



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR PRESENTES  
EN LA CIENAGA DE MALLORQUÍN, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

Proyecto de Geomática aplicada  
Fabián Eduardo Bayona Sánchez  
Universidad Militar Nueva Granada  
Facultad de Ingeniería  
Especialización en Geomática

Bogotá  
Junio de 2016

## Resumen

En el presente estudio se analizará visualmente el comportamiento en los últimos 30 años de los ecosistemas de manglar ubicados en zonas cercanas a la Ciénaga de Mallorca, departamento del Atlántico, tomando como referencia proyectos de infraestructura vial desarrollados en la zona y haciendo uso de imágenes satelitales, información secundaria y métodos de percepción remota.

## Introducción

Los ecosistemas de manglar, por sus características bióticas y abióticas, y los servicios ambientales que prestan a la comunidad se consideran estratégicos, ya que cumplen un papel vital en toda su dinámica natural. *“Son relevantes por su papel como sumideros naturales de CO<sub>2</sub>; su participación en los procesos formadores del suelo; sus funciones de transferencia de energía; su papel como sitio de crianza, refugio, anidación y alimentación de especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces e invertebrados y hábitat de algas, hidrozoarios, esponjas, corales, anémonas, entre otros; su función de filtración por medio de sus raíces, de las cargas orgánicas provenientes de fuentes terrestres; y su función de proteger la línea de costa evitando procesos erosivos producidos por acción de las corrientes y las olas, entre otros”* [1]. A pesar de la importancia de estos ecosistemas, se han visto presionados en los últimos años por el desarrollo económico y social de las diferentes comunidades donde está presente. *“Pese a los beneficios evidentes que ofrece, el bosque manglar sigue luchando por su supervivencia. Durante mucho tiempo ha sido talado de manera indiscriminada para utilizar su madera como combustible, así como para ocupar los espacios que habita para construcciones y obras de infraestructura. En muchos casos estos bosques compiten con la industria turística, el desarrollo urbano, los puertos y los muelles. Las actividades que tienen lugar en las cuencas conectadas hidrológicamente a los ecosistemas de manglar también los impactan indirectamente. Por ejemplo: a través de la contaminación fruto de las actividades agrícolas y urbanas, así como por cambios en los flujos de agua dulce y salada, debido al dragado de canales y a la construcción de diques y presas”*[2].

El gobierno nacional, a través de las resoluciones 1602 de 1995 y 020 de 1996, solicitó a las Corporaciones Autónomas Regionales, con injerencia en zonas con presencia de mangle, la formulación de estudios tendientes a la zonificación de dichos sistemas naturales, así como lineamientos para su manejo y protección [3]. En cumplimiento de dicha normatividad, en el año 2005, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico, (CRAUTONOMA), con el acompañamiento del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de

Andrés” (INVEMAR), formularon el Estudio “Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, Caribe Colombiano”, el cual fue aprobado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), a través de la Resolución 442 de 2008. En este estudio, se establecieron zonas de protección de ecosistemas de manglar en los cuales se restringe toda intervención sobre los mismos.

Por otra parte, los proyectos de Ingeniería a nivel mundial se vienen desarrollando en un marco de armonía con el ambiente y de sostenibilidad en cada uno de sus procesos y actividades. Tendencia que se ha ido acentuando en los últimos años. En Colombia, diversas organizaciones tienen como objeto social la construcción de obras civiles, partiendo desde la etapa de diseños y concluyendo con la ejecución de la obra y su entrega formal. El contrato de concesión 503 de 1994, del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y el consorcio integrado por Consultores de Desarrollo S.A y Edgardo Navarro Vives, contemplaba la rehabilitación de las calzadas viales existentes, entre otros, del tramo ruta 90 (La Cordialidad) – Lomita Arena [4]. Así mismo, En el 2009, la Gobernación del Atlántico firmó un contrato con Unión Temporal Vías del Atlántico, para la ejecución de obras de mejoramiento de la vía Las Flores – La Playa [5]. Estos dos tramos están ubicados en la misma zona. Cabe aclarar que esta vía fue intervenida hace más de 50 años de manera artesanal, realizando rellenos sobre cuerpos de manglar para formar terraplenes y constituir un carreteable.

Dentro de los tramos que componen el proyecto Cartagena – Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad, existe uno conocido como “Unidad Funcional 6”. Una sección de este tramo (La Playa; K31+000 – Las Flores; K34+700). [6], se ubica en la franja sur de la Ciénaga de Mallorcaín y pasa muy cerca de zonas de protección de manglar aprobadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Para el procesamiento cartográfico del estudio “Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, Caribe Colombiano” a partir del cual se definieron zonas de protección de manglar del Departamento, se utilizó un mosaico de imágenes Landsat ETM de los años 2001 y 2003. [3]. Teniendo en cuenta que sobre el trazado de la Unidad Funcional 6 del proyecto Cartagena – Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad se realizaron intervenciones y obras de rehabilitación previas, en los años 1994 y 2010, es importante conocer el impacto que estos dos proyectos generaron sobre las áreas de manglar presentes en la Ciénaga de Mallorcaín, haciendo uso de los insumos y la metodología que la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRAUTONOMA) y

el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" (INVEMAR) utilizaron en la formulación del estudio "Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, Caribe Colombiano" para la identificación de dichas zonas de protección.

### Datos y métodos

Como primera medida, se realizó una revisión de los insumos con los que CRAUTONOMA e INVEMAR formularon y elaboraron el documento de actualización del año 2005. Estos incluyen, mosaicos elaborados a partir de imágenes Landsat TM tomadas en los meses de enero de 2001 y 2003. También se tuvo en cuenta un modelo digital de elevación ASTER y una fotografía aérea obtenida por la Corporación. En el documento se aclara que *"para el procesamiento digital de las imágenes de la zona costera del departamento del Atlántico, la metodología utilizada se basa en procesos de segmentación y clasificación por regiones. Comprende la selección y adquisición de imágenes e información secundaria, corrección atmosférica, corrección geométrica, mosaico, mapa de campo, salida de verificación, segmentación por regiones, definición de clases de cobertura, clasificación supervisada, edición vectorial por interpretación visual y estructuración de mapa de cobertura"* [7]. Teniendo en cuenta lo anterior se efectuó una búsqueda de dichas imágenes satelitales para comprobar su disponibilidad. Para esto, se acudió a en la interfaz earthexplorer.usgs.gov, desarrollada por Servicio Geológico de los Estados Unidos, tomando como punto de partida la fecha de toma y los datos de ubicación (PATH/ROW). Se obtuvieron las imágenes y el DEM (Modelo Digital de Elevación), sin embargo, una de ellas no mostraba la zona donde se desarrollarán las obras de intervención del proyecto "Cartagena, Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad. Se pudo observar que muchos de estos insumos presentaban distorsiones y errores debido a factores climáticos que no permitían una buena interpretación. Frente a esto, y partiendo del hecho de que se deben tomar en consideración los años en los que previamente se ejecutaron obras de rehabilitación sobre la vía existente, se tomó la decisión de trabajar sobre tres imágenes tomadas con un sensor Landsat 5 TM, de los años 1991, 2001 y 2010. Para su interpretación, se diseñó una metodología que permitiera conocer la evolución de los ecosistemas de manglar a través del tiempo en la zona, omitiendo fases de campo, ya que por cuestiones logísticas no fue posible desplazarse a la zona a recoger firmas espectrales de estas coberturas. No se realizaron trabajos de corrección geométrica, radiométrica y espacial ya que las imágenes presentan un nivel de procesamiento T1, el cual ya incluye estos ajustes.

Tabla 1

*Insumos cartográficos estudio Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, Caribe Colombiano.*

*INVEMAR – CRAUTONOMA, 2015.*

SATELITE/SENSOR	PATH/ROH	FECHA DE LA TOMA	FUENTE
Landsat - ETM	09/52	Enero 2001	INVEMAR
Landsat - ETM	09/53	Enero 2003	INVEMAR
ASTER VNIR (Very Near Infrared)	-	Marzo 2004	INVEMAR
Fotografías Aéreas	Vuelo C-2711	Enero 2004	CRA

*Fuente: INVEMAR - CRA*

La resolución de cada imagen es de 30 m por pixel, presentan factores de nubosidad muy bajos por lo que no se requirió de trabajos adicionales de corrección geométrica con máscaras para remoción de vapor de agua y nubosidad.

Las etapas de este proceso incluyen:

- Corrección Atmosférica (Métodos; reflectancia arriba de la atmósfera y ATCOR de la reflectancia del suelo).
- Clasificación No Supervisada (Método Fuzzy K-Means, con 60 subclases y 60 interacciones).
- Procesos de Agregación en 14 Clases principales
- Procesos de edición con uso de máscaras (apoyo con información oficial IGAC)
- Determinación de índices de vegetación Normalizada (NDVI) para cada imagen
- Procesos de detección de cambio en los resultados de los procesos de clasificación agregación y edición.

Para el análisis se utilizó una combinación de color RGB 453, ya que es una de las combinaciones que mejores resultados entrega a la hora de interpretar visualmente coberturas de manglar, por su diversidad de colores. La identificación del mangle se hace por un color Naranja oscuro intenso, otras coberturas vegetales con colores naranja pálidos, y afloramientos rocosos de color verde [8]. Ya que la zona de estudio era muy pequeña para el nivel de detalle de las imágenes y la distancia del corredor vial objeto de estudio (3,4 Km), se optó por trabajar

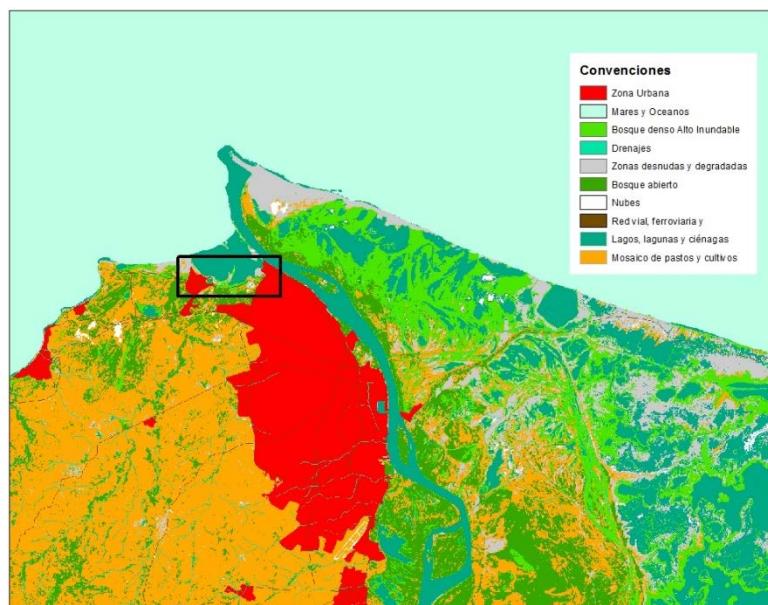
con un recorte de la imagen satelital descargada que abarcara una zona total aproximada de 230 Km<sup>2</sup>.

## Resultados

### *Imagen Landsat 5 TM. 1991*

Siguiendo la Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, a continuación se muestra el resultado del primer procesamiento. El recuadro de color negro muestra la zona por donde pasará el trazado de la Unidad Funcional 6, el cual se ubica al costado sur de la Ciénaga de Mallorcaín. Esta sección de vía conecta los municipios de Barranquilla y Puerto Colombia. Dos porciones se encuentran separadas por el Río Magdalena. Como se puede apreciar se obtuvieron 10 categorías de cobertura. Al costado izquierdo de la imagen existe mayor presencia de pastos y cultivos, mientras que la sección izquierda tiene en su mayoría unidades de bosque abierto, manglar (bosque denso alto inundable), y ciénagas.

*Figura 1.* Resultado interpretación Imagen Landsat 5 TM. 1991



### *Imagen Landsat 5 TM. 2001*

En esta interpretación se pudo observar un cambio en algunas coberturas, más específicamente en pastos y cultivos, que disminuyeron en ambos costados de la imagen. Hacia la margen derecha se identifica un aumento en las coberturas de bosque abierto y manglar. Que poco a poco han ido reemplazando zonas de cultivos y pastos. Este fenómeno se reconoció en toda la zona.

Figura 2. Resultado interpretación Imagen Landsat 5 TM. 2001

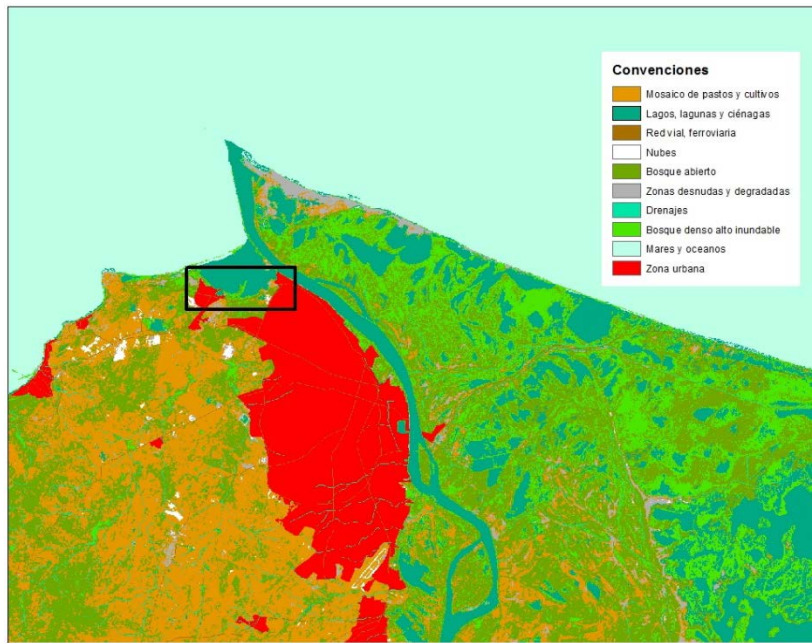
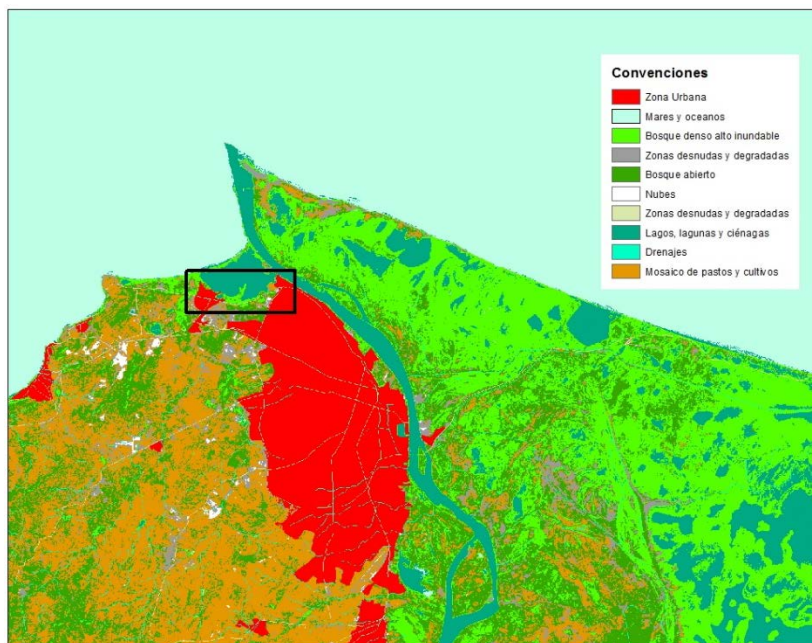


Imagen Landsat 5 TM. 2010.

En esta imagen se puede evidenciar un fenómeno muy importante; la recuperación de grandes extensiones de manglar en zonas donde antes existían suelos degradados y la disminución de zonas de pastos y cultivos. El sector derecho de la imagen muestra una recuperación avanzada de los cuerpos de manglar, sobre todo en zonas cercanas al océano.

Figura 3. Resultado interpretación Imagen Landsat 5 TM. 2001



## Discusión

Los resultados de la interpretación de las tres imágenes satelitales Landsat5 de 1991, 2001, y 2010 muestran que al contrario de lo que se piensa, los cuerpos de manglar presentan un comportamiento regenerativo a través de los años. De acuerdo a (Smith III, 1992), *“Las especies vegetales típicas de manglar presentan diferentes adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permite ocupar ambientes completamente excluyentes o compartir el mismo espacio si las condiciones son adecuadas. Estas preferencias específicas ayudan a comprender la zonación y la sucesión de las especies de mangle. Pero estas adaptaciones no explican completamente estos fenómenos* [9]. El desarrollo de este tipo de ecosistemas depende en gran medida de las condiciones geomorfológicas e hidrológicas de la zona (Thom, 1967,1984). También están afectados negativamente, según la región, por cambios en el nivel del mar, erosión, drenaje, salinización, levantamientos, maremotos y tormentas (Cintrón & Scheaffer-Novelli). [9]. De todo lo anterior podemos concluir que frente a la dinámica natural de las diferentes especies de manglar, no hay una razón específica que explique su regeneración, ya que por sus características, son muchos los factores que podrían afectarlo positiva o negativamente. Esto confirma la vulnerabilidad de este tipo de ecosistemas.

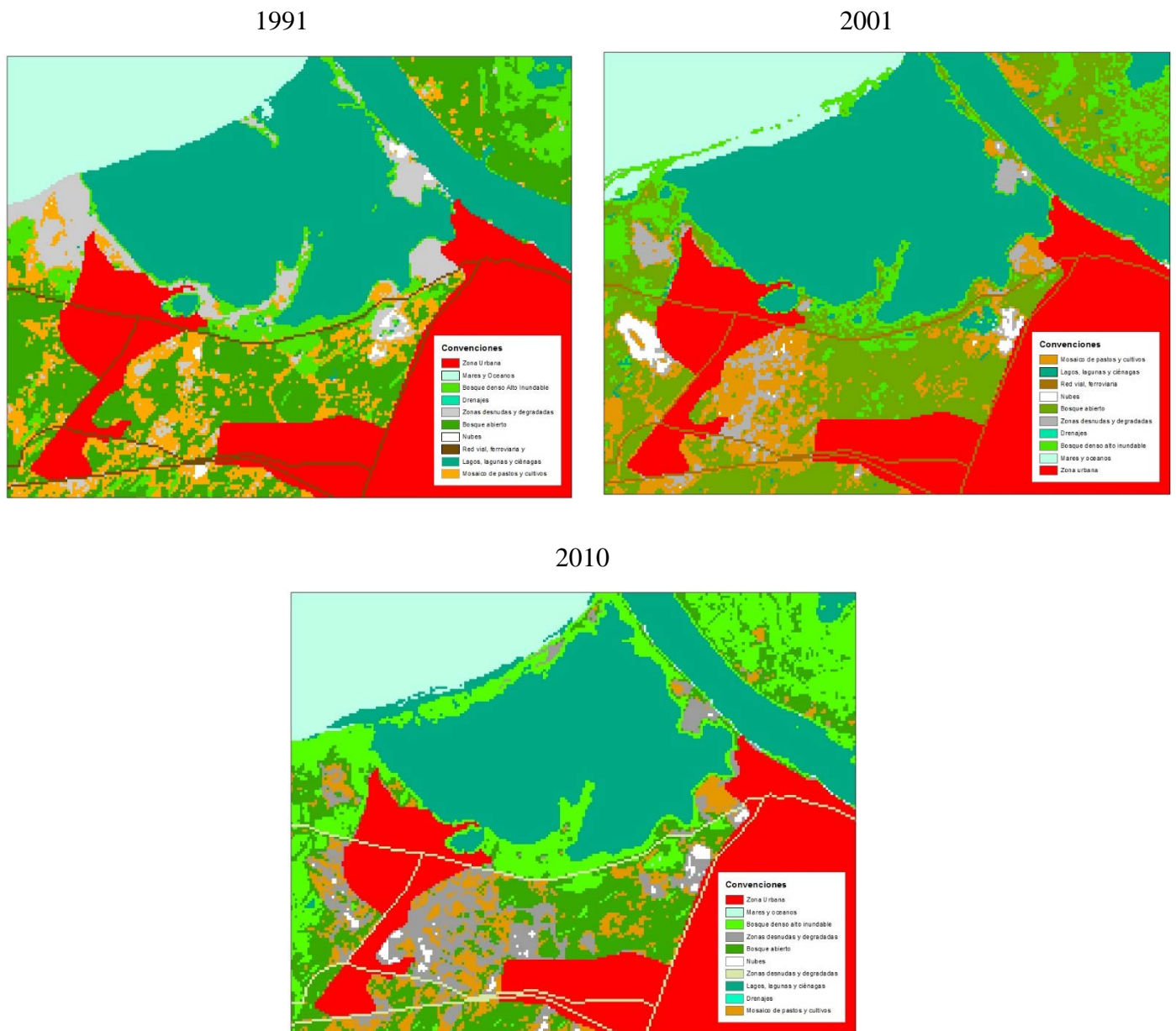
*“Los manglares normalmente crecen en suelos conformados por lodos o arenas finas, medias o gruesas en sectores costeros protegidos y de topografía plana, logrando su mayor nivel de desarrollo, donde exista un importante aporte de agua dulce y nutrientes”* [9]. Ese fenómeno se viene presentando en el sector de la Ciénaga de Mallorcaín. Con el paso de los años zonas donde antes predominaban suelos desnudos y degradados ahora existen relictos importantes de manglar. Se concluye por tanto, que las obras de rehabilitación realizadas en 1994 y 2010 no se pueden relacionar con una degradación de zonas de manglar, ya que al costado izquierdo de la vía, sentido Puerto Colombia – Barranquilla, donde está ubicada la ciénaga, se presentó una regeneración importante de mangle en los últimos 30 años.

Adicional a lo anterior, hay que tener en cuenta que en el costado derecho de la vía en mención, se han venido presentado fenómenos de sucesión vegetal. En zonas donde antes existía mangle ahora se pueden identificar coberturas de bosques. Esto indica que los pobladores de la zona han venido ganándole terreno al manglar. A pesar de que el hombre no se puede adaptar con facilidad a zonas con presencia de manglar, por las condiciones naturales propias de dicho ecosistema, en muchas zonas *“se han asentado comunidades que se proveen de recursos para su sustento, en muchos casos, de una manera tradicional y sostenida, hasta el punto en que el uso se hace comercial o cuando las comunidades crecen en población, así*



las existencias no sean suficientes, consumen los recursos y terminan modificando el medio” [10]. Es urgente entonces, que se establezcan programas y medidas encaminadas a detener la tala, aprovechamiento artesanal y quema de manglar por parte de los pobladores de la zona. De esta manera podremos garantizar la conservación a futuro de un sistema natural tan frágil, vital e importante para todos.

Figura 3. Evolución de los cuerpos de manglar ubicados en la Ciénaga de Mallorcaín.



## Referencias

- [1] H. Sanchez Paez, G. Ulloa Delgado y H. Tavera Escobar, Manejo integral de los manglares por comunidades locales Caribe de Colombia, Primera ed., vol. 1, D. d. E. MAVDT, Ed., Bogotá: CONIF o autores, 2004.
- [2] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, «PROYECTO MANGLARES, Manejo integrado de las zonas costeras y gestión sostenible de los manglares de Guatemala, Honduras y Nicaragua,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.pnuma.org/manglares/principales\\_amenazas.php](http://www.pnuma.org/manglares/principales_amenazas.php). [Último acceso: 06 Mayo 2016].
- [3] Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRAUTONOMA), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" (INVEMAR), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Teritorial (MAVDT), Actualización y ajuste del Diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, Caribe Colombiano. Informe final., A. C. López Rodríguez y P. C. Sierra Coreo, Edits., Santa Marta, Magdalena, 2005.
- [4] Consejo Técnico de la Contaduría Pública. Ministerio de Industria y Comercio, «Capex,» Bogotá, 2015.
- [5] Gobernación del Atlántico, *Contrato de Obras Públicas suscrito entre Departamento del Atlántico y Unión Temporal Vías Atlántico*, Barranquilla, 2009.
- [6] Agencia Nacional de Infraestructura, «Contrato de Concesión bajo el esquema de APP 004 de 10 de Septiembre de 2014. Apéndice Técnico 1, Alcance del Proyecto,» Bogotá, 2014.
- [7] P. Lozano y P. Sierra Correa, «Estado del arte de diferentes metodologías para detección de cambios espacio-temporales en zonas de manglar, un ejemplo para la Ciénaga Grande de Santa Marta.,» Santa Marta, 2004.
- [8] P. Lozano Rivera y P. Sierra - Correa, Propuesta metodológica para delimitación de bosques de manglar a partir de datos satelitales utilizando SPRING v 4.1, en la reserva de biósfera Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano, I. d. I. M. y. C. “ B. V. d. Andreis", Ed., Santa Marta.
- [9] F. Pinto - Nolla, «Sucesión y fisionomía de los manglares en Colombia,» *Ecología Vegetal*, vol. 23, pp. 2-3, 1999.

[10] J. Villalba - Malaver, «Los manglares en el mundo y en Colombia. Estudio descriptivo básico,» p. 9.