



Análisis de los cambios en la cobertura vegetal en el Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta por medio de imágenes satelitales.

Daniel Hernando Pumarejo Cabrera

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática

Director

Juan José García Duque, Especialista (Esp) en Medio Ambiente y Geoinformática

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Pumarejo, 2024)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Pumarejo, D. (2024). <i>Análisis de los cambios en la cobertura vegetal en el Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta por medio de imágenes satelitales</i> . [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática, Cohorte XIX.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedicado a Claudia Cabrera y Daniel Pumarejo, mi ejemplo, motivación y soporte.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la doctora Sharlyn Andrea Trujillo Velásquez, por siempre haber estado presente, por siempre haber sido ese lugar seguro en el que pude refugiarme cuando sentía que todo era confuso y que mis fuerzas no eran suficientes, por acompañarme en cada paso de este proyecto y por apoyarme en todo momento, nada de esto hubiese sido posible sin ella.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general.....	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	11
3 Metodología	14
Resultados	17
Conclusiones	29
Referencias	30

Lista de tablas

Tabla 1: Área de las coberturas a lo largo de los años	19
Tabla 2: Matriz de concordancia 1996.....	26
Tabla 3: Matriz de concordancia 2001	26
Tabla 4: Matriz de concordancia 2011	27
Tabla 5: Matriz de concordancia 2016.....	27
Tabla 6: Matriz de concordancia 2021	27

Lista de figuras

Figura 1: Clasificación 1996.....	17
Figura 2: Clasificación 2001	17
Figura 3: Clasificación 2011	18
Figura 4: Clasificación 2016.....	18
Figura 5: Clasificación 2021	19
Figura 6: Bosque sano.....	20
Figura 7: Sector Isla Salamanca al inicio del periodo de estudio - 1996.....	21
Figura 8: Vía Parque Isla de Salamanca – Área Protegida	22
Figura 9: Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta.....	22
Figura 10: Zona Este, Área de Estudio - 2001	23
Figura 11: Zona Este, Área de Estudio - 2011	23
Figura 12: Zona Este, Área de Estudio - 2021	24
Figura 13: Zonas con presencia de bosques afectados - 2011	24
Figura 14: Zona con predominio de zonas áridas y descubiertas - 2021	25
Figura 15: Variación/reducción de Cuerpos de agua 2016 - 2021.....	25

Resumen

La Ciénaga Grande de Santa Marta es la laguna costera más grande de Colombia, reconocida por su alto valor ecológico debido a la biodiversidad que alberga, sin embargo en las últimas décadas ha perdido gran parte de su extensión de bosques en su mayoría por la acción antrópica debido a las numerosas obras que afectaron los niveles de salinidad en el agua, como también la extracción de madera de los bosques, entre otras causantes. Debido a esto se han tomado acciones para la recuperación de la ciénaga definiendo zonas de protección y generando acciones de impacto en pro de la región, sin embargo persisten las amenazas y riesgos que afectan a la ciénaga, por lo que este estudio analizó las diferentes variaciones en la cobertura vegetal de la Ciénaga Grande de Santa Marta, por medio de imágenes satelitales en los años 1996, 2001, 2011, 2016 y 2021 usando el software ArcGIS Pro, mostrando una mejoría considerable en las extensiones de los bosques de manglar, además de la mejoría en la salud de estos.

Palabras clave: Ciénaga, manglar, imagen satelital, humedal RAMSAR, clasificación supervisada.

Abstract

The Ciénaga Grande de Santa Marta is the largest coastal lagoon in Colombia, recognized for its high ecological value due to the biodiversity it harbors, however in recent decades it has lost much of its forest extension mostly due to anthropogenic action due to the numerous works that affected the salinity levels in the water, as well as the extraction of wood from the forests, among other causes. Due to this, actions have been taken to recover the swamp, defining protection zones and generating impact actions for the region. However, the threats and risks that affect the swamp persist, which is why this study analyzed the different variations in the vegetation cover of the Ciénaga Grande de Santa Marta, through satellite images in the years 1996, 2001, 2011, 2016 and 2021 using the software ArcGIS Pro, showing a considerable improvement in the extent of mangrove forests, in addition to the improvement in their health

Keywords: Swamp, mangrove, satellite image, RAMSAR wetland, supervised classification.

Introducción

La Ciénaga Grande de Santa Marta es la laguna costera más grande de Colombia y alberga alto número de especies animales y vegetales convirtiéndola en un lugar de alto interés ecológico a nivel nacional e internacional, sin embargo entre los años 60 y el 2000 pasó de tener 51.000 hectáreas de bosque de mangle a unas 21.000 hectáreas (Elster & Polanía, 2000), esta problemática comenzó con la construcción de la carretera Barranquilla-Ciénaga, la falta de mantenimiento del caño Clarín, la actual vía de la Prosperidad y muchas desviaciones de los ríos que bajan de la Sierra Nevada para el uso en plantaciones de banano, palma y por ganaderos, causando que se interrumpieran los procesos propios de este tipo de ecosistemas debido a que se restringió el paso de agua dulce proveniente del río Magdalena y se bloqueó la conexión natural con el mar, provocando una hipersalinización en los suelos y la pérdida de muchas hectáreas de bosque de manglar y con ellos un hábitat importante para peces y demás fauna, disminuyendo la pesca y empezando así un problema social.

Desde entonces se trataron de tomar cartas en el asunto y en los años 70 el INDERENA comenzó con los esfuerzos y para el 1987 se crearía el “Plan mínimo de emergencia para la Ciénaga Grande de Santa Marta” sin mucho éxito, por lo que en 1988 COLCIENCIAS solicitó asistencia alemana para desarrollar un estudio integral para el manejo ecológico-pesquero de ciénaga y CORPMAG en 1991 gestionó el crédito BID para la reapertura de los caños que garantizarían el paso de agua del río a la ciénaga que para finalmente en 1992 inicie el proyecto colombo-alemán “Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”-Pro-Ciénaga, con el objetivo central de rehabilitar las conexiones entre el río Magdalena y el sistema lagunar para reducir la salinidad de los suelos para lograr una regeneración natural del bosque de manglar, de la fauna y de la flora del lugar (Salzwedel, Barraza, Montiel & Cruz, 2016). Por este motivo desde el año 1998 se definió la Ciénaga Grande de Santa Marta, como Humedal de Importancia Internacional debido a su importancia socioeconómica para los pobladores de la zona, además de su importancia ecológica e importancia para especies de animales como aves migratorias, residentes, reptiles anfibios entre otras.

Sin embargo, hasta el momento aún la recuperación no es total, por el contrario la ciénaga aún se ve afectada por problemas como el cambio climático, la intervención humana, contaminación, entre otras (Contreras, 2016).

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Analizar por medio de imágenes satelitales las variaciones en la cobertura vegetal afectada en la Ciénaga Grande de Santa Marta, usando clasificación supervisada.

1.2 Objetivos específicos

- Definir por medio de la clasificación supervisada las categorías de cobertura a estudiar y realizar la medición de estas a lo largo del tiempo.
- Determinar posibles factores que intervengan en la recuperación de la cobertura vegetal ciénaga
- Estimar un ritmo de recuperación e identificar puntos críticos en el proceso.

2 Marco teórico

Los manglares son ecosistemas que se encuentran en regiones costeras tropicales y subtropicales que poseen diferentes tipos de especies de fauna y flora, con una alta predominancia de mangles, especie que crece en sustratos fangosos y aguas tranquilas principalmente; estos ecosistemas parten desde la costa y según las condiciones del medio (propiedades del agua, características de los sustratos, competencia con otros tipos de vegetación) pueden ir expandiéndose tierra adentro, en términos de clima estos ecosistemas requieren de unas temperaturas altas y constantes por lo cual casi la totalidad de manglares en el mundo se encuentran entre las latitudes 30° Norte y 30° Sur (Zona Tropical) (Cortés, 2017).

Para 2011 se estimaba que los manglares abarcaban una extensión a nivel mundial de 137.760 km² repartidos en 118 países (Giri, Ochieng, Tieszen, Zhu, Singh, Loveland, Masek & Duke, 2011), en lo que respecta a Colombia, este tipo de ecosistemas se extienden por la costa pacífica (230.239 ha) y la costa caribe (68.894 ha) (Invemar 2014), en estas regiones las precipitaciones pluviales van desde los 2000-6000 mm anuales en el litoral pacífico mientras que en el caribe están cercanas a los 200 mm anuales, así mismo para el territorio colombiano se han registrado en total 9 especies de manglares que varían y definen su distribución según las características del ambiente (Sánchez & Páez, 1999), un factor determinante para la extensión de estos ecosistemas es la fluctuación de la marea, la cual en la costa caribe se mantiene entre los 30-60 cm mientras que en la pacífica puede alcanzar los 4 metros permitiendo así que esta especie pueda extenderse varios kilómetros tierra adentro, en cuanto a volúmenes de bosque de manglar la cifra ronda los 40.0 m³ /ha en el caribe y 43.0 m³ /ha (cifra definida a partir de fotografías aéreas y mediciones de campo).

Durante más de 30 años, la Convención Ramsar ha sido la principal herramienta de cooperación internacional para la protección y el uso sostenible de los humedales. Establecido en Irán en 1971, es uno de los primeros tratados ambientales del mundo y el único que se dedica exclusivamente a un solo tipo ecosistema. Actualmente, 134 millones de hectáreas de humedales están repartidos en 1590 sitios Ramsar y en 150 países (Astrálaga, 2006). La Convención Ramsar reconoce y clasifica, por el tipo de ambiente donde se presentan y la geoforma, tres tipos de humedales diferentes, humedales costeros, humedales interiores (continentales) y humedales construidos por el hombre (López, Vásquez, Gómez & Priego, 2010).

Entre los humedales costeros se encuentran varios ecosistemas cenagosos, desde hace muchos años estos ecosistemas han sido adaptados para la agricultura, ganadería o han sido alterados de manera arbitraria por obras de infraestructuras y su contaminación, esto principalmente por el desconocimiento de la importancia de dichos ecosistemas para la ecología global (Moreno & Fonseca, 1987) Colombia se adhiere a la Convención Ramsar el 18 de Junio de 1998 en cumplimiento de lo dispuesto por la Ley 357 de enero 21 de 1997 e incluye como primer Humedal de Importancia Internacional al Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga

Grande de Santa Marta cubriendo un área de 400.000 hectáreas aproximadamente (Ministerio del Medio Ambiente, 2004).

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es la laguna costera mas grande del Caribe Colombiano y está asociada a la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, y al Delta Exterior Derecho del Rio Magdalena (Hernández & Gocke, 1990), entre las funciones de la ciénaga se encuentra el amortiguar los efectos de las crecientes y arrastre de sedimentos, es por esto y otros motivos que se consideran de alta importancia ecológica y socioeconómica, además de que contribuye a la reproducción de peces, crustáceos y moluscos y funcionar como habitat de aves migratorias y nativas, como también para otras especies, mamíferas reptiles y anfibias (Aguilera, 2011).

En cuanto a su topografía, se compone en su totalidad por terrenos planos que no superan los 10 m.s.n.m. (Franky & Rodríguez, 1976). que han desarrollado suelos formados a partir de residuos vegetales, arcillas gleizadas y acumulaciones de materia orgánica proveniente de sedimentos aluviales destacando subpaisajes de diques naturales secundarios, los cuales pueden tener presencia de zonas encharcables o no, además de presentar zonas con un drenaje moderadamente bueno con forma angosta y alargada que bordean el curso de varios caños de la zona (IGAG, 1976).

En cuanto a fauna, en las conexiones entre los caños que nacen en el rio Magdalena y sectores donde hay un predominio de agua dulce se pueden encontrar especies anfibias como *Bufo granulatus*, *B. marinus*, *Hyla crepitans*, *H. microcephala*, *H. pugnax*, *Leptodactylus bolivianus*, *Leptodactylus sp.*, *Physalaemus pustulosus* y *Pleuroderma brachyops* s (Moreno-Bejarano, 1978) por otra parte, cuando se habla de reptiles se encuentran ejemplares de los ordenes Crocodylia, Testudinata y Squamata con los subórdenes Sauria y Serpentes, entre los que se destacan *Crocodylus acutus*, *Caiman crocodilus fuscus*, *Podocnemis lewyana*, *Trachemys scripta callirostris* y *Rhinoclemmys*. (Hernández & Rodríguez, 1986), si de aves se trata, se resalta la presencia de ejemplares como *Lepidopygia lilliae*, *Molothrus armenti*, *Phalacrocorax olivaceus*, *Egretta thula* o *Ardea alba*, estas últimas llegan a formar grandes aglomeraciones en ciénagas, pantanos y caños cuando los peces quedan atrapados debido al descenso en el nivel del agua (López, 2022), en cuanto

a lo que respecta a mamíferos se registra la presencia de 19 familias y 46 especies las cuales han sido reducidas en número de ejemplares como es el caso del *Alouatta seniculus*, el cual desde 1978 no ha sido registrado en la Isla de Salamanca, por otro lado esta región también alberga varias especies amenazadas como lo son el *Alouatta seniculus* o también el *Leopardus pardalis*, y la *Panthera onça* (Thornback & Jenkins, 1982).

Debido a la importancia ecológica que la región presenta, el Gobierno Nacional en pro de la conservación y protección de zonas representativas de los ecosistemas a nivel nacional declaró dos zonas de reserva dentro del complejo delta-estuarino del río Magdalena, por medio del Acuerdo del INDERENA No. 004 del 4 de abril de 1964 y la Resolución del Ministerio de Agricultura No. 191 del 31 de agosto de 1964 se conformaría el Parque Nacional Natural Isla de Salamanca con una extensión de 21.000 ha la cual por medio de la Resolución No. 472 del 8 de junio de 1998 y una redefinición de límites se vería ampliada a 56.200 ha. Por otra parte el Acuerdo del INDERENA No. 029 del 2 de mayo de 1977 y la Resolución del Ministerio de Agricultura No. 168 de 1977 definirían el Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta con 23.000 ha (Moreno & Álvarez, 2003).

3 Metodología

Inicialmente se realizó un análisis bibliográfico definiendo de forma clara el área específica del estudio, la extensión y el contexto histórico del mismo, para así establecer los desencadenantes del estado en que se encuentra el bioma al momento de la realización del presente estudio, además de indagar sobre los acuerdos, las leyes y resoluciones vigentes que protegen la ciénaga.

Se procedió a consultar los datos para los años 1996, 2001, 2011, 2016 y 2021 por medio de registros satelitales en la plataforma Earth Explorer proporcionada por el U.S. Geological Survey, dicha página permite la libre descarga de imágenes raster multibanda captadas por satélites del programa Landsat, imágenes que cuentan con una resolución espacial de 30x30 metros y que para los años 1996 y 2011 fueron captadas por el satélite Landsat 5, mientras que para el año 2001 serían captadas por el satélite Landsat 7, por último las imágenes de los años 2016 y 2021 se

tomaron de los registros satelitales generados por la misión Landsat 8, realizando así el análisis multitemporal en este periodo, metodología que anteriormente ha sido usada para conocer los cambios presentados en territorios de estudio demostrando fiabilidad en el proceso (Zhiminaicela, Quevedo & Morocho, 2020), debido a la extensión y ubicación del área de estudio por cada año se tomaron dos imágenes que luego con la herramienta “Mosaic” del software ArcGIS PRO serían combinadas para luego ser recortadas definiendo así el área final de estudio.

Se combinaron las bandas de cada imagen para obtener una visualización más práctica a la hora de llevar a cabo el ejercicio de clasificación (infrarrojo), dando como resultado la combinación 4, 2, 3 para los años 1996, 2001 y 2011 y la 5, 2, 3 para los años 2016 y 2021, llevando así a cabo la clasificación supervisada en el siguiente orden:

1. Identificar las bandas de entrada.
2. Producir muestras de entrenamiento a partir de ubicaciones conocidas de las clases deseadas.
3. Desarrollar un archivo de firma.
4. Ver y editar el archivo de firma si es necesario.
5. Ejecutar la clasificación

Para de esta manera categorizar las coberturas con base en las propiedades de cada pixel analizado y su similitud (Arango, Branch & Botero, 2015) dejando como resultado 8 categorías después de la clasificación:

1. Bosque Sano
2. Cuerpos de Agua
3. Bosque Afectado
4. Cultivos
5. Pastos
6. Construcciones
7. Nubes
8. Descubiertos

Después de desarrollada la clasificación se realizó una validación cruzada para verificar la calidad de esta, para luego convertir la imagen a polígono y así calcular el área de cada categoría y desarrollar el análisis de las variaciones en la cobertura que hubo año a año.

Resultados

La clasificación de las imágenes satelitales arrojó los siguientes resultados:

Figura 1

Clasificación 1996

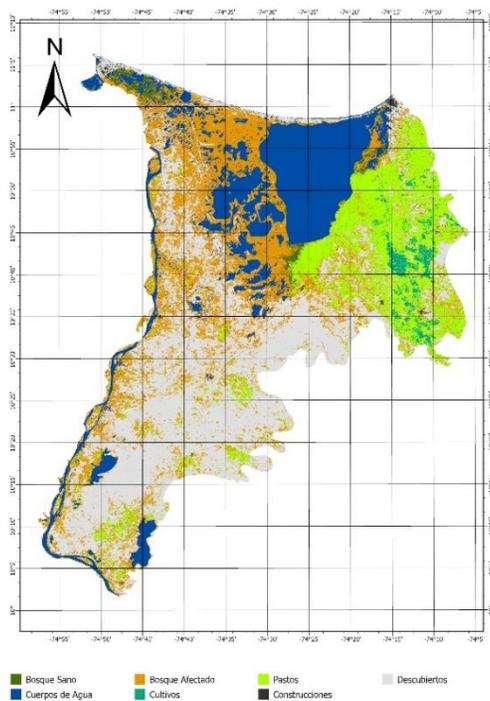


Figura 2

Clasificación 2001

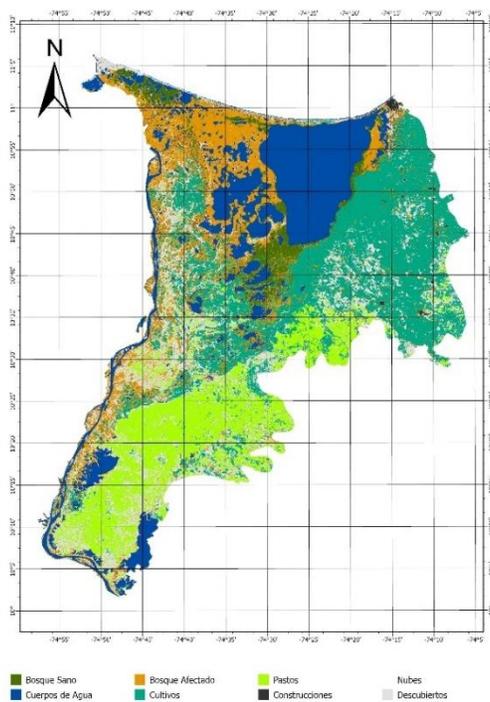


Figura 3
Clasificación 2011

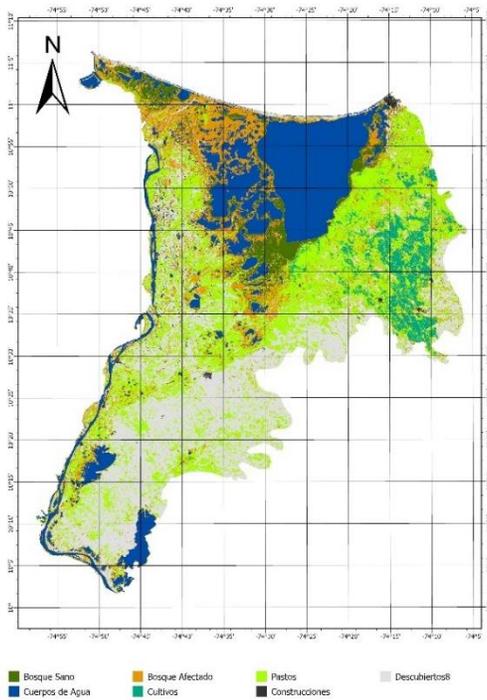


Figura 4
Clasificación 2016

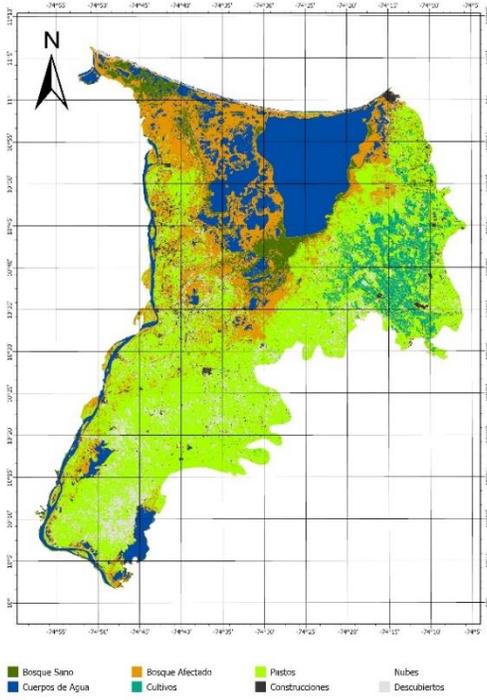


Figura 5

Clasificación 2021

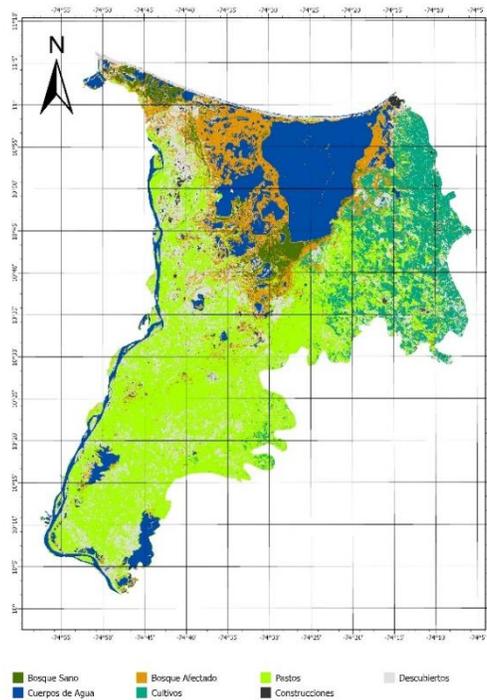


Tabla 1

Área de las coberturas a lo largo de los años

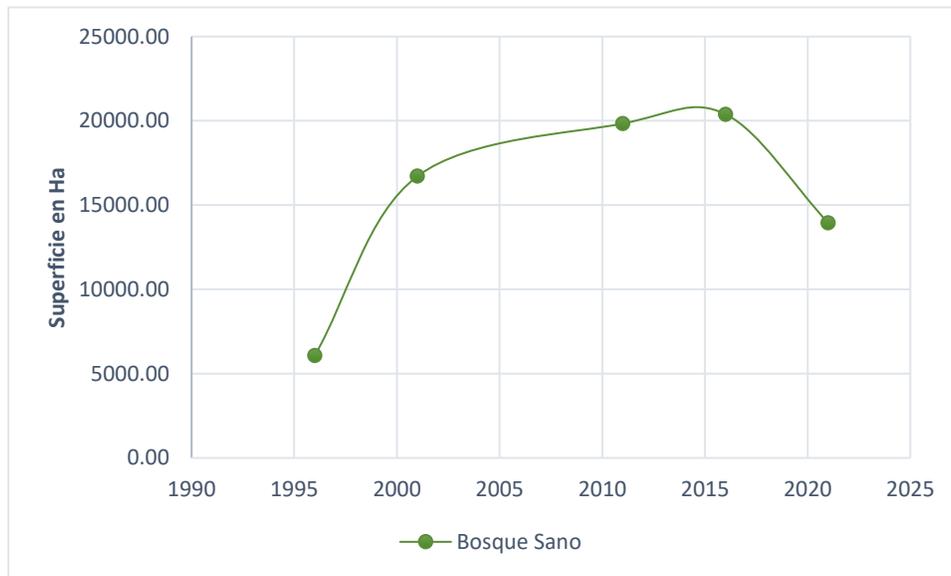
Código	Cobertura	Área en Ha				
		1996	2001	2011	2016	2021
1	Bosque Sano	6074,29	16716,37	19839,19	20390,55	13950,77
2	Agua	91422,90	98932,76	97465,05	95037,14	89286,66
3	Bosque Afectado	124744,61	84750,87	72828,27	103430,84	58792,05
4	Cultivos	8031,62	142254,96	23013,46	26666,91	59209,56
5	Pasto	79633,24	83960,91	147829,11	225718,39	204848,16
6	Construcciones	5818,72	5215,93	6023,61	10627,57	3815,51
7	Nubes	-	313,34	-	531,98	-
8	Descubiertos	204682,66	88254,96	153406,08	37988,04	90501,65

Los resultados muestran un área de estudio muy diversa en lo que a tipos de cobertura respecta, se puede observar como se presentan variaciones en cada cobertura año a año, algunas no siguen un patrón claro, como las zonas de bosque afectado o de cultivos, así mismo se observa una variación mínima (en comparación con las demás coberturas) en las extensiones de los cuerpos de

agua; como también zonas descubiertas bastante amplias. Otro detalle por resaltar es el aumento de las zonas destinadas para cultivos en la última década y como los bosques sanos se encuentran reducidos a pocos sectores al norte del área de estudio.

Figura 6

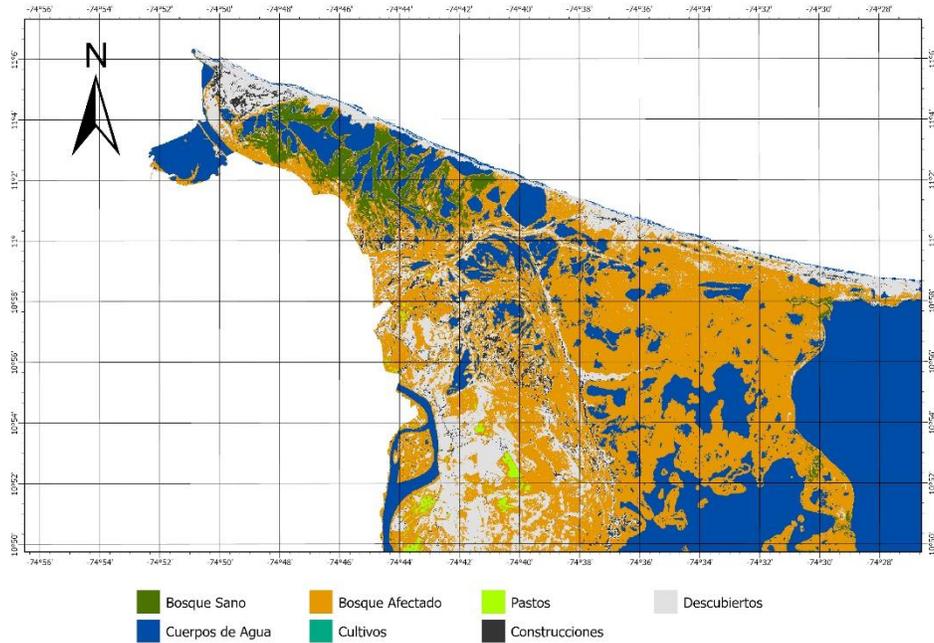
Bosque sano



Como se observa en la Figura 6 para el año 1996 el área ocupada por los bosques de manglar era mínima, debido a las afectaciones consecuencia de la actividad humana, las zonas áridas y sin vegetación eran predominantes, así como los bosques afectados como se muestra en la Figura 7, en la que se hace especial énfasis en el Parque Nacional Natural Isla Salamanca, la cual es una zona protegida que abarca una parte del delta del río Magdalena y una serie de ecosistemas costeros como manglares, bosques secos tropicales y pantanos (Escobar, Villadiego & Urueta, 2015), lo que la hace relevante para este estudio debido a sus grandes extensiones de bosque de manglar y a la alta afectación de estas.

Figura 7

Sector Isla Salamanca al inicio del periodo de estudio - 1996



A partir de allí se observa una recuperación de los bosques de manglar, sin embargo, para el año 2021 se reduce drásticamente la extensión de estos, llegando casi al área total que había 20 años antes. Se logra un área máxima en el año 2016 con poco más de 20 mil hectáreas de bosque, después de recuperarse un 236% con respecto al año 1996.

El Parque Isla Salamanca y al suroeste de la Ciénaga Grande de Santa Marta concentran el grueso de los bosques del área de estudio convirtiéndose en puntos clave para la conservación de especies de fauna y flora además de críticos para el proceso de recuperación ambiental.

Figura 8

Vía Parque Isla de Salamanca – Área Protegida

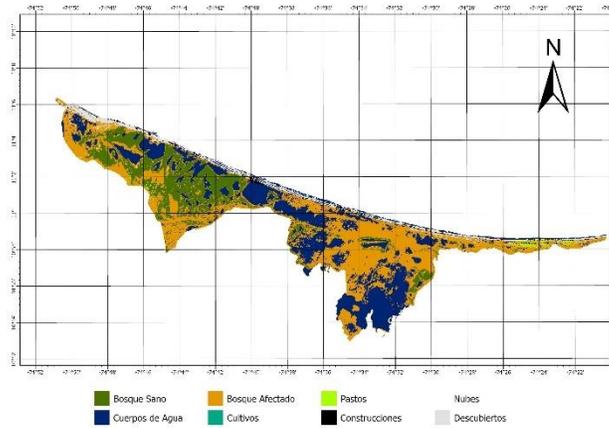
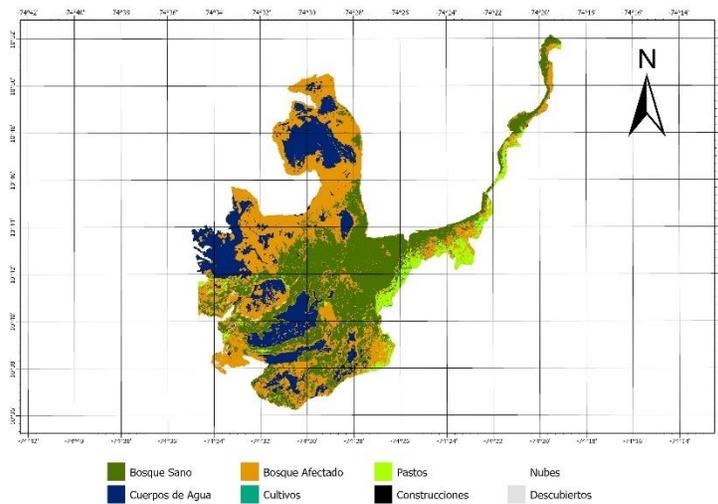


Figura 9

Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta



Se logra apreciar además la constante y predominante presencia de bosques afectados en el costado occidental de la ciénaga, como también el uso extensivo del suelo para agricultura y ganadería en la zona sur del área de estudio, coberturas que poco o nada cambiaron entre los años 1996 y 2021.

Figura 10

Zona Este, Área de Estudio - 2001

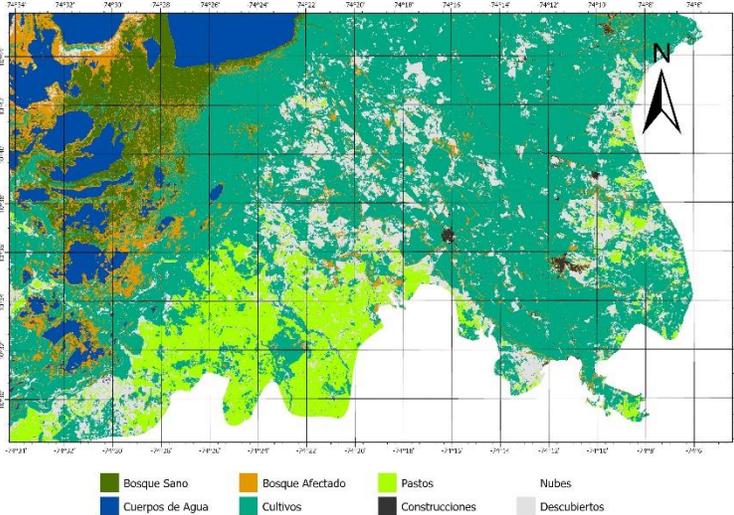


Figura 11

Zona Este, Área de Estudio - 2011

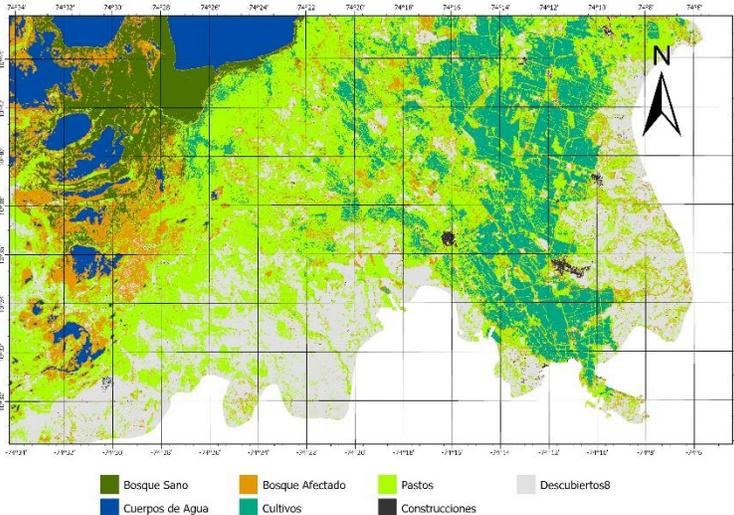
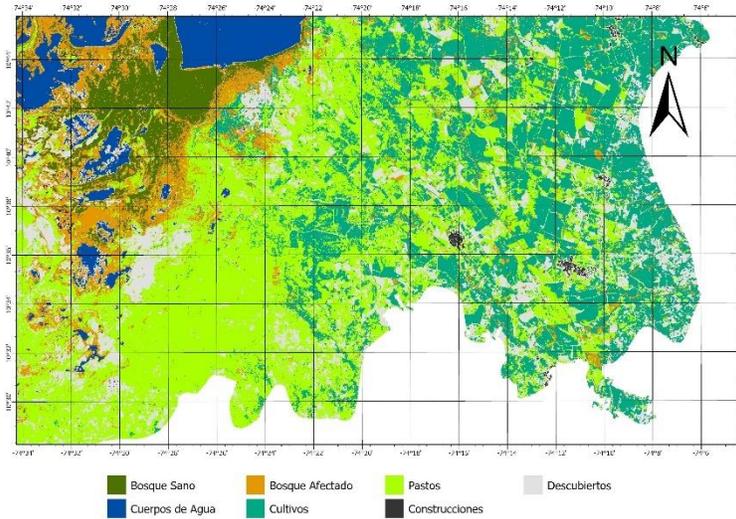


Figura 12

Zona Este, Área de Estudio - 2021



En las figuras se logra apreciar además como el sector que es destinado principalmente para cultivos coincide con las zonas donde fueron desviados cauces de ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta para el uso agrícola, generando afectaciones en la ciénaga, además de una presencia generalizada de zonas descubiertas o erosionadas, las cuales aumentaron de manera alarmante para el año 2021.

Figura 13

Zonas con presencia de bosques afectados - 2011

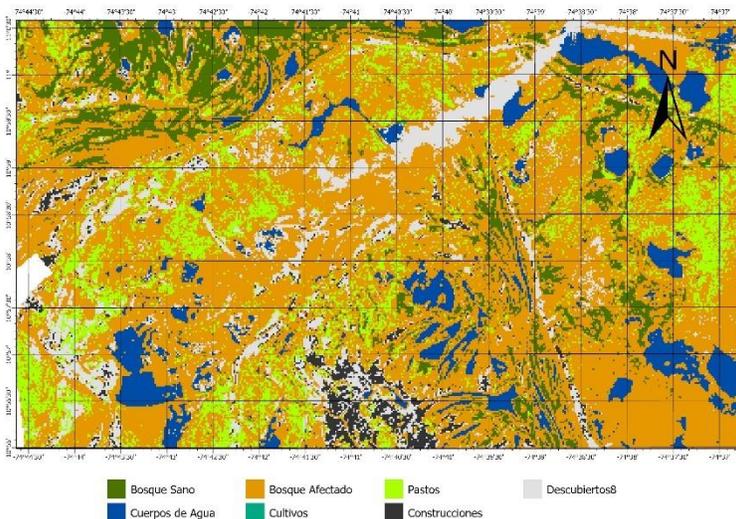
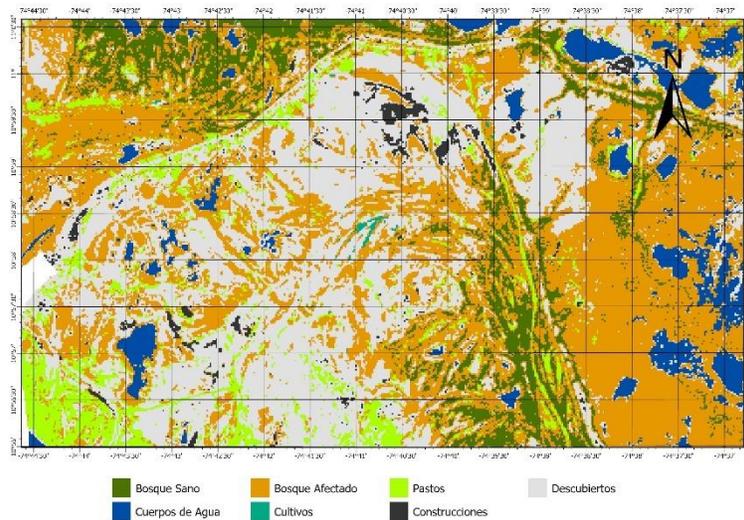


Figura 14

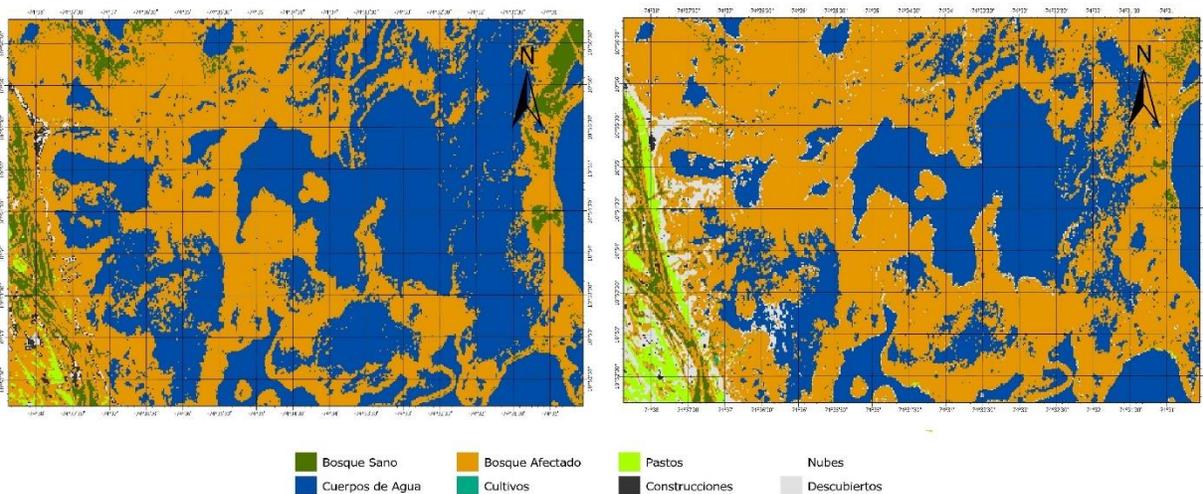
Zona con predominio de zonas áridas y descubiertas - 2021



Otro de los cambios que se lograron apreciar en el desarrollo del ejercicio fue una reducción importante de los cuerpos de agua, tanto en cantidad como en extensión, reducción que se desarrolló en un plazo de 5 años entre el 2016 y 2021.

Figura 15

Variación/reducción de Cuerpos de agua 2016 - 2021



Luego de desarrollado el ejercicio de validación cruzada, se obtuvieron como resultado las siguientes matrices de concordancia.

Tabla 2

Matriz de concordancia 1996

Clase	1	2	3	4	5	6	8	Total	Efectividad
1	4	-	-	-	-	-	-	4	100%
2	-	47	-	-	-	-	-	47	100%
3	-	-	34	-	-	-	-	34	100%
4	-	-	-	28	-	-	-	28	100%
5	-	-	-	-	122	-	-	122	100%
6	-	-	-	-	-	3	-	3	100%
8	-	-	-	-	-	-	61	61	100%
								299	

Tabla 3

Matriz de concordancia 2001

Clase	1	2	3	4	5	6	8	Total	Efectividad
1	11	-	-	-	-	-	-	11	100%
2	-	51	-	-	-	-	-	51	100%
3	-	-	71	-	-	-	-	71	100%
4	-	-	-	14	-	-	-	14	100%
5	-	-	-	-	121	-	-	121	100%
6	-	-	-	-	-	4	-	4	100%
8	-	-	-	-	-	-	28	28	100%
								300	

Se puede observar como las matrices hablan de un ejercicio de clasificación bien desarrollado, ya que al tomar aproximadamente el 30% del número total de muestras que se crearon para el entrenamiento del modelo (un promedio de 1000 por año) y generar una nube de puntos aleatorios con dicho valor (300) se muestra como casi en todos los casos los puntos estaban dentro de la categoría de uso de suelo correcta, logrando una coincidencia superior al 99%.

Conclusiones

En el área de estudio, predominan las zonas dedicadas a cultivos y ganadería, así como extensas áreas sin vegetación, lo que refleja una significativa intervención humana en el paisaje. Sin embargo, se identifican dos zonas poco intervenidas que albergan los bosques de manglar, siendo una de ellas un Parque Nacional y la otra un Santuario de Fauna y Flora. Estos sitios son cruciales para la conservación y recuperación ambiental, lo que resalta la importancia de implementar planes de protección efectivos.

Además, se encuentran varios centros poblados en la región, en los cuales se deberían promover programas de educación y sensibilización sobre la relevancia del ecosistema, incentivando a los pobladores locales a participar en su conservación. En cuanto a los bosques de manglar, se observó una recuperación progresiva a lo largo de los años, aunque con un descenso abrupto en 2021, lo cual requiere investigación para identificar las causas de este retroceso. También se notó una reducción considerable en la cantidad de cuerpos de agua, lo que podría estar relacionado con la pérdida de manglares, aunque esta relación no puede afirmarse sin más estudios. Lo que es evidente es la presencia de áreas desérticas donde antes existían grandes extensiones de agua, lo cual debe ser monitoreado de cerca.

Por último, es esencial continuar con los esfuerzos de recuperación del ecosistema, pero antes de hacerlo, se debe investigar y entender los factores que causaron el deterioro en el último periodo, con el fin de mitigar sus impactos y evitar futuros retrocesos.

Referencias

- Arango M., Branch J., Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "LANDSAT ETM+". Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. A. 1027. Medellín, Colombia. PG. 2622.
- Aguilera-Díaz, M. M. (2011). Habitantes del agua: El complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 144.
- Astrálaga, M. (2006). La Convención Ramsar y los ecosistemas de manglar. Secretaría de la Convención Ramsar. Suiza.
- Contreras Araque, A. (2016). Valoración económica del servicio ecosistémico de soporte a la pesquería provisto por el ecosistema demanglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Revista de Economía Del Caribe, (18), 119-139.
- Cortés Castillo, D. V. (2017). Vegetación estuarina y vegetación acuática de complejos cenagosos del caribe colombiano (Doctoral dissertation).
- Elster, C., & Polanía, J. (2000). Posibilidades de recuperación del manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Actualidades Biológicas, 22(72), 29-36.
- Escobar Jimenez, K., Villadiego Bernal, K., Urueta, Y., Camargo, M., & Mora Acosta, Y. (2015). Conservación, participación y desarrollo. El caso de la Vía Parque Isla de Salamanca. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.
- Franky S. M. & P. J. Rodríguez. (1976). Parque Nacional Isla de Salamanca. MinAgricultura/INDERENA-División de Parques Nacionales. Bogotá D. E. (Colombia), 209 p.
- Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek & N. Duke. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography 20: 154-159.
- Hernández, C. A., & Gocke, K. (1990). Productividad primaria en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras.
- Hernández-Camacho, J. I. & J. V. Rodríguez-Mahecha. (1986). Status geográfico y taxonómico de *Molothrus armenti* Cabanis, 1851 (Aves: Icteridae). Caldasia, 15 (71-75): 655-664.
- IGAC. (1976). Información geográfica y cartográfica del Departamento del Magdalena. Inst. Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D. E.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2005). Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico, Caribe colombiano. Informe Final. INVEMAR. 191 p
- López Peña, A. S. (2022). Respuesta de la comunidad de aves acuáticas a la variabilidad climática interanual en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano.
- López Portillo, J. A., Vásquez Reyes, V. M., Gómez Aguilar, L., & Priego Santander, A. G. (2010). Humedales.

- Ministerio del Medio Ambiente. (2004). Plan de Manejo para el Sitio Ramsar y Reserva de la Biosfera Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta.
- Moreno-Bejarano, L. M. (1978). Lista de ejemplares coleccionados en el Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande. INDERENA-División de Parques Nacionales. Bogotá D. E. Inf. Técnico: 1-7.
- Moreno-Bejarano, L. M., & Álvarez-León, R. (2003). Fauna asociada a los manglares y otros humedales en el delta-estuario del río Magdalena, Colombia.
- Moreno, L. F., & Fonseca, C. (1987). Las Ciénagas: polos potenciales para el desarrollo. *Actualidades Biológicas*, 16(60), 57-68.
- Salzwedel, H., Barraza, L., Montiel, R., & de la Cruz Restrepo, T. A. (2016). La ciénaga Grande de Santa Marta desde la perspectiva de ProCiénaga. FNA-foro nacional ambiental.
- Sánchez, H., & PÁEZ, P. (1999). Conservación de manglares en Colombia. *Actualidad Forestal Tropical*, 7(2), 8-12.
- Zhiminaicela-Cabrera, J., Quevedo-Guerrero, J., & Morocho-Castillo, A. (2020). Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar*, 17(2), 153-157.