

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA LA RECUPERACIÓN DE TIERRAS
BALDÍAS OCUPADAS INDEBIDAMENTE EN EL COMPLEJO CENAGOSO LA
ZAPATOSA**

**JOSÉ ALEJANDRO AYA CASTAÑEDA
ERNESTO NIEVES MURCIA**



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

**ANALISIS MULTITEMPORAL PARA LA RECUPERACION DE TIERRAS
BALDIAS OCUPADAS INDEBIDAMENTE EN LA CIENAGA LA ZAPATOSA**

**JOSÉ ALEJANDRO AYA CASTAÑEDA
ERNESTO NIEVES MURCIA**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios,
Por acompañarnos todos los días.

Expresar nuestros más sentidos agradecimientos al apoyo brindado por nuestras familias, para continuar con nuestra formación académica y el constante crecimiento profesional, y a la Universidad de Manizales.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	7
INTRODUCCIÓN	10
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	12
1.1. DESCRIPCIÓN	12
1.2. DELIMITACIÓN	12
1.3. LOCALIZACIÓN	13
1.4. FORMULACIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. SISTEMAS DE INFORMACION	16
4.2. PROCESAMIENTO DIGITAL	17
4.3. ÁREAS DE RECUPERACIÓN INDEBIDAMENTE OCUPADAS	17
4.4. ANTECEDENTES	18
5. METODOLOGÍA	19
5.1. INFORMACION	19
5.2. PROCEDIMIENTO	21
5.2.1. Requisitos para la selección de imágenes	21
5.2.2. Descripción de las imágenes	21
5.2.3. Procesamiento Digital	22
6. RESULTADOS	25
6.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	25
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
7. CONCLUSIONES	31
8. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura. 1 Localización General	13
Figura. 2 Metodología.	19
Figura. 3 Imágenes Satelitales.	20
Figura. 4 Metadato de las Imágenes.	21
Figura. 5 Delimitación del área de trabajo.	22
Figura. 6 Clasificación Supervisada.	23
Figura. 7 Clasificación no supervisada.	24
Figura. 7 Conversión ráster a Vector.	25
Figura. 8 Análisis Multitemporal Ciénaga la Zapatosa.	26
Figura 9. Mapa temático en temporada de invierno.	27
Figura 10. Mapa temático en temporada de verano.	29

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Áreas totales en temporada de invierno.	28
Tabla 2. Áreas totales en temporada de verano.	30

GLOSARIO

Antrópica: se refiere a los efectos producidos por la acción del hombre.

Análisis Multitemporal: Análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las de coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas.

Bandas: Los sensores remotos cuentan con la capacidad de capturar información de la superficie terrestre simultáneamente en diferentes longitudes de onda, rangos espectrales, canales o bandas del espectro electromagnético, generalmente se captura información en longitudes de onda del espectro visible y el infrarrojo para aplicaciones de uso y cobertura de la tierra. La disponibilidad de información en diferentes bandas de una determinada superficie permite realizar diferentes análisis sobre las características de los fenómenos que en ella se presentan.

Cartografía: Ciencia, arte y técnica que trata de la representación de la Tierra a partir del estudio y definición de la secuencia de etapas y procesos necesarios para la visualización de un espacio geográfico en mapas, cartas y planos.

Cartografía digital: Este tipo de cartografía se sirve del uso de hardware y software especializado para la realización de una gran variedad de productos cartográficos, a partir de los principios del diseño asistido por computador (CAD) y las técnicas cartográficas para la creación de mapas, permitiendo desplegar y manipular los elementos cartográficos directamente en un computador.

Deslinde: Es un procedimiento agrario contemplado en la ley 160 de 1994, y su objeto es deslindar tierras propiedad de la Nación, tales como playas marítimas y fluviales, terrenos de baja mar, así como las islas, playones, madre viejas, lagos, lagunas y ciénagas.

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+): Sensor a bordo del satélite LandSat 7 que recoge la radiación solar reflejada o emitida por la tierra de la superficie terrestre en las longitudes de onda del Visible, el Infrarrojo y el Termal.

Ciénaga: zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente.

Cobertura Vegetal: Dentro de las categorías temáticas identificadas por el proyecto SIMCI durante el proceso de clasificación de las imágenes satelitales, el grupo de coberturas vegetales representa las áreas de vegetación tales como:

bosque primario y selva tropical, bosque secundario, rastrojos altos, rastrojos bajos, pastos y cultivos lícitos.

Clasificación Digital: Proceso por el que se asigna un píxel de una imagen multi-espectral a una de las categorías de la leyenda, generalmente sobre la base de similitudes entre valores numéricos que las definen.

Clúster: Se habla de clúster o conglomerado cuando los píxeles o elementos de una imagen tienden a formar grupos con similares condiciones espectrales. El agrupamiento automático no supervisado (clustering) pretende encontrar estos grupos espectrales idóneos como reflejo de los naturalmente existentes en la imagen.

Multiespectral: Una imagen satelital multiespectral es aquella que es generada a partir de los datos recolectados por un mismo sensor en más de una banda.

Playón: Superficies planas o casi planas, comprendidas entre las líneas de bajas aguas y donde llegan estas en mayor crecimiento. Son terrenos baldíos que periódicamente se inundan con las aguas de las ciénagas que lo conforman, o con las avenidas de los ríos, los cuales han venido siendo ocupados en forma común por los vecinos del lugar.

Ráster: Modelo de datos para el almacenamiento de imágenes constituido por una matriz de columnas y filas, donde cada celda de la matriz (píxel) es referenciada por sus coordenadas y se une a uno o más valores de atributos.

Sensores Remotos: Sistemas de detección y medida a distancia, generalmente empleados desde aeronaves o satélites, con los que se obtiene información meteorológica, oceanográfica, sobre la cubierta vegetal, etc. Para tales medidas se utilizan sistemas de detección activos y pasivos.

Sinergismo: Es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de estos, es decir cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente creando un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.

RESUMEN

El proyecto está orientado a analizar el cambio de área en el complejo cenagoso de la Zapatosa, ubicado en los departamentos del Cesar y Magdalena, para determinar el área a recuperar de tierras baldías ocupadas indebidamente en los años 2001 y 2009, con dos imágenes satelitales Landsat.

PALABRAS CLAVES: Análisis Multitemporal, Clasificación, Sinergismo, Imágenes Satelitales, Cambios Antrópicos.

ABSTRACT

The project aims to analyze the changing area, in the Zapatosa muddy complex, located in the departments of Cesar and Magdalena, to determine the area to recover unduly occupied wasteland in the years 2001 and 2009 with two Landsat satellite images

KEY WORDS: Multitemporal Analysis, Classification, Synergism, Satellite Images, Anthropic Changes.

INTRODUCCIÓN

El proceso de deslinde es un proceso agrario contemplado en la Ley 160 de 1994 y reglamentado por el Decreto 1465 del 10 de julio de 2013, no obstante, es importante precisar que este proceso se inició en vigencia del Decreto 2663 de 1994, y en el cual se practicó la diligencia de visita previa, pero con la entrada en vigencia del Decreto 1465 de 2013, la etapa probatoria y siguientes se amparan en él. En este decreto el artículo 41 establece que “El objeto de este procedimiento es deslindar las tierras de propiedad de la Nación, en especial los baldíos y los bienes de uso público de aquellas que le son colindantes”. Posteriormente en el artículo 42, numeral 1, 8, 10, 11 y 12 del mismo decreto establece que los bienes objetos de este procedimiento son “1. Los bienes de uso público tales como las playas marítimas y fluviales, los terrenos de bajamar, los ríos y todas las aguas que corren por sus cauces naturales, así como sus lechos, a excepción de aquellos que según lo dispuesto en el inciso 2° del artículo 677 del Código Civil, sean considerados como de propiedad privada”, “8. Las islas, playones y madre viejas desecadas de los ríos, lagos, lagunas y ciénagas de propiedad nacional a que hace referencia el inciso 5° del Artículo 69 de la Ley 160 de 1994”, “10. Los lagos, lagunas, ciénagas, humedales y pantanos de propiedad de la Nación”, “11. Las tierras desecadas por medios artificiales y otras causas, cuyo dominio no corresponda por accesión u otro título a particulares” y “12. Los playones a que se refieren los Artículos 13 de la Ley 97 de 1946 y 14 del Decreto 547 de 1947”, entre otros.

Es necesario enunciar que el mismo decreto estipula en sus definiciones en el Artículo 4, inciso primero que los Playones Comunales “son los terrenos baldíos que periódicamente se inundan con las aguas de las ciénagas que los forman, o con las avenidas de los ríos, los cuales han venido siendo ocupados tradicionalmente y en forma común por los vecinos del lugar”. Adicionalmente, en el inciso cuarto se define que Playas Fluviales “Son las superficies planas o casi planas comprendidas entre la línea de las bajas aguas de los ríos y aquellas donde llegan éstas ordinariamente en su mayor crecimiento”.

Los sectores denominados playones son zonas que normalmente están sujetas a inundaciones periódicas que, como en el caso de las Ciénagas que conforman la cuenca de la Depresión Momposina, en un ciclo anual normal pueden presentar dos temporadas de anegación. El conjunto de ciénagas de la denominada Depresión Momposina son zonas de desbordamiento de las aguas originadas aguas arriba a todo lo largo de la cuenca del río Magdalena. En términos de los teóricos en el tema de los humedales, entre los cuales se encuentran las ciénagas, ésta clase de cuerpos de agua tiene una importancia en cuanto a la regulación de los caudales de los ríos y son, adicionalmente, importantes espacios de biodiversidad. En esos mismos documentos, que han sido elaborados dentro

del marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional RAMSAR y al que Colombia está suscrita, los humedales son ecosistemas que no pueden ser considerados ni exclusivamente acuáticos ni exclusivamente terrestres en virtud a que durante una fracción del año están ocupados por agua y en la otra no lo están. En ese sentido, gracias al Decreto 2663 de 1994, derogado por el Decreto 1465 de julio 10 de 2013, el Estado Colombiano estableció que los denominados playones comunales son espacios que no pueden ser adjudicables. Los playones comunales son precisamente aquellos sectores de las ciénagas sobre los que se presentan las inundaciones y que en consecuencia, bajo condiciones de precipitación normal, se comportan parte del año como ecosistemas acuáticos y parte del mismo como ecosistemas terrestres.

El IGAC (1971) indica que los ríos Cesar e Ariguaní, “forman la laguna de la Zapatosa que tiene una extensión aproximada de 40.000 hectáreas y está rodeada de una zona pantanosa de 15.000 has”, lo que arrojaría un total aproximado de 550 Km². Aguilera (2011)(P:10) reporta que el Complejo Cenagoso de La Zapatosa tiene una extensión de 360 Km² y llega hasta 500 Km² en época de invierno. El resultado de la presente diligencia de inspección ocular establece una extensión de 102799 hectáreas más 4838 m² cuando la inundación llega a su máximo bajo condiciones normales.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCION

Existe un problema general que se evidencia en todos los cuerpos de agua cenagoso del país para determinar el área original y poder realizar el levantamiento topográfico de los complejos cenagosos, antes de la intervención antrópica, que por décadas ha afectado la dinámica de los cuerpos de agua aledaños a las zonas de amortiguación de las cuencas hidrográficas del nivel del río Cesar principal afluente del complejo cenagoso de la Zapatosa, en épocas de lluvias y como ésta se ve reflejada en el cambio de la utilización de zonas de conservación y explotación de manera comunal.

Sobre este espacio natural se han realizado actuaciones antrópicas que han modificado substancialmente los patrones de drenaje y acumulación de volúmenes de agua en el sistema, es así como este sistema se reconoce como un sistema no estacionario, evolucionando rápidamente por la acción combinada de los procesos naturales y de un sinnúmero de obras civiles que han buscado adecuar zonas para uso agrícola o protección de asentamientos humanos. Para darle solución como una forma de recuperar tierras “baldías”, para incorporarlas a la actividad agrícola transitoria.

Debido a estos problemas, la misma comunidad se hace vulnerable a fenómenos naturales como precipitación e inundaciones de zonas que en otros tiempos no eran inundables y actualmente si, y aquellas zonas que eran inundables ya no lo son, generando desplazamientos eventuales de los habitantes de estos sectores; convirtiéndose en un desafío para los entes territoriales como las alcaldías, corporaciones autónomas, ICA, IDEAM, etc;

1.2. DELIMITACIÓN

Es un problema general que se evidencia en todos los cuerpos de agua cenagoso del país y este será un caso piloto para determinar el área a deslindar y recuperar. La ubicación del complejo cenagoso la Zapatosa está localizada en los departamento del Cesar y Magdalena específicamente en los municipios de Chimichagua Chiriguana, Curumani y Tamalameque en el departamento del Cesar y el Municipio del Banco Magdalena.

1.3. LOCALIZACIÓN

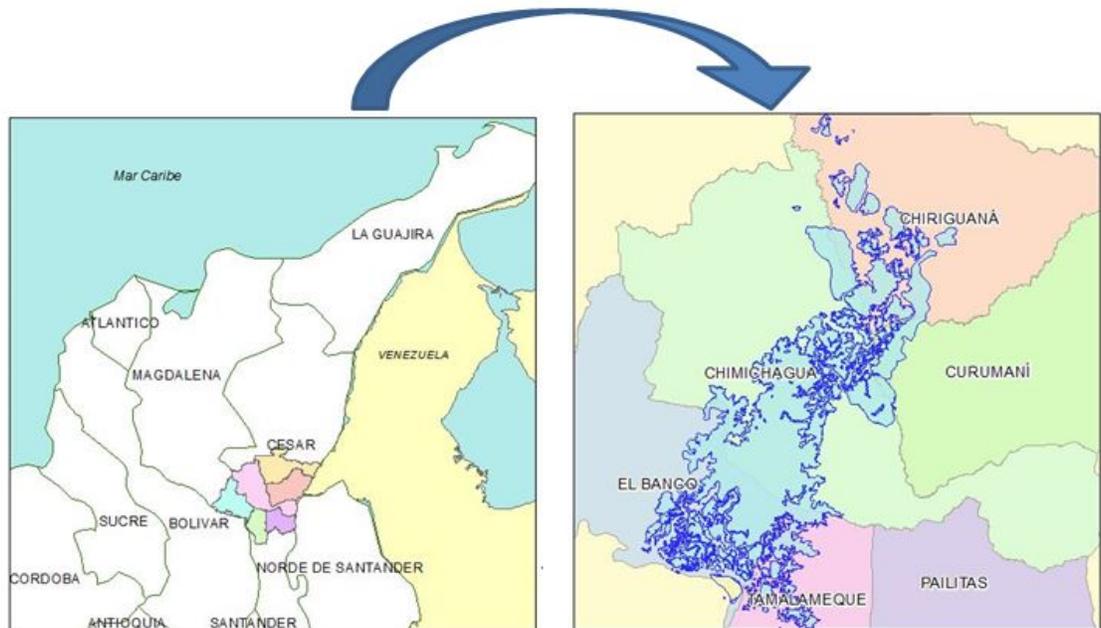


Figura. 1 Localización General

1.4. FORMULACIÓN

¿Cómo determinar el área original del Complejo Cenagoso la Zapatosa, antes de la intervención antrópica que ha afectado la dinámica de los cuerpos de agua y las zonas de amortiguación propias de la Ciénaga?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el área original a deslindar y recuperar del Complejo Cenagoso la Zapatosa, afectada en las zonas de amortiguación de la cuenca hidrográfica del río Cesar en época de fuerte precipitación, a través de un análisis multitemporal de imágenes de satélite.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los predios que se encuentran aledaños e intervienen directamente a los cuerpos de agua conformados por el complejo cenagoso de la Zapatosa.
- Determinar el área que se debe recuperar en procesos agrarios específicamente al proceso de deslinde reglamentado por la ley 160 del 1994.
- Determinar y realizar un seguimiento de control al uso y ocupación indebida del suelo.
- Identificar los asentamientos humanos alrededor de Complejo Cenagoso la Zapatosa.

3. JUSTIFICACIÓN

La adecuación de extensas áreas con miras al establecimiento de la agricultura comercial ha sido impulsada por la construcción de obras de infraestructura; éstas han modificado drásticamente el aporte hídrico procedente de las aguas de escorrentía (afluentes laterales de la cuenca), aguas de precipitación y las aguas de los desbordes del río Cesar.

A través del tiempo la intervención de la comunidad y ocupantes aledaños al complejo cenagoso ha generado un cambio del ecosistema tanto en su flora y fauna; afectando de manera local la dinámica de la cuenca y como esta se ve reflejada en el cambio de la utilización de zonas de conservación y explotación de manera comunal, dicha afectación se manifiesta en la disminución del área inundable del sistema, al ser incorporadas a la agricultura comercial extensas áreas anteriormente anegables y pertenecientes a predios propiedad de la nación.

Existen varios estudios con enfoque económico, social y cultural acerca de Complejo Cenagoso la Zapatosa; sobre este espacio natural se han realizado actuaciones antrópicas que han modificado substancialmente los patrones de drenaje y acumulación de volúmenes de agua en el sistema, es así como se reconoce como un sistema no estacionario, evolucionando rápidamente por la acción combinada de los procesos naturales y de un sinnúmero de obras civiles que han buscado adecuar zonas para uso agrícola o protección de asentamientos humanos.

Debido a estos problemas, la misma comunidad se hace vulnerable a fenómenos naturales como precipitación e inundaciones de zonas que en otros tiempos no eran inundables y actualmente si, y aquellas zonas que eran inundables ya no lo son, generando desplazamientos eventuales de los habitantes de estos sectores; convirtiéndose en un desafío para los entes territoriales como las alcaldías, corporaciones autónomas, ICA, IDEAM, entre otros; para darle solución a esta problemática.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. SISTEMAS DE INFORMACION

Desde tiempos antiguos el hombre se avisto en la necesidad de crear, inventar e innovar, en artefactos o herramientas que permitan facilitar el estudio de grandes áreas de la superficie terrestre, es por ello que nacieron los sensores remotos que son artefactos que el hombre ha enviado a la órbita espacial para capturar información del a tierra, y atreves de estos datos capturados tomar decisiones ya sean políticas administrativas de infraestructura, y de prevención y mitigación de riesgos ecológicos, ecosistémicos, humanos entre otros. Gracias a ello existen en la actualidad técnicas para la interpretación de imágenes satelitales que permiten realizar cientos de estudios al uso del suelo, asentamientos humanos y de infraestructura.

Para el presente estudio multitemporal se han consultado varios tesis, revistas científicas y textos especializados en análisis multitemporal de imágenes multiespectrales para tener de base en el desarrollo del resultado que se quiere obtener, aplicando la mejor metodología y la más económica, para realizar este plan piloto en Complejo Cenagoso la Zapatosa, y aplicarlo luego a distintos casos que se presentan en el país con las mismas problemáticas de esta ciénaga, pues son un común denominador en todas ellas.

Experiencias de países como España y Argentina, en donde se han realizado estudios de análisis multitemporal, la evolución de la masa es un tema crítico para entender las condiciones de la misma en el pasado y su potencial futuro en un contexto de cambio climático global. Por ejemplo, para analizar las condiciones del bosque de áreas incendiadas o para analizar la regeneración del mismo después de un incendio, en varias localizaciones en el centro y sur de la península Ibérica.

En Colombia se han encontrado análisis multitemporal mediante imágenes Landsat como es el caso del estudio: cambio de área laderas de la ciénaga de Tumaradó, parque natural los Katíos o el análisis multitemporal del uso y cobertura del suelo en el municipio de Manaure, Implementando imágenes Landsat.

Estás imágenes permiten determinar cambios de cobertura, desde la estimación de pérdida de suelo, hasta los cambios que sufren las coberturas vegetales como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico. Los análisis realizados tienen el propósito de evaluar, delimitar y monitorear el estado y condición de los recursos naturales por medio del procesamiento digital de imágenes, el cual emplea como insumo las imágenes satelitales.

4.2. PROCESAMIENTO DIGITAL

Son técnicas orientadas a la manipulación, análisis cualitativo y cuantitativo de imágenes digitales, su corrección, transformación y clasificación temática con el fin de generar nueva información sobre áreas.

Con respecto a las correcciones se tienen en cuenta los procesos de eliminación de anomalías ya sean de localización o por niveles digitales de los píxeles que forman la imagen, en las cuales se encuentran las correcciones radiométricas y geométricas. Para los realces y mejoras de las imágenes, están los ajustes de contraste, el Pseudo-color, las composiciones en color, la transformación de HSI, Transformación de tono, saturación e Intensidad, así como los cambios de escala.

Posteriormente está el procesamiento de la imagen, que no son más que operaciones dirigidas a crear bandas artificiales a partir de combinaciones entre bandas originales; es decir dirigidas hacia la clasificación temática, ya sea visual o digital.

4.3. ÁREAS DE RECUPERACIÓN INDEBIDAMENTE OCUPADAS

Históricamente, las inundaciones en los playones de la Zapatosa se presentan entre los meses de mayo y junio y posteriormente entre los meses de octubre a diciembre e incluso desde septiembre. Sin embargo, debido a los cambios en el clima, las inundaciones pueden cambiar en intensidad y en frecuencia. Es así que los playones son zonas aledañas a un espejo de agua que están sujetas a inundaciones de intensidad variable. En la Ciénaga de La Zapatosa las dos temporadas de inundaciones ocurren bajo condiciones climáticas normales gracias a la combinación de aguas provenientes de los caudales del río Grande de La Magdalena y sus afluentes, especialmente del río Cesar y sus afluentes, las aguas de precipitación locales de tipo convectivo, así como los caudales de caños y ríos de los municipios cercanos al complejo cenagoso que depositan sus aguas en ella. El complejo cenagoso de la Zapatosa también recibe la influencia de aguas provenientes de la Serranía del Perijá principalmente en el municipio de Curumaní, como es el caso de la Quebrada Quebradientes cuyas aguas desembocan en la ciénaga a la altura de Hoja Ancha. Las mayores precipitaciones en la zona se presentan entre los meses de abril y en octubre y obedecen a la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical que rige para Colombia y que determina el régimen bimodal de lluvias.

Por ser zonas inundables en las que las aguas pueden llegar a permanecer inclusive tres meses seguidos y hasta cuatro meses sumando las dos temporadas, los playones no pueden ser exclusivamente enmarcados, ni dentro de los

ecosistemas de tierras altas ni como ecosistemas acuáticos, sino como ecosistemas intermedios que presentan características duales. En las siguientes secciones, se presentan sus características en aspectos de vegetación, suelos y uso de los mismos.

4.4. ANTECEDENTES

En base a lo anterior se quiere conocer cuál ha sido la influencia antrópica en la ladera de la ciénaga, en un periodo de más de diez años.

Diferentes estudios se han realizado a partir de imágenes satelitales con el objetivo de realizar un análisis multitemporal, debido a sus aplicaciones. Estas imágenes permiten determinar cambios de cobertura, como desde la estimación de pérdida de suelo, hasta los cambios que sufren las coberturas vegetales como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico.

En Colombia diferentes universidades, han realizado trabajos sobre usos del suelo con las imágenes satelitales. Algunos de los trabajos:

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se realizó el trabajo de postgrado titulado Evaluación y Análisis Multitemporal de la Deforestación de la Amazonia Colombiana, el cual cuantificó la deforestación en la región (Arciniegas, Garzón, Melo y Serrano.1999).

La Universidad del Valle realizó en 1998 un estudio demostrativo sobre coberturas y cambios de uso del suelo en la región de Buenaventura, Colombia mediante un Análisis multitemporal con imágenes Landsat TM de 1986 y 1997, el proyecto permitió identificar dinámicas de intervención de la cobertura vegetal y patrones de expansión urbana en la zona (Universidad del Valle, 1998).

Diferentes países en el mundo utilizan las imágenes para realizar análisis multitemporales, en 1999 el ministerio de obras y servicios públicos de la provincia de Buenos Aires en Argentina, realizó la investigación titulada análisis Multitemporal de las Inundaciones en la provincia de Buenos Aires – Evento El Niño 1978-1998 (Calvanese, 1999). Otros dos trabajos referencia para el presente estudio son: Evaluación de metodologías de detección de cambios del uso del suelo a través del análisis digital multitemporal de imágenes satelitales Landsat TM en la IX Región, Chile.”2001) y Determinación de Usos del Suelo mediante análisis multitemporal de imágenes Landsat en los Oasis de la Provincia de Mendoza Argentina. (1999).

5. METODOLOGÍA

La figura 2 muestra la ruta metodológica seguida para la realización de este proyecto.

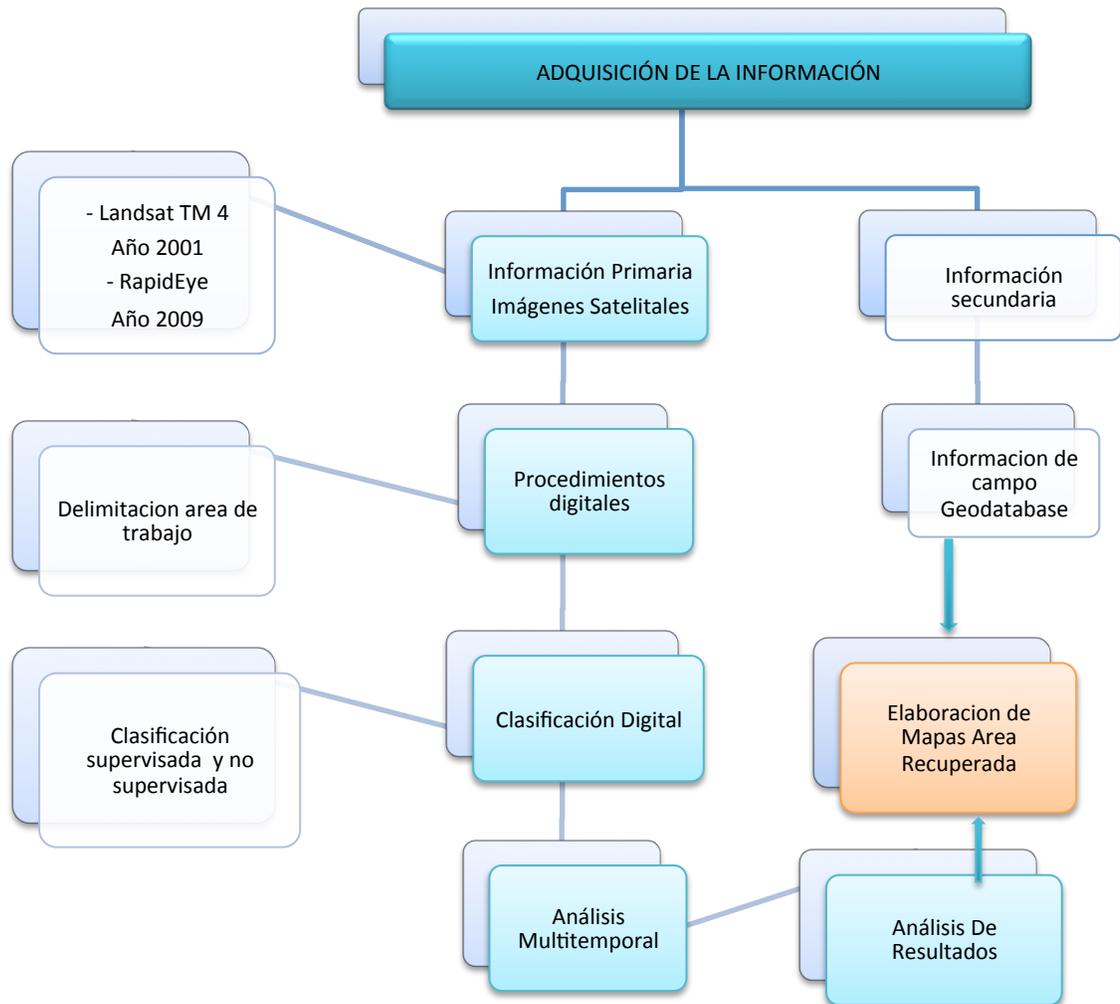


Figura. 2 Metodología.

5.1. INFORMACION

En la etapa inicial de la metodología se requiere establecer el método de la toma la adquisición de la información primaria y secundaria, correspondientes a las imágenes satelitales e información complementaria para el proyecto. Se generaron mejoramientos a las imágenes seleccionadas en busca de poder procesarlas en el software ERDAS, así poder combinar las bandas preliminares, que permitan

mejorar la interpretación visual. Una vez valorada la calidad de la información de las imágenes, se realiza la clasificación supervisada.

La clasificación de imágenes de satélite permite delimitar áreas y coberturas para hacer una interpretación, basándose en la manipulación numérica de las imágenes, se pueden interpretar y clasificar los números digitales que representa cada píxel y convertirlos a un lenguaje que pueda manipular y trabajar en diferentes realces, con este método lograr un mapeo diferente.

Los métodos tradicionales de clasificación involucran dos alternativas, el método no supervisado y el supervisado. El primero crea agrupamientos espectrales o clusters en el cual se asocia una clase temática a cada uno de los grupos que se clasifico, de esta forma se pueden determinar cambio en las imágenes.

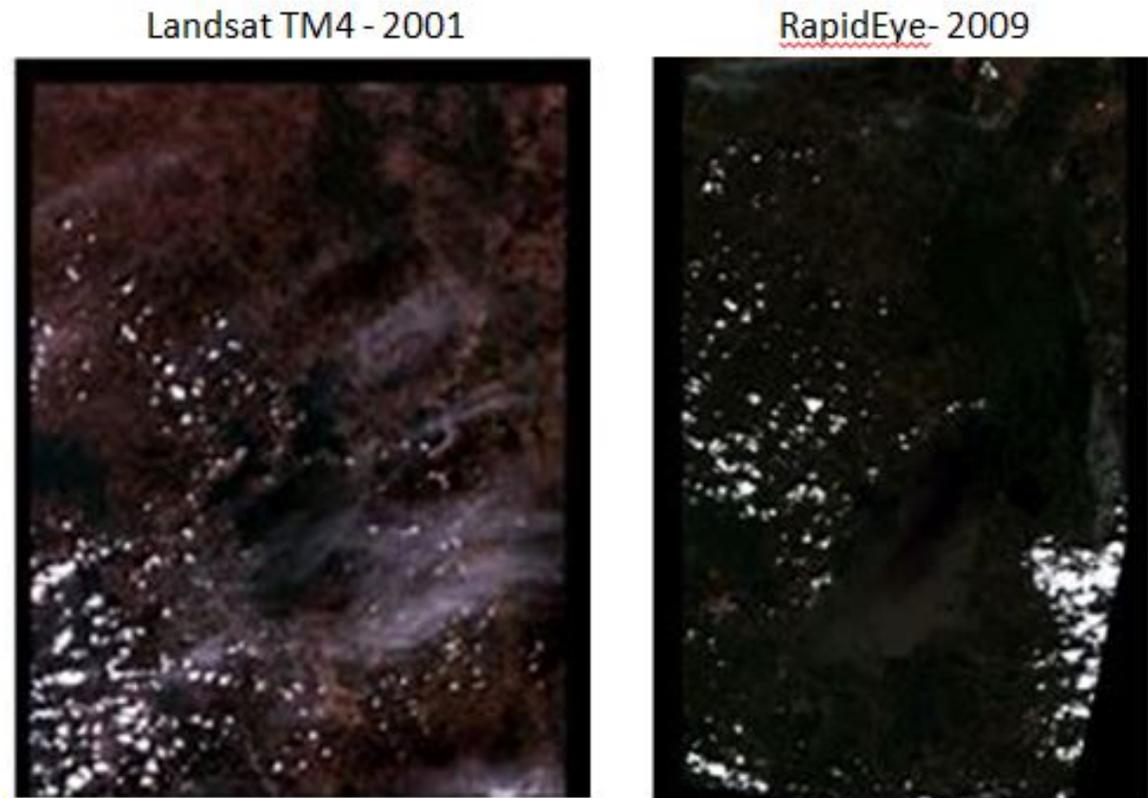


Figura. 3 Imágenes Satelitales.

5.2. PROCEDIMIENTO

5.2.1. Requisitos para la selección de imágenes

Los requerimientos que deben cumplir las imágenes son los siguientes:

- Fecha de toma. para este tipo de análisis resulta más conveniente, emplear tomas de imágenes capturadas en la misma época del año, preferiblemente en tiempo seco, para garantizar la correspondencia de los datos.
- Inclusión de las 6 bandas del espectro electromagnético (Azul, rojo verde, dos del infrarrojo cercano y una banda del medio).
- La presencia de imágenes no debe superar el 20% del cubrimiento de la imagen.
- Disponibilidad de los metadatos de cada imagen.

5.2.2. Descripción de las imágenes

- ID. Identificador único para cada insumo de acuerdo con el metadato.
- Path/Row. Está compuesto por dos números, Filas Y Columnas que indican la ubicación de la imagen satelital.
- Fecha de captura.
- Sensor. Identificación del sensor usado para generar la imagen.
- Dátum, proyección. Sistema de referencia para las imágenes.
- Formato de Almacenamiento.

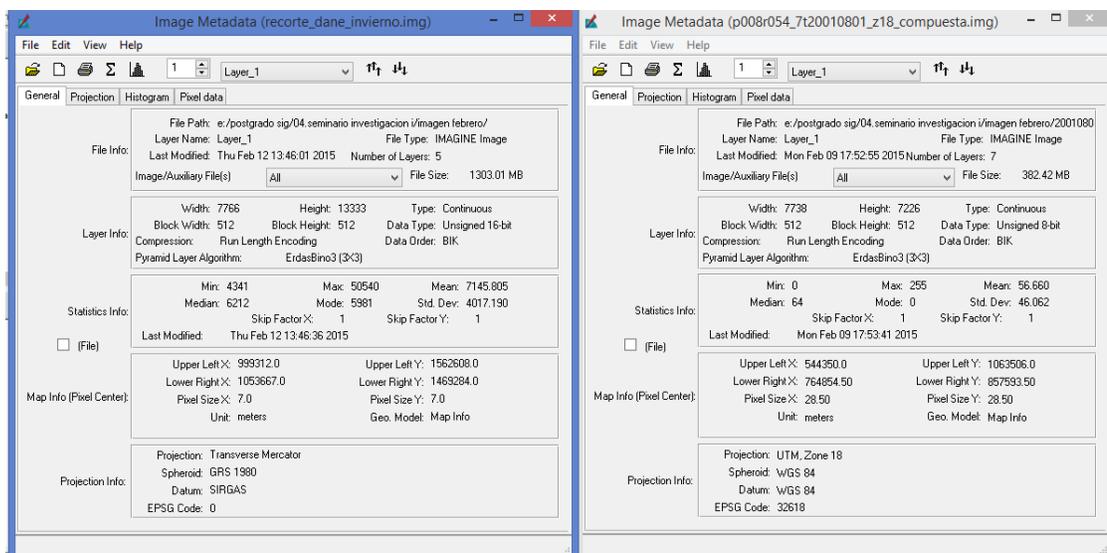


Figura. 4 Metadato de las Imágenes.

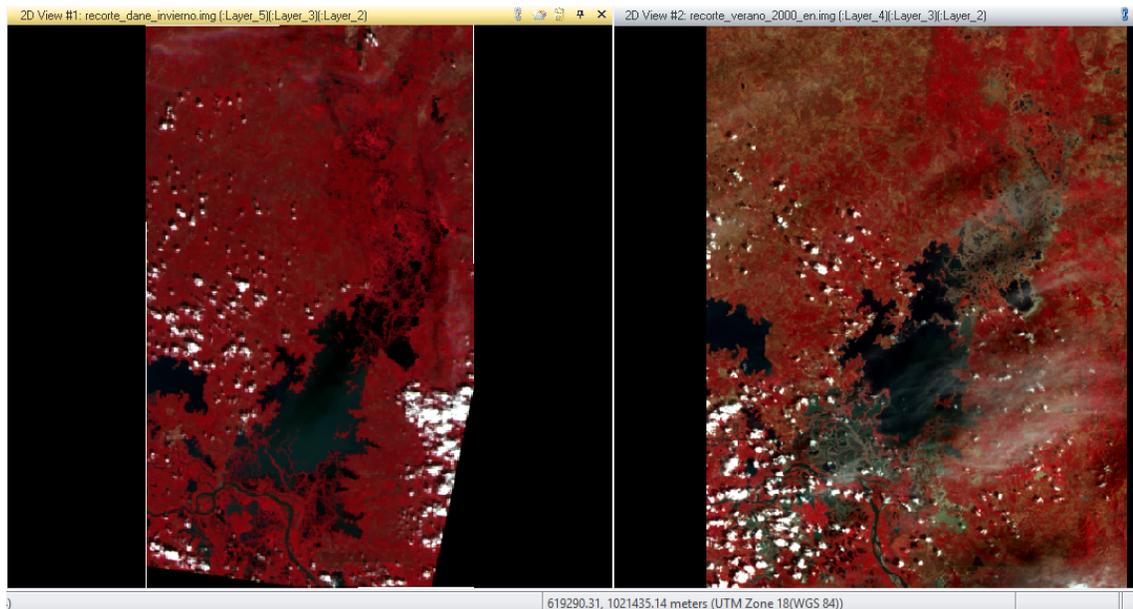


Figura. 5 Delimitación del área de trabajo.

5.2.3. Procesamiento Digital

En este grupo, se incluyeron aquellos procesos que se le realizaron a la imagen, antes de empezar a procesarla, con el fin de mejorar la manipulación y el análisis cuantitativo y cualitativo de las imágenes satelitales, se emplearon técnicas orientadas a realizar corrección, transformación, unión de bandas espectrales y clasificación, para generar nueva información sobre el área de interés o de estudio, empleando el software Erdas imagine 2011 y ArcGis 10.2, para la salida gráfica.

Layer stacking. Es un proceso en el cual se crea un nuevo archivo multibanda único de varias bandas de imágenes georeferenciadas de una misma zona, que pueden ser de diferentes tamaños de pixel, magnitudes y proyecciones. Este procedimiento es muy útil para unificar las bandas de una imagen, que tiene archivos separados como es usual.

Creación de Subregiones (recorte del área de estudio): Esta herramienta se refiere al fraccionamiento de un archivo grande en uno más pequeño, muchas veces los archivos contienen áreas más extensas que el área bajo estudio, de manera que esta función le permite agilizar tiempo de procesamiento sobre todo si se trabaja con datos multibanda.

Clasificación Digital: La clasificación es el proceso de ordenar los píxeles en un número de clases o categorías, basado en sus valores digitales, es decir si un píxel satisface un conjunto de características, este es asignado a esta clase o categoría, También se conoce como segmentación de la imagen.

Dependiendo del tipo de información que usted quiera extraer de los datos las clases se pueden asociar con características del terreno, representar áreas que se ven diferentes en el computador. Un ejemplo de una imagen clasificada es un mapa de cobertura vegetal, suelos desnudos, pastos, áreas urbanas. Estos procesos se pueden realizar de dos formas supervisada y no supervisada.

Clasificación supervisada: se determinaron en general 25 (veinticinco) clases espectrales, en el cual se seleccionó el píxel que representa rasgos del terreno que se identifican en las imágenes satelitales, para representar el tipo de información conocida y requerida para el análisis de la clasificación de las distintas coberturas, objeto de estudio del complejo cenagoso la Zapatosa. Éstas se recodificaron en nueve clases espectrales, para generar la sectorización de los polígonos en cada una de las imágenes utilizadas en el presente estudio.

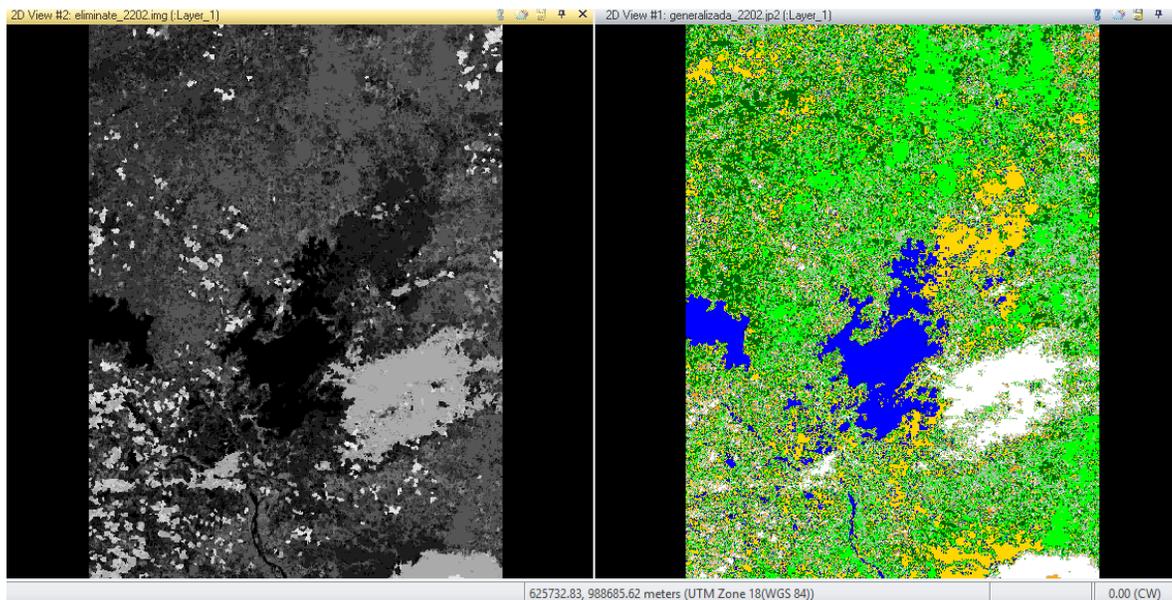


Figura. 6 Clasificación Supervisada.

Clasificación no supervisada: Este método es más automatizado se hacen conglomerados de píxeles con características espectrales similares y se clasifican las categorías reconocibles generadas por el programa, y una vez que se determinaron el número de clases, el umbral de cambio y el número de iteraciones se realiza la clasificación.

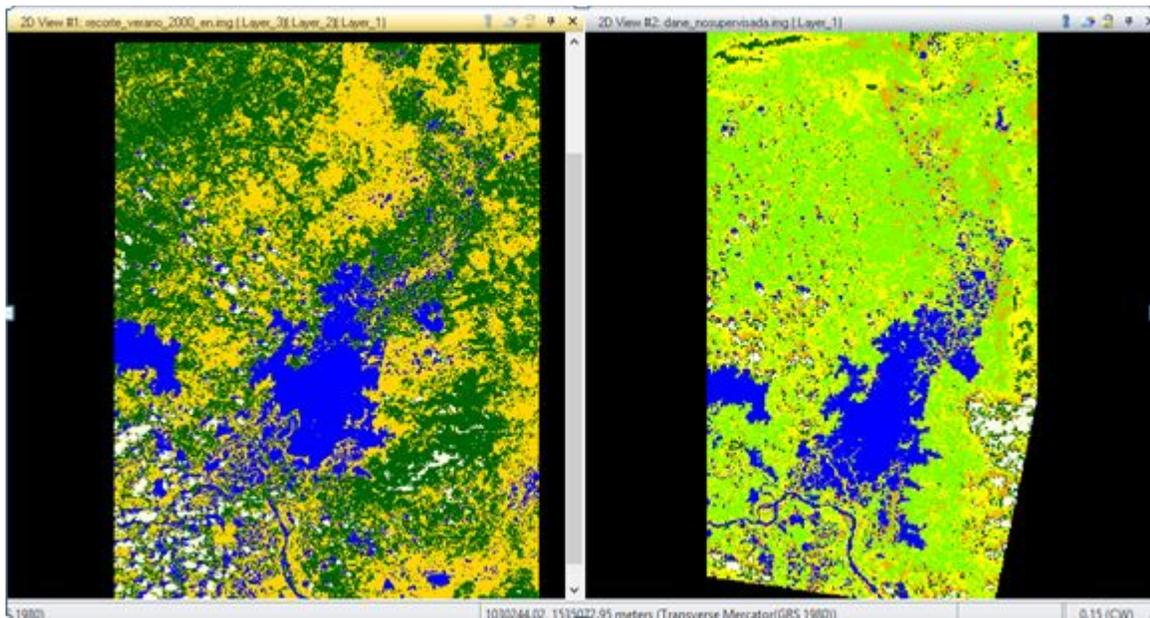


Figura. 7 Clasificación no supervisada.

Al obtener las imágenes de la misma zona en distintas fechas y realizar las comparaciones para hacer el seguimiento temporal, existe una correlación entre las dos imágenes y donde hay ausencia de esta, es donde se presentan las áreas de cambio. La información no común es el objeto de estudio para el complejo cenagoso la Zapatosa.

6. RESULTADOS

6.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Vectorización: Teniendo las capas ráster recodificadas se procedió a convertirlas a capa vector y se usaron como otra capa en una base de datos vectorial. Con esta herramienta se crea una capa de polígono usando los valores de contorno y un archivo de atributos que contiene el ID de la clase y otra información como longitud de polígono y área entre otras. La vectorización se hizo mediante software ArcGis 10.2.

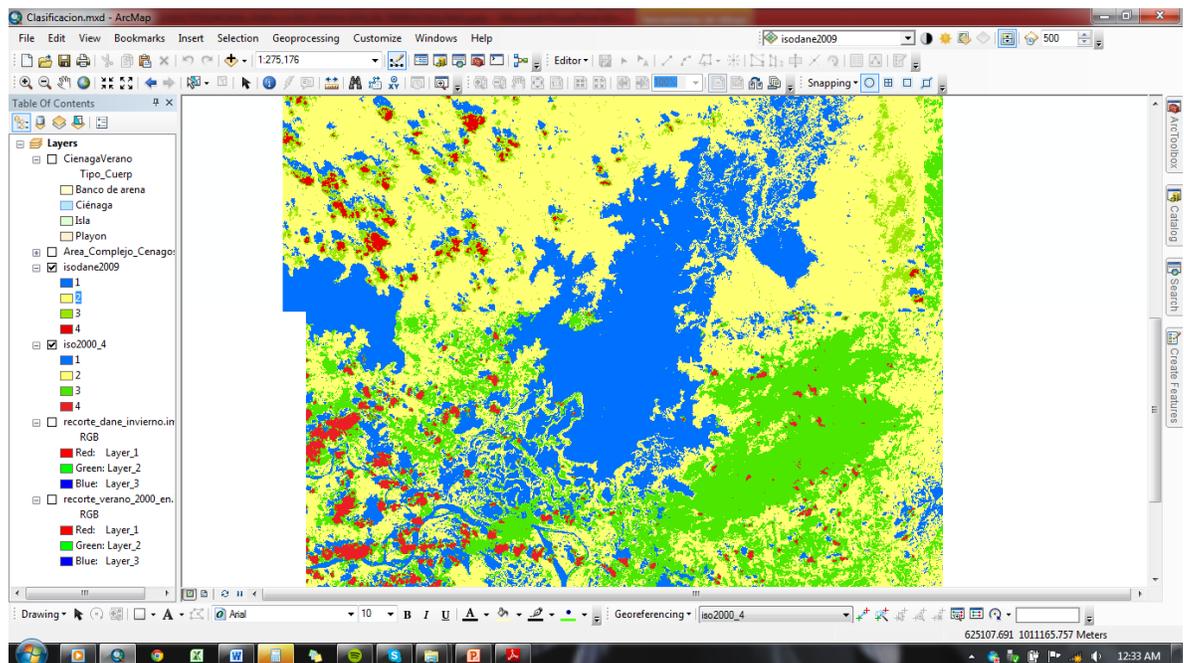


Figura. 7 Conversión ráster a Vector.

Análisis Multitemporal: Este tipo de procedimientos metodológicos tienen como objetivo fundamental la captura de datos tipo numérico y geográfico, para crear una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura del territorio, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales, el territorio es demarcado por el polígono del complejo cenagoso la Zapatosa.

En este tipo de estudio se evalúan los cambios que sufren las coberturas vegetales y en este caso ganancia o pérdida de área de la ciénaga como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico.

La mayor parte de los casos, la detección de cambios se realiza comparando, pixel a pixel, los niveles digitales de las distintas imágenes. Lo que involucra que ambas imágenes deben llenar requisitos de ajustes tales como

(georreferenciación, orto-rectificación, etc.), lo que permiten realizar el estudio y facilita una comparación objetiva.

Este tipo de análisis en los cambios en los usos del suelo, aportan información importante para la planificación, gestión territorial entre otros y la evaluación del impacto ambiental en determinadas zonas.

Uno de los aportes más destacados de la teledetección espacial al estudio de cobertura vegetal es su capacidad para seguir procesos que involucran cambios ya sean debidos al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o a alteraciones de tipo humano. Gracias al hecho de tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva.

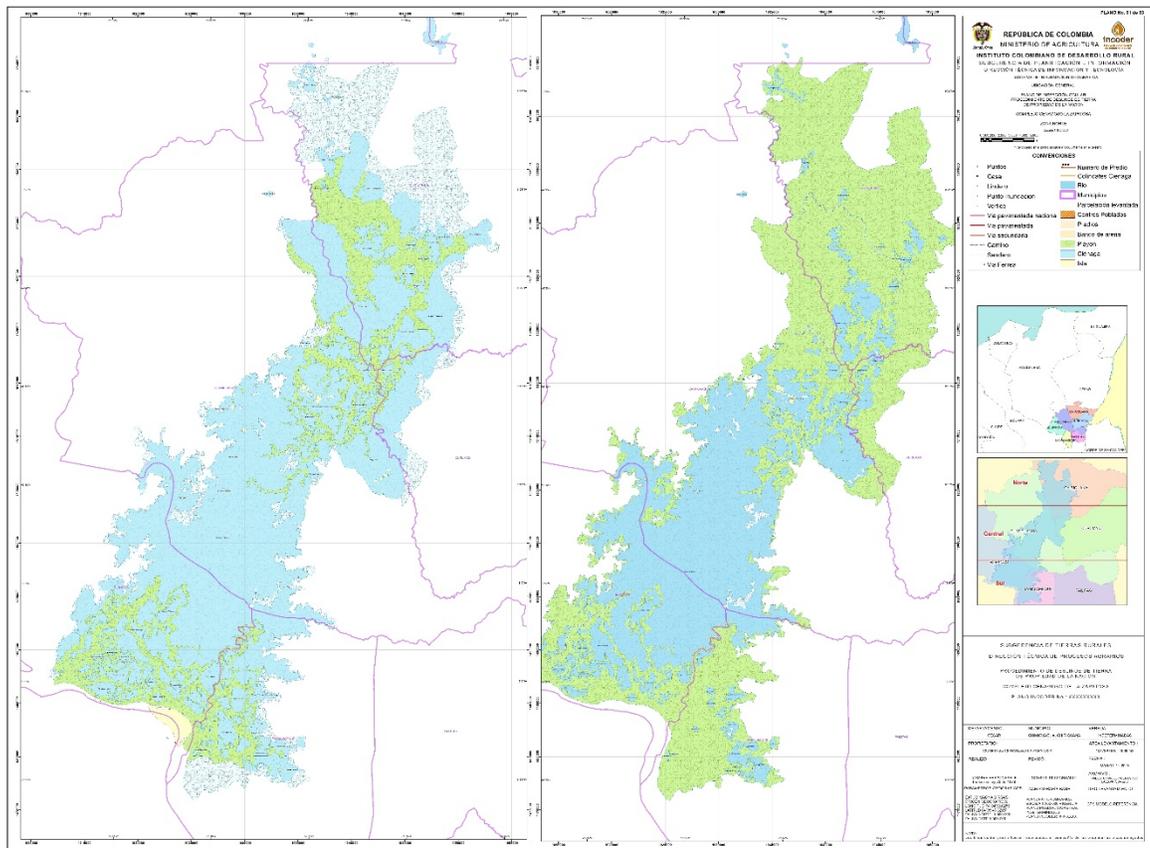


Figura. 8 Análisis Multitemporal Ciénaga la Zapatosa.

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con imágenes satelitales de la misma zona en diferentes épocas y fechas, se realizó una comparación con el fin de hacer un seguimiento y determinar el área objeto a recuperar entre temporadas de altas y bajas precipitaciones del complejo cenagoso de la Zapatosa, se trataron las imágenes para mostrar una ausencia de correlación en las coberturas de lamina de agua y con ello determinar como se presenta dicho cambio, definido por la recuperación de terrenos baldíos de la Nación.

Según la literatura los componentes inferiores ofrecen información no común, el cambio y diferencias que se presentan son el objeto de este estudio, contribuyendo a generar el resultado buscado de un análisis multitemporal en el cual la diferencia de información favorece a la obtención de un mejor resultado. En la figura 9 se observa el mapa temático en el cual se visualiza el área de amortiguación en temporada de alta precipitación.

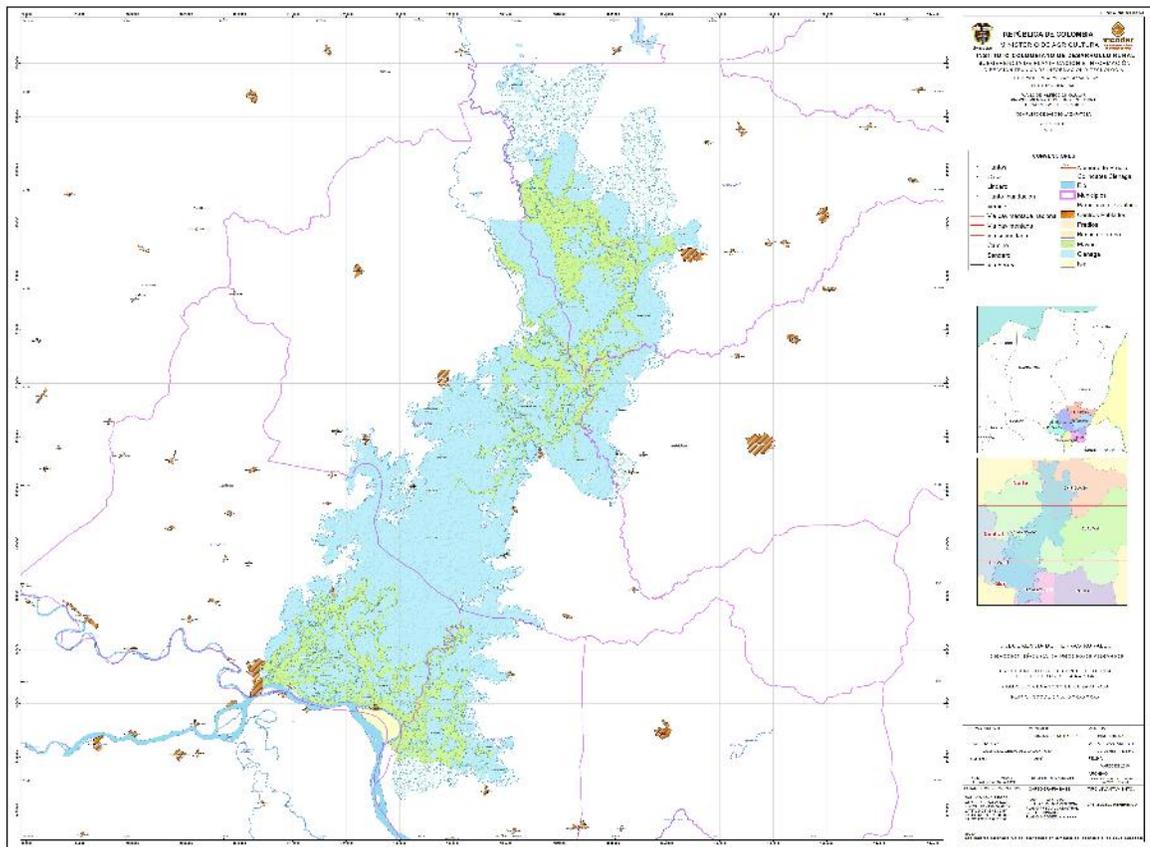


Figura 9. Mapa temático en temporada de invierno.

Resultados de las áreas totales por tipo de cobertura en temporada de invierno realizado a la imagen Rapideye (2009), después de la clasificación y Vectorización.

En la tabla se visualizan los resultados de las áreas por tipo de cobertura representativa del área de estudio, después de realizar la clasificación y recodificación a la imagen satelital correspondiente.

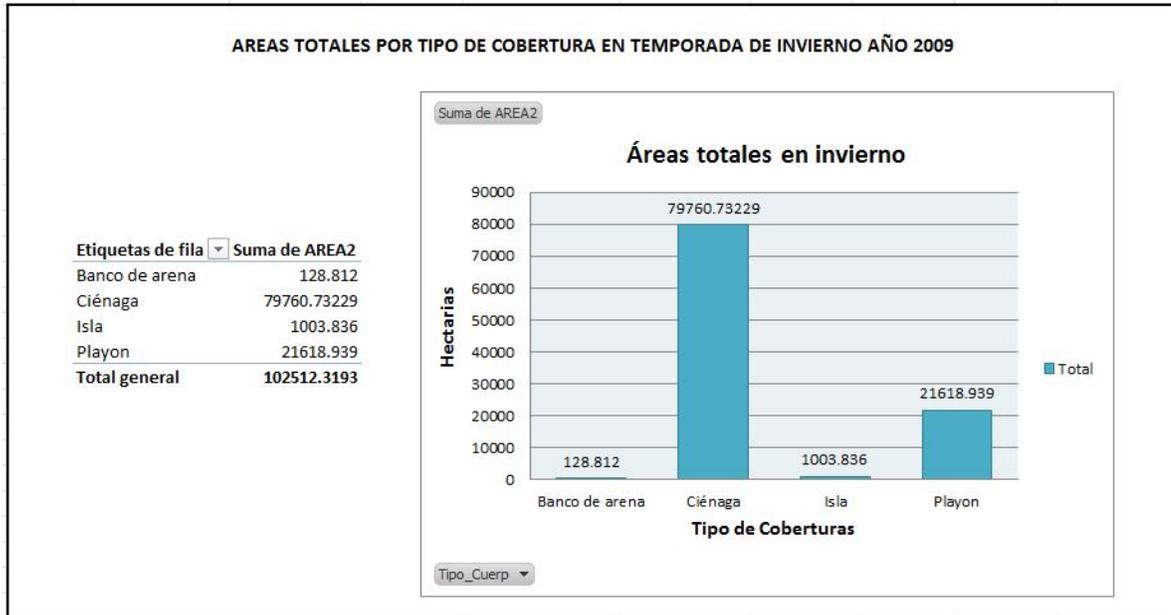


Tabla 1. Áreas totales en temporada de invierno.

En la figura 10 se evidencia el área de playones formados a raíz de la disminución de la lámina de agua, y esta zona es la aprovechada por los habitantes colindantes para pastoreo y cultivos transitorios además es el área a reglamentar por parte del instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder).



Tabla 2. Áreas totales en temporada de verano.

7. CONCLUSIONES

- La adecuación de tierras con fines agrícolas y la construcción de jarillones ha ocasionado la alteración de los niveles de agua y el desplazamiento de los límites y fronteras de la ciénaga la Zapatosa.
- Los registros y las observaciones periódicas de procesos dinámicos de la cobertura de área de la ciénaga y repercusiones de la acción del hombre por la ampliación de la frontera agrícola para cultivos.
- El empleo de los programas automatizados ArcGIS y Erdas también permitieron realizar un análisis comparativo de sobreposición entre las fechas de referencia, de acuerdo con la discriminación de la cobertura del área de influencia de la ciénaga la Zapatosa.
- Con ArcGIS y Erdas se pudieron cuantificar los cambios en la cobertura del área de influencia de la Ciénaga la Zapatosa y medir e identificar las principales transformaciones durante el periodo 2001 a 2009.
- Con los resultados obtenidos en la determinación de áreas a recuperar por el proceso de deslinde, podemos aplicar esta metodología de análisis a diferentes procedimientos pendientes a realizar por parte del Incoder y que contribuyan a solucionar las dificultades que se presentan en la ejecución de toma de datos en campo.
- Se puede concluir que la clasificación supervisada efectuada en este trabajo aporta unos resultados de acierto. Esto unido a la disponibilidad de las imágenes utilizadas, el tiempo reducido de realización y el escaso número de técnicos empleados en el estudio, confirma su validez para la generación de cartografía de uso del suelo y su utilización de forma integrada en otros procedimientos relacionados con técnicas basadas en la teledetección.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de esta metodología a los de más procesos de deslinde que lleva a cabo el instituto, para minimizar los trabajos de campo y los costos a que ellos conlleva.
- Estos procedimientos agilizan y a cortan los tiempos que cada proceso consume, beneficiando al usuario final con la expedición de la resolución.
- Al determinar la línea máxima de inundación y cruzarla con la cobertura predial del IGAC, pueden determinarse con exactitud los predios afectados por el deslinde y realizar una socialización directa a la comunidad afectada.
- Al identificarse los sectores críticos se puede hacer el seguimiento a los terratenientes que ocupan indebidamente los playones del complejo cenagoso.
- Además de las decisiones que pueda tomar el Incoder, también podría aprovecharse los resultados para intercambiar información con otros entes territoriales.

BIBLIOGRAFÍA

CHUVIECO, Emilio; Fundamentos de Teledetección Espacial, 1998. Editorial Ariel, Barcelona, España

CHUVIECO, Emilio; Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el Espacio, 2002. Editorial Ariel, Barcelona, España.

ORTIZ, Gabriel. Análisis espectral Tipos de análisis y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender los análisis de imágenes, [consultado el 27 de abril de 2014] [Disponible en: <http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012>]

IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, información Geodésica, [en línea]. [consultado el 1 de mayo de 2014],[Disponible en: www.igac.gov.co]

INGTELSIG. 2008. Análisis Multitemporal de Imágenes Satelitales para la Detección de Cambio en la Cobertura de la Tierra para los períodos (1986-89/1999-2000) (1999-2000/2000-2005-06) en BOSAWAS/IRAAN y los Departamentos de Rivas, Carazo y Granada. Nicaragua, C.A. MASRENACE/GTZ/GFA.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). El medio ambiente en Colombia, (2001); [Consultado 1 de mayo de 2014,]. [Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/publica/mediamb/cap4.pdf>]

ITURRATE Eduardo. Curso Básico de Teledetección con ENVI. (1998). [en línea]. [Consultado 1 de mayo de 2014]. [Disponible en: <http://ocw.innova.uned.es/ocwuniversia/tecnologias-del-medio-ambiente/curso-basico-de-teledeteccion/curso/enlaces/FisicaTeledeteccion.pdf>]

SOBRINO, José; Teledetección. Universidad de Valencia. 2000. 263 – 268 p.

ZEILER, Michael, Modeling our World, the ESRI Guide to Geodatabase Design, New York, Environmental System Research Institute, Inc., 1999.