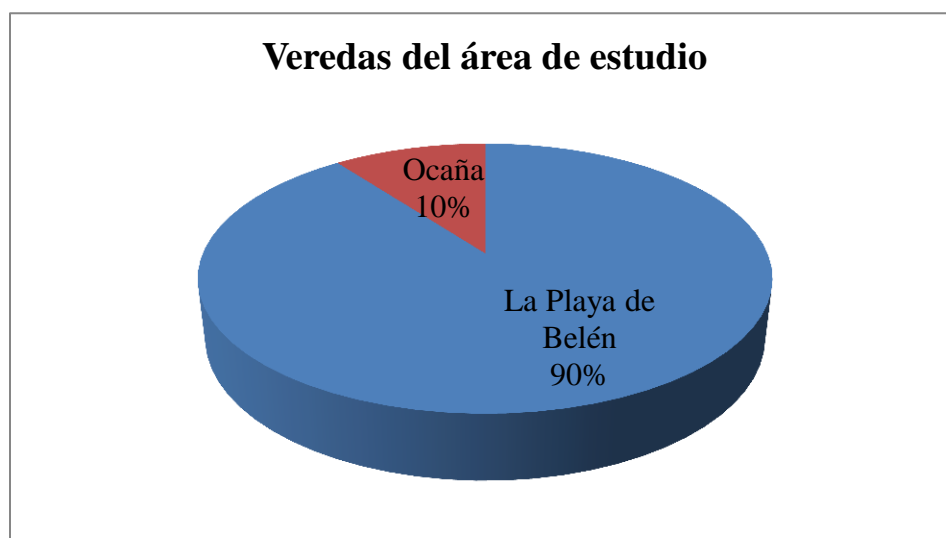


Figura 5. Veredas pertenecientes a la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

En la figura 6 se ilustra que las veredas del municipio de Ocaña representan un 10% del área total de la microcuenca La Tenería y que el restante pertenece al municipio de La Playa de Belén.

La microcuenca La Tenería presenta un total de ocho (8) veredas, de las cuales tres (3) son perteneciente al municipio de Ocaña y las otras cinco (5) son del municipio de La Playa de Belén (Ver figura 6).

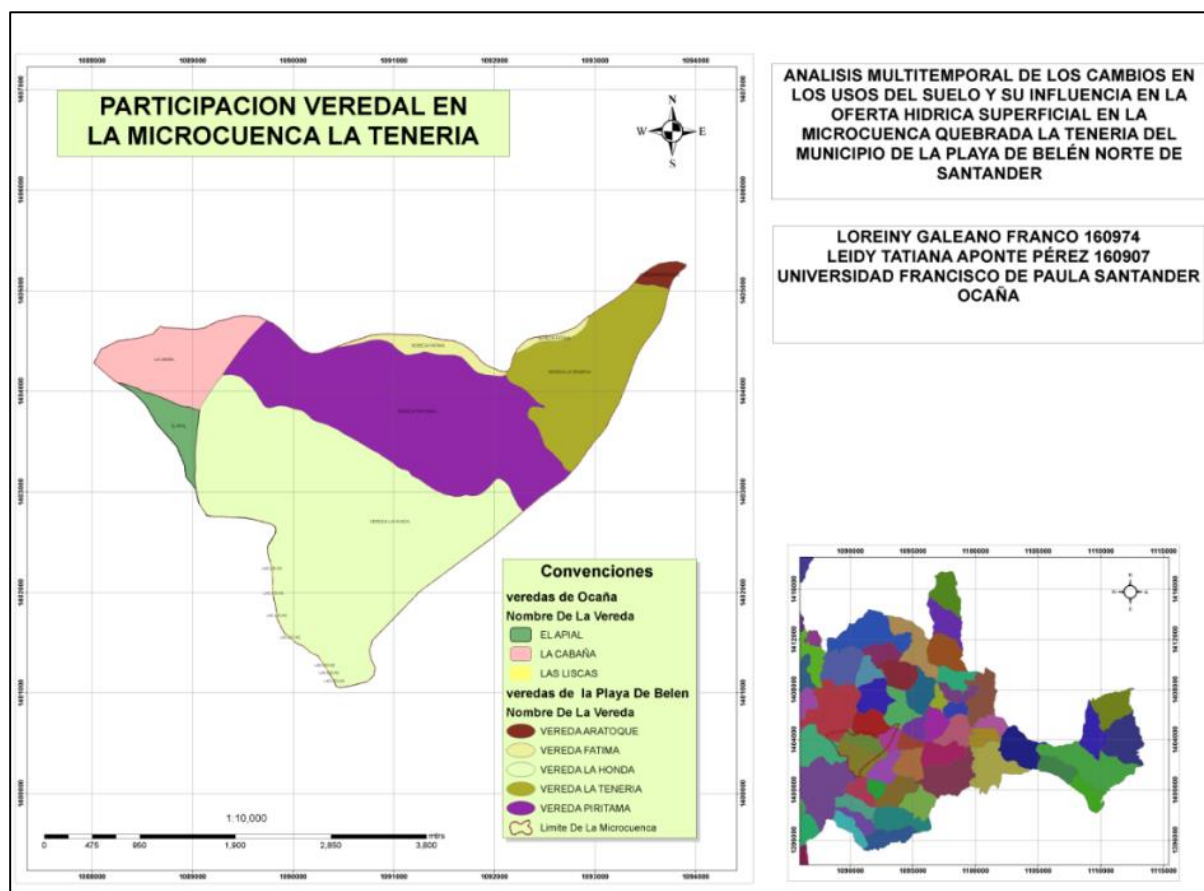


Figura 6. Veredas del municipio de La Playa de Belén y de Ocaña que limitan con el área superficial de drenaje de la microcuenca La Tenería. Fuente: CORPONOR adaptado por autoras del proyecto (2016).

Al verificar el polígono oficial de la microcuenca La Tenería en el software ArcGIS 10.3 se obtuvo algunas de las características morfométricas de la microcuenca (Ver tabla 11).

Tabla 11

Características morfométricas de la microcuenca La Tenería

CARACTERISTICAS MORFOMÉTRICAS	
Área de la microcuenca	10,463 km ²
Perímetro	17 km
Ancho promedio	2,09 km
Coefficiente de compacidad	1,47

Nota. La tabla ilustra las características morfométricas con la medida correspondiente del área de estudio. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

5.1.2 Pendiente del terreno. En la determinación de las pendientes se utilizó una imagen raster denominada Modelo Digital de Elevación (DEM) (Ver figura 7), el cual fue gestionado desde la página oficial Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

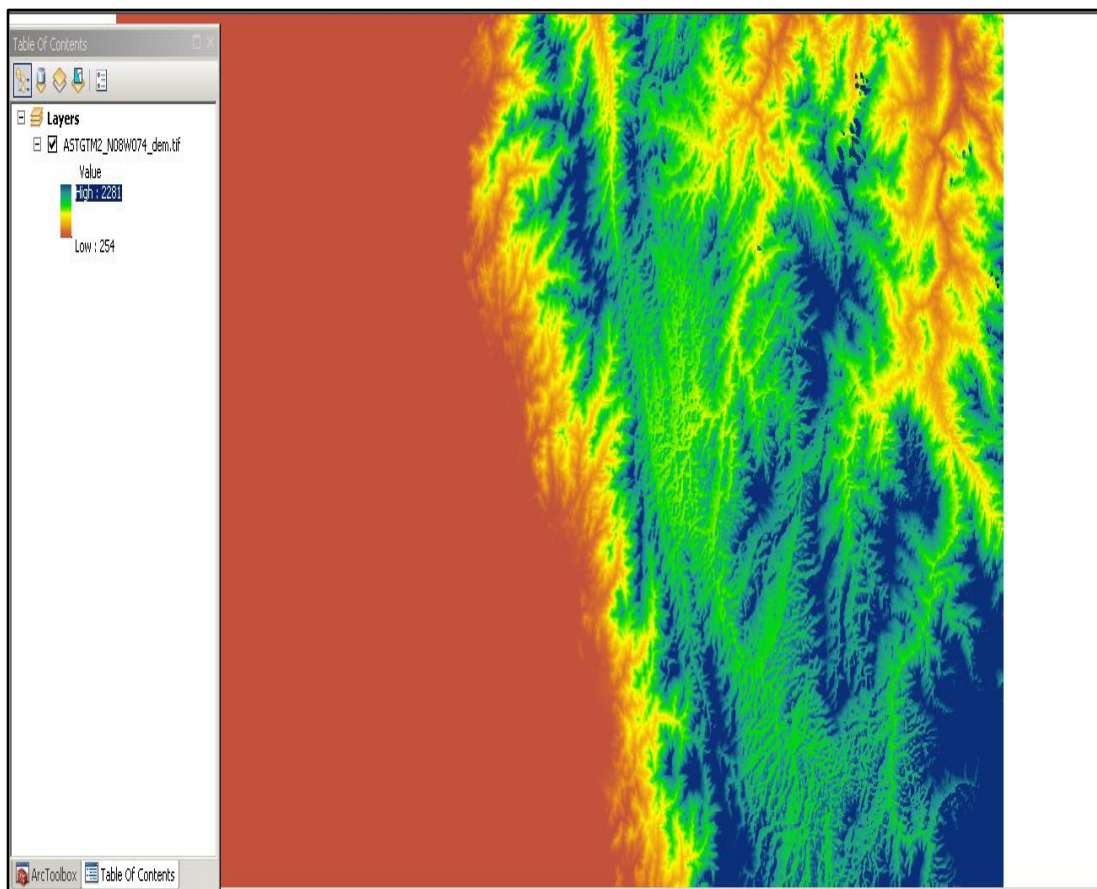


Figura 7. Móldeo Digital de Elevación. Fuente: USGG (2016).

Luego en ArcGIS 10.3 se procesa el archivo DEM que contiene información geofísica a una resolución espacial de 30 metros, a partir de esta imagen se extrajeron las curvas de nivel (Ver figura 8) para la creación del Modelo Digital de Terreno o Modelo de Triángulos (TIN).

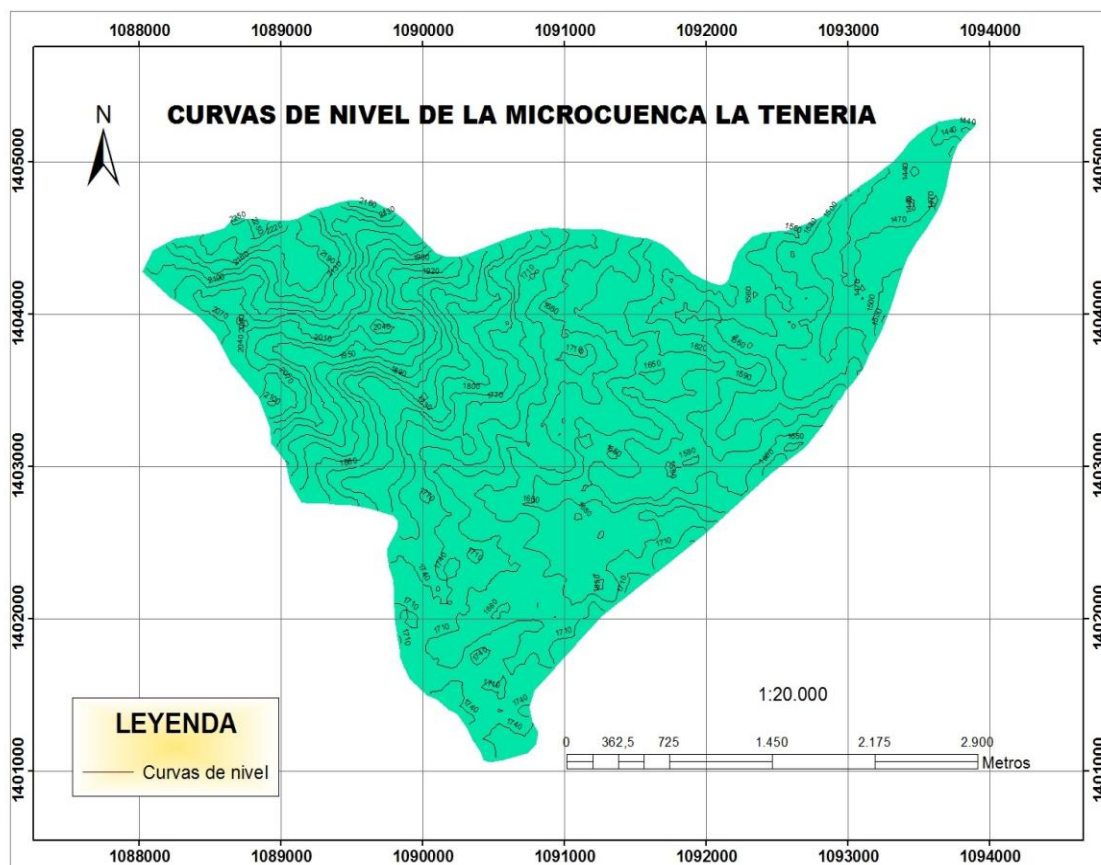


Figura 8. Curvas de nivel de la microcuenca La Tenería. Fuente: USGS adaptadas por autoras del proyecto (2016).

El Modelo Digital de Elevación (Ver figura 9) muestra que la zona presenta rangos de elevación desde los 1440 hasta los 2250 msnm. La zona más elevada de la microcuenca La Tenería se encuentra al occidente y la zona más baja de esta se ubica en la desembocadura que tributa a la cuenca del algodonal.

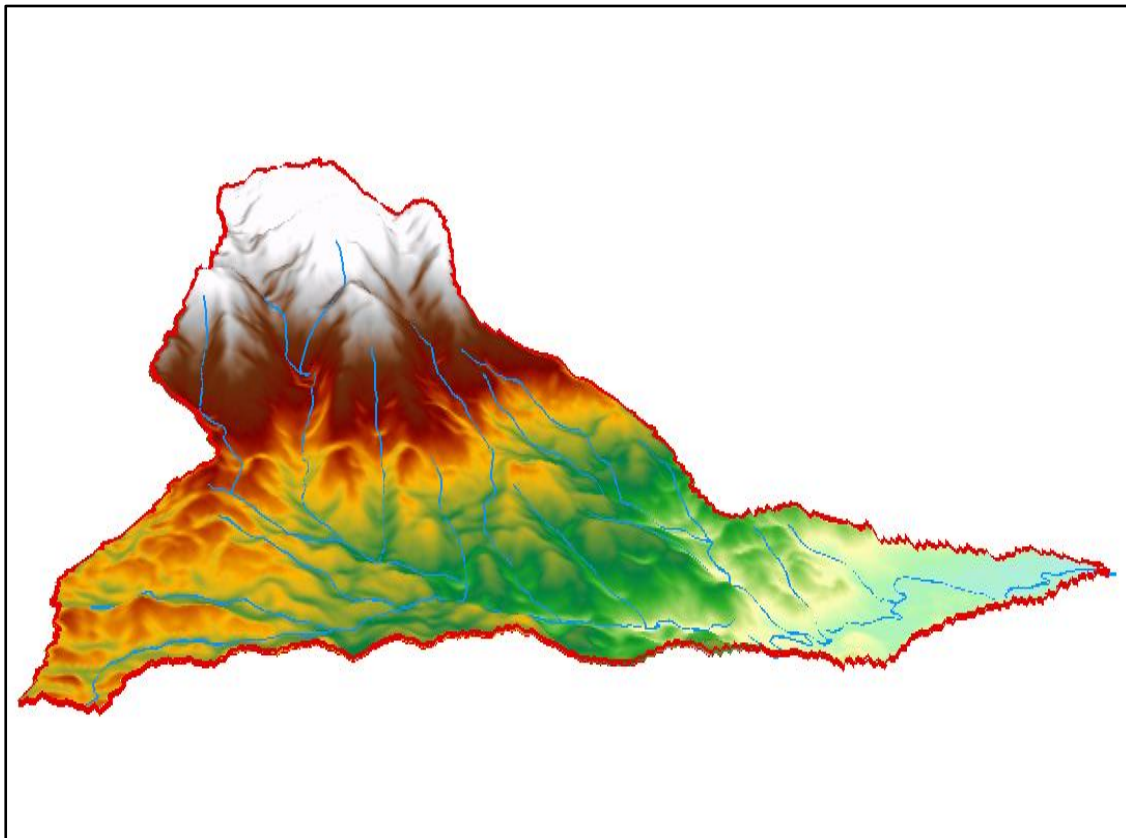


Figura 9. Modelo Digital de Elevación del Terreno de la microcuenca La Tenería. Fuente: USGS adaptadas por autoras del proyecto (2016).

Posterior a esto se generó un raster de pendientes complejas reclasificado en siete (7) rangos de pendientes en % según lo establecido por el IGAC, para el uso de la determinación de las pendientes complejas del terreno (Ver figura 10), su elipsoide de referencia es WGS 84 en el momento de la descarga, el cual se reproyectó a sistema Magna Sirgas Colombia Bogotá.

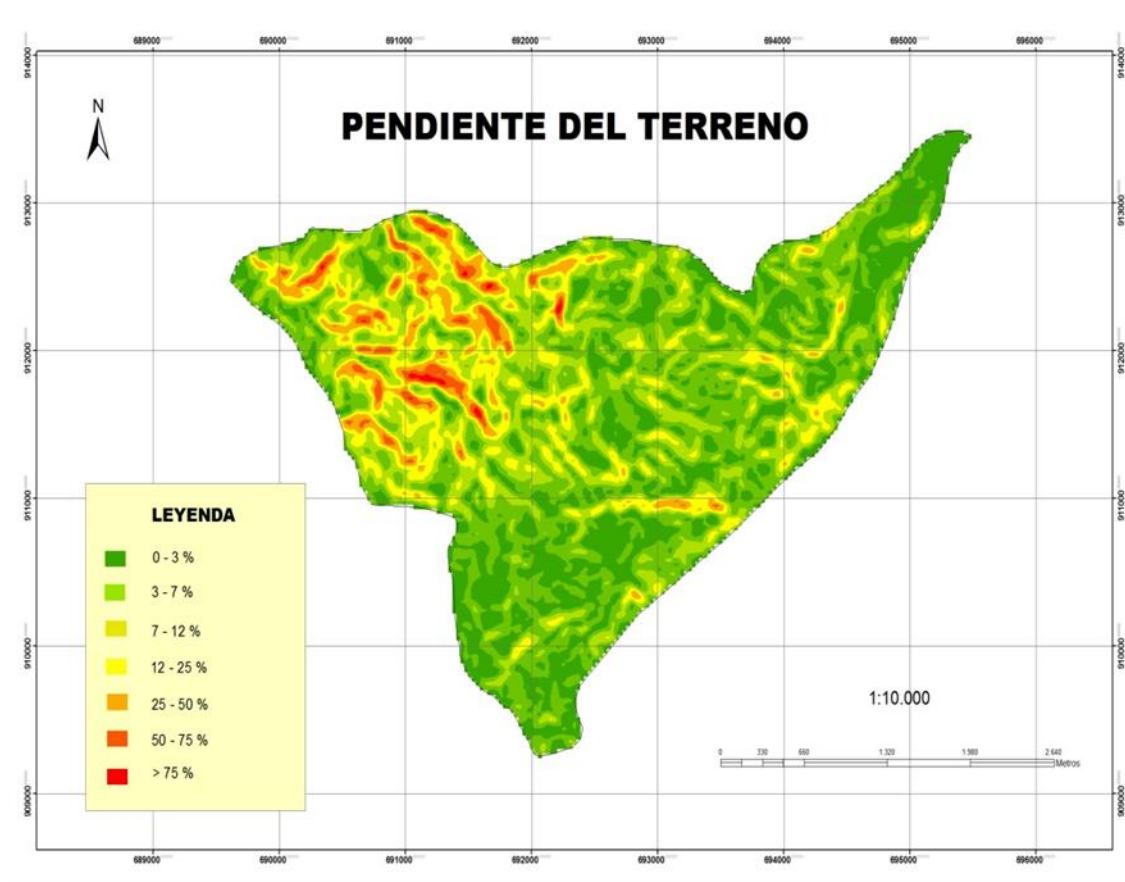


Figura 10. Pendientes del terreno en la microcuenca de La Tenería. Fuente: USGS adaptadas por autoras del proyecto (2016).

5.1.3 Características generales de los suelos de la microcuenca La Tenería. Para realizar esta temática se analizó el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Norte de Santander hecho por el IGAC en el año 2006, el cual es un documento oficial usado hasta la fecha como parte de los insumos técnicos para desarrollar los Planes de Ordenamiento Territorial en el departamento.

En la figura 11 se muestra la descripción de los suelos para el área de la microcuenca la tenería del municipio de La Playa de Belén.

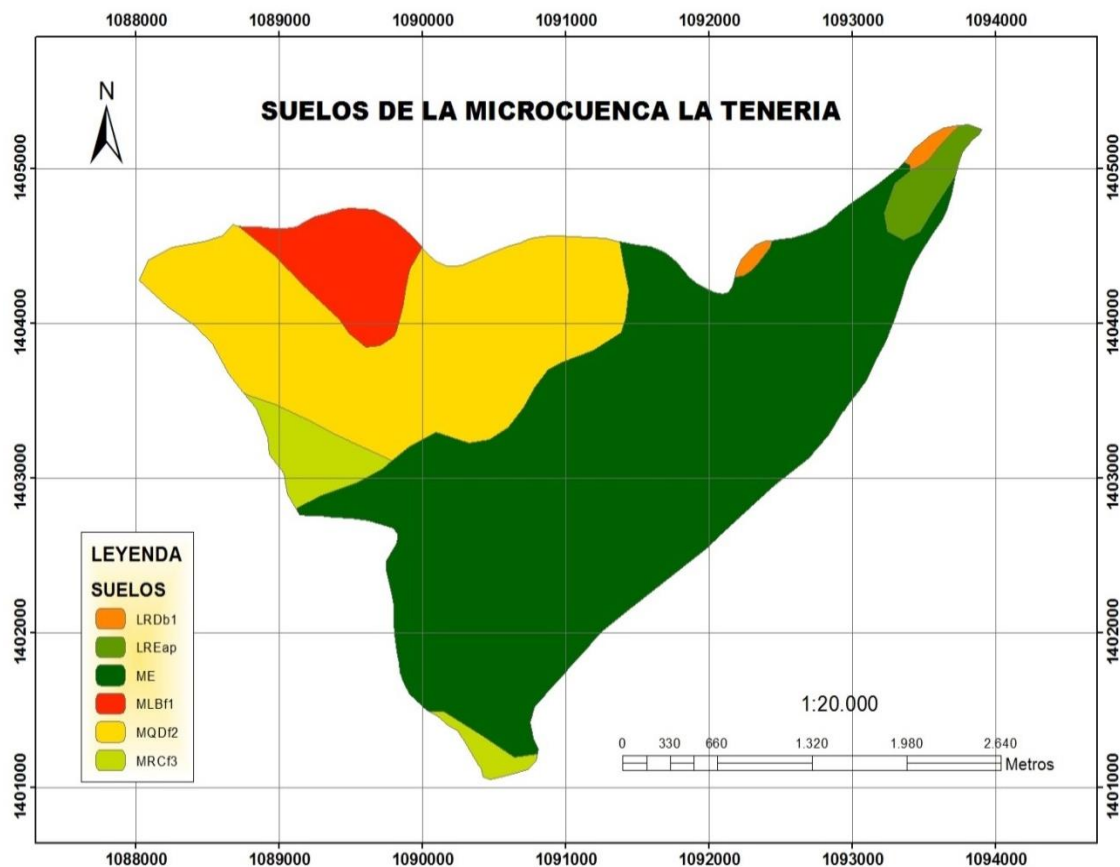


Figura 11. Mapa de suelos de la microcuenca La Tenería del municipio La Playa. Fuente: IGAC (2016).

Para el tipo de relieve, paisaje, clima, procesos geomorfológicos, litología y las unidades cartográficas de la microcuenca se trasladó el polígono del límite de La Tenería sobre la información en formato vectorial del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Norte de Santander, que se realizó mediante el geoprocesamiento en el software ArcGIS 10.3 para obtener la información necesaria sobre las unidades del área de estudio (Ver figura 12).

DESCRIPCIÓN DE SUELOS

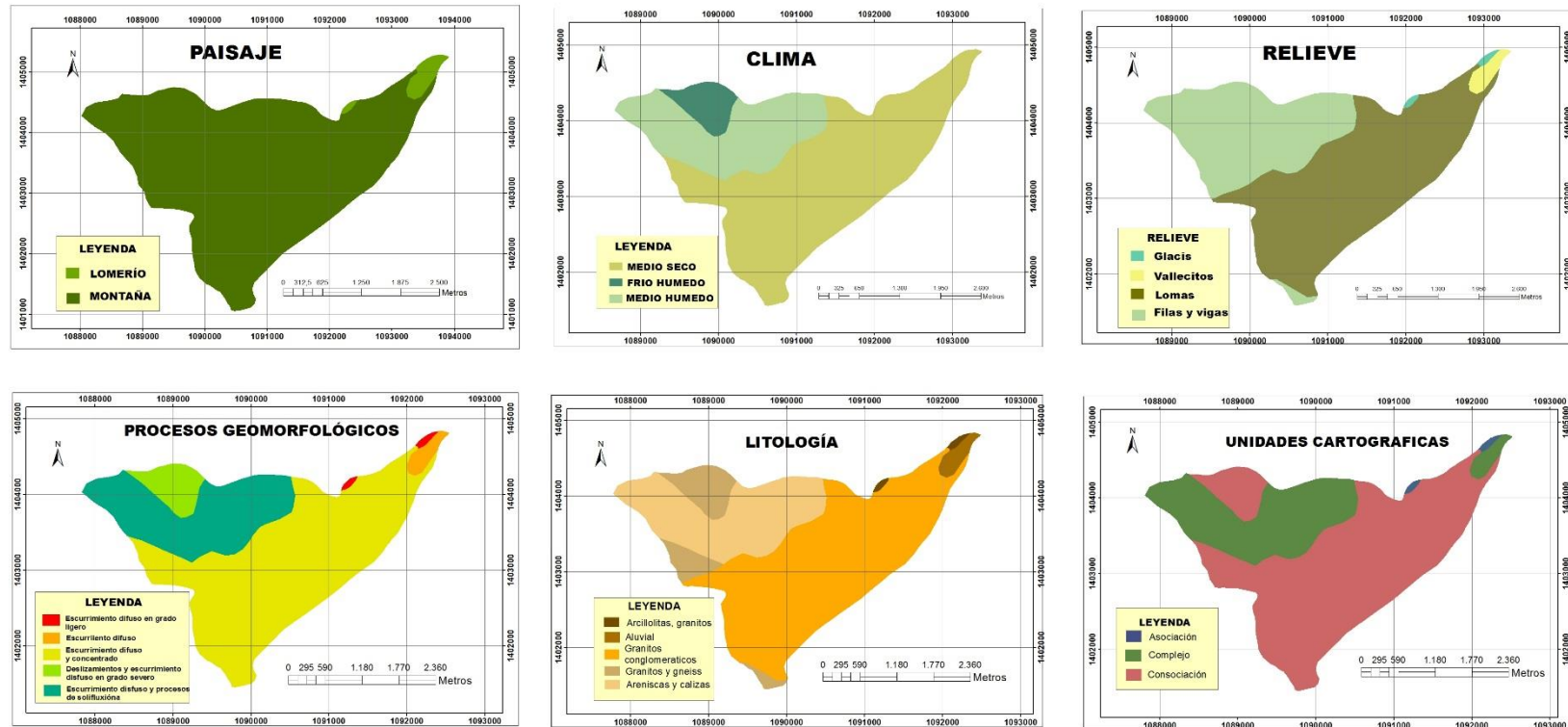


Figura 12. Descripción de suelos en la microcuenca La Tenería. Fuente: IGAC (2006) adaptado por autoras del proyecto (2016).

La información obtenida en la figura 7 se representó en la tabla 12.

Tabla 12

Descripción del de la microcuenca La Tenería.

UNIDADES	DESCRIPCIÓN
PAISAJE	Lomerío
	Montaña
CLIMA	Medio seco
	Frio húmedo
	Medio húmedo
RELIEVE	Glacis
	Vallecitos
	Lomas
	Filas y vigas
GEOMORFOLOGÍA	Escurrimiento difuso en grado ligero.
	Escurrimiento difuso y concentrado.
	Deslizamientos y escurrimiento difuso en grado ligero.
	Escurrimiento difuso y procesos de solifluxión.
LITOLOGÍA	Arcillolitas, aluvial, granitos, areniscas y calizas
CARTOGRÁFICA	Asociación
	Complejo
	Consociación

Nota. En la tabla se describe las unidades que presenta el área de estudio. Fuente: IGAC (2006).

Del mismo modo se obtuvo la información del tipo de drenaje que presentan los suelos de la microcuenca La Tenería, para conocer el comportamiento de la precipitación sobre los suelos (Ver figura 13).

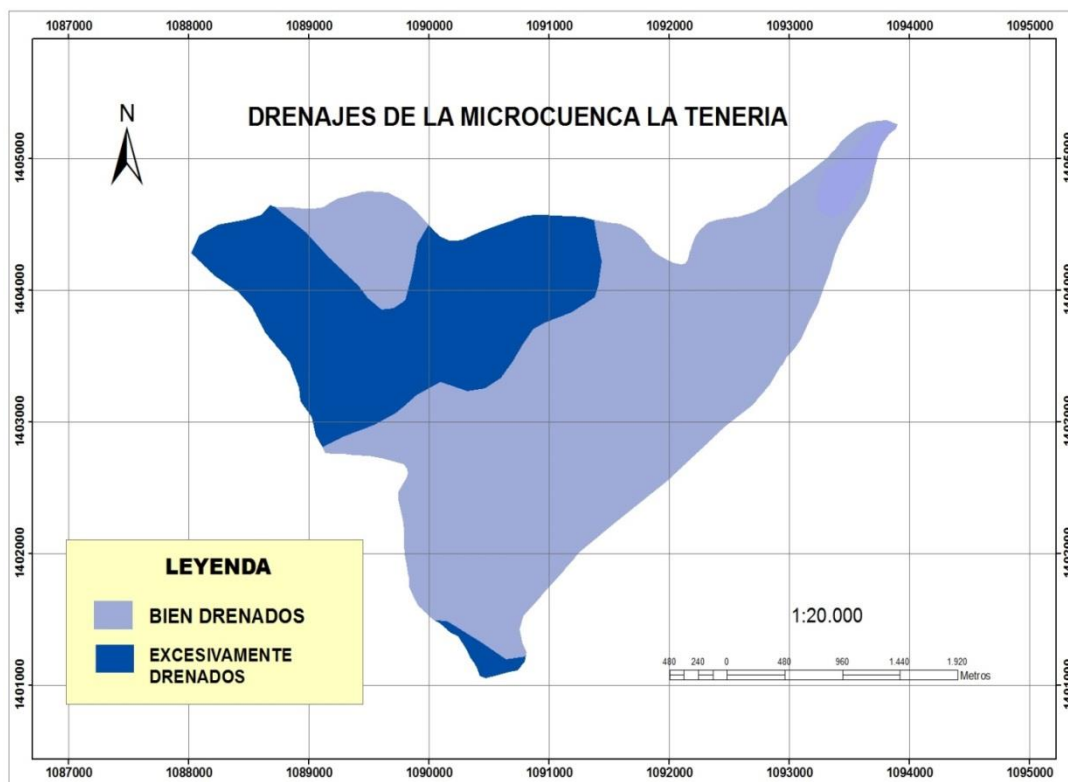


Figura 13. Drenajes de los suelos de la microcuenca La Tenería. Fuente: IGAC (2006) adaptado por autoras del proyecto (2016).

5.1.4 Hidrografía de la microcuenca La Tenería. Con las visitas realizadas junto a los funcionarios del Área Única los Estoraques se tomaron las coordenadas en diferentes puntos y se identificaron algunas fuentes hídricas superficiales de la microcuenca La Tenería (Ver tabla 13).

Tabla 13

Coordenadas de algunas fuentes hídricas superficiales de la microcuenca La Tenería.

PUNTOS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		Latitud	Longitud	
A	Qbda Piritama	8° 14' 53,7"	73° 15' 28,1"	1540
B	Qbda Tenería	8° 14' 16,6"	73° 14' 52,8"	1602
C	Qbda Platanillo	8° 14' 54,8"	73° 14' 54,8"	1658
D	Qbda La Honda	8° 14' 17,58"	73° 15' 28,24"	1788

Nota. En esta tabla se encuentra las coordenadas tomadas en campos puntos característicos de la zona de estudio. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Las fuentes hídricas identificadas en campo junto a los funcionarios del Área natural Única los Estoraques fueron verificadas con los shapefile adquiridos por CORPONOR sobre la microcuenca de La Tenería (Ver tabla 14).

Tabla 14

Relación de las fuentes hídricas superficiales dentro de la microcuenca La Tenería, y el código de la ordenanza de cada cuerpo de agua.

RELACIÓN DE LAS CORRIENTES HIDRICAS DENTRO DEL LA MICROCUENCA	
Corriente	COD_CORRIE
Qbda PANTANILLO	1605-02-02-0028
Drenaje	1605-02-02-0029
Drenaje	1605-02-02-0037
Drenaje	1605-02-02-0036
Drenaje	1605-02-02-0035
Drenaje	1605-02-02-0034
Drenaje	1605-02-02-0033
Drenaje	1605-02-02-0032
Drenaje	1605-02-02-0031
Qbda PIRITAMA	1605-02-02-0030
Drenaje	1605-02-02-0026
Qbda CALDOHUEVO	1605-02-02-0025
Qbda LAHONDA	1605-02-02-0021
Qbda-	1605-02-02
Drenaje	1605-02-02-0022
Drenaje	1605-02-02-0024
Qbda PIRITAMA	1605-02-02
Drenaje	1605-02-02-0027

Tabla 14 Continuación

Qbda LA TENERÍA	1605-02-02-0020
Drenaje	1605-02-02-0023

Nota. La tabla muestra las fuentes hídricas superficiales dentro de la microcuenca La Tenería, y el código de la ordenanza de cada cuerpo de agua. Fuente: CORPONOR adaptada por autoras del proyecto (2016).

Según el shapefile facilitado por CORPONOR el drenaje principal recibe el nombre de quebrada Corralviejo, pero al verificar la información del EOT y el portal de IGAC el nombre del cauce principal es quebrada La Tenería, que está alimentada por las siguientes fuentes hídricas: Piritama, Platanillo, Caldo Huevo y La Honda (Ver figura 14). Mediante las salidas realizadas en campo se observó los puntos de captaciones para uso rural en las quebradas Piritama y La Tenería para el consumo humano y agropecuario. La quebrada La Honda tiene un punto de captación para el acueducto del casco urbano de La Playa de Belén y otro para el abastecimiento de los habitantes aledaños a la quebrada La Honda.

Para el caso de la microcuenca La Tenería según el EOT (2000) se ubica entre los 1200 y 2000 m.s.n.m. limitando al norte con la vereda Fátima y la divisoria de aguas de las microcuencas de las quebradas Piritama y Honda; al sur y oeste con el camino carretables que conduce a La Honda, y al este con el camino carretables que conduce a las veredas Fátima y Piritama.

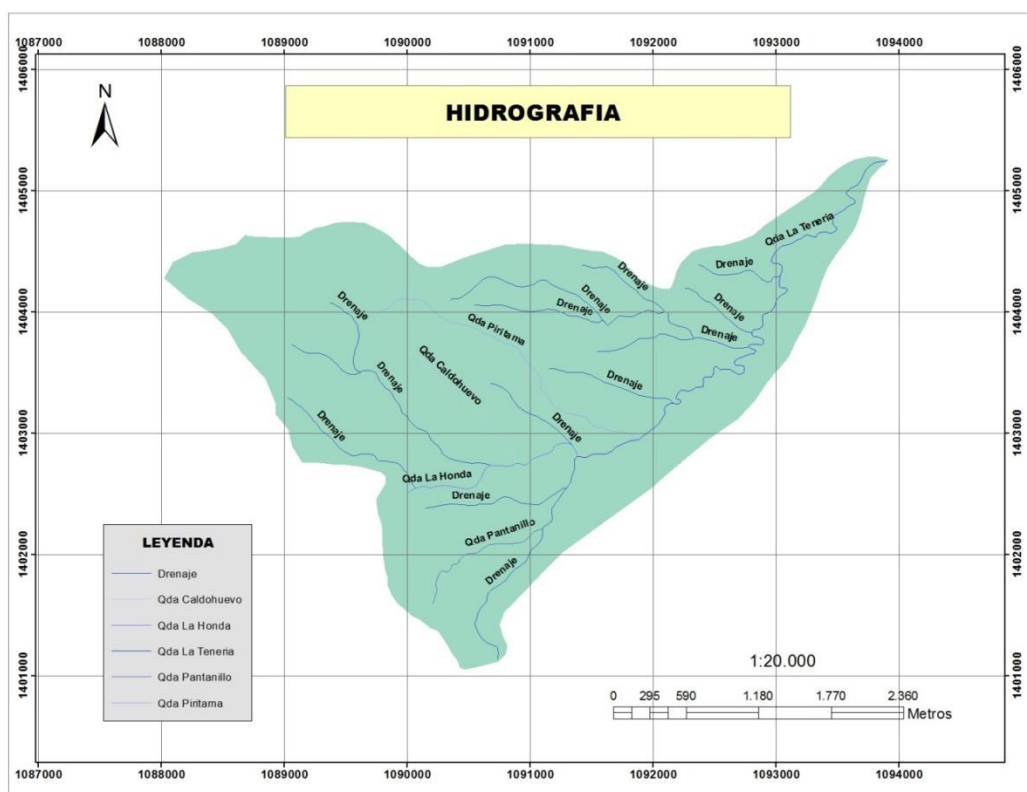


Figura 14. Mapa de la red hídrica de la microcuenca La Tenería. Fuente: CORONOR adaptado por autoras del proyecto (2016).

5.1.5 Isoyetas e isotermas. Se solicitó al Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM) el registro de las estaciones meteorológicas activas para los municipios de La Playa de Belén, Ocaña y Abrego según el catálogo del IDEAM (Ver figura 15), bajo esta solicitud realizada mediante correo electrónico el IDEAM entregó un archivo de texto WordPad (Ver apéndice 1) con la información alfanumérica de los últimos diecisiete (17) años.

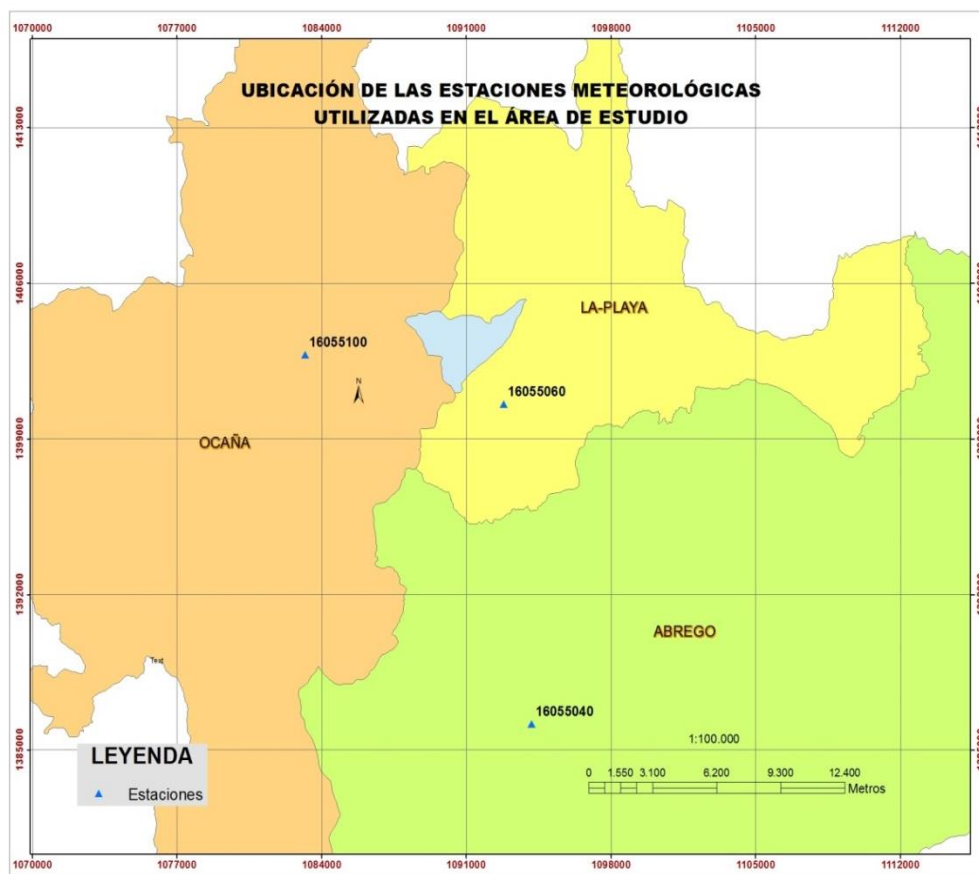


Figura 15. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el área de estudio. Fuente: IDEAM adaptado por autoras del proyecto (2016).

Con la información suministrada por el IDEAM se generó un shapefile en el software ArcGIS 10.3, éste junto con el límite de la microcuenca, se utilizaron para crear el raster de precipitaciones y temperaturas, que fue generado por la herramienta ArcToolbox del software, en donde se encuentra el método IDW (Inverse Distance Weighted), y luego se convirtió en un archivo vectorial para obtener las isoyetas para el cálculo de la precipitación (Ver figura 16), y las isotermas para el cálculo de la temperatura media de la microcuenca La Tenería (Ver Figura 17).

Al realizar el vectorial de Isoyetas y traslapar el polígono de la microcuenca La Tenería se evidencia que la precipitación media promedio es de 700– 1300mm/año en la microcuenca La Tenería.

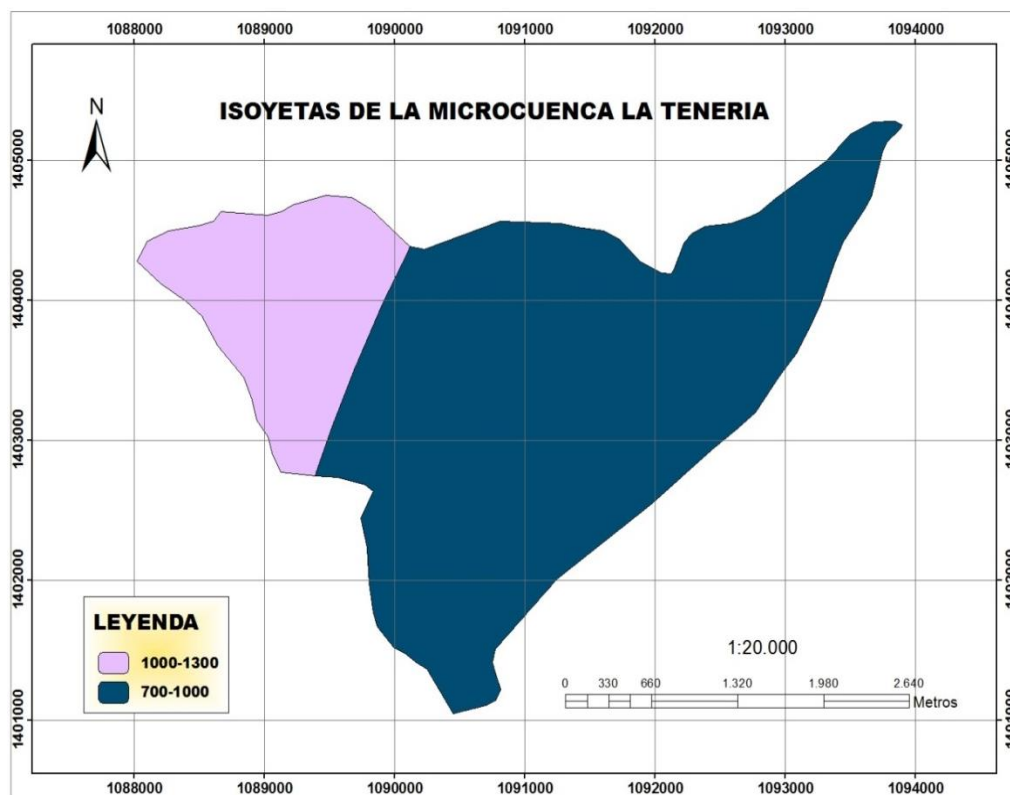


Figura 16. Isoyetas de La microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Para temperaturas se elaboró el shapefile de Isotermas de los dos municipios y se obtuvo el polígono de la microcuenca obteniendo que de forma homogénea. La microcuenca La Tenería presenta una temperatura promedio de 18°C a 21°C.

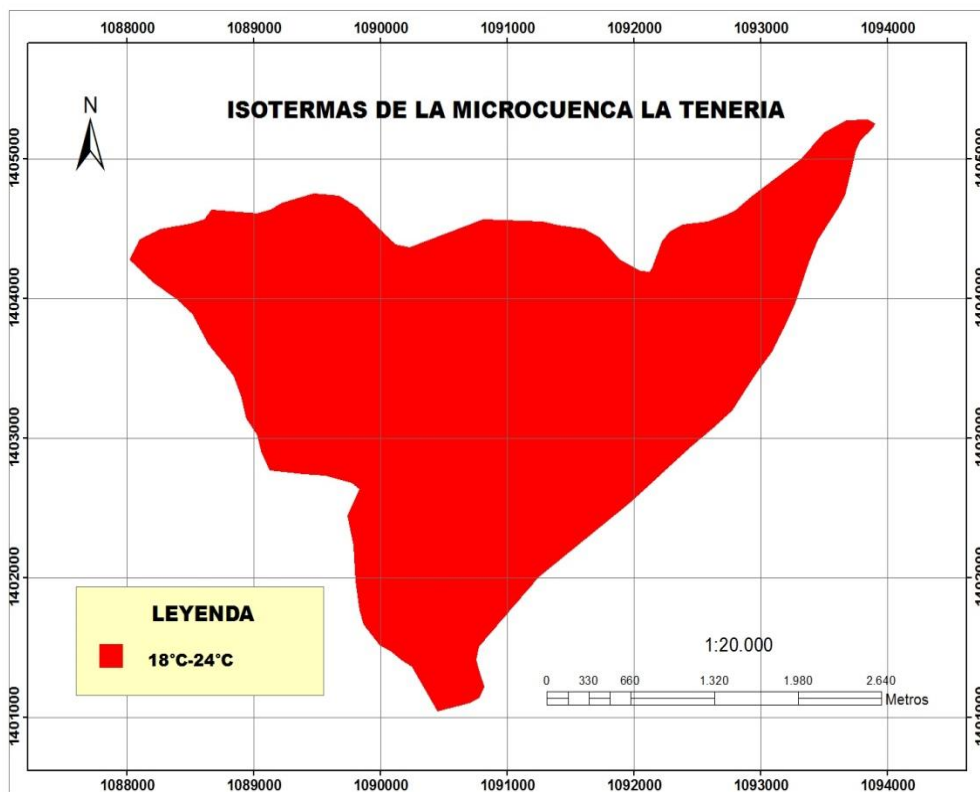


Figura 17. Isotermas de La microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

La microcuenca La Tenería tiene un área de 10,463 km², un perímetro de 17 km y de acuerdo a sus características morfométricas es ovalada redonda con un cauce principal corto de 5 km de la quebrada La Tenería. Según el EOT del 2000 el área contaba con una zona de vida de Bosque Húmedo Premontano (bh- PM) , pero con los datos recopilados y analizados se estableció que la microcuenca presenta dos zonas de vida, las cuales cuentan con una condición climática de 18 a 24°C, una de ellas es el Bosque Húmedo Premontano (bh- PM) que está ubicado al occidente de la microcuenca a una elevación máxima de 2250 msnm, con un clima medio húmedo por contar con precipitaciones que van de 1000 a 1300 mm, presenta un paisaje de montaña, con un relieve en filas y vigas, por lo que tiende hacer muy escarpado provocando un escurrimiento difuso y procesos de soliflucción, predominando la unidad cartográfica de

complejo de suelos Lithic Troprothents, Typic Troprothets y predominando la litología de areniscas y calizas. Además estos suelos son de clase VII con capacidad de uso agroforestal, son muy superficiales, su textura es arcillosa y franca gravilosa a franco arcillosa gravilosa, con una baja impermeabilidad del suelo, su drenaje es excesivo y sus fuertes pendientes lo hacen susceptible a la erosión moderada, indicando una baja fertilidad natural y una retención de agua baja, provocando una alteración en el equilibrio del ecosistema.

La otra zona es Bosque Seco Premontano (bs- PM) con precipitaciones de 700 a 1300 mm y una altura de 1440 msnm en su parte más baja, su clima es de cálido medio seco a cálido seco, con un paisaje de montaña, con un relieve en lomas por lo que es fuertemente inclinado u ondulado provocando un escurrimiento difuso y concentrado. La litología es de granitos y conglomerados, la unidad cartográfica predominante de consociación con suelos misceláneos (tierras malas) y Ustoxic Dystropepts. Estos suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos, de textura franco gravilosa a arcillosa, son bien drenados con una fertilidad natural muy baja, con pendientes fuertemente inclinado y poca cobertura vegetal, presentando un alto grado de erosión y alta susceptible a la erosión eólica e hídrica, las bajas precipitaciones, están provocando una alteración en el equilibrio del ecosistema principalmente en la disminución del recurso hídrico. Estas áreas se clasifican según su capacidad de uso en clase VIII, lo que indica que no son aptos para actividades agropecuarias.

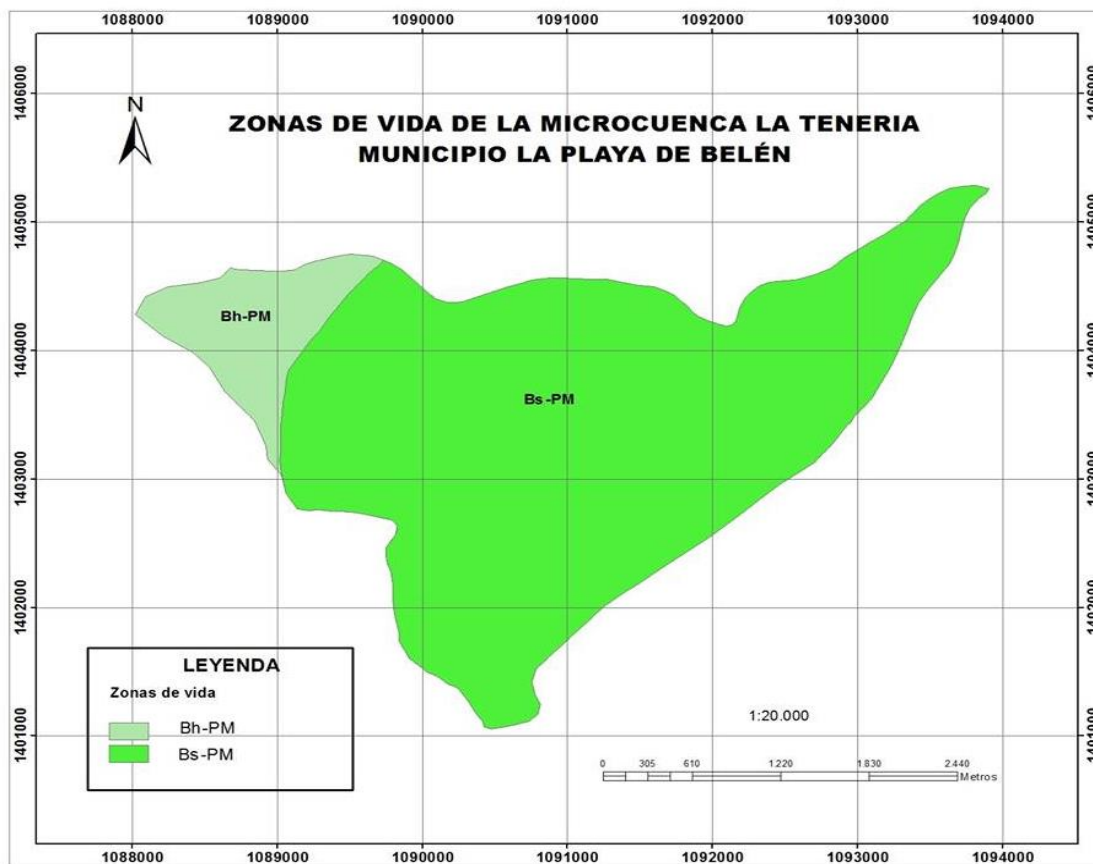


Figura 18. Mapa de las zonas de vida de la microcuenca de La Tenería, Fuente: Autoras del proyecto.

5.2 Cumplimiento al objetivo N° 2 Identificar las coberturas y usos del suelo por medio del procesamiento de imágenes satelitales para el análisis de sus cambios en la microcuenca La Tenería.

Para la identificación de los cambios del uso del suelo en la microcuenca La Tenería se tuvo acceso al portal gratuito conocido como Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), en donde se descargaron las imágenes satelitales Landsat 7 ETM para el año 2000 y dos (2)

imágenes satelitales del Landsat 8 ETM para los años 2013 y 2016. Estas imágenes fueron seleccionadas de acuerdo a su poca nubosidad.

En el caso del año 2000 se descargó una imagen del Landsat 7 ETM (Ver figura 19). Las imágenes Landsat 7 ETM contienen ocho (8) bandas, de las cuales se trabajó con las bandas 4, 3 y 2 de la imagen satelital Landsat 7 ETM del año 2000, donde el color rojo se le asignó la banda 4, al azul la 3 y a la 2 el verde, lo que permitió detectar áreas con vegetación densa o escasa para generar la digitalización cartográfica a una escala de 1:20000. Para ser procesada al software ArcGIS 10.3 con propiedades tales como: elipsoide de referencia WGS 84 el cual fue reproyectado a un Sistema de Coordenadas Magna Sirgas Colombia Bogotá, proyección cartográfica Transversa de Mercator, Falso Norte 1'000.000 Falso Este 1'000.000.

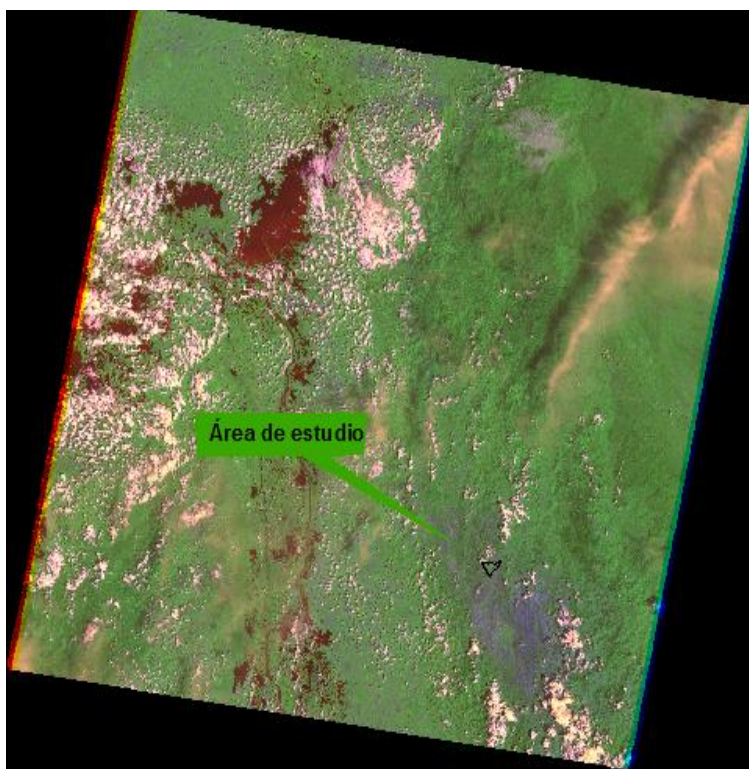


Figura 19. Imagen satelital de Junio 2000 Landsat 7 ETM. Fuente: USGS adaptado por autoras del proyecto (2016).

Otra de la imagen satelital usada fue tomada del mes agosto y del año 2013 (Ver figura 20). La imagen cuenta con once (11) bandas de las cuales se realizó una combinación con las bandas (rojo, verde y azul), donde se utilizaron las bandas 6, 5 y 4 permitiendo el análisis de las coberturas de vegetación y usos del suelo presente en la zona de estudio, y así se generó una visualización y digitalización cartográfica a escala de 1:20000 y luego se procesó en el software ArcGIS 10.3 con propiedades tales como: elipsoide de referencia WGS 84 el cual fue re proyectado a un Sistema de Coordenadas Magna Sirgas Colombia Bogotá, proyección cartográfica Transversa de Mercator, Falso Norte 1'000.000 Falso Este 1'000.000.

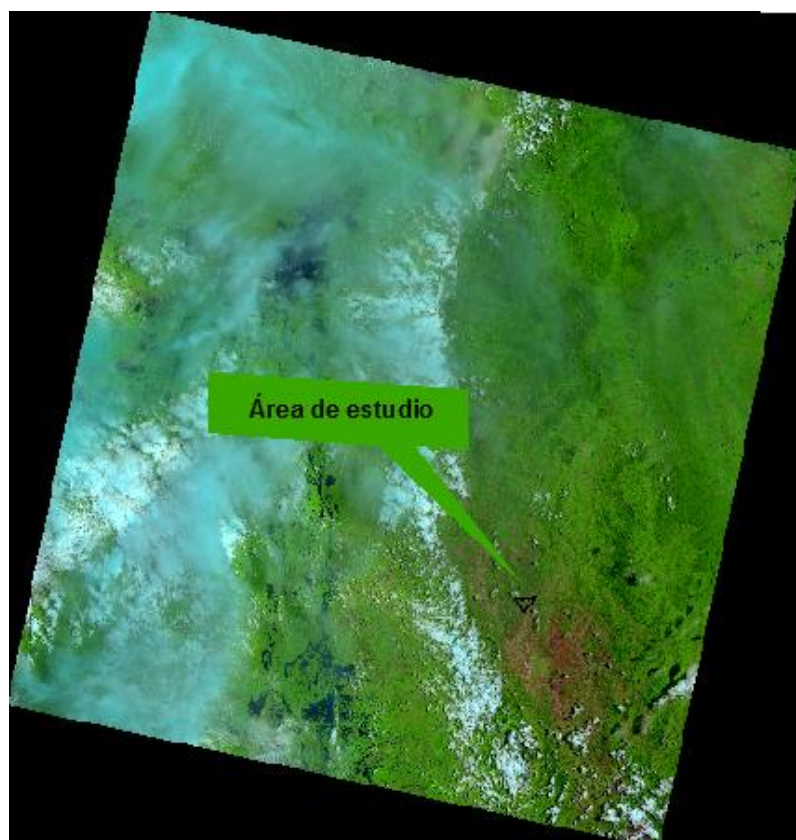


Figura 20. Imagen satelital de agosto 2013 Landsat 8 ETM. Fuente: USGS adaptado por autoras del proyecto (2016).

Una tercera imagen usada fue del año 2016 una imagen del Landsat 8 ETM (Ver figura 21) procesada en el software ArcGIS 10.3 a una escala de 1:20000, con propiedades tales como: elipsoide de referencia WGS 84 el cual fue reproyectado a un Sistema de Coordenadas Magna Sirgas Colombia Bogotá, proyección cartográfica Transversa de Mercator, Falso Norte 1'000.000 Falso Este 1'000.000.

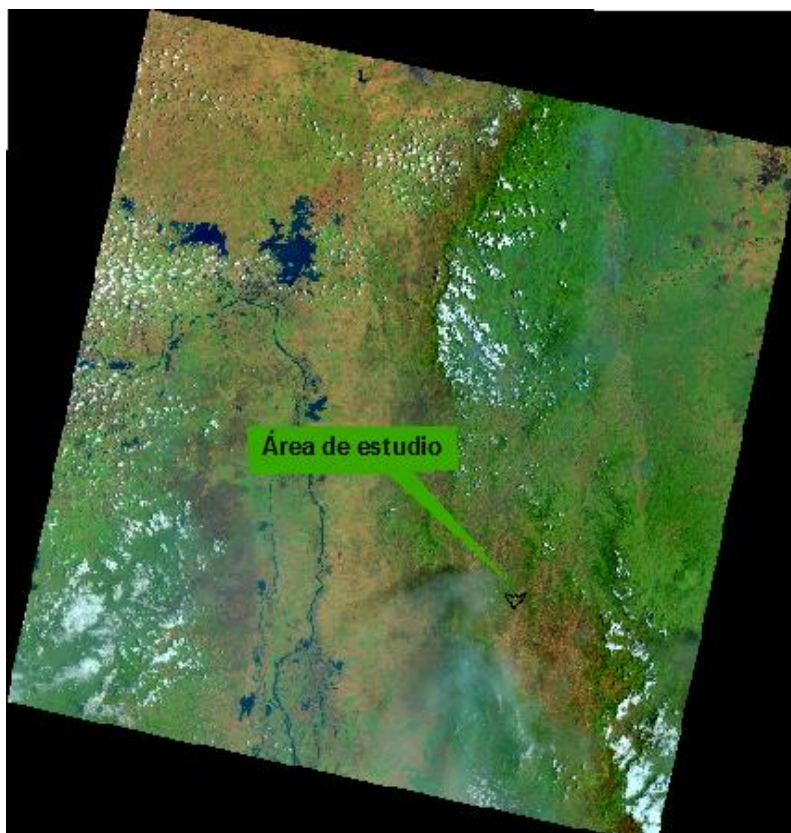


Figura 21 Imagen satelital febrero de 2016 Landsat 8 ETM. Fuente: USGS adaptado por autoras del proyecto (2016).

La Tabla 15 muestra las características técnicas de las imágenes satelitales que fueron presentadas de forma individual anteriormente.

Tabla 15*Características técnicas de las imágenes satelitales utilizada*

IMAGEN SATELITAL	ELIPSOIDE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	USOS DE LA IMAGEN	RESULTADOS OBTENIDOS
Landsat 7 ETM	WGS84	<p>Cada banda individual se descarga en formato GeoTIFF y luego se comprime el archivo. Cuenta con un total de 8 Bandas un color cada banda (azul, verde, rojo, infrarrojo Cercano, infrarrojo medio, infrarrojo térmico, infrarrojo medio y pancromatica). Tiene una resolución de 15 metros en pancromático y de 30 metros en multispectral.</p>	<p>Mapeo de aguas costeras. Diferenciación entre vegetación conífera y decidua. Delimitación de cuerpos de agua. Identificación de áreas de incendios y áreas húmedas. Agricultura y vegetación. Uso del suelo. Medición de la humedad en la vegetación. Diferenciación entre nubes y nieve.</p>	<p>Con el uso de esta imagen se logra obtener la identificación de coberturas de la tierra y poder cartografiar a una escala media (1:20000)</p>

Tabla 15 Continuación

		Formato de datos	
		GeoTIFF.	
		Exporta un archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP.	Medición de la humedad en la vegetación. Con el uso de esta imagen se logra obtener la
		Tiene 11 bandas de color cada banda (Azul, Verde, Rojo, Infrarrojo cercano, Aerosol costero, SWIR 1, SWIR 2, Pancromático, Cirrus, TIRS 1 y TIRS 2).	Uso del suelo. Proporciona información identificación de coberturas de la tierra y poder
Landsat 8	WGS84		educación, los negocios, la cartografiar a una ciencia y también en el escala media (1:20000)
ETM		Tiene una resolución de 15 metros en pancromático y de 30 metros en multiespectral.	

Nota. Esta tabla registra características, técnicas, usos y los resultados generados con las imágenes satelitales Landsat 7 ETM y Landsat 8 ETM. Fuente: USGS adaptada por autoras del proyecto (2016).

5.2.1 Usos del suelo para el año 2000. El análisis de imágenes se inició con el apoyo de una imagen Landsat 7 ETM de año 2000 en el mes de junio (Ver figura 18) se reclasificó la imagen y se determinaron las firmas espectrales (azul, verde y rojo). La reclasificación fue una clasificación no supervisada para generar la información espacial geográfica de los usos del

suelo (Ver figura 22). Para rectificar la información generada se utilizó el portal de Google Earth.

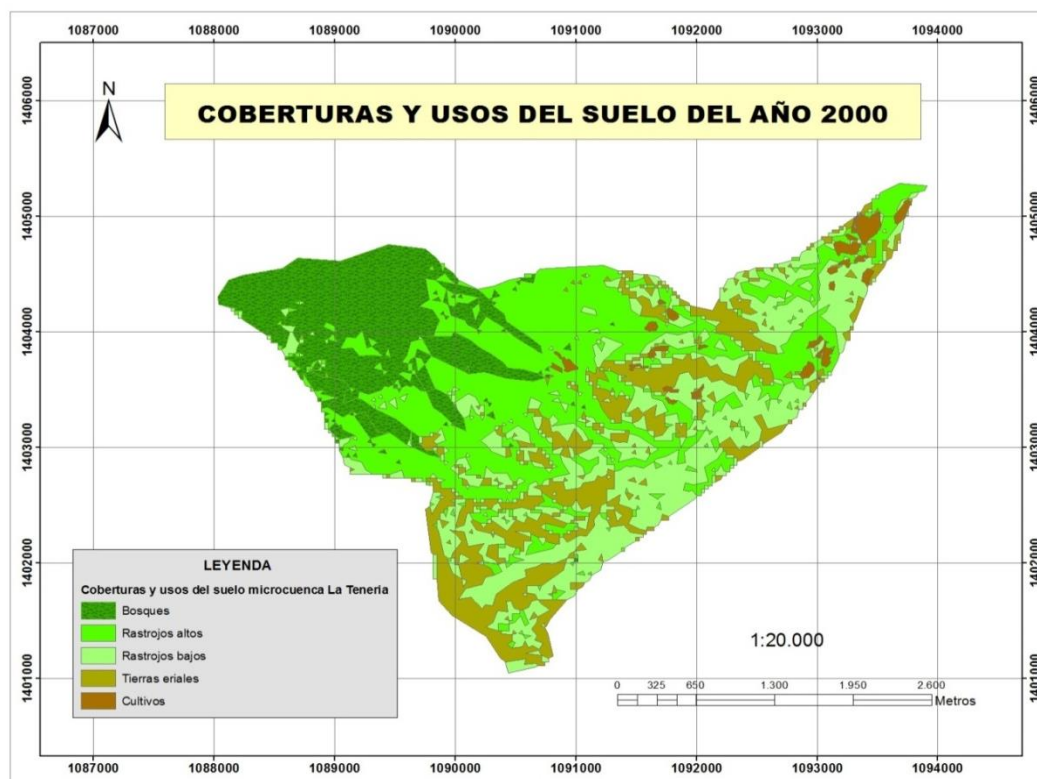


Figura 22. Usos del suelo para el año 2000 en la zona de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Sobre la geometría de la base de datos se trasladó el polígono del límite oficial de la microcuenca de la Tenería, mediante un geoprocés vectorial para poder extraer la información geográfica clasificada para la zona de la microcuenca. Los resultados se presentan en la Tabla 16, donde se encuentran los usos del suelo de la microcuenca La Tenería para el año 2000 con respectivo código, tipo de vegetación, área, código de la leyenda Corine Land Cover de Colombia (CLC).

Tabla 16

Usos del suelo para el año 2000 de los territorios de la microcuenca La Tenería

CÓDIGO	TIPO DE VEGETACIÓN	AREA/ Ha	CODIGO CLC COLOMBIA	LEYENDA CLC COLOMBIA	DEFINICIÓN
BS	Bosque	210,787	3.1.4	Bosque de galería y ripario	Coberturas con vegetación arbórea que se ubican en los márgenes de las fuentes hídricas, por su ubicación se encuentran limitados en amplitud.
			3.1.5	Plantación forestal	Plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre para garantizar los bienes y servicios ambientales.
TI	Tierras eriales (Zonas de erosión mixta)	183,577	3.3.3	Tierras desnudas o degradadas.	En esta cobertura las superficies del terreno se encuentran desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, por procesos naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema o por condiciones climáticas extremas.

Tabla 16 Continuación

			3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Bosques naturales con Intervención humana, estas áreas están representadas en zonas de vegetación secundaria, en las que se observan parches de variadas formas. Su formación es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos.
			2.1.3	Oleaginosas y leguminosas	Las tierras agrícolas cubiertas por las leguminosas abarcan una amplia variedad de productos como el frijol.
C	Cultivos	31, 125	2.1.4	Hortalizas	Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser plantas herbáceas que son cultivadas generalmente en huertas.
			2.31	Pastos limpios	Cobertura cubiertas con pastos, y
			2.3.1	Pastos arbolados	se acentúan potreros con presencia escasa de árboles.
Rb	Rastrojos bajos	284,102	3.1.2.2	Bosque abierto bajo	Cobertura vegetal dominada por elementos básicamente arbóreos regularmente distribuidos, forman un estrato de copas discontinuo.

Tabla 16 Continuación

					Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido Selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
Ra	Rastrojos altos	336,674	3.1.2	Bosque abierto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal arbórea regularmente distribuidos, Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.

Nota. La tabla registrada los usos del suelo y áreas identificadas para el año 2000 con su respectiva leyenda de CLC. Fuente: CLC (2010) adaptada por autoras del proyecto (2016).

Para el año 2000 el tipo de vegetación que más predomina es el de rastrojo alto con un área de 336,674 Ha, el siguiente es el de rastrojo bajo con un área de 284,102 Ha, el de bosques con un área de 210,787 Ha, le sigue tierras eriales con un área de 183,577 Ha, y por último se encuentra el de cultivos 31,125 Ha (Ver figura 23). Por consiguiente el área total en la identificación de los usos de suelo para la microcuenca La Tenería es de 1046,3 Ha.

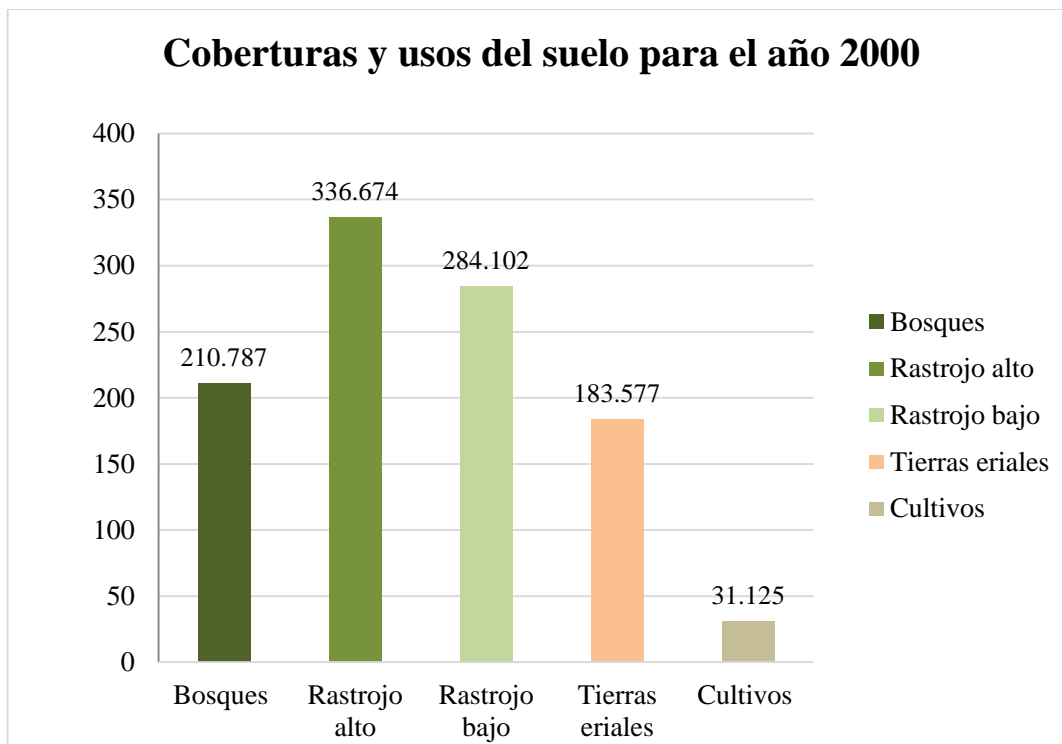


Figura 23. Usos del suelo del año 2000 de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

5.2.2 Usos del suelo para el año 2013. Para el año 2013 se accedió a la plataforma de Google Earth información de carácter secundario que sirvió de apoyo para lograr la clasificación no supervisada de la imagen Landsat 8 ETM del mes de agosto del año 2013, ya que por medio de las firmas espectrales de la imagen mostraban la distribución espacial de los usos del suelo para la zona de la microcuenca (Ver figura 24). Se verificó la información generada con el portal de Google Earth.

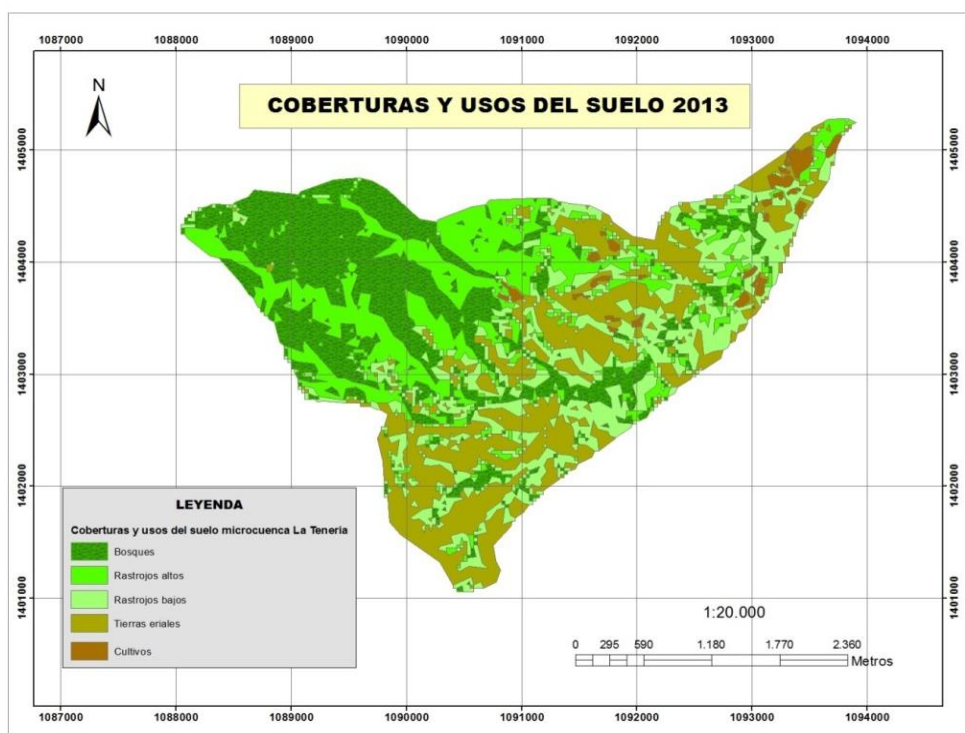


Figura 24. Mapa de los usos del suelo para el año 2013 de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

En la tabla 17 se encuentran los uso del suelo de la microcuenca La Tenería para el año 2013 con respectivo código, tipo de vegetación, área, código Corine Land Cover (CLC), la leyenda CLC Colombia y su decisión.

Tabla 17

Usos del suelo para el año 2013 de los territorios de la microcuenca La Tenería.

CÓDIGO	TIPO DE VEGETACIÓN	AREA/Ha	CODIGO CLC COLOMBIA	LEYENDA CLC COLOMBIA	DEFINICIÓN
					Coberturas con vegetación arbórea que se ubican en los márgenes de las fuentes hídricas, por su ubicación se encuentran limitados en amplitud.
			3.1.4	Bosque de galería y ripario	
BS	Bosque	292,911			Plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre para garantizar los bienes y servicios ambientales.
			3.1.5	Plantación forestal	
					En esta cobertura las superficies del terreno se encuentran desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, por procesos naturales como
			3.3.3	Tierras desnudas o degradadas.	

Tabla 17 Continuación

					antrópicos de erosión y degradación extrema o por condiciones climáticas extremas.
					Bosques naturales con Intervención humana, estas áreas están representadas en
TI	Tierras eriales (Zonas de erosión mixta)	264,499	3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	zonas de vegetación secundaria, en las que se observan parches de variadas formas. Su formación es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos.
					Las tierras agrícolas
			2.1.3	Oleaginosas y leguminosas	cubiertas por las leguminosas abarcan una amplia variedad de productos como el frijol.
C	Cultivos	21,329	2.1.4	Hortalizas	Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser plantas herbáceas que son cultivadas generalmente en huertas.

Tabla 17 Continuación

			2.31	Pastos limpios	Cobertura cubiertas con pastos, y se acentúan potreros con presencia escasa de
			2.3.1	Pastos arbolados	árboles. Cobertura vegetal dominada por elementos básicamente arbóreos regularmente distribuidos, forman un estrato de copas discontinuo. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
Rb	Rastrojo bajo	236,293	3.1.2.2	Bosque abierto bajo	Cobertura constituida por una comunidad vegetal arbórea regularmente distribuidos, Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
Ra	Rastrojo alto	231,235	3.1.2	Bosque abierto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal arbórea regularmente distribuidos, Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.

Nota. La tabla registrada los usos del suelo y áreas identificadas para el año 2013 con su respectiva leyenda de CLC. Fuente: CLC (2010) adaptada por autoras del proyecto (2016).

Para el año 2013 el tipo de vegetación que más predomina es el de bosques con un área de 292.911 Ha, el siguiente es el de tierras eriales con un área de 264,499 Ha, continuando los rastrojos bajos con 236,293 Ha, el de rastrojos altos con un área de 231,235 Ha y por último se encuentra los cultivos que cuentan con un área de 21, 329 Ha, como se aprecia en la figura 25, conforman un área total de uso del suelo de 1046,3 Ha.

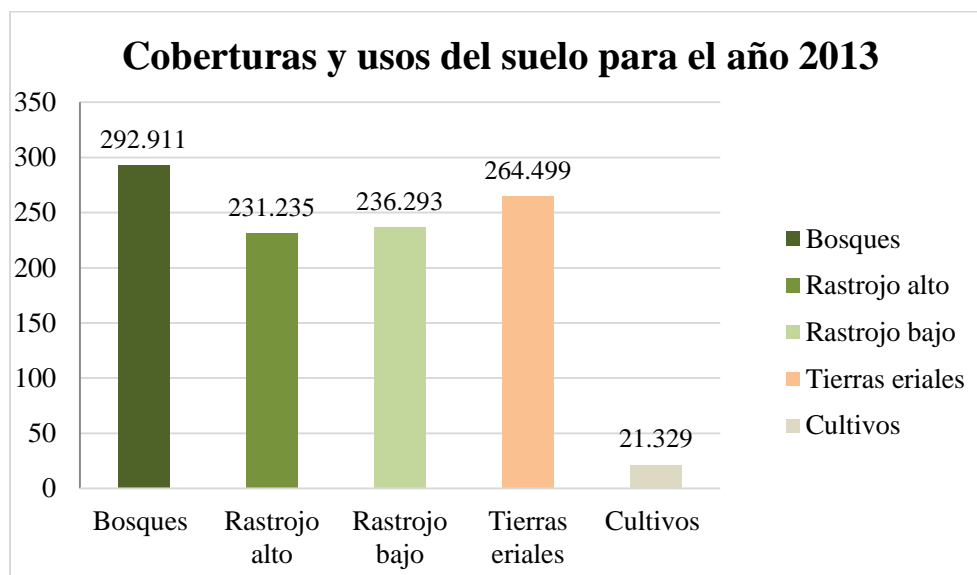


Figura 25. Usos del suelo para el año 2013 en la zona de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

5.2.3 Usos del suelo para el año 2016 en la microcuenca La Tenería. El método de clasificación no supervisada se utilizó una imagen Landsat 8 ETM del año 2016, esta fue tomada por el satélite en el mes de febrero. Luego de obtener las firmas espectrales y la base de datos de la clasificación se procedió a realizar el trabajo de campo para validar la información obtenida de

la imagen y de esta forma generar una única base de datos confiable y acorde a la realidad del territorio estudiado sobre los usos del suelo de la microcuenca La Tenería (Ver figura 26).

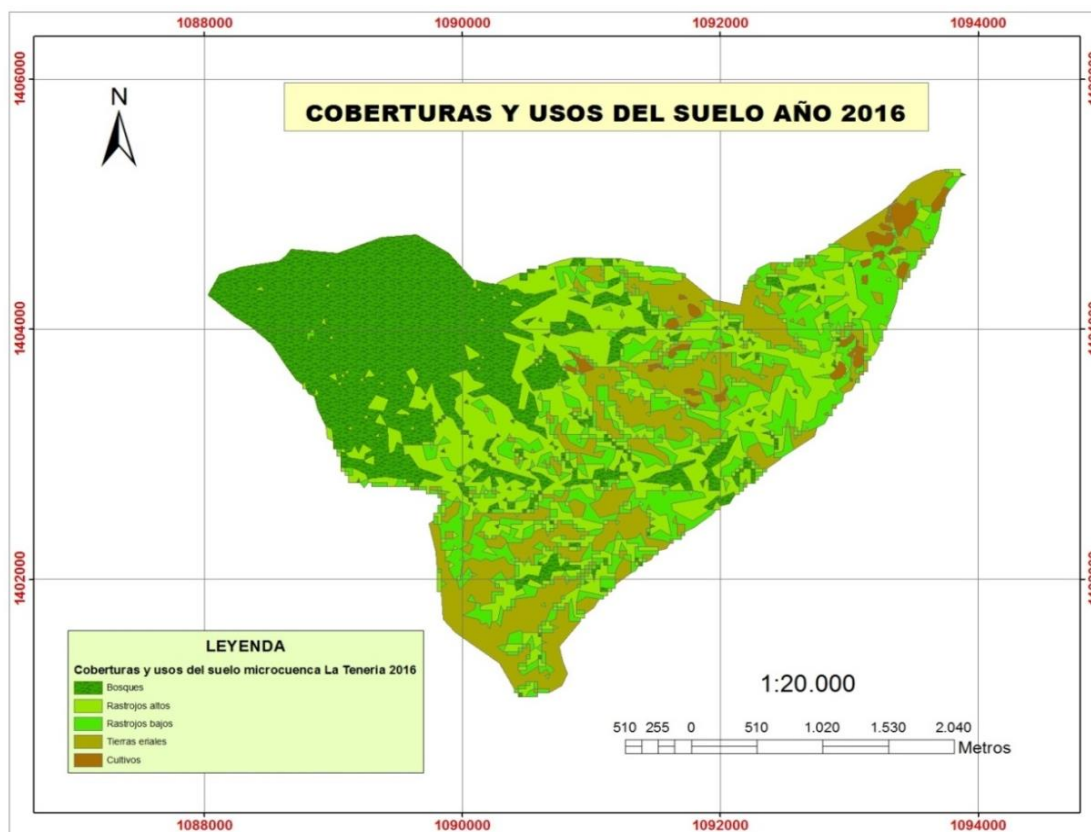


Figura 26. Usos del suelo en el año 2016 en la zona de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

En la tabla 18 se encuentran los usos del suelo de la microcuenca La Tenería para el año 2016 con su respectivo código, tipo de vegetación, área, código Corine Land Cover (CLC), la leyenda CLC Colombia y definición.

Tabla 18

Usos del suelo para el año 2016 de los territorios de la microcuenca La Tenería

CÓDIGO	TIPO DE VEGETACIÓN	AREA/Ha	CODIGO CLC COLOMBIA	LEYENDA CLC COLOMBIA	DEFINICIÓN
					Coberturas con vegetación arbórea que se ubican en los márgenes de las fuentes hídricas, por su ubicación se encuentran limitados en amplitud.
Bs	Bosque	330,141	3.1.4	Bosque de galería y ripario	Plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre para garantizar los bienes y servicios ambientales.
					En esta cobertura las superficies del terreno se encuentran desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, por procesos naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema o por condiciones climáticas extremas.
Te	Tierras eriales (Zonas de erosión mixta)	205,384	3.3.3	Tierras desnudas o degradadas.	

Tabla 18 Continuación

			3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Bosques naturales con Intervención humana, estas áreas están representadas en zonas de de vegetación secundaria, en las que se observan parches de variadas formas. Su formación es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos.
			2.1.3	Oleaginosas y leguminosas	Las tierras agrícolas cubiertas por las leguminosas abarcan una amplia variedad de productos como el frijol.
C	Cultivos	20,134	2.1.4	Hortalizas	Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser plantas herbáceas que son cultivadas generalmente en huertas.

Tabla 18 Continuación

					Cobertura vegetal dominada por elementos básicamente arbóreos regularmente distribuidos, forman un estrato de copas discontinuo. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
Rb	Rastrojo bajo	198,601	3.1.2.2	Bosque abierto bajo	
					Cobertura constituida por una comunidad vegetal arbórea regularmente distribuidos, estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
Ra	Rastrojo alto	292,028	3.1.2	Bosque abierto	

Nota. La tabla registrada los usos del suelo y áreas identificadas para el año 2016 con su respectiva leyenda de CLC. Fuente: CLC (2010) adaptada por autoras del proyecto (2016).

Para el año 2016 el tipo de vegetación que más predomina es el de bosque secundario con un área de 330,141 Ha, el siguiente es el de rastrojos altos con un área de 292,028 Ha, el de tierras eriales con un área de 205,384 Ha, le sigue el de rastrojos bajos con 198,601 Ha y por último se encuentra el de cultivos 20,134 Ha (Ver figura 27). Por consiguiente el área total en la identificación de los usos de suelo para la microcuenca La Tenería es de 1046,3 Ha.

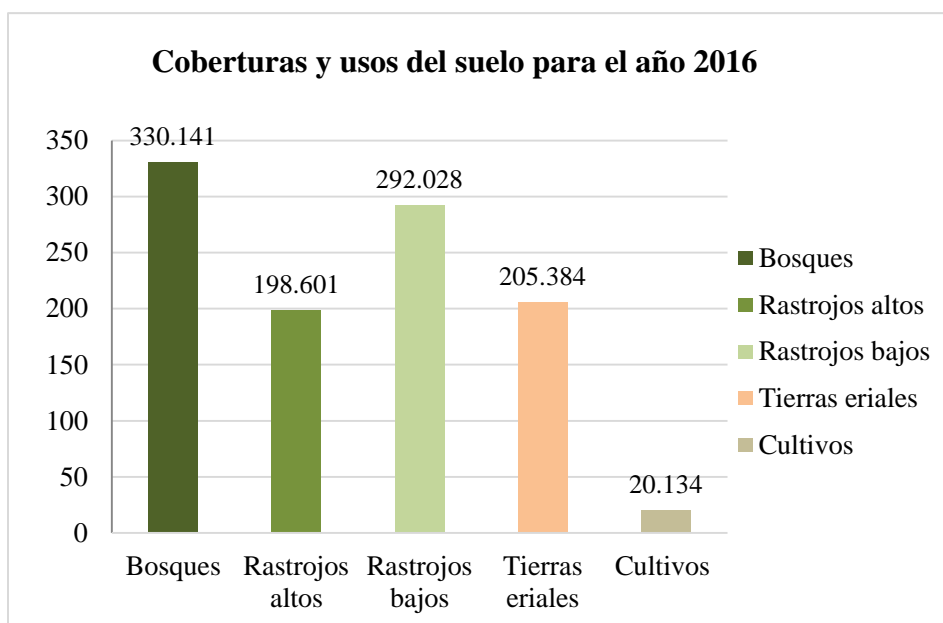


Figura 27. Usos del suelo en el año 2016 en la zona de la microcuenca La Tenería. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

5.2.4 Comparación de los cambios en los usos del suelo de la microcuenca La Tenería para los años 2000-2013-2016. Para la realización del análisis vectorial de los cambios espaciales en el uso del suelo en la microcuenca La Tenería para los años del 2000, 2013 y 2016 se procedió a un análisis de los mapas temáticos realizados. El primero de ellos fue el perteneciente al uso del suelo en el año 2000, el cual se construyó mediante el método de

clasificación no supervisada generando de esta manera sobre la imagen la firma espectral de cada una de las coberturas, este procedimiento se realizó para los dos (2) años siguientes. Las bases de datos generadas se compararon con los resultados del año 2000, 2013 y 2016 (Ver tabla 19). Esta comparación se realizó con el fin de determinar el porcentaje de reducción o aumento de las coberturas y los usos del suelo de la microcuenca La Tenería durante los diecisiete (17) años.

Tabla 19

Área y periodo de cambio de los usos de los suelo de la microcuenca La Tenería

Usos	AÑO 2000		AÑO 2013		AÑO 2016		PERIODO DE CAMBIO					
	ÁREA	%	ÁREA	%	ÁREA	%	AÑO 2000-2013		AÑO 2013-2016		AÑO 2000-2016	
	HA		HA		HA		REDUCCIÓN	AUMENTO	REDUCCIÓN	AUMENTO	REDUCCIÓN	AUMENTO
							N		N			
Bosques	210,787	20	292,911	28	330,141	32	-	82,124	-	37,23		119,354
Rastrojo	336,674	32	231,235	22	292,028	28	105,439	-	60,793	44,646		
alto												
Rastrojo	284,102	27	236,293	23	198,601	19	47,809	-	37,692	-	85,501	
bajo												
Tierras	183,577	18	264,499	25	205,384	19	-	80,922	59,115	-		21,807
eriales												
Cultivos	31,125	3	21,329	2	20,134	2	9,796	-	1,195	-	10,91	
Total	1046,3	100	1046,3	100	1046,3	100						

Nota. La tabla registra la comparación de las áreas y el periodo de cambio de los usos del suelo de los años 2000, 2013 y 2016. Fuente:

Autoras del proyecto (2016).

En la tabla 19 se registró las áreas de coberturas y los usos del suelo del año 2000, 2013 y 2016 con sus respectivos porcentajes. En donde se analizó que el periodo de cambio de los usos los suelos del 2000 al 2013 dio una reducción en rastrojo alto de 105,439 Ha, seguido de 47, 809 Ha en rastrojo bajo y en cultivos de 9,796 Ha. En este mismo periodo hubo un aumento área en bosque de 82,124 Ha y de tierras eriales un 80,922 Ha. Asimismo del periodo de cambio del 2013 al 2016 se obtuvo un 59,115 Ha en tierras eriales, un 37,692 Ha en rastrojos bajos y en cultivos un 1,197 Ha de áreas reducidas y hubo un aumento de áreas de bosque de 37,23 Ha y en rastrojo alto 60,793Ha Del periodo del 2000 al 2016 hubo un aumento de 119,354 Ha en bosques y un 21,807 Ha de tierras eriales. En este mismo tiempo hubo una disminución 44, 646 Ha de rastrojos altos, 85,501 Ha de rastrojo bajo y en cultivos de 10,91 Ha. Lo cual se puede observar en la figura 28.

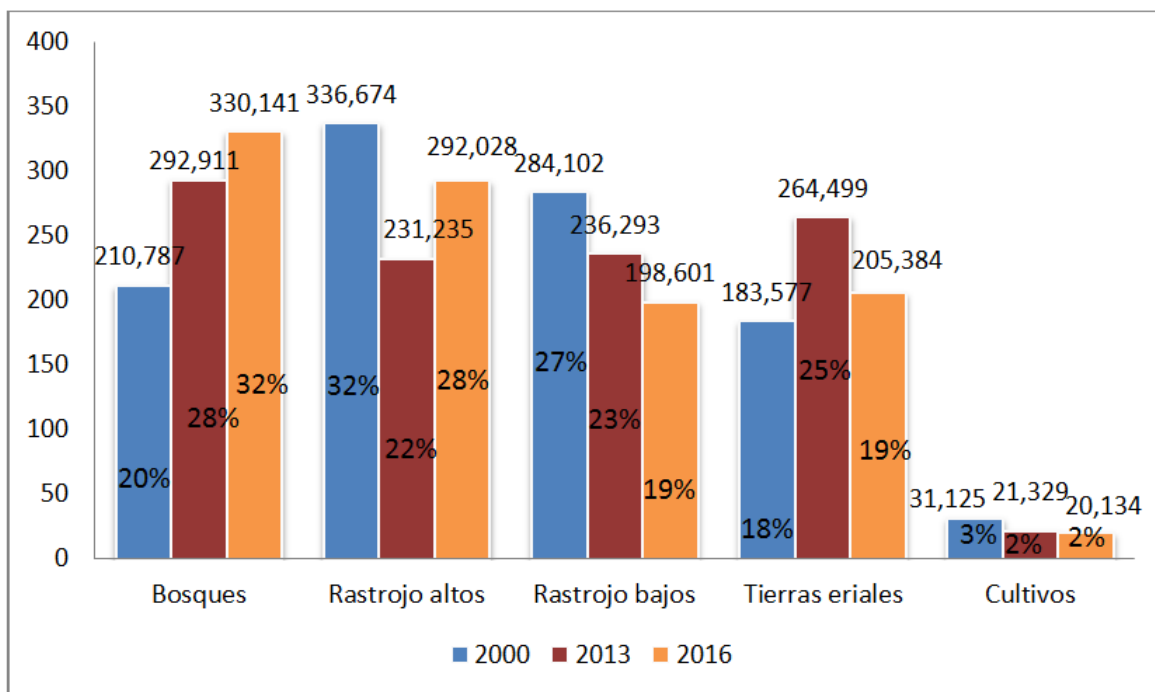


Figura 28. Área y porcentajes de las coberturas y los usos de los suelo de la microcuenca La Tenería.

Tabla 20

Análisis del cambio de los usos del suelo del año 2000-2016

USOS	AREAS Ha		TASA ANUAL DE CAMBIO
	2000	2016	TAC
Bosques	210,787	330,141	2,84
Rastrojo alto	336,674	292,028	-0,88
Rastrojo bajo	284,102	198,601	-2,21
Tierras eriales	183,577	205,384	0,70
Cultivos	31,125	20,134	-2,69

Nota. En esta tabla se registró la TAC del periodo de 2000-2016. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Como resultado de la comparación de las temáticas anteriores y la revisión de las bases de datos se pudo establecer que para el periodo del 2000 al 2016 el área bosque tuvo una TAC de 2,84% y el de tierras eriales con 0,70% de TAC. Del mismo modo los cultivos disminuyeron 2,69%, los rastrojos bajos un 2,21% y los rastrojos altos con un 0,88% en la microcuenca. Lo cual muestra que el TAC para bosque y tierras eriales tuvo un aumento un 3,54%, pero el aumento de tierras eriales en este caso es negativo, lo que indica que cada año en la zona se presenta pérdida de cobertura vegetal y degradación del suelo; por otra parte los cultivos, rastrojos altos y bajos disminuyeron un 5,78% durante los diecisiete (17) años, analizándose que la disminución de los cultivos es positivo para la microcuenca, evitando la degradación del suelo ocasionada por la acción antrópica y fenómenos naturales.

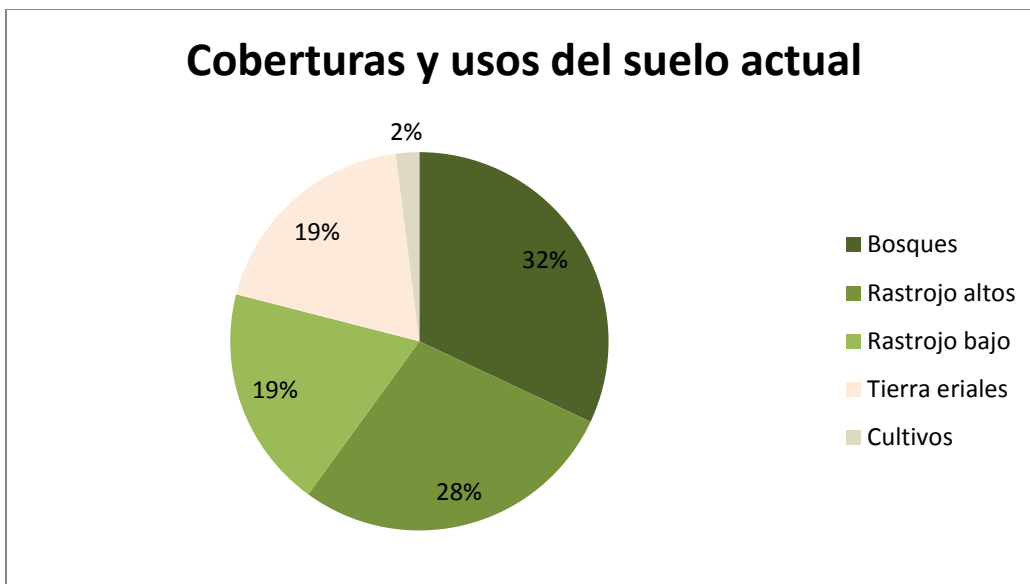


Figura 29. Porcentaje de las coberturas y usos del suelo actual. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

La figura 29 muestra que los bosques representan el 31,6 %, los rastrojos altos con un 27,9%, los rastrojos bajos con un 19%, las tierras eriales 18,6% de la cobertura del área total y los cultivos con un 1,9% del uso del suelo. Esto indica que existe una baja cobertura vegetal en la microcuenca, debido a que los bosques no superan el 50% del área total, lo que genera que la microcuenca La Tenería sea susceptible a alto escurrimiento, baja infiltración, a la erosión hídrica y al cambio climático.

Mediante el análisis multitemporal de los últimos diecisiete (17) años se pudo evidenciar y analizar las coberturas y usos del suelo y junto con el trabajo en campo se afirma que el aumento de bosques en la zona ocurrió por una sucesión progresiva conformando un bosque estratificado. Por otra parte la disminución de áreas de los rastrojos altos y bajos se dio ya que los rastrojos altos y bajos pasaron a conformar el bosque natural y al uso de tutores para cultivos (tomate,

habichuela) y para uso combustible doméstico. Además, hay un aumento de tierras eriales (tierras erosionadas) debido a la tala de árboles en la parte media y baja de la microcuenca, lo que ha contribuido al cambio climático en los últimos años, afectando principalmente el suelo y el crecimiento de especies vegetales silvestres, asimismo los fenómenos naturales (viento y agua), la ampliación de la frontera agropecuaria y las condiciones del terreno (pendiente escarpada) en el área, esto ha causado un aumento en los procesos erosivos. Por otro lado, los cultivos presentaron una disminución dentro de la microcuenca, debido a que algunos de los habitantes del área rural han emigrado y abandonando sus áreas cultivadas, a la variabilidad climática por la pérdida de algunos cultivos productivos por la falta de agua para regarlos; y cabe resaltar que algunas áreas destinadas a cultivos se encuentran en descanso.

5.3 Cumplimiento del objetivo de investigación N° 3. Establecer la relación entre los cambios del uso del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca La Tenería por medio de la información obtenida.

5.3.1 Calculo de oferta hídrica superficial. Para hallar la oferta hídrica superficial se tuvo en cuenta que la microcuenca La Tenería presenta un área de 10.463 km^2 , esta no cuenta con información suficiente para su planificación y no tiene registros de caudal para la estimación de la oferta superficial. Por lo cual se implementó el siguiente procedimiento del método de la relación lluvia – escorrentía establecida en la resolución 0865 del 2004, que conlleva a establecer la relación que existe entre los cambios en los usos del suelo y la oferta hídrica superficial de la microcuenca.

Con la utilización del método de lluvia escorrentía se halló el número de curvas numéricas (CN) para cada zona o uso de tierra determinada en la microcuenca La Tenería, para luego obtener el valor de retención máxima potencial (S) y ser remplazadas estas variables en la fórmula de escurrimiento medio superficial.

5.3.1.1 Número de curva de escorrentía CN. El CN se basó en la clasificación hidrológica de los suelos del área de la microcuenca La Tenería, que de acuerdo con la información suministrada por el IGAC (Ver figura 11) se relacionó con la descripción de los grupos de suelo establecido por SCS (Ver tabla 6) para determinar el grupo del suelo específico para cada uso del suelo de la microcuenca La Tenería registrados en la tabla 21.

Los suelos de la microcuenca La Tenería de acuerdo a la cartografía generada a partir de las imágenes de satélites y con el trabajo en campo se evidenció que los usos del suelo que se presentan son bosques, rastrojos altos, rastrojos bajos, tierras eriales y cultivos. En cuanto al tratamiento de la tierra se dedujo que todos los cultivos se desarrollan en hileras rectas, asimismo de acuerdo a lo observado en las visitas de campo y lo relacionado con las imágenes satelitales se asumió que la cubierta por pasto se encuentra por debajo del 50% del área de la microcuenca asumiéndose la cobertura para pasto natural como mala, y la condición hidrológica para los bosques como regular ya que se encuentran áreas con algunos arbustos poca cantidad de humus y pasto.

Con la Tabla 21, se obtuvo el número de curva de escorrentía teniendo en cuenta los resultados anteriores que se presentan los usos del suelo de la microcuenca La Tenería con su grupo del suelo.

Tabla 21

Valor del número de curva (CN) estimada de acuerdo con la clasificación hidrológica de los suelos.

ZONA	USO DEL SUELO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DEL SUELO	CN(II)
1	Rastrojos	Mala	C	91
2	Bosques	Regular	C	73
3	Cultivos	Mala	C	88
4	Tierras eriales	Mala	D	93

Nota. En la tabla se registra los usos del suelo de la zona de estudio con condición hidrológica y su grupo de suelo. Fuente: IGAC (2006) y SCS (2004) adaptada por autoras del proyecto (2016).

Al conocer el CN de cada uno de los usos del suelo y que estos valores corresponden a la condición de humedad antecedente intermedia (II), por lo cual se procedió a calcular un nuevo valor de CN con respecto a las precipitaciones de los cinco (5) días previos a la lluvia (Ver figura 30). La lluvia tomada tuvo un total de precipitación 16 mm.

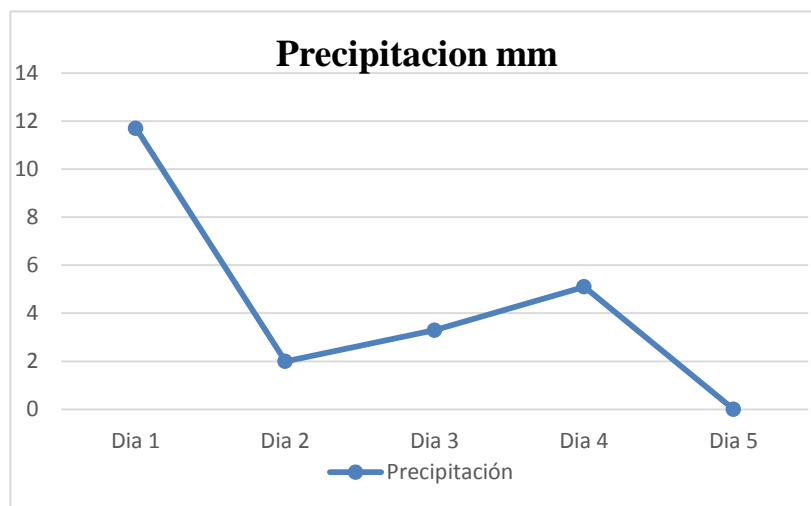


Figura 30. Precipitaciones de los cinco (5) días del área de estudio. Fuente: IDEAM (2016).

El promedio de los datos de precipitación de los cinco (5) días previos al evento fue 4,4 mm, con este valor se estimó la condición de humedad antecedente de acuerdo a la tabla 22, de lo cual resultó que pertenece a la condición de humedad antecedente seca (I). Con esta información se procedió a calcular el CN (I), y así calcular la retención máxima potencial (S).

Tabla 22

Valores de CN y S para las diferentes zonas de la microcuenca La Tenería.

ZONA	AREA	CN(II)	CHA	CN(I)	S
1	490,629	91	I	80,94	59,81
2	330,141	73	I	53,17	223,71
3	20,134	88	I	75,49	82,46
4	205,389	93	I	84,80	45,53

Nota. La tabla ilustra el área de cada uso del suelo con su número de curva, condición de humedad antecedente intermedia (II) (CN (II)) y el número de curva con la condición de humedad antecedente seca (I) (CN (I)) y la retención de humedad potencial (S). Fuente: Autoras del proyecto (2016).

Calculado la retención máxima de humedad (S) para cada zona se procedió a hallar el escurrimiento medio, para lo cual se estimó la precipitación media anual con tres estaciones que se ubican en La Playa, Abrego y Ocaña, teniendo en cuenta que estas fueron las más cercanas al área de influencia de la microcuenca La Tenería.

Tabla 23

Calculo de escurrimiento medio y de la microcuenca La Tenería.

Ç	AREA	S	P	Q (mm)	Q.A	Q(mm)
1	490,629	59,81	985,23	916,92	449867,54	
2	330,141	223,71	985,23	759,77	250829,80	
3	20,134	82,46	985,23	892,75	17974,63	872,89
4	205,384	45,53	985,23	932,62	191545,23	
	1046,3				913217,2	

Nota. La tabla registra el valor de las variables de retención máxima potencial, precipitación máxima, escurrimiento medio, coeficiente de escurrimiento. Fuente: Autoras del proyecto (2016).

La microcuenca La Tenería tiene un escurrimiento superficial medio de 872,89 mm. Luego se reemplazó éste valor junto con el área de drenaje en la fórmula de la oferta hídrica superficial del IDEAM que dio como resultado $0,0181\text{m}^3/\text{s}$ que es igual a 18,1 L/s. Este resultado indica que al año la microcuenca presenta una oferta total media de $570802\text{ m}^3/\text{año}$.

5.3.2 Cuantificación de la oferta hídrica neta. Para el cálculo de la oferta hídrica neta disponible se utilizó la ecuación propuesta por el IDEAM. En donde se aplica los factores de

reducción por régimen de caudal ecológico que es el (25%) y la reducción por fuentes frágiles en cuanto a la reducción de la calidad del agua que es de (25%) a la oferta hídrica total hallada. La oferta hídrica neta disponible de toda el área de la microcuenca La Tenería es de $0,00905 \text{ m}^3/\text{s}$ que es igual a $9,05 \text{ L/s}$. Dando como resultado la oferta hídrica disponible media de la microcuenca de $285401 \text{ m}^3/\text{año}$.

Algunos factores geográficos que afectan el escurrimiento es la elevación de la microcuenca, está es mayor en la parte alta del nacimiento de la quebrada Piritama y en la demás zonas es menor, por consiguiente en la parte media y baja de la microcuenca carece de precipitaciones; ya que a mayor elevación mayor será la precipitación. Otro factor que influye es la pendiente debido a que este es de ondulado a escarpado, generando una escorrentía alta con menor duración, lo que ocasiona una baja infiltración, un aumento en el transporte de sedimento y la humedad del suelo sería baja. El tipo y uso de suelo es otro factor que afecta en la escorrentía superficial, ya que por los cambios del uso del suelo sea a afecta la cobertura vegetal en la parte media y abaja del área, y así disminuyendo la infiltración y retención de humedad en los suelos de la microcuenca. Por lo tal, el escurrimiento superficial equivale al 88,6% de la precipitación obtenida, con lo anterior se explica que el escurrimiento sea mayor y la retención de agua en los suelos no sea buena. En este sentido la oferta hídrica superficial de la microcuenca es baja, afectando la disponibilidad del recurso hídrico a la población que hace uso de ella.

Conclusiones

Con la información recopilada se logró determinar las características biofísicas de la microcuenca La Tenería, analizándose que está presenta dos zonas de vida bh-PM y bs-PM, en donde las condiciones del suelo son de baja fertilidad natural, alto escurrimiento, baja infiltración, con pendiente de inclinada a escarpada lo que la hace susceptible a erosión moderada, con lo que se determinó que el suelo de la microcuenca es de tierras malas con clase VII y VIII. Por otro lado, la información adquirida por la Alcaldía Municipal de La Playa de Belén (EOT) y CORPONOR es muy antigua e insuficiente; por tal motivo se generaron nuevos datos a partir de la información en formato raster y vectorial procesado en el software ArcGIS 10.3, y de esta manera generar un base de datos actualizada para estudios posteriores.

Con la ayuda del software ArcGIS 10.3 y el método de clasificación no supervisada se realizó la comparación de las coberturas y usos del suelo de la microcuenca La Tenería para los años 2000, 2013 y 2016 de las imágenes satelitales, con el trabajo en campo y el portal de Google Earth se analizó que en el lapso de los diecisiete (17) los bosques en la parte alta de la microcuenca representan una cobertura vegetal de 32%, en la parte media y baja del área un 28% en rastrojos altos, los rastrojos bajos con un 19%, las tierras eriales 19% y en cuanto al uso de suelo se encuentran los cultivos con un 1,9% del área total de la microcuenca. Con el análisis multitemporal se estableció que la microcuenca La Tenería tiene una cobertura vegetal baja, debido a que los bosques, rastrojos altos y bajos no superan el 50% del área total, lo que genera que el área de la microcuenca La Tenería sea susceptible a alto escurrimiento, baja infiltración, a la erosión hídrica u eólica, a la alteración del ecosistema como disminución del recurso hídrico.

A través del método de lluvia-escorrentía del SCS se determinó que el escurrimiento superficial medio de la microcuenca La Tenería es de 872,89 mm, para luego determinar que la oferta hídrica superficial es de 570801,6 m³/año, la cual está por debajo de la oferta hídrica de la microcuenca La Estancia 1130566 m³/año, ya que ambas microcuencas tienen características similares como el área y las condiciones climáticas de precipitación y temperatura. Los cambios del uso del suelo en el área han provocado una disminución en la cobertura vegetal y un aumento de tierras erosionadas en los nacimientos de las quebradas La Honda y Pantanillo, lo que limita que estos afluentes aporten mayor cantidad de agua al cauce principal quebrada La Tenería. Por lo tal, en el transcurso del tiempo sea evidenciado la escasez del recurso hídrico por los cambios del uso del suelo, esa disminución ha afectado a la población urbana y rural, en donde se ha visto la necesidad de hacer razonamiento en época de verano.

La aplicación del análisis multitemporal a las imágenes satelitales permitió afirmar lo establecido por Chuvieco (1990) citado por Bedoya et al (2015), que este es un método eficaz y confiable para la comparación y determinación de lo que ocurre a través del tiempo en un medio natural. Asimismo, este método junto con la clasificación no supervisada contribuyó a generar información actualizada sobre los cambios del uso del suelo de la microcuenca La Tenería. Otro método utilizado para el logro de la investigación fue el de lluvia escorrentía, en donde se relacionaron los cambios del uso del suelo para obtener la escorrentía superficial media de los últimos diecisiete (17) años. Posterior a esto se logró comprobar que la afectación que tienen los cambios del uso del suelo de la microcuenca La Tenería a través de los años en la disponibilidad del recurso hídrico. Cabe resaltar que el método utilizado es útil para aquellas cuencas que no cuenten con datos históricos e instrumentados como fue el caso de esta investigación.

Recomendaciones

Durante el desarrollo de la investigación se encontró información muy antigua, ambigua e incompleta, por lo que se recomienda la actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial de La Playa de Belén, para una mejor planificación y priorización de las áreas estratégicas destinadas a la conservación según el uso normativo y así ayudará a delimitar los espacios de restauración.

Además se recomienda que las entidades competentes inviertan en recursos de hardware software y datos (imágenes de satélite) de buena resolución para el procesamiento y análisis del municipio de La Playa de Belén en una escala detalla de estas imágenes satelitales, haciendo prioridad en las áreas estratégicas, y que tengan un personal capacitado para el manejo de estas herramientas. Con la ayuda de estas herramientas se implementen nuevas técnicas y acciones de conservación de las áreas prioritarias. Como es el caso de la microcuenca La Tenería que presenta baja cobertura vegetal, áreas erosionadas y suelos de clase VII y VIII, por lo cual se recomienda que las entidades protejan la microcuenca con acciones de rehabilitación y reforestación en toda el área con especies nativas, con el fin de contribuir con la regulación de los caudales y mitigar los procesos de erosión del área.

En la microcuenca La Tenería presenta un periodo bimodal, por lo cual se dan aumento de caudal en época de invierno y disminución del caudal en épocas de verano, debido a esto se les sugiere a los habitantes hacer un uso y ahorro eficiente del recurso. Para el caso de la población urbana hacer control mediante el razonamiento del agua y campañas publicitarias enfatizadas en

este tema y en la población rural se recomienda la instalación de tanques de almacenamiento de agua lluvia con un sistema de tratamiento, en donde esta agua sea utilizada para uso domiciliario, también debido a la variabilidad climática que se refleja en el municipio, se recomienda que en las viviendas se instalen tanque de almacenamiento para agua potable. Además, se recomienda implementar sistemas de riego eficientes para los cultivos como el sistema de riego por goteo.

Referencias

- Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio. (2016). *Landsat Science*. Obtenido de <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=5081>.
- Air Drone View. (2014). *Air Drone View*. Recuperado de <https://airdroneview.com/2014/07/04/historia-de-la-fotografia-aerea/>
- Anónimo. (2010). *Historia y Bobliografía*. Recuperado de <http://historiaybiografias.com/niepce/>
- Antonio Moreno Jiménez. (2008). Introducción a los SIG y al manejo de archivos de infrmación geográfica con ArcCATALOG. En A. Moreno Jiménez, *Sistemas y Análisis de la Introducción Geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS* (pág. 14). México: Alfaomega.
- Área Natural Única Los Estoraques. (2015). *Ánalisis presiones y ánalisis amenazas*. La Playa de Belén, Ocaña, Colombia.
- Bedoya Alvarez , M. L., Portillo Moreno, J. F., & Sáenz Cortes , H. R. (2015). *Biblioteca Universidad de Manizales*. Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2509/1/04_Bedoya_Mary_Luz_2015.pdf
- Bernabé Poveda, M., & López Vázquez, C. M. (2012). El tratamiento de los datos geográficos. En J. Celada Pérez, F. García Cepeda, & F. Saavedra, *Fundamentos de las Infraestructuras de datos espaciales* (pág. 96). Madrid: Univesidad Politécnica de Madrid.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: RIALP S.A.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: RIALP S.A.

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección*. Madrid: 3ª edición revisada.

Chuvieco, S. E. (2008). La observación de la tierra desde el espacio. En S. E. Chuvieco, *Teledetección Ambiental* (pág. 544). Madrid: Ariel ciencia.

Comisión Nacional del Agua. (2005). *CONAGUA/SIGA*. Recuperado de <http://sig.conagua.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>

Consejo Municipal de La Playa de Belén. (Mayo de 2000). *Alcaldía de La Playa de Belén*. Recuperado de <http://www.laplayadebelen-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/65333261323635303937306361623036/EOT.pdf>

Cornare (2013). *Sistema de Gestión Integral Conare*. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:LZSVb9x79JkJ:intranet.cornare.gov.co/sgi/index.php%3Fopcion%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D1421%26Itemid%3D2+%&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=co

Corporación Autónoma Regional de la Frontera Norte de Santander. (2009). *Síntesis Ambiental en Norte de Santander*. Recuperado de <http://corponor.gov.co/formatos/DIC%20SIGESCOR/PUBLICAR%20WEB%2010-12-09/PLAN%20DE%20ACCION%20AJUSTADO%202007%202011/2%20SINTESIS%20AMBIENTAL.pdf>

Costa Posada, C., Domínguez Calle, E., Gonzalo Rivera, H., y Vanega Sarmiento, R. (2005). El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión de recurso hídrico? *Revista de Ingeniería*, 1. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n22/n22a12.pdf>

- Delgado Lindeman, S. P., y Quintana Canabal, C. A. (2014). Determinación del índice de escasez en la cuenca del río Guachaca en el departamento del Magdalena. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/544/1/Trabajo%20de%20grado%20Indice%20de%20escasez.pdf>
- Delgado Munevar, W. G., Charry Melendez, A. M., y Ortiz Ramírez, J. F. (2015). *Relación demanda-oferta e índice de escasez del recurso agua como herramienta de evaluación de la cuenca del río Tunjuelo. Estudio en Bogotá-Colombia*. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. Colombia. Recuperado de <https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/2015/12/Documento-balance-hidrico.-U.-Cat%C3%B3lica.-Julio-2015.pdf>
- Domínguez Calle, E. A., Gonzalo Rivera, H., Vanegas Sarmiento, R., y Moreno, P. (2008). Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen (XXXII). Recuperado de http://www.acefyn.org.co/revista/Vol_32/123/195-212.pdf
- Estrada Estrada , R. E. (18 de Abril de 2016). *Enfoque de cuencas y microcuencas*. Recuperado de <http://ronaleraldoestradaestrada.blogspot.com.co/2016/04/enfoque-de-cuencas-y-microcuencas.html>
- FAO. (1992). *INECC*. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/glosario>
- Franquet Bernis, J. M. (2010). *Con el agua al cuello: 55 respuestas al Plan hidrológico*. Madrid, España: Littera.
- García Reinoso, P. L. (2010). *Análisis espacial y temporal del índice de escasez de agua de agua en la cuenca del río Quindío*. Recuperado de

<http://repositorio.uniquindio.edu.co/bitstream/123456789/135/1/AN%C3%81LISIS%20ESPACIAL%20Y%20TEMPORAL%20DEL%20%C3%8DNDICE%20DE%20ESCASEZ%20DE%20AGUA%20EN%20LA%20CUENCA%20DEL%20R%C3%8DO%20QUIND%C3%8DO.pdf>

Gutierrez, C. P., Díaz Mena, C., & Muñoz Cifuentes, J. N. (2015). *Repositorio de la Universidad de Colombia*. Recuperado de

<http://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/2727/1/PROYECTO%20INDICE%20DE%20ESCASEZ%20DEFINITIVO%2030.%20NOV.pdf>

Hansen A., F. (2010). *INEGI*. Recuperado de

<http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/MANUAL%20CartograFIA.pdf>

Hernández Rodríguez, O. P. (octubre de 2012). *Facultad de Ciencias Espaciales*. Recuperado de

http://faces.unah.edu.hn/mogt/images/stories/PDF/Tesis/13_Tesis_Olga_Hernandez_2012.pdf

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hyatt, E. (1988). *Keyguide to information sources in remote sensing*. London: Mansell.

Ibarra Montoya, J., Román, R., Gutiérrez, K., Gaxiola, J., Arias, V., & Bautista, M. (2011).

Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. Recuperado de

https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwio4eevts7RAhUEKyYKHfKmbwUQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ambi-agua.net%2Fseer%2Findex.php%2Fambi-agua%2Farticle%2Fdownload%2F615%2Fpdf_461&usg=AFQjCNHxdH0DDeli5fXv

- Iglesias, A., Estrela, T., & Gallart, F. (2004). *Impactos sobre los recursos hidricos*. Recuperado de http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F13/CAMBIO%20CLIMAT%20ESPA%C3%91A/07_recursos_hidricos.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Relaciones de demanda de agua y oferta hidrica. En *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Imprenta Nacional del Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meterreología y Estudios Ambientales. (s.f.). *IDEAM*.
- Instituto de Hidrología, Meterreología y Estudios Ambientales. (2010). *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras*. Recuperado de http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/RinconLiterario/2011/mayo/CB_33.pdf
- Instituto de Hidrología, Meterreología y Estudios Ambientales. (2014). Estudio Nacional del Agua. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). *IGAC revela “anti ranking” de los departamentos con los mayores conflictos de los suelos en Colombia*. Recuperado de <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/c8eb398044ab6ec2bbd1ff9d03208435/IGAC+revela.pdf?MOD=AJPERES>
- Instituto Español de Tecnología. (2014). *Las palomas fotográficas, los drones de la I Guerra Mundial*. Recuperado de <http://ixtitute.com/las-palomas-fotograficas-los-drones-de-la-i-guerra-mundial/>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). *Mejora de los Sistemas de Cartografía del Territorial Colombiano*. Recuperado de ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion_Modulo.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2016). *Cuenca*. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/cuencas-conceptos>
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción de la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia .Recuperado <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Jimenez, G., Calvo, J., Pizarro, F., y Gonzales , E. (2005). Conceptualización de caudal ambiental en Costa Rica : Determinación Inicial para el rio Tempisque. Costa Rica: Union Mundial Para la Naturaleza.
- Labrador García, M., Évora Brondon, J. A., y Arbelo Pérez, M. (2012). *Satélite para la Teledetección para la Gestión de Territorio*. Canarias: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.
- Lerena, C. (2003). *Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Arequipa, Perú: FAO.
- Lopez Quiroz, H., y Quintero Perez, J. (2014). Oferta y demanda hídrica de la microcuenca Juan Sánchez del municipio de Ocaña, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña. Colombia. Recuperado de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/495/1/25977.pdf>

MAVDT. (2004). *Resolución 865 de 2004*. Recuperado de

http://www.cvc.gov.co/cvc/RecursoHidrico/aplicativos/ie_mejorado/documentos/Resolucion865-04.pdf

MIDEPLAN. Chile y Div. de Planificación Regional. (2015). *Ministerio de Desarrollo Social*.

Recuperado de

<http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/btca/txtcompleto/mideplan/cuad1-zon.planterrit.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1992). *Alcaldía de Bogotá*. Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3276>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la*

Gestión Integral del Recurso Hídrico. Recuperado de

http://www.unal.edu.co/diracad/catedras/gaitan/2016-I/gaitan_2016_I/docs/lecturas/s07/politica.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *CAMACOL*. Recuperado de

http://camacol.co/sites/default/files/base_datos_juridico/DecretoMinAmbienteNacional16402012pdf.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2004). *Corporación Autoónoma Regional*

del Valles del Cauca. Recuperado de

http://www.cvc.gov.co/cvc/RecursoHidrico/aplicativos/ie_mejorado/documentos/Resolucion865-04.pdf

Molina Mateo, F. S. (2005). *Suelos*. Recuperado de <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/167.pdf>

Montoya, A. (1986). *Relaciones de la radiación electromagnética con algunos cuerpos naturales*.

Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretación.

- Moreno Jiménez, A. (2008). Introducción a los SIG y al manejo de archivos de información geográfica con ArcCATALOG. En A. Moreno Jiménez, *Sistemas y Análisis de la Introducción Geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS* (pág. 14). México: Alfaomega.
- Morrison, R., & Boyd, R. (1998). *Química orgánica*. . México D,F: Addison Wesley Longman. 5ta. Ed.
- Ordoñez Galvez, J. J. (2011). *Cartilla tecnica: Ciclo Hidrologico*. Recuperado de http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Ciclo_Hidrologico.pdf
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Agua Subterráneas - Acuíferos*. Recuperado de http://aquabook.agua.gob.ar/files/upload/contenidos/10_2/Agua_Subterráneas-Acuíferos.pdf
- Ordoñez Galvez, J. J. (2011). *Cartilla tecnica: Ciclo Hidrologico*. Recuperado de http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Ciclo_Hidrologico.pdf
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. (2003). *Centro de Información y Documentación*. Recuperado de http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borrarme/temas/suelo.pdf
- Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial D.F. (2013). *Centro de Información y Documentación*. Recuperado de http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borrarme/temas/suelo.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). *Política y estrategia sobre el agua PNUMA*. Recuperado de

https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3xfOx_8vRAhXDKiYKHToDDGYQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.pnuma.org%2Fforodeministros%2F15-venezuela%2Fven06tre-PoliticayEstrategiasobreAgua-PNUMA.doc&usg=AFQjCNFttu

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). *Política y estrategia sobre el agua PNUMA*.

Rodríguez Pérez, J. (2015). *Diagnóstico del uso actual del recurso hídrico utilizado por los acueductos municipales ubicados en la parte alta de la cuenca del Río Algodonal*.

Recuperado de

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/674/1/26861.pdf>

Rodríguez Pérez, J. R., González Vázquez, X. P., y Arias Sánchez, P. (1993). *Cartografía de usos del suelo por fotointerpretación mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): análisis comparativo de los sistemas ráster y vectorial*. Recuperado de

<http://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3033/Perez.pdf?sequence=1>

Rodríguez Pérez, J. R., González Vázquez, X. P., & Arias Sánchez, P. A. (2013). *Cartografía de usos del suelo por fotointerpretación mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): análisis comparativo de los sistemas ráster y vectorial*. Recuperado de

<http://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3033/Perez.pdf?sequence=1>

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (diciembre de 2013). *Repositorio Institucional de la*

Universidad de Alicante. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/34856>

- Santiago Uribe, L. M., & Guerrero Quintero, M. A. (2015). *Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*. Recuperado de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/927>
- Segura Triana, L. E. (2007). *Estudio de los antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia*. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20de%20antecedentes%20sobre%20la%20contaminaci%C3%B3n%20h%C3%ADdrica.pdf>
- Sing, H. V. (1989). *Hydrologic Systems Volumen II Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices*. Francia: New Jersey.
- Urbina Soria, J., y Martínez Fernández, J. (2006). *Más allá del cambio climático*. México: Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Wirtgen, J. (2008). *Recurso Hídricos Resumen 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Recuperado de <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>

APÉNDICE

Apéndice A. Soporte de la respuesta de la solicitud realizada al IDEAM

Señor:

Leidy Tatiana Aponte Pérez

Ciudad

Asunto: Petición Información Información Hidrometeorologica y Ambiental

En atención al asunto de la referencia, conforme a los términos de la solicitud presentada y en cumplimiento a lo previsto en el artículo 23 de la Constitución Política de Colombia, artículo 13, 14 y SS de la ley 1437 del 2011, resolución interna 2071 del 2015 y demás normas concordantes y complementarias, se da respuesta a la solicitud de información allegada; en consecuencia como adjunto encontrará el documento que contiene la información solicitada y disponible a la cual podrá acceder **únicamente a través de WORDPAD O BLOC DE NOTAS.**

Descargando el adjunto, encontrara la información existente.

Teniendo en cuenta que la solicitud allegada se presenta como solicitud de información; se hace entrega del material disponible para consulta y suministro almacenado en el Banco de Datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-.

Agradecemos no contestar este correo, y en caso de requerir realizar una solicitud adicional efectuarla a través de los siguientes canales: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/pqrsd> o atenciónalciudadano@ideam.gov.co

Reciba un cordial Saludo del IDEAM.

En nuestros procesos de mejora continua, para nosotros es importante conocer su opinión sobre el servicio. Por lo cual lo invitamos a diligenciar una pequeña encuesta sobre el servicio, le agradecemos responder, según su apreciación experiencia.

MailScanner has detected definite fraud in the website at "docs.google.com". Do not trust this website:
[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfjOcLBWVFZh48t0xA2fC1-
ifkYv124qwK9PgPblu1Z0vM3RQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfjOcLBWVFZh48t0xA2fC1-
ifkYv124qwK9PgPblu1Z0vM3RQ/viewform)

Es para nosotros un gusto trabajar por Colombia, por medio del suministro de información técnico científica el servicio de la planificación sectorial y al servicio de cada uno de los ciudadanos como usted.

Gracias.

Apéndice C. Registro de los datos generados a partir de las imágenes satelitales

Microsoft Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Cortar Copiar Copiar formato

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

Calibri 11 Ajustar texto Número \$ % 000 00 00 Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Rellenar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

G2 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	USO	AREA	USO	AREA	USO	AREA	USO	AREA			
2	1	0,0900000000	2	0,0900000000	3	0,05763494253	4	0,08999999999			
3	1	0,05763496399	2	7,15579320822	3	0,08999999998	4	0,50879882809			
4	1	0,10459619522	2	0,09000000000	3	0,09000000000	4	0,12288590386			
5	1	0,17999999998	2	0,09000000001	3	0,18000000000	4	0,09000000000			
6	1	0,08999999999	2	0,32941406252	3	0,09000000000	4	0,71419183732			
7	1	0,08999999999	2	0,09000000000	3	0,05763496399	4	0,09000000000			
8	1	0,09000000001	2	0,09000000000	3	0,12556823731	4	0,25149524690			
9	1	0,18000000001	2	0,05763496399	3	0,05763492107	4	12,92462037080			
10	1	0,18000000000	2	0,74736482238	3	0,09000000000	4	2,56706398062			
11	1	0,06161917338	2	0,36000000002	3	0,12148626409	4	5,01992878630			
12	1	0,09000000000	2	0,51755864797	3	0,69990709745	4	0,05763496399			
13	1	0,33969092660	2	0,08999999998	3	0,06161917338	4	1,34999999996			
14	1	0,68075980382	2	0,09000000001	3	0,18000000000	4	0,54000000003			
15	1	0,12148670001	2	0,35999999998	3	0,09000000001	4	0,09000000000			
16	1	0,12288670985	2	0,06161917338	3	3,13278822435	4	0,09000000000			
17	1	0,18000000001	2	0,18000000000	3	0,09000000000	4	0,06161917338			
18	1	0,09000000000	2	0,09000000000	3	0,18816927910	4	0,90192998070			
19	1	0,08999999999	2	0,18000000000	3	0,09000000000	4	0,05763496399			
20	1	0,06161914400	2	0,49160333633	3	0,45000000000	4	1,06934223178			
21	1	0,06161914400	2	0,06161922892	3	0,09000000000	4	1,66706599336			
22	1	0,05763496399	2	0,79131466719	3	0,18000000000	4	0,06161917338			
23	1	0,18000000001	2	0,18000000001	3	0,09000000000	4	0,18000000000			
24	1	0,10459636688	2	0,06161917338	3	0,08999999998	4	0,27000000000			
25	1	0,05763496399	2	0,18816867829	3	0,08999999998	4	5,27755837255			
26	1	0,05763492107	2	0,05763496399	3	0,89894737241	4	0,06161914399			
27	1	0,12288602788	2	0,06161914400	3	0,09000000000	4	0,08999999999			
28	1	0,06161914400	2	0,06161914400	3	0,09000000000	4	0,09000000001			
29	1	2,45956668088	2	0,12148641246	3	0,09000000001	4	0,06161914401			
30	1	0,12148690051	2	0,06161914399	3	0,09000000001	4	0,09000000000			
31	1	0,10459619522	2	0,05763496399	3	0,27000000002	4	0,12556892394			

20132 / US02 / US03

Apéndice D. Registro fotográfico de las visitas a campo







