

A satellite-style map of a coastal region, likely in Colombia, showing a large body of water on the left and a landmass on the right. The landmass is partially obscured by a dark blue, semi-transparent overlay that covers the top and left portions of the image. The text is centered on this overlay.

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS MULTITEMPORAL

**PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE RIEGO, MEDIANTE
TELEDETECCIÓN ESPACIAL EN EL MUNICIPIO ZONA BANANERA DEL
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA
ENTRE 1997 Y 2018**



**IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO, MEDIANTE TELEDETECCIÓN ESPACIAL EN EL
MUNICIPIO ZONA BANANERA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA ENTRE
1997 Y 2018.**

PRESENTADO POR:

KEVIN JOSE GOMEZ DURAN

Código:

2015215152

PRESENTADO A:

Ing. ADRIANA DEL S. PABON NOGUERA
Tutor de prácticas profesionales.

Ing. LUIS RAFAEL ALTAMAR AVILA
Jefe inmediato empresa.

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL.**

28/01/2019



Contenido

PRESENTACIÓN	10
OBJETIVOS	11
FUNCIONES EN LA ORGANIZACIÓN:	12
JUSTIFICACIÓN	13
GENERALIDADES DE LA EMPRESA:	14
Misión	14
Visión	14
Funciones:	15
Organigrama:.....	17
BASES TEORICAS RELACIONADAS.....	18
DESARROLLO DE ACTIVIDADES:	19
DIAGNÓSTICO	22
GENERALIDADES	22
Localización	23
División Político Administrativa.....	25
Condiciones Demográficas	27
ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA	28
Nivel de pobreza	28



Actividad económica.....	28
Agricultura	29
Ganadería	30
Industria.....	30
SISTEMA AMBIENTAL	30
Clima.....	30
Cobertura.....	32
Hidrología	34
Suelo.....	36
Cobertura del suelo	41
Vocación del suelo	42
METODOLOGÍA	45
ETAPAS DE DESARROLLO.....	46
ETAPA 1: Recopilación de la Información	46
Revisión de la Información	46
Especificaciones Técnicas Satélite LANDSAT-5.....	47
Especificaciones Técnicas Satélite LANDSAT-8.....	48
Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997.....	49
Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007.....	51
Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013.....	53



Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018.....	55
Cartografía Base.....	57
ETAPA 2: Procesamiento de Imágenes Satelitales.....	58
Pre-Procesos.....	58
Combinación de Bandas.....	58
LANDSAT-5, Composición de Bandas 5-4-3, Año 1997	59
LANDSAT-5, Composición de Bandas 5-4-3, Año 2007	59
LANDSAT-8, Composición de Bandas 5-6-4, Año 2013	60
LANDSAT-8, Composición de Bandas 5-6-4, Año 2018	60
Definición del Ámbito de Estudio.....	61
Sistema de Referencia	61
Ubicación	62
Optimización del Espacio de Trabajo	63
Extracción 1997	64
Extracción 2007	64
Extracción 2013	65
Extracción 2018	65
Procesos de Clasificación.....	66
Clasificación Supervisada	66
Resultados de la Clasificación Supervisada.....	68



Clasificación Supervisada 1997	68
Clasificación Supervisada 2007	69
Clasificación Supervisada 2013	69
Clasificación Supervisada 2018	70
Post-procesos.....	70
Separación de la Clase “Agua”	72
Resultados del Post-proceso.....	74
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACIÓN DE PRODUCTOS FINALES	76
ESCENARIOS DE CRECIMIENTO	76
ESCENARIO DE CRECIMIENTO 1997.....	76
ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2007.....	78
ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2013.....	80
ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2018.....	82
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85



Figura 1. Ubicación del Municipio Zona Bananera	24
Figura 2. División Administrativa del Municipio Zona Bananera.....	26
Figura 4 Clasificación Climática.....	31
Figura 5. Cobertura del municipio Zona Bananera	33
Figura 6. Sistema hidrológico del municipio de Zona Bananera	35
Figura 8. Distribución del área en porcentaje de la vocación de uso del suelo.....	42
Figura 7. Vocación del Suelo	43
Figura 9. Diagrama de trabajo.....	45
Figura 10 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997	49
Figura 11 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007.....	51
Figura 12 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013.....	53
Figura 13 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018.....	55
Figura 14. Composite Bands – ArcGis 10.3.0	58
Figura 15. Ámbito de Estudio	61
Figura 16. Máscara de Recorte – Ámbito de Estudio	63
Figura 17 - Escenario De Crecimiento 1997	76
Figura 18 - Escenario de Crecimiento 2007.....	78
Figura 19 - Escenario de Crecimiento 2013.....	80
Figura 20 - Escenario de Crecimiento 2018.....	82



Ilustración 1 - Demografía	27
Ilustración 2- Capacidad de Carga 1997	77
Ilustración 3 - Superficie Total 197	77
Ilustración 4 - Capacidad de Carga Total 2007	79
Ilustración 5 - Superficie Total 2007	79
Ilustración 6 - Capacidad de Carga 2013	81
Ilustración 7 - Superficie Total 2013	81
Ilustración 8 - Capacidad de Carga Total 2018.....	83
Ilustración 9 - Superficie Total 2018	83



Tabla 1. Ficha de Caracterización Municipal	22
Tabla 2. Corregimiento y veredas del Municipio Zona Bananera	25
Tabla 3. Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).....	28
Tabla 4. Empleos generados según la fuente económica.....	29
Tabla 5. Cuencas del municipio de Zona Bananera.....	36
Tabla 6. Clases agrícolas encontrados en el sector	36
Tabla 7. Distribución de la cobertura del suelo para el Municipio de Zona Bananera	41
Tabla 8. Especificaciones técnicas - Satélite LANDSAT 5.....	47
Tabla 9. Especificaciones técnicas - Satélite Landsat 8.....	48
Tabla 10. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997	49
Tabla 11. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007	51
Tabla 12. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013	53
Tabla 13. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018	55
Tabla 14. Puntos de Control.....	61
Tabla 15 - Superficie total y capacidad de carga 1997	76
Tabla 16 - Superficie total y capacidad de carga 2007	78
Tabla 17 - Capacidad de Carga y Superficie Total 2013	80
Tabla 18 - Capacidad de Carga y Superficie 2018.....	82



PRESENTACIÓN

El presente informe consiste en la implementación de un análisis multitemporal en la zona bananera, Dpto. Magdalena, Colombia. En donde se busca reconocer cómo ha evolucionado la utilización del recurso hídrico en el cultivo del banano, palma africana y demás actividades agrícolas que dependan del preciado líquido en los últimos 20 años, mediante la utilización de un sistema de información geográfica (SIG), con la aplicación de técnicas de teledetección multitemporal en imágenes satelitales para la identificación y análisis en los cambios de volúmenes de agua como son reservorios naturales y conductores artificiales que se encuentran en la zona.

Se presenta en este informe la cartografía temática generada y los resultados obtenidos, indicativos de la dinámica de usos de suelo en la región y su entorno. Finalmente se analiza la metodología aplicada en lo referente a su impacto como importante herramienta de diagnóstico, así como en las tendencias que serán de utilidad para una mejor toma de decisiones en pro del desarrollo y bienestar de la zona y sus habitantes. También se identifica el material disponible en la actualidad para realizar este tipo de estudios en la región y se discute el potencial de cada uno dependiendo del año de estudio, los recursos disponibles y el detalle buscado.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Identificar la superficie ocupada por infraestructura de riego, así como la capacidad de carga de la misma, mediante teledetección espacial en el municipio de Zona Bananera en el Departamento del Magdalena – Colombia entre los años 1997 y 2018.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Cuantificar y analizar los reservorios y conductores de agua en los años de estudios establecidos mediante la interpretación digital de imágenes satelitales en el municipio de Zona Bananera en el Departamento del Magdalena.

- Identificar las etapas que se deben seguir en la realización de un análisis multitemporal de teledetección espacial.



FUNCIONES EN LA ORGANIZACIÓN:

- Realizar estudios prediales, planos urbanísticos y cartas catastrales, en los casos que no exista planimetría del sector que se desea analizar.
- Analizar variables de georreferenciación según se requiera, para tener información actualizada de localización de la ciudad.
- Fortalecer la base catastral digital de la secretaria de planeación con información predial de cartas catastrales del archivo histórico.
- Proyectar certificados de nomenclatura.
- Presentar informes solicitados por el supervisor y organismos de control.
- Realizar límites de barrios.
- Recolección y análisis de imágenes satelitales.
- Realizar la verificación de requisitos para aprobación de proyectos por dependencia.
- Realizar la recolección y organización de archivo de los proyectos radicados y registrados en el banco de programas y proyectos.
- Las demás funciones que se le asignen, de acuerdo con las necesidades de la dependencia y que correspondan al propósito de su formación profesional.



JUSTIFICACIÓN

La aplicación de un análisis multitemporal mediante teledetección espacial y análisis de imágenes satelitales para el área de la zona bananera han sido escasos y se constituyen como una herramienta tecnológica muy importante para acercarse a una mejor comprensión de cómo ha sido el desarrollo del territorio en los últimos años, el cual se ha consolidado como uno de los principales productores agrícolas de la región, por lo tanto se ha generado la necesidad de identificar los cambios que se han presentado en la utilización del recurso hídrico por efectos del clima, transcurrir de los años y desarrollo de la región. Actualmente el manejo de los recursos naturales es una de los principales problemas que presentan los diferentes municipios a nivel nacional, debido al gran desarrollo demográfico y la sobre explotación de estos provocando así diferentes tipos de problemas ambientales, generando el interés de nuevas políticas y herramientas de planificación correctas para poder realizar una óptima regulación del uso de estos recursos con el objetivo de garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones, este informe aporta información necesaria para futuras toma de decisiones, una eficiente evaluación de la capacidad del agua y la habilidad de monitorear sus cambios más adelante.



GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

Alcaldía Distrital de Santa Marta

Secretaría de Planeación Distrital.

Misión

El Distrito de Santa Marta por medio de la Secretaría de Planeación Distrital, genera las condiciones necesarias para la oportuna prestación de los servicios públicos y sociales, a través de la planificación del desarrollo económico, social del territorio y, de la administración efectiva de los recursos, propiciando la participación ciudadana en la gestión pública.

Visión

Para el año 2020 el Distrito de Santa Marta, en apoyo de la Secretaría de Planeación será un territorio reconocido a nivel nacional e internacional como una ciudad líder en integración social, equidad, turismo y cultura; logrando disminuir significativamente sus brechas sociales, a través de un desarrollo sostenido, planificado, ordenado territorialmente y transparente en su gestión pública.

Destacándose por el liderazgo en la adopción, formulación y adaptación de políticas públicas con plena participación de la población, en los diferentes sectores y actores que incidan de manera favorable y potente sobre el bienestar social y la calidad de vida de los ciudadanos.



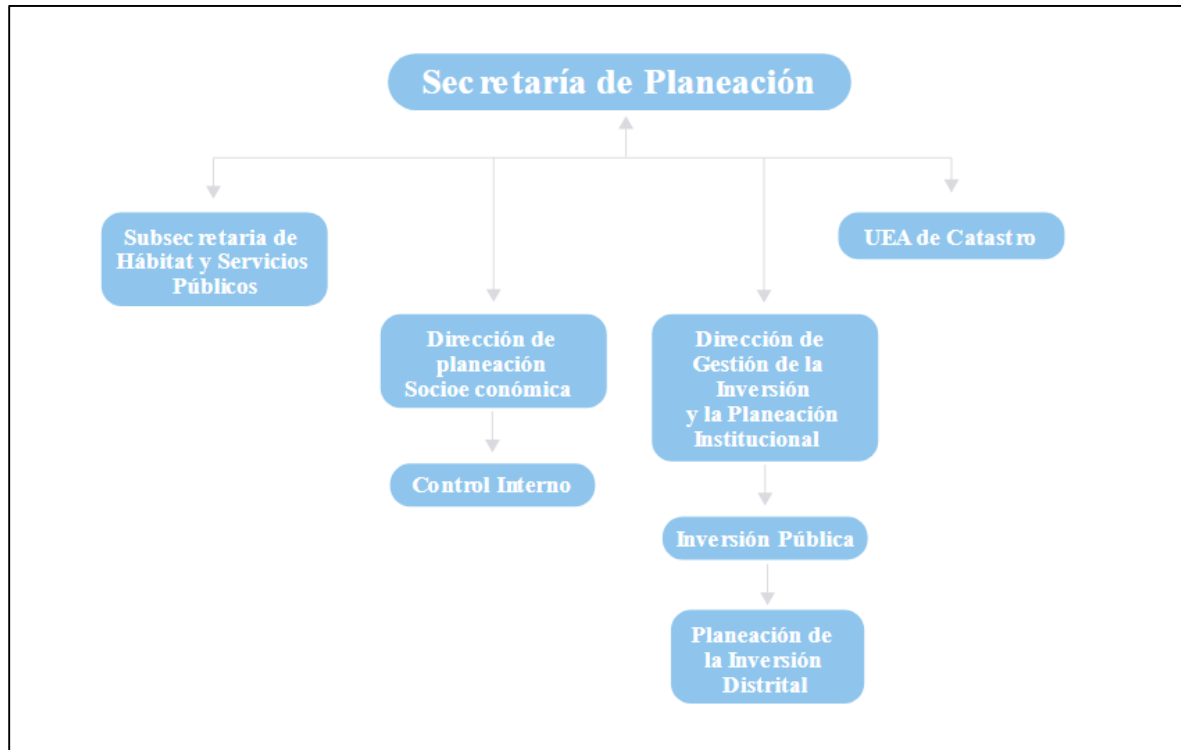
Funciones:

1. Dirigir y liderar el sector de desarrollo administrativo social y articular las acciones de los diferentes organismos, dependencias y entidades descentralizadas que hacen parte del sector a las políticas de Gobierno
2. Presidir el Comité Sectorial y gestionar alianzas con los organismos, entidades y grupos de interés, correspondientes a los sectores nacional, regional, departamental, y Distrital; como también, para el desarrollo de proyectos y programas en su sector.
3. Administrar, articular la formulación de las políticas generales, estrategias, planes, programas y proyectos del sector de desarrollo administrativo, bajo las directrices del Alcalde, el Plan de Desarrollo Distrital y de los Consejos Superiores de la Administración Distrital.
4. Realizar el seguimiento a la gestión de su Sector de Desarrollo Administrativo, dependencias y entidades que lo integran.
5. Administrar y articular el proceso de programación presupuestal del Sector de Desarrollo Administrativo y hacer seguimiento a la ejecución del mismo.
6. Asegurar la implementación de las políticas y directrices, orientando la participación de las dependencias Distritales y entidades descentralizadas correspondientes a su sector de desarrollo administrativo, en la formulación, adopción, implementación y ejecución del Plan de Desarrollo y del Plan de Ordenamiento Territorial y sus instrumentos complementarios.



7. Asesorar al Alcalde Distrital en la adopción de políticas, planes y programas relacionados con el desarrollo económico, social, territorial, el hábitat y vivienda, en la asignación del gasto de inversión del Distrito Turístico, en los procesos de articulación de las políticas, planes, programas y proyectos de las entidades distritales con la política nacional.
8. Dirigir y Administrar la planeación del desarrollo Distrital, en lo social, económico, cultural, físico - espacial, ambiental, financiero, político e institucional, articulada con planes de otros niveles y ámbitos, para lograr en el largo plazo más y mejores niveles de desarrollo humano integral y sostenible para Santa Marta, sus habitantes y visitantes.
9. Dirigir y Administrar la elaboración y seguimiento de los planes estratégicos con una visión prospectiva, en armonía con los planes nacionales.
10. Liderar conjuntamente con los entes competentes la articulación del Distrito con el ámbito regional, para la formulación de políticas y Planes de Desarrollo, en el mediano y largo plazo, procurando un equilibrio en las dimensiones económicas, sociales, culturales, físico-espaciales, ambientales, políticas e institucionales inherentes al territorio y a la región.
11. Dirigir y Administrar la formulación, aprobación, seguimiento, revisión y ajuste de los instrumentos de planificación y gestión complementarios al Plan de Ordenamiento Territorial.
12. Dirigir y Administrar el Sistema de Inversiones Públicas y la operación del Banco de Programas y Proyectos Distrital, con el fin de cumplir con lo dispuesto en los Planes de Desarrollo, Ordenamiento Territorial y de Direccionamiento Estratégico.

Organigrama:





BASES TEORICAS RELACIONADAS

Cátedras:

Sistema de información geográfica.

Topografía.

Gestión de proyectos.

Presupuesto y programación de obras.



DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

Las zonas de la ciudad de santa marta donde existen asentamientos humanos son conocidas como áreas urbanas, se incluyen la cabecera municipal y aldeas más pobladas. En estas zonas realizamos métodos de levantamiento que garanticen mayor precisión, por aspectos jurídicos, planificación urbana y propósitos múltiples que puede tener el levantamiento, como el diseño de sistemas de alcantarillado o mejoramiento de la red vial. Para estas zonas utilizamos métodos basados en el uso de equipos topográfico y de posicionamiento global con altos niveles de precisión conocido como método directo.

En las zonas rurales, donde no existe gran concentración de población, con dimensiones grandes en comparación con el área urbana; y con topografía o vegetación que dificulta el acceso, por estas razones, pusimos en práctica métodos que permitan la mayor cobertura del levantamiento, sacrificando la precisión. Para estas zonas utilizamos métodos basados en la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales o productos que resultan de su tratamiento, conocidos como ortofotos o imágenes ortorectificadas, conocido como método indirecto.

Tanto en zonas urbanas como rurales, se requirió la combinación de instrumentos y apoyo de equipos de uso común como cinta métrica y GPS. De igual forma, un levantamiento mediante fotointerpretación se puede auxiliar del uso de equipos de levantamiento directo en zonas donde no es posible obtener suficiente detalle o en caso de que los predios sean demasiado pequeños.

Lista de equipo e insumos utilizados en campo:

- Equipo topográfico (estación total o GPS con corrección diferencial).
- Cinta métrica de 30 m.
- Libretas de campo.



- Fichas catastrales urbanas prenumeradas.
- Escalímetros.
- Tableros.
- Calculadoras científicas.
- Mochilas.

Utilizando un Sistema de Información Geográfico (ArcGis 10.3.0) desarrollamos las actividades de oficina, en conjunto con la percepción remota que nos ofrece el software llevamos a cabo la toma de decisiones, planificación territorial y obtuvimos información de la cobertura terrestre actual de la ciudad, posteriormente a la recolección de datos en campo se procedió a su análisis digital e incorporación a la base de datos catastral de la oficina de planeación distrital.

De esta manera, analizamos los datos relacionados con predios ubicados en el perímetro de la ciudad y del departamento del magdalena, a través del proceso de análisis digital de las imágenes satelitales, aprovechando la potencialidad de la resolución espectral que poseen aplicando algoritmos matemáticos, permitiendo la obtención de información mediante el uso de las diferentes bandas que se encuentran en diferentes longitudes de onda.

Lista de equipo e insumos para el trabajo de oficina:

- Computadora personal.
- Hojas cartográficas, imágenes aéreas o satelitales de la zona en formato digital.
- Software ARCGIS para edición.
- Software CAD para mapeo.
- Fólderes o carpetas tamaño legal u oficio.
- Consulta de información catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.



DIAGNÓSTICO



DIAGNÓSTICO

GENERALIDADES

El municipio de Zona Bananera cuenta con un área de 47.971 hectáreas, y una población para el 2016 de 60.941 habitantes como se observa en la Tabla 1, donde se muestra información característica del sector conforme a los datos reportados por el DANE¹. Se encuentra estratégicamente ubicado en la zona norte del departamento, en el pie de monte de la Sierra Nevada y el complejo lagunar de la CGSM², atravesado de sur a norte por la Ruta del Sol, y la red férrea a 40 km de Santa Marta y 10 km de la zona portuaria de Ciénaga. Abastecido por una compleja red de ríos y quebradas, lo cual hace que sector tenga una marcada vocación agrícola. (Plan de Desarrollo Municipal Zona Bananera, 2016). El municipio cubre una zona económica de relevancia nacional por su importancia agrícola, en virtud que dentro de este, se encuentra una de las áreas de mayor producción de banano, que ha sido uno de los renglones de exportación tradicionales del país.

Tabla 1. Ficha de Caracterización Municipal

INFORMACIÓN MUNICIPAL	
Departamento	Magdalena
Municipio	Zona Bananera
Código Municipal	47980
Región	Caribe
Subregión	Norte
Entorno de desarrollo	Intermedio
Tipología Municipal	E
Categoría Municipal	6°
Extensión	47971 Has
Porcentaje que representa el Municipio sobre el área departamental	1,9%

¹ Departamento Administrativo Nacional de Estadística

² Ciénaga Grande de Santa Marta



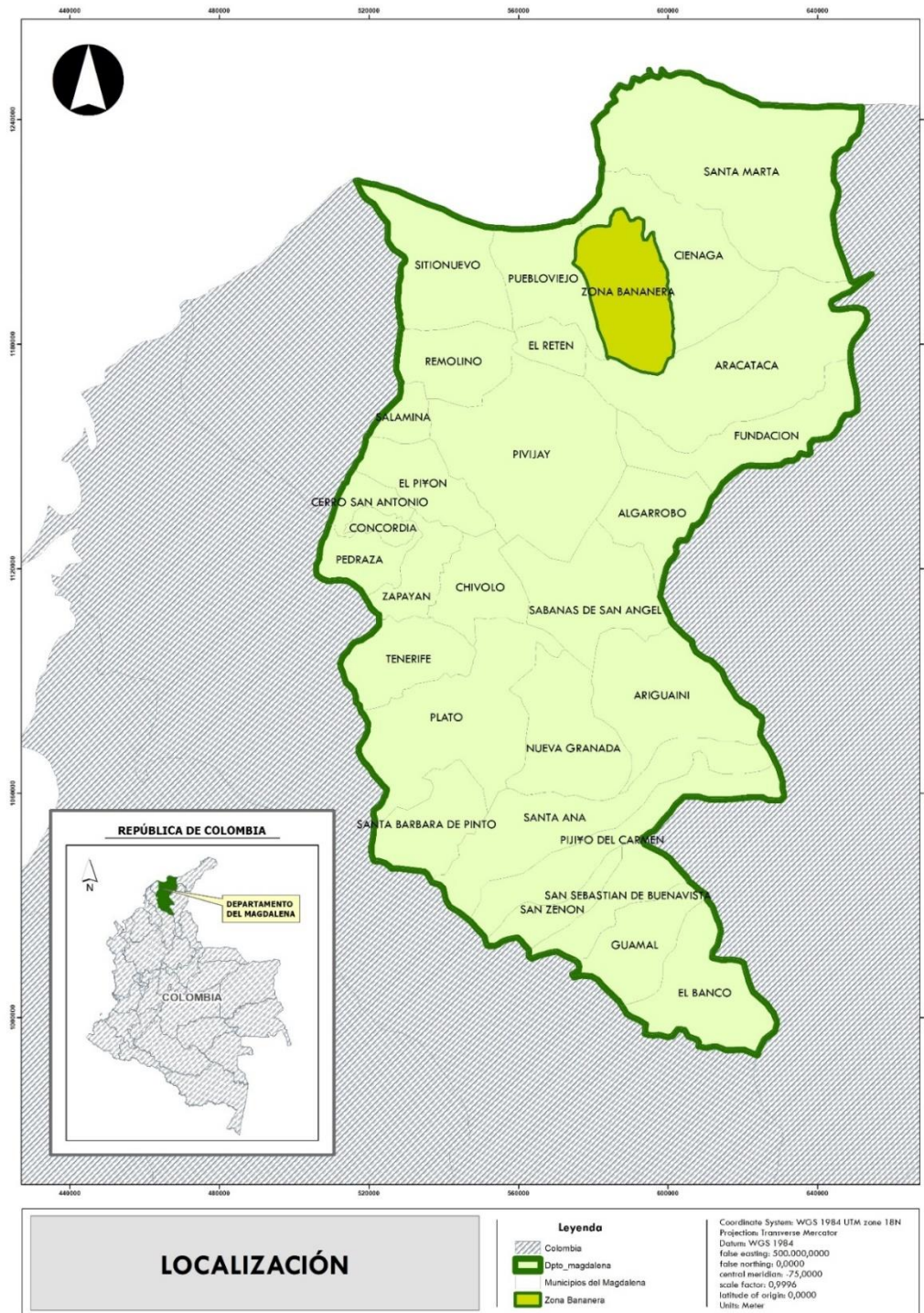
INFORMACIÓN MUNICIPAL

Densidad poblacional (Persona por Km ²)	135,70
Población (Proyección DANE)	60941
Población Cabecera	5004
Población del resto del Municipio	55937
Índice de pobreza Multidimensional	83.3%

Localización

El municipio Zona Bananera se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas 10°45'51" N 74°09'26" O. Tiene una altura de 30 metros sobre el nivel del mar; la distancia a la capital del departamento es de 87 kilómetros. Figura 1

Figura 1. Ubicación del Municipio Zona Bananera



Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía IGAC 2018.



División Político Administrativa

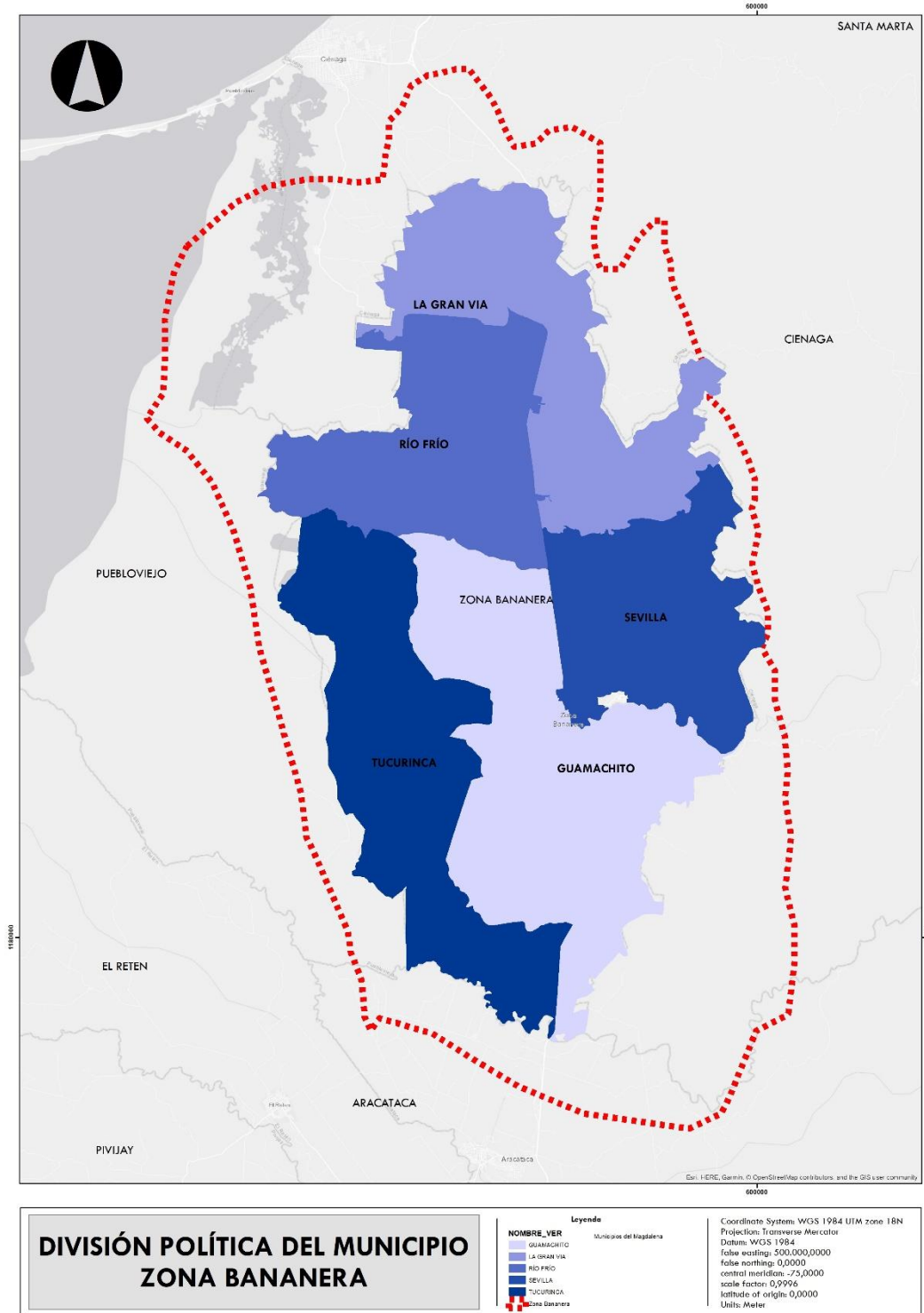
El municipio está conformado por 14 corregimientos y 56 veredas TABLA 2. Los corregimientos son: Sevilla, Río frío, Guamachito, Soplador, Palomar, Varela, La Gran Vía, Santa Rosalía, Orihueca, Guacamayal, Tucurinca, San José de Kenedy, Candelaria y Julio Zawady.

Tabla 2. Corregimiento y veredas del Municipio Zona Bananera

DIVISIÓN POLÍTICA	
Río Frio	Carital, el Mamón, San Martín de Loba, Ceibales, La Olleta, La Josefina, Calabazito, La Concepción y Reposo Aguja.
Orihueca	Iberia
Gran Vía	Cuatro Caminos, Polanco, Los Limones, San Pablo, La Victoria y San Martín.
Santa Rosalía	La Mojana, Tagual, El Oasis, Campo Bretaña, La Tigra, 23 de abril y Mate caña
Palomar	Caño Mocho, La Tal, y Los Ángeles.
Sevilla	Media Tapa, Sacramento, Los Cauchos, La Barca, Estación de Sevilla, Los Cocos y 16 de Julio.
Guacamayal	Santa Rosa, La Bodega, Macondo, La Agustina, La Paulina, Pilota y La Balsa.
Soplador	Ciudad Pérdida, Casa Blanca, Mata Tigre, La Cuarenta, Marne y Montería.
Guamachito,	Patuca, La Campana, Loma Corolá y La Bonga.
Tucurinca	Las Mercedes, Beatriz, Ecuador y Guayaba.
Varela,	San Pablo del Llano y Entrada de Varela.
San José de Kenedy	El Campito
Candelaria	La zuana.
Julio Zawady	

Fuente: Elaboración Propia, Basado en el Plan de Desarrollo Municipal, 2018.

Figura 2. División Administrativa del Municipio Zona Bananera

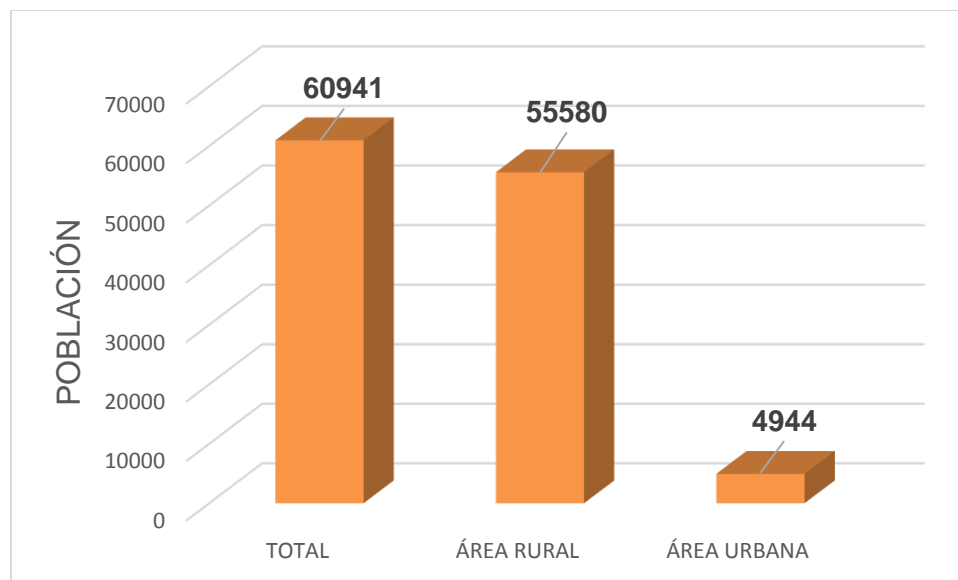


Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía IGAC 2018.

Condiciones Demográficas

De acuerdo a información reportada por el DANE, para el año 2015 el Municipio contaba con una población de 60.941 habitantes, en la Ilustración 1 se muestra la distribución de la población.

Ilustración 1 - Demografía



Fuente: Elaboración Propia, Basado Información del DANE, 2018.

Según las proyecciones del DANE, para 2016 Zona Bananera cuenta con una población de 60.941 habitantes, cifra que difiere en 9.557 menos, que los registrados en el SISBEN en 2015 (70.498), lo que evidencia que la población censal es inferior a la población que realmente ejerce presiones y demandas sociales, afectando significativamente los indicadores, y repercutiendo en las finanzas del municipio por las transferencias y asignación de cupos del Gobierno Nacional para la atención de población vulnerable.



ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA

Nivel de pobreza

Conforme a lo determinado en el Plan de Gestión de Riesgo en el Municipio de Zona Bananera, la línea de pobreza de este municipio se mantiene con tendencia al alza, se incrementó en 0.6 puntos porcentuales, en términos de personas teniendo en cuenta las proyecciones del DANE, el número de pobres en el 2011 era de 29439.16 y en el 2012 pasó a 29511.7368. Tabla 3

Tabla 3. Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

Indicador	AÑO		Puesto a nivel departamental
	2011	2012	
Población con NBI Cabecera	49,19%	49,74%	6
Población con NBI Resto	43,14%	43,79%	6
Población con NBI Total	43,68%	44,22%	6

Fuente: Elaboración Propia, Basado en el Plan de Desarrollo Municipal, 2018.

Actividad económica

El desarrollo agrícola del sector se encuentra focalizado en dos (2) productos a gran escala, el banano y la palma africana, los cuales constituyen el eje de la dinámica regional. Por otro lado, el sector de la agroindustria está dinamizado por el aprovechamiento agroindustrial de la palma, lo que ha promovido el montaje de 5 plantas extractoras de aceites que generan aproximadamente 1.672 empleos. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de empleos generados por cada uno de los ejes económicos del sector.



Tabla 4. Empleos generados según la fuente económica

Fuente: Secretaría de Planeación y Obras Públicas Municipales del Municipio de Zona Bananera

ACTIVIDAD	EMPLEO PROMEDIO	PORCENTAJE
Agricultura	10032	74,88
Ganadería	852	6,38
Industria	1672	12,48
Comercio	724	5,40
Servicios	116	0,86
TOTAL	13396	100,00

Fuente: Elaboración Propia, Basado en el Plan de Desarrollo Municipal, 2018.

Agricultura

El Municipio es el principal productor con destino a la exportación, de 47.971 hectáreas, el 76.3% tiene vocación agrícola, y el 22.4% pecuaria. No obstante, el 35.5% registra conflictos, y el 15,13 % está sobre utilizada; el uso intensivo de la capacidad de la base natural, ha generado riesgos económicos y sociales. El 20,13% esta subutilizada, el uso protector forestal es incipiente en las cuencas y parte alta de las fuentes hídricas (Plan de Desarrollo Municipal Zona Bananera, 2016) Es el sector más importante de la economía del Municipio, siendo éste actor principal en la generación de empleo, en el que representa un 75% seguido por el empleo industrial que representa el 12% del empleo total. Los cultivos que se destacan son los de banano y palma africana que ocupan el 52% y 41% del área cultivada, respectivamente.

En lo que respecta al cultivo de banano, se considera como intensivo en mano de obra y generador de divisas. Para el periodo 2002 – 2008, el empleo directo generado por la actividad bananera a nivel nacional se incrementó 5,4%, al pasar de 35 mil a 37 mil empleos. Por otra parte en los cultivos de palma la generación de empleo se incrementó en el 93% en el mismo lapso: en el 2002 el empleo se situó en 30 mil plazas, mientras en 2008 llego a 50 mil.



Ganadería

Aproximadamente en unas 18.000 has de pasto dan soporte a aproximadamente 22.178 cabezas de ganado, predominando en este el ganado Cebú, Pardo, Cebú-Pardo, Cebú-Holstein. El sector lechero está compuesto por unas 8.871 cabezas. El área con mayor explotación ganadera es la franja lacustre, al occidente del Municipio, las cuales son tierras de menos calidad y con poca influencia de los distritos de riego.

Industria

En el Municipio se encuentran 5 extractoras de aceites, en las cuales se hace el primer proceso industrial para direccionarlos a ciudades como Ciénaga o Barranquilla para su refinado y embotellado.

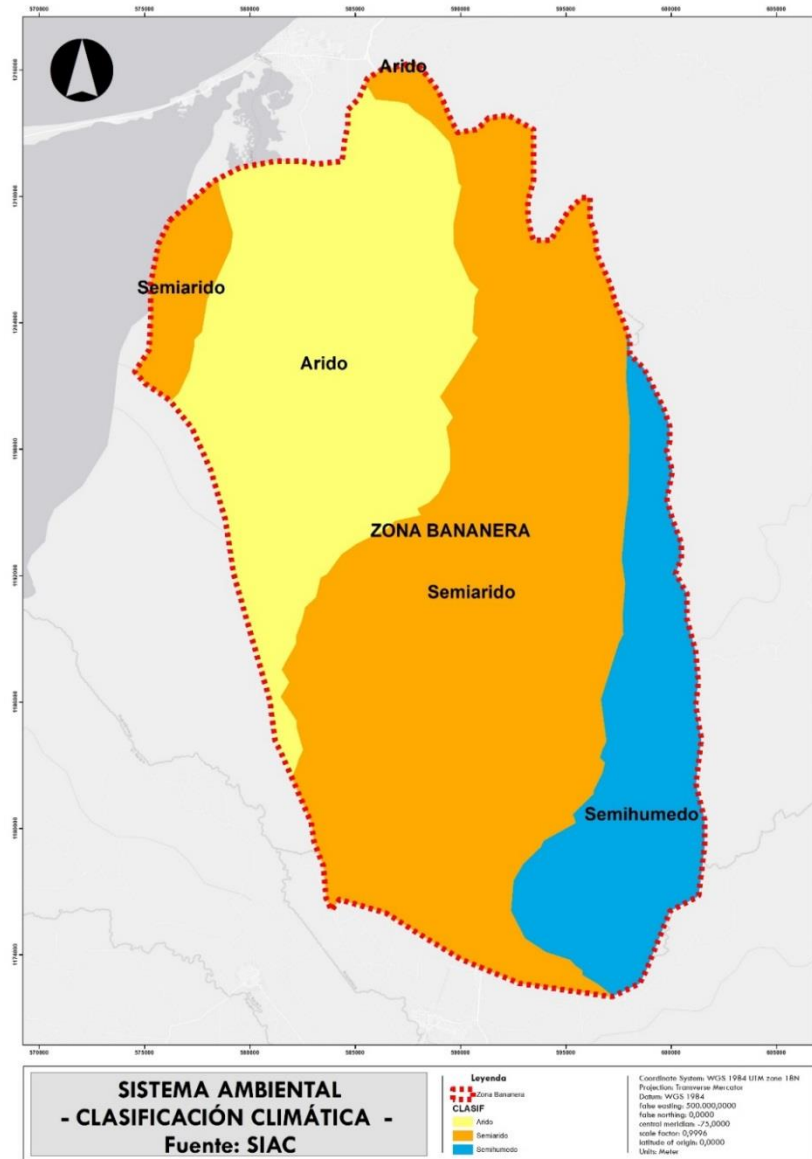
SISTEMA AMBIENTAL

Clima

El clima del municipio presenta ciertas características ambientales predominantes que lo hacen estructuralmente individual, según el IDEAM la temperatura promedio máxima del Municipio de Zona Bananera es de 28 °C; la cual se mantiene casi constante durante todo en todo el año. (Londoño Ardila, 2016). En la Zona, se presentan dos temporadas de lluvias, la primera entre Abril y Mayo, la segunda entre los meses de Septiembre y Noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de Junio y Agosto; y por último una temporada seca entre los meses de Diciembre a Marzo. Este tipo de lluvias es característico de las zonas tropicales y se manifiestan por medio de cúmulo-nimbus de desarrollo vertical, presentándose grandes precipitaciones de corta duración. En el municipio Zona Bananera la precipitación promedio anual está entre 900 y 1500 mmaño-1 (Londoño Ardila, 2016). En la Figura 3 se muestra la clasificación

climática según la información obtenida en el SIAC³ La radiación solar promedio anual en el municipio Zona Bananera es de 2.394,7 horas de sol; lo que da un equivalente mensual de 199,6 horas. El promedio de Brillo Solar diario es de 7 horas.día-1.

Figura 3 Clasificación Climática



Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía SIAC 2018.

³ Sistema de Información Ambiental de Colombia



Cobertura

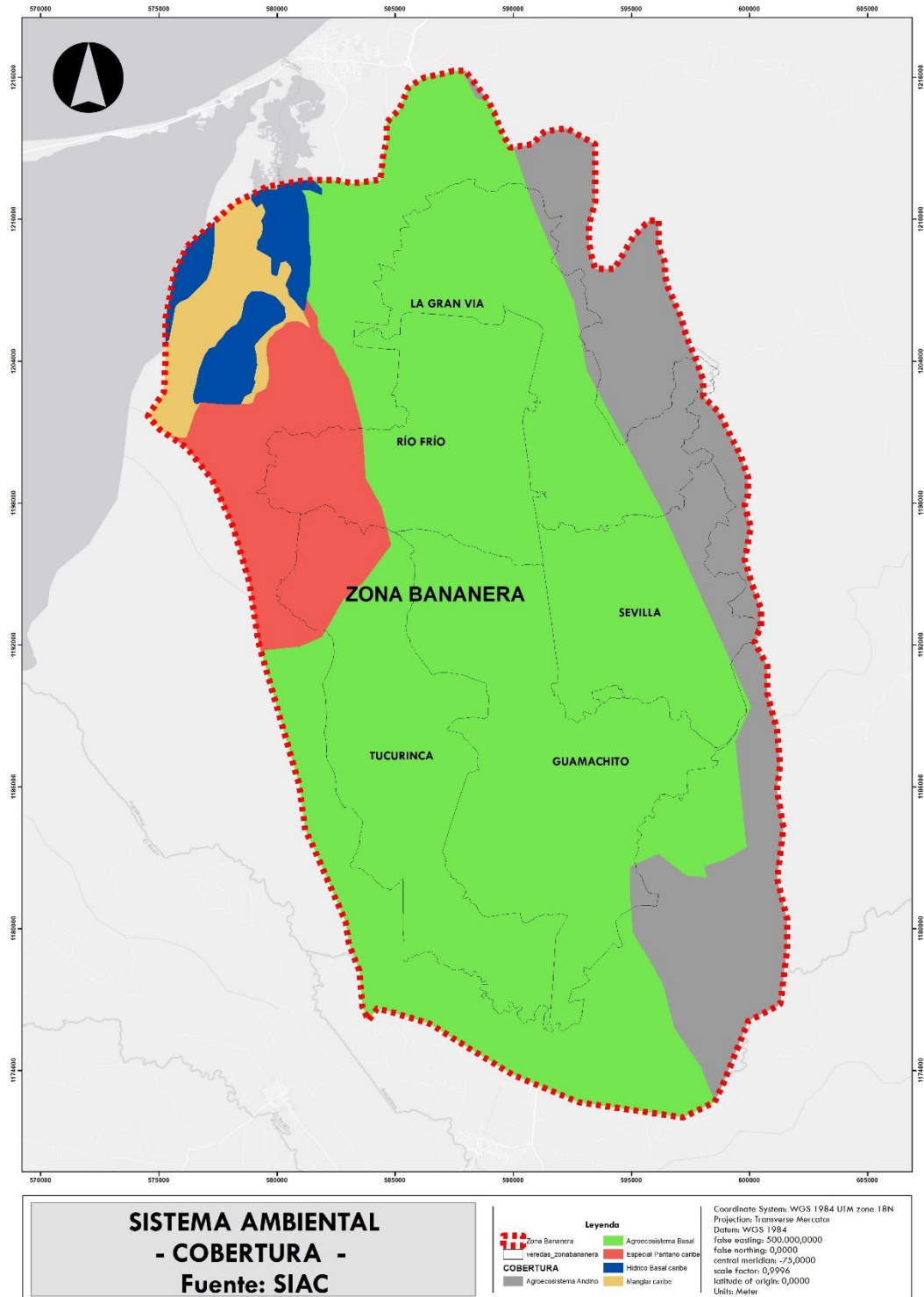
Los tipos de vegetación natural predominante de acuerdo con los diferentes sectores que conforman la división político-administrativa del departamento y dentro del sistema de Holdridge, se clasifican en:

- Bosque seco tropical (bs-T): Presenta como características climáticas y orográficas alturas que oscilan de 0 a 1.100 msnm aproximadamente; precipitación promedio anual entre 1.000 y 2.100 mm y una temperatura superior a 24 °C
- Bosque muy seco tropical (bms-T): Como límites climáticos presenta una temperatura superior a 24°C y promedios de lluvia que oscilan entre 500 a 1.000 mm anuales. Se encuentra en los Planos Inundables y en el borde Nor-Occidental del territorio, en límites con el municipio de Ciénaga.

Presenta dos épocas definidas: un período seco que se inicia en diciembre y termina en abril y otro período lluvioso que va de mayo a noviembre con un pequeño veranillo en el mes de julio.

En cuanto a bosques no existe nativo, debido a la ampliación del área agropecuaria; solamente quedan árboles dispersos de Trébol, Ceiba, Roble, Bonga, Camajará, Uvito, etc; y una gran vegetación arbustiva en la margen izquierda de la Troncal Oriente, en la zona quebrada del municipio. La expansión del cultivo de la palma aceitera en la actualidad en el Municipio de la zona Bananera, obedece a los lineamientos de la política energética para la producción de biodiesel (Plan de Desarrollo Municipal Zona Bananera, 2016).

Figura 4. Cobertura del municipio Zona Bananera



Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía SIAC 2018.



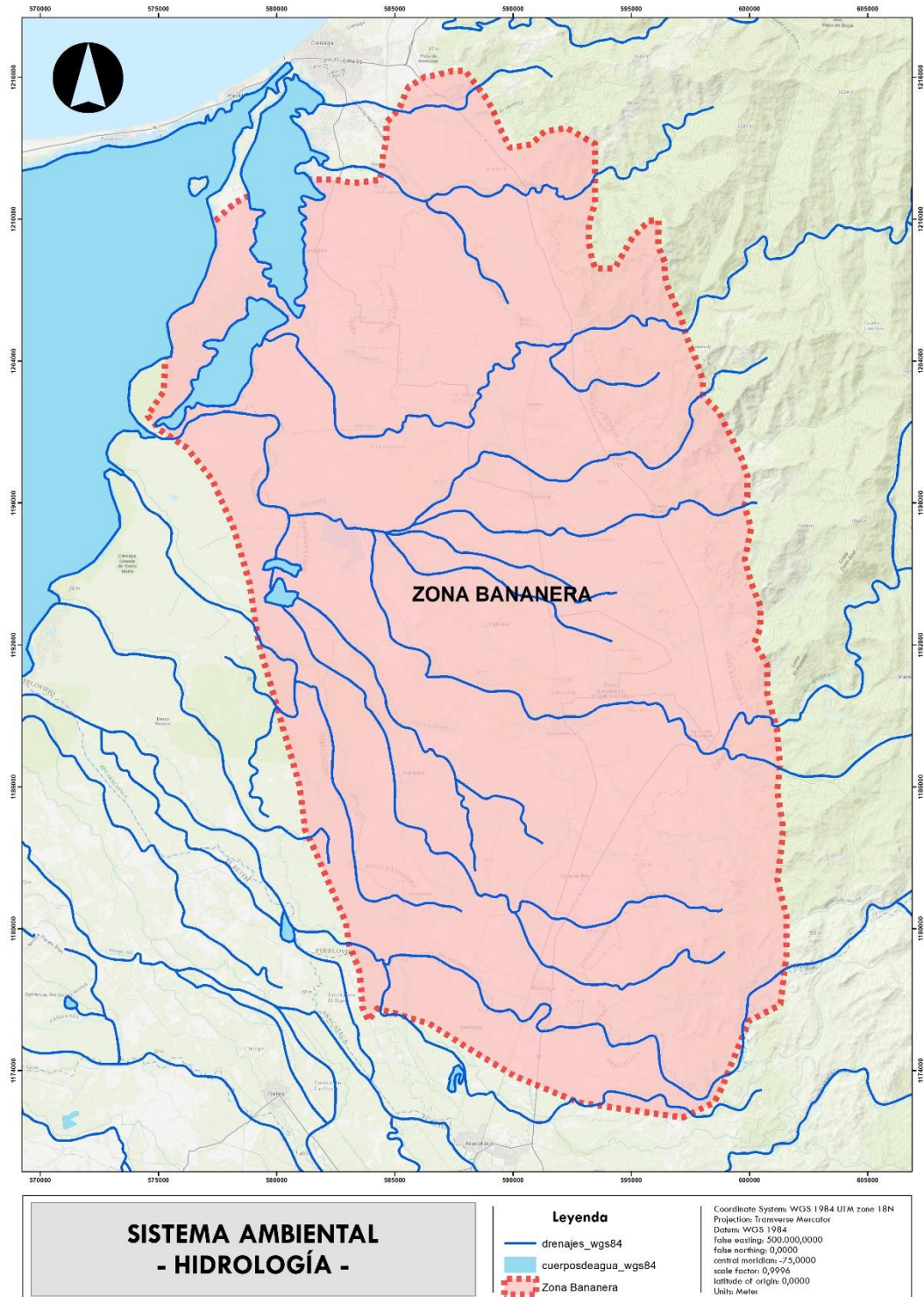
Hidrología

La hidrología de la Zona Bananera se compone por tres ríos principales que nacen y hacen su recorrido por la ladera sur-occidental del sistema de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 5) perteneciendo a las cuencas medias y bajas: Río frío, Sevilla y Tucurinca que hacen parte de la vertiente hidrográfica II del departamento del Magdalena, denominada vertiente de la Ciénaga Grande de Santa Marta o vertiente occidental, pues es allí donde finalmente tributan sus aguas.

El municipio tiene un elevado número de microcuencas que permanecen secas en su mayoría, contrario a las cuencas principales que tienen agua todo el año, debido a que sólo se recargan en época invernal. Dentro de estas microcuencas cabe resaltar las quebradas: el Guaimaro, la Tal, Orihueca, La Tigra, de Boyo, Honda y Luis; así como los canales: Paulina, La fe, Santa marta; y los caños: Mocho, Roncador y Hediondo, los cuales se asocian a los fenómenos de inundaciones que se han presentado en el municipio de Zona Bananera en temporada invernal. (Alcaldía de Zona Bananera , 2012).

La Vertiente cuenta con tres cuencas (ríos Tucurinca, Sevilla y Friofrío) que mantienen agua durante todo el año; a pesar que el número de microcuencas afluentes es bastante alto, la mayoría sólo tienen recursos hídricos en épocas de invierno. Sin embargo, la zona plana baja tiene un alto volumen de agua subterránea, debido a que el nivel freático está cerca de la superficie del suelo; esto influenciado por la relativa cercanía a la Ciénaga Grande. La extracción de ésta agua ha permitido el avance de la cuña salina con graves efectos para la agricultura. En la Tabla 5 se identifican cada una de las cuencas del sector. (Secretaria de Planeación, 2001).

Figura 5. Sistema hidrológico del municipio de Zona Bananera



Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía SIAC 2018.



Tabla 5. Cuencas del municipio de Zona Bananera

Río	CAUDAL (M ³ /S)		PRINCIPAL	PRINCIPALES	ESTADO
	MAX.	MIN.	UTILIZACIÓN	AFLUENTES	ACTUAL
Tucurínca	160,0	2,61	Riego	Q. Tresvuelgas Q. Camargo Q. Las Cruces	Parte media y alta intervenida, erosionada con alta sedimentación. Su caudal ha disminuido progresivamente. Uso: Ganadería excesiva
Sevilla	412,9	1,64	Riego	Q. Tresvuelgas Q. Mamatoco Q. Las Cruces	Presenta deforestación en un 70% en su cabecera, partes media y baja Por si cauce arrastran grandes cantidades de sedimentos, lo cual indica alta erosión. Uso: predominio de la ganadería extensiva acompañado de algunos cultivos de café
Río frío	551,0	1,48	Riego	Río Sevilla Q. Orihueca Q. Guaimaro	

Suelo

Conforme a lo estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, en este se encuentran siete (7) clases agrológicas de suelos, los cuales se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Clases agrícolas encontrados en el sector

CLASE	CARACTERÍSTICAS
I	se caracterizan por ser profundos; presentan una pendiente muy suave o son planos, por lo general la pendiente se encuentra entre 0.0 a 0.2%; los problemas de erosión, son casi nulos o son muy insignificantes, lo cual no amerita un manejo especial para controlarlos; la textura por lo general mediana;



CLASE	CARACTERÍSTICAS
II	<p>la capacidad de retención de humedad es buena, el grado de fertilidad o tenor de nutrientes es alto; son suelos fáciles de trabajar con maquinaria agrícola, especialmente por su pendiente y textura; el drenaje natural es muy bueno y no están sujetos a inundaciones durante el año.</p> <p>De los suelos Clase I existen 22.383.3 Has, en dos grandes áreas distribuidas así: una gran área ubicada al norte del río Sevilla cubriendo los corregimientos de Sevilla, Orihueca, Varela y Río Frío; la otra área cubre gran parte del sur del municipio incluyendo los corregimientos Guacamayal, Soplador y Tucurinca.</p> <p>Los suelos que forman la clase II, se caracterizan por presentar limitaciones moderadas y requieren moderadas pero fáciles prácticas de conservación para prevenir la degradación de los mismos, o con el objeto de mejorar la relación agua aire, cuando ya se encuentran bajo cultivo.</p> <p>Estos suelos de la clase II, con 776.67 Has, comprenden seis áreas pequeñas, distribuidas en el municipio de la siguiente manera: área en límites con la quebrada La Aguja; otra rodea por el oeste, sur y este el corregimiento La Gran Vía; dos al</p>



CLASE	CARACTERÍSTICAS
III	<p>oeste y sur de Guamachito y la última al oeste de Tucurínca.</p> <p>Estos suelos son aptos para la agricultura y la ganadería.</p> <p>Los suelos clasificados en la Clase III, se caracteriza por presentar limitaciones severas, que lo hacen mucho más problemático que los de Clase II por lo que se reduce la posibilidad de cultivarlos con una amplia variedad de plantas. La necesidad de conservaciones especiales son más difíciles de aplicar y mantener que las usadas en la Clase II. Además las épocas de siembra y de cosecha se ven restringidas.</p> <p>De los suelos Clase III hay 6.656.74 Has conformadas por 22 áreas medianas y pequeñas, dispersas a lo largo y ancho del municipio de la siguiente forma: cinco son atravesadas por la Troncal de Oriente, cubriendo los corregimientos de Guamachito y Santa Rosalía; tres al noroeste del municipio; dos al norte y sur de Río Frío; tres en el centro del municipio; siete ubicadas al noroeste, sur y sureste del corregimiento Soplador y las tres últimas al sur del municipio.</p>
IV	<p>Los suelos de la clase IV, presentan muy severas limitaciones. La instalación de cultivos es restringida; son los suelos que requieren de laboreo muy cuidadoso y prácticas culturales y de conservación de suelos. Las limitaciones se</p>



CLASE	CARACTERÍSTICAS
V	<p>han realizado con base en la instalación de cultivos limpios y anuales. Esta clase IV es considerada de transición entre las tierras adecuadas para cultivos limpios y las apropiadas para vegetación permanente.</p> <p>Los suelos IV constan de 5.327.10 Has; con 28 medianas y pequeñas áreas dispersas, por todo el municipio, de la siguiente manera: tres al norte, próximas a la quebrada La Aguja; dos al oeste y sur de Varela; una al noreste del municipio en límites con el Río Frío; tres al noroeste y oeste de Palomar; una al suroeste de Santa Rosalía; tres al norte, sur y oeste de Guacamayal; cuatro al este, sur y oeste de Soplador; ocho al noroeste, oeste y suroeste de Guamachito y las tres últimas al norte y oeste de Tucurinca.</p> <p>Los suelos clasificados en clase V, se caracterizan por presentar un uso limitado, porque solo pueden usarse en practicultura o silvicultura. Son suelos que pueden tener una excesiva humedad o pedregocidad o cualquier otro factor que lo limita a hacer uso en explotación agrícola normal. En esta clase los suelos se incluyen las ciénagas o áreas cenagosas difíciles de drenar, pero que producen buenos pastizales.</p>



CLASE	CARACTERÍSTICAS
VI:	<p>Estos suelos clase V tienen un total de 2.810.18 Has, con una sola área al oeste del municipio en límites con el municipio de pueblo Viejo, donde confluyen los ríos Sevilla y Frío.</p> <p>Los suelos que constituyen clase VI, se caracterizan por presentar moderadas limitaciones al uso agrícola y solo puede ser usados en practicultura y silvicultura.</p> <p>Estos suelos con 6.000.83 Has, comprenden 25 pequeñas y medianas áreas ubicadas de la siguiente forma: cuatro límites con la quebrada La Aguja; dos al noroeste del municipio limitando con Ciénaga; una al sur de Río Frío; cinco al noreste, este, suroeste y oeste de Varela; una al este de la Gran Vía; tres al noroeste, oeste y sur de Orihueca; dos al norte y este de Santa Rosalía; una sobre la cual está Palomar; una al oeste de Guacamayal; una al norte de Soplador y las últimas cuatro al norte , sur y oeste de Guamachito.</p>
VII	<p>Los suelos que han quedado incluidos en la clase VII, se caracterizan por ser impropios para cultivos limpios o la agricultura tecnificada y queda restringidos a la explotación de practicultura y silvicultura, esto sí, con grandes limitaciones.</p>



CLASE

CARACTERÍSTICAS

De los suelos VII hay un total de 4.048.81 Has, distribuidas en áreas como sigue: nueve están a las márgenes izquierda y derecha de la Troncal de oriente; una al noroeste de palomar; ocho al oeste del municipio, donde confluyen los ríos Sevilla y Frío y las tres últimas al noroeste y sur de Soplador.

Cobertura del suelo

En la siguiente Tabla se muestra el área de las categorías de coberturas del suelo del municipio conforme a lo propuesto en el Proyecto de Sistema de Información Geográfica Municipal 2013 liderado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Sostenible.

Tabla 7. Distribución de la cobertura del suelo para el Municipio de Zona Bananera

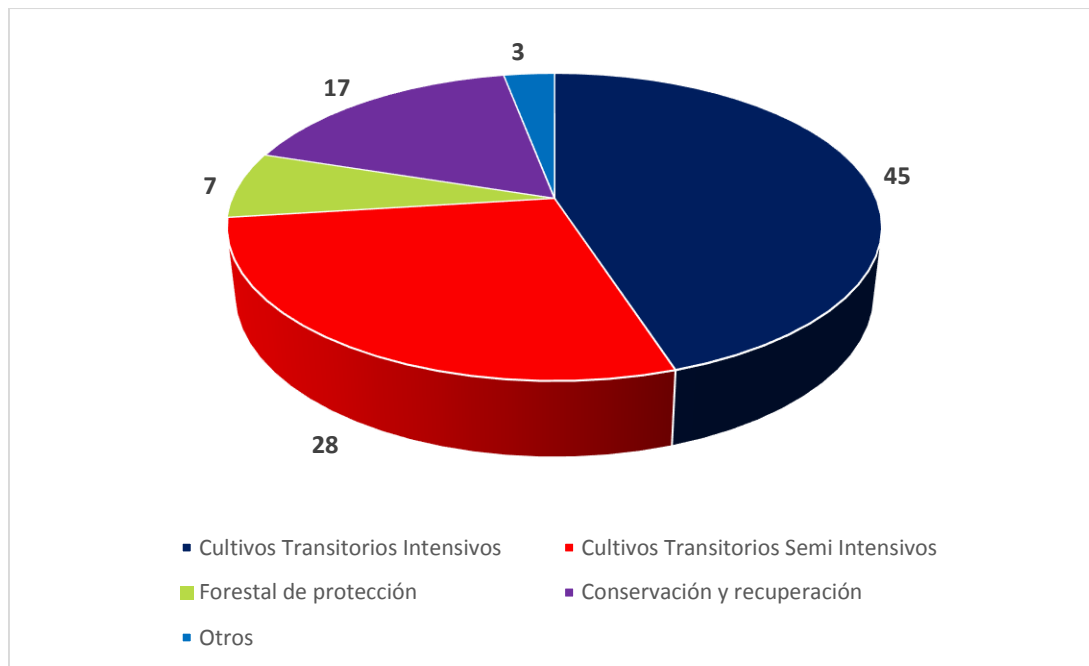
DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	%
Tejido urbano continuo	445,61	1,00
Cultivos permanentes herbáceos	11.511,14	25,80
Cultivos permanentes arbustivos	46,72	0,10
Cultivos permanentes arbóreos	11.275,73	25,28
Pastos limpios	5.614,64	12,59
Pastos arbolados	2.300,70	25,28
Pastos enmalezados	2.630,32	5,90
Mosaico de cultivos	103,20	0,23
Mosaico de pastos y cultivos	1.008,40	2,26
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.945,06	4,36
Mosaico de pastos y espacios naturales	1.847,63	4,14
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	5.300,49	11,88
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	171,98	0,39
Áreas húmedas continentales	25,52	0,06

Ríos	31,77	0,07
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	351,92	0,79
Total	44.610,83	100

Vocación del suelo

El municipio, dada sus características climáticas y topográficas es un sector con vocación agrícola (73%), destacándose los cultivos transitorios intensivos (45%). El 24% del territorio se enmarca en zonas con vocación para la conservación y recuperación, también para la protección forestal, ubicada al oeste y este del Municipio (Figura 6). (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2013).

Figura 6. Distribución del área en porcentaje de la vocación de uso del suelo



Fuente: Elaboración Propia, Basado en el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018.

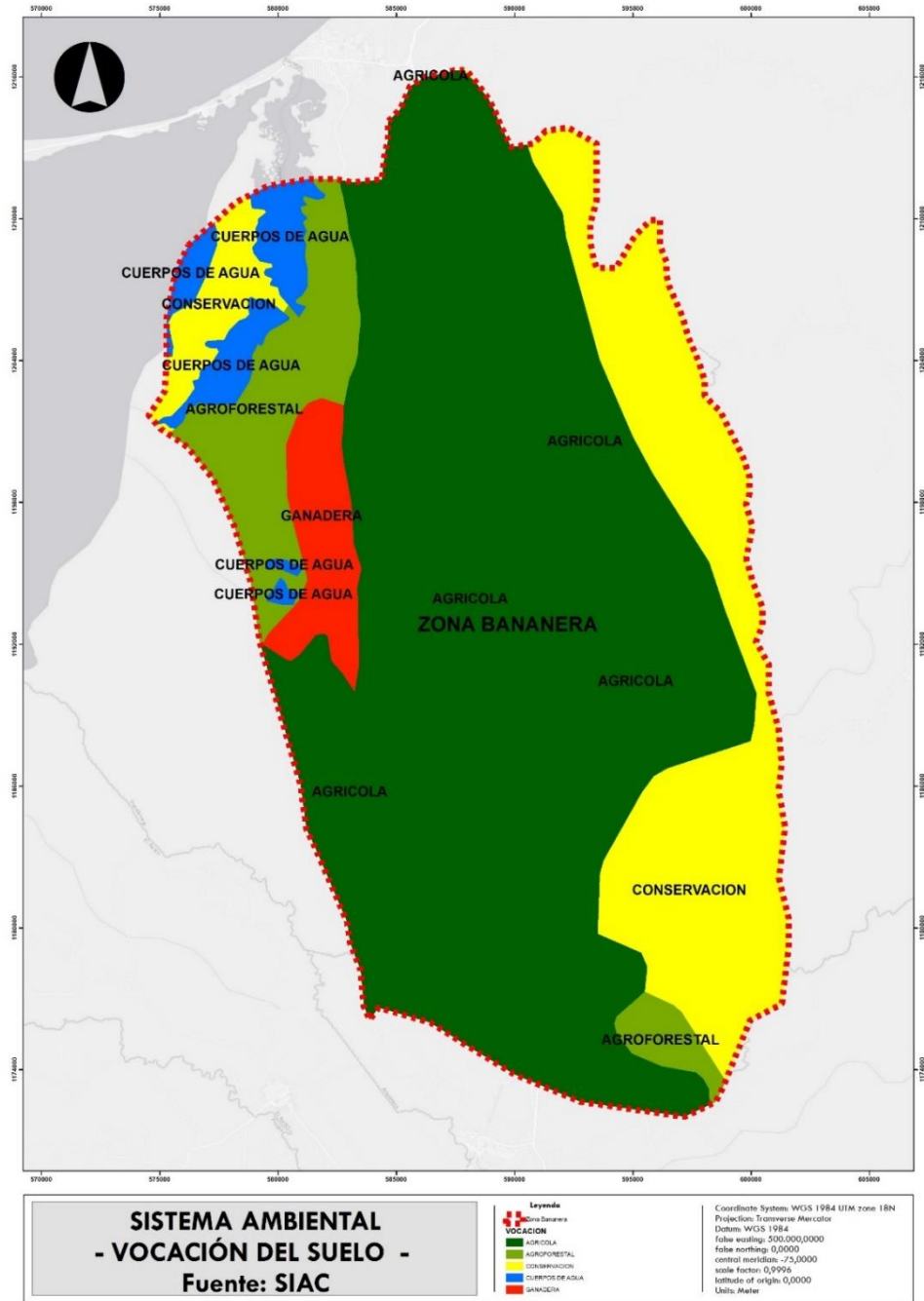


Figura 7. Vocación del Suelo

Fuente: Elaboración Propia, Basado en Cartografía SIAC 2018.



FORMULACIÓN

METODOLOGÍA

El presente flujo de trabajo representa la secuencia lógica de los procesos a los que fueron sometidas las imágenes satelitales LANDSAT-5 y LANDSAT-8, las cuales identifican las zonas de estudio aplicando procedimientos de clasificación supervisada mediante los programas ArcGIS 10.3.0 y ERDAS IMAGINE 2015, verificando que cada imagen cumpla con los mínimos requisitos que permitan el procesamiento de las mismas con el fin de mejorar los resultados y no alterar los productos finales del análisis multitemporal.

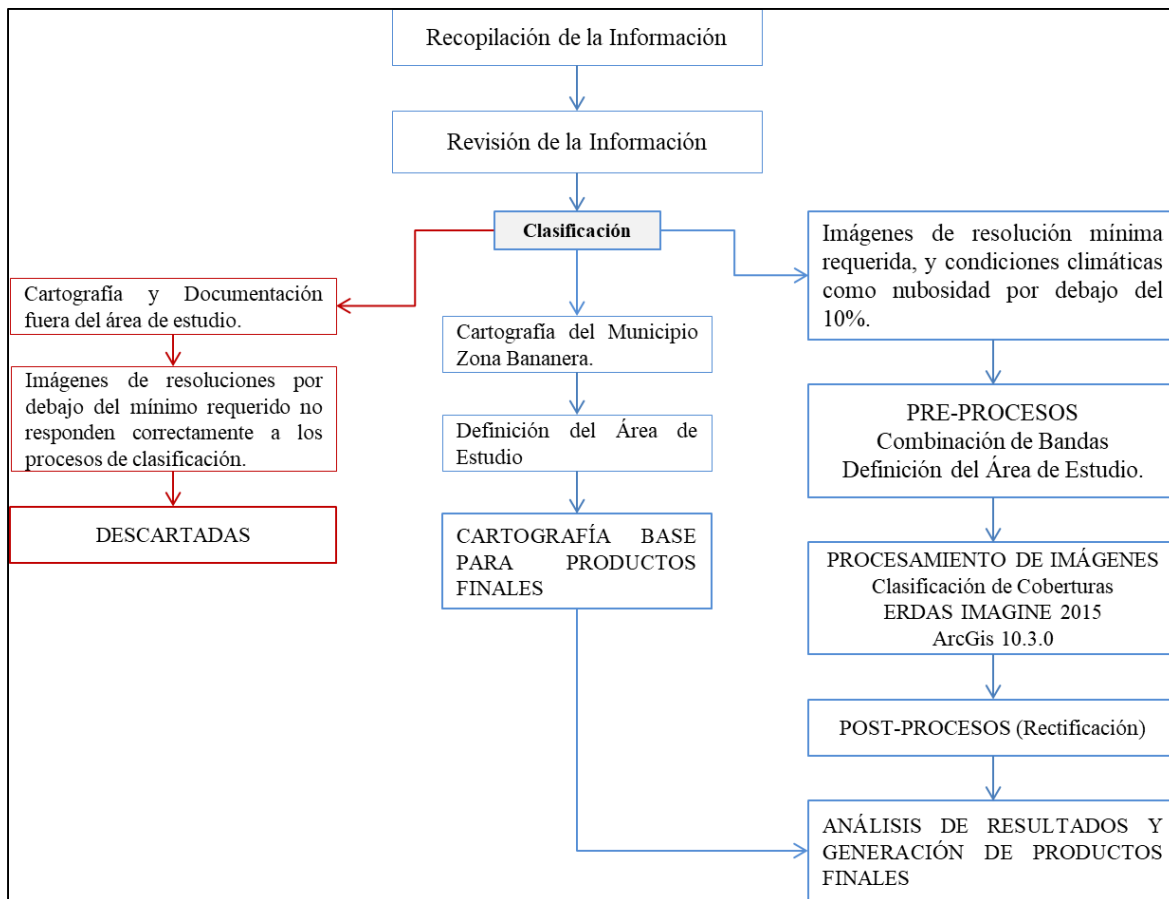


Figura 8. Diagrama de trabajo

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



ETAPAS DE DESARROLLO

ETAPA 1: Recopilación de la Información

En esta etapa se realizó la revisión de la información secundaria, la identificación de cartografía e imágenes satelitales.

Revisión de la Información

En este apartado se revisó toda la información existente del área de estudio, ya sea de tipo documental y cartográfica, de forma digital o análoga, obteniendo así las aproximaciones del tema a trabajar. En cuanto a la adquisición de las imágenes satelitales y/o de radar se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos principales.

1. La fecha de toma de la imagen.
2. La resolución espectral de la imagen.
3. Porcentaje de nubosidad mínima.

Como resultado de esta revisión se obtuvieron (4) imágenes satelitales correspondientes a los años 1997, 2007, 2013 y 2018, con características similares con altas posibilidades de arrojar resultados interesantes que podrían entregar la huella hídrica del territorio. Así bien, a continuación se describen las condiciones técnicas de los satélites, imágenes y toda la cartografía base revisada de fuente IDEAM⁴ e IGAC⁵.

⁴ El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia.

⁵ El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia.



Especificaciones Técnicas Satélite LANDSAT-5

Este satélite tiene dos sensores: Escáner Multi-Espectral (MSS) y Mapeo Telemático (TM). El MSS tiene una Distancia Terráquea de Muestreo (GSD) de 60m y el TM tiene una GSD de 30m, ambas con un tiempo de revisita de 16 días (geocento.es, geocento, 2018).

Tabla 8. Especificaciones técnicas - Satélite LANDSAT 5

Parámetros	LANDSAT-5		
Altitud de Órbita	705km		
Bandas Espectrales	Bandas	Longitud de Onda (nm)	GSD (m)
	MSS		
	4 – VERDE	500 - 600	57x79
	5 – ROJO	600 – 700	57x79
	6 – NEAR INFRARED	700 – 800	57x79
	7 – INFRAROJOS	800 - 1100	57x79
	TM		
	1- AZUL	450 - 520	30
	2 – VERDE	520 - 600	30
	3 – ROJO	630 - 690	30
	4- INFRAROJOS	760 - 900	30
	5- INFRAROJOS	1550 - 1750	30
	6 – INFRAROJOS TÉRMICOS	10400 - 12500	120
7 – MID-INFRAROJOS	2080 - 1350	30	
Ancho Pasada	185km		
Distancia de Muestreo (GSD)	30-120		
Lanzamiento/Expectativa de vida	1984 – 2013		
Tiempo Revisita	16 días		

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)



Especificaciones Técnicas Satélite LANDSAT-8

Este satélite contiene dos sensores: El sensor operacional de imágenes de tierra (OLI) y un sensor de Infrarrojos Térmico (TIRS).

OLI está formado por 9 bandas espectrales que van desde lo visible pasando por los infrarrojos hasta el espectro de radiación de bajas ondas. Con las imágenes de resolución espaciales, que oscilan entre los 15 y los 30m. TIRS está compuesto por dos bandas espectrales, las cuales detectan infrarrojos térmicos, una herramienta imprescindible para medir la temperatura de la superficie de la Tierra (geocento.es, 2018).

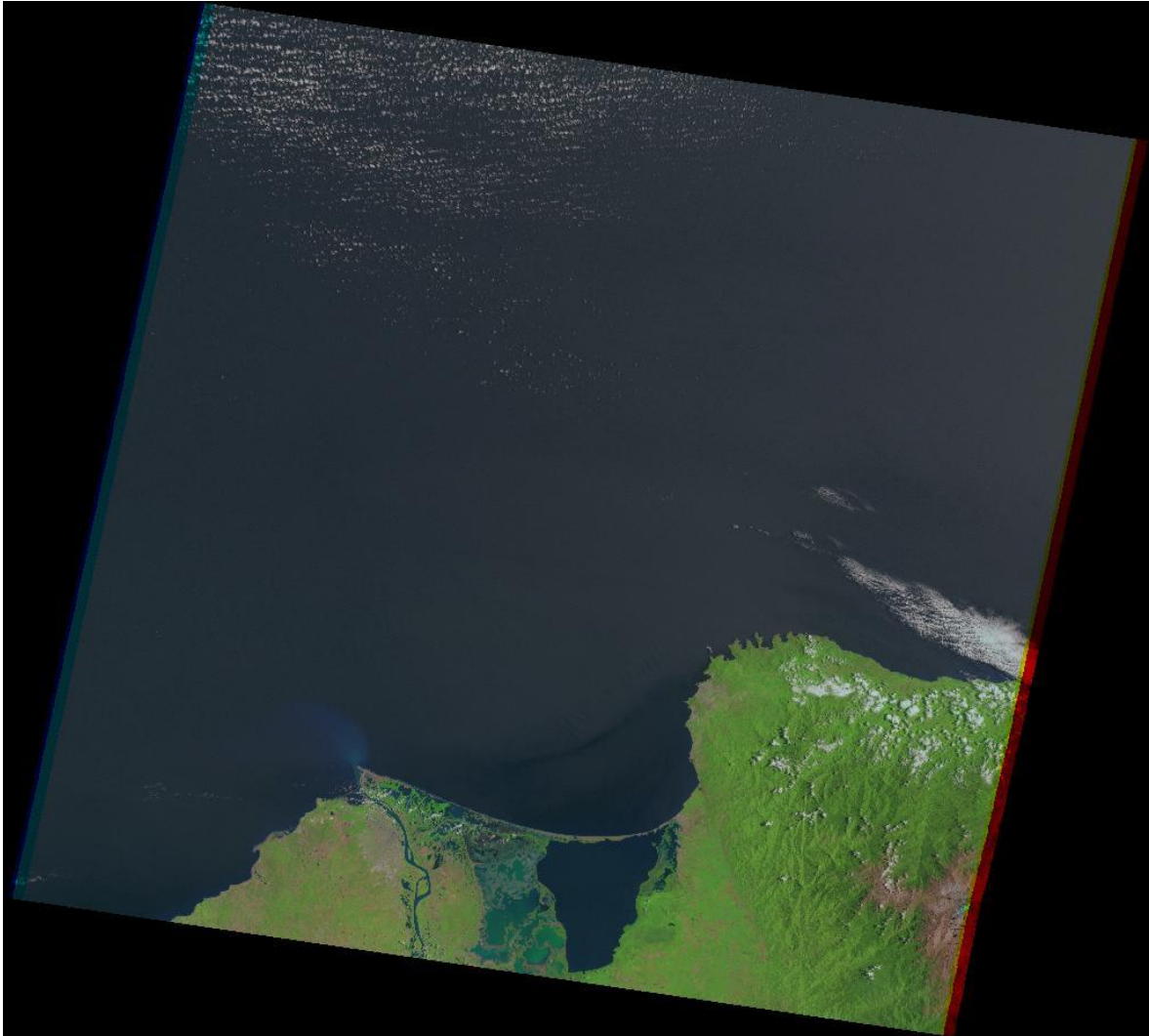
Tabla 9. Especificaciones técnicas - Satélite Landsat 8

Parámetros	LANDSAT-8																																				
Altitud de Órbita	705km																																				
Bandas Espectrales	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bandas</th> <th>Longitud de Onda (nm)</th> <th>GSD (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - COASTAL AEROSOL</td> <td>300</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2 - AZUL</td> <td>450 - 510</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3 - VERDE</td> <td>530 - 590</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4 - ROJO</td> <td>640 - 670</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>5- INFRAROJOS</td> <td>850 - 880</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>6 - SWIR 1</td> <td>1570 - 1650</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>7 - SWIR 2</td> <td>2110 - 2290</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>8- PANCROMÁTICA</td> <td>500 - 680</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>9- CIRRUS</td> <td>1360 - 1380</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>10- INFRAROJOS TÉRMICOS 1</td> <td>10600 - 11190</td> <td>100 (*30)</td> </tr> <tr> <td>11- INFRAROJOS TÉRMICOS 2</td> <td>11500 - 12510</td> <td>100 (*30)</td> </tr> </tbody> </table>	Bandas	Longitud de Onda (nm)	GSD (m)	1 - COASTAL AEROSOL	300	30	2 - AZUL	450 - 510	30	3 - VERDE	530 - 590	30	4 - ROJO	640 - 670	30	5- INFRAROJOS	850 - 880	30	6 - SWIR 1	1570 - 1650	30	7 - SWIR 2	2110 - 2290	30	8- PANCROMÁTICA	500 - 680	15	9- CIRRUS	1360 - 1380	30	10- INFRAROJOS TÉRMICOS 1	10600 - 11190	100 (*30)	11- INFRAROJOS TÉRMICOS 2	11500 - 12510	100 (*30)
	Bandas	Longitud de Onda (nm)	GSD (m)																																		
	1 - COASTAL AEROSOL	300	30																																		
	2 - AZUL	450 - 510	30																																		
	3 - VERDE	530 - 590	30																																		
	4 - ROJO	640 - 670	30																																		
	5- INFRAROJOS	850 - 880	30																																		
	6 - SWIR 1	1570 - 1650	30																																		
	7 - SWIR 2	2110 - 2290	30																																		
	8- PANCROMÁTICA	500 - 680	15																																		
	9- CIRRUS	1360 - 1380	30																																		
	10- INFRAROJOS TÉRMICOS 1	10600 - 11190	100 (*30)																																		
11- INFRAROJOS TÉRMICOS 2	11500 - 12510	100 (*30)																																			
* Las bandas TIRS se obtienen a resoluciones de 60m pero son remuestados a 30m para información del producto final																																					
Ancho Pasada	185km																																				
Distancia de Muestreo (GSD)	15-30km																																				
Lanzamiento/Expectativa de vida	2013-2018 (tiene suministros hasta 2023)																																				
Tiempo Revisita	16 días																																				

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997

Figura 9 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997



Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Tabla 10. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 1997

ATRIBUTO	VALOR
Landsat Product Identifier	LT05_L1TP_009052_19970821_20161230_01_T1
Landsat Scene Identifier	LT50090521997233XXX02
Acquisition Date	21/08/1997
Spacecraft Identifier	LANDSAT_5
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	9
WRS Row	52
Date L-1 Generated	30/12/2016



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado

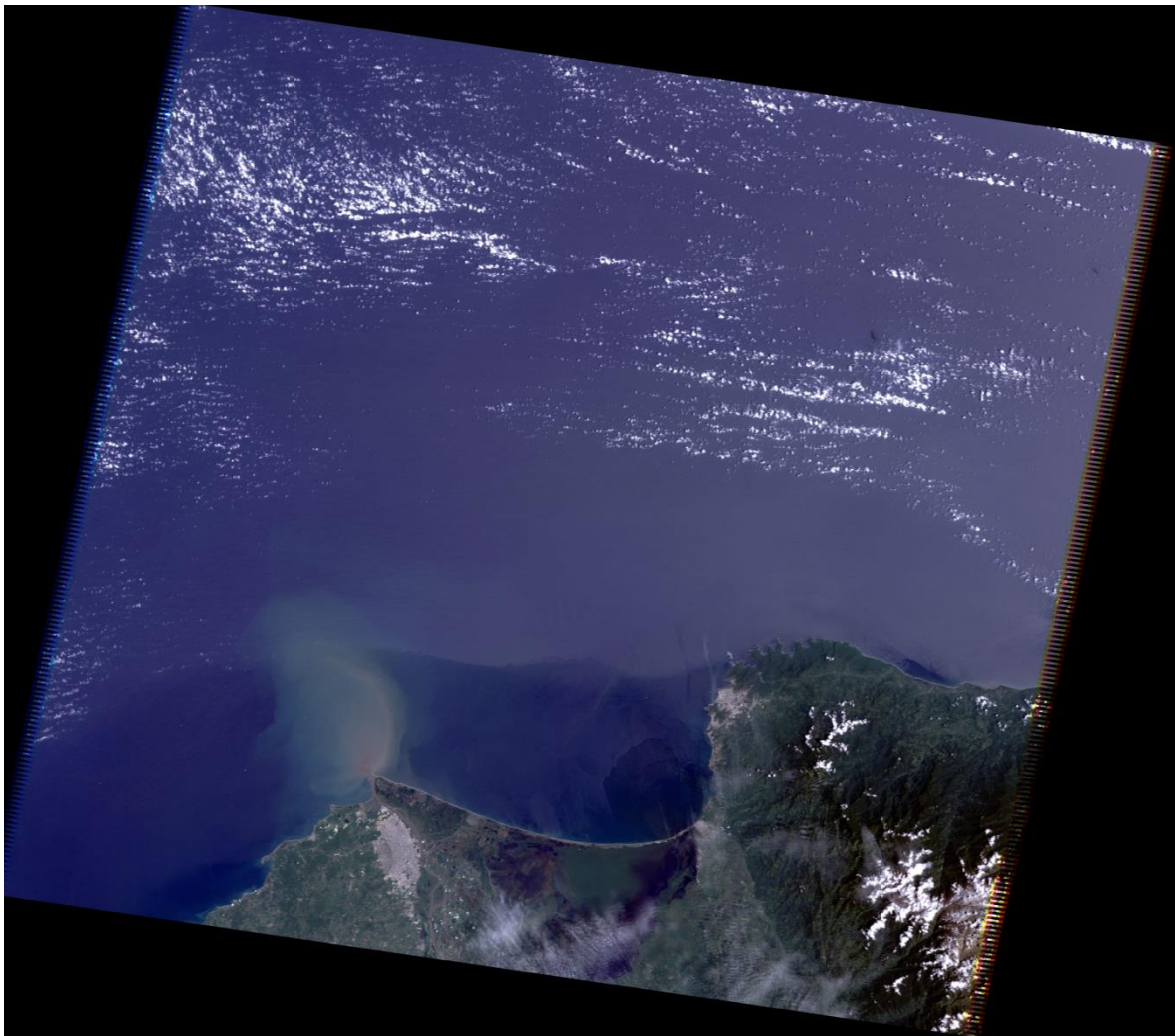


ATRIBUTO	VALOR
Start Time	1997:233:14:48:23.8136900
Stop Time	1997:233:14:48:50.8555600
Day/Night Indicator	DAY
Land Cloud Cover	5
Scene Cloud Cover	2
Ground Control Points Model	94
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	5.467
Geometric RMSE Model X	4.251
Geometric RMSE Model Y	3.437
Sensor Anomalies	N
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.2
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	5.765.885.743
Sun Azimuth L-1	8.583.491.894
Data Type Level-1	TM_L1TP
Sensor Identifier	TM
Ephemeris Type	PREDICTIVE
Reflective Lines	6991
Reflective Samples	7761
Thermal Lines	6991
Thermal Samples	7761
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	18
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Reflective	30
Grid Cell Size Thermal	30
Calibration Parameter File	LT05CPF_19970701_19970930_01.03
Center Latitude	11°33'41.18"N
Center Longitude	74°26'11.00"W
UL Corner Lat	12°28'39.86"N
UL Corner Long	75°06'13.72"W
UR Corner Lat	12°13'59.02"N
UR Corner Long	73°25'16.03"W
LL Corner Lat	10°53'11.87"N
LL Corner Long	75°26'49.60"W
LR Corner Lat	10°38'35.84"N
LR Corner Long	73°46'25.03"W
Center Latitude dec	1.156.144
Center Longitude dec	-7.443.639
UL Corner Lat dec	1.247.774
UL Corner Long dec	-7.510.381
UR Corner Lat dec	1.223.306
UR Corner Long dec	-7.342.112

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007

Figura 10 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007



Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Tabla 11. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2007

ATRIBUTO	VALOR
Landsat Product Identifier	LT05_L1TP_009052_20070918_20161112_01_T1
Landsat Scene Identifier	LT50090522007261CHM00
Acquisition Date	18/09/2007
Spacecraft Identifier	LANDSAT_5
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	9
WRS Row	52
Date L-1 Generated	12/11/2016
Start Time	2007:261:15:09:46.9812500

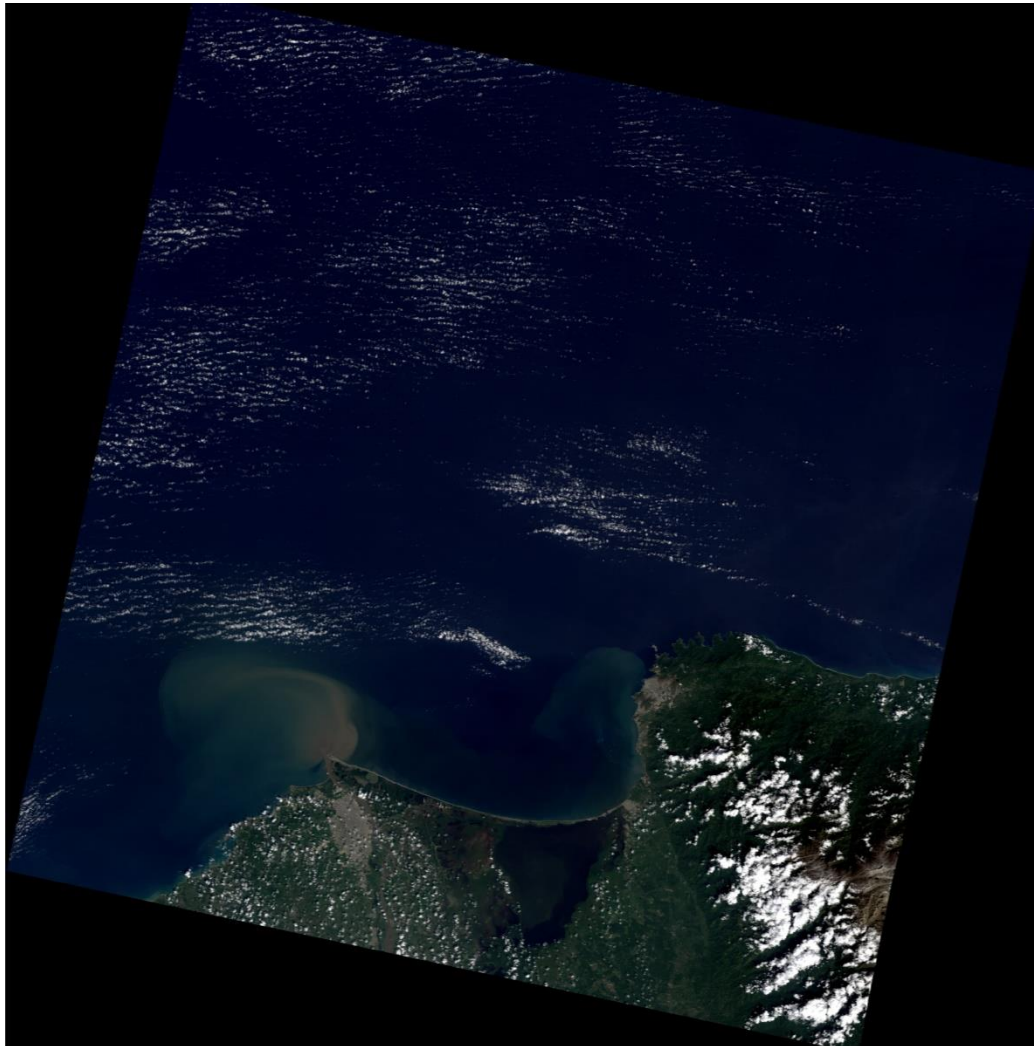


ATRIBUTO	VALOR
Stop Time	2007:261:15:10:13.5943100
Station Identifier	CHM
Land Cloud Cover	5
Scene Cloud Cover	3
Ground Control Points Model	93
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	4.937
Geometric RMSE Model X	3.533
Geometric RMSE Model Y	3.448
Sensor Anomalies	N
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.2
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	6.290.390.799
Sun Azimuth L-1	10.910.829.801
Data Type Level-1	TM_L1TP
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Reflective Lines	6921
Reflective Samples	7871
Thermal Lines	6921
Thermal Samples	7871
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	18
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Reflective	30
Grid Cell Size Thermal	30
Calibration Parameter File	LT05CPF_20070726_20070930_01.03
Center Latitude	11°33'53.28"N
Center Longitude	74°26'50.35"W
UL Corner Lat	12°28'51.96"N
UL Corner Long	75°06'53.10"W
UR Corner Lat	12°14'11.11"N
UR Corner Long	73°25'55.34"W
LL Corner Lat	10°53'23.96"N
LL Corner Long	75°27'28.98"W
LR Corner Lat	10°38'47.90"N
LR Corner Long	73°47'04.38"W
Center Latitude dec	115.648
Center Longitude dec	-7.444.732
UL Corner Lat dec	124.811
UL Corner Long dec	-7.511.475
UR Corner Lat dec	1.223.642
UR Corner Long dec	-7.343.204
LL Corner Lat dec	1.088.999
LL Corner Long dec	-7.545.805

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013

Figura 11 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013



Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Tabla 12. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2013

ATRIBUTO	VALOR
Landsat Product Identifier	LC08_L1TP_009052_20131121_20170428_01_T1
Landsat Scene Identifier	LC80090522013325LGN01
Acquisition Date	21/11/2013
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	9
WRS Row	52
Target WRS Path	9
Target WRS Row	52
Nadir/Off Nadir	NADIR

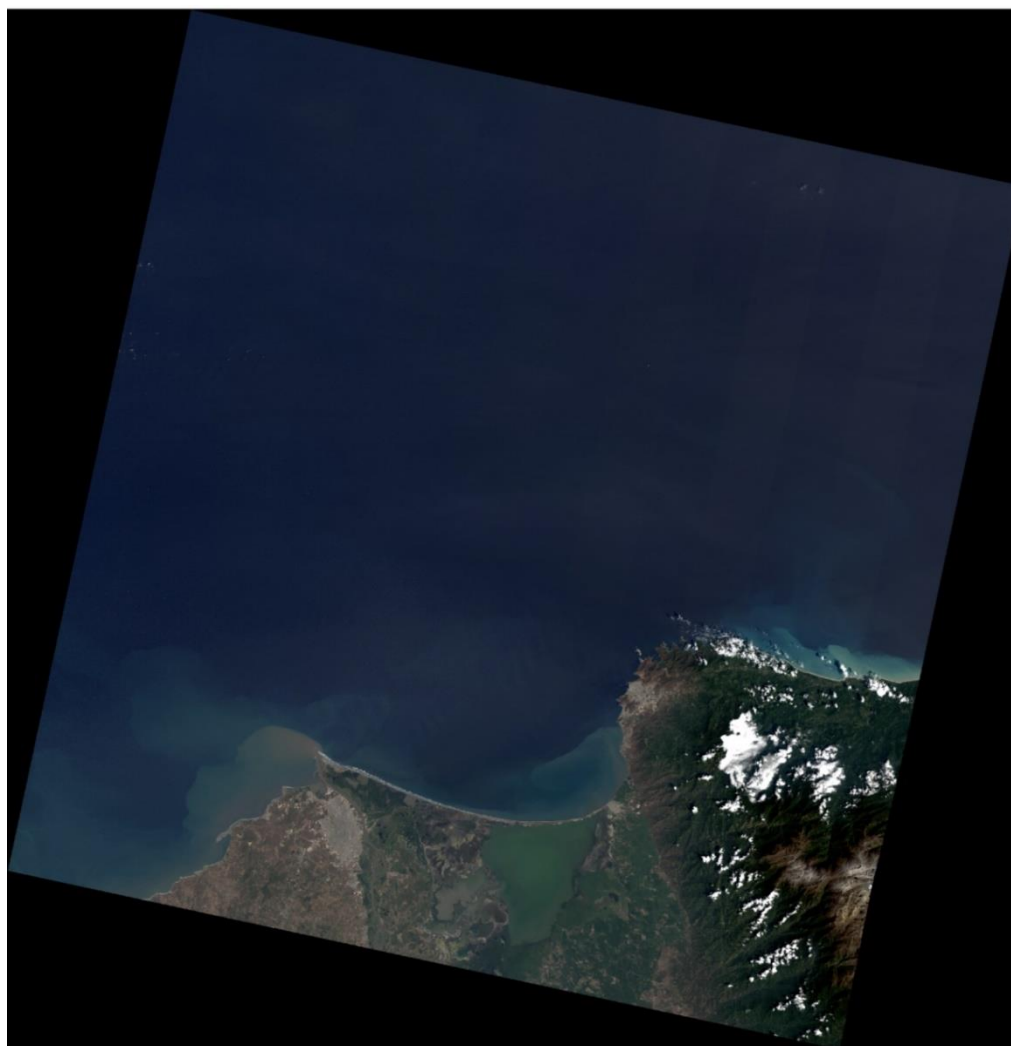


ATRIBUTO	VALOR
Roll Angle	-.001
Date L-1 Generated	28/04/2017
Start Time	2013:325:15:18:16.2371440
Stop Time	2013:325:15:18:48.0071400
Station Identifier	LGN
Day/Night Indicator	DAY
Land Cloud Cover	13.17
Scene Cloud Cover	3.76
Ground Control Points Model	121
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	6.222
Geometric RMSE Model X	4.284
Geometric RMSE Model Y	4.512
Image Quality	9
Processing Software Version	LPGS_2.7.0
Sun Elevation L1	5.207.533.302
Sun Azimuth L1	14.627.264.035
TIRS SSM Model	ACTUAL
Data Type Level-1	OLI_TIRS_L1TP
Sensor Identifier	OLI_TIRS
Panchromatic Lines	15461
Panchromatic Samples	15161
Reflective Lines	7731
Reflective Samples	7581
Thermal Lines	7731
Thermal Samples	7581
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	18
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15
Grid Cell Size Reflective	30
Grid Cell Size Thermal	30
Center Latitude	11°34'04.12"N
Center Longitude	74°26'55.79"W
UL Corner Lat	12°36'44.68"N
UL Corner Long	75°06'55.66"W
UR Corner Lat	12°15'05.47"N
UR Corner Long	73°24'17.39"W
LL Corner Lat	10°52'38.60"N
LL Corner Long	75°29'19.90"W
LR Corner Lat	10°30'50.29"N
LR Corner Long	73°47'20.44"W
Center Latitude dec	1.156.781
Center Longitude dec	-7.444.883

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018

Figura 12 - Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018



Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)

Tabla 13. Especificaciones Técnicas Imagen Satelital 2018

ATRIBUTO	VALOR
Landsat Product Identifier	LC08_L1TP_009052_20180220_20180308_01_T1
Landsat Scene Identifier	LC80090522018051LGN00
Acquisition Date	20/02/2018
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	9
WRS Row	52
Target WRS Path	9
Target WRS Row	52
Nadir/Off Nadir	NADIR



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



ATRIBUTO	VALOR
Roll Angle	-.001
Date L-1 Generated	8/03/2018
Start Time	2018:051:15:16:26.5276550
Stop Time	2018:051:15:16:58.2976530
Station Identifier	LGN
Land Cloud Cover	6.03
Scene Cloud Cover	1.28
Ground Control Points Model	172
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	5.854
Geometric RMSE Model X	3.717
Geometric RMSE Model Y	4.522
Image Quality	9
Processing Software Version	LPGS_13.0.0
Sun Elevation L1	5.377.373.536
Sun Azimuth L1	12.705.926.775
TIRS SSM Model	FINAL
Data Type Level-1	OLI_TIRS_L1TP
Sensor Identifier	OLI_TIRS
Panchromatic Lines	15481
Panchromatic Samples	15141
Reflective Lines	7741
Reflective Samples	7571
Thermal Lines	7741
Thermal Samples	7571
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	18
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15
Grid Cell Size Reflective	30
Grid Cell Size Thermal	30
Bias Parameter File Name OLI	LO8BPF20180220145809_20180220154447.01
Bias Parameter File Name TIRS	LT8BPF20180215111236_20180302113150.01
Calibration Parameter File	LC08CPF_20180101_20180331_01.02
RLUT File Name	LC08RLUT_20150303_20431231_01_12.h5
Center Latitude	11°34'02.64"N
Center Longitude	74°26'39.44"W
UL Corner Lat	12°36'43.02"N
UL Corner Long	75°06'39.60"W
UR Corner Lat	12°15'04.03"N
UR Corner Long	73°24'01.04"W
LL Corner Lat	10°52'36.95"N
LL Corner Long	75°29'03.44"W
LR Corner Lat	10°30'48.82"N
LR Corner Long	73°47'03.77"W
Center Latitude dec	115.674

Fuente: (geocento.es, geocento, 2018)



Cartografía Base

- **Departamentos de Colombia Fuente IGAC**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: C:\CARTOGRAFIA\SIG\COLOMBIA\depto.shp
Geometry Type: Polygon
- **Municipios del Departamento del Magdalena Fuente IGAC**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: D:\shapes_zona\MUN_MAGDALENA.shp
Geometry Type: Polygon
- **Veredas del Municipio de la Zona Bananera Fuente IGAC**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: D:\shapes_zona\veredas_zonabananerat.shp
Geometry Type: Polygon
- **Drenajes de Colombia 1:25.000 Fuente IDEAM**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: C:\CARTOGRAFIA\SIG\MI_CARTOGRAFIA\Drenaje_Sencillo_25K.shp
Geometry Type: Line
- **Cuerpos de Agua de Colombia Fuente IDEAM**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: C:\CARTOGRAFIA\SIG\GENERALIDADES\base\cuerposdeagua_wgs84.shp
Geometry Type: Polygon
- **Humedales RAMSAR de Colombia Fuente IDEAM**
Data Type: Shapefile Feature Class
Shapefile: C:\CARTOGRAFIA\SIG\GENERALIDADES\Humedales_RAMSAR\Humedales_RAMSA
R.shp
Geometry Type: Polygon
- **Vocación del Suelo de Colombia Fuente IDEAM**
Data Type: File Geodatabase Feature Class
Database: C:\Users\altamar\Documents\ArcGIS\Default.gdb
Feature Class: vocacion_wgs84
Feature Type: Simple
Geometry Type: Polygon
- **Clasificación Climática de Colombia Fuente IDEAM**
Data Type: File Geodatabase Feature Class
Database: C:\Users\altamar\Documents\ArcGIS\Default.gdb
Feature Class: CN2_Clsf_Clm_Lang_2011_2040_
Feature Type: Simple
Geometry Type: Polygon

ETAPA 2: Procesamiento de Imágenes Satelitales

Pre-Procesos

Combinación de Bandas

En esta etapa se realizó la composición de bandas de acuerdo a los sensores que poseen los satélites LANDSAT-5 y LANDSAT-8. Para el caso de las imágenes correspondientes a los años 1997 y 2007 capturadas mediante LANDSAT-5, se utilizó la composición de bandas 5, 4, y 3, esta combinación con dos bandas en la región del infrarrojo muestra una mayor diferenciación entre el suelo y el agua, (INEGI, 2010). Así bien, para las imágenes correspondientes a los años 2013 y 2018, obtenidas por LANDSAT-8, se combinaron las bandas 5, 6 y 4, proceso que establece muy bien la diferencia entre suelo y agua.

Para llevar a cabo este proceso se utilizó el Software ArcGis 10.3.1 en su extensión ArcMap mediante la herramienta de procesamiento Raster Composite Bands.

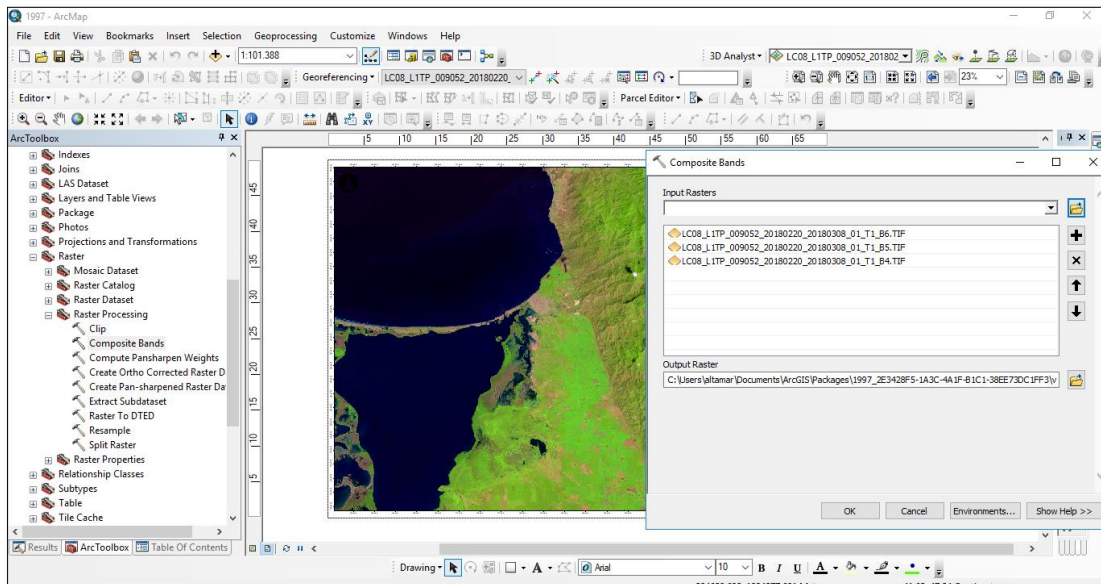


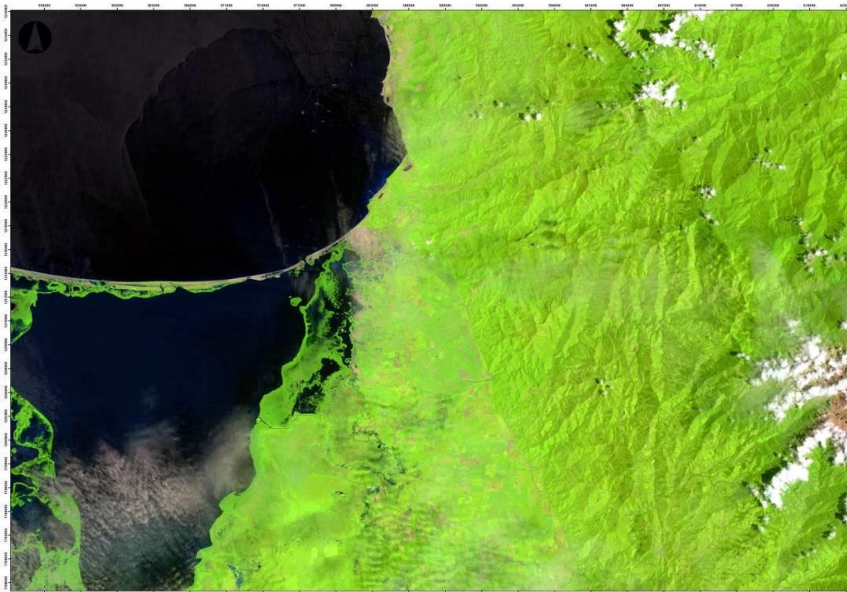
Figura 13. Composite Bands – ArcGis 10.3.0

LANDSAT-5, Composición de Bandas 5-4-3, Año 1997



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

LANDSAT-5, Composición de Bandas 5-4-3, Año 2007



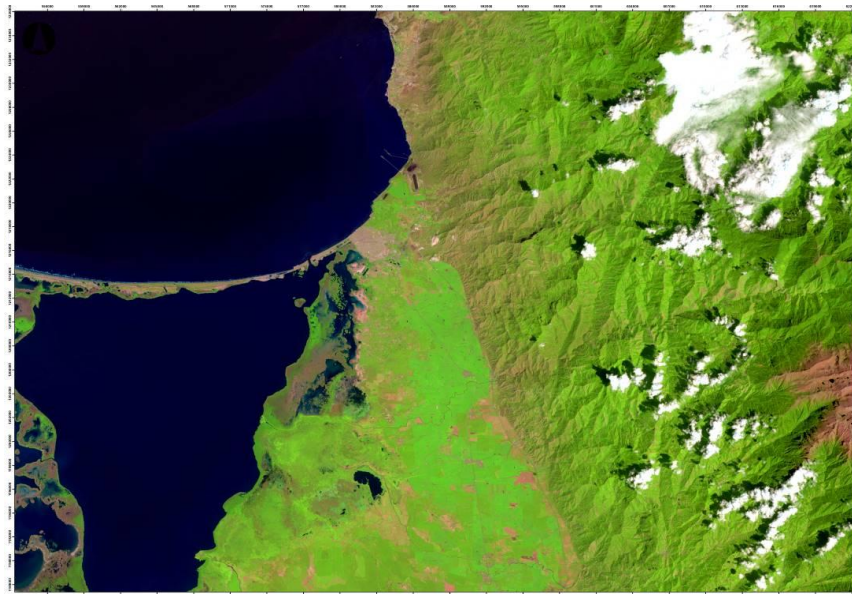
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

LANDSAT-8, Composición de Bandas 5-6-4, Año 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

LANDSAT-8, Composición de Bandas 5-6-4, Año 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.



Definición del Ámbito de Estudio

El ámbito de estudio que enmarca el análisis de este informe se encuentra delimitado por 4 puntos de control que constituyen un área de 7499,6 Ha con una aproximación de 5 km por cada lado de la rivera del Rio Frío, Municipio Zona Bananera, Departamento del Magdalena.

Tabla 14. Puntos de Control

ID	POINT_X	POINT_Y
1	990491,7339	1700514,2809
2	993309,0693	1695456,0180
3	981993,3959	1689153,2391
4	979175,9011	1694211,6000

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

La Tabla 14 contiene las coordenadas de los 4 puntos de control que corresponden a los vértices del polígono del ámbito de estudio.

Sistema de Referencia

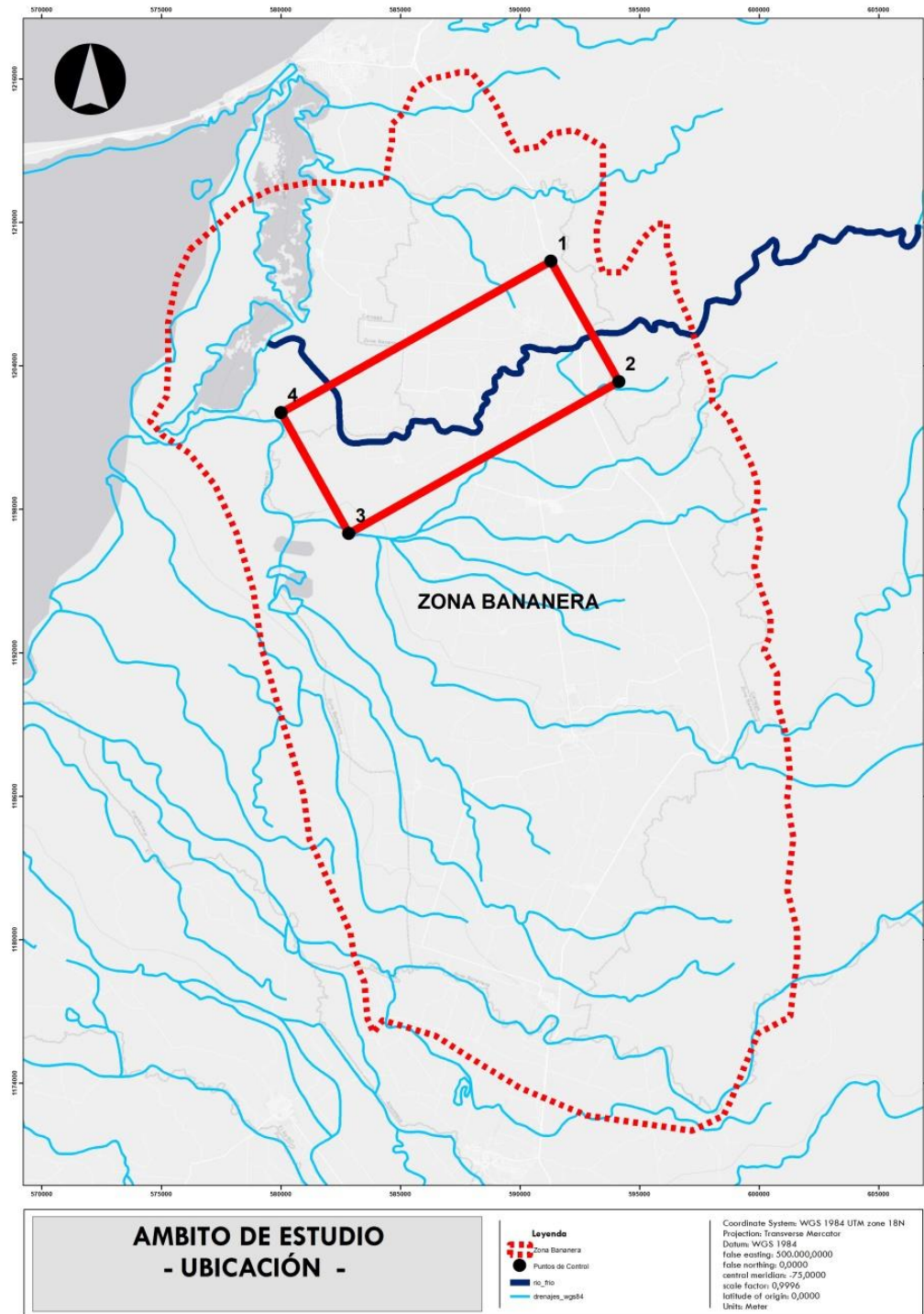
El sistema de referencia bajo el cual se proyectó la cartografía es:

WGS 1984 UTM ZONE 18N.

- Coordinate System: WGS 1984 UTM zone 18N
- Projection: Transverse Mercator
- Datum: WGS 1984
- false easting: 500.000,0000
- false northing: 0,0000
- central meridian: -75,0000
- scale factor: 0,9996
- latitude of origin: 0,0000
- Units: Meter

Ubicación

Figura 14. Ambito de Estudio.

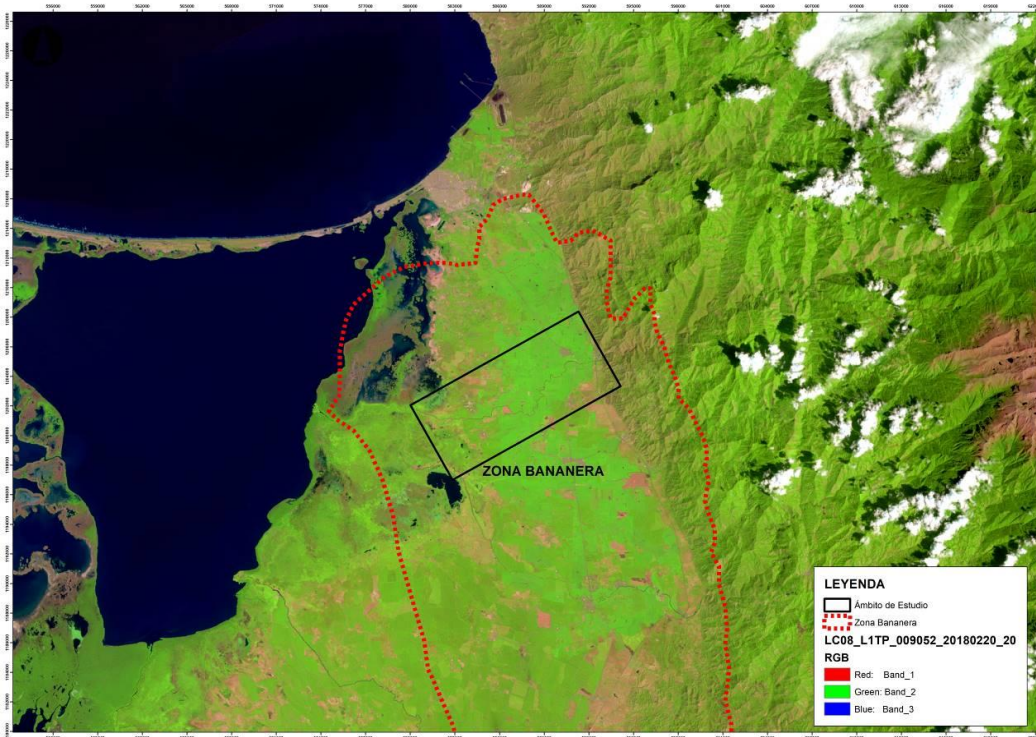


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Optimización del Espacio de Trabajo

Dado el tamaño de las imágenes y la escala a la que fueron obtenidas, se optó por diseñar este apartado en donde se busca optimizar los tiempos de procesamiento de las imágenes creando una máscara de recorte que contenga únicamente los píxeles dentro del ámbito de estudio. Esto permite que el proceso de clasificación sea mucho más fluido y preciso, disminuyendo la tendencia a agrupar entidades de distinta clase bajo un mismo argumento.

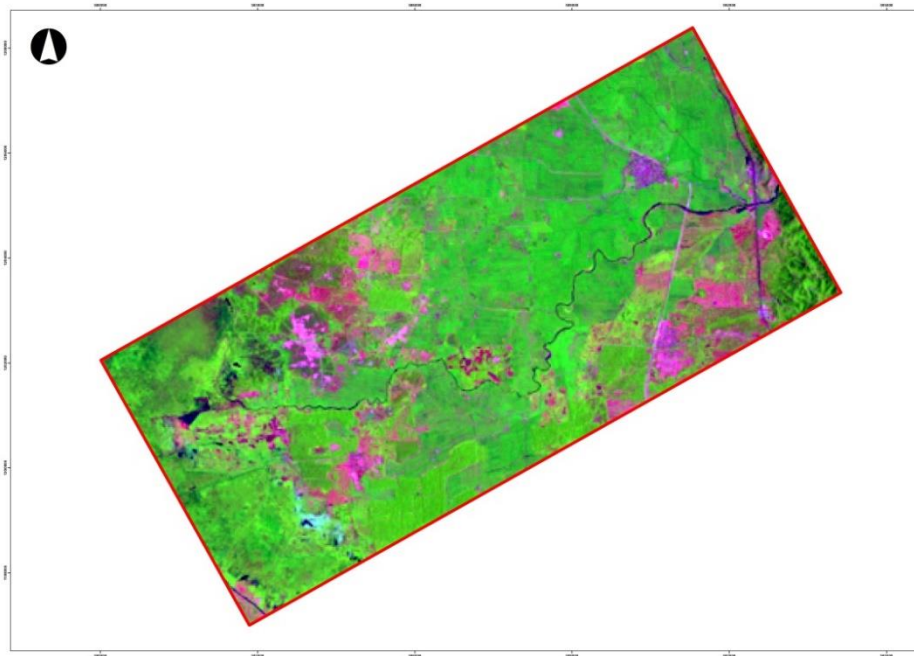
Figura 14. Máscara de Recorte – Ámbito de Estudio



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

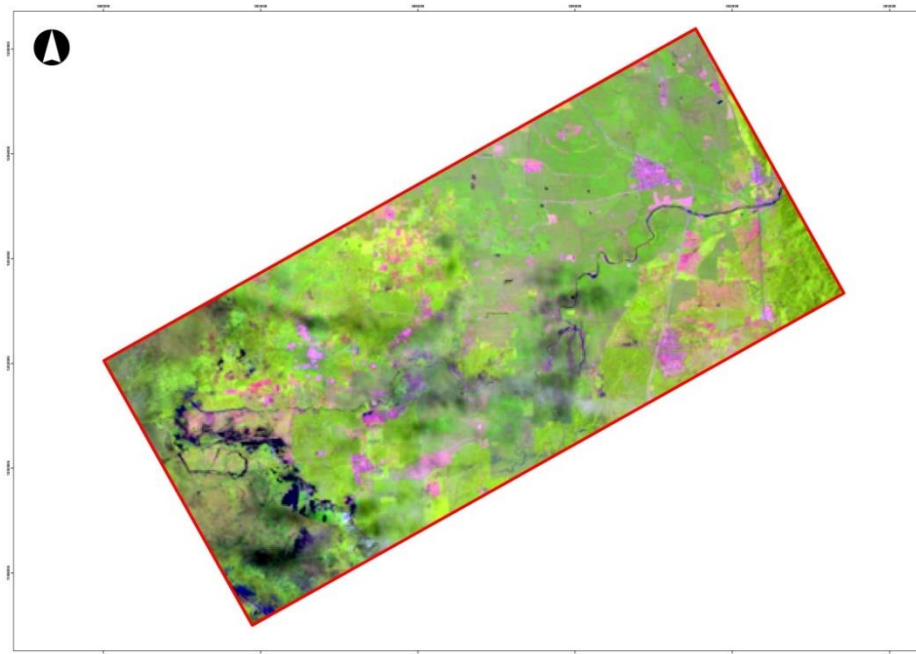
La herramienta utilizada para realizar esta tarea se encuentra en el Arc Toolbox de ArcGis como Extract by Mask, que emplea una función que permite extraer de la Imagen satelital una sección definida por un Feature Mask Data, que en este trabajo llamamos Ámbito de Estudio.

Extracción 1997



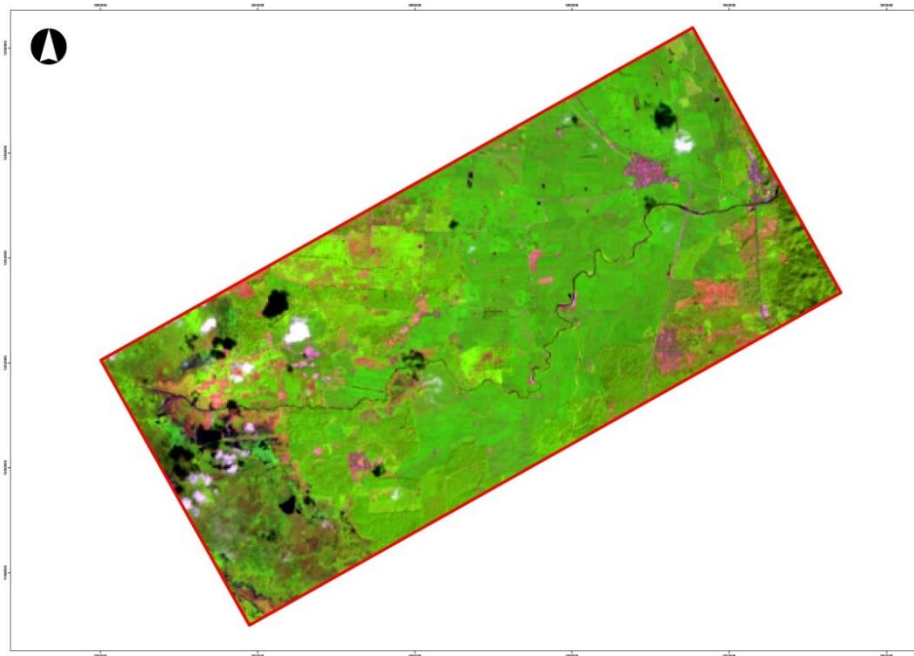
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Extracción 2007



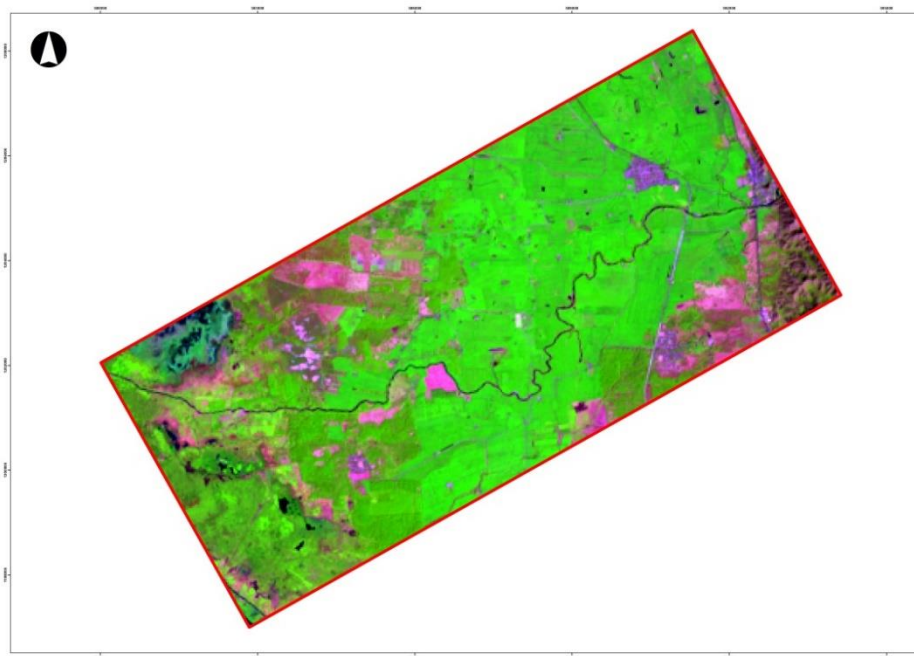
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Extracción 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Extracción 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.



Con los cortes realizados, se dan por terminados los Pre-procesos quedando listas las imágenes para realizar la Clasificación Supervisada, pero antes de esto se definió las clases de coberturas de usos de suelo a través de la Metodología Land Cover.

Procesos de Clasificación

Los procesos de clasificación suponen un conocimiento previo de la zona, que permita al analista cargar atributos a cada cobertura presente en el área de estudio.

Dadas estas condiciones, es necesario adoptar la metodología CLC⁶ adaptada para Colombia, la cual desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio mediante la interpretación espectral de las imágenes provenientes de los satélites Landsat. (IDEAM, 2010)

Clasificación Supervisada

Se realizó una clasificación supervisada sobre las imágenes correspondientes a cada año de estudio, la cual consistió en identificar zonas o áreas representativas de las distintas categorías que corresponden a leyenda nacional de coberturas de la tierra, de acuerdo a la metodología CLC adaptada para Colombia.

El software de procesamiento de imágenes ERDAS IMAGINE 2015, fue la herramienta utilizada para realizar esta tarea. Cada área identificada tuvo una respuesta espectral única, de manera que el software pudo asignarle los píxeles a toda la imagen determinando cada clase supervisada en el Signature Editor mediante el algoritmo de Maximum Likelihood (Máxima Verosimilitud).

⁶ CORINE Land Cover (Coordinación of Information on the Environment) conocida por su acrónimo (CLC). Tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del territorio.



El algoritmo de Clasificación de máxima verosimilitud se basa en dos principios:

1. Las celdas en cada muestra de clases del espacio multidimensional que se distribuyen normalmente.
2. El teorema de Bayes de toma de decisiones

La herramienta tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma. Si se asume que la distribución de una muestra de clases es normal, una clase puede estar caracterizada por el vector del valor medio y la matriz de covarianza. Dadas estas dos características para cada valor de celda, se calcula la probabilidad estadística para cada clase a fin de determinar la pertenencia de las celdas a la clase. (ESRI, 2015).

De acuerdo al diagnóstico del municipio de la Zona Bananera y la metodología CLC ajustada para Colombia, se toman en consideración las siguientes coberturas.

- **1 - TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS**
 - 1.1. Zonas urbanizadas
- **2 - TERRITORIOS AGRÍCOLAS**
 - 2.1. Cultivos transitorios
 - 2.3. Pastos
- **3 - BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES**
 - 3.3. Áreas abiertas sin o con poca vegetación
- **5 - SUPERFICIES DE AGUA**
 - 5.1. Aguas continentales

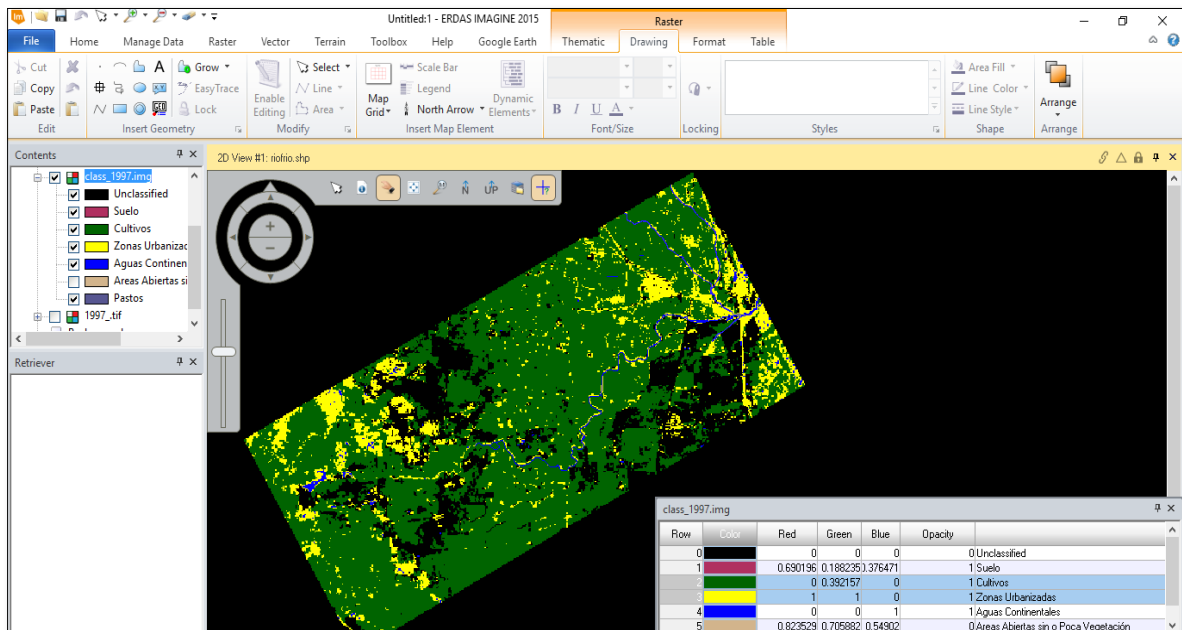
Signature Editor

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
1	Suelo	[Pink]	1.000	0.203	1.000	1	1	1	1.000	✓	✓	✓		
2	Cultivos	[Green]	0.466	0.770	0.297	2	2	174	1.000	✓	✓	✓		
3	Zonas Urbanizadas	[Yellow]	0.852	0.000	1.000	3	3	7	1.000	✓	✓	✓		
4	Águas Continentales	[Blue]	0.050	0.000	0.710	4	4	13	1.000	✓	✓	✓		
5	Áreas Abiertas sin o Poca Vegetación	[Purple]	1.000	0.340	1.000	5	5	9	1.000	✓	✓	✓		
6	Pastos	[Dark Blue]	0.341	0.337	0.569	6	6	2	1.000	✓	✓	✓		

Esta imagen muestra la configuración de las coberturas⁷ utilizadas ingresadas en el Signature Editor bajo una serie de cinco (5) clases. Así bien, tenemos una sexta clase llamada suelo que se utiliza para realizar rectificaciones en los post-procesos.

Resultados de la Clasificación Supervisada

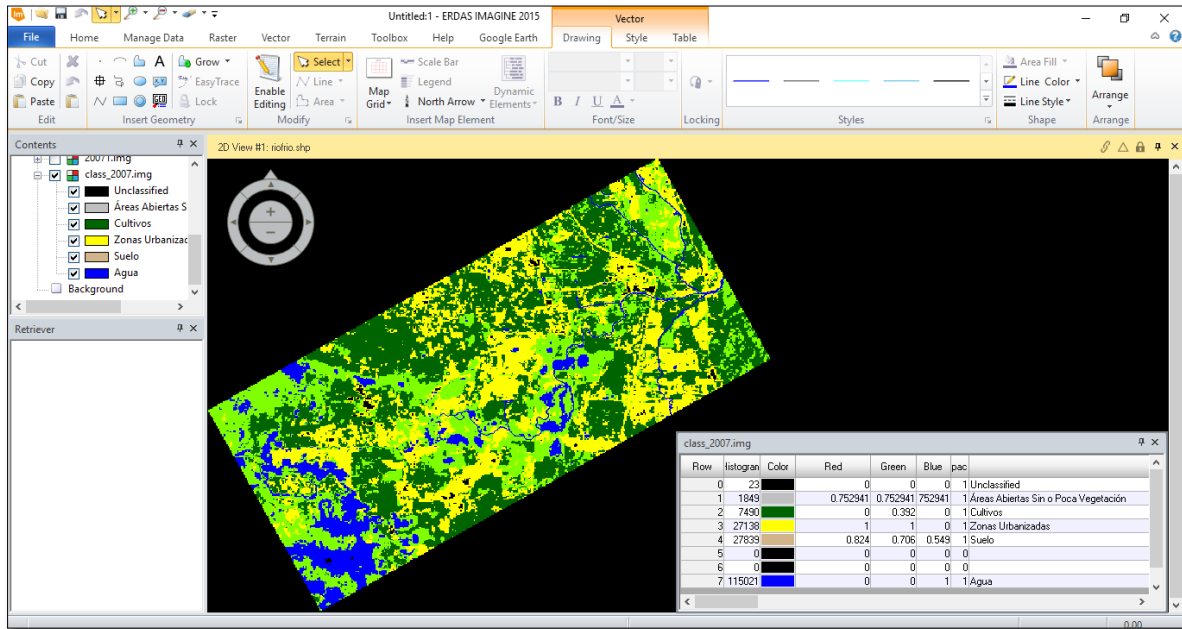
Clasificación Supervisada 1997



⁷ Los colores de cada cobertura son exclusivamente ilustrativos, no representan un estándar para la metodología CORINE Land Cover.

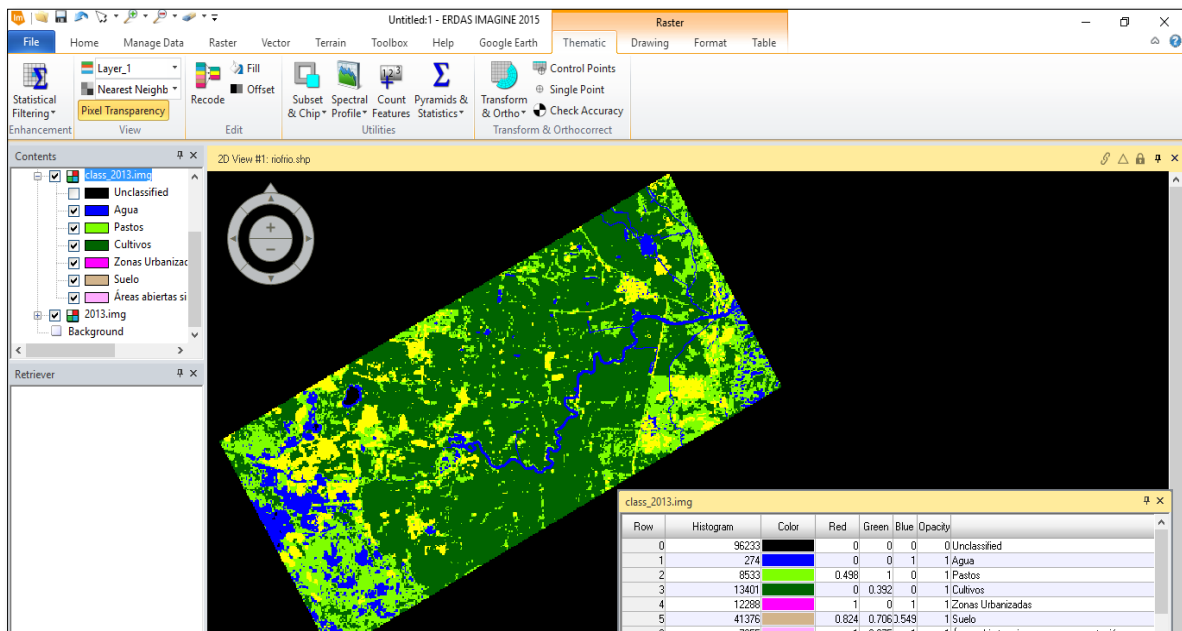
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Clasificación Supervisada 2007



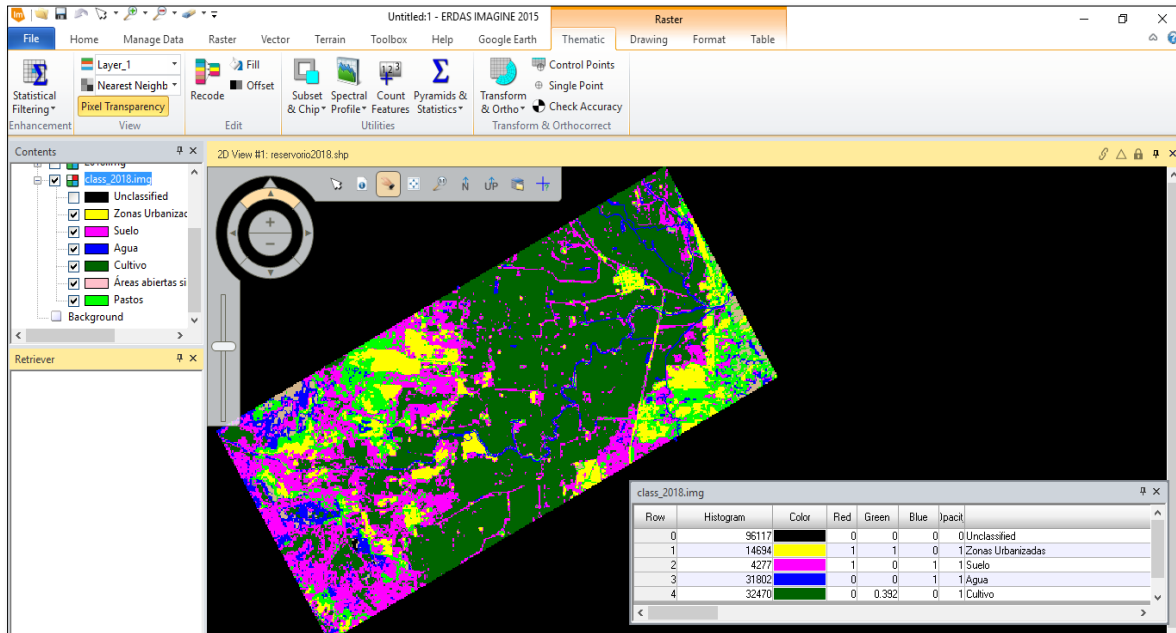
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Clasificación Supervisada 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Clasificación Supervisada 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Post-procesos

Una vez realizadas las clasificaciones, se procedió a depurar la información espectral de cada Raster, dado que por la calibración del sensor y la cantidad de píxeles suministrados, estas presentan zonas con clases cruzadas. Es decir, en la imagen del año 2007 se presentan sombras de nubes sobre algunos sectores que fueron asociadas a la clase “Agua” obteniendo un resultado errado sobre el área total cubierta por esta clase. Estos casos se repiten a lo largo de todas las clasificaciones, por ello es necesario depurar las clases realizando una rectificación de la información.

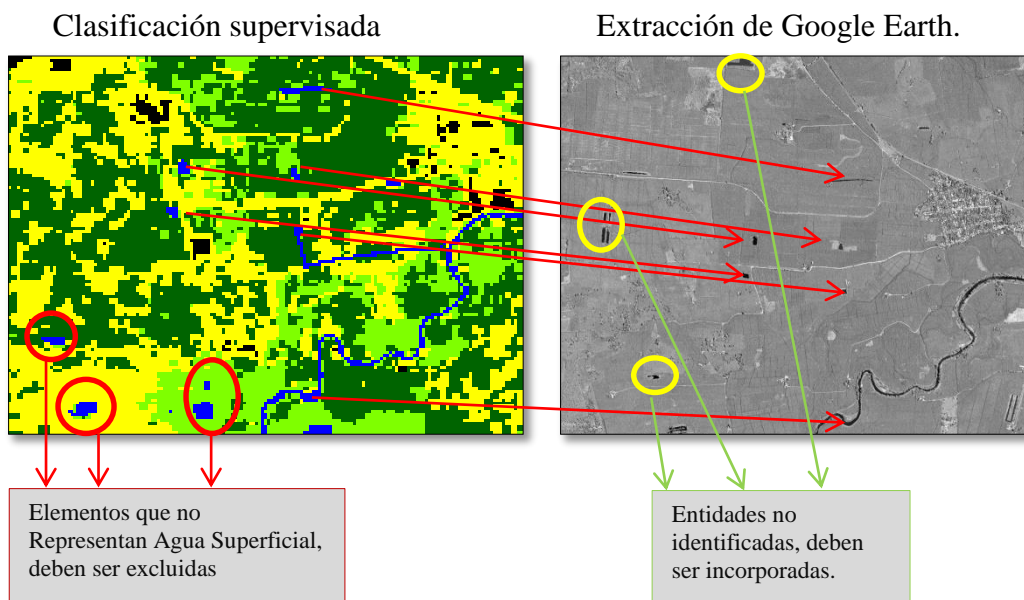
La metodología CLC propone un trabajo de campo asociado al control de calidad del producto final como medio de validación de datos, sin embargo, el alcance de este trabajo no contempla la

posibilidad de realizar dicha validación, por esta razón se optó por ejecutar inspecciones visuales en zonas críticas a través de la herramienta BackTime de Google Earth.

Para ejecutar las inspecciones es necesario convertir cada Raster en Polígonos y luego a KMZ, en este proceso se utilizó el Software ArcGis 10.3.0 y su herramienta Raster To Polygon y Layer To Kml Respectivamente. Una vez se obtuvieron los polígonos agrupados por clases, se exportó a una nueva capa la clase con el atributo denominado “Agua” separando así el elemento interés de este trabajo.

En algunos casos debido a la escala fuente de las imágenes satelitales (1:100.000), es posible no percibir reservorios con áreas pequeñas en relación al ancho de pasada del satélite. Es allí, luego de analizar cada sector de la imagen, donde se toma la decisión de excluir aquellos polígonos que no son representativos del elemento agua en cuanto a reservorios se habla y/o de incorporar nuevas entidades que surgen de cada inspección.

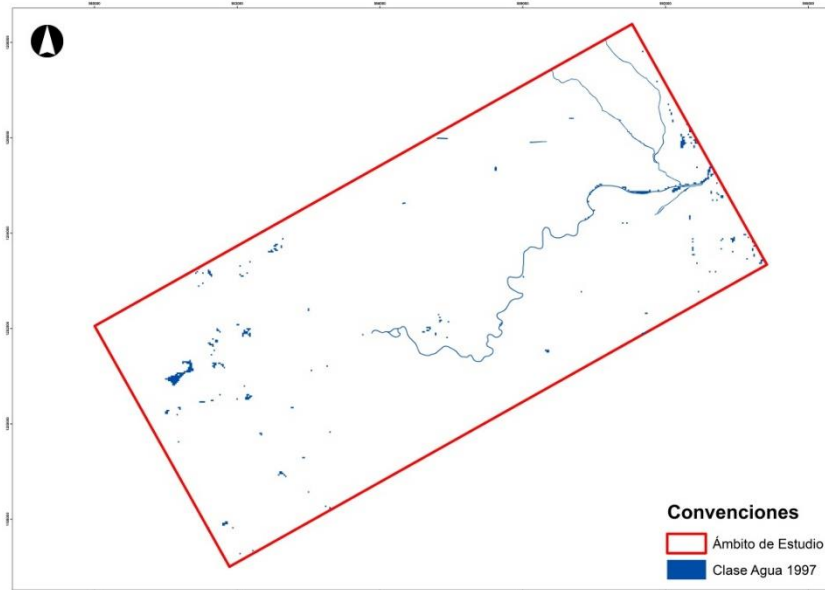
A continuación un ejemplo de la inspección utilizando Google Earth.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

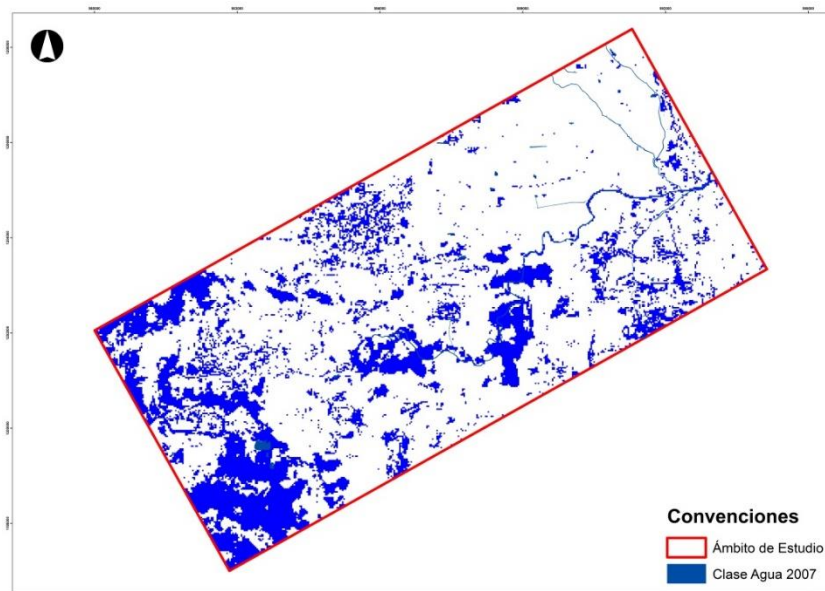
Separación de la Clase “Agua”

- Clase Agua 1997



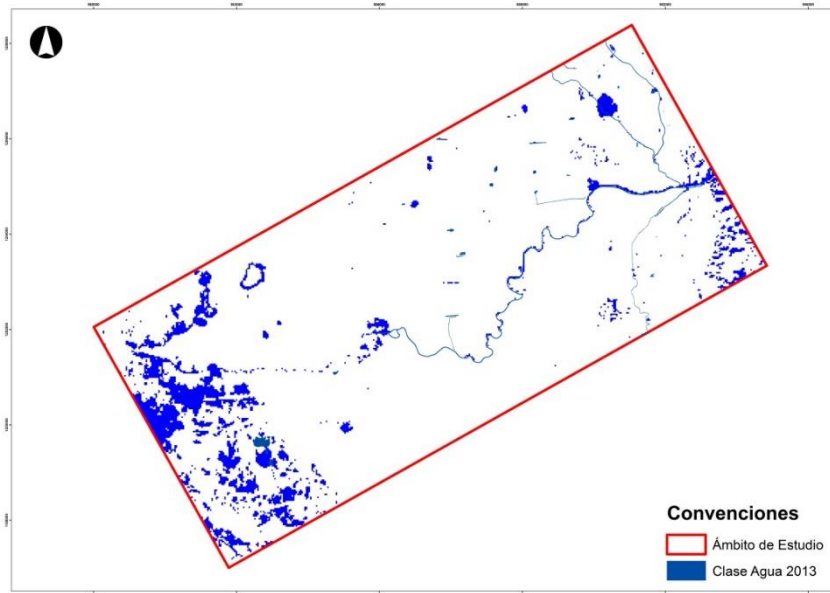
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Clase Agua 2007



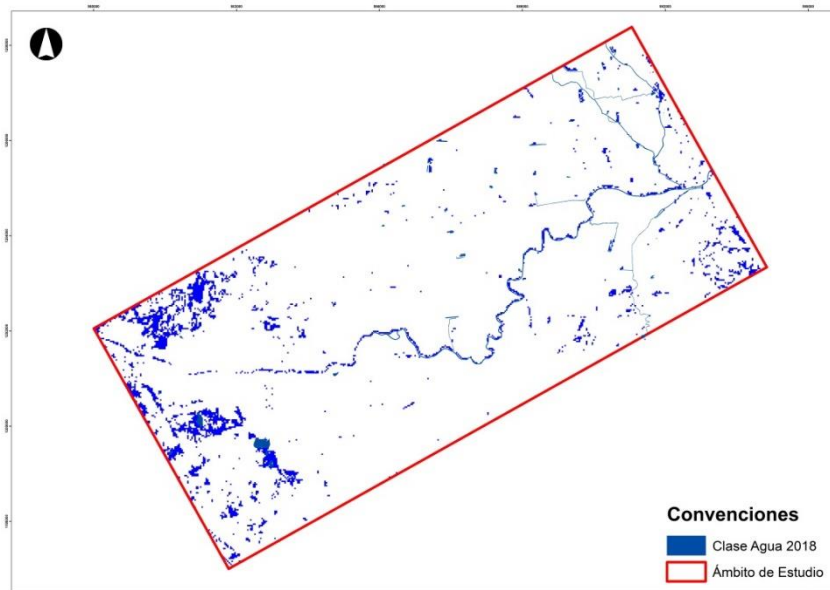
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Clase Agua 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

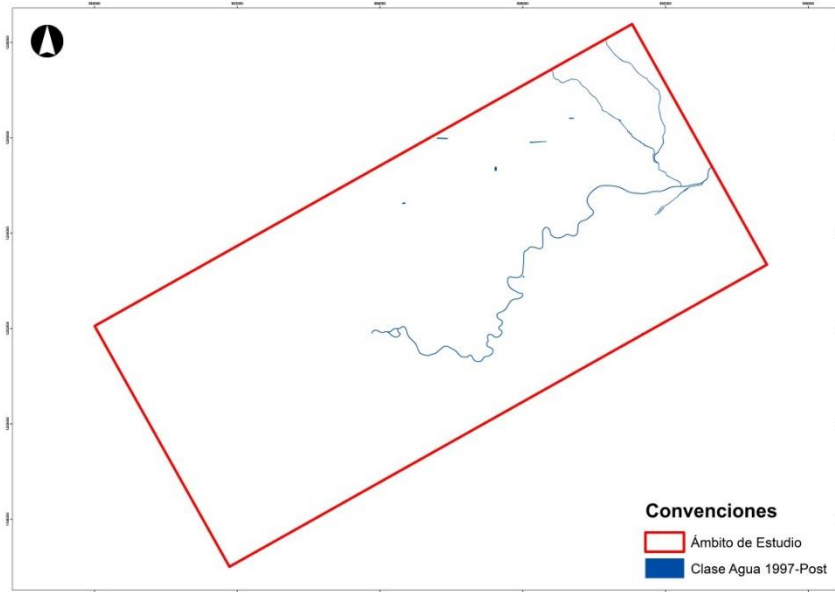
- Clase Agua 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

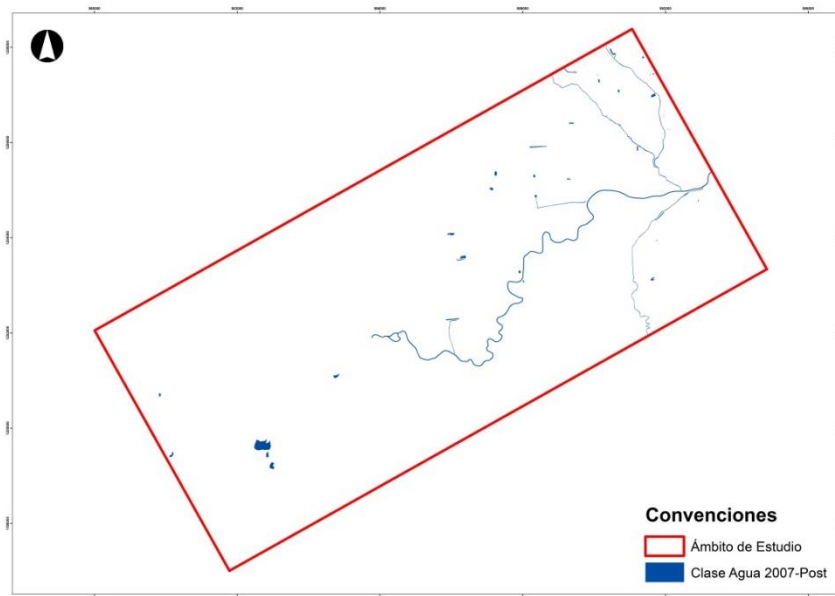
Resultados del Post-proceso

- Post-proceso – 1997



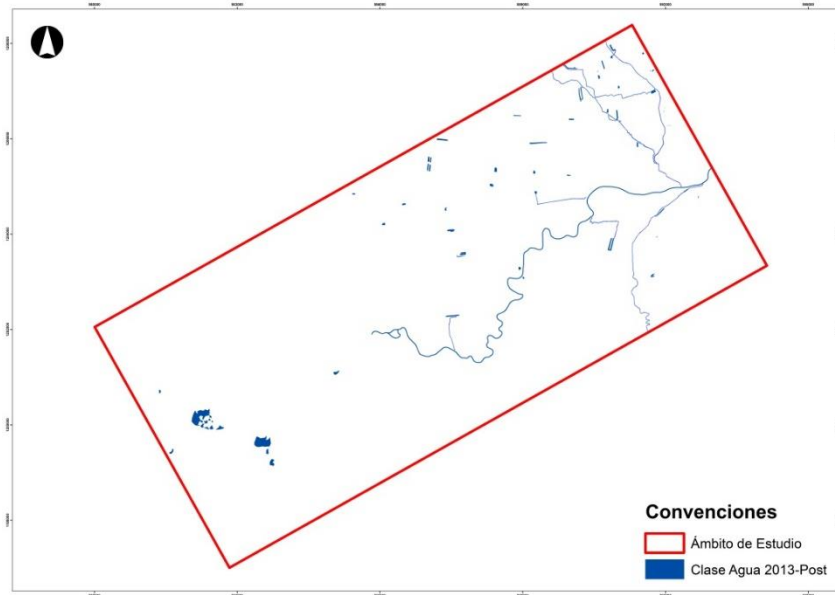
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Post-proceso – 2007



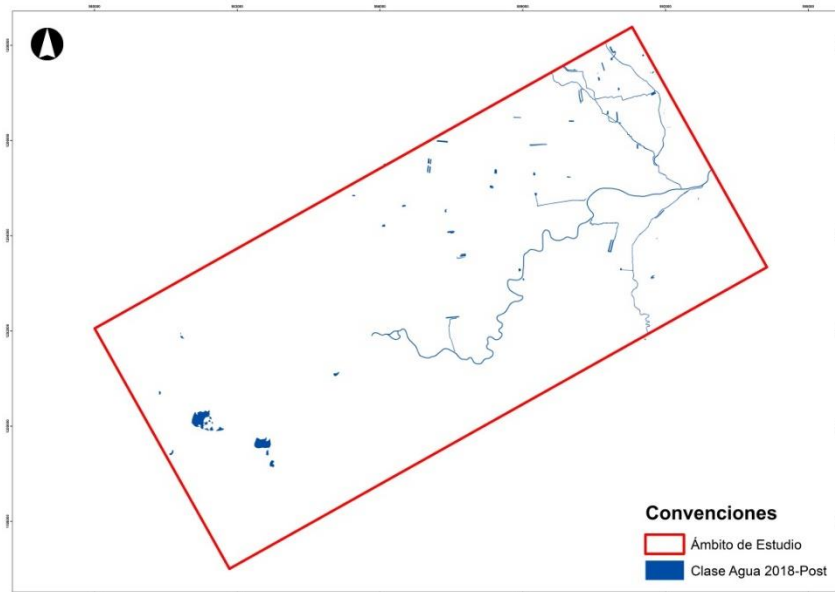
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Post-proceso – 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Post-proceso – 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

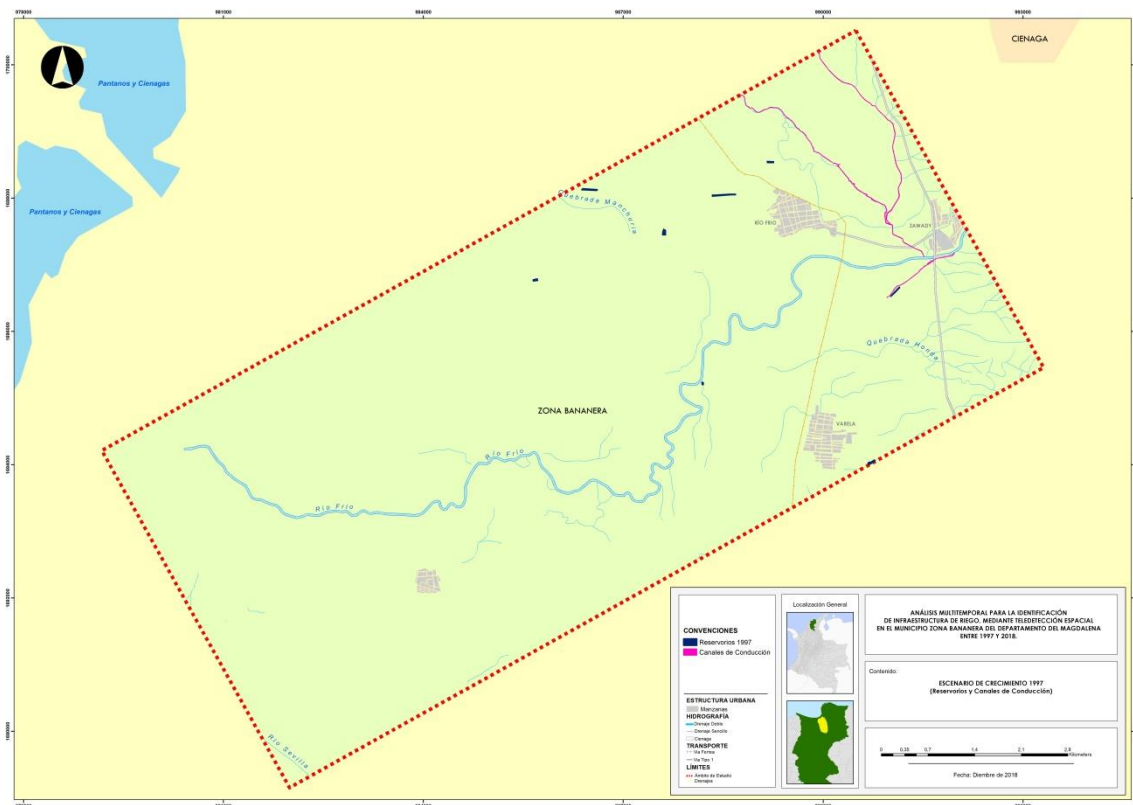
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACIÓN DE PRODUCTOS FINALES

En este espacio se analiza en cada escenario de crecimiento, la variación del área total de reservorios de agua y canales de captación, así como la capacidad de carga mínima y máxima asumiendo una profundidad constante de 4 metros y 8 metros respectivamente.

ESCENARIOS DE CRECIMIENTO

ESCENARIO DE CRECIMIENTO 1997

Figura 15 - Escenario De Crecimiento 1997



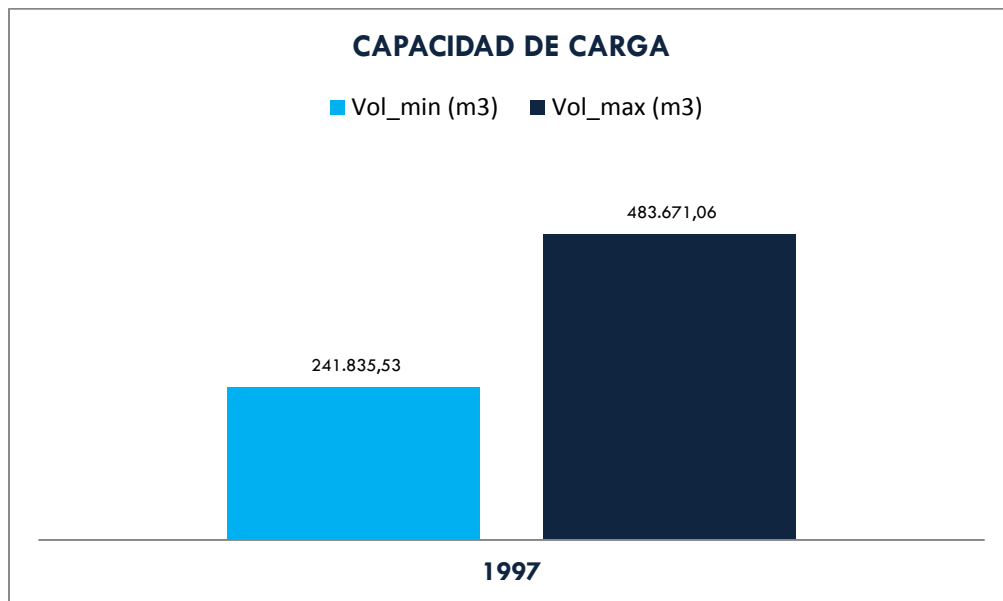
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 15 - Superficie total y capacidad de carga 1997

Nº	Año	Área (ha)	Área (m2)	Vol_min (m3)	Vol_max (m3)
1	1997	6,05	60.458,88	241.835,53	483.671,06

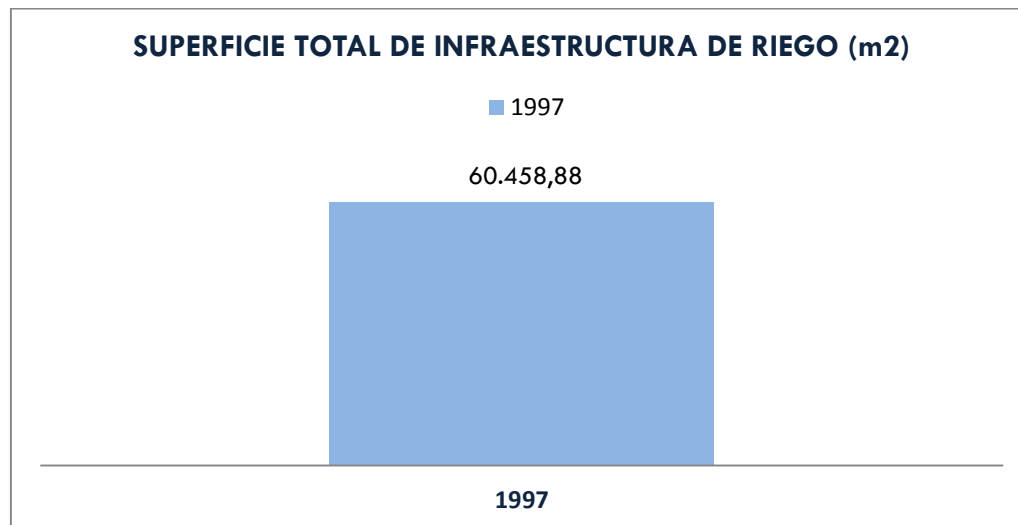
El escenario de crecimiento 1997, presenta un total de 8 reservorios y 3 canales subdivididos en 17 tramos de conducción, con una superficie total de 6,05 hectáreas y una capacidad de carga mínima de 241.835,53 m³ con una máxima de 483.671,06 m³.

Ilustración 2- Capacidad de Carga 1997



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

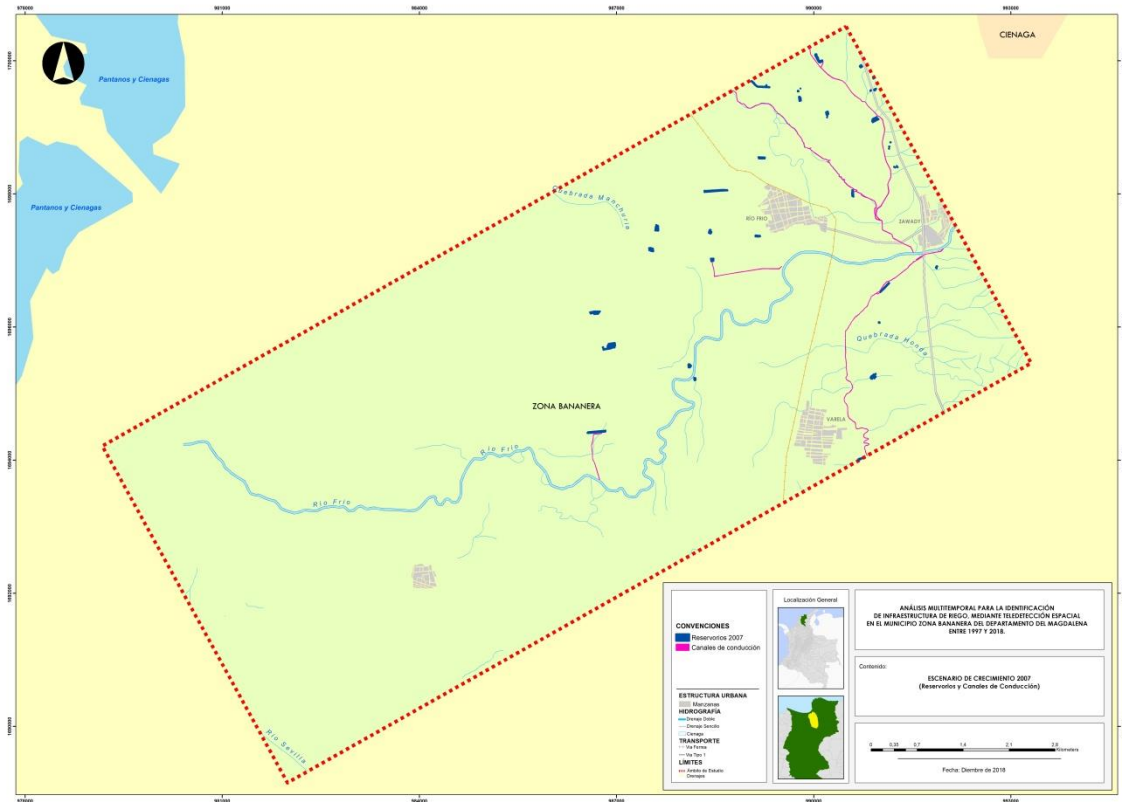
Ilustración 3 - Superficie Total 197



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2007

Figura 16 - Escenario de Crecimiento 2007



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

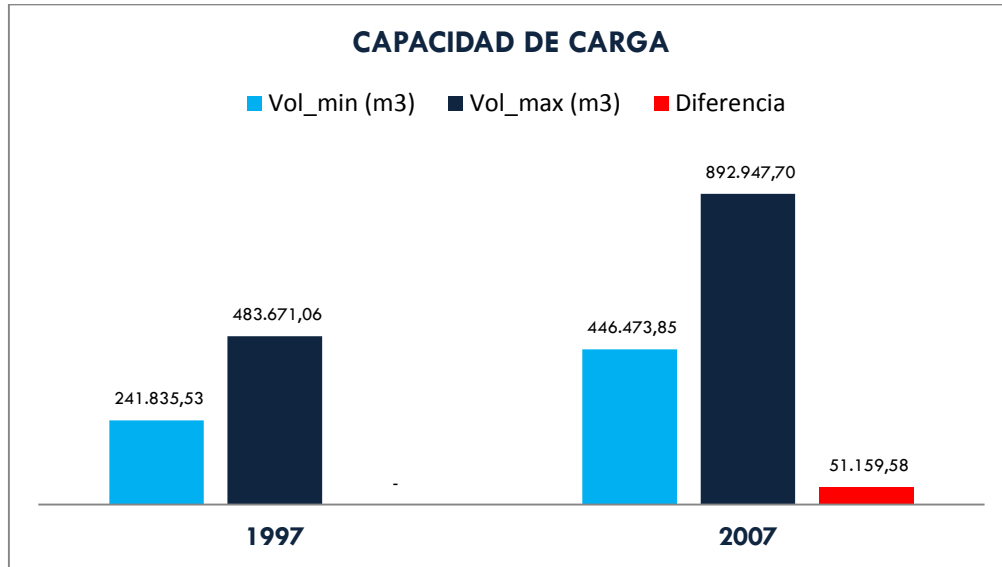
Tabla 16 - Superficie total y capacidad de carga 2007

N°	Año	Área (ha)	Área (m2)	Vol_min (m3)	Vol_max (m3)	Diferencia	% Incremento
1	1997	6,05	60.458,88	241.835,53	483.671,06	-	
2	2007	11,16	111.618,46	446.473,85	892.947,70	51.159,58	45,83%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

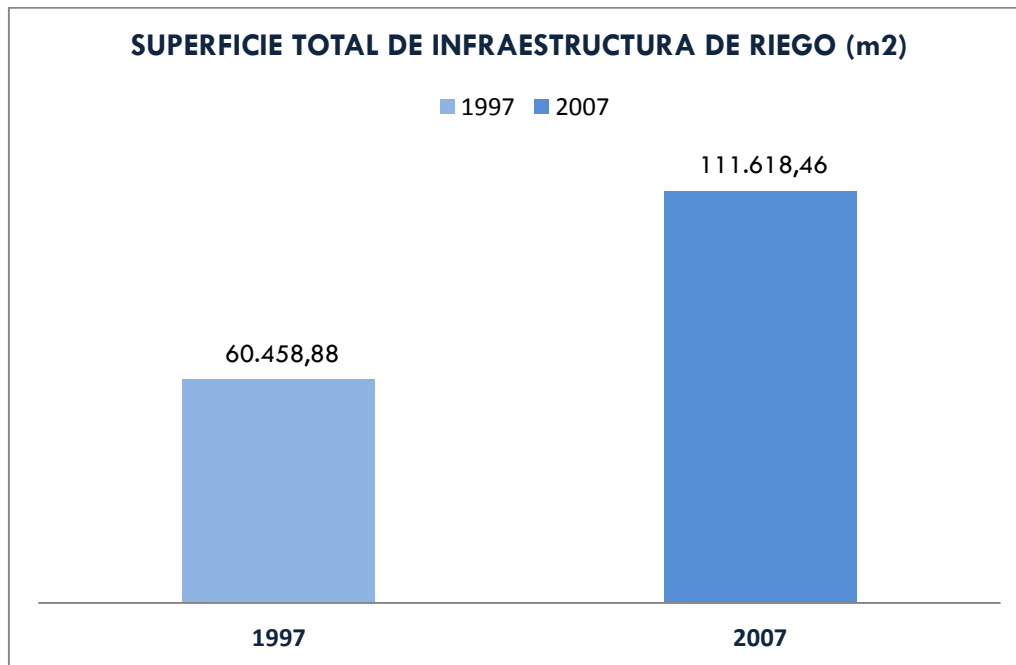
Para el año 2007, se identificó un total de 48 reservorios y 6 canales subdivididos en 35 tramos de conducción. Así mismo, se evidencia una superficie total de infraestructura de riego de 11,16 ha con aumento del 45,83% con respecto a 1997, una capacidad de carga mínima de 446.473,85 m³ y una máxima de 892.947,70 m³.

Ilustración 4 - Capacidad de Carga Total 2007



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

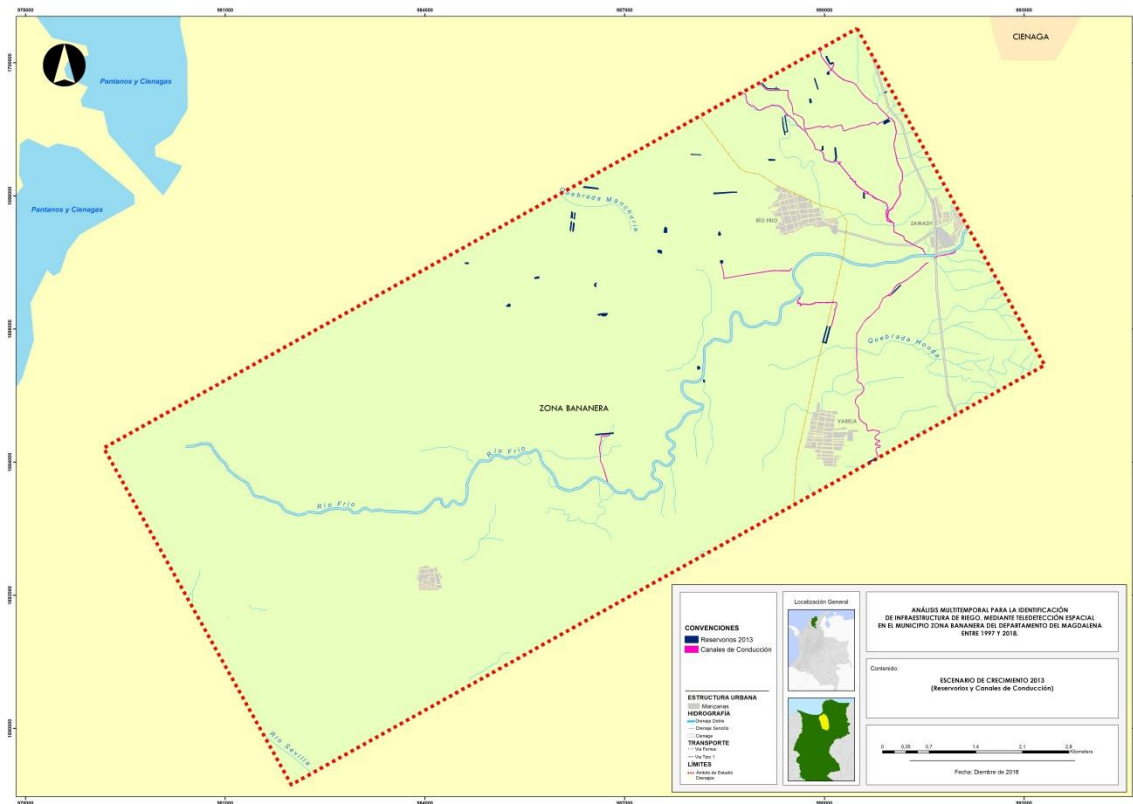
Ilustración 5 - Superficie Total 2007



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2013

Figura 17 - Escenario de Crecimiento 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 17 - Capacidad de Carga y Superficie Total 2013

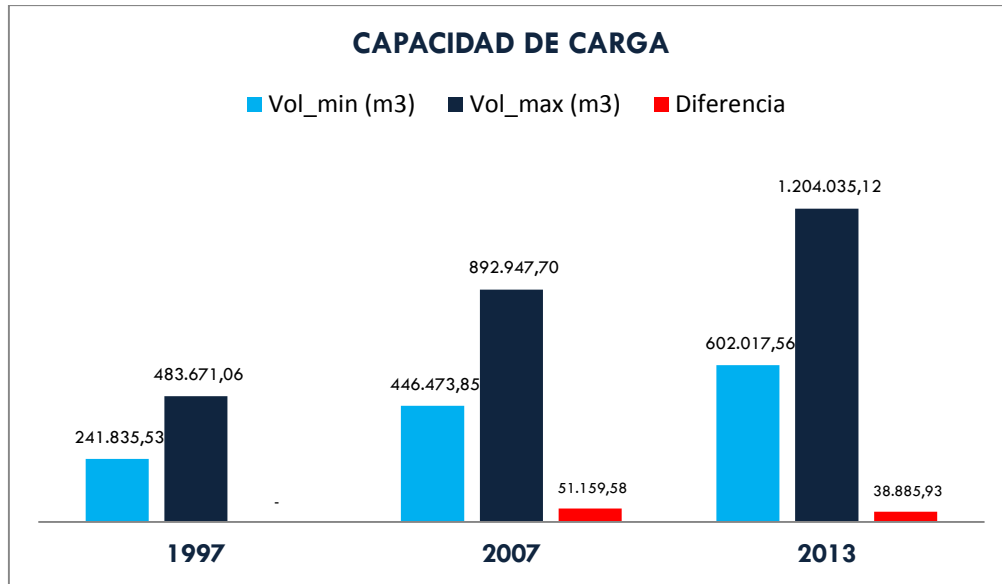
N°	Año	Área (ha)	Área (m2)	Vol_min (m3)	Vol_max (m3)	Diferencia	% Incremento
1	1997	6,05	60.458,88	241.835,53	483.671,06	-	-
2	2007	11,16	111.618,46	446.473,85	892.947,70	51.159,58	45,83%
3	2013	15,05	150.504,39	602.017,56	1.204.035,12	38.885,93	25,84%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

El año 2013 presenta 37 reservorios, 11 menos que el año 2007, y 7 canales subdivididos en 43 tramos de conducción. Estas pérdidas pudieron presentarse a causa del fenómeno de “El Niño” en el año 2009, para entonces el fenómeno captó muy bien la señal típica de “El Niño” en las regiones Andina y Caribe, donde se presentó una condición deficitaria de agua. (IDEAM, 2014). No obstante, este escenario de crecimiento presenta un incremento del 25,84% en la superficie total

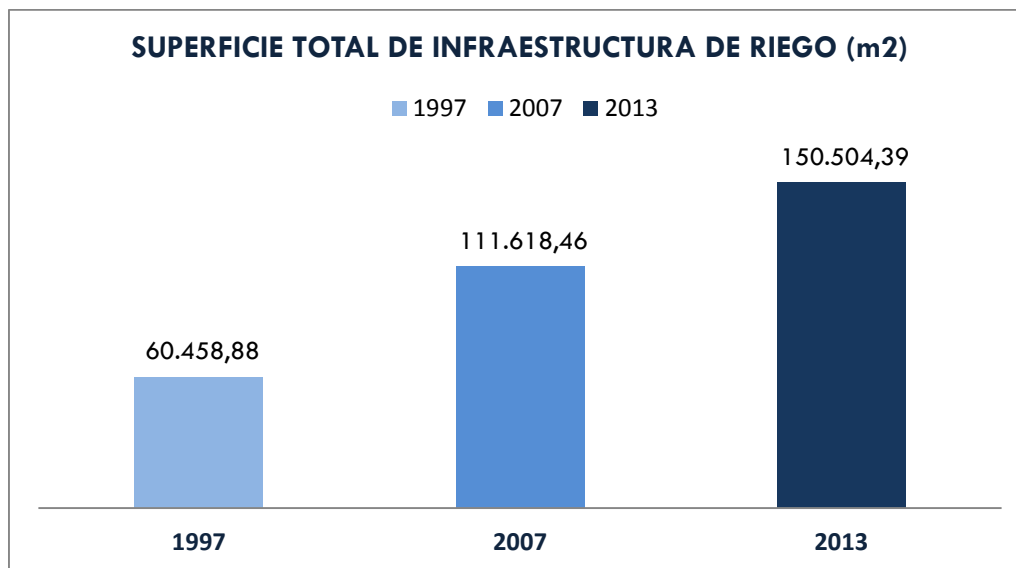
de infraestructura de riego con relación al escenario inmediatamente anterior, con una capacidad de carga mínima de 602.017,56 m³ y una máxima de 1.204.035,12 m³.

Ilustración 6 - Capacidad de Carga 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

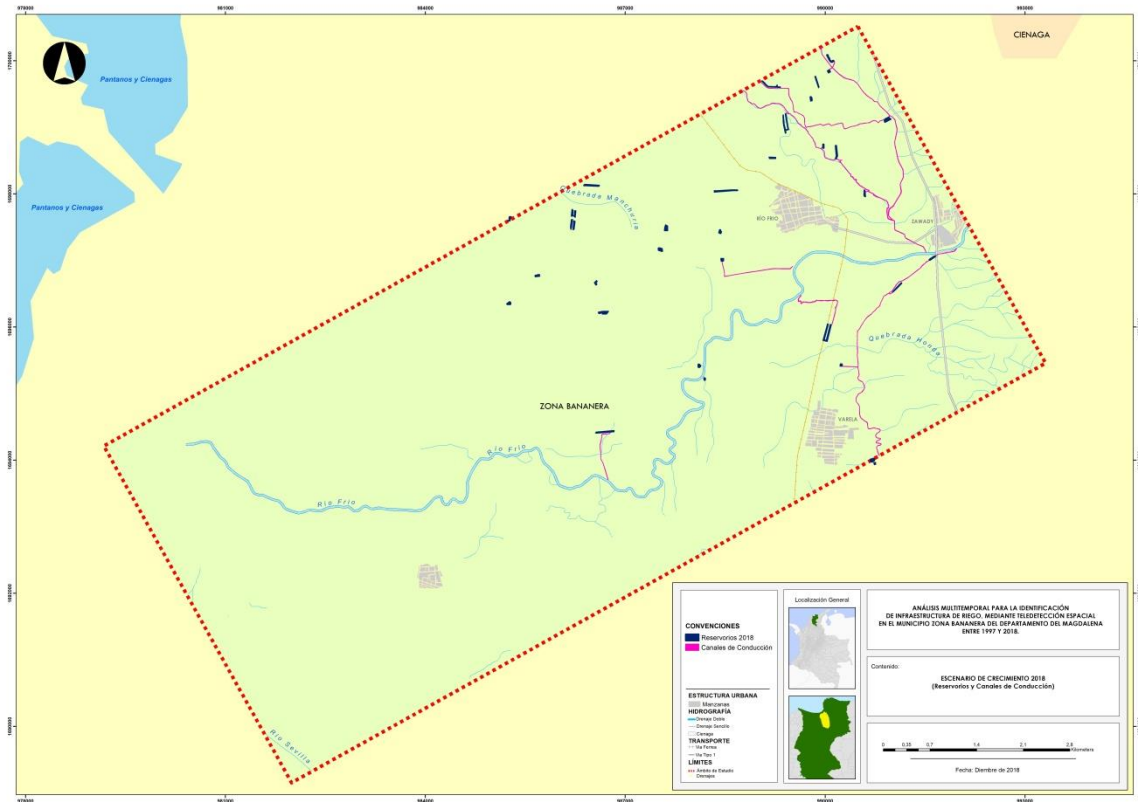
Ilustración 7 - Superficie Total 2013



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ESCENARIO DE CRECIMIENTO 2018

Figura 18 - Escenario de Crecimiento 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

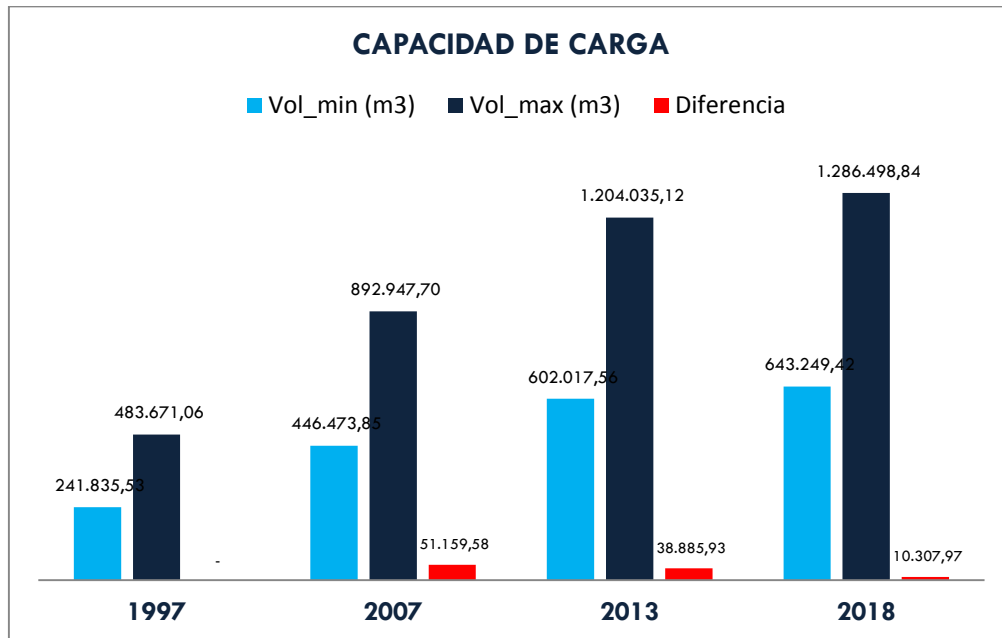
Tabla 18 - Capacidad de Carga y Superficie 2018

N°	Año	Área (ha)	Área (m ²)	Vol_min (m ³)	Vol_max (m ³)	Diferencia	% Incremento
1	1997	6,05	60.458,88	241.835,53	483.671,06	-	
2	2007	11,16	111.618,46	446.473,85	892.947,70	51.159,58	45,83%
3	2013	15,05	150.504,39	602.017,56	1.204.035,12	38.885,93	25,84%
4	2018	16,08	160.812,36	643.249,42	1.286.498,84	10.307,97	6,41%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

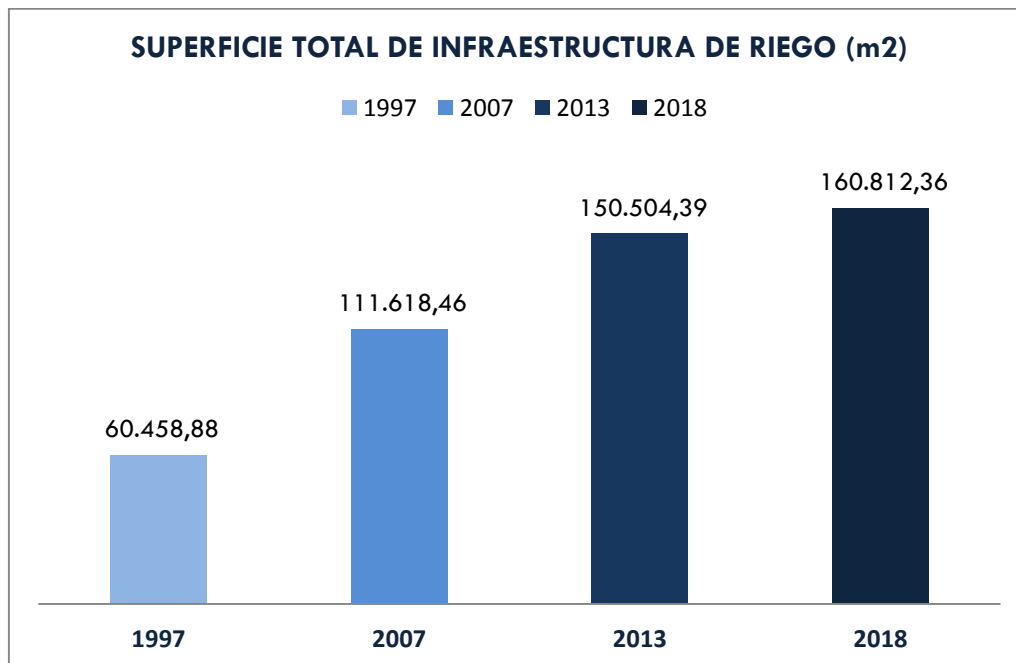
Para el año 2018, se identificó un total de 40 reservorios y 7 canales subdivididos en 46 tramos de conducción. Así mismo, se evidencia una superficie total de infraestructura de riego de 16,08 ha con aumento del 6,41% con respecto a 2013, una capacidad de carga mínima de 643.294,42 m³ y una máxima de 1.286.498,84 m³.

Ilustración 8 - Capacidad de Carga Total 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 9 - Superficie Total 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018.



CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos se evidencia que entre los años 1997 y 2018 se presentan cambios significativos en un área aproximada de 7499,6 Ha a lo largo del Río Frío, la superficie de terreno destinada a infraestructura de riego, como reservorios y canales de conducción, aumentó en 10,04 Ha, pasando de 6,05 Ha a 16,08 Ha. Por otro lado la capacidad de carga máxima del sistema aumentó en 802.827,78 m³, pasando de 483.671,06 m³ a 1.286.498,84 m³. Este desarrollo se pudo haber visto influenciado por el crecimiento económico y social del sector, además de la marcada vocación del suelo.

Esta metodología pudo evidenciar la toma de grandes cantidades de agua del Río frío por medio de canales que abastecen reservorios en toda el área de estudio, sin embargo, existen reservorios a los que no fue posible identificar mediante la teledetección espacial, la fuente de abastecimiento principal dadas las características de las imágenes disponibles. Así bien, gracias a la información de drenajes sencillos a escala 1:25.000, se puede contemplar la posibilidad de carga del sistema mediante drenajes torrenciales, teniendo en cuenta que la mayoría de estos reservorios se encuentran en el tramo final de estos mismos.

Otra posibilidad de conducción de agua proveniente del Río Frío es aquella realizada mediante redes de acueducto. Cabe resaltar que los costos de operación de este sistema son elevados conociendo los volúmenes de agua que demanda la vocación del suelo del municipio en general.



BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Zona Bananera . (2012). *PLAN MUNICIPAL PARA LA GESTION DEL RIESGO DE EMERGENCIAS Y DESASTRES*. Zona Bananera.

ESRI. (2015). *ESRI*. Recuperado el 2018, de Clasificación de máxima verosimilitud:

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihood-classification-works.htm>

geocento.es. (2018). Recuperado el 15 de 10 de 2018, de <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>

geocento.es. (2018). *geocento*. Recuperado el 14 de 10 de 2018, de <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-5/>

IDEAM. (2010). *IDEAM*. Recuperado el 2018, de

http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762

IDEAM. (2014). Recuperado el 2018, de Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico.:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Actualizacion+Modelo+Institucional+El+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf/02f5e53b-0349-41f1-87e0-5513286d1d1d>



INEGI. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 10 de 27 de 2010, de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/>

Londoño Ardila, J. H. (2016). *Suelos afectados por sales en la Zona Bananera de Santa Marta*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). *Sistema de información geográfica municipal* .

Plan de Desarrollo Municipal Zona Bananera. (2016). *Plan de Desarrollo*. Zona Bananera.

Secretaría de Planeación. (2001). *PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO ZONA BANANERA*. Prado, Sevilla.