

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA HIDROLÓGICA DE LA CIÉNAGA
DE BETANCÍ, POR MEDIO DE IMÁGENES DE SATÉLITES ENTRE LOS AÑOS 1985
Y 2020.**

JEYK GALVAN PINEDO



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

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

Línea de Investigación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

MANIZALES, AÑO 2022

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis multitemporal a la dinámica hidrológica entre los períodos de 1985 y 2020 de la Ciénaga de Betancí que se encuentra ubicada en el departamento de Córdoba, en el municipio de Montería. Dicho análisis se hará a través de imágenes de Satélite Landsat que permitan realizar procesos y conjugación de bandas para visualizar mejor el espejo de agua. Esto se hará con el fin de llevar a cabo un proceso de digitalización que permitan determinar las áreas ocupadas por el cuerpo de agua léntico en los diferentes años a analizar.

De esta manera se buscará concluir cómo las intervenciones antrópicas a lo largo del tiempo pueden generar cambios irreversibles a los cuerpos de aguas naturales, teniendo como ejemplo el caso de Betancí, en donde se realizó la creación de un dique denominado “La Tapa” en el año 2001, lo cual cambió completamente la dinámica natural del espejo de agua años posteriores, y consigo, cambió en la demanda de los servicios ecosistémicos que generaba la ciénega.

GLOSARIO

Ecosistema: Se entiende como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales, microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. Artículo 2 de la Ley 165 de 1994.

Impacto ambiental: Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad (MADS, 2015).

Restauración: Restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, que hayan sido alterados o degradados (MADS, 2015).

Rehabilitación: Restablecer la capacidad de un ecosistema degradado para suministrar productos y servicios forestales (MADS, 2015).

Servicios ecosistémicos: Los servicios ecosistémicos son considerados como el vínculo conceptual entre los ecosistemas, componentes, procesos y los beneficios que las sociedades obtienen de los ecosistemas (Balvanera, 2012).

Distrito de Conservación de Suelos: Espacio geográfico cuyos ecosistemas estratégicos en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute.

Abstract

The objective of this study is to carry out a multi-temporal analysis of the hydrological dynamics between the periods of 1985 and 2020 of the Betancí swamp, located in the department of Córdoba, in the municipality of Montería. Through landsat satellite images, which allow band conjugation processes to better visualize the water mirror, in order to carry out a digitization process, to determine the areas occupied by the lentic body of water in the different years.

Thus, to conclude how anthropic interventions over time can generate irreversible changes to natural bodies of water, as would be the case of Betancí, due to the creation of a dam called "La Tapa" for the year 2001, which completely changed the natural dynamics of the water mirror through time, and I get a change in the demand for ecosystem services generated by the swamp.

Keywords:

Ecosystem: is understood as a dynamic complex of plant communities, animals, microorganisms and their non-living environment that interact as a functional unit. Article 2 of Law 165 of 1994.

Environmental impact: Any alteration in the biotic, abiotic and socioeconomic, that is adverse or beneficial, total or partial, that may be attributed to the development of a project, work or activity (MADS, 2015).

Restoration: Restore partially or totally the composition, structure and function of biodiversity, which have been altered or degraded (MADS, 2015).

Rehabilitation: Restoring the ability of a degraded ecosystem to provide forest products and services (MADS, 2015).

Ecosystem services: Ecosystem services are considered as the conceptual link between ecosystems, components, processes and benefits that societies obtain from ecosystems (Balvanera, 2012).

Soil Conservation District: Geographic space whose strategic ecosystems on a regional scale maintain their function, although their structure and composition have been modified and essentially contribute to the generation of environmental goods and services, whose associated natural and cultural values are made available. of the human population to allocate them to their restoration, sustainable use, preservation, knowledge and enjoyment.

Contenido

	Pág.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....	10
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	12
OBJETIVOS	15
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
ANTECEDENTES	16
REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	27
REFERENTE TEÓRICO	31
METODOLOGÍA.....	33
1.6 ENFOQUE METODOLÓGICO	42
1.7 TIPO DE ESTUDIO	42
RESULTADOS.....	45
7.2 DINÁMICA ESPACIAL DE LA CIÉNAGA DE BETANCÍ DURANTE LOS AÑOS 1985, 1990, 1998, 2000, 2005, 2010, 2015 Y 2020.	46
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	65

Lista de figuras

Figura 1. Localización Ciénaga de Betancí	45
Figura 2. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 1985.	49
Figura 3. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 1990.	50
Figura 4. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 1998.	51
Figura 5. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2000.	53
Figura 6. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí en los años 1985, 1990, 1998 y 2000.	54
Figura 7. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2005.	55
Figura 8. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2010.	57
Figura 9. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2015.	58
Figura 10. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2020.	59
Figura 11. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2005, 2010, 2015 y 2020.	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Plataforma de descarga de Imagenes de satelite.....	36
Tabla 2. Mejoramiento visual de imagenes de satelite.....	37
Tabla 3. Herramienta de creacion de informacion espacial tipo Vector.	38
Tabla 4. Creación de información base	39
Tabla 5. Herramientas para procesamiento de información Raster.....	40
Tabla 6. Proceso de digitalización de imagenes de satelite.	41
Tabla 7. Información de imagenes descargadas.....	47
Tabla 8. Información de imagenes descargadas para los años 2005, 2010, 2015 y 2020	48

Planteamiento del problema de investigación y su justificación

1.1 Descripción del área problemática

Villadiego en su análisis sobre alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el Departamento de Córdoba, menciona que “para el año 1980, la cobertura vegetal circundante se componía principalmente de bosque húmedo y seco tropical, se presentaba así una alta biodiversidad de fauna y flora, con poca fragmentación del ecosistema” (2020. p. 61). Desde esto, se evidencia que en dicha época se presentaban condiciones poco antropizadas en la zona, ya que la cobertura vegetal era de tipo natural y boscosa. Ahora bien, es importante destacar que la dinámica hidrológica de la Ciénaga, en períodos secos, presentaba profundidades de 45cm aproximadamente, y en períodos de lluvia, zonas de 160 cm aproximadamente.

En el año 1990 la dinámica del humedal fue cambiando, pues la cobertura natural fue desapareciendo progresivamente, lo que ocasionó que se tomara esas áreas para actividades agrícolas, (cultivos de maíz, sorgo, arroz, trigo, yuca y plátano). También, la frontera agrícola comenzó a tomar fuerza, lo cual afectó la calidad del agua de la Ciénaga por el uso constante de fertilizantes y agroquímicos. En los años 2000 al 2004, la frontera ganadera y los monocultivos de palma africana tuvieron un crecimiento exponencial, esto aceleró la compactación de suelo (pérdida de cobertura natural), lo que llevó consigo desplazamiento de fauna y también la creación

de terraplenes de forma artesanal. Ahora bien, para el tramo de salida de la Ciénaga se dio el represamiento de Betancí, éste es una infraestructura de bolsacreto 3.6m x 40m x 4.5m, que cambió completamente la dinámica natural del espejo de agua para el año 2001, ocasionando el aumento del espejo de agua en un porcentaje considerable.

Al pasar del tiempo, por la frágil conectividad hubo un cambio de las actividades comerciales, las actividades humanas, la creación de infraestructuras antrópicas urbano y en el espejo de agua, puesto que éstas fueron aumentado drásticamente. Por ello es necesario hacer un análisis multitemporal a través de imágenes de satélite utilizando herramientas SIG con el fin de tener un resultado comparativo del espejo de agua entre los años 1985 y 2020 respectivamente.

¿Es posible que a través de un estudio multitemporal con imágenes de satélites y utilizando herramientas SIG se pueda estimar la dinámica hidrológica de la Ciénaga de Betancí en una serie de tiempo de 35 años?

1.2 Formulación del problema

El objetivo de la investigación es realizar un análisis multitemporal de la Ciénaga de Betancí, localizada en el municipio de Montería, este análisis se hará con imágenes de satélite de los últimos 35 años, desde 1985 hasta 2020; para delimitar el cuerpo de agua y observar la dinámica hidrológica y sus cambios en el tiempo, ya que en el 2001 se realizó una obra antrópica denominada “La Tapa”, haciendo cambios en las condiciones naturales de la Ciénaga. Por tanto, se analizará dichas imágenes para saber qué tanta variación tuvo el espejo de agua por las intervenciones antrópicas y qué medidas de manejo han tenido las autoridades ambientales con esta zona.

1.3 Justificación

Se busca analizar y describir los cambios en la extensión del espejo de la Ciénaga de Betancí en los últimos 35 años, este estudio está basado en el ordenamiento ambiental como pilar para velar por la preservación y conservación de ecosistemas sensibles y/o estratégicos, ya que estos ecosistemas son hábitat de fauna endémica y migratoria de la zona del medio Sinú, al igual que brindan servicios ecosistémicos a los pobladores limítrofes al humedal.

A su vez, los humedales son fundamentales para la conservación de la biodiversidad y estos proveen servicios ecosistémicos para la sociedad, como lo menciona (Tellis, 2012), donde tiene en cuenta la dimensión ecológica y la económica para tener una visión de la oferta potencial que brinda el ecosistema.

Según el acuerdo del Consejo Directivo 351 del 06 de diciembre de 2017, se adopta el distrito de conservación de suelos de la Ciénaga de Betancí, el cual fue adoptado por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge –CVS-, en donde se explica aspectos ecológicos e importancia del ecosistema del humedal de la Ciénaga de Betancí. Aquí se registran 46 especies de flora, 95 de aves, 32 de mamíferos, 25 de reptiles, 16 de peces, y 11 de anfibios; de estas especies, 15 se encuentran bajo categorías de amenaza según criterios nacionales o intencionales. El humedal constituye un hábitat de descanso y refugio para la fauna y flora a nivel local, y también representa un sitio estratégico para las especies. Su protección es necesaria, entre otras razones, debido a los bienes y servicios que presta su biodiversidad asociada. Así, es claro

que el ecosistema estratégico es un área de reserva para la conservación, cuya zona de ronda debe ser protegida por su importancia.

Por otro lado, los sistemas de información geográfica a través de los años nos permite analizar y describir fenómenos en el tiempo y el espacio mediante imágenes de satélites. Veloza., (2017) sustenta que los análisis multitemporales han sido de gran ayuda para observar los cambios en las coberturas de la tierra en el tiempo, siendo interpretadas en imágenes de satélites, ortomosaicos, fotografías aéreas, entre otros insumos de diferentes períodos de tiempo. De esa forma se puede analizar y evaluar las diferentes situaciones que pudieron generar estos cambios en el tiempo, deduciendo las extensiones y posibles comportamientos, ésto conforme a las acciones humanas en el medio.

Ahora bien, a la Ciénaga se le han realizado estudios de tipo ambiental, pero este trabajo busca identificar a través de imágenes de satélite y herramientas de información geográfica SIG, un análisis de la extensión del espejo de agua en un periodo de 40 años, a partir de esto, realizar un análisis comparativo en las extensiones del espejo de agua y comparar los usos del suelo reglamentados en las áreas de protección local por el municipio en el POT 2019.

Lo anterior se hace con la necesidad de brindarle a las autoridades ambientales insumos del estado actual del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí para la posible toma de decisiones en cuestiones de protección de acuerdo al Plan Manejo Ambiental. De la misma forma, esta investigación aporta elementos técnicos para los tomadores de decisiones, los entes de control, la academia y personas dentro del área de influencia de la Ciénaga. Así se podrá saber su comportamiento en el tiempo, y reconocer las afectaciones que podrían ocasionar las actividades antrópicas, puesto que, el aprovechamiento de los recursos naturales son un tema de importancia

14 **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA HIDROLÓGICA DE LA CIÉNAGA DE
BETANCÍ, POR MEDIO DE IMÁGENES DE SATELITES LANDSAT ENTRE LOS AÑOS
1985 Y 2020.**

local, regional, nacional e internacional, donde se ven reflejadas las acciones que tienen las sociedades sobre los medios naturales.

Objetivos

1.4 Objetivo general

Realizar un análisis multitemporal del espejo de agua de la Ciénega de Betancí, por medio de imágenes de satélites y herramientas SIG entre los años 1985 y 2020, para así determinar la dinámica hidrológica a partir de la construcción de la obra antrópica determinada el dique la “Tapa” el año 2001.

1.5 Objetivos específicos

1. Recopilar información secundaria e imágenes de satélites para un periodo de 35 años de la zona donde se encuentra la Ciénega de Betancí
2. Realizar un procesamiento de imágenes de satélites a través de herramientas geoinformáticas para determinar la dinámica del espejo de agua de la Ciénega de Betancí entre los años 1985 -2020
3. Establecer mediante los sistemas de información geográfica y fotointerpretación la creación de mapas temáticos y mosaicos de mapas en un determinado período de tiempo para así determinar la dinámica hidrológica de la Ciénega de Betancí.
4. Analizar los resultados y determinar las posibles causas que generan la dinámica hidrológica de la Ciénega de Betancí a partir de la construcción de la obra antrópica de un dique denominado “La Tapa” en el año 2001.

Antecedentes

Consideraciones generales de áreas protegidas.

El decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, es una compilación de las normas expedidas por el Gobierno Nacional en cabeza del Presidente de la República, en ejercicio de las facultades reglamentarias otorgadas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política. La pretensión de esta iniciativa es recoger en un solo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta la fecha que desarrollan las leyes en materia ambiental, teniendo en cuenta esta finalidad, este decreto no contiene ninguna disposición nueva ni modifica las existentes.

Basados en el decreto 2372 de 2010, que tiene como objeto principal dar los lineamientos para la reglamentación el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y las categorías de manejo que están inmersas dentro de estas disposiciones, las áreas protegidas son sistemas integrales compuestos por el medio natural o biofísico que integra la flora, la fauna y la hidrobiota. Es así como entonces los actores sociales buscan la conservación y preservación del medio ambiente y las instituciones. Con esto, se pretende una gestión conjunta para la creación de estrategias y los instrumentos de gestión por el cumplimiento de los objetivos que se disponen a elaborar la declaratoria de un área protegida y su plan de manejo ambiental.

“La conformación de Sistemas de Áreas Protegidas, obedece a un enfoque ecosistémico, estrategia que desde el desde el Convenio de Diversidad Biológica y la Unesco, se propone para alcanzar un manejo equitativo de la tierra, el agua y los recursos vivos, a favor de su

conservación, usos sostenibles y distribución equitativa de los beneficios que puedan generar”. (SINAP, 2020)

Por ello, la conservación y declaración de áreas protegidas es importante, pues vela por la preservación de los ecosistemas del país, por tal motivo se hacen unos lineamientos según sea su categoría. Según el decreto 2370 de 2010, existen diferencias dependiendo del carácter del predio a declarar, ya sean públicas o privadas. Éstas se definen de la siguiente manera:

De carácter público

- Las del Sistema de Parques Nacionales Naturales
- Las Reservas Forestales Protectoras
- Los Parques Naturales Regionales
- Los Distritos de Manejo Integrado
- Los Distritos de Conservación de Suelos
- Las Áreas de Recreación.

De carácter privado

- Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

Existen diferencias marcadas entre las categorías, ya que todo va ligado a los niveles de Biodiversidad que contengan, la forma estructural de su ecosistema, la intervención humana, su composición y función, su fragmentación natural, los ámbitos de gestión local, regional y nacional, las políticas aplicadas a los criterios para la definición de las determinantes ambientales de que

trata la Ley de Ordenamiento Territorial (Ley 388 de 1997), y las actividades que se generan dentro de dicho ecosistema de los actores públicos o privados.

En el trabajo de investigación se va a tener en cuenta la categoría de Distrito de Conservación de Suelos, puesto que la ciénaga de Betancí está en esta categoría y es definida por el decreto 2370 de 2010 como aquel espacio geográfico cuyos ecosistemas estratégicos en la escala regional mantiene su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute.

Consideraciones generales de la percepción remota.

La percepción remota ha tomado un auge importante en los últimos años, la terminología utilizada por Lillesand & Kiefer explica que la percepción remota es “la ciencia y arte de obtener información de un objeto sin que exista contacto directo entre él y el sensor” (1994, pág. 1). Por ello, las tecnologías han propiciado grandes avances en las ciencias y los conocimientos de cualquier espacio y fenómeno geográficamente localizado, sin necesidad de tener un contacto directo con el medio; ya que a partir de insumos arrojados por sensores remotos (Ortofotos, imágenes de satélites, aerofotografías, sistemas lidar), se podrían determinar los objetos, distancias, áreas, coberturas, entre otros insumos; como lo menciona Richards y Jia., (2006),

dejando claro que esta técnica permite adquirir información espacial, temporal y espectral de una entidad sin tener contacto físico con ella.

Villegas, H., (2008), define la percepción remota como la tecnología que permite la adquisición de informaciones sobre objetos sin estar en contacto físico con ellos, aún así se debe tener en cuenta que esta técnica está basada en la percepción personal del interpretador, según sea su capacidad para determinar objetos, a su vez deben estar basados en la técnica a utilizar y los sistemas de información geográfica SIG. Todo esto nos ha ayudado con el pasar de los años, las herramientas incorporadas y las metodologías realizadas nos permiten englobar objetos, figuras, coberturas, entre otros; en diferentes categorías, ayudando a que se de una buena interpretación.

En lo explicado por Díaz., (2014), en su libro denominado *-Aproximación a los sistemas de percepción remota en satélites pequeños-* se refiere a que en la actualidad los sistemas de percepción remota se utilizan para llevar a cabo estudios relacionados con agricultura de precisión, control poblacional y deforestación, estudios de impacto ambiental, tema de seguridad y gestión de riesgo; todo esto como insumo para establecer estrategias que permiten optimizar los recursos naturales, prevenir eventos catastróficos, la optimización de recursos naturales, la potencialización de agricultura, entre otros.

Como la percepción remota ha ganado mucho interés como una herramienta potencial de manejo para agricultores de precisión, ya que a través de sensores pasivos y activos, se recolecta información en imágenes de satélites o fotografías aéreas pueden permitir al productor ver rápidamente los cultivos en su campo y decidir cuales áreas necesitan un manejo posterior, sin dejar la comodidad de su hogar.

La calidad visual de las imágenes y con ayuda de la tecnología como los SIG han ayudado en distintos tipos de estudios, para categorizar agrupar y caracterizar objetos, desde grandes distancias. Como lo menciona Von Martini et ál (2016, pag 1-3) *“Sin embargo, interpretar lo que vemos y tomar decisiones sobre esas interpretaciones es todavía bastante complicado. Aunque la percepción remota ha sido usada en aplicaciones agronómicas desde la década de 1930, esta practica sufre todavía un gran desarrollo como una herramienta de manejo para la producción vegetal.”* Donde cada interpretación también esta de la mano con la persona que interpreta, ya que estas interpretaciones podrían variar según cada observador, es de entender que las técnicas de la percepción remota son usadas ampliamente para recolectar información sobre facciones de la superficie terrestre, algunos de los usos van desde la planificación territorial, análisis de coberturas, estudios de deforestación, suelos, usos militares etc.

Define Von Martini et ál (2016), que la percepción remota como el grupo de técnicas para recolectar información sobre un objeto o área si tener que estar en contacto físico con el objeto o área. Es una definición amplia, para categorizar y definir PR, ya que sus usos son múltiples, lo cual tiene diferentes métodos de recolección de información; como lo es el uso de sensores pasivos y activos colocados sobre aviones, drones o satelites, para la recolección de información.

Para utilizar los datos de la superficie terrestre obtenidos con Sensores Remotos se procede a la interpretación y análisis de imágenes, que consiste en extraer información útil a partir de los datos recolectados, e involucra la identificación y/o medida de objetos observables en las imágenes satelitales. Estos objetos puede tener cualquier forma, sean de tipo puntual, lineal o de área, por

ejemplo, la identificación de aeronaves en pistas aéreas, vías en una zona urbana o grandes cuerpos de agua como lagos, todo ello, debe tener en cuenta como principal característica que deben ser distinguible en la imagen, es decir, que contraste con respecto a los otros objetos de su alrededor. Posada (2006, Pg 54-60).

En lo explicado por Camargo, s.(2017), en su tesis “FOTOGRAMETRIA: PRINCIPIOS DE TELEDETECCION Y PERCEPCION REMOTA: Generalidades, sensores remotos, imágenes satelitales, procesamiento de imágenes”, define que la percepción Remota o Teledetección *“es la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, suponiendo que entre la tierra y el sensor existe una interacción de tipo energético.”* Consta de unos elementos básicos; a saber: *Una Fuente de Energía, Un objeto a observar (tierra), Un Sistema sensor (sensor y plataforma), Una Sistema Receptor”*.

De los diferentes autores mencionados, se aprecia que todos tienen una definición variada pero con un mismo sistema o idea central, el cual es la técnica de recolección de información a través de sensores sin tener contacto directo con los objetivos. Aplicado a los múltiples estudios ayudando a la agilización de los procesos en los estudios.

Consideraciones generales de los estudios multitemporales

En lo formulado por Niño., (2020) en su estudio – Análisis multitemporal mediante imágenes de sensores remotos para la determinación de los cambios de uso de suelo en el municipio de san francisco de sales, Cundinamarca (Colombia) entre los años 90’s y 2018 – , manifiesta que los estudios multitemporales ligados a la percepción remota permiten en la actualidad tener una visión

de los cambios en un espacio determinado a través de imágenes satelitales, esta opinión es soportada por lo que expresa Riaño., (2002), citado en Niño “la detección de cambios o el análisis multitemporal radica en determinar las diferencias en el estado de un fenómeno mediante información adquirida en diferentes épocas” (2020. p. 25). Así mismo lo explica Blasi et ál., (2003) en su estudio denominado – Análisis multitemporales del paesaggio e classificazione gerarchica del territorio: il caso dei Monti Lepini (Italia centrale) –, en donde se refiere al análisis multitemporal como ese proceso de estudio de un lugar en el tiempo, para posteriormente determinar los cambios que se han generado en el tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se podría definir que los análisis multitemporales ayudan a tener una visión del territorio en sus diferentes componentes ya sea urbano, vial, de coberturas o de cuerpos de agua de un determinado tiempo. Ahora bien, es necesario realizar comparativas en series de tiempo con ayuda de la fotointerpretación para lograr determinar los cambios y los fenómenos inmersos en él. En este estudio, se tomará la Ciénega de Betancí determinada como área protegida en la categoría de Los Distritos de Conservación de Suelos, se le realizará un análisis a través de estudio multitemporal por medio de la percepción remota, y así precisar de una u otra forma, la dinámica que ha tenido en una serie de tiempo de 40 años el espejo.

La Convención de RAMSAR sobre los Humedales., (2018), en su documento – Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas –, explican la importancia de las ciénagas y los humedales, pues estos se proveen de innumerables servicios ecosistémicos a las regiones; de igual forma sirven como hábitat de especies para aves

migratorias y locales. Teniendo en cuenta dicha importancia, se ha convertido en un desafío proteger y preservar estos ecosistemas, puesto que las intervenciones humanas destruyen y modifican todo a su paso.

En el contexto internacional, el único tratado jurídico internacional que busca la protección de los Humedales es la convención de RAMSAR, buscando los objetivos de desarrollo sostenible, las metas de biodiversidad de Aichi y el Acuerdo de París, sobre medio ambiente en pro a la protección, conservación y el uso racional de los humedales en el mundo. Convención de Ramsar sobre los Humedales, dice que “la conservación y el uso racional de los humedales son fundamentales para los medios de subsistencia humanos. La amplia gama de servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales los convierte en elemento central del desarrollo sostenible”. (2018. pág. 4)

Por otro lado, Brewer, P., Johnstone, E., y Macklin, M., (2009), en su estudio esclarecen cómo se da la dinámica fluvial en Gales y cómo las modificaciones antrópicas afectan la dinámica natural de dichos cuerpos lénticos. De igual forma, explican cómo el paso de los ríos de tierras altas a tierras bajas está marcado por cambios en el gradiente de la corriente, suministro de sedimentos, corriente descarga y uso de la tierra que a su vez influyen en los ríos procesos y el desarrollo del cauce del río tipos de patrones.

En la actualidad, según El Instituto Humboldt., (2014), existen cientos de estudios relacionados con el estado de las ciénagas y humedales en Colombia, estos estudios han ayudado al crecimiento de la ciencia en el saber de dicho estado y su comportamiento en el tiempo; con ello se pueden realizar medidas conjuntas entre instituciones públicas, privadas y actores sociales, en búsqueda

de la conserva y preservación de las mismas, dándole así prioridad aquellos humedales y ciénagas que están en peligro de extinguirse.

Etter., (1991) en su documento – Introducción a la ecología del paisaje –, menciona cómo el crecimiento poblacional y las expansiones urbano rurales, producen grandes cambios en el paisaje, causando con ello grandes fragmentaciones en los sistemas funcionales ecosistémicos. Por eso, el autor afirma que los estudios multidisciplinarios buscan un análisis integrado en busca de soluciones al medio ambiente.

De igual forma, Miranda, J.P., (2017), manifiesta la importancia de los humedales, mencionando que estos desempeñan un papel fundamental desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Es sumamente importante tener en cuenta el cambio de pensamiento a través de los años, pues se ha visto a esos ecosistemas como algo inproductivos y con poca productividad, algo que finalmente en la actualidad y con todos los esfuerzos nacionales e internacionales, se han podido considerar como zonas estratégicas capaces de albergar un sin número de especies, pues éstas son zonas amortiguadoras, así como los manglares, zonas de reservas forestales y los sitios naturales con gran vegetación virgen. Estos macro ecosistemas albergan fauna y flora de especial protección y son importantes en el tema de servicios ecosistémicos.

En el Boletín ambiental, Instituto de estudios ambientales (IDEA, 2017), se enuncia cómo todas las actividades antrópicas modifican de una u otra forma la funcionalidad natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, explicado como las presiones que transforman los cuerpos

hídricos, y con ello, modificación de toda la fauna y la flora que están asociadas a él, generando impactos notables en el medio y perdiendo su capacidad natural en muchos casos de restaurarse.

Según Ballesteros & Lineares., (2015), Córdoba es uno de los departamentos más ricos en recursos naturales y sus ecosistemas en biodiversidad, con un gran porcentaje de bosques, humedales, ciénagas, y ríos principales, como lo es el Sinú y San Jorge. También cuenta con ecosistemas estuarios, zonas de manglares en la zona norte del departamento y complejo de humedales, siendo un departamento importante en términos de conservación de la biodiversidad; por ello, se han realizado estudios a los ecosistemas estratégicos y áreas protegidas en el departamento.

La Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge CVS, con diferentes fundaciones han aunado esfuerzos para la realización de diferentes planes, programas y proyectos en el diagnóstico de las áreas declaradas y en procesos de declaratoria en todo el departamento, un ejemplo de ello son los estudios que se han desarrollado en la ciénaga de Corralito, donde se explica el proceso del estudio de dicha ciénaga a través del tiempo, ya que se evidencia un deterioro a lo largo de los años y pérdida del espejo de agua por causas antrópicas como lo es la desecación del humedal por aumento de la frontera agrícola y ganadera, la tala y caza ilegal, y las construcciones invasivas que han deteriorado fuertemente la calidad ambiental de la ciénaga.

Para la zona de estudio en el año 2014, la CVS realizó el primer acercamiento en el estudio de la Ciénaga de Betancí, donde se llevó a cabo la línea base en una posible declaratoria, teniendo en cuenta sus características de tipo ambiental y territorial, de esta forma se tuvo información del estado y los conflictos que se encuentran inmersos en dicha zona, buscando finalmente el diagnóstico de la ciénaga.

Para el año 2016 se realizó el convenio especial de cooperación científica y tecnológica n° 015–2016 entre la Corporación Autónoma regional de Los Valles del Sinú y del san Jorge – CVS y la fundación bosques y humedales, con el objetivo de iniciar los estudios de la declaratoria de un área protegida en la ciénaga de Betancí como parte del sistema departamental y local de áreas protegidas en el departamento de Córdoba, con esto la Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge (2017), mediante consejo directivo declara La Ciénaga De Betancí como Distrito De Conservación De Suelos, con número de resolución n° 351 y se dictan normas para su administración y manejo sostenible.

Referente normativo y legal

A continuación se menciona el marco referente al tema normativo y legal de las áreas protegidas en Colombia.

El Código de Recursos Naturales – Decreto 2811 de 1974.

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente aborda toda la reglamentación en el manejo y la defensa de los recursos naturales renovables, así como la defensa del ambiente contra la acción nociva de fenómenos naturales y demás elementos y factores que conforman el ambiente e influyen en él. Entre otros aspectos, reconoció al ambiente como patrimonio común y estableció responsabilidades en su preservación y manejo (art.1); denomina al Sistema de Parques Nacionales como el conjunto de áreas con valores excepcionales al patrimonio nacional que, en beneficio de los habitantes de la nación y debido a sus características naturales, culturales o históricas, se reserva y declara comprendida en cualquiera de las categorías que adelante se enumeran. Se establecen sus finalidades, los tipos de áreas que lo conforman, necesidad de determinar las zonas amortiguadoras y las orientaciones para su administración y uso (art. 327 ss).

La Ley 99 de 1993.

Creó el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), reordenando el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organizó el Sistema Nacional Ambiental, SINA y dictó otras disposiciones en asuntos ambientales.

Se estableció la biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad debe ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible (art.1, No. 2); de igual forma se formula que son acciones conjuntas entre el Estado, la comunidad y las organizaciones no gubernamentales y el sector privado (art 1., No. 10), para la conservación y recuperación del medio ambiente. De igual forma el gobierno nacional le da potestad a corporaciones ambientales, de ser autónomas, y así dar declaratoria y sus diferentes formas de manejo a los recursos naturales en jurisdicción del territorio.

Establecido en el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y sus reglamentos, y para las creadas por esa misma Ley.

Ley 165 de 1994.

El estado colombiano mediante esta Ley aprueba el “Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica”, en cumplimiento de los compromisos adquiridos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. Este convenio tiene como objetivos:

- i) La conservación de la diversidad biológica.
- ii) La utilización sostenible de sus componentes.
- iii) La participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

De igual forma, esta ley estipula el trabajo conjunto y una serie de obligaciones en pro del cuidado del medio ambiente en zonas declaradas como áreas protegidas, de esta forma las corporaciones buscan las estrategias necesarias, los planes programas y proyectos para tener actualizado al SINAP del estado de las áreas protegidas en sus respectivas jurisdicciones.

Decreto Único 1076 del 2015, que compiló los Decretos: D- 2372 del 2010, D-622 del 1977, D-1996 de 1999.

Se expidió el 26 de mayo del 2015 el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible el cual compiló normas reglamentarias preexistentes que rigen el sector. Entre ellos:

- Decreto 2372 del 1 de julio de 2010 por medio del cual se establecieron la reglamentación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con el Sistema.
- Decreto 622 del 1977 que reglamentan parcialmente el Capítulo V, Título II, Parte XIII, Libro II del Decreto – Ley número 2811 de 1974 sobre “Sistema de Parques Nacionales”; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2 de 1959.
- Decreto 1996 de 1999 por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

Referente teórico

La geografía como ciencia holística estudia el territorio en todas sus dimensiones, así analizarlo, comprenderlo y dar respuesta a los diferentes fenómenos geolocalizados en el espacio y tiempo. Dentro de una rama de la geografía se tiene el ordenamiento territorial como la forma organizada de planificar el territorio y potencializar sus recursos de una forma, sustentable y sostenible, en el tiempo.

El ordenamiento territorial tiene la organización ambiental del territorio, con estudios de cooperación interinstitucional con las entidades Autónomas Regionales y universidades en busca de un manejo adecuado de los ecosistemas estratégicos y/o sensibles en un óptimo desarrollo, entre el ordenamiento urbanístico y manejo de zonas rurales.

Según RAMSAR., (2017), las ciénagas y humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Las ciénagas es donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas. Cabe destacar dentro de ordenamiento ambiental territorial las Cuencas hidrográficas como un sistema que desde su nacimiento hasta su desembocadura se encuentran diversos ecosistemas, tales como páramos, bosques alto andinos, bosques andinos, selvas, sabanas, bosques secos, humedales y ciénagas, este último presta servicios ecosistémicos como el abastecimiento y aprovechamiento de los recursos naturales encontrados en ellos, como lo son la caza, pesca y aprovechamiento forestal.

Colombia hace parte de la convención Ramsar cuyo objeto es la conservación y protección de los ecosistemas de humedales, por albergar especies de fauna y flora que dependen ecológicamente de ellos y por ser grandes reguladores de ciclos hidrológicos y dentro de la política Nacional de

Humedales Interiores, una de las metas es la aplicación de medidas legales para la conservación, mediante el establecimiento de áreas protegidas. (CVS, 2017)

El distrito de conservación de suelos de la ciénaga de Betancí fue adoptado por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge –CVS- según acuerdo de consejo directivo 351 del 06 de diciembre de 2017. La ciénaga de Betancí está ubicada en el departamento de Córdoba entre los corregimientos de Tres Piedras y Nueva Lucía en el municipio de Montería, se localiza sobre la margen derecha del río Sinú, en una depresión que lleva el mismo nombre y formada por las serranías de San Jerónimo y Abibe. El complejo está conformado por el caño Betancí, de recorrido sinuoso, con una extensión aproximada de 29 km², el cual comunica la ciénaga con el río Sinú. (CVS & FHAC, 2014)

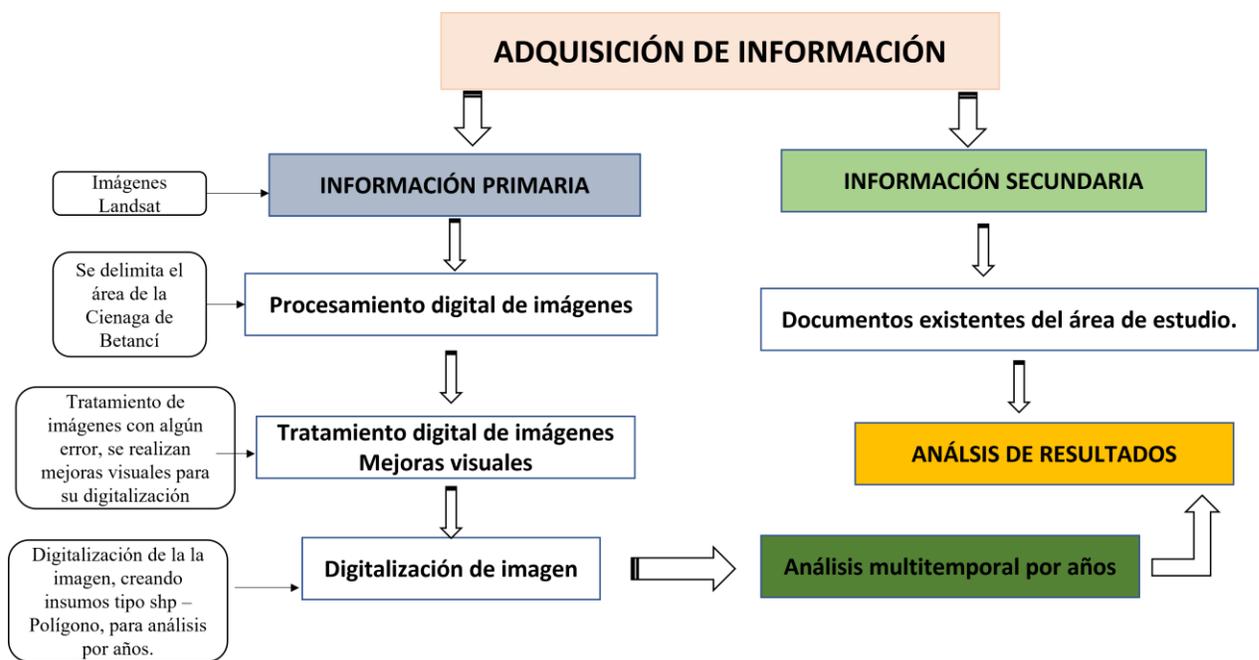
Metodología

Para la realización de este proyecto, se hace necesario mencionar que el análisis de la Ciénaga de Betancí se fundamenta en información secundaria formulada por instituciones públicas como lo es la Corporación la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú, el estudio del diagnóstico y el plan de manejo ambiental en los años 2014. A su vez, fueron fundamentales los estudios realizados por la CVS y Fundación Bosques y Humedales en el año 2017 para la declaratoria del área protegida en la Ciénaga de Betancí como parte del sistema departamental y local de áreas protegidas en el departamento de Córdoba. Teniendo como pilares las investigaciones anterior, se inicia la búsqueda de información exhaustiva de estudios sobre la zona, como lo fue el documento “Alternativas de sostenibilidad ambiental en comunidades en el departamento de Córdoba” (Villadiego, et al. 2020), la información de los POTs, Plan de desarrollo, entre otros.

Por otro lado, la información espacial se recopiló a través de imágenes de satélites (Landsat) permitiendo realizar unas fotointerpretaciones en el programa ArcGis 10.8.2 y corrigiendo los errores de posicionamiento de las imágenes. La información recopilada tipo raster, se hizo por bloques de años; el primer bloque se creó desde el año 1985 al año 2000, y el segundo bloque desde el año 2005 al año 2020. Se efectúa de esta forma, con el fin de realizar un análisis comparativo de superposición de capas entre el primer bloque y el segundo, pues en el primero aún no se había construido el dique denominado “La tapa”, el cual finalmente es construido en el año 2001, es decir en el segundo bloque. A partir de todo este análisis por bloques, se busca identificar los cambios que ha tenido la ciénaga en un periodo de 35 años.

De acuerdo con lo establecido, en el presente numeral se describirán la metodología detallada utilizada para el estudio multitemporal se divide en 4 fases, es de tener en cuenta que el área de estudio es la zona de la cienaga de Betancí.

Sin embargo las principales actividades para el desarrollo del siguiente estudio se aprecian en la siguiente grafica:



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Fase 1: Para el estudio análisis multitemporal de la cienaga de betancí, a través de imágenes de satelites en los años 1985, 1990, 1998, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020; Se divide en dos actividades.

La primera actividad fue la recopilación información secundaria, de los referentes teóricos e históricos que ha tenido la cienaga en el tiempo de estudio; su declaratoria como hará protegida, y las distintas problemáticas ambientales que ha tenido. En esta fase se recolecto toda la información pertinente de acuerdo al estudio, indagando en base de datos, estudios realizados por la Corporacion Autonoma de los valles del Siú y San Jorge – CVS, Plan de desarrollo, información de SINAP, RAMSAR, Tremarctos, los POTs que se han realizado y sus actualizaciones

La segunda actividad fue la selección y descarga de imágenes de satélites durante un período de 35 años (1985-2020) de la zona donde se encuentra la cienaga de Betací. Las imágenes descargadas son de los satelites Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, se descargaron de la plataforma web del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Earth Explorer. Todas las imágenes se descargaron en el mes de enero, y así tener una sola unidad temporal en época seca, puesto que en este mes es en donde se denotan las características naturales de las dinámicas hidrológicas de los espejos de agua.

Para descarga la información, se hizo por medio de la plataforma <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Lo que se realizó fue delimitar la zona que se desea descargar, luego se hace una depuracion de informacion a través de criterios de búsqueda, delimitando las fechas y tipo de imagen que se desea descargar, en este caso, la zona donde se localiza la Ciénaga de Betancí (el período de descarga de las imágenes es el mes de enero). de igual forma se descargaron las imágenes con unos criterios específicos de calidad visual, donde el porcentaje (%) de nubusidad no superar el 15% para la zona especifica de la cienaga, ver Tabla 1.

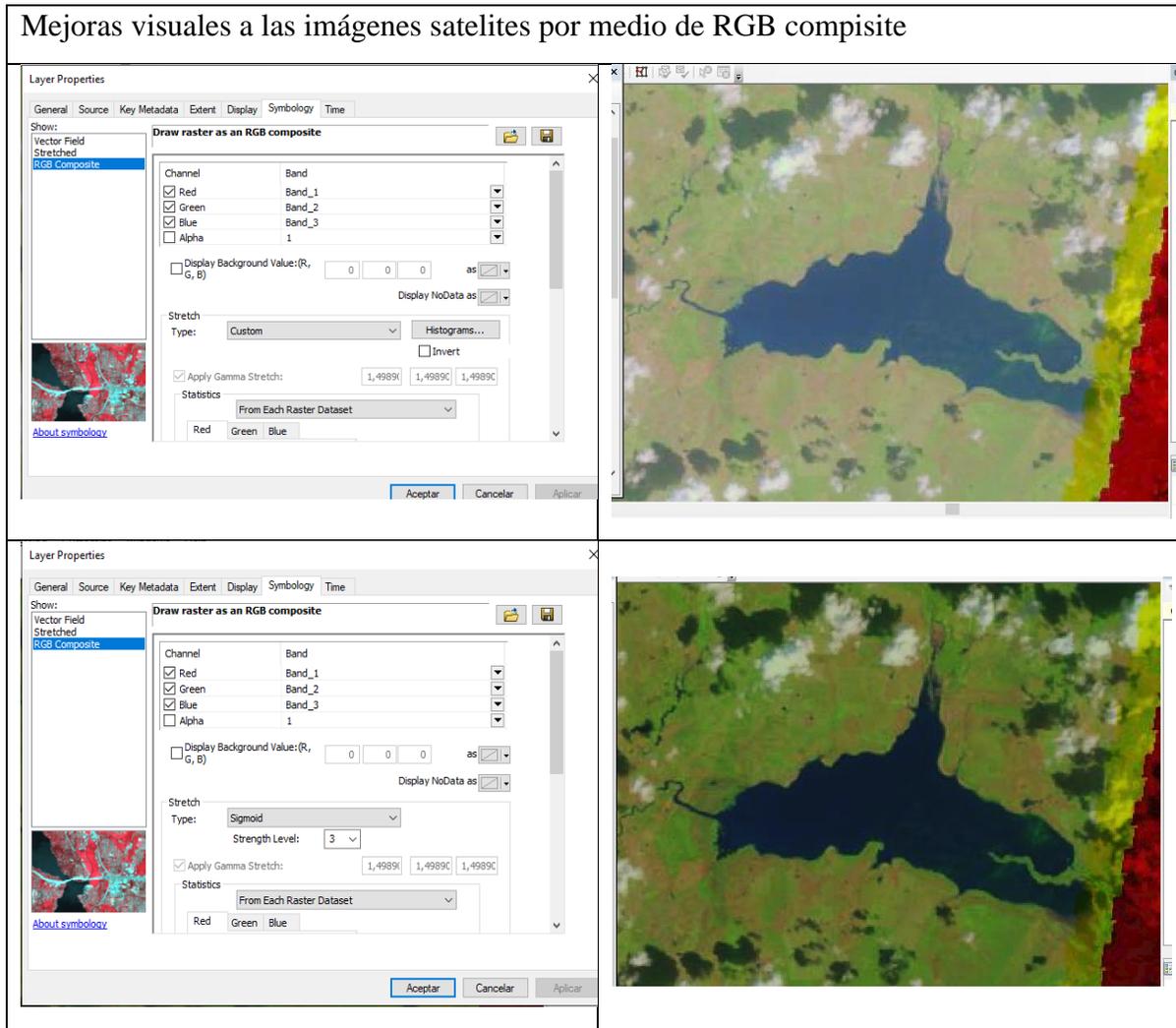
Tabla 1. Plataforma de descarga de Imágenes de satélite.



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

- **Fase 2:** Procesamiento de imágenes de satélites a través de herramientas geoinformáticas, esto se realiza con el fin de mejorar la calidad visual de las imágenes; utilizando las funciones de las propiedades de la imágenes en RGB composite, en su extensión Stretch, y se ajustaba en el tipo de mejora, esto con el fin de identificar visualmente la dinámica del espejo de agua de la cienaga de Betancí.

Tabla 2. Mejoramiento visual de imágenes de satélite.

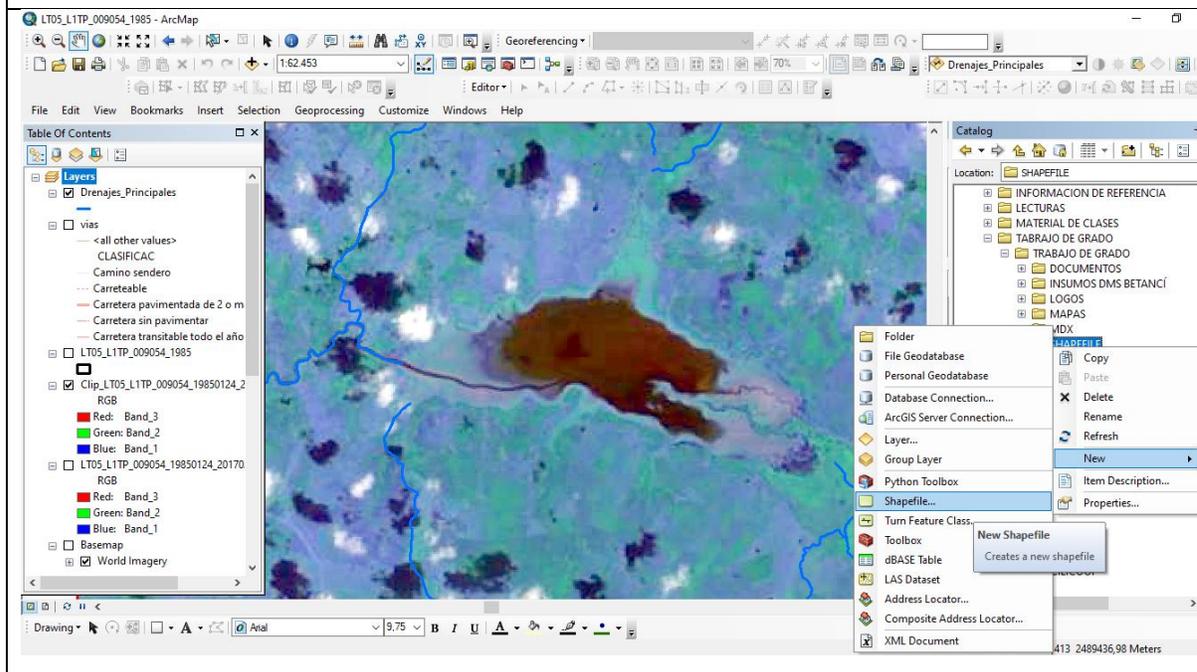


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Luego de obtener toda la información necesaria, se organiza y se realiza un procesamiento de la misma. Las imágenes de satélites se agrupan por año y se les realiza el proceso de correcciones con la herramienta *Landsat Toolbox* solo a la imagen de 2005, posterior a esto se procede a digitalizar a través de ArcGis 10.8.2, utilizando herramientas geospaciales del catalogo de AcrGis, se le crea una ruta (carpeta) donde se almacenaran los datos creados en formato shapefile, tipo polígono, dándole un sistema de coordenadas, para nuestro estudio utilizamos el CTM 12, origen nacional ver Tabla 3.

Tabla 3. Herramienta de creación de información espacial tipo Vector.

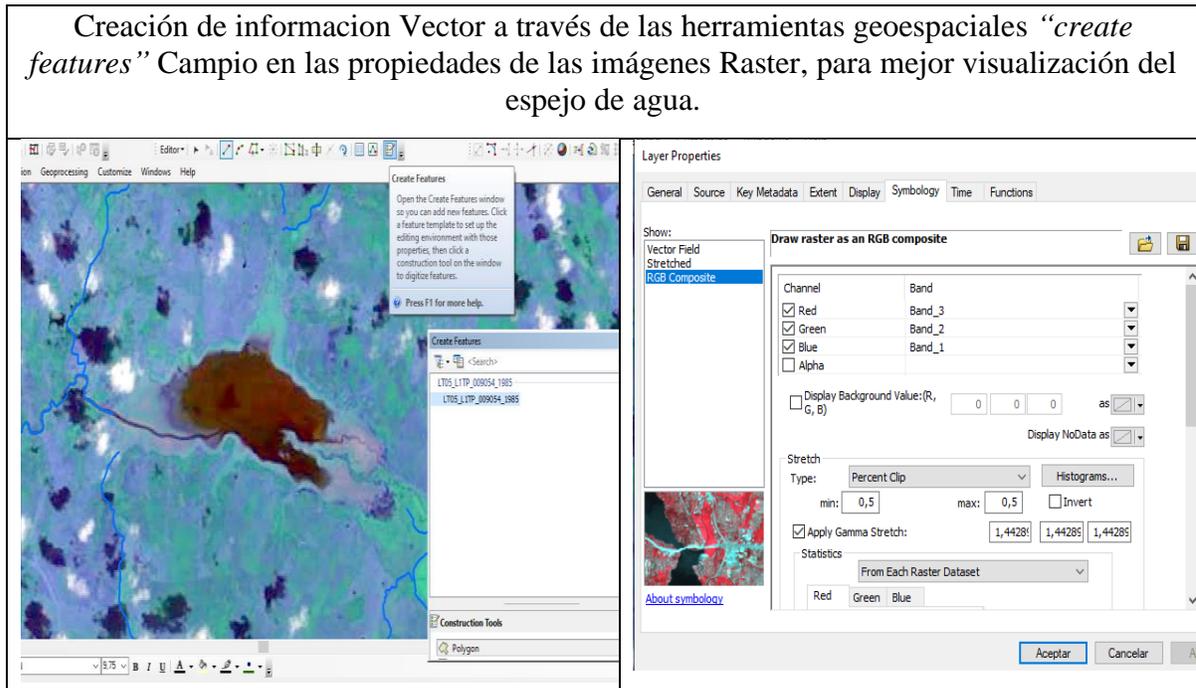
Herramientas para creación de información espacial tipo (Shapefile) – Vector – esta información es creada como polígono, ya que es la mejor opción para representar el cuerpo de agua.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Luego se crea se crean shapefiles tipo polígono en la herramienta de edición denominada “*create features*” se realiza delimitación del cuerpo de agua según la interpretación de la imagen, con la metodología de cambios de bandas para apreciar mejor el cuerpo de agua por año. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Creación de información base



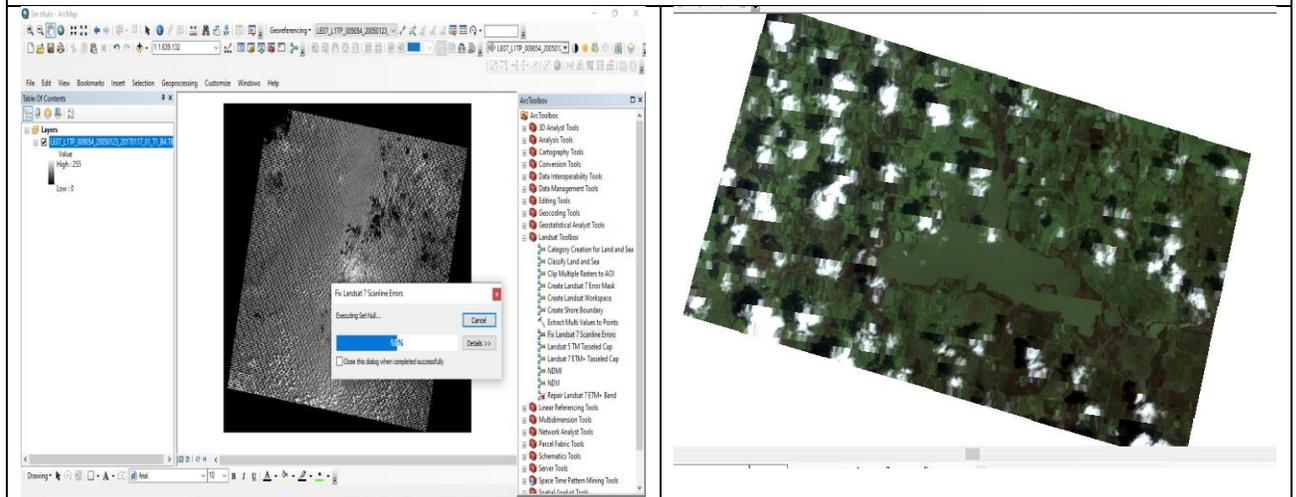
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Obteniendo como resultado unas capas vector según imágenes y año, los cuales serían los insumos principales para realizar el análisis, de igual forma se traslapan estas capas con el fin de mirar la variabilidad del espejo de agua en el tiempo.

Luego Se realizan correcciones a través de la herramienta Landsat Toolbox, en su extensión de mejora Fix Landsat 7 Scanline Errors para mejorar los errores que podría contener la imagen. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Herramientas para procesamiento de información Raster.

Herramienta geopacial para mejora de información raster (Imágenes de satélite), denominada *Landsat Toolbox*, en su extensión de mejora Fix Landsat 7 Scanline Errors. Para imágenes con errores de píxeles sin valores. Lo cual hace una mejora considerable de sus bandas, agupandolas creando una sola imagen mejorada.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

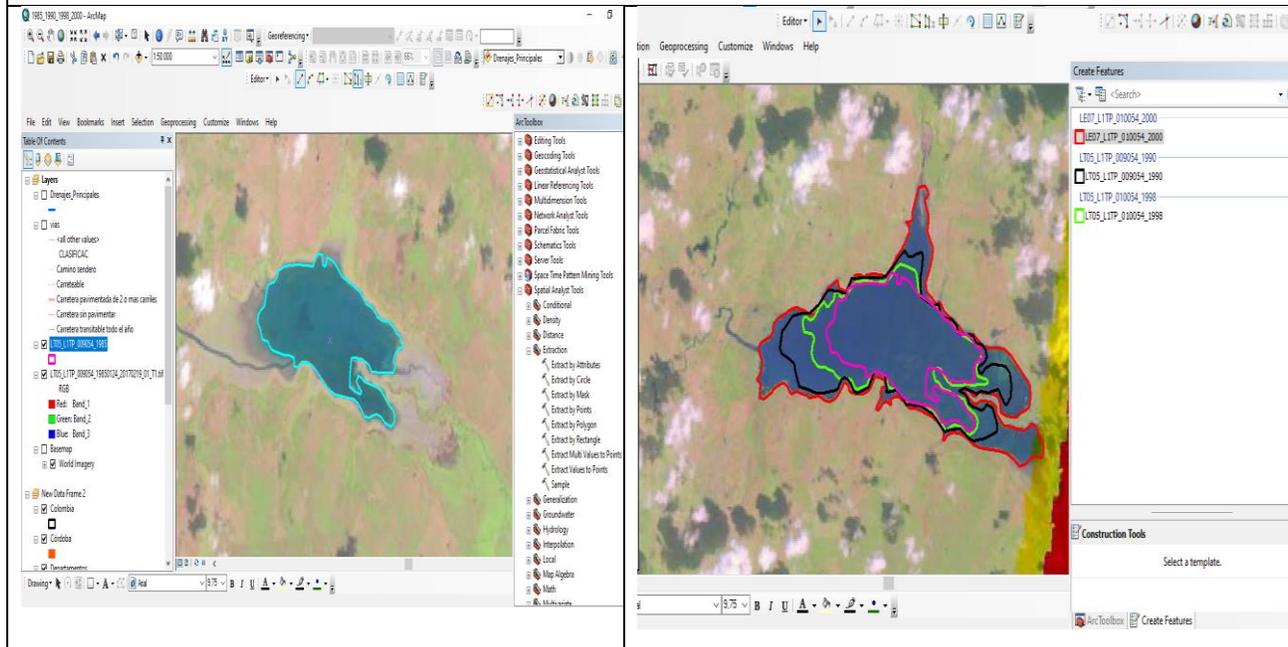
- **Fase 3:** Mediante los sistemas de información geográfica, se realiza fotointerpretación para la creación de mapas temáticos y mosaicos de mapas por años para determinar la dinámica hidrológica de la cienga de Betanci.

A través de los Sig se realiza la digitalización del borde del espejo de agua, creando la información espacial tipo shp, en el cual se calculan las áreas por imágenes procesadas. Apartir de esto se realizan los mapas temáticos.

Se realiza un proceso de digitalización supervisada, a partir de la imagen, para la creación del polígono del cuerpo de agua.

Tabla 6. Proceso de digitalización de imágenes de satélite.

Proceso de digitalización de las imágenes para obtención de un producto vector por cada año trabajado, para su posterior análisis.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

➤ **Fase 4:** Con base en los mapas temáticos resultantes y las áreas y porcentajes que ocupaba la cienaga se realiza un análisis para cada periodo trabajado, luego se agrupan por bloques de años como se mencionó anteriormente, esto con el fin de determinar las tendencias de cambio del área de interés. Luego se determina las posibles causas que generan la dinámica hidrológica de la cienaga de Betancí con la información procesada, se realizan las salidas cartográficas, tablas de áreas por años de la extensión del espejo de agua correspondientes a los años utilizados; con ello se determinan las posibles causas que generan la variabilidad del espejo de agua.

Esta información va soportada por la información recopilada, como los planes de desarrollo y los POTs con respecto a la zona de estudio.

Con toda esta información se le da respuesta a la primera pregunta de investigación la cual es: ¿Es posible que a través de un estudio multitemporal de imágenes de satélites y utilizando herramientas SIG pueda estimar la dinámica hidrológica del espejo de agua de la cienaga de Betancí en una serie de tiempo de 35 años?.

Explicando que es posible a través de un SIG determinar la dinámica hidrológica del cuerpo de agua, siempre y cuando se tengan los insumos necesarios para la determinación de dicha dinámicas, como lo son las imágenes de satélites multitemporales.

1.6 Enfoque metodológico

El estudio tiene un enfoque de tipo Cuantitativo, ya que se realizará el análisis de variables que influyen en la reducción de la cienaga de Betancí, estas variables están asociadas a medidas de manejo inadecuadas en la zona, como creaciones de diques con sacos hasta que en 2001 se realiza un dique artificial de gran tamaño que cambió la dinámica hidráulica de la cienaga.

Teniendo en cuenta las fases de la realización del proyecto con el enfoque de la investigación cuantitativa, partimos de una teoría visible del cambio en el área del espejo de agua, a partir de esto se realiza una posible hipótesis, del por qué dicha área ha variado en el tiempo. Luego de la recopilación de datos y procesamiento de tipo raster y vector, se realiza el análisis comparativo entre áreas y años, obteniendo resultados de tipo medibles (Ha).

1.7 Tipo de estudio

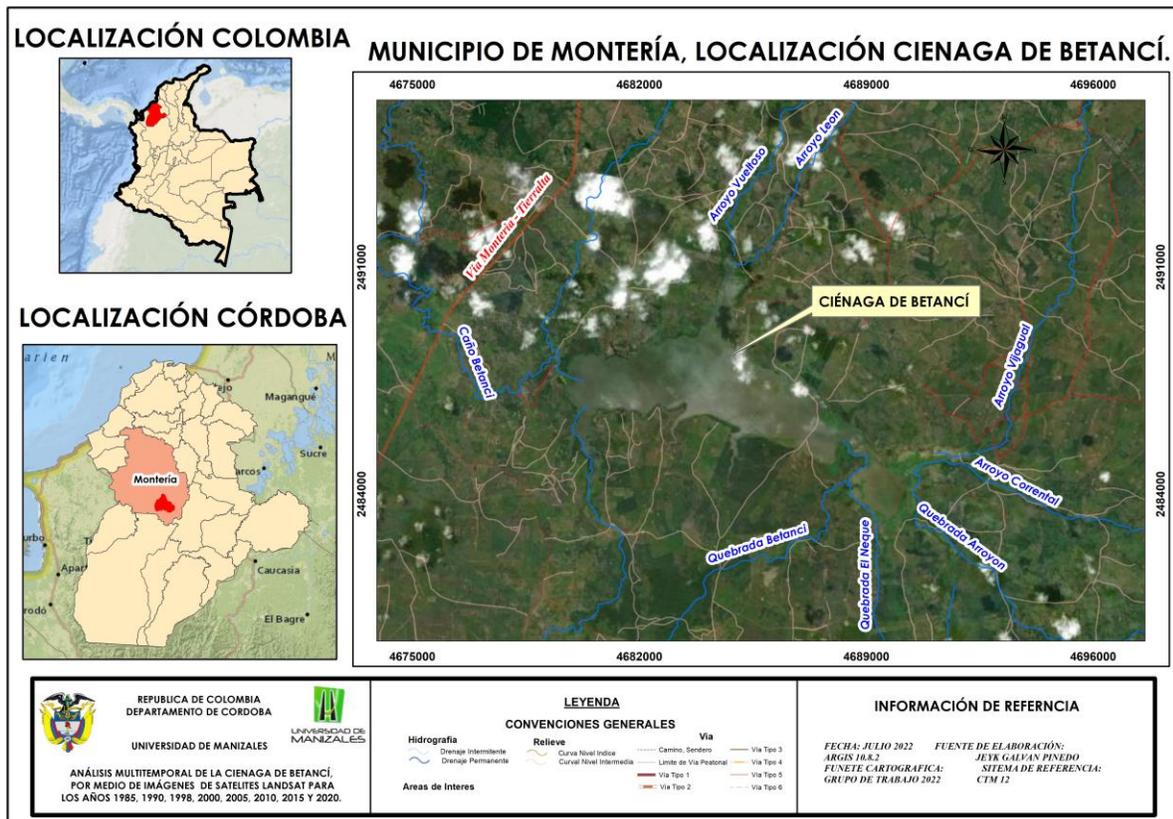
El tipo de estudio está basado en una investigación explicativa y de correlación, ya que se realizará un estudio donde no se ha indagado a profundidad de la dinámica de dicho humedal,

brindando herramientas necesarias en la toma de decisiones de las autoridades ambientales y entes gubernamentales. De igual forma se realizará una correlación de variables, como lo es el crecimiento urbano, cuerpos de aguas tributarios al humedal, en caso de estar dentro de un macro acuífero. Con ello se determinarían las variables que general la pérdida del espejo de agua en la temporalidad del estudio.

Resultados

Para poder describir los resultados, primero se debe definir la localización espacial del área de estudio, la cual esta comprendida de la siguiente forma: La ciénaga de Betancí se localiza en el departamento de Córdoba en jurisdicción del municipio de Montería, en las coordenadas 8°24'2.51" Norte y 75°52'21.10" Oeste, sobre la margen derecha del río Sinú, en una depresión que lleva el mismo nombre y formada por las serranías de San Jerónimo y Abibe. Además, su área oferente tributaria está influenciada por el aporte del caño Betancí, el cual conecta directamente a la ciénaga con el río Sinú. (Ver Figura 1).

Figura 1. Localización Ciénaga de Betancí



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

7.2 Dinámica espacial de la Ciénaga de Betancí durante los años 1985, 1990, 1998, 2000, 2005, 2010, 2015 Y 2020.

Para la recopilación de información secundaria e imágenes de satélites en un período de 35 años de la zona de la Ciénaga de Betancí, fue importante iniciar desde los años 1985, 1990, 1998, 2000, ya que en dichos años la Ciénaga tenía una dinámica hidrológica de forma normal en sus períodos de invierno y verano, en el cual los arroyo como Vueltoso, León, Vijagual, Corrental, y las quebradas Correiental, Arroyon, El Ñeque, Betancí tributan a dicha ciénaga, dando Origen al Caño Betancí, el cual se localiza al Este de la Ciénaga y vierte sus aguas en el Rio Sinú.

Es importante resaltar todo el proceso antrópico que ha tenido la ciénaga de Betancí a lo largo de los años, como lo explica (Cardenas Angulo, C. 2020), sobre los procesos de legalización de predios dentro de la Ciénaga en los años antes mencionados, ya que explica cómo el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria -INCORA, para los años 1980 y 1990 impugnó cerca de 40 títulos de posesiones dentro del área oferente de la Ciénaga, lo cual acarrearía consecuencias con el espejo de agua, pues crecería la frontera agropecuaria y ganadera en zonas de la ciénaga. Ahora, en el año 1992, la Corporación Autonoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge CVS, notifica a INCORA sobre las adjudicaciones e intervenciones irregulares dentro del área de la ciénaga de Betancí (Defensoria del Pueblo, 2005).

La obtención de estos títulos cerca al área oferente de la cienaga por parte de terratenientes dio como resultado la captación de grandes volúmenes de agua de la cienaga para los sistemas de riego de cultivos de palma africana que se estaban produciendo en estas zonas sin dejar de lado el desvío de muchas de las quebradas y riachuelos que tributaban a la Cienaga.

La defensoría del Pueblo afirma que “las diversas intervenciones antrópicas en la ciénaga y los cuerpos de agua que tributan a ella están contribuyendo de una u otra forma al deterioro natural del ecosistema” (2005).

Teniendo como eje el objetivo de realizar procesamientos de imágenes de satélites que ayuden a determinar la dinámica del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí entre los años 1985 y 2020, se realiza un estudio multitemporal de la ciénaga en los años 1985, 1990, 1998, 2000, con imágenes Landsat 5, 7 y 8, el cual se representa en la (Tabla 1). Todo esto se hace con el fin de analizar cómo era su dinámica hidrológica antes de la creación de un dique denominado “La Tapa” en el año 2001; y así posteriormente analizar el comportamiento de la dinámica hidrológica en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. Ver (Tabla 8). Ahora bien, para poder llevar a cabo lo mencionado anteriormente se efectuaron herramientas geoinformáticas como lo fue la edición cartográfica y digitalización supervisada a cada una de las imágenes, permitiendo esto crear un insumo medible y editable por capas que permitan calcular las áreas por año.

Tabla 7. Información de imágenes descargadas

IMAGEN LANDSAT	AÑO	CORRECCIÓN	COMBINACIÓN DE BANDAS	Área Ha
LT05_L1TP_009054_19850124_20170219_01_T1	1985	NO	3-2-1	584,9352 17
LT05_L1TP_009054_19900122_20170131_01_T1	1990	NO	1-2-3	1003,424 58
LT05_L1TP_010054_19980103_20161228_01_T1	1998	NO	3-1-2	739,4329 39
LE07_L1TP_010054_20000101_20170215_01_T1	2000	NO	1-2-3	1392,675 779

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 8. Información de imagenes descargadas para los años 2005, 2010, 2015 y 2020

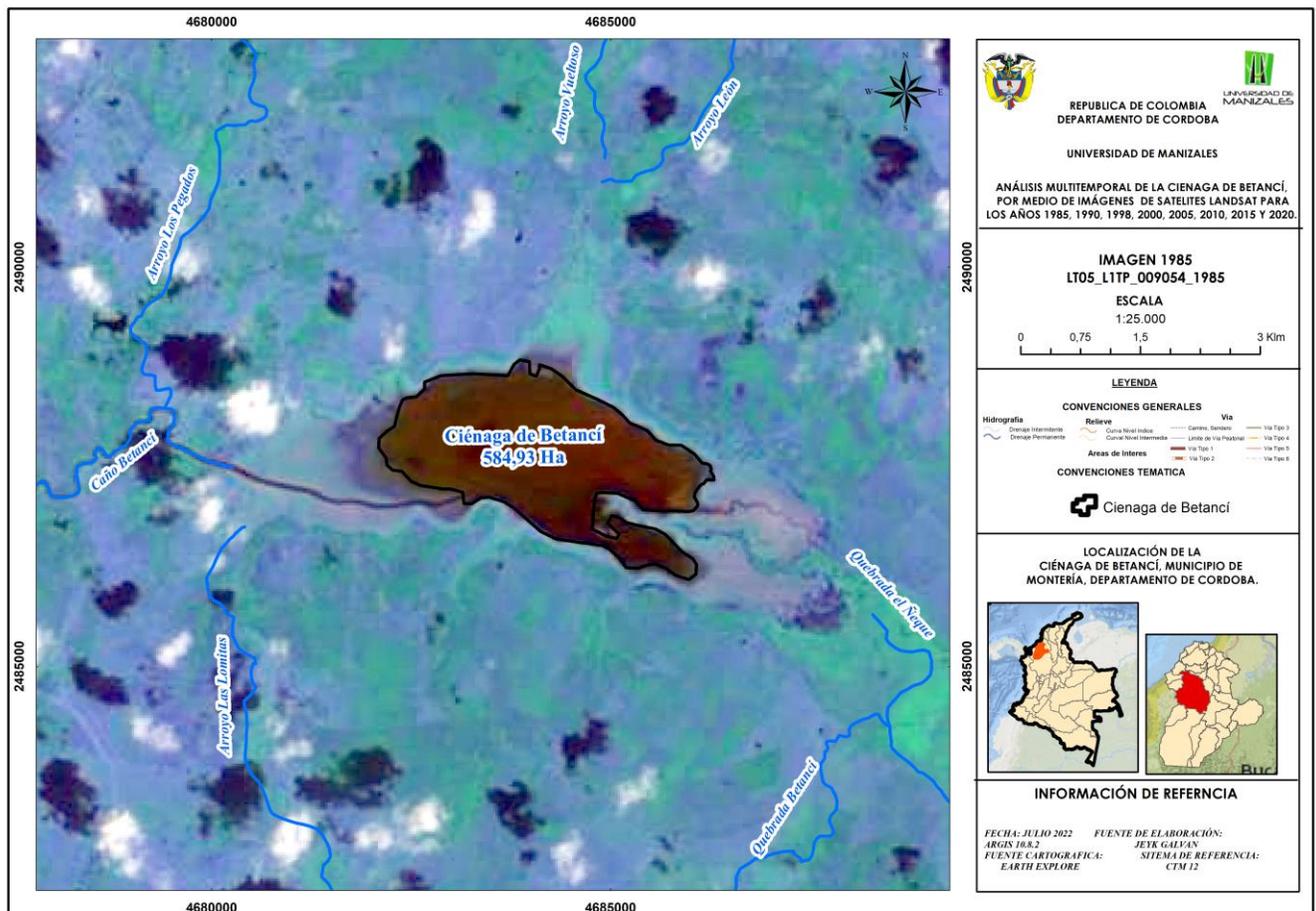
IMAGEN LANDSAT	AÑO	CORRECCIÓN	COMBINACIÓN DE BANDAS	Área Ha
LE07_L1TP_009054_20050123_20170117_01_T1	2005	SI	2-3-1	2089,6 911
LT05_L1TP_009054_20100129_20161017_01_T1	2010	NO	1-2-3	2095,6 828
LC08_L1TP_010054_20150102_20170415_01_T1	2015	NO	1-2-3	1951,8 307
LC08_L1TP_010054_20200116_20200128_01_T1	2020	NO	1-2-3	2422,9 557

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

En el año 1985 la dinámica hidrológica de la Ciénaga de Betancí se evidencia que el espejo de agua tiene aproximadamente 584,93 Ha. Esta información se sacó con un proceso de digitalización de imagen de satélite Landsat 5, con una combinación de bandas 3-2-1 que buscaba evidenciar el cuerpo de agua. Ver Figura 2.

En este mismo año, la dinámica hidrológica se denota normal, un cuerpo de agua de gran tamaño con drenajes tributarios que llegan a él, siendo el caño Betancí quien recibe toda el agua del espejo de agua.

Figura 2. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 1985.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

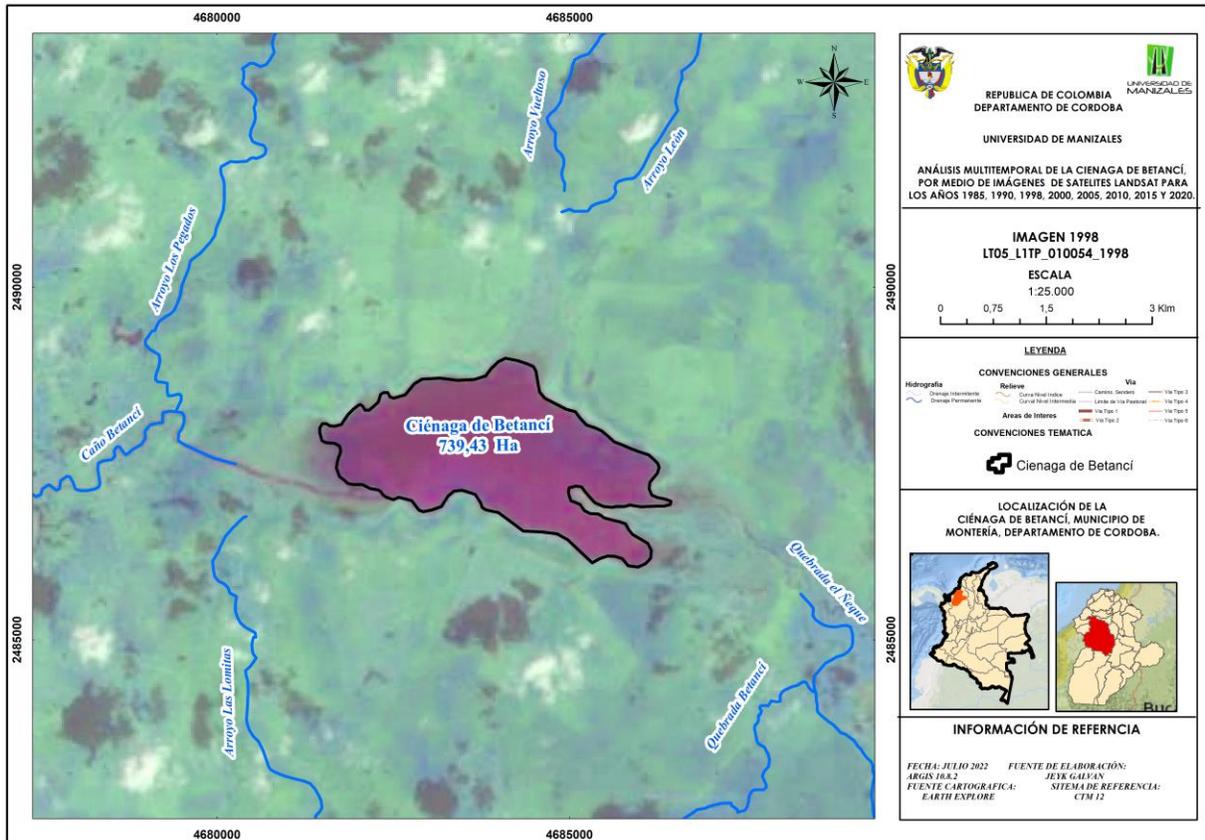
En 1990 la dinámica hidrológica de la Ciénaga de Betancí evidencia un crecimiento notable del espejo de agua, el cual tiene aproximadamente 1003,42 Ha, duplicando la información del año 1985; esta información se sacó con un proceso de digitalización de imagen de satélite Landsat 5, con una combinación de bandas 1-2-3 con el fin de evidenciar el cuerpo de agua con mayor precisión. Ver Figura 3

Durante este año la dinámica hidrológica del cuerpo de agua se refleja con gran crecimiento, un cuerpo de agua de gran tamaño, con drenajes tributarios que llegan a él y el caño Betancí es

digitalización de imagen de satelite Landsat 5, con una combinación de bandas 3-1-2 con el propósito de reflejar el cuerpo de agua con mayor presicion. Ver Figura 4. **Figura 3**

Se evidencia que para el año 1998 existen zonas desecadas, lodosas o pantanosas que no hacen parte del espejo de agua, pero están oferentes a la ciénaga similar a la información de 1985.

Figura 4. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 1998.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

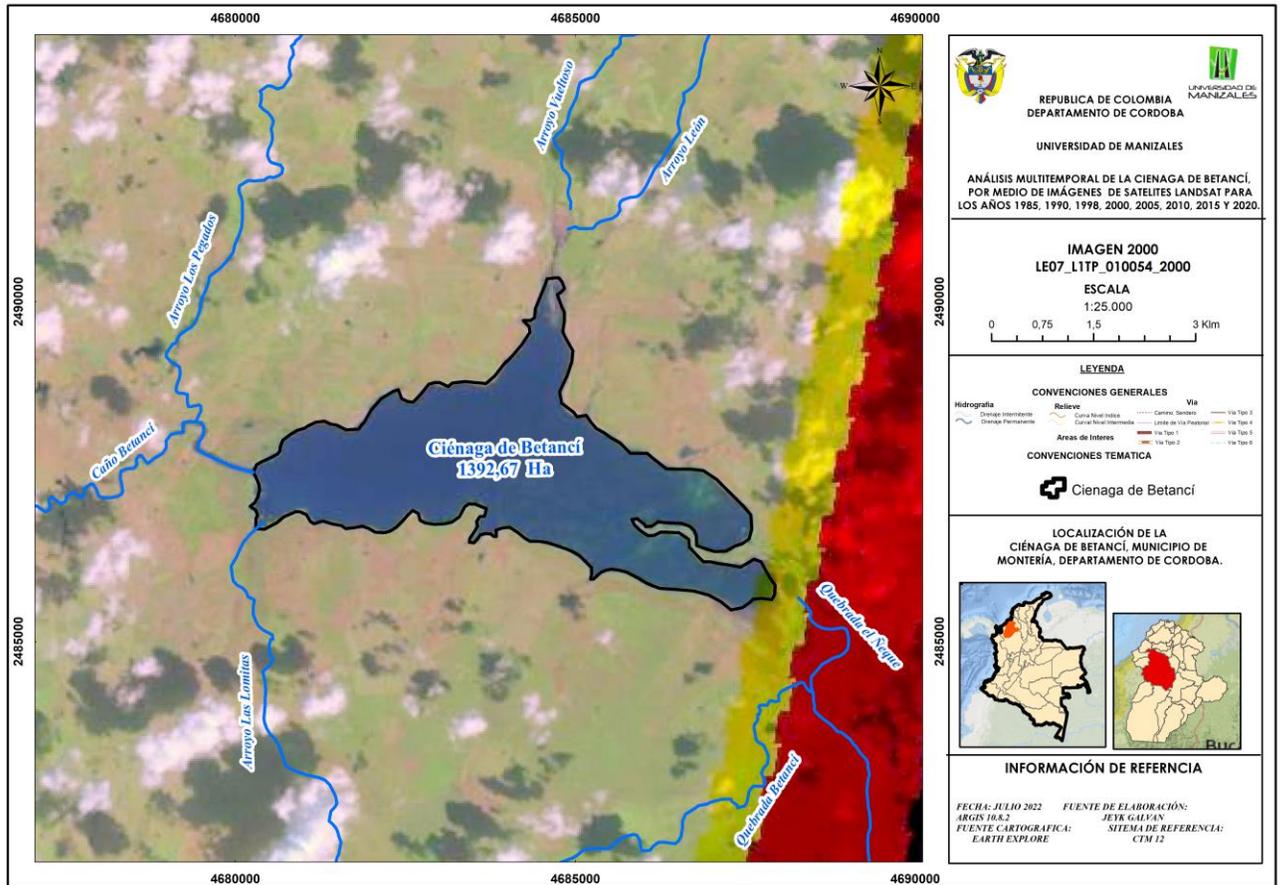
Para el año 2000 la dinámica hidrológica de la Ciénaga de Betanci se destaca un crecimiento notable del espejo de agua, el cual tiene aproximadamente 1392,67 Ha, duplicando casi la información del año 1985 y 1998. Para lograr esta información, se tuvo que hacer un proceso de

digitalización de imagen de sateliete Landsant 7, con una combinación de bandas 1-2-3 para evidenciar el cuerpo de agua con mayor presicion. (Ver Figura 5)

Asi mismo, en este año la dinámica hidrológica del cuerpo de agua se constata con gran crecimiento, con drenajes tributarios que llegan a ella y el caño Betancí es quien recibe toda el agua del espejo de agua; además se colocaban infraestructuras artificiales (Sacos con arena) en la boca del caño Betancí y así poder retener el agua de la ciénaga, pudiendo finalmente utilizarla en el riego de los grandes monocultivos de palma africana que se cultivan en la zona, esta información fue suministrada por habitantes de la zona oferente al espejo de agua.

Se evidencia que en el año 1985 y 1998 existen zonas desecadas, lodosas o pantanosas que no hacen parte del espejo de agua pero estan oferentes a la cienaga. Y para el año 2000, se puede ver una dinámica de retorno donde estas zonas pantanosas y desecadas se encuentran inundadas, sumado a las intervenciones humanas.

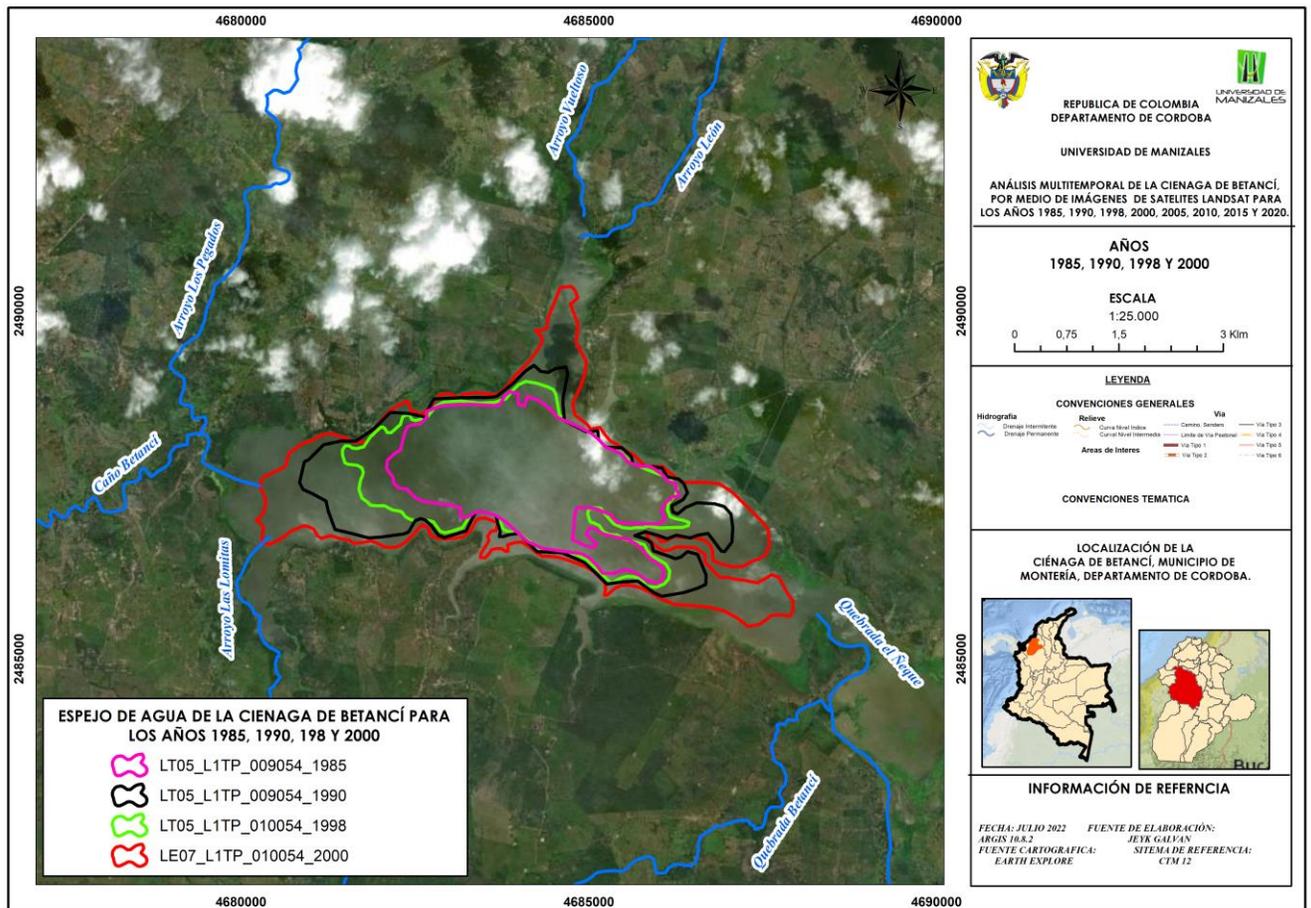
Figura 5. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2000



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Se debe tener una visión de como era la dinámica de la cienaga de Betancí se realiza el cruce de capas en los años 1985, 1990, 1998 y 2000. ver Figura 6.

Figura 6. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí en los años 1985, 1990, 1998 y 2000.



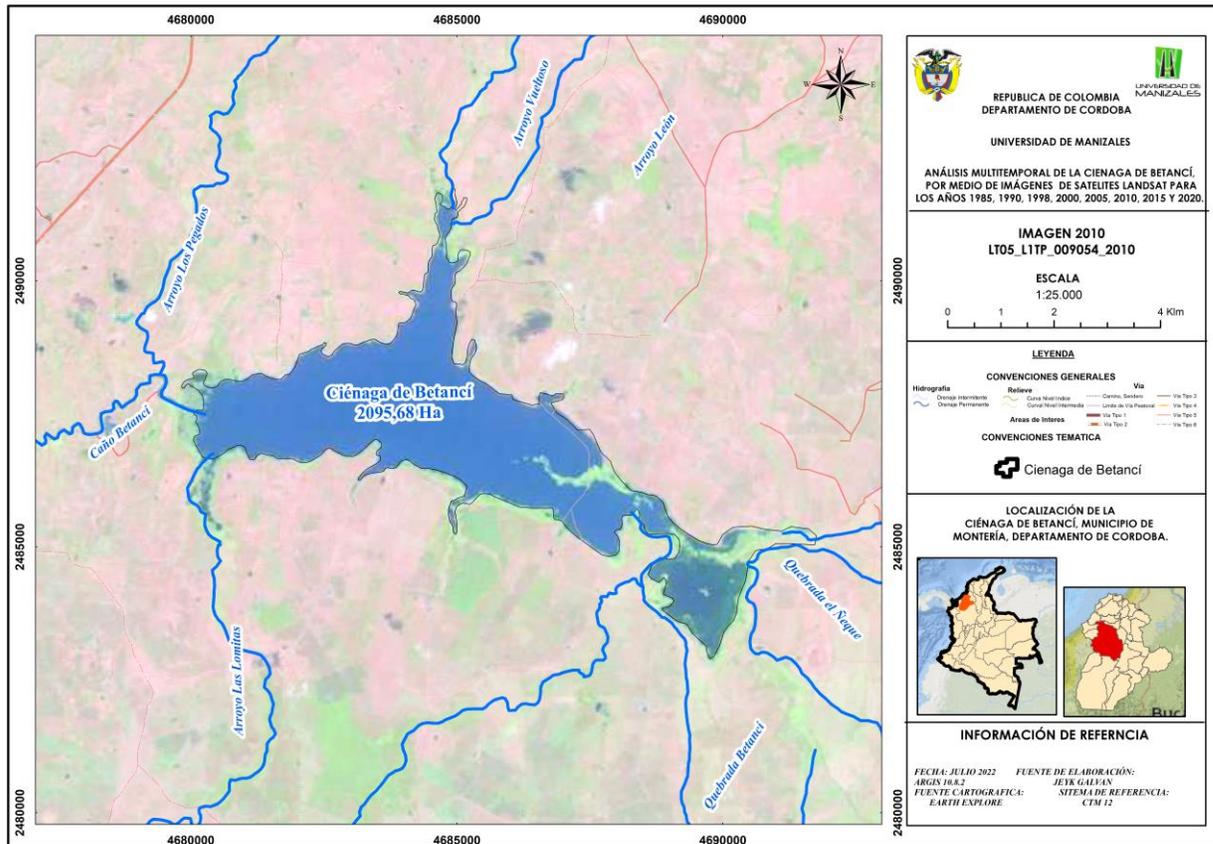
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Se denota como la dinámica hidrológica del cuerpo de agua es variable en los 15 años, con un comportamiento natural, teniendo en cuenta que en el año 2000 es donde se evidencia un crecimiento exponencial por el taponamiento de la boca del caño Betancí con sacos, compactación de los suelos por parte del ganado, (Defensoria del pueblo, 2015); esto reduce la capacidad de infiltración de los suelos; sumado al aumento de las lluvias e inundaciones a finales del 1999, lo cual explica un poco la extensión del espejo de agua en el mes de enero del 2000.

Para el año 2010, se realizó el análisis de la imagen correspondiente a esta fecha, mostrando como el espejo de agua a un mantienen una dinámica léntica, el cual almacena gran cantidad de agua de riachuelos, arroyo y demás que tributan a él, pero es poca el agua que sale de forma natural hacia el caño Betancí. La dinámica se mantuvo similar a la del año 2005, lo cual no ocasionaría grandes cambios en la zonas oferentes a la cienaga.

Se evidencia que el espejo de agua que tiene aproximadamente 2095,681 Ha. Esta información se consiguió con un proceso de digitalización de imagen de satelite Landsant 5, con una combinación de bandas 1-2-3 con el fin de evidenciar el cuerpo de agua. Ver Figura 8.

Figura 8. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2010.

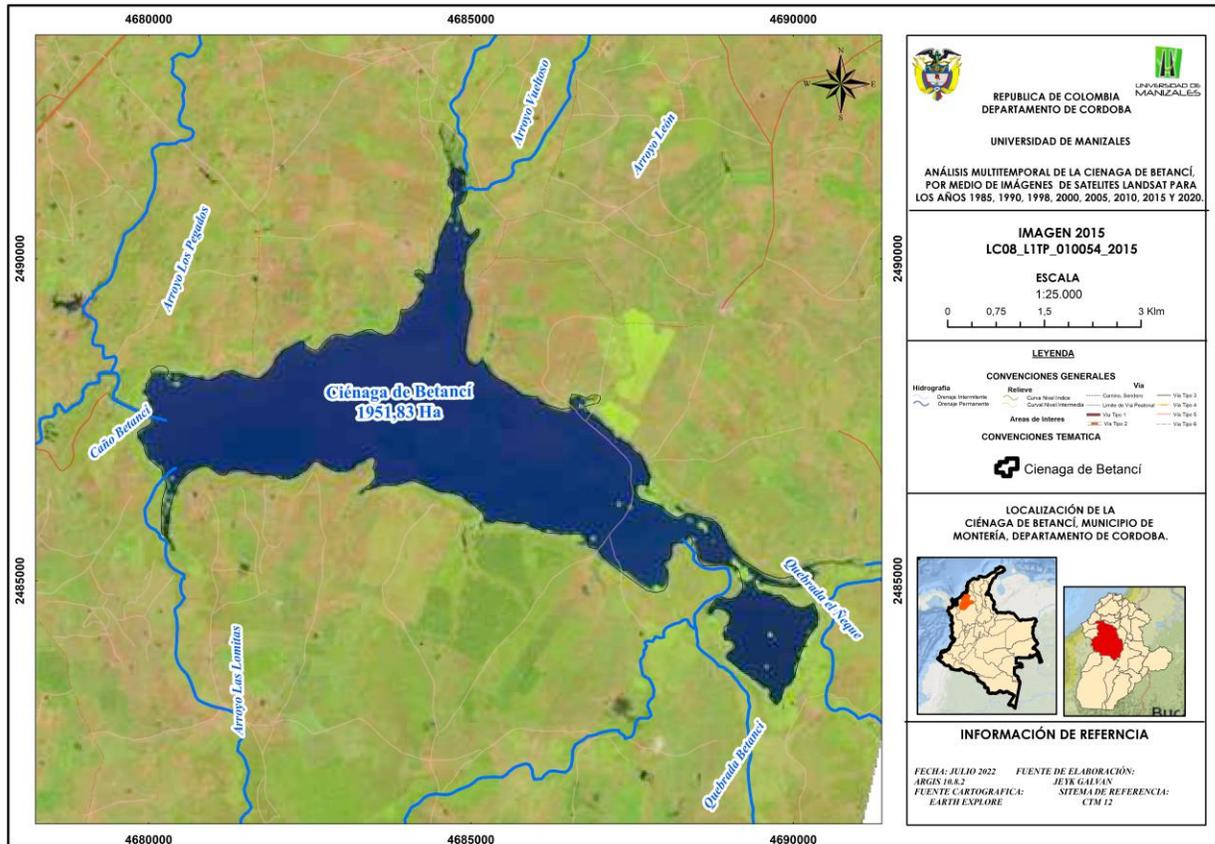


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

En el año 2015, se realizó el análisis de la imagen correspondiente a esta fecha, mostrando como el espejo de agua a un mantienen una dinámica lentic, muy antropizada, el cual almacena gran cantidad de agua de riachuelos, arroyo y demás que tributan a el, pero es poca el agua que sale forma natural hacia el caño Betancí, el cual denota cambios en su dinámica hidrológica, ya que despue de 14 años de la creación de la infraestructura artificial, la dinámica se mantuvo similar a la del año 2005 y 2010 lo cual denota que no habrían grandes cambios en la zonas oferentes a la cienaga para los años posteriores a 2001.

Se evidencia que el espejo de agua que tiene aproximadamente 1951,83 Ha, esta información se sacó con un proceso de digitalización de imagen de satelite Landsat 8, con una combinación de bandas 1-2-3 con el fin de evidenciar el cuerpo de agua. Ver Figura 9.

Figura 9. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2015.



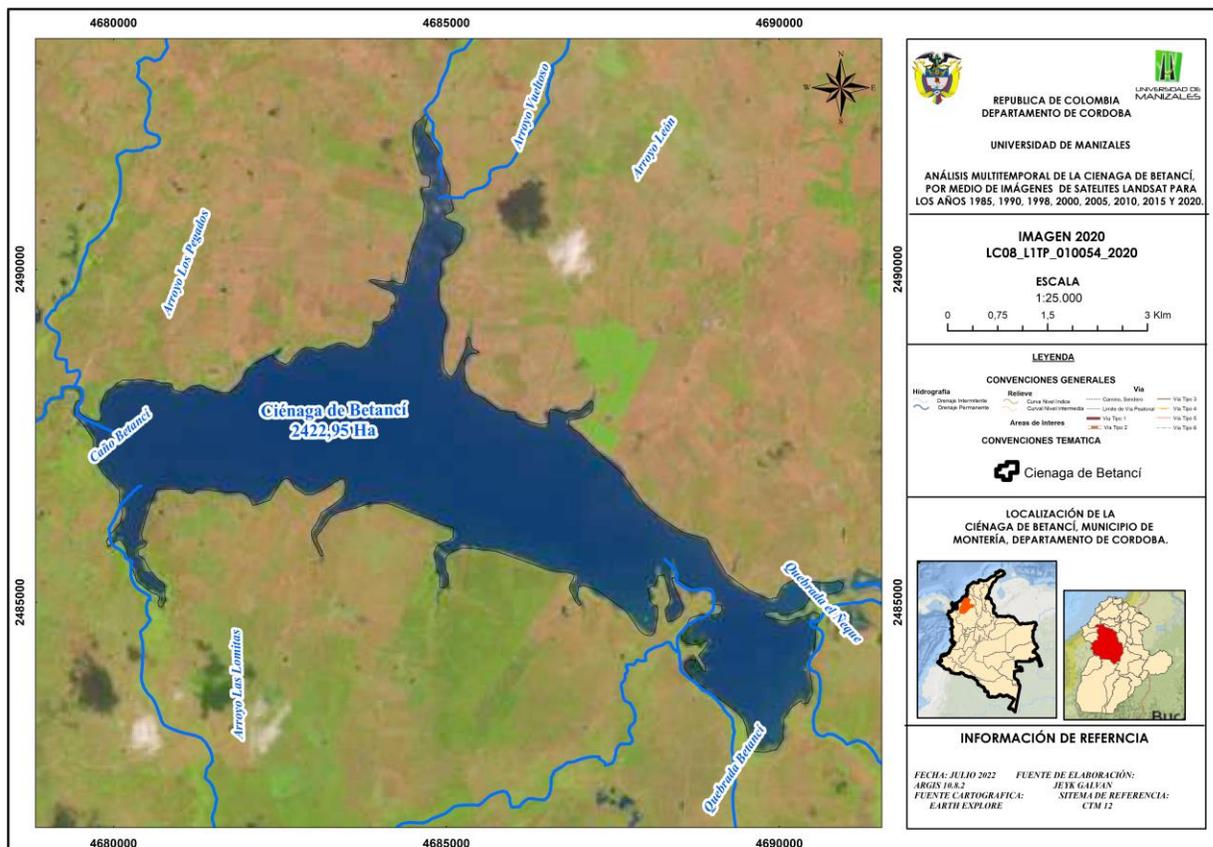
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Para el año 2017, la Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS declara la ciénaga de Betancí como Área protegida en la categoría de Distrito de Conservación de Suelos la Ciénaga de Betancí, con una extensión de 13.41ha, divididas de acuerdo a las categorías de zonificación en zona de Preservación 3.617 ha (26,967%), zona de uso sostenible - subzona de aprovechamiento 2.748ha (20,48), zona de uso sostenible - subzona para el desarrollo 5.433 ha

(40,50%), zona de restauración 1.600ha (11,93%), zona de uso general de uso público 17 ha (0,13%). Con el fin de preservar las condiciones naturales aun preservadas en la cienaga.

El análisis realizado en 2020, refleja como el comportamiento del cuerpo de agua se mantiene a travez del tiempo, conservando las condiciones antrópicas por la infraestructura creada en el año 2001. Se realizo una combinación de bandas 1-2-3, resaltar el cuerpo de agua y realizarle su respectiva digitalización. **Figura 10**

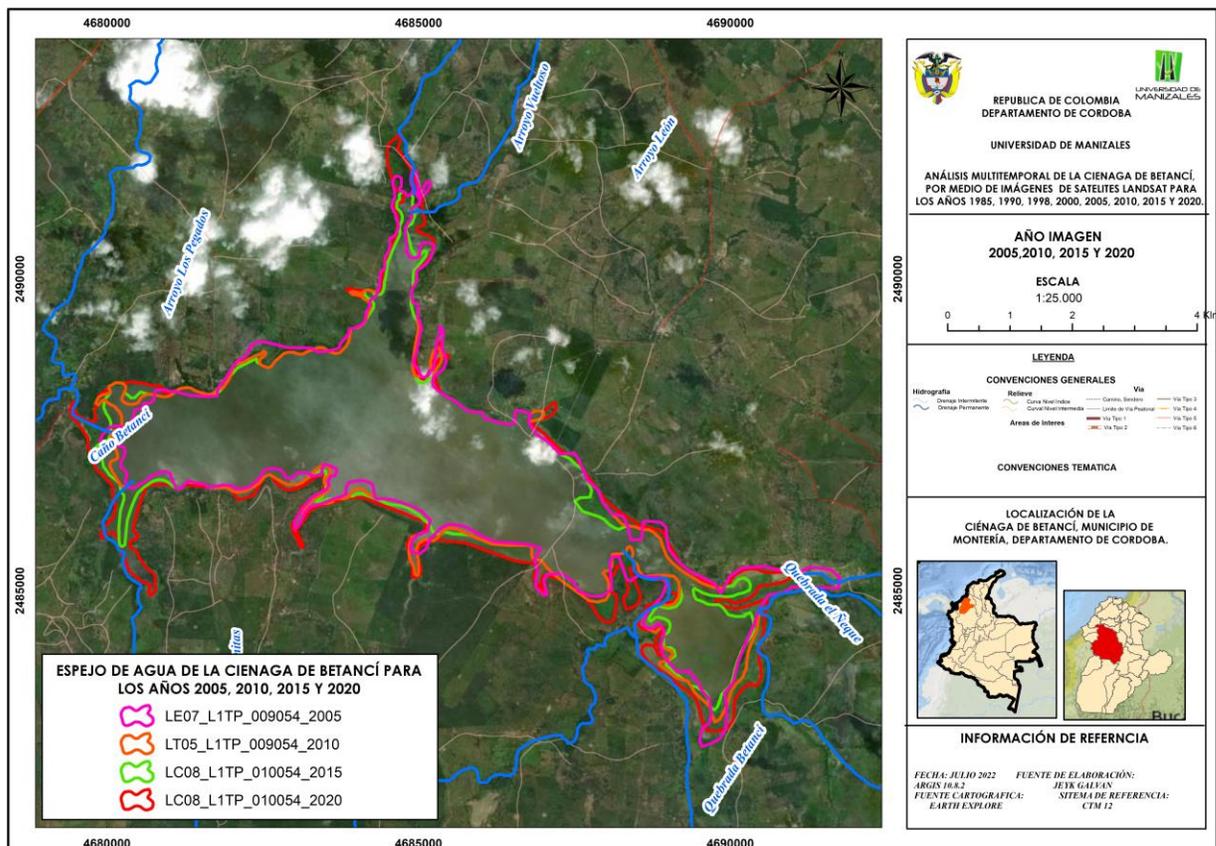
Figura 10. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2020.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Para tener una visión amplia de la dinámica hidrológica de la cienaga de Betancí se realiza el cruce de capas en los años 2005,2010,2015 y 2020, visualizando como el espejo de agua tiene un comportamiento similar en los años antes mencionados; es decir sus condiciones hidrológicas naturales cambiaron a partir de la intervención antrópica denominada “La tapa”, esta infraestructura cambio las condiciones de la cienaga casi en su totalidad, convirtiendolo en un reservorio de agua a través del tiempo. Figura 11.

Figura 11. Mapa del espejo de agua de la Ciénaga de Betancí año 2005, 2010, 2015 y 2020.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Conclusiones

Las obras/actividades antrópicas pueden generar grandes cambios en los ecosistemas naturales como se apreció en el presente estudio, en donde se logró visualizar cómo la infraestructura denominada “La Tapa” cambió por completo la dinámica natural de la Ciénaga de Betancí, específicamente en los años 1985, 1990, 1998 y 2000. Durante estos períodos, los cuerpos de aguas presentaban una dinámica natural, donde el espejo de agua era creciente y decreciente a lo largo de los 15 años. Pero luego de la creación del dique, su dinámica cambió durante los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020, pues a partir de estos años se generaron infraestructuras artificiales como diques, los cuales fueron creados por sacos. A su vez, a principio del 2001, se creó “La Tapa” que mantiene el agua represada en la ciénaga, donde su espejo de agua es poco cambiante en cuestiones de áreas.

La descarga de las imágenes del estudio fueron seleccionadas en el mes de enero, con el fin de que no exista una variación climática y también poder trabajar todos los años con un mismo mes en común, con la finalidad de analizar las variaciones del espejo de agua en los diferentes años, lo que se hará por medio de los sistemas de información geográfica y sus diferentes herramientas para fotointerpretar.

la Defensoría del pueblo (2005) afirma que las intervenciones en las ciénagas y demás cuerpos de agua se encuentran afectadas por la ocupación de su cauce y la ciénaga de Betancí en el año 2001 contaba con una extensión de 1100 Ha. Lo anterior lleva a que se de la construcción de un dique de cemento de 74 metros de largo, por cuya superficie pasa una carretera, este ha sido uno de los impactos ambientales más significativos que ha tenido la Ciénaga de Betancí, uno de los patrimonios biológicos del país y

del departamento de Córdoba. Por otro lado, dique fue financiado y construido por las Autodefensas Unidas de Córdoba y Urabá para movilizar a sus hombres y comunicar algunas fincas vecinas, además la obra, que tiene cuatro metros de alto y cuatro de ancho, fue levantada en los primeros cuatro meses del año 2001 por unos 40 hombres en el caño de Betancí, en el sitio Junquillo, a unos 900 metros de la boca de la ciénaga (El Tiempo, 2001).

Entonces se pone en evidencia que este ha sido el principal factor de alteración del flujo natural que debe tener la ciénaga y el río Sinú, igualmente recalcando también los usos del suelo para la agricultura y ganadería extensiva que se da alrededor de la ciénaga. Un hecho importante a resaltar es que el caño de Betancí comunica directamente el cuerpo de agua con el río Sinú siendo este de gran relevancia, pues permite el intercambio de nutrientes, sedimentos y contribuye al ciclo de vida de algunas especies de peces que habitan en ella, y cada año llegan a desovar a la ciénaga, haciendo parte de los procesos naturales de migración.

Por último, es importante mirar las zonas de desecación que presenta la Ciénaga de Betancí, siendo ésta un área considerable que puede ser zonas lodosas o suelo compacto, por la acción de la desecación, poca humedad del suelo y poca presencia de lluvia, también contribuye a la acción del ganado a la hora de que éste se compacte al moverse en busca de pasto o agua.

Recomendaciones

Los estudios realizados en la Ciénaga han sido insumos en la toma de decisiones de las entidades no gubernamentales, justas de acciones comunales, policía ambiental, así mismo por parte de la corporación autónoma regional de los valles del Sinú y San Jorge, esto con el fin de conservar la naturaleza ecosistémica que posee la zona. Los estudios multitemporales son de gran importancia el monitoreo de los cuerpos de agua a lo largo del tiempo, puesto que es posible analizar su comportamiento, y así buscar medidas adecuadas para dichos procesos.

Para los estudios multitemporales es importante contar con insumos digitales como imágenes con una calidad visual buena para hacer procesos y análisis comparativos, de igual forma es importante contar con un número considerable de imágenes según sea los años a trabajar, muchos autores hablan de que mínimo en temas de coberturas y cuerpos de agua los años serían 20 para un estado significativo si no existe un cambio radical por algún evento natural o antropico.

De igual forma tener en cuenta las características de las imágenes a trabajar, ya que una tomar imágenes con distintas características podrían causar un análisis erróneo de la información, la escala a trabajar es importante, ya que a mayor detalle, la escala mínima a cartografiar cambiaría; por tanto la calidad de la información varía.

Cuando se trabaja en estudios multitemporales los sistemas de información geográficas **SIG** son fundamentales, basados en la percepción remota, se podrían trabajar zonas de difícil acceso, ayudando en estudios ambientales, sociales e ingenieriles. Ya que sin necesidad de estar en terreno, se podría trabajar por medio de imágenes satelitales; como son tan variables estos estudios existen un sin número de imágenes de satélite que ayudarían con la creación de trabajos, según sea la necesidad, tiempos, costos y beneficios.

Referencias

- Ballesteros Correa, J y Linares Arias, J. (2015-01-01.). *Fauna de Córdoba, Colombia*. Facultad de Ciencias Básicas.
- Boletín ambiental, Instituto de estudios ambientales IDEA (2017). PRESIONES, IMPACTOS Y EFECTOS ANTRÓPICOS SOBRE LOS RÍOS. Obtenido de http://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/boletines_ambientales/boletin115.pdf
- Blasi , C., Smiraglia , D., & Carranza , M. (2003). Analisis multitemporale del paesaggio e classificazione gerarchica del territorio: il caso dei Monti Lepini (Italia centrale). *Informatore Botanico Italiano*.
- Camargo, s.(2017), en su tesis “FOTOGAMETRIA: PRINCIPIOS DE TELEDETECCION Y PERCEPCION REMOTA: Generalidades, sensores remotos, imágenes satelitales, procesamiento de imágenes”. Escuela de ingenieros militares.
- Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas*. Gland (Suiza). Secretaría de la Convención de Ramsar.
- CVS & FHAC. (2014). *PLAN DE MANEJO DE LA CIÉNAGA DE BETANCÍ. MONTERÍA: CVS*.
- Decreto Ley-2811-de-1974, Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.parquesnacionales.gov.co%2Fportal%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F07%2FDecreto-Ley-2811-de-1974.pdf&cien=138975&chunk=true>
- Decreto 2372 de 01 de julio de 2010 SINAP, Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.parquesnacionales.gov.co%2Fportal%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F08%2FDecreto2372_de_01_de_julio_de_2010-SINAP-1.pdf&cien=1967703&chunk=true
- Decreto Unico-1076-de-2015, Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.parquesnacionales.gov.co%2Fportal%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F07%2FDecreto-Unico-1076-de-2015.pdf&cien=7166180&chunk=true>
- Defensoria del Pueblo. (2005). *Estado Actual De La Cuenca Media Y Baja Del Sinú*. Bogotá.

- Diagnóstico del Sistema Nacional de Areas Protegidas – SINAP (2020), Información diagnostica. Obtenido en Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.parquesnacionales.gov.co%2Fportal%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F07%2FPRESENTACION-DIAGNOSTICO-SINAP-03.07.2019.pdf&cflen=14296712&chunk=true
- Díaz González, Freddy Alexander Aproximación a los sistemas de percepción remota en satélites pequeños / Freddy Alexander Díaz González, [et al.] - Bogotá: Universidad Sergio Arboleda. Escuela de Ingeniería, 2014.
- El Tiempo. (2001). *Un Atentado Ecológico Contra Ciénaga De Betancí*. El Tiempo.
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración determinar los levantamientos ecológicos*. IGAC.
- FUNDACIÓN BOSQUES Y HUMEDALES y CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE. 2016. Iniciar los estudios para la declaratoria de un área protegida en la ciénaga de Betancí como parte del sistema departamental y local de áreas protegidas en el departamento de Córdoba. Editores: Salas, F. Vallejo, J. Fuentes, E. Schorr, F. Lozano, L. Domínguez, P. Informe Convenio 015 de 2016. Montería - Córdoba.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014). Estado del arte de los humedales Continentales. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9510/13-13-014-161PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ley 165 1994 - CDB, CONVENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.parquesnacionales.gov.co%2Fportal%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F07%2FLey_165_1994-CDB.pdf&cflen=101102&chunk=true
- Lille sand, M., & Kiefer, W. (1994). *Remote sensing and imageinterpretation*. New York. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.geo.kniga.org%2Fbookfiles%2Fgeokniga-remote-sensing-and-image-interpretation.pdf
- Niño Martinez, Yuli, M. (2020). Análisis multitemporal mediante imágenes de sensores remotos para la determinación de los cambios de uso de suelo en el municipio de san francisco de sales, cundinamarca (colombia) entre los años 90's y 2018. Tesis de Maestria

- Paul Brewer, Eric Johnstone and Mark Macklin, (2009). River dynamics and environmental change in Wales. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259494819_River_dynamics_and_environmental_change_in_Wales
- Posada, Elena. Prácticas de PDI con ERDAS. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Notas de Clase. 2006
- Riaño, O. (2002). Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. *Colombia forestal*, 7(15), 41-62.
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Imagen Analysis*. New York, Berlin: Springer Verlag.
- Senhadji Navarro, K., Ruíz Ochoa, M.A. Rodríguez Miranda, J.P. (2017). ESTADO ECOLÓGICO DE ALGUNOS HUMEDALES COLOMBIANOS EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS: UNA EVALUACIÓN PROSPECTIV. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n2/v20n2a07.pdf>
- Sistema Nacional Areas Protegidas SINAP, (2020). ABC del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP. Obtenido de <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/porque-el-sistema-nacional-de-areas-protegidas-es-un-sistema/>
- Tallis, H. (2012). A global system for monitoring ecosystem service change. *BioScience*. pp. 977-986.
- Veloza, J. (2017). *Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la Reserva Forestal Protectora - Productora "Casablanca" en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: Aportes para el ordenamiento territorial municipal*. Bogotá.
- Villegas, H., (2008). INTRODUCCION A LA PERCEPCION REMOTA Y SUS APLICACIONES GEOLOGICAS (Guías para los asistentes). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Frecordcenter.sgc.gov.co%2F23008002524448%2Fdocumento%2Fpdf%2F2105244481102000.pdf&cien=1581758>
- Villadiego, J., Duberney, Hernández., Anaya, J., Payares., P, Diaz., O. Perez, S., (2020). *Análisis integrado del territorio: caso Ciénaga de Betancí, municipio de Montería*. Cordoba (Colombia).
- Von, M., Axel, B., Bianchini, M., Martellotto, A., Méndez, E., Andrés., (2016). *Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi.*, obtenido de <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-percepcion-remota.pdf>

