Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

1-1-2017

Identificación del cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera en la Costa Caribe colombiana, a partir de la interpretación de imágenes de satélite

Mónica Geovana Torres Salamanca
Universidad de La Salle, Bogotá

Andrés Felipe Ruíz Vivas
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Torres Salamanca, M. G., & Ruíz Vivas, A. F. (2017). Identificación del cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera en la Costa Caribe colombiana, a partir de la interpretación de imágenes de satélite. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/735

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

IDENTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA COBERTURA DE MANGLAR FRENTE AL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA CAMARONERA EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE

MÓNICA GEOVANA TORRES SALAMANCA

ANDRÉS FELIPE RUIZ VIVAS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2017

IDENTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA COBERTURA DE MANGLAR FRENTE AL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA CAMARONERA EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE

MÓNICA GEOVANA TORRES SALAMANCA

ANDRÉS FELIPE RUIZ VIVAS

Tesis para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

MAYERLING SANABRIA BUITRAGO
Ingeniera Ambiental y Sanitaria
ESP. SIG y Sensores Remotos

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

ING. Mayerling Sanabria

Director de Tesis

_____

ING. Lizet Molina

Jurado 1

_____

BIÓLOGO. Guillermo Briceño

Jurado 2

Bogotá D.C. Noviembre del 2017

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a todas las personas que hicieron posible la realización de nuestro trabajo de grado, especialmente:

A la Universidad De La Salle, al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria el cual nos brindó los conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

A la ingeniera Mayerling Sanabria, directora de la tesis, por su asesoría y el interés en que el proyecto fuese destacado por su excelencia y calidad. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia y su motivación en los momentos más difíciles por los cuales hemos tenido que pasar en el transcurso de este tiempo, han sido fundamentales para nuestra formación.

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible especialmente a la Dra. Emma Judith Salamanca quien nos apoyó con su valiosa asesoría en nuestra investigación.

A la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca "AUNAP", especialmente al Biólogo Erick Serge Firtion por la generosidad, hospitalidad y asesoría que nos brindó durante el desarrollo del proyecto.

A todos aquellos que de una u otra forma nos colaboraron para la culminación del proyecto.

Agradezco principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar, por no haberme dejado desfallecer en los momentos difíciles y por haberme dado la Familia tan maravillosa que tengo y que me brindó la oportunidad de culminar el mayor de mis triunfos al día de hoy "La culminación de mi carrera".

A mi Mamá Lidia por su cariño, apoyo y comprensión en todos estos años de mi carrera. A mi papá Gregorio porque es la persona que toda su vida se ha esforzado por sacarnos adelante, por su empuje, por el amor y apoyo que siempre nos ha brindado... A los dos mil Gracias porque dejaron de lado sus sueños para darme la oportunidad de estudiar y forjar en sus hijos un mejor mañana.

A mi abuelita Eva, Camila, Óscar, a mis tíos Salamanca por siempre estar ahí... A una persona que, aunque ya no está significa mucho en nuestras vidas... mi Abuelito Camilo.

A mi novio Carlos Mario que siempre me ha brindado su amor, cariño y un gran apoyo con su positivismo y energía. Gracias los quiero mucho.

MÓNICA GEOVANA TORRES SALAMANCA

*Agradezco a mi hermana y colega **ÁNGELA MARÍA RUIZ VIVAS**, porque desde allá arriba en su nuevo espacio de vida, me brindo toda la fuerza, inteligencia, dedicación y compromiso necesarios para este proceso; valores que la identificaron siempre.*

Agradezco enormemente a mis padres: Blanca Lilia Vivas Rodríguez, Euclides Ruiz Suarez y hermano, Sebastián Ruiz Vivas, quien son los que forjaron el ser humano que hoy en día soy, cumpliendo con esfuerzo y esmero cada una de mis metas.

A cada uno de mis familiares tíos y primos, ya que sin imaginarlo desde un principio me colaboraron con esta etapa que culmina con la elaboración de este documento.

A Yesid Chaparro quien me brindo su ayuda para poder seguir avanzando en este proceso, en uno de los momentos más difíciles de mi vida.

ANDRÉS FELIPE RUIZ VIVAS

GLOSARIO DE TERMINOS

ACUICULTURA: Es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas, vegetales y animales. Es una importante actividad económica de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, y organismo vivo para repoblación u ornamentación. Los sistemas de cultivo son muy diversos, de agua dulce o agua de mar, y desde el cultivo directamente en el medio hasta instalaciones bajo condiciones totalmente controladas. Los cultivos más habituales corresponden a organismos planctónicos (microalgas y *Artemia*), microalgas, moluscos y crustáceos, los profesionales encargados de esta labor son los Zootecnistas, Ingenieros Acuícolas y los Biólogos Marinos. (Bravo, 2010)

ARCGIS: Es un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. (ArcGIS, 2015)

ANÁLISIS ESPACIAL Se centra en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera como éstos se comportan bajo ciertas condiciones. Para esto, el análisis espacial se vale de un conjunto de herramientas técnicas que, de acuerdo con lo anterior, sólo pueden dar respuesta a una parte de la dinámica del espacio, mas no a su totalidad. A pesar de todas las posiciones de tipo epistemológico, el objeto de estudio de la Geografía siempre ha sido el espacio, sus componentes y las relaciones entre estos. A lo largo del tiempo esta disciplina ha construido y

desarrollado varios conceptos de síntesis tales como: lugar, región, territorio, paisaje y la finalidad con ello ha sido elaborar teorías generales del espacio, comprender la naturaleza del mismo, identificar relaciones entre los individuos y el espacio, estudiar su problemática social, determinar sus agentes transformadores. Precisamente esos conceptos de síntesis han ido acompañados de técnicas de análisis de corte cuantitativo, cualitativo y gráfico. (Soto, 2005).

BANDA: Intervalo de longitud de onda dentro del espectro magnético. Por extensión, se denomina banda a cada uno de los canales de adquisición de datos de un sistema de sensor. (Analisis espectral, 2006)

ESTUDIO MULTITEMPORAL: Implica el análisis de características del paisaje en relación con cualquier perturbación. La evolución de la masa es un tema crítico para entender las condiciones de la misma en el pasado y su potencial futuro en un contexto de cambio climático global. Estudio de una zona determinada a partir de imágenes de satélite, mediante tomas fechas en tiempos diferentes, pudiendo variar al tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. con el fin de analizar una o muchas variables a través del tiempo. (image, 2012)

FIRMA ESPECTRAL: Cada objeto refleja la luz visible según una combinación característica de radiaciones de distintas longitudes de onda. A esta combinación en el espectro visible la llamamos "color", en realidad a esta combinación la deberíamos llamar su "firma espectral". Por lo cual la radiación reflejada en función de la longitud de onda se llama firma espectral de la superficie. (AulaSat: Aula de Teledetección, 2016)

IMAGEN LANDSAT: Es una imagen capturada a través de diferentes instrumentos que se encuentran a bordo de los satélites Landsat diseñados por los EE.UU. para el monitoreo de los recursos terrestres; la captura de estas imágenes, permiten tener información de la superficie terrestre con mayor precisión y detalle, las cuales están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120m. (ArcGIS, 2015).

IMÁGENES DE SATELITE: Una imagen satelital es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales. Los satélites de observación de la Tierra obtienen datos en el menor tiempo posible para dar seguimiento a la evolución de un fenómeno. (ArcGIS, 2015)

INTERPRETACION ESPECTRAL: (ANALISIS ESPECTRAL) Tiene por objeto la descomposición de dicha señal en sus diversas componentes dentro del dominio frecuencial. Este análisis, que puede llevarse a efecto en un ordenador (vía Software) o en un sistema digital con un Hardware específico, es una técnica ampliamente utilizada en varias especialidades de ingeniería, ciencias aplicadas, y procesamiento de datos. (Analisis espectral, 2006).

PANCROMATICA: Imagen de una sola banda que cubre gran parte del espectro visual. Las imágenes convencionales en blanco y negro, son pancromáticas. (AulaSat: Aula de Teledetección, 2016)

PISCINAS DE CAMARON: Son tanques de 1 o 2 hectáreas con una profundidad de 0,6 a 0,8 m; en ellos se colocan los camarones desde los estadios de postlarvas, camarones hasta alcanzar de acuerdo con la especie un peso entre 0,5 y 4g. En ellos se colocan los camarones desde que salen de los pre-criaderos hasta alcanzar la talla comercial. Si bien en las primeras camaroneras estos estanques llegaban a tener dimensiones superiores a 100 ha, en la actualidad se los construye con superficies que varían entre 5 y 20 hectáreas lo que permite un mayor control de los mismos. (Bravo, 2010)

PIXEL: Es la menor unidad homogénea de color que forma parte de una imagen digital. En percepción remota ha sido utilizado como una medida de resolución espacial ya que el tamaño de cada pixel (área) determina la unidad menor de área dentro de la imagen a analizar. (Resolución de las imágenes satélite , 2006)

PRODUCCION DE CAMARONES: La acuicultura, camaronicultura o producción de camarones en cautiverio, es una actividad de cultivo en medio acuático, con fines de producción y comercialización como meta final, industrializada por medio de la tecnología.

La camaronicultura adquirió importancia a nivel mundial, llegando a nivelarse con producción de la pesca extractiva que se ha estancado por los altos costos de las faenas de pesca. El consumo de camarón se ha expandido con la demanda de los países industrializados, debido a su alta elasticidad ingreso. Esto ha llevado al desarrollo del cultivo del camarón para facilitar su abastecimiento. (Bravo, 2010)

RESOLUCIÓN ESPACIAL: Este concepto designa al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen. Está determinada por el tamaño del píxel, medido en metros sobre el terreno, esto depende de la altura del sensor con

respecto a la Tierra, el ángulo de visión, la velocidad de escaneado y las características ópticas del sensor. (Resolución de las imágenes satélite , 2006)

RESOLUCIÓN ESPECTRAL: Consiste en el número de canales espectrales (y su ancho de banda) que es capaz de captar un sensor. (Resolución de las imágenes satélite , 2006)

RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA: Se la llama a veces también resolución dinámica, y se refiere a la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida para ser almacenada y procesada posteriormente. Esto depende del conversor analógico digital usado. (Resolución de las imágenes satélite , 2006)

RESOLUCIÓN TEMPORAL: Es la frecuencia de paso del satélite por un mismo punto de la superficie terrestre. Es decir, cada cuanto tiempo pasa el satélite por la misma zona de la Tierra. Este tipo de resolución depende básicamente de las características de la órbita (Resolución de las imágenes satélite , 2006)

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO: Conjunto de Hardware, Software y datos geográficos para capturar, almacenar y analizar la información referenciada para brindar apoyo a la tomas de decisiones de manejo y la gestión tanto de zonas rurales como urbanas. (Gonzalez & Fernàndez, 2012)

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN **15**

ABSTRACT **16**

1. INTRODUCCIÓN **17**

2. OBJETIVOS **20**

2.1 Objetivo General 20

2.2 Objetivos Específicos 20

3. MARCO DE REFERENCIA **21**

3.1 Identificación de Área de Estudio 21

3.2 Los Ecosistemas de Manglar en Colombia 22

3.2.1 Factores Físicos Ambientales para el Crecimiento de Manglar 23

3.2.2 Factores Bioecológicos 24

3.2.3 Importancia del Ecosistema de Manglar 25

3.2.4 Causas de la Pérdida del Ecosistema Manglar 27

3.3 La Influencia de la Industria de Camarón en la Costa Caribe 29

3.3.1 Factores para el Desarrollo de la Producción de Camarón 29

3.3.2 Industria Camaronera en Colombia 31

4. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA **33**

4.1 Fase Documental y de Referencia; Establecimiento y Características de las Imágenes Landsat 34

4.1.1 Fuentes de Información Documental 34

4.1.2 Recopilación de Imágenes Landsat 37

4.1.3 Proceso de Descarga y Selección de las Imágenes Landsat. 39

4.1.4 Sensores y bandas espectrales implementadas para la interpretación 43

4.2 Fase de interpretación de cobertura de mangle sobre imágenes de satélite 50

4.2.1 Composición de las Imágenes para la Identificación del Bosque de Manglar 50

4.3 Fase de la Industria del Camarón sobre las Imágenes de Satélite y su Desarrollo Local 55

4.3.1 Definición de la Cobertura de la Industria Camarón 55

4.4 Fase de la Transformación de la cobertura de mangle por la industria camaronera entre los años 1983 – 2016. 57

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN **59**

5.1 Fase Documental y de Referencia; Establecimiento y Características de las Imágenes Landsat 59

5.2 Fase de interpretación de cobertura de mangle sobre imágenes de satélite 62

5.3 Fase de la Industria del Camarón sobre las Imágenes de Satélite y su Desarrollo Local 71

5.4 Fase de la Transformación de la cobertura de mangle por la industria camaronera entre los años 1983 – 2016. 81

5.4.1 Análisis Ambiental y Lineamientos de Manejo y Control propuestos 87

6 CONCLUSIONES 91
7 RECOMENDACIONES 93
8 BIBLIOGRAFIA 95
ANEXOS 97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Causas de Pérdida de Manglar 27
Tabla 2. Factores para el Desarrollo de la Producción de Camarón 30
Tabla 3. Entidades Consultadas 35
Tabla 4. Documentos con Información Relevante 35
Tabla 5. Descripción, Numero de Bandas y Años en Uso de Satélites Landsat 43
Tabla 6. Aplicaciones de las Bandas Espectrales 47
Tabla 7. Proceso y Distribución de la Energía en la Firma Espectral de la Vegetación. 49
Tabla 8. Clasificación de Bandas Espectrales Requeridas. 50
Tabla 9. Zonas de Gran Importancia de Bosque de Manglar. 52
Tabla 10. Fincas Camaroneras Identificadas en la Costa Caribe Colombina 57
Tabla 11. Consecuencias Ambientales de la Construcción y Operación de Camaroneras 58
Tabla 12. Descripción Escenas de Estudio 60
Tabla 13. Cobertura de Manglar por Departamento 62
Tabla 14. Cobertura de Industria de Camarón por Departamento 74
Tabla 15. Áreas de cobertura de la industria de camarón, mangle y su porcentaje de pérdida por departamento 82
Tabla 16. Lineamientos de Manejo y Control por parte de la Industria Camaronera. 89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Área de Estudio 21
Figura 2. . Ubicación de Fincas Camaroneras en la Costa Caribe Colombiana. Año 2013 32
Figura 3. Vista de Extensas Granjas para el Cultivo de Camarón. Desembocaduras del Canal del Dique. 33
Figura 4. Distribución de Bosque de Manglar en la Costa Caribe Colombiana. (Captura de pantalla) 38
Figura 5. Grilla y Cobertura de Área Costa Caribe Colombiana (Captura de pantalla) 39
Figura 6. Plataforma de Inicio. Servicio Geológico de los Estados Unidos. La ciencia para un Mundo Cambiante (USGS). (Captura de pantalla) 40
Figura 7. Plataforma de Inicio. Instalación de la Cubierta Terrestre Mundial (GLCF), Earth Science Data Interface (ESDI). (Captura de pantalla) 41
Figura 8. Plataforma de Inicio. Navegador de Imágenes Libra para Datos del Satélite Landsat 8. . 42
Figura 9. Rangos espectrales por Banda para Landsat 45
Figura 10. Curva Espectral de la Vegetación 48

Figura 11. Mosaico del Área de estudio. Año 2013 (Captura de pantalla) *54*
Figura 12.Identificación y Delimitación de la Cobertura de Manglar (Captura de pantalla) *55*
Figura 13. Vista Piscinas Camaroneras en imagen Landsat Año 2013 (Captura de pantalla) *56*
Figura 14. Polígonos en Color Rojo:Piscinas Camaroneras (Captura de pantalla sobre imagen Landsat) *56*
Figura 15. Grilla y Selección de Imágenes LANSADT. Costa Caribe Colombiana. (Captura de pantalla) *61*
Figura 16. Secuencia Cartográfica del Cambio de Cobertura de Manglar *63*
Figura 17. Cobertura de Manglar por Departamentos *66*
Figura 18. Total, de Cobertura de Manglar. Área de Estudio *66*
Figura 19. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Bolívar. *68*
Figura 20. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Córdoba. *69*
Figura 21. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Magdalena. *69*
Figura 22. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Sucre. *70*
Figura 23. Evolución del Cultivo de Camarón en la Costa Caribe *72*
Figura 24. Evolución de la Industria de Camarón en los Departamentos *74*
Figura 25. Camaroneras con el Mayor y Menor Número de Hectáreas de Producción (Captura de pantalla) *76*
Figura 26. Cobertura de la Industria Camaronera en el Distrito de Cartagena *77*
Figura 27. Cobertura Total de Manglar en el Distrito de Cartagena *78*
Figura 28. Cobertura de la Industria Camaronera en el Municipio de San Antero *79*
Figura 29. Cobertura Total de Manglar en el Municipio de San Antero *80*
Figura 30. Secuencia Cartográfica del Cambio Porcentual de la Cobertura de Manglar Frente a la Cobertura de la Industria de Camarón *83*
Figura 31. Correlación de Cobertura de Manglar e Industria de Camarón *86*

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de Información Bibliográfica.* *97*
Anexo 2*. Base de Datos Imágenes Landsat* *100*
Anexo 3*. Imágenes Landsat Descargadas por Medio de los Portales Web* *102*
Anexo 4*. Ubicación, Área y Temporalidad de Fincas Camaroneras* *113*
Anexo 5. *Cobertura de Manglar por Año y Departamento* *116*
Anexo 6*. Cantidad de Hectáreas de Fincas Camaroneras* *118*
Anexo 7*. Mapas Localización de Ecosistema de Manglar y Puntos de Industria del Camarón año Inicial y Final* *119*

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto de grado es identificar el cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera en la Costa Caribe colombiana, a partir de la interpretación de imágenes de satélite; teniendo en cuenta la problemática que afecta los manglares ya que estos se encuentran situados en la transición entre el medio marino y terrestre, siendo uno de los ecosistemas más productivos del planeta por su aporte de nutrientes y por albergar una gran cantidad de especies marinas y terrestres. Estos ecosistemas presentan una fuerte presión frente a la industria del camarón, ya que es utilizado como recurso maderero y, por otro lado, es talado para la construcción de piscinas para el cultivo de camarón.

La Costa Caribe contiene un área extensa de manglar utilizadas por las camaroneras para llevar a cabo su producción, por lo cual se evaluó la relación en la cobertura de manglar entre un periodo de 1983 a 2016; se procesaron imágenes de satélite Landsat, de las cuales fue posible analizar el cambio que ha presentado estas coberturas. Los resultados de este proyecto han identificado que el año más significativo en cuanto a la investigación propuesta ha sido el 2008, con una cobertura de manglar de 113156,03 ha. Determinando que el área en la industria de camarón para ese mismo año fue de 3710,35 ha.

En total 17 camaroneras identificadas a lo largo del desarrollo del proyecto, en donde las dos fincas camaroneras con mayor cantidad de área dispuestas para su producción fueron Océanos S.A. del departamento de Bolívar con 1900,9 ha. en 2016 y Cartagenera de Acuicultura del departamento de Sucre con 909,5 ha en 2003. De acuerdo a lo anterior se pudo establecer algunos parámetros que requieren seguimientos en la industria de camarón y con esto evitar un mayor deterioro y contaminación a este ecosistema de gran importancia para el medio ambiente.

ABSTRACT

The objective of the present project of degree is to identify the change of the coverage of the man in front of the development of the shrimp industry in the Colombian Caribbean coast, from the interpretation of images of the satellite; taking into account the problems that affect human beings who are already in the transition between the marine and terrestrial environment, being one of the most productive ecosystems on the planet for its contribution of nutrients and for hosting a large number of marine and terrestrial species. These ecosystems present a strong pressure against the shrimp industry, which is used as a wood resource and on the other hand, is cut for the construction of pools for shrimp farming.

The Caribbean Coast contains a large area of mangrove used for shrimp farms to carry out their production, so the relationship in mangrove cover was evaluated between 1983 and 2016; Landsat satellite images were processed, from which it was possible to analyze the change presented by these coverages. The results of this project have identified that the most significant year in terms of the proposed research has been 2008, with a mangrove cover of 113156,03 ha. Determining that the area in the shrimp industry for the same year was 3710,35 ha.

In total 17 shrimp farms identified throughout the development of the project, where the two shrimp farms with the largest amount of area ready for production were Oceans S.A. of the department of Bolívar with 1900,9 ha. in 2016 and Cartagenera de Acuicultura of the department of Sucre with 909,5 ha in 2003. According to the above, it is possible to establish some parameters that require monitoring in the shrimp industry and thus avoid further deterioration and contamination of this large ecosystem. importance for the environment.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los pocos países que tienen el privilegio de poseer Costas en dos océanos, en las cuales hay gran variedad de desembocadura de ríos provenientes de sus tres cordilleras en el interior del país donde nacen estos afluentes; su posición geográfica en el planeta tierra permite el crecimiento y desarrollo de uno de los ecosistemas naturales más productivos en el mundo, el bosque de manglar.

Entre las áreas con manglares se encuentran estuarios y zonas costeras; el manglar es un ecosistema considerado un tipo de bioma, formado por árboles muy tolerantes a la sal que se encuentran en la zona intermareal cercana a las desembocaduras de ríos, justo en la transición entre los medios marino y terrestre de las Costas de latitudes tropicales de la Tierra.

Son sistemas abiertos con un alto flujo de materia y energía que aporta altas concentraciones de nutrientes, Además son refugio y fuente de alimento de una gran cantidad de fauna, tanto marina como terrestre, muchas de ellas residentes y migratorias, que son vulnerables o se encuentran en peligro de extinción; así como fuente de madera y alimento para comunidades costeras, además funcionan como barrera natural contra la erosión, oleaje y es lugar de acumulación de sedimentos, contaminantes y carbono (Kathiresan & Bingham, 2001). Sus raíces sumergidas funcionan como criaderos para muchas especies de peces, crustáceos y moluscos, contribuyendo desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, al ser una fuente de subsistencia de las poblaciones humanas ubicadas a lo largo de los litorales costeros. De estos ecosistemas dependen hasta dos terceras partes de las especies de peces que habitan los mares, los cuales son vitales para la industria de la pesca. (Bosarreyes, 2013)

Desafortunadamente, estos ecosistemas se encuentran en riesgo. La falta de planificación en el desarrollo de los centros poblados de la zona costera, la industria y las dinámicas turísticas de la zona son las principales amenazas de los manglares; En Colombia se ha identificado que la tala motivada por la ampliación

de la frontera agrícola y ganadera, la destrucción ocasionada por el desarrollo de centros de actividad económica como los puertos, así como la construcción de granjas de camarón y la actividad petrolera, son los fenómenos que más se destacan en la reducción de extensiones considerables de bosque de manglar.

Como se nombró anteriormente una de las actividades que se efectúa cerca a estos ecosistemas, por favorecer su proceso productivo, es la industria del camarón, de la cual se hace referencia propiamente, al desarrollo de cultivo de camarón para consumo humano, sin desconocer que esta ha sido una rama importante de la acuicultura en Colombia.

La industria camaronera representa una importante rama de la producción alimentaria y constituye una elemental fuente de empleo e ingresos, siendo la base del sustento de una gran parte de la población del planeta; pero precisamente debido a ello, ha crecido de manera exponencial, incrementando la superficie total de su producción, lo que ha provocado un fuerte impacto en la Costa Caribe colombiana y en muchas otras a nivel mundial. (Fonseca Moreno, E., 2010).

Según las estimaciones más recientes, los manglares de Colombia tienen una extensión aproximada de 285.049 ha. hallándose distribuidos en los litorales Caribe con 90.160 ha. y el Pacífico con 194.880 ha. muchas de estas, duramente afectadas por las actividades antrópicas que se han venido desarrollando con el tiempo. (Colombia, 2015)

La percepción remota es una tecnología utilizada para interpretar datos geoespaciales de los cuales se pueden extraer información de caracteristicas de objetos de la tierra y el océano, junto con la información geografica (SIG), las cuales son herramientas ampliamente utilizadas para determinar estados de ecosistemas terrestres y costeros de dificil acceso para las personas. (Henao, 2011); es por ello que con estas tecnicas es posible identificar la variación de los ecosistemas en diferentes temporalidades las cuales son confiables en caso de que no se tengan datos de cambios de coberturas en algunos años.

Por tanto, con la operación y manejo de técnicas de la teledetección y los SIGs, fue posible en este proyecto de grado, cuantificar la magnitud de cambio de la cobertura de manglar (entre los años 1983 al 2016) en un sector importante de producción de camarón en la Costa Caribe colombiana, al identificar las tendencias de crecimiento de dicha industria y la reducción de la cobertura de manglar. A partir de la interpretación de imágenes de satélite fue posible identificar la relación entre el establecimiento de dicha industria y las afectaciones al bosque de manglar en los diferentes periodos evaluados, todo esto a diferentes escalas temporales; de manera que permitan evidenciar posibles acciones de control y seguimiento sostenible a la industria del camarón en Colombia.

Este documento ha sido estructurado en 3 Capítulos; El Primero, es el marco contextual que identifica la localización de área de estudio, el enfoque hacia el ecosistema de Manglar, desde su importancia al medio ambiente hasta los factores que permiten su desarrollo, al igual que una breve descripción de la industria de cultivo de camarón, factores que permiten su buen desempeño y producción en el país; en el segundo capítulo se desarrolló la metodología designada como “Desarrollo Metodológico de la Propuesta”, en donde se realizó el desarrollo de los objetivos estipulados para este proyecto por medio de diferentes fases; finalmente el tercer capítulo en el cual se presentan los resultados de dichas fases que dieron respuesta a cada objetivo; para culminar, las conclusiones y recomendaciones que se entablaron para la óptima y acertada culminación de esta propuesta.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar, a partir de la interpretación multitemporal de imágenes de satélite la reducción de la cobertura de manglar por el establecimiento de la industria camaronera, en la Costa Caribe colombiana.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar a nivel documental la influencia de la industria camaronera en el ecosistema de manglar y su relación con el desarrollo local.
- Establecer la multitemporalidad del estudio a partir de la revisión de imágenes disponibles en el USGS (United States Geological Survey) para seleccionar aquellas que bajo criterios de nubosidad y escala contribuyan al análisis comparativo propuesto.
- Determinar los cambios de distribución del manglar (magnitud y localización específica) por el desarrollo de la industria camaronera a través de la interpretación espectral y visual de las imágenes de satélite seleccionadas.
- Estimar porcentualmente el cambio de cobertura de bosque de manglar entre los periodos de análisis seleccionados, para orientar los lineamientos de manejo y control de este tipo de industria por la autoridad ambiental local.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Identificación de Área de Estudio

Los ecosistemas de mangle se encuentran ubicados a la orilla de los departamentos que conforman la Costa Caribe, de una manera discontinua, limitados a ciertas bahías protegidas y de poca extensión, las cuales con mayores extensiones se hayan en la ciénaga grande de Santa Marta, la isla de Salamanca, el Canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato.

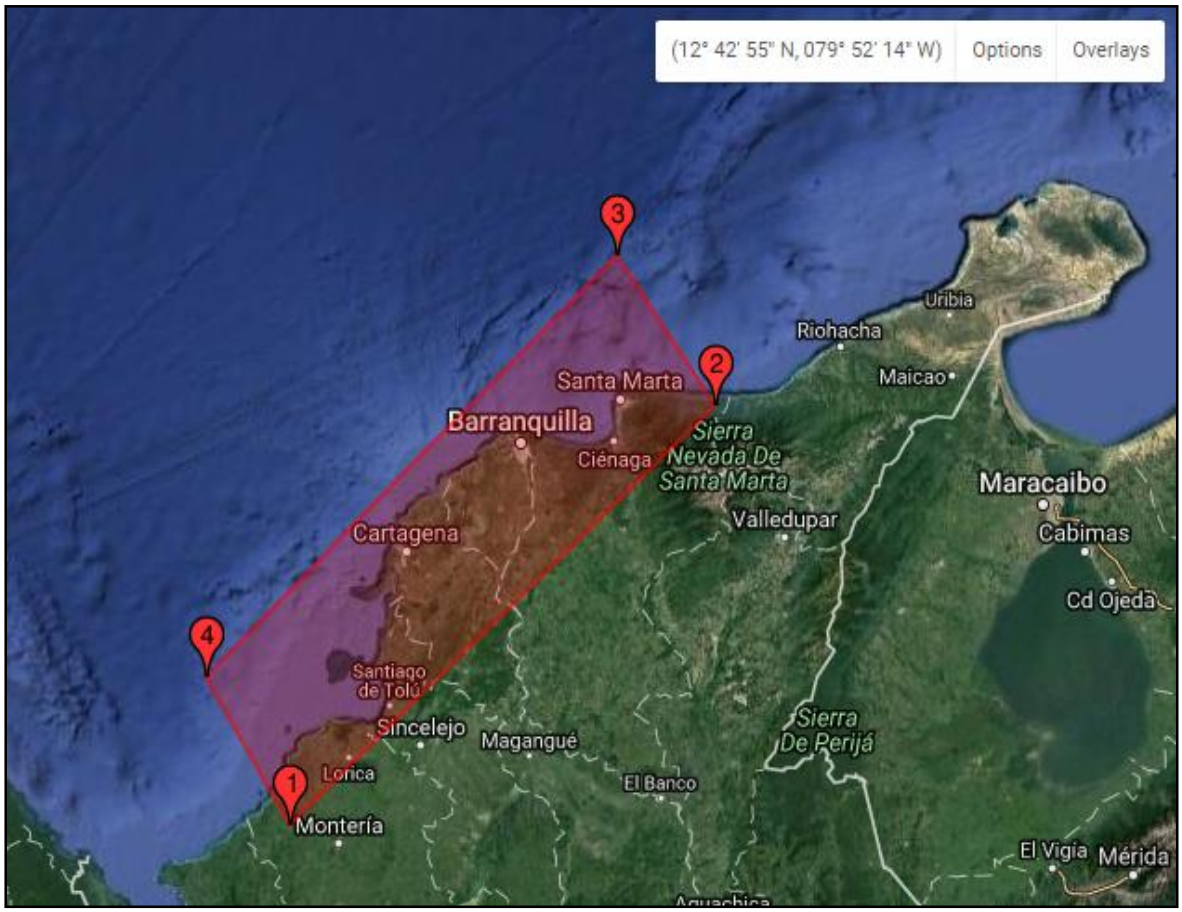


Figura 1. Localización del Área de Estudio

NOTA: *En la figura se observa la zona de estudio ubicada aproximadamente entre 4 puntos localizados (recuadro en rojo), tomando el punto 1 entre las coordenadas N 08°51'09" y W 076°10' 05", Punto 2 entre N 11°12'38" y W 073°39'08", Punto 3 entre N 12°03'00" y W 074°14'04", Punto 4 entre N 09°41'14" y W 076°39'45". Alrededor de 528,11 km de línea costera continental.*

Fuente: GOOGLE EARTH 2016

La industria camaronera en la Costa Caribe data en el país desde el año 1983. Actualmente se identifican algunas piscinas camaroneras de mayor importancia en los municipios de Santa Catalina y Cartagena (Dpto. Bolívar), San Antero y San Bernardo del Viento (Dpto. Córdoba), San Onofre y Tolú (Dpto. Sucre), Ciénaga (Dpto. Magdalena).

3.2 Los Ecosistemas de Manglar en Colombia

El ecosistema de manglar es considerado un tipo de bioma, formado por árboles muy tolerantes a la sal que se encuentran en la zona intermareal cercana a las desembocaduras de ríos, en la transición entre los medios marino y terrestre de las Costas de latitudes tropicales de la Tierra.

Tienen una diversidad biológica importante, encontrándose un número considerable de especies tanto de aves como de peces. Los manglares desempeñan una función clave en la protección de las Costas contra la erosión eólica por oleaje; poseen una alta productividad, pues alojan organismos acuáticos, anfibios y terrestres; por ende, desempeñan un papel fundamental en las pesquerías litorales y de la plataforma continental. (Maya Duque, Lago Cruz, & Baquero, 2008). Los ecosistemas de manglar son fundamentales como hábitat temporal de muchas especies de aves migratorias septentrionales y meridionales ya que proporcionan refugio y sitio de anidación a muchas de estas especies que son acuáticas, terrestres y arbóreas.

El manglar en general, es un bosque bajo que no suele sobrepasar 15 m de altura, aunque en algunas zonas, que coinciden con la desembocadura de los ríos, llega a alcanzar 30 metros. A pesar de la pobreza del suelo, se trata de uno de los ecosistemas con más alta productividad, con un considerable flujo de nutrientes provenientes de otros ecosistemas; tal vez, esta productividad también radique por los espacios entre sus raíces, llamadas zanco, los cuales son utilizados como área de criadero por un gran número de especies juveniles, camarones, cangrejos y

moluscos, puesto que allí encuentran protección de sus predadores y gran cantidad de alimento, por los sedimentos que se depositan.

Los manglares son capaces de adaptarse a distintos grados de salinidad según el estado de las mareas. En marea alta, las raíces aéreas de estos árboles captan el oxígeno y lo transportan a las raíces que se encuentran bajo el agua, las encargadas de anclar cada árbol a la tierra inundada. A su vez, estas captan los nutrientes del agua del mar para que circulen por la planta y se conviertan en alimento al mezclarse con el oxígeno, expulsando por sus hojas lo que no sirve: la sal. A través de este asombroso mecanismo los manglares pueden vivir con una parte de sus raíces bajo el agua, en un suelo sin oxígeno, con altas concentraciones de sal y al mismo tiempo aprovechar los sedimentos de los ríos que también le brindan nutrición. (Ambiente, 2012).

3.2.1 Factores Físicos Ambientales para el Crecimiento de Manglar

La formación del bosque de manglar ocupa una extensa zona de distribución en las dos Costas colombianas, teniendo en cuenta que los efectos climáticos en el país no son muy pronunciados hay algunos factores ambientales que llegan a afectar el desarrollo de los mismos: lluvias invernales, las cuales pueden disipar la salinidad del limo salobre; vientos, al arrastrar las arenas de dunas cercanas, pueden contribuir al relleno del pantano, influyendo sobre su composición y posterior desarrollo. De igual modo se pueden producir cambios en la frecuencia, y duración de la inmersión, además del grado de salinidad del agua marina, debido a la elevación que el suelo pueda tener, y esto por efecto de los sedimentos arrastrados por las aguas de ríos; en su mayoría el manglar se ubica en grandes planicies, estuarios y deltas de los ríos. Si se encuentran en una zona de precipitación constante se establece que: “si la precipitación es mayor que la evapotranspiración, los bosques se desarrollan con mayor vigor y cantidad” enunciado en el libro *Mangroves de Colombie: Particularites Biolgiques et*

Economiques por Winograd, M. de 1987. Por lo tanto, es posible apreciar una cierta variación dependiendo del lugar donde se desarrolle el bosque de manglar.

Es así como en el blog Manglares Colombianos de la Universidad del Quindío se dice que: “En su mayor parte, el suelo, en formaciones marginales, contiene una elevada fracción arcillosa, casi siempre compacta, de color azul y con un bajo contenido de materia orgánica. En los depósitos más recientes situados frente al mar, así como en los limos depositados por los ríos en sus propias orillas, el suelo es más degradable, de color pardo negruzco, con cierta cantidad de arena y una importante proporción de materias orgánicas. El desarrollo óptimo del tipo de manglar coincide con la existencia de suelos profundos y bien aireados, ricos en materia orgánica y con poca arena”

3.2.2 Factores Bioecológicos

Igualmente existen ciertas variaciones dependiendo del lugar (con sus factores propios) en donde se esté desarrollando el bosque de manglar, en el blog Manglares Colombianos de la Universidad del Quindío se determina que: “En cuanto a fisonomía y relaciones ecológicas, las formaciones son semejantes. Las especies típicas poseen caracteres fisiológicos especiales y una adaptación estructural para soportar las inundaciones periódicas, la salinidad del agua y la consiguiente aridez fisiológica. Ecológicamente, los manglares representan una fase de transición bastante abrupta entre el entorno marino y de agua dulce. Por lo tanto, sólo aquellas especies de flora y fauna con una amplia tolerancia fisiológica pueden sobrevivir en este medio”

El entorno de los bosques de manglar está compuesto por árboles y arbustos con bastantes ramificaciones que forman un bosque denso, con poca altura y de difícil acceso. Poseen hojas gruesas, robustas o duras de un tono verde oscuro que se caracteriza por tener en ellas una estructura xerófila o también conocidas como plantas adaptadas a la escasez de agua, sin embargo, como todo componente del grupo de fauna, estos desarrollan frutos y semillas, necesarias

para su reproducción y alimento para especies de fauna que dependen de estos ecosistemas. Cabe anotar que los bosques de manglar tienen muy pocas especies endémicas y que ningún otro grupo de especies de plantas leñosas evoluciona en la zona intermareal de las cosas del mundo.

3.2.3 Importancia del Ecosistema de Manglar

Los manglares son de gran importancia en los ámbitos: ambiental, económico y sociocultural. Son ecosistemas irremplazables y únicos en los que podemos encontrar diferentes servicios que son de gran beneficio para la fauna y las comunidades aledañas a estos ecosistemas, las cuales dependen de los peces y otros recursos de los manglares para su sustento. Sin los bosques de manglar se perdería un equilibrio natural beneficioso para otros biomas que de un u otro modo dependen del funcionamiento de este ecosistema.

- A nivel económico y sociocultural, el ecosistema de manglar aporta a la pesca industrial y la artesanal, dependiendo de esta ultima un gran número de familias de estratos bajos en su mayoría, obteniendo de él especies como camarón, chipichipi, ostión, ostras, peces de menor tamaño, entre otros. Por lo cual es importante tener en cuenta que por cada especie de manglar destruida se pierden anualmente un promedio de 767kg de especies marítimas beneficiosas para la economía de la región, según la página web Ecoportal.net, en su artículo La Importancia de los Manglares. 2009.
- Las comunidades locales a estos ecosistemas pueden extraer hiervas medicinales, sal de las hojas de los árboles de mangle gracias a sus glándulas por las que están compuestas; además estos mismos arboles permiten obtener del componente forestal aprovechamiento por su abundancia maderera para la construcción y carbón de leña.
- Los manglares son de gran importancia para la actividad turística siendo esta una modalidad de uso directo no agotador ya que permite obtener diferentes tipos de recreación como, deportes acuáticos, rutas ecológicas y demás

actividades contemplando la biodiversidad, representada por la fauna y la flora del lugar. Por lo cual se permite también la inclusión de actividades de investigación científica y educación ambiental.

- Frente a la importancia ecología el ecosistema de manglar sirve como filtro biológico en cuanto a sedimentos y exceso de nutrientes reteniéndolos y filtrando las sales, siendo un importante reposito de materia orgánica y productos químicos de la agricultura e incluso el petróleo que pueden traer las aguas, por lo que se les llama los “riñones de la tierra”, manteniendo la calidad del agua. (Rojano, 2016)
- Protegen el área costera contra la erosión derivada del oleaje y las mareas; el dosel denso y la altura del bosque de manglar es una barrera efectiva contra la erosión eólica (vientos de huracanes, fuertes lluvias etc.), al igual que funciona como depósito de agua, evitando que las tierras de cultivo se salinicen con el agua de mar. (Sanchez, 2016)
- Proveen sombra en la playa, además de humedad a la atmósfera, enfriando de manera natural el ambiente; sustentan las pesquerías y funcionan como pulmones del medio ambiente produciendo aproximadamente 6000 toneladas de oxígeno y asimilando el CO2, uno de los gases que genera el efecto invernadero y provoca aumento en la temperatura del planeta y cambios en el clima. (Rojano, 2016).
- Funciona como Hábitat de recintos juveniles de muchos peces, moluscos, crustáceos. Según la página web Ecoportal.net, en su artículo La Importancia de los Manglares. 2009, “Un promedio del 70% de los organismos que se obtienen del mar realizan parte de su ciclo de vida en una zona de manglar o laguna costera”, puesto que su productividad es muy alta lo que sustenta una red trófica ideal con sitios de anidación para aves, zonas de alimentación, crecimiento y protección de reptiles entre otros, además de un gran número de especies en peligro de extinción que se encuentran allí.

3.2.4 Causas de la Pérdida del Ecosistema Manglar

En el siguiente cuadro se observan algunas de las principales causas de perdida de bosques de manglar, a pesar de que algunos fenómenos naturales tienen algo de responsabilidad, en la gran mayoría se da por actividad antrópica en la zona.

Tabla 1. Causas de Pérdida de Manglar

CAUSA	DESCRIPCIÓN
Naturales	
Cambios en el nivel del mar y erosión	Acción conjugada de la dinámica de las corrientes marinas, los vientos y en mayor parte por los cambios en el nivel del mar que ascienden en la actualidad a 3,2 mm/año.
Hipersalinidad	Déficit hídrico debido a bajas precipitaciones o interrupción de flujos hídricos, alta evapotranspiración, poca escorrentía y la tala masiva que provoca una sobreexposición de los suelos a la radiación solar, formación de playones salinos o salitrales, principalmente cuando la evapotranspiración potencial excede la precipitación pluvial.
Huracanes y tormentas tropicales	Olas, mareas, vientos y corrientes debido a huracanes y tormentas, que pueden llevar a producir erosión o sedimentación.
Herbivorismo o plagas	El ataque de plagas más frecuente al manglar radica en la madera o las hojas de los árboles. Las tasas de herbivorismo en los bosques de manglar son menores que en las comunidades vegetales terrestres, sin embargo, no es raro encontrar tasas de herbivorismo bastante altas.
Antropogénicas	
Extracción de madera	La madera del mangle es muy resistente a los insectos y es de uso popular en la construcción de viviendas rurales, produciendo disminuciones de biomasa, promoviendo la apertura del dosel y en los cuales se presenta déficit hídrico, los rayos del sol promueven la hipersalinización de los suelos hasta la formación de playones salinos.
Extracción de sal	En la construcción de estanques para la producción de sal es necesario la tala, remoción y compactación del terreno en el bosque de manglar. Se generan grandes descargas de aguas saturadas de sal a los bosques causando hipersalinización,
Erosión y Sedimentación	Por operaciones de dragado en zonas aledañas a los bosques de manglar, los cuales puede llegar a recubrir los neumatóforos y raíces, causando el taponamiento y así impedir que se lleve a cabo el intercambio de gases por medio de las lentícelas, que son las estructuras respiratorias del manglar.

CAUSA	DESCRIPCIÓN
Agricultura, ganadera y Piscicultura	Conversión de áreas del manglar a pastizales destrozando grandes zonas de manglar. En el desarrollo de la camaronicultura se necesita construir estanques o piscinas y canales de abastecimiento de aguas, por lo cual se promueve la tala, modificación y compactación de los suelos de manglar. En este mismo podemos incluir la construcción de vías de acceso, urbanizaciones e infraestructura para el desarrollo de las poblaciones locales. Con esto se pierde el equilibrio y disminuye la cantidad y diversidad de peces, ya que sus áreas de cría y alevinaje son destruidas.
Contaminación con aguas servidas de origen doméstico y afluentes industriales	Los vertimientos de aguas negras y efluentes de plantas de tratamiento hacia el ecosistema de manglar es una práctica común en grandes centros urbanos. Los efluentes diluidos y con carencia de sustancias tóxicas (hablando de agua residual domestica), no causan gran daño en el manglar, ya que este puede aprovechar los nutrientes para acelerar su desarrollo. Sin embargo, las aguas residuales que contienen toxinas pueden afectar la fauna, reduciendo el rendimiento de la pesca y llegar a afectar la salud de las personas que los consumen. Para la cría intensiva de camarón se emplean enormes cantidades de productos químicos (alimento, fertilizantes, plaguicidas, antibióticos) que contaminan los recursos hídricos locales, produciendo eutrofización e hipernitrificación. Hay que aclarar que cuando el ecosistema de manglar es modificado, la acidez del suelo impide que el crecimiento de los camarones sea óptimo debido a la presencia de ácido sulfúrico, lo cual obliga a que se inviertan grandes cantidades de los químicos anteriormente mencionados, para disminuir el control de esta condición
Canalización, desviación o taponamiento de flujos de agua	Interrupción de los flujos hídricos por la construcción de carreteras sin tener en cuenta las comunicaciones entre los cuerpos de agua, la construcción de diques y terraplenes, además de disminución de volúmenes de agua por captación para distritos de riego. Por lo tanto los efectos de estas actividades son la degradación de las zonas propiciando la formación de bosques poco vigorosos y desarrollados, formación de salitrales y pérdida de hábitats y nichos para una gran cantidad de especies acuáticas, terrestres y arbóreas.

Fuente: Ordenamiento Ambiental de los Manglares de la Alta, Media y Baja Guajira (CARIBE COLOMBIANO). INVEMAR; CORPOGUAJIRA; MAVDT. Diciembre 2009 - Manglares Colombianos. La importancia de los manglares. Universidad del Quindío. Mayo 2009. http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Biodiversidad/la_importancia_de_los_manglares

3.3 La Influencia de la Industria de Camarón en la Costa Caribe

El termino camaronicultura hace referencia a la cría de camarones para consumo humano, la cual es una rama de la acuicultura. Esta industria se ha convertido en los últimos años en una actividad primordial para satisfacer la demanda de productos alimenticios a nivel mundial. En este sentido el documento elaborado por el Banco de la Republica de Colombia, titulado: Los Cultivos de Camarones en la Costa Caribe colombiana, establece que la camaronicultura o producción de camarones en cautiverio, es una actividad de cultivo en medio acuático, con fines de producción y comercialización como meta final e industrializada por medio de la tecnología. Los criaderos se clasifican en extensivos, intensivos y semi-intensivos, según la densidad de animales por hectáreas. Entre más alta sea la densidad mayor son los costos de capital, puesto que requiere una tecnología más sofisticada, y la producción por unidad de terreno aumenta. Dentro de este enfoque industrial, la camaronicultura ha sido una de las actividades comerciales con mayor dinamismo en el mundo y ha adquirido gran importancia a nivel mundial, llegando a nivelarse con la producción de la pesca extractiva, la cual se ha estancado por los altos costos de las faenas de pesca.

Según el Boletín Tecnológico, Medición y alimentación en el cultivo de camarón: Tecnologías que apoyan el desarrollo de la camaronicultura en Colombia, escrito por la Superintendencia de Industria y Comercio en el 2013, el consumo de camarón se ha expandido con la demanda de los países industrializados, debido a su alta elasticidad de ingreso. Esto ha llevado al desarrollo del cultivo del camarón para facilitar su abastecimiento.

3.3.1 Factores para el Desarrollo de la Producción de Camarón

Cabe destacar que para la industria de camarón se encuentran algunos parámetros físicos y de infraestructura relevantes para su producción, aparte de la extensión que se necesita para la creación de las piscinas o estanques de

criadero, los siguientes factores enunciados en la Tabla 2, también pueden influir de manera potencial en el deterioro del ecosistema de manglar.

Tabla 2. Factores para el Desarrollo de la Producción de Camarón

FACTORES	DESCRIPCION
Agua	Las aguas marinas y estuarinas son ideales para el desarrollo del cultivo de camarón. Con acceso estable y constante para bombearla a las piscinas de producción durante las 24 horas; uso de aguas subterráneas y cuerpos de agua continentales de ciénagas, lagos y represas colindantes a los principales ríos que atraviesan la geografía nacional. El deterioro de la calidad de agua en los estanques puede afectar severamente la salud de los camarones a tal punto de poner en riesgo la cosecha entera. Se necesita implementar un sistema de monitoreo diario de los parámetros físicos y químicos de agua, permitiendo anticipar y corregir el desarrollo de condiciones adversas con el fin de restablecer condiciones óptimas.
Topografía	Afecta en el diseño, costos de construcción y producción de la granja. En terrenos de conformación irregular los costos tienden a ser más altos que en terrenos homogéneos o planos, debido a proceso de nivelación para los fondos de los estanques. Los cultivos intensivos se caracterizan por utilizar bajos recambios de agua y mucha aireación mecánica, la topografía del terreno es mucho menos importante y por consiguiente afecta menos el costo de producción.
Suelo	Los suelos ideales son los Franco arcillosos y Franco limo arcillosos debido a su gran capacidad de compactación favoreciendo la conformación de diques y canales estables que demandan poco mantenimiento. Suelos ricos en nutrientes, y lo suficientemente compactos para construir los muros de contención para la creación de las piscinas. Deben tener fondos arcillosos o arenosos de relativa soltura que permitan a los camarones enterrarse para obtener el alimento que encuentra en esta fuente nutritiva. Beneficiosas las zonas salitrosas, ya que son desprovistas de vegetación.
Oxígeno	Su control es indispensable en altas densidades de siembra de camarón; a las piscinas hay que cambiarle entre 10% a 15% del agua diariamente, o suministrarles oxigeno con aireadores; se requiere estaciones de bombeo superiores en volumen de agua a las de los acueductos de ciudades de 1.000.000 a 2.000.000 de habitantes.
Temperatura	Influye directamente en el metabolismo y crecimiento del camarón, ya sea acelerándolo o retardándolo. La temperatura óptima del agua para un rápido crecimiento del camarón debe ser superior a 28°C. La salinidad es un factor que contribuye a la sobrevivencia, pues actúa como bactericida o desinfectante. Si la salinidad es alta la sobrevivencia es buena.
Vías de acceso	Deben ubicarse al pie o muy cerca de vías primarias y secundarias de la zona, para mantener precios bajos y evitar los sobrecostos de transporte tanto de la carga del cultivo de camarón como de insumos.
Energía eléctrica	La energía es fundamental para los equipos de bombeo y aireación accionados por motores eléctricos, evitando los motores Diesel los cuales generan mayor contaminación y costos de mantenimiento, esto a medida que los cultivos de camarón se van tecnificando e intensificando requiriendo incorporar un mayor número.
Distancia a puertos y centros de insumos	La ubicación cercana a puertos y centros de insumos, de las camaroneras es importante, puesto que su distancia afecta el costo de operación.
Plantas de procesamiento	Tienen que ser cercanas al área de cultivo, con personal calificado, por motivos de comercialización y calidad del producto.

FACTORES	DESCRIPCION
Piscinas de cría o criaderos	Son el factor primordial en la industria de camarón, ya que son depósitos de agua estuarina o marina, fundamentales al generar un hábitat adecuado para el camarón en su normal o acelerado crecimiento. Su suelo debe ser arcilloso o arenoso e impermeable y con un desnivel dependiendo de su tamaño. En la Costa Caribe el tamaño de las piscinas varia de 1 a 11 hectáreas y la densidad en el sembrado varía entre 15 y 30 animales por metro cuadrado (en sistemas intensivos hasta 100 animales por metro cuadro). Deben tener un sistema de compuertas en concreto que atraviesa los muros de las piscinas para permitir el llenado y evacuación del agua.
Canal reservorio	Estos contribuyen a la disminución de depredadores y controla la sobrepoblación de camarones en las piscinas de cría. Es importante puesto que permite un flujo permanente de agua a las piscinas, transportándola desde la estación de bombeo hasta las piscinas de cría.
Canal de drenaje o desagüe	Fundamental al recoger las aguas provenientes del recambio de las piscinas y de la cosecha, tiene una pendiente hacia la desembocadura del estero, que, por motivos de contaminación, debe estar distante a la del sitio donde se encuentra la toma del agua.

Fuente: Atlas de la Camaronicultura colombiana: historia, estado Actual y Zonas Potenciales. AUNAP; CENIACUA. Cartagena. Junio, 2015.

3.3.2 Industria Camaronera en Colombia

Debido a varios factores como: Mejor infraestructura de trasporte terrestre, marítimo y fluvial**,** buenas plantas de proceso y comercializadoras internacionales, mayor disponibilidad de tierras con las condiciones naturales requeridas, temperatura de agua altas, lo cual beneficia el crecimiento del camarón, y la posición geográfica que facilita atender los mercados internacionales, esta actividad económica ha tenido un mayor desarrollo en la Costa Caribe, que en la Pacífica y su desarrollo de producción está compuesto por los siguientes procesos productivos:

- Laboratorios de maduración y larvicultura,
- Fincas de cultivo
- Plantas de alimento
- Fábricas del hielo

De acuerdo a este desarrollo, en Colombia, se han creado diferentes Instituciones que sirven de apoyo para la industria, además de organizaciones internacionales que han brindado sus conocimientos en vía del crecimiento de esta actividad económica, algunas de ellas son:

- Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia (ACUANAL)
- Programa de Mejoramiento Genético del Centro de Investigación de la Acuicultura en Colombia (CENICUA)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
- Colciencias y el SENA
- AKVAFORSK Genetic Center de Noruega
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

En las Figuras 2 y 3 se puede observar la ubicación de las diferentes fincas camarones para el año 2013 en color rojo, además del aspecto de las piscinas de crianza del cultivo de camarón gracias a una fotografía área.

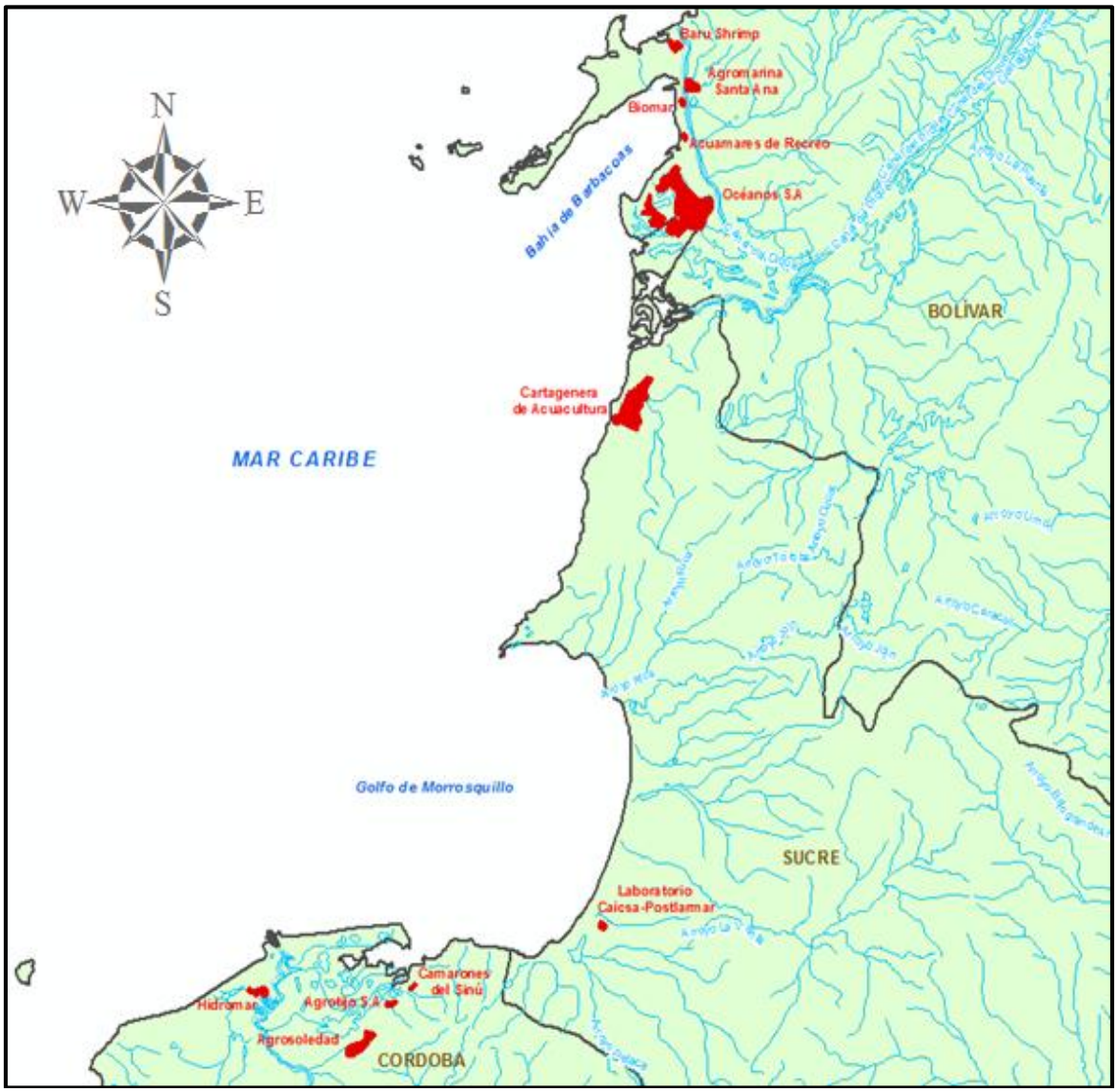


Figura 2. . Ubicación de Fincas Camaroneras en la Costa Caribe Colombiana. Año 2013
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis. 2016

Figura 3. Vista de Extensas Granjas para el Cultivo de Camarón. Desembocaduras del Canal del Dique.
Fuente: Banco del Occidente (2007)

Tal como se mencionó anteriormente los factores físicos para el establecimiento y crianza para la industria de camarón son: temperatura superior a 28°C, aguas marinas y estuarinas las 24 horas, que se encuentran alojadas en ciénagas, lagos etc., Suelos franco arcillosos y franco limo arcillosos, entre otros, los cuales son los mismos parámetros físicos ambientales que proporcionan los ecosistemas de manglar. Por lo tanto, se ratifica que la industria de camarón tiene mayor eficiencia si se encuentra ubicada en zonas aledañas a la cobertura de manglar, ya que es el hábitat natural del camarón, por lo cual se sustituyen grandes áreas de este ecosistema por enormes piscinas para la cría de camarón. El establecimiento de estas granjas necesita grandes cantidades de agua, pero sus subproductos son vertidos nuevamente a los espacios estuarinos con lo que éstos son contaminados, pierden su composición original y, en algunas ocasiones, ha dado como resultado la salinización de los acuíferos.

4. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA

Con base en el anteproyecto, a continuación, se presenta de manera secuencial todas las fases que fueron definidas para el óptimo desarrollo del mismo. Este capítulo integra la descripción de la metodología implementada de manera que la interpretación, pueda estar directamente ligada con la forma en cómo se desenvolvió cada uno de los objetivos para el cumplimiento del objetivo

general. Es así como este capítulo consta de cuatro fases en donde: la primera está asociada al establecimiento multitemporal del estudio, en el sentido de identificar toda aquella información que permitiera evidenciar la influencia de la industria de camarón hacia el ecosistema de manglar, la información sobre sensores remotos e imágenes Landsat disponibles, demostrando los procedimientos para la obtención de las mismas; en las dos siguientes fases se observa la interpretación y demarcación de las principales coberturas de análisis (manglar y piscinas camaroneras) dentro de la herramienta base que son las imágenes Landsat; la fase final de este capítulo, registra la relación entre la disminución de la cobertura de manglar con respecto a la industria camaronera, de acuerdo a la temporalidad escogida y entablando una correlación con los POT o información social y económica asociada a los municipios.

4.1 Fase Documental y de Referencia; Establecimiento y Características de las Imágenes Landsat

Con relación en los dos primeros objetivos específicos, en esta primera fase se observarán las diferentes entidades y documentos de la cual se adquirió información fundamental y relevante para el desarrollo del proyecto, al igual que los diferentes portales web que permitieron la obtención de las imágenes Landsat y una breve explicación de los diferentes satélites de las cuales están fueron captadas.

4.1.1 Fuentes de Información Documental

Metodológicamente fue necesario recolectar datos e información relevante de la industria del camarón a nivel nacional y del ecosistema de manglar en la Costa Caribe. Inicialmente se realizaron visitas a diferentes entidades las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Entidades Consultadas

ENTIDAD	INFORMACIÓN ADQUIRIDA
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Se obtuvo información acerca del ecosistema de manglar en Colombia como normatividad que lo respalda, áreas protegidas y leyes que lo abalan, lo que permitió conocer las diferentes resoluciones que dictaron medidas para garantizar la sostenibilidad de este ecosistema como la 1602 de 1995, 020 de 1996 y la 924 1997. Además de la zonificación de áreas de este ecosistema en Colombia indicando el área total de hectáreas por departamento.
Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)	Brindo información del ecosistema de manglar, ubicación y propiedades del mismo, lo cual ayudo, puesto que se identificó las zonas más significativas de manglar en la Costa Caribe, logrando la definición y delimitación del área de estudio para el análisis y total desarrollo de la propuesta.
Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)	Otorgo información con la cual fue posible identificar la dinámica, desarrollo, producción y evolución histórica de la industria camaronera y aquellos departamentos y municipios en Colombia que han tenido más influencia por esta actividad económica, gracias a esta entidad además se logró la identificación de cada una de las fincas camaroneras, su año de operación y forma de cultivo, ratificando y aclarando aún más lo visualizado e interpretado por medio de las imágenes satelitales.

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la Tabla 4 se observan algunos de los documentos con información más relevantes para el proceso de la propuesta:

Tabla 4. Documentos con Información Relevante

DOCUMENTO	ELABORADO POR	INFORMACIÓN ADQUIRIDA
Calendario Climatológico Aeronáutico Colombiano	Sociedad Geográfica de Colombia	Permitió conocer la temporalidad climatológica que rige en el país, fundamental en el proceso de obtención de las imágenes Landsat, puesto que en la temporada seca se proporcionaba una mejor resolución en las imágenes, libres de ruido por nubosidad.
Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar en Colombia	Corporaciones Autónomas regionales del Caribe colombiano- Ministerio Medio Ambiente	Proporciono gran parte de la información acerca de la importancia de los bosques de mangles y el papel que desempeñan a lo largo y ancho de las Costas colombianas; aspectos sociales, económicos, industriales, y proyectos basados en su conservación.

DOCUMENTO	ELABORADO POR	INFORMACIÓN ADQUIRIDA
Manglares Sustento Local Versus Ganancia Empresarial	Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales	Ayudo a profundizar en los beneficios sociales y ambientales que aporta el ecosistema de manglar, así como en las luchas por su conservación.
Los Cultivos de Camarones en la Costa Caribe Colombiana	Banco de la Republica y el Centro de Investigaciones Económicas del Caribe colombiano	Se obtuvo una introducción del inicio de la industria camaronera en Colombia, su evolución y contribución al desarrollo de la economía de la región, aportando al conocimiento y seguimiento para el punto de temporalidad propuesto para el desarrollo de este proyecto.
Hacia la Sostenibilidad y Competitividad de la Acuicultura Colombiana	Programa de transformación productiva, ACUANAL y FEDEACUA	Fundamental para conocer la historia de la camaronicultura en Colombia, estadísticas de producción y sus avances económicos.
Industria del Camarón: su Responsabilidad en la Desaparición de los Manglares y la Contaminación Acuática	Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Granma - Cuba	Permitió evidenciar a nivel latinoameriocano el crecimiento de la industria del camarón y la afectación del medioambiente, relacionado con la destrucción de los manglares, evidenciando que este gran impacto no solo se puede observar en las Costas colombianas.
Tesis: ***Dinámica Fluviomarina en los Manglares de la Bahía de Cispatá, Caribe Colombiano***	Departamento de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia	Se logró tener una herramienta para la identificación de la cobertura de Mangle por medio de las imágenes Lansat y su combinación de bandas.

Fuente: Elaboración propia. 2016

Aparte de las referencias de información mencionadas anteriormente, se indagaron otras más que permitieron encaminar correctamente todo el progreso del proyecto. Es por esto que en esta fase se generó una matriz de información consolidada, que se encuentra en el Anexo 01 del documento, en la cual se reunió todos estos artículos, informes, tesis, libros entre otros, cada uno categorizado de acuerdo a los dos puntos de interés (manglar y camaronicultura), para tener la información a la mano de forma más ordenada en la cual se pudo identificar claramente esos datos relevantes que se detallan en cada uno de ellos, fundamental y de gran ayuda para el análisis propuesto.

Respecto a la información espacial requerida, se realizó una búsqueda de imágenes satélite, herramienta central del proyecto, llegando en primera instancia al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), allí orientaron la búsqueda

detallada de las imágenes por medio de páginas web facilitando la obtención de cada una y de las que fueran necesarias para la elaboración del proyecto. Además, para el proceso de manipulación, interpretación e identificación en las imágenes Landsat de las coberturas de estudio, era fundamental la incorporación de información en formatos vectoriales que ayudaran a facilitar este proceso, los cuales son mapas de departamentos, municipios, cabeceras municipales, ríos principales, ríos secundarios, parques nacionales, entre otros, para obtener datos geográficos de ubicación o georreferenciación exacta. Estos formatos vectoriales se adquirieron por medio de la página web del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial nacional (SIGOT).

4.1.2 Recopilación de Imágenes Landsat

Teniendo en cuenta que la zona de estudio se enmarca en la región Caribe, fue necesario enfocar el área de trabajo según el registro significativo de manglar en la Costa Caribe. Este procedimiento fue realizado por medio de la página web del INVEMAR, en su sección: El Sistema de Información para la Gestión de los Manglares en Colombia (SIGMA) por medio del Geovisor[1]. Se realizó un barrido de observación desde la desembocadura del rio Palomino, (límite fronterizo del departamento de Magdalena y la Guajira), el cual nace en la Sierra Nevada de Santa Marta, hasta el golfo de Urabá, límites con Panamá, tal y como se evidencia en la Figura 4.

[1] Servicio en línea que provee la información cartográfica disponible en cuanto a coberturas de manglar, zonificación y aspectos complementarios tales como biodiversidad asociada, amenazas, zonas bajo alguna categoría de protección, cambio de actividad en las coberturas vegetales, entre otros de interés.

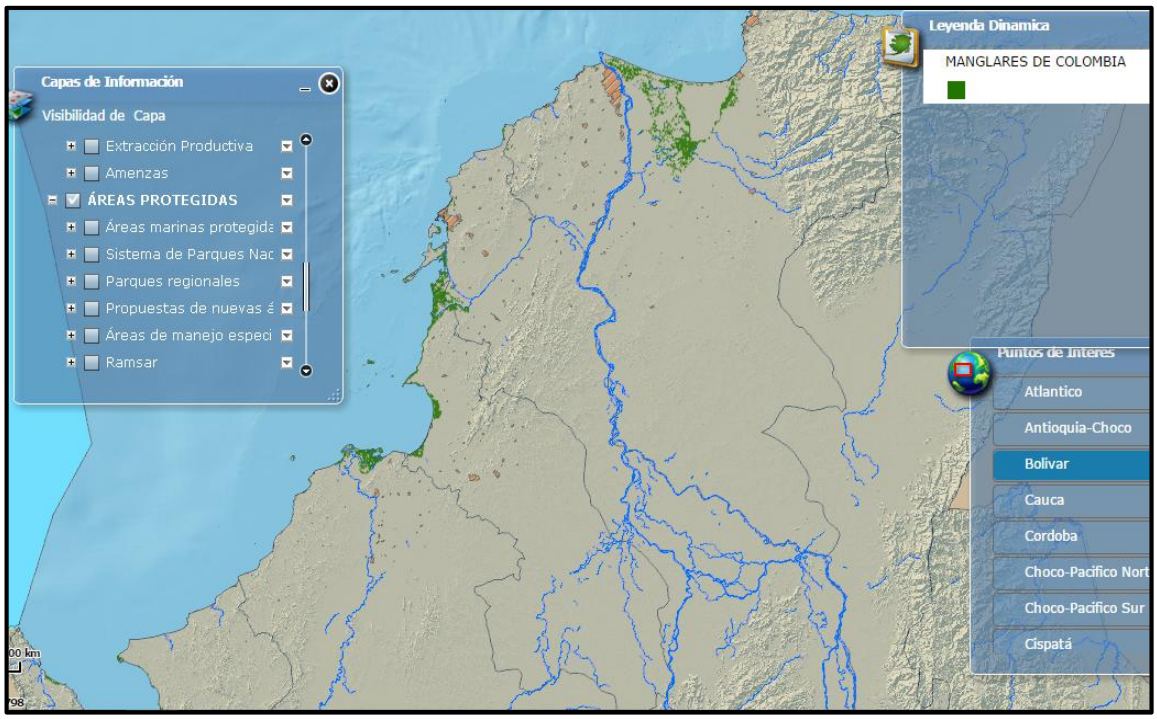


Figura 4. Distribución de Bosque de Manglar en la Costa Caribe Colombiana. (Captura de pantalla)
Fuente: Geovisor/SIGMA- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" (INVEMAR). http://www.invemar.org.co/. 2016

Apoyados en el Grupo de Geomática e Ingeniería Forestal del Departamento de Gestión de Tierras de la Universidad Católica de Lovaina de Bélgica, en su artículo "*Digital Change Detection Methods In Ecosystem Monitoring: A Review"* del 2004*,* en donde la temporalidad recomendada para el análisis de coberturas vegetales en cuanto a cambios por medio de percepción remota para imágenes Landsat es de 3 a 5 años, se tomó esta temporalidad, desde el inicio de la industria camaronera en el país (años: 1983, 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013 y 2016).

Posteriormente se procedió a identificar las imágenes Landsat que tienen una cobertura espacial de 184 km^2 (Figura 5) y que según el Geovisor corresponden a las escenas 9/52, 9/53, 10/53, 10/54.

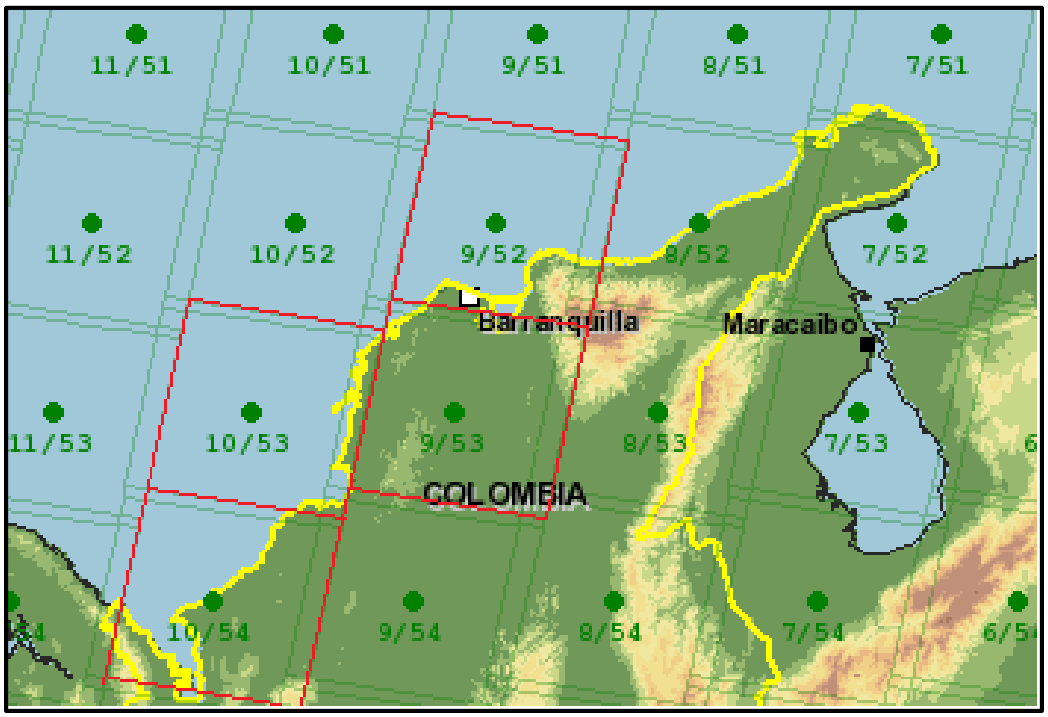


Figura 5. Grilla y Cobertura de Área Costa Caribe Colombiana (Captura de pantalla)
Fuente: Global Land Cover Facility / Earth Science Data Interface. http://glcfapp.glcf.umd.edu/. 2016

4.1.3 Proceso de Descarga y Selección de las Imágenes Landsat.

Las páginas web utilizadas para la búsqueda y posteriormente descarga de las imágenes Lantsat fueron: Earth Science Data Interface (ESDI) / Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland-USA y la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), utilizando datos de tele-observación por satélite y productos para acceder a cambios en la cubierta terrestre tanto locales como sistemas globales.

- **Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)**

  Luego de escogidas las escenas o áreas en las cuales se trabajaría, se procedió a la página web del *Servicio Geológico de los Estados Unidos* mediante la opción Earth Explorer**,** quien por medio de su plataforma (Figura 6) se pudo realizar una búsqueda de las imágenes requeridas.

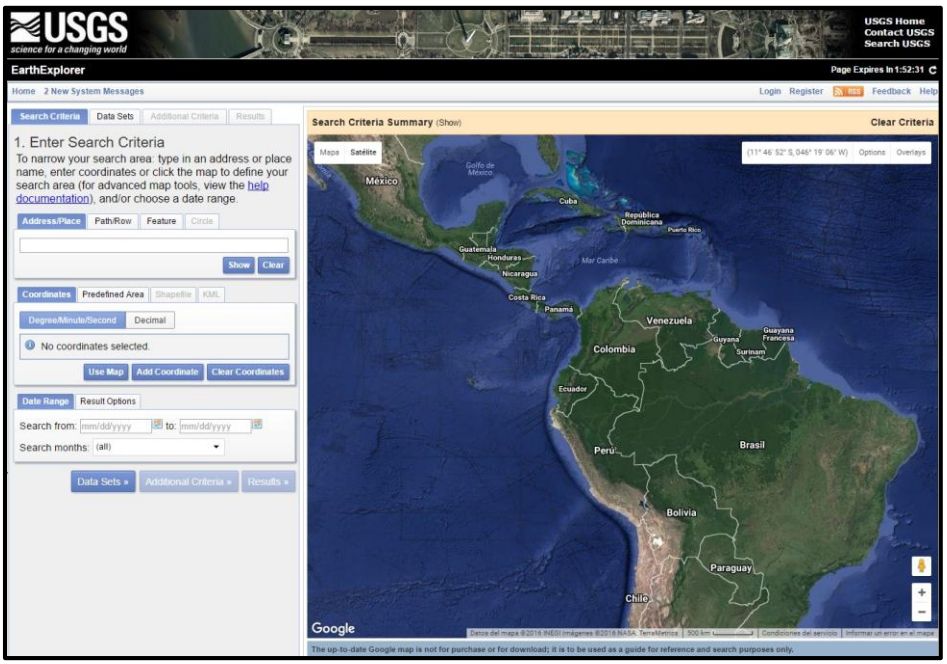


Figura 6. Plataforma de Inicio. Servicio Geológico de los Estados Unidos. La ciencia para un Mundo Cambiante (USGS). (Captura de pantalla)
Fuente. USGS science for a changing world. http://earthexplorer.usgs.gov. 2016.

La búsqueda se hizo a partir de las filas y las columnas de las cuatro áreas seleccionadas con sus respectivas coordenadas. Identificando la temporalidad que se planteó, esta página web permitió clasificar por años la búsqueda considerando en la región la temporada tanto seca como de lluvia y el satélite en órbita para determinado año. Para la consulta y descarga de las imágenes fue necesaria la inscripción en esta plataforma.

- **Earth Science Data Interface (ESDI)**

La página web *Instalación de la Cubierta Terrestre Mundial (GLCF),* en su opción Earth Science Data Interface (ESDI), es un centro para la ciencia de cobertura del suelo a partir de datos y productos satelitales de teledetección que permite ver la variación de la cubierta de la tierra, diseñada por la Universidad de Maryland, la agencia del gobierno estadounidense NASA y el proyecto del programa del Sistema Mundial de Observación Terrestre GOFC / GOLD (Observaciones Globales de los Bosques y la Cubierta Superficial Dinámica). En la siguiente Figura se muestra la plataforma de la página web mencionada.

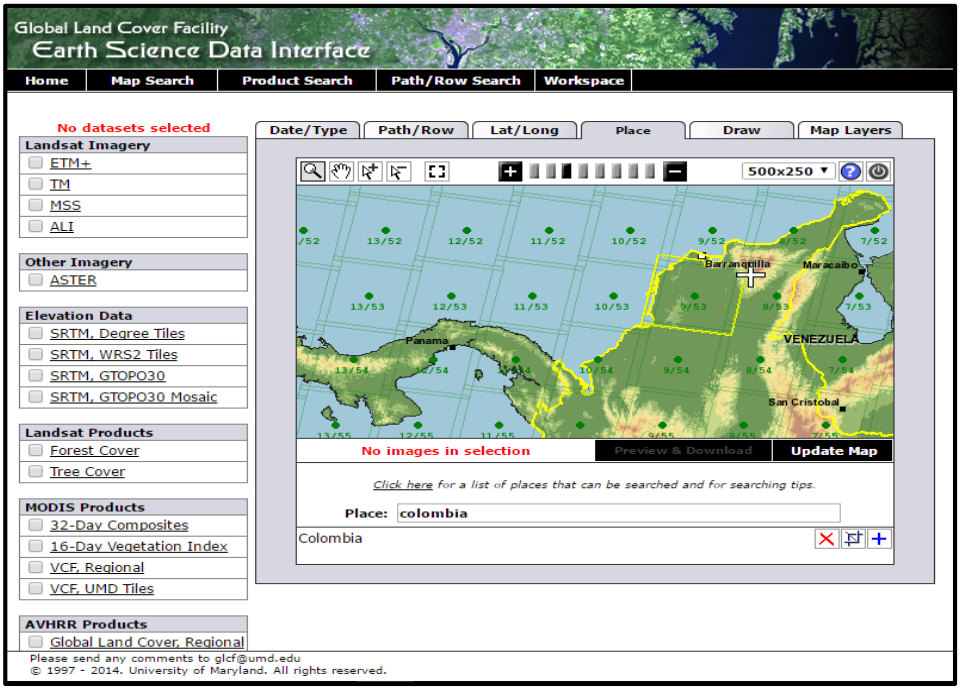


Figura 7. Plataforma de Inicio. Instalación de la Cubierta Terrestre Mundial (GLCF), Earth Science Data Interface (ESDI). (Captura de pantalla)
Fuente: Earth Science Data Interface. http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/. 2016

- **Libra Semilla de Desarrollo (libra.developmentseed.org)**

Esta es otra página de descargas de Imágenes Landsat 8, que permite acceder de manera abierta, sin necesidad de registro y gratuitamente al navegador de imágenes Libra para datos del satélite Landsat 8, donde se encontraron imágenes desde el mes de febrero del 2013 hasta la fecha actual, desarrollada por los proyectos Astro Digital y Development Seed.

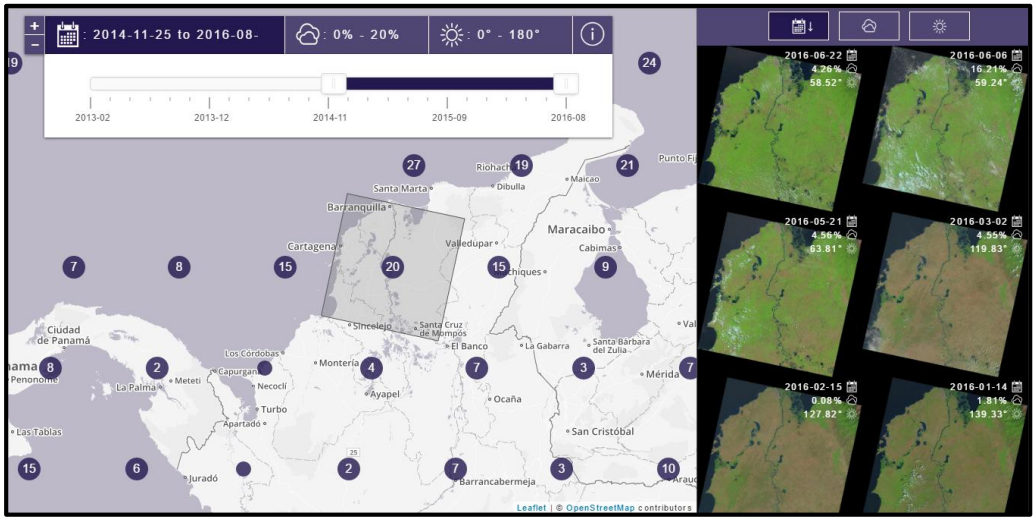


Figura 8. Plataforma de Inicio. Navegador de Imágenes Libra para Datos del Satélite Landsat 8. (Captura de pantalla)
Fuente: Libra Development Seed. https://libra.developmentseed.org/. 2016

Cabe mencionar que hay varios portales web que permiten visualizar imágenes de satélite, pero los anteriores mencionados, son de los portales que permiten descargar las imágenes no como un archivo jpg, sino con descarga de bandas espectrales que permiten armar o realizar la composición de una imagen multiespectral y así poderla trabajar con cañones RGB, que permitieran hacer composiciones de color usando bandas de infrarrojo, entre otras, y no solo el espectro del visible.

El producto de ruido y niveles de opacidad en las imágenes, se debe a que ellas están sometidas a una serie de interferencias que hacen que la información aparezca perturbada ocasionando errores en las mismas. Según la página web del SIG ArcGis (http://resources.arcgis.com), estos errores pueden ser ocasionados por fallos en los sensores, alteraciones en el movimiento del satélite y el mecanismo de captación de los sensores e interferencia de la atmósfera.

Mediante Software ArcGis se manipularon alrededor de 25 imágenes por cada una de las escenas, en las cuales se identificaron las de mejor registro en términos de nubosidad, según el *Calendario Climático Aeronáutico Colombiano* de la Sociedad Geográfica de Colombia - Academia de Ciencias Geográficas: En el país se conoce como Época de Invierno a los meses lluviosos y de verano a los

secos. Época de verano (temporada seca) corresponde en la Costa Atlántica y los Llanos Orientales (Orinoquia) los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y parte de Abril; con esto, la descarga de las imágenes se realizó del mes de Enero a Abril, en cada uno de los años seleccionados, tal como se registra en el (Anexo 02 Base de Datos Imágenes Landsat, y visualmente en el Anexo 03 Imágenes Landsat descargadas por medio de los portales web).

4.1.4 Sensores y bandas espectrales implementadas para la interpretación

El Satélite Landsat puesto en órbita en 1972 para la observación en alta resolución de la superficie terrestre, ha generado dentro de su programa espacial diferentes sensores que registran diferentes longitudes de onda (bandas espectrales), las cuales varían en su cantidad dependiendo del tipo de sensor. Los sensores que se utilizaron en este proyecto, están descritos en la siguiente tabla:

Tabla 5. Descripción, Numero de Bandas y Años en Uso de Satélites Landsat

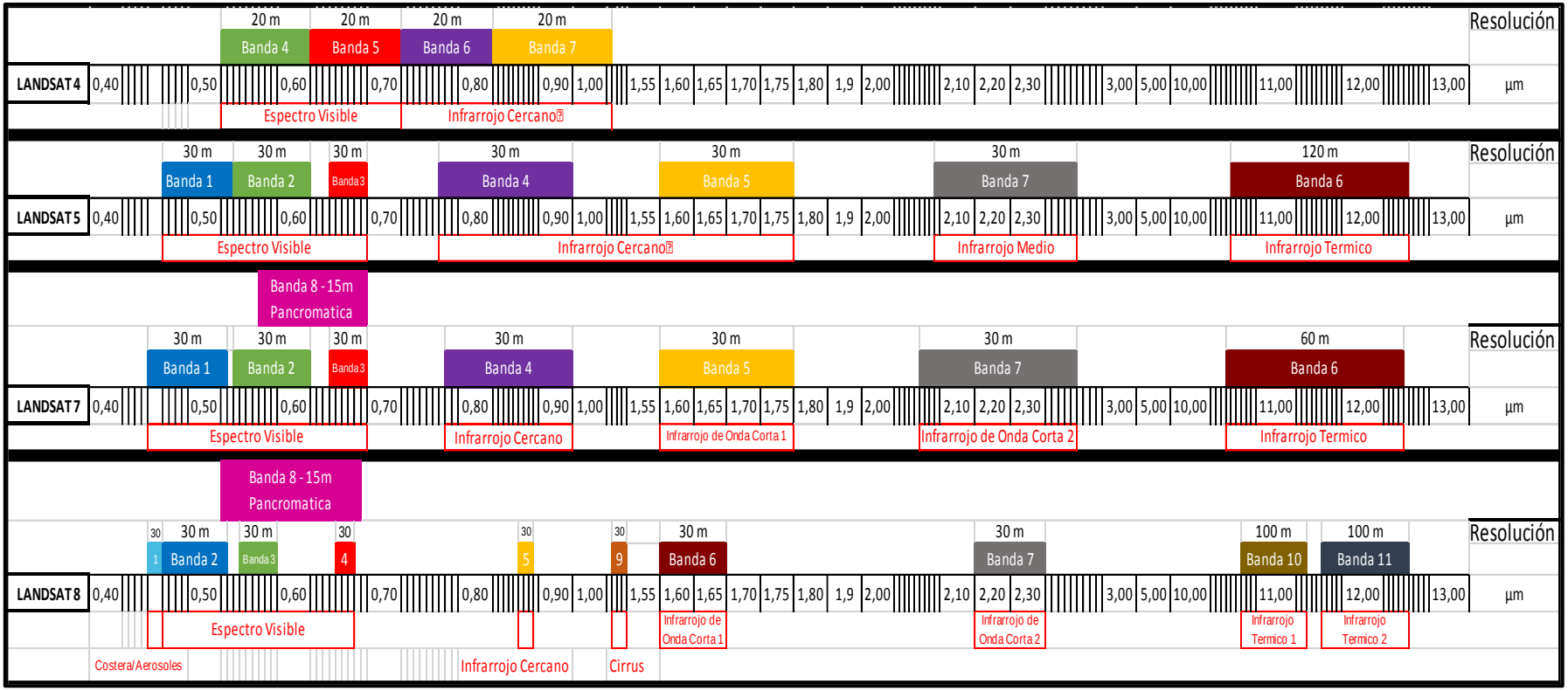
LANDSAT	AÑO		BANDAS ESPECTRALES	LONGITUD DE ONDA µm (Rango Espectral)	
	ORBITA	FIN DE OPERACIÓN			
4	1982	1993	4	0,5 – 06	(Verde)
			5	0,6 - 0,7	(Rojo)
			6	0,7 - 0,8	(NIR)
			7	0,8 - 1,1	(NIR)
5	1984	2013	1	0,45 - 0,52	(Azul)
			2	0,52 - 0,60	(Verde)
			3	0,63 - 0,69	(Rojo)
			4	0,76 - 0,90	(NIR)
			5	1,55 - 1,75	(NIR)
			6	10,40 - 12,50	(TIR)
			7	2,08 - 2,35	(MIR)
7	1999	Aún en orbita	1	0,441 - 0,514	(Azul)
			2	0,519 - 0,601	(Verde)
			3	0,631 - 0,692	(Rojo)
			4	0,772 - 0,898	(NIR)
			5	1,547 - 1,749	(SWIR-1)
			6	10,31 - 12,36	(TIR)
			7	2,64 - 2,345	(SWIR-2)
			8	0,515 - 0,896	(Pan)

LANDSAT	AÑO		BANDAS ESPECTRALES	LONGITUD DE ONDA µm (Rango Espectral)	
	ORBITA	FIN DE OPERACIÓN			
8	2013	Aún en orbita	1	0,435 - 0,451	(Cos/Aer)
			2	0,452 - 0,512	(Azul)
			3	0,533 - 0,590	(Verde)
			4	0,636 - 0,673	(Rojo)
			5	0,851 - 0,879	(NIR)
			6	1,566 - 1,651	(SWIR-1)
			7	2,107 - 2,294	(SWIR-2)
			8	0,503 - 0,676	(Pan)
			9	1,363 - 1,384	(Cirrus)
			10	10,60 - 11,19	(TIR-1)
			11	11,50 - 12,51	(TIR-2)

Fuente: Landsat Science. NASA. https://Landsat.gsfc.nasa.gov. 2016

Cada una de las bandas establecidas en los sensores Landsat posee un rango de longitud de onda (rango espectral de las bandas) ver Figura 9. Según la guía básica: *Composiciones Landsat en ArcGis*, elaborada por Rodolfo Franco en 2017, donde se entabla que cada banda según sus características ofrece ventajas para el reconocimiento de determinados objetos de la superficie en función al comportamiento espectral; por tanto, las diferentes coberturas terrestres responden de forma diferente en términos de reflectividad que se hace evidente en cada banda.

Figura 9. Rangos espectrales por Banda para Landsat



Fuente: Elaboración propia. Con base en datos de Landsat Science. NASA. https://Landsat.gsfc.nasa.gov. 2016

En la anterior figura se identifica los cambios en los registros espectrales que han tenido los sensores de Landsat a través del tiempo para mejorar la interpretación de coberturas en las imágenes. En este caso el sensor Landsat 4, del cual se obtuvieron las imágenes para el año 1983, tiene solo 4 bandas, de las cuales dos de ellas conforman el espectro visible y una resolución espacial más reducida de 80m, composición característica del instrumento MSS (Multimission Modular Spacecraft)[2]. Las mejoras realizadas en los sensores llevaron a la incorporación del instrumento TM -Thematic Mapper[3] (Landsat 5 y 7).

El último de los sensores (Landsat 8) contiene un número más amplio de bandas espectrales, llegando a un total de 11, entre estas la "Costera-Aerosoles" señalada como la banda 1, lo que produjo que en el rango del Espectro Visible se corriera la denominación numérica y la banda 4 se incorporara en este rango con el color rojo.

Estas bandas tienen diferentes aplicaciones, Emilio Chuvieco en su libro *Fundamentos de Teledetección Espacial,* las describe como se muestra en la siguiente tabla:

[2] Equipo de escaneo opto-mecánico (técnica whiskbroom, operación unidireccional) con un campo total de visión de 11.56 grados. El objetivo era proporcionar la adquisición diurna repetitiva de datos multiespectrales de alta resolución de la superficie terrestre.

[3] Instrumento de whiskbroom diseñado y construido por SBRC (Santa Barbara Research Center), considerado como un generador de imágenes de segunda generación para monitorear los recursos de la Tierra con resoluciones espectrales y espaciales considerablemente mejoradas sobre las del instrumento MSS.

SC Freden, F. Gordon, "Landsat Satellites", Capítulo 12 del Manual de Teledetección, 2ª edición, Vol. I, publicado por la American Society of Photogrammetry, 1983, pp.

Tabla 6. Aplicaciones de las Bandas Espectrales

BANDA ESPECTRAL			APLICACIONES
Espectro visible	Es la percibida por el ojo humano, allí se presenta la máxima radiación solar	**Azul**	Penetración del agua, uso dela tierra, características de la vegetación, sedimentos.
		Verde	Reflexión verde de la vegetación sana.
		Rojo	Discriminación de la vegetación por la absorción de la clorofila.
Pancromático			Trazado del uso de la tierra
Infrarrojo Reflectivo o Cercano			Biomasa, identificación de cultivos, límites de tierra y agua. Concentraciones de humedad.
Infrarrojo Medio			Cantidad de vegetación, zonas áridas, nubosidad, hielo y nieve.
Infrarrojo Térmico			Diferenciación de temperatura, descargas térmicas, clasificación de la vegetación, inercia térmica.
Cirrus			Detección de la cubierta nubes cirrus
Costera / Aerosoles			Aguas costeras y concentración de aerosoles en la atmósfera.
Infrarrojo de Onda Corta			Diferenciar la humedad del suelo y la vegetación, diferenciar entre nubes, nieve, hielo y para la geología de la zona, discriminar tipos de rocas.

Fuente: FUNDAMENTOS DE TELEDETECCION ESPACIAL.Emilio Chuvieco Salinero, 1990

La longitud de onda entre cada una de las bandas y su aplicación característica, tiene una relación directa con la representación de la cantidad de radiación reflejada por una superficie, lo cual se conoce como ***Firma Espectral***[4] de las diferentes coberturas de la tierra (Varela, 2010).

Con respecto a las definiciones del glosario, la firma espectral representa la tendencia o patrón de comportamiento de las coberturas en las diferentes bandas,

[4] Radiación reflejada en función de la longitud de onda. Es la Medida cuantitativa de las propiedades espectrales de un objeto en una o varias bandas espectrales. También se la conoce como comportamiento espectral, concepto que incluye la variabilidad temporal de las firmas espectrales, así como su variación en función de las condiciones meteorológicas, de las estaciones del año, y de las condiciones de iluminación. (Abreu, Cabrera, Fernández, & Icasuriaga, 2017)

según su porcentaje de Reflectancia[5]. En este caso se toma como base la firma espectral de la vegetación para el Bosque de Manglar, donde es posible identificar la densidad e intensidad del crecimiento de este tipo de cobertura bajo la reflectividad espectral de la radiación solar.

La firma espectral de la vegetación, está asociada a la absorción por la clorofila, el contenido de agua, entre otros; de esta manera se puede distinguir las áreas cubiertas de vegetación, de la tierra desnuda. Como se puede observar en la Figura 10, la vegetación presenta una reflexión considerablemente elevada en el canal infrarrojo cercano 4 y una baja reflexión en el canal visible rojo 3. La diferencia de reflexión en los canales 3 y 4 es mayor para las áreas cubiertas de vegetación e insignificante para la tierra desnuda. (ESA-Agencia Espacial Europea , 2016). A continuación, se presenta la firma espectral de la vegetación:

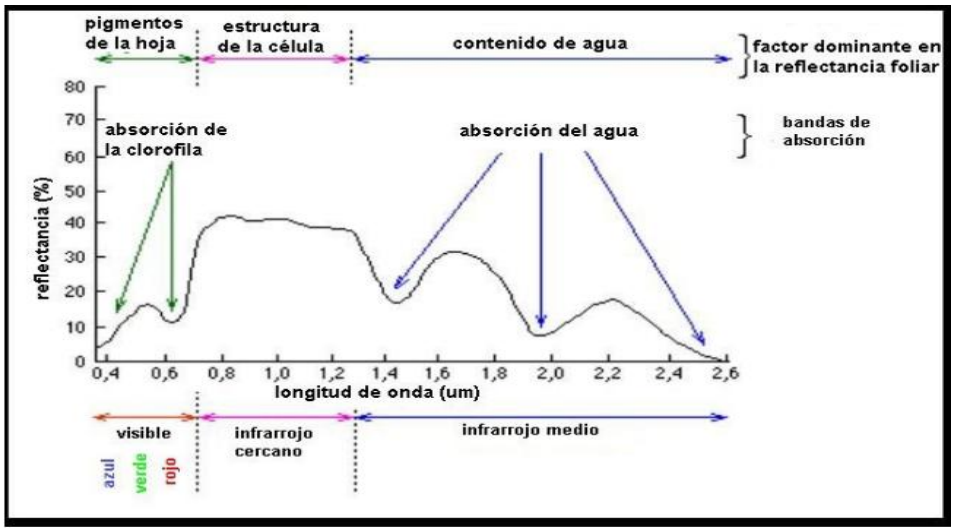


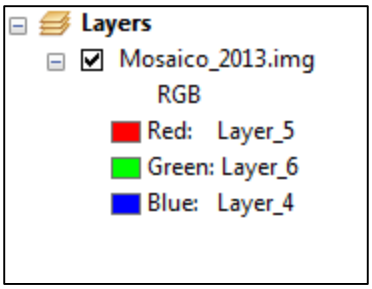
Figura 10. Curva Espectral de la Vegetación
Fuente: Introducción a la Teledetección Cuantitativa. *Instituto de Astronomía y Física del Espacio IAFE. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.* H. Karszenbaum; V. Barrazza. Argentina. http://files.especializacion-tig.webnode.com/200000032259502 68dd/5.-Firmas%20espectrales.pdf

El pico o límite superior de esta firma espectral se encuentra en la región de la banda 4 en el infrarrojo cercano, por lo tanto, es fundamental incorporarla en las interpretaciones, porque es la que permite ver como es el estado de la cobertura vegetal de la tierra. Para la comparación de la distribución de manglar y

[5] Se refiere a la fracción de la energía electromagnética incidente que se refleja en una interfaz. Por lo tanto, la magnitud de la reflectancia es el cuadrado de la magnitud de la reflectividad. La reflectancia se expresa en porcentaje y mide la cantidad de luz reflejada por una superficie.

camaroneras en los años definidos, se establecieron composiciones espectrales para cada imagen, de acuerdo al sensor que la registró, por medio de la composición RGB que permitió crear imágenes compuestas, cargando varias bandas multiespectrales en cada uno de los canales (Red, Green, Blue);

El RGB en ArcGIS, es un modelo cromático que consiste en representar distintos colores, a partir de la mezcla de tres colores primarios (Rojo, Verde, azul), este modelo se basa en la *Síntesis Aditiva de Color*[6], quien emplea la luminosidad de estos tres colores en diferentes proporciones produciendo el resto de los colores.



En la siguiente tabla, se presenta la descripción de la firma espectral y el proceso de la energía en la vegetación, según el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE) de la Universidad de Buenos Aires de Argentina.

Tabla 7. Proceso y Distribución de la Energía en la Firma Espectral de la Vegetación.

REGIÓN ESPECTRAL (µM)	BANDA ESPECTRAL	FACTOR DOMINANTE EN LA REFLECTANCIA	DESCRIPCIÓN
0.4 -0.7	Visible	Pigmentos de la Hoja	La clorofila de una planta en crecimiento absorbe la luz visible y especialmente la luz roja para usarla en la fotosíntesis. La reflectancia es baja, la transmitancia puede llegar a 0 y la absorbancia es alta, hay absorción de la clorofila, en este punto son los pigmentos de la planta (fotosíntesis) lo que controla la interacción entre la energía y vegetación. Consume el azul y el rojo y lo que más refleja es el verde, por eso es q uno ve todas las plantas verdes.
0.7-1.35	Infrarrojo Cercano	Estructura de la célula	Tanto la reflectancia como la transmitancia son altas, mientras que la absorbancia es baja, manejado por la estructura interna de la hoja. La luz cercana al infrarrojo es reflejada de manera muy eficaz ya que a la planta no le sirve, de esta manera, las plantas evitan calentarse innecesariamente y perder jugos a través de la evaporación.

[6] Formación de los colores a través de la suma de diferentes luces en sus distintas longitudes de onda. La síntesis aditiva hace referencia a la adición de color, considerando el blanco como la suma de toda luz en máxima proporción del espectro visible. La síntesis aditiva es la que se usa para la separación del color y gracias a ella podemos ser capaces de ver y reproducir los colores de las diferentes pantallas.

REGIÓN ESPECTRAL (µM)	BANDA ESPECTRAL	FACTOR DOMINANTE EN LA REFLECTANCIA	DESCRIPCIÓN
1.35 – 2.5	Infrarrojo Medio	Contenido de agua	A medida que la longitud de onda aumenta la reflectancia y la transmitancia disminuyen y por el contrario la absorbancia aumenta, controlado por el contenido de agua en la hoja y posteriormente de su estructura interna. En este proceso hay absorción de agua.

Fuente: Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE). Universidad de Buenos Aires. Argentina. 2015

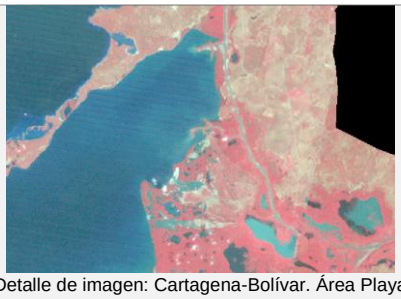
4.2 Fase de interpretación de cobertura de mangle sobre imágenes de satélite

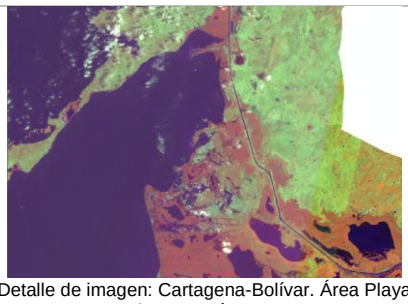
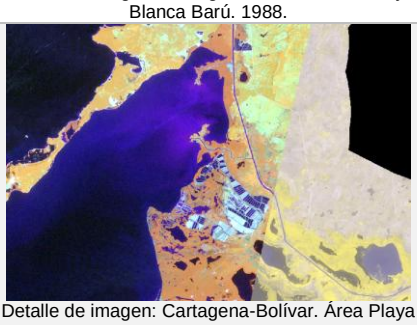
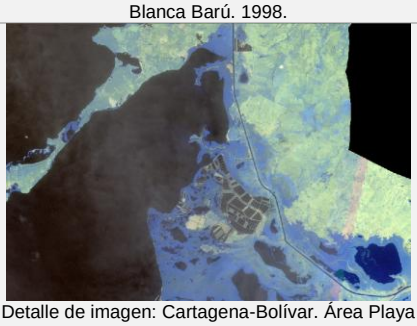
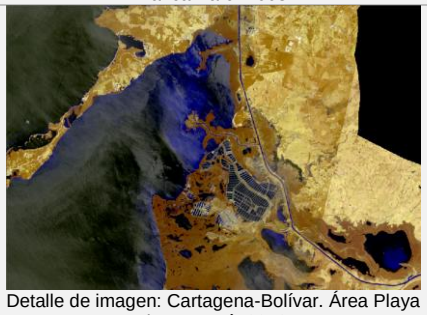
Teniendo en cuenta la fase documental anterior, a continuación, se enfatizará en el análisis espectral de la cobertura de bosque de manglar en las diferentes imágenes, fundamento del tercer objetivo del proyecto. Inicialmente se indicará las composiciones espectrales RGB usadas para el análisis de las imágenes en cada periodo evaluado, para finalmente presentar los resultados obtenidos en la interpretación espectral de las mismas.

4.2.1 Composición de las Imágenes para la Identificación del Bosque de Manglar

Con base en el capítulo anterior de RGB, en la siguiente tabla se presentan las combinaciones de bandas utilizadas para la interpretación de las imágenes en cada año de estudio.

Tabla 8. Clasificación de Bandas Espectrales Requeridas.

SENSOR	AÑO	COMBINACIÓN DE BANDAS	IDENTIFICACIÓN MANGLAR	VISTA
Landsat 4	1983	4, 2, 1	Color Rojo intenso	 Detalle de imagen: Cartagena-Bolívar. Área Playa Blanca Barú. 1983.

SENSOR	AÑO	COMBINACIÓN DE BANDAS	IDENTIFICACIÓN MANGLAR	VISTA
Landsat 5	1988	4, 5, 3	Color Anaranjado Oscuro	 Detalle de imagen: Cartagena-Bolívar. Área Playa Blanca Barú. 1988.
Landsat 5	1993 1998	4, 5, 3	Color Anaranjado Claro / Amarillo	 Detalle de imagen: Cartagena-Bolívar. Área Playa Blanca Barú. 1998.
Landsat 7	2003 2008	6, 5, 4	Color Azul Claro	 Detalle de imagen: Cartagena-Bolívar. Área Playa Blanca Barú. 2003.
Landsat 8	2013 2016	5, 6, 4	Color Marrón / Café Oscuro	 Detalle de imagen: Cartagena-Bolívar. Área Playa Blanca Barú. 2013.

***NOTA**: Se presentan las capturas de pantalla de la zona de estudio en el software ArcGis. Las imágenes originales han sido modificadas según la combinación de bandas indicadas en la tabla, por lo cual se registran a la vista las nuevas composiciones para lograr la identificación de manglar.*
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis. 2016

Así, se ratifica la importancia de la banda 4 por su presencia en todas las combinaciones RGB planteadas, ya que con esta banda es más fácil identificar la cantidad de biomasa presente en un área y enfatiza el contraste de zonas de agua-tierra y suelo-vegetación.

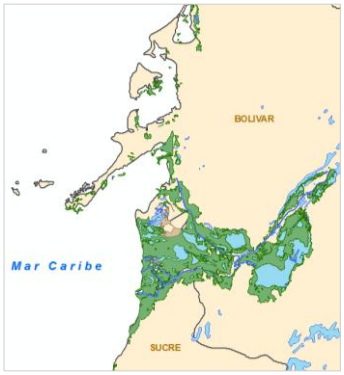
Según el documento: *Composiciones Landsat en ArcGis*, elaborado por Rodolfo Franco en 2017 y el comunicado: *Información de Banda Espectral Landsat* del Fondo de Innovación Geoespacial (GIF) de la Universidad de California en Berkeley, las combinaciones anteriores se destacan debido a que:

- **4, 2, 1:** Los límites del agua de la tierra son más claros y diferentes tipos de vegetación son más visibles.
- **4, 5, 3:** Diferentes tipos de vegetación pueden definirse claramente y la interfaz tierra / agua es muy clara. Las variaciones en el contenido de humedad son evidentes.
- **6, 5, 4:** Ideal para el análisis de la cobertura de vegetación
- **5, 6, 4:** Combinación útil para diferenciar tierra / agua y para destacar áreas de bosque.

Estas composiciones detallan las zonas más extensas de cobertura de manglar vigoroso en toda el área de estudio (evidenciadas previamente a nivel general en el numeral 4.1.2, Figura 4, en toda la Costa Caribe) y según la información del capítulo 4.1 – Fase Documental, las zonas que tienen más áreas de cobertura de mangle se encuentran en la siguiente tabla, ratificando el porqué del análisis en esta zona de la región Caribe colombiana.

Tabla 9. Zonas de Gran Importancia de Bosque de Manglar.

DEPARTAMENTO	LUGAR	IMAGEN
Atlántico	• Ciénaga del Totumo	

DEPARTAMENTO	LUGAR	IMAGEN
Bolívar	• Bahía de Barbacoas • Parque Nacional Natural Corales del Rosario • Ciénaga de Tesca • Ciénaga Arrollo Hondo • Ciénaga de Las Flores • Ciénaga de Juan Gómez • Ciénaga Bohórquez • Ciénaga Honda • Ciénaga Biojó • Ciénaga Florecita • Ciénaga de María la Baja • Ciénaga La Cruz • Ciénaga Carabalí	
Córdoba	• Boca los Llanos • Boca de Corea • Boca de Tinajones • Ciénaga de Osnonal • Ciénaga Soledad • Ciénaga Los Venados	
Magdalena	• Ciénaga del Chino • Ciénaga Grande de Santa Marta • Ciénaga de Pajaral • Ciénaga del Tigre • Ciénaga de Alfondoque • Ciénaga Posa verde • Ciénaga la Calestra • Ciénaga El Torno • Ciénaga de Las Piedras • Vía Parque Isla de Salamanca	
Sucre	• Santuario de Flora y Fauna el Corchal • Punta Gorda • Golfo de Morrosquillo en Boca Guacamaya • Ciénaga de Cotorra • Ciénaga Descocotado • Ciénaga Trementino • Ciénaga La Caimanera	

***NOTA**: Las imágenes presentadas en la tabla, representan la cobertura de bosque de manglar más significativo en la zona de estudio.*

Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis. 2016

El área efectiva de manglar se localiza en la zona costera de las imágenes, por lo cual fue necesario generar un mosaico por año solo de esta área (como se evidencia en la Figura 11), surgiendo como resultado un total de 8 mosaicos de las 24 imágenes, cubriendo la totalidad del área de estudio en la Costa Caribe.

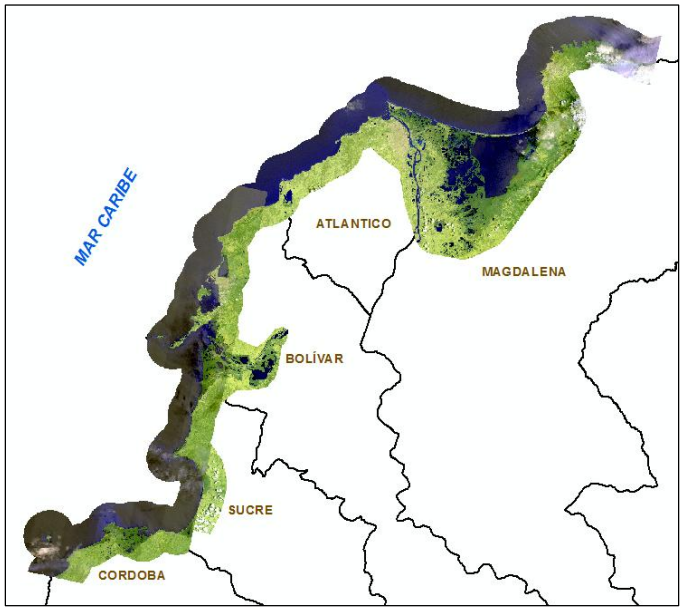


Figura 11. Mosaico del Área de estudio. Año 2013 (Captura de pantalla)
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis. 2016

Para la delimitación del área de manglar por año, se creó un archivo Shapefile (Shp), el cual bordea toda el área de ecosistema de manglar que se definía visualmente, de acuerdo a las combinaciones de bandas establecidas para el reconocimiento de esta cobertura vegetal, tal como se observa en la Figura 12 donde se detalla la parte visual de la imagen (tonalidad café) y el resultado de la delimitación de esta cobertura (tonalidad verde). Posteriormente se realizó la cuantificación de cada área dibujada en la zona de estudio, por medio del campo de “Área” en la tabla de atributos del archivo.

Vista Imagen Landsat *Delimitación Cobertura de Manglar*

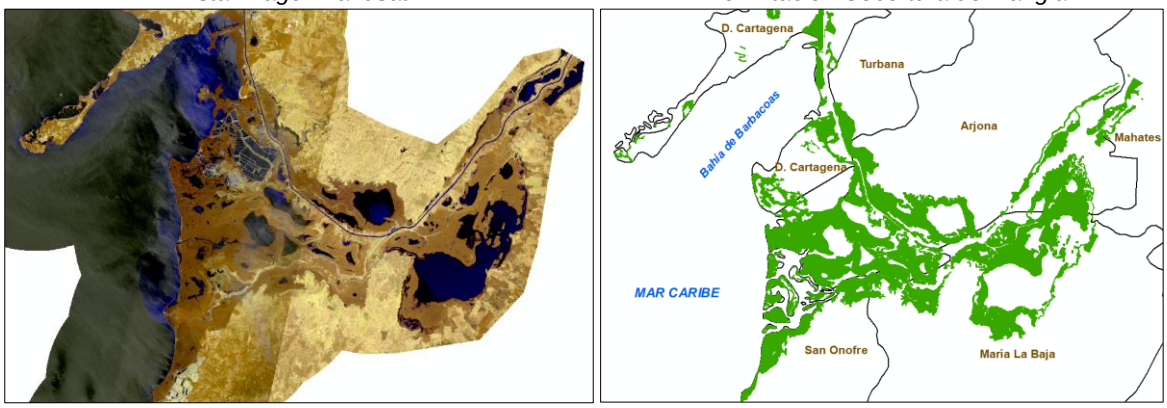


Figura 12.Identificación y Delimitación de la Cobertura de Manglar (Captura de pantalla)
Fuente: Elaboración propia. Tomado de un sector del área de estudio

4.3 Fase de la Industria del Camarón sobre las Imágenes de Satélite y su Desarrollo Local

Al igual que la fase anterior y en base igualmente en el tercer objetivo, a continuación, se presentará la forma en que se identificó la industria de camarón sobre las imágenes de satélite

4.3.1 Definición de la Cobertura de la Industria Camarón

Teniendo en cuenta la combinación de bandas estipuladas en el numeral 4.2.1, se pudo identificar visualmente las piscinas camaroneras en el área de estudio, tal como se observa en la Figura 13, en la cual se detalla la finca camaronera Océanos S.A en el año 2013, una de las más grandes y productoras de la región. Por lo tanto es posible identificar las piscinas camaroneras de esta industria, debido a la forma en que se presentan desde la imagen de satélite, ya que son áreas muy bien definidas rectangularmente, estableciendo áreas de figuras poligonales, que rompen con el patrón de bosque de manglar continuo y en general de las coberturas naturales de la tierra; por lo tanto, todo aquello que se observó con este patrón descrito, se asoció al establecimiento de la industria camaronera, corroborado posteriormente con la información documental obtenida.

Figura 13. Vista Piscinas Camaroneras en imagen Landsat Año 2013 (Captura de pantalla)
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

Las áreas fueron digitalizadas en un formato Shapefile tal como se usó para la cobertura de bosque de manglar, delineando así, las piscinas camaroneras y calculando en procesos automáticos de ArcGIS el área que ocupa. En la siguiente Figura se observa el resultado de este procedimiento.

Figura 14. Polígonos en Color Rojo:Piscinas Camaroneras (Captura de pantalla sobre imagen Landsat)
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

Con los polígonos referidos en el shapefile con base en la información del *Atlas De La Camaronicultura Colombiana: Historia, Estado Actual y Zonas Potenciales,* de la AUNAP y CENIACUA de 2016, fue posible obtener el nombre y los años de operación de cada una de las fincas camaroneras que se identificaron, descritas en la siguiente tabla, desde el año 1983 al 2016 (registradas también en el Anexo 04: Ubicación, Área y Temporalidad de Fincas Camaroneras):

Tabla 10. Fincas Camaroneras Identificadas en la Costa Caribe Colombina

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FINCAS CAMARONERAS	AÑOS
Bolívar	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	1988 – 2008
	Cartagena	Acuamares de Recreo	2008 – 2016
		Agromarina Santa Ana	1988 – 2016
		AMC	1998 – 2003
		Ararca	1993 – 2008
		Baru Shrimp	1998 – 2016
		Biomar	2008 – 2016
		Camarón de Barú	1988 – 2008
		Océanos S.A	1988 – 2016
		N.N	1993
Córdoba	San Antero	Agrosoledad	1988 – 2016
		Agrotijo S.A	1988 – 2016
		Camarones del Sinú	1983 – 2016
	San Bernardo del Viento	Hidromar	1993 – 2016
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	1993 – 2016
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	1988 – 2016
	Tolú	Laboratorio Caicsa-Postlarmar	2008 – 2016

Fuente: *Atlas De La Camaronicultura colombiana: Historia, Estado Actual y Zonas Potenciales,* de la AUNAP y CENIACUA de 2016.

4.4 Fase de la Transformación de la cobertura de mangle por la industria camaronera entre los años 1983 – 2016.

En esta fase final, en desarrollo del cuarto objetivo específico, se realizó una comparación del cambio de cobertura de manglar que se identificó en las imágenes Landsat, de acuerdo a la afectación directa que causa la excavación para la construcción de las piscinas de cría de camarón, detallando que no necesariamente toda la deforestación o reducción de manglar está asociada a este hecho, sino que también otros factores que deja esta actividad como vertimientos industriales, domésticas y residuos sólidos generados en sus diferentes procesos de desarrollo, ocasionando el deterioro de los manglares cercanos a la finca camaronera.

En la siguiente tabla se destacan algunas actividades por parte de las camaroneras que causan afectación al ecosistema de manglar y al medio ambiente en general.

Tabla 11. Consecuencias Ambientales de la Construcción y Operación de Camaroneras

ACTIVIDAD	CONSECUENCIA AMBIENTAL
Construcción de piscinas, carreteras de acceso y dragados	Generan destrucción o degradación de ecosistemas costeros acuáticos como los humedales pantanos manglares entre otros y alterando el flujo estuarino obteniendo perdida de hábitat y reducción de la productividad y elasticidad del ecosistema, también causando perdida de las especies que se alimentan de estos ecosistemas, la desertificación del área local, perdida de nutrientes, aumentando la erosión y sedimentación, incrementando la erosión de las playas y por ende a la salinización.
Descarga de afluentes de piscinas	Causa eutrofización de aguas debido a la materia orgánica que contienen las piscinas al igual que la contaminación por químicos y fertilizantes para las enfermedades que sufren los camarones, debido a esto se encuentran cambios en la biodiversidad, se pueden generar enfermedades en la vida silvestre y mortalidad en los sistemas acuáticos, reduciendo la productividad de la industria por aguas contaminadas, causas en la salud, y proliferación de patógenos.
Sobrepesca de postlarvas del camarón	La sobrepesca causa declinación de la población de camarón en la Costa y como resultado produce decrecimiento en la captura para los pescadores.
Propagación de enfermedades o bacterias	Causa enfermedades a los camarones existentes de los ecosistemas locales y pérdida de productividad de la acuicultura provocando pérdidas en la vida acuática y cambios en las especies.
Construcción de camaroneras en áreas de manglar	Causa desplazamiento de comunidades costeras rurales, con esto se obtiene una gran pérdida de ingresos para las comunidades dependientes del recurso del manglar.
La recolección excesiva de postlarvas de camarón	Surge una declinación de las poblaciones de camarón al largo de la Costa, ocasionando pérdida de ingresos para los pescadores.
La tala de manglar	Ocasiona perdida de productos naturales del manglar como la leña, pilotes caza y pesca, entre otros. Debido a esto genera perdida en ingresos y productos de subsidencia para la población local, menos productividad.

Fuente: Informe *Evaluación de la Creación de una Empresa Productora y Comercializadora de Camarón en la Isla de Barú*. *Gómez León Antonio José, Iriarte Rico Luisa Melina. Universidad de Cartagena. 2007*

De acuerdo a lo enunciado durante todo el desarrollo metodológico del proyecto, a continuación, se presentan los resultados de las cuatro fases descritas anteriormente, basadas en los objetivos del proyecto.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Fase Documental y de Referencia; Establecimiento y Características de las Imágenes Landsat

En el proceso de recopilación de las imágenes Landsat de los tres portales web mencionados en el desarrollo metodológico, se logró concluir que gran parte de ellas se obtuvieron del portal web: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del cual se descargaron 30 de ellas, de las cuales 2 presentaban gran cantidad de ruido (líneas del sensor sin información), 5 con un nivel de opacidad alto y 2 con gran porcentaje de nubosidad, por lo cual 21 imágenes de este portal resultaron efectivas; del segundo portal web: Earth Science Data Interface (ESDI) se descargaron 9 imágenes, de las cuales solo una presentaba gran cantidad de ruido, por lo tanto 8 imágenes resultaron efectivas; en la última plataforma Libra Semilla de Desarrollo (libra.developmentseed.org), permitió realizar la consulta por fecha, cobertura de nubes y ángulo azimutal del sol, se revisaron algunas imágenes, pero por el corto lapso de años que esta ofrece, no se lograron encontrar algunas imágenes significativas para la propuesta.

En cuanto a la selección de imágenes, se evidencio gran porcentaje de nubosidad en la escena 10/54, la cual está presente durante todo el año por lo cual se descartó debido a la geografía del lugar, por la proximidad a la cordillera occidental, exactamente en el golfo de Urabá, lo que impide la manipulación, visualización e identificación adecuada de este grupo de imágenes.

Considerando el análisis y revisión anterior, en la siguiente tabla, se evidencia las escenas óptimas que fueron utilizadas para el desarrollo del proyecto.

Tabla 12. Descripción Escenas de Estudio

IMÁGENES LANDSAT				
Escena	**Año**	**Mes-Día**	**Temporada Climática**	**Sensor Landsat**
9 – 52	1984-(1983)	Ene - 30	Seca	L1-5 MSS
	1987-(1988)	Dic - 24	Seca	L1-5 MSS
	1991-(1993)	Ago - 21	Lluviosa	L4-5 TM
	1998	Mar - 17	Seca	L4-5 TM
	2003	Mar - 23	Seca	L7 ETM+SLC-off (2003-present)
	2007-(2008)	Dic - 31	Seca	L7 ETM+SLC-off (2003-present)
	2013	Abr - 01	Seca	L8 OLI/TIRS Pre-WRS-2
	2016	Ene - 14	Seca	L8 OLI/TIRS
9 – 53	1984-(1983)	Ene - 30	Seca	L1-5 MSS
	1989-(1988)	Ene - 11	Seca	No registra información
	1991-(1993)	Ago - 21	Lluviosa	L4-5 TM
	1998	Mar - 17	Seca	L4-5 TM
	2006-(2003)	Ene - 26	Seca	No registra información
	2008	Jun - 16	Lluviosa	L4-5 TM
	2013	Abr - 01	Seca	L8 OLI/TIRS Pre-WRS-2
	2016	Feb - 15	Seca	L8 OLI/TIRS
10 – 53	1985-(1983)	Mar - 04	Seca	L1-5 MSS
	1988	Mar - 20	Seca	L4-5 TM
	1991-(1993)	Sep - 13	Lluviosa	L4-5 TM
	2000-(1998)	Dic - 18	Seca	No registra información
	2005-(2003)	Dic - 16	Seca	No registra información
	2009-(2008)	Dic - 11	Seca	No registra información
	2013	Jun - 05	Lluviosa	L8 OLI/TIRS
	2016	Mar - 25	Seca	L8 OLI/TIRS

Nota: *La anterior tabla fue elaborada con base en suministro de datos de los portales web: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y Earth Science Data Interface (ESDI)*
Fuente: Elaboración propia. Basada en los portales Web de descarga de imágenes. 2016

En la Figura 15 se resalta la cuadrícula que hace referencia a las tres escenas utilizadas en el proyecto, tomando en cuenta el periodo de 1983 a 2016 en los que se evaluaron el cambio de cobertura por causa de la industria de camarón.

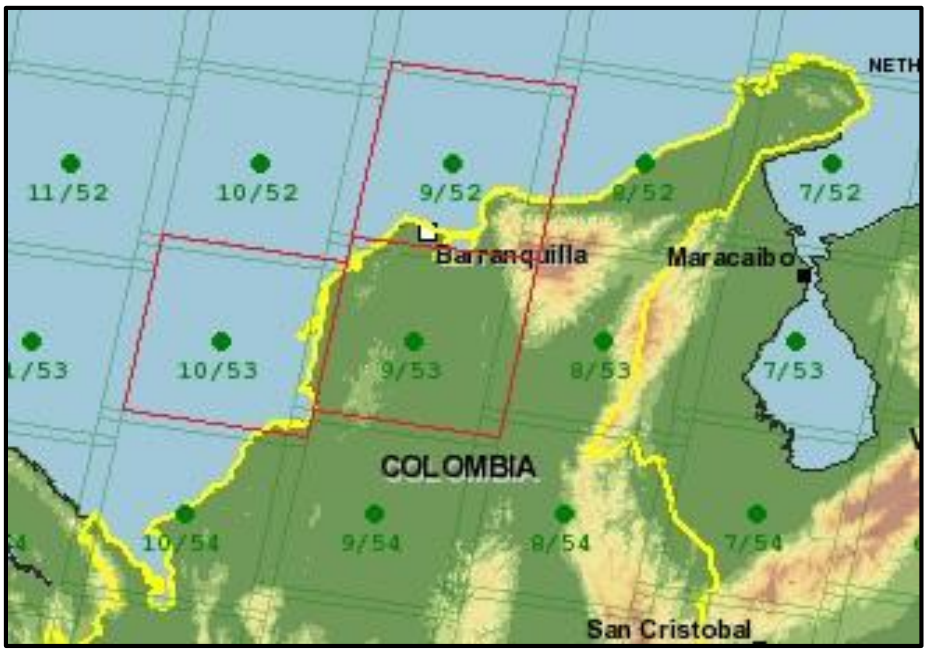


Figura 15. Grilla y Selección de Imágenes LANSADT. Costa Caribe Colombiana. (Captura de pantalla)
Fuente: Global Land Cover Facility / Earth Science Data Interface. http://glcfapp.glcf.umd.edu/. 2016

En la Tabla 12, en su columna Sensor Lansat, se detallan los diferentes instrumentos de captación de las imágenes óptimas para el estudio, los cuales fueron fundamentales ya que según información del portal web: eoportal.org (Portal de Observación de la Tierra), las diferencias de los dos instrumentos TM y MSS se detallan puesto que las imágenes de TM cubren un rango más amplio de aplicaciones que las imágenes Landsat MSS, debido a más bandas espectrales y una mejor resolución espacial, además el mapeo más específico (cobertura detallada de tierra) es difícil en MSS porque muchos píxeles son píxeles "mixtos", igualmente el IFOV (Campo de visión instantáneo) de TM produce píxeles menos mezclados y la incorporación de bandas de Infrarrojo cercano y medio (Landsat 5 y 7) ha aumentado la discriminación de la vegetación de los datos de TM.

5.2 Fase de interpretación de cobertura de mangle sobre imágenes de satélite

Los valores arrojados de las áreas de cobertura de manglar se cuantificaron, haciendo la conversión a Hectáreas (ha), determinados por departamento. La mayor cantidad de hectáreas de manglar se observa en el departamento de Magdalena debido a la gran extensión que tiene la Ciénaga Grande de Santa Marta, siendo el complejo lagunar de mangle más grande de Colombia. Por otro lado, el departamento con menor extensión de bosque de manglar es Sucre con dos sectores importantes: la Ciénaga La Caimanera, ubicada al sur del Golfo de Morrosquillo, en el municipio de Coveñas y el Santuario de Flora y Fauna El Corchal, entre los departamentos Sucre y Bolívar. A continuación, se presenta las áreas calculadas bajo la interpretación visual desarrollada en los diferentes periodos de tiempo, mencionados anteriormente. Toda la información en cuanto a cálculos se encuentra en archivo digital con la designación: *Cobertura de Ecosistema de Manglar Datos y Graficas.*

Tabla 13. Cobertura de Manglar por Departamento

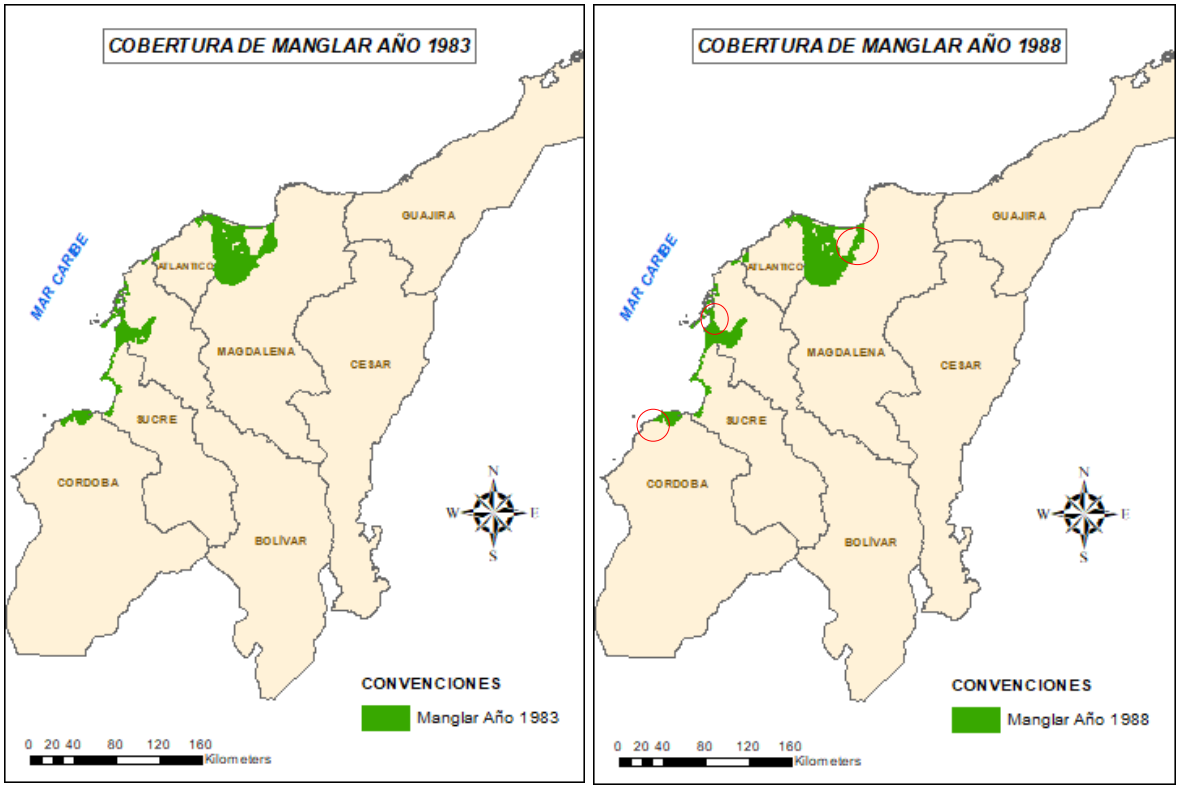
AÑO	Cobertura (ha) y % de Manglar							
	DEPARTAMENTO							
	BOLÍVAR 2.597.800 ha		CÓRDOBA 2.502.000 ha		MAGDALENA 2.318.800 ha		SUCRE 1.091.700 ha	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1983	28057,45	1,08%	11353,89	0,45%	141855,92	6,18%	10393,78	0,95%
1988	28244,27	1,09%	9715,74	0,39%	126164,89	5,44%	10077,98	0,92%
1993	26964,87	1,04%	9518,74	0,38%	98230,39	4,24%	9666,34	0,89%
1998	24126,92	0,93%	9077,59	0,36%	85017,84	3,67%	9150,13	0,84%
2003	22152,63	0,85%	9025,99	0,36%	77819,01	3,36%	9076,04	0,83%
2008	21817,45	0,84%	8699,16	0,35%	73586,76	3,17%	9052,67	0,83%
2013	20485,98	0,79%	8649,54	0,35%	67795,15	2,92%	8712,40	0,80%
2016	18054,51	0,69%	8378,78	0,33%	63145,05	2,72%	8295,49	0,76%

Fuente: Elaboración propia. 2017

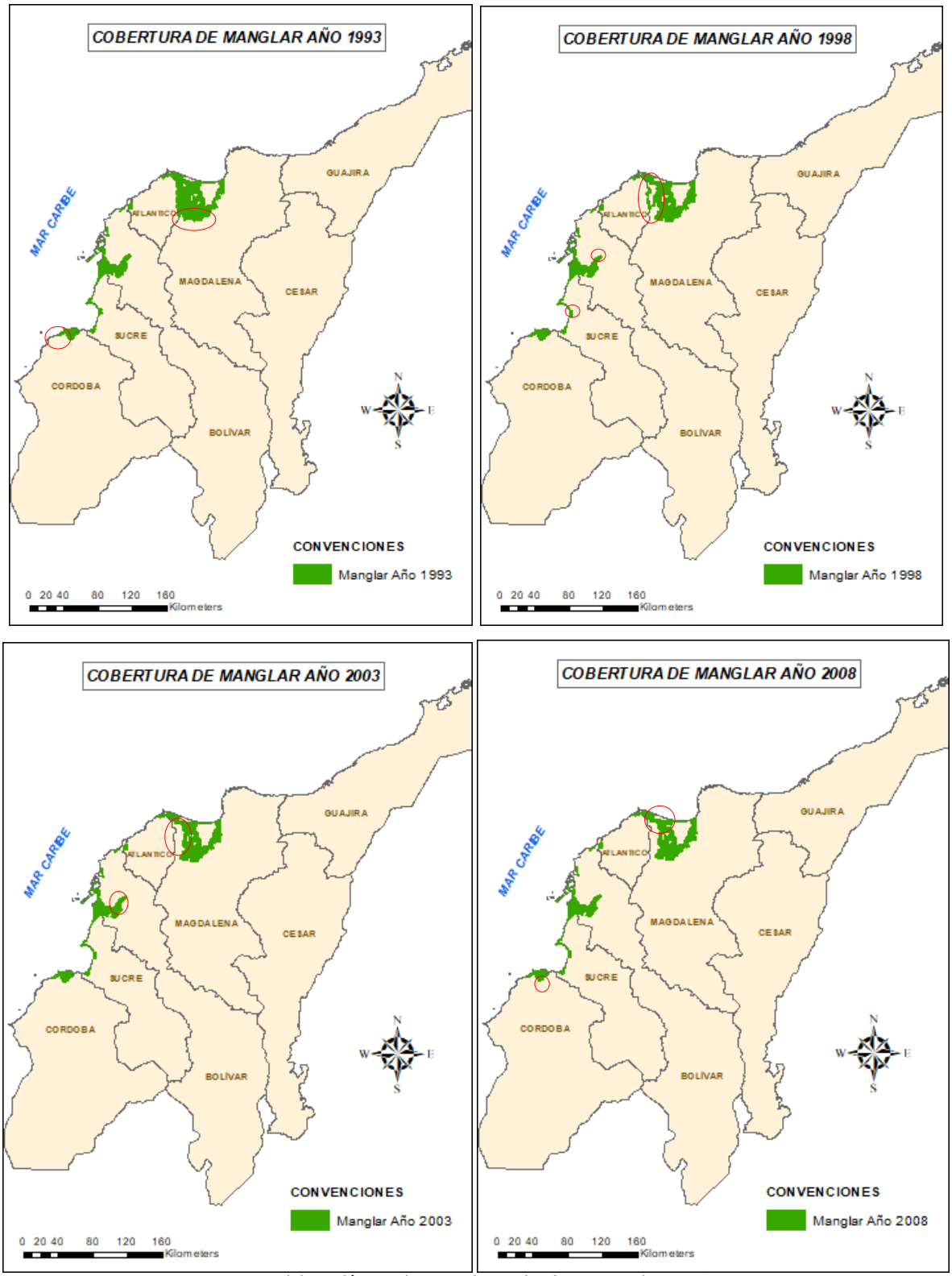
Según los datos registrados en la tabla anterior se estableció que el descenso de la cobertura de manglar del departamento de Magdalena es bastante pronunciado con respecto a los demás departamentos, con un porcentaje promedio de cambio del 10,76% y así mismo el departamento de Sucre es el que menos variabilidad de la intervención ha tenido durante los años evaluados con el 3,15% del promedio de cambio de disminución. A continuación, se visualiza la secuencia cartográfica del cambio de cobertura en la temporalidad de estudio.

Figura 16. Secuencia Cartográfica del Cambio de Cobertura de Manglar

Nota: *En la secuencia cartográfica se evidencia un círculo rojo quien detalla el sector o área de perdida más significativo en cada año.*

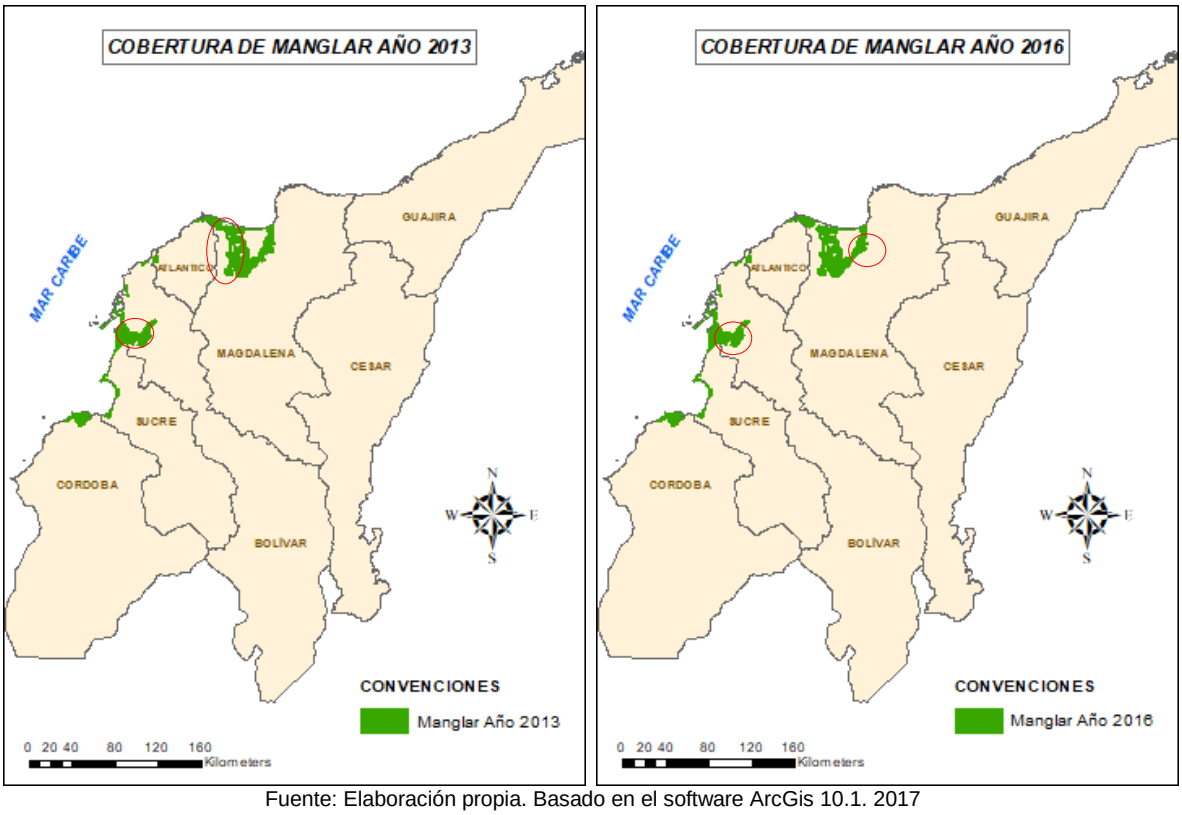


Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017



Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

.

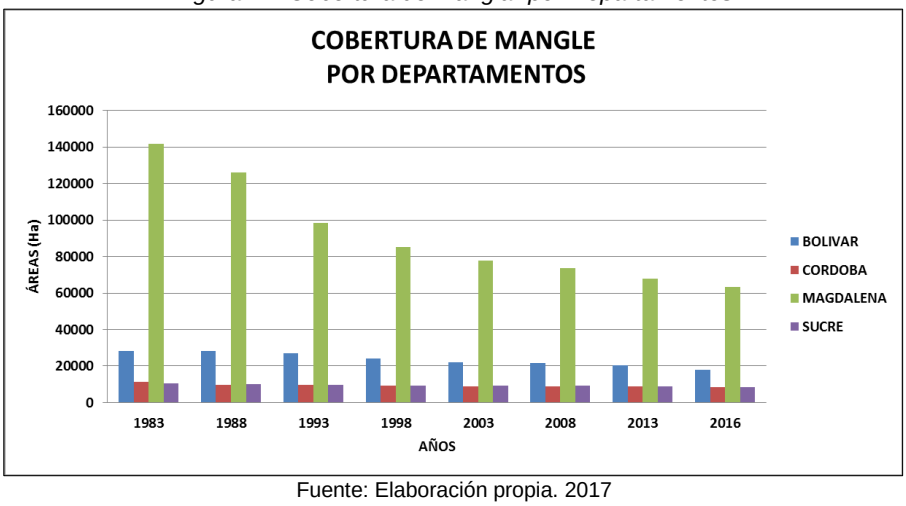


Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

Los grandes cambios de cobertura de manglar han sido posible señalarlos visualmente por medio de los mapas que se ilustran anteriormente, sin embargo, hay otros sectores donde la disminución del mangle es tan pequeña, en términos de hectáreas, que cartográficamente es imposible evidenciarlo, pero que eventualmente si se produce. Por lo tanto, es necesario hacer la revisión por medio de gráficas para su posterior análisis en cuanto al cambio de magnitud de cobertura.

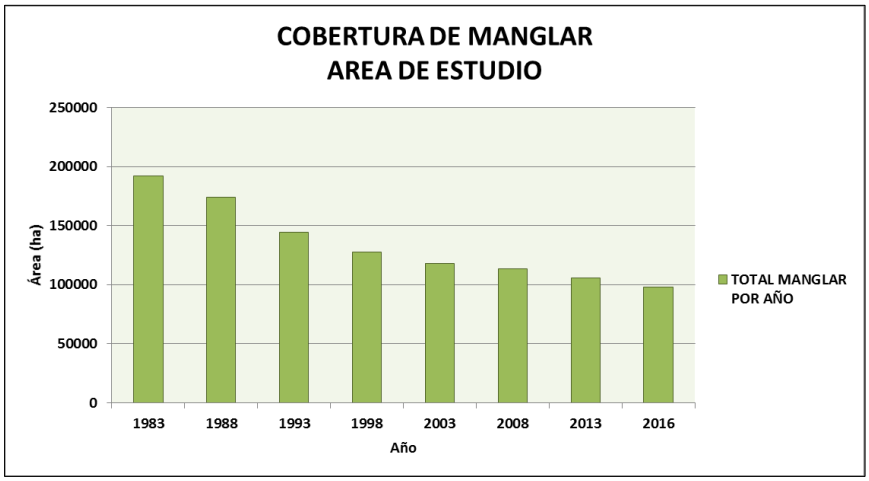
La cantidad de cobertura de manglar establecida por medio de las imágenes en el área de estudio fue de 191661,04 ha. para el año 1983, mostrando posteriormente en los siguientes años una reducción de este ecosistema el cual lo llevo a una cantidad de 97873,82 ha. para el año 2016 en los cuatro departamentos con industria de camarón presente; este decrecimiento es del 48,93% de la temporalidad evaluada, todo esto se evidencia en el comportamiento de las siguientes figuras:

Figura 17. Cobertura de Manglar por Departamentos



Fuente: Elaboración propia. 2017

Figura 18. Total, de Cobertura de Manglar. Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia. 2017

Con la figura anterior se ratifica que efectivamente en todos los años en donde más se registra cobertura de ecosistema de manglar es el departamento de Magdalena, reconociendo un decrecimiento producido durante los últimos años y seguidamente el departamento de Bolívar. Es posible que en estos departamentos se registren mayores alteraciones a este ecosistema por causa de factores enunciados anteriormente en el numeral 3.2.4: “Causas de la Perdida del Ecosistema Manglar”.

En este caso la problemática ambiental, hablando en términos generales, se basa, según Yanine Díaz funcionara del INDERENA en su libro. *“Aspectos*

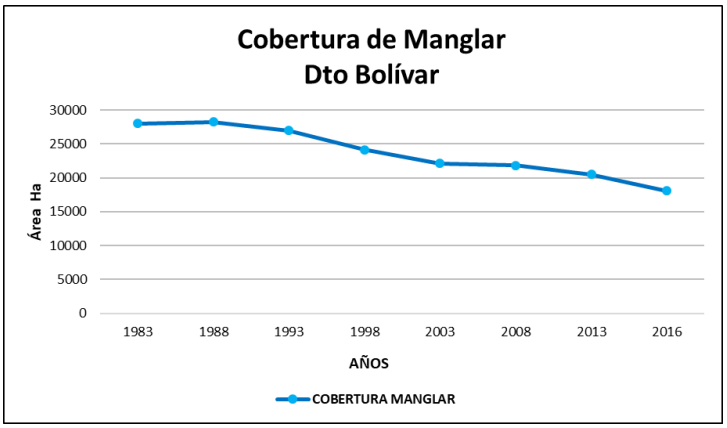
generales sobre uso, conservación y manejo de manglares en Colombia-1991", en la construcción de obras civiles como vías de comunicación principalmente, adecuación de muelles, ampliación de centros urbanos y deforestación para el asentamiento de la agricultura, rama en la cual encontramos la industria de camarón como una fuente importante de la economía en la región.

En las Figura 18 se puede evidenciar un declive importante en la cantidad de manglar entre el año 1988 y 1993, con un descenso del 17,12%, para este periodo se destaca un dato importante publicado por el INVEMAR en su *"Informe Técnico Final de las Comunidades Vegetales y los Recursos Pesqueros en la Costa Caribe de 1999 al 2002"*, quienes establecen que durante los años 60 y 70 se condujo a la hipersalinización de los suelos y consecuente mortalidad masiva del manglar, debido a la interrupción de los flujos hídricos entre el río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta y el Mar Caribe, lo cual alcanzo su mayor extensión durante el año 1995.

En cuanto a los resultados que se obtuvieron para el periodo de 2003 al 2008, se pueden argumentar por medio del documento: "*Los Manglares de Colombia y la Recuperación de sus Áreas Degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias"* de Ricardo Álvarez, el cual explica, que para el año 2003 en el Caribe colombiano por su desarrollo económico y social los impactos sobre el ecosistema de manglar fueron catastróficos, resaltando algunas áreas afectadas y sus causas tal como la Troncal del Caribe entre Barranquilla y Ciénaga, trazada a través de importantes áreas de manglar de la Isla de Salamanca y la Ciénaga Grande de Santa Marta. Para esta misma época en el departamento de Córdoba, el documento resalta la construcción de camaroneras en la Bahía de Cispatá, ocasionando deforestación en el ecosistema para la implementación de la infraestructura, principalmente para las piscinas de cría o criaderos de la industria. Como ya se había señalado, el departamento de Magdalena es el de mayor declive en cuanto a la cantidad de hectáreas, con una reducción del 55,49% con respecto al año 1983.

A continuación, se precisa un poco las posibles acciones que contribuyeron al decrecimiento de la cobertura del manglar para los departamentos antes indicados, ilustrados individualmente con sus gráficas.

Figura 19. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Bolívar.

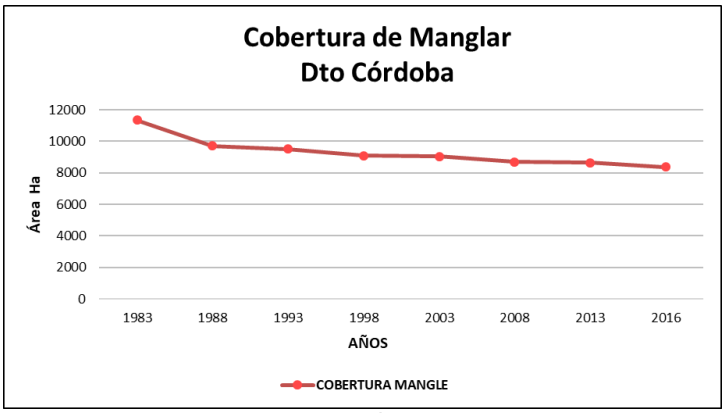


Fuente: Elaboración propia. 2017

El departamento de Bolívar consta de una variación de reducción del 35,65% de cobertura de manglar con base al año inicial de estudio; en los resultados arrojados se destaca del año 1993 al 1998, puesto que se produce un decrecimiento en la cobertura del 10,52%; la degradación de esta cobertura en el departamento se acentúa por las actividades antrópicas, que implica el crecimiento poblacional debido al factor turístico e industrial de la región, puesto que gran parte de su economía se basa en estos sectores de desarrollo.

Se destaca la construcción de piscinas para el establecimiento de camaroneras con la consecuente eliminación del manglar en la bahía de Barbacoas, Canal del Dique, e Isla Barú, además la comunicación de Cartagena y Barranquilla por el denominado Anillo Vial a través de los manglares de la Ciénaga de La Virgen o de Tesca y la construcción de hoteles, casas de campo especialmente en las islas del Rosario. Es así como de acuerdo a las proyecciones del DANE en el periodo de 1993 al 2005 la tasa de crecimiento poblacional en el departamento fue del 2.1% anual, superior al porcentaje nacional y de la Costa Caribe. (Perez, 2005).

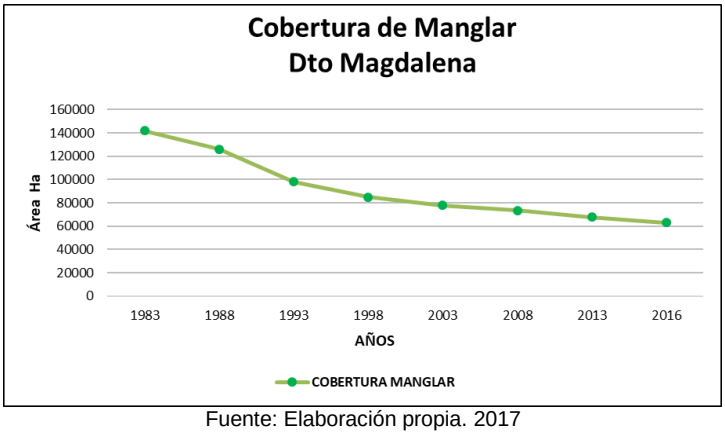
Figura 20. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Córdoba.



Fuente: Elaboración propia. 2017

Para el departamento de Córdoba su porcentaje de perdida fue del 26,20%, con respecto a total del área de manglar inicial del mismo, con su mayor descenso entre los años 1993 y 1998 arrojando un valor del 4,63%. Desde el año 1993 al 2003 se presentó una pérdida considerable de manglar debido a su estructura, con disminución de área basal y aumento de densidad. Para finales de esta época el INVEMAR realizo un informe donde encontró que las ciénagas y en general el manglar estaba presentando un crecimiento acelerado de algas cubriendo toda la zona del manglar, debido al descargue de aguas residuales domesticas e industriales provenientes de las industrias camaroneras. (INVEMAR, 2012).

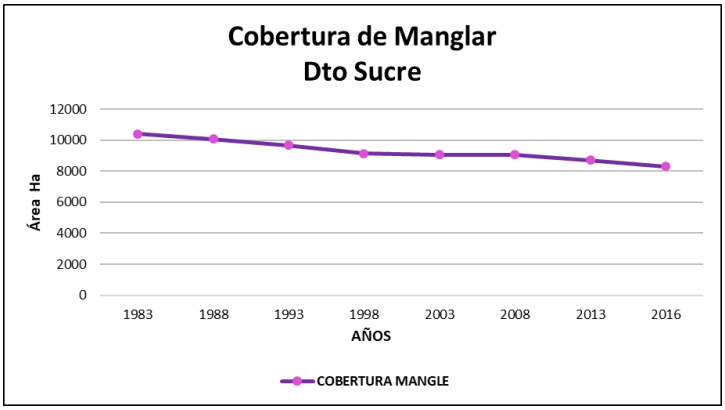
Figura 21. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Magdalena.



Fuente: Elaboración propia. 2017

Ya que el departamento de Magdalena reflejo el mayor descenso en la cobertura de manglar en la temporalidad establecida del estudio, su mayor descenso fue entre los años 1988 y 1993, con un porcentaje de pérdida del 22,14%, el cual se logró ratificar de acuerdo al informe *"Manglares de Caribe Colombiano"* realizado por Leonor Botero, director del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar – COLCIENCIAS, quien determino que para este periodo el deterioro de Bosque de mangle fue más significativo en el Delta del Río Magdalena, especialmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Isla de Salamanca, derivado de la obstrucción de los caños de conducción de aguas dulces de varios ríos, la disminución del caudal de los tributarios por desviación de cauces, la interrupción de flujo hídrico entre la ciénaga y el mar, además de la construcción de las vías Ciénaga – Barranquilla y Palermo - Sitio Nuevo.

Figura 22. Cambios de Cobertura de Manglar departamento de Sucre.



Fuente: Elaboración propia. 2017

La variación de perdida de manglar para el departamento de Sucre fue más significativa entre los años 1993 y 1998 con el 5,34% y un total de 20,19% con respecto al año inicial del estudio. Para este periodo en el Golfo de Morrosquillo las áreas de manglar tuvieron una pérdida significativa en las ciénagas La Caimanera y El Francés, debido al relleno de los terrenos a lo largo de toda la Costa por la construcción de la vía Coveñas – Tolú y Tolú - El Francés – Guacamayas, por ende la interrupción de los flujos hídricos y la ampliación de estos dos centros urbanos a raíz de la adecuación de áreas para el turismo, especialmente en la Isla de San Bernardo, además el aprovechamiento ilícito de

varas y pilotes por la ausencia de planificación para su manejo, conforme a la oferta y capacidad de restauración del bosque de manglar en la zona entre Bocacerrada y Labarcés ha causado un serio deterioro, la generación de salitrales como el del Garzal en la Ciénaga de La Caimanera y del drenaje de pantanos para habilitar terrenos aptos para la ganadería. Todos estos casos fueron expuestos por Ricardo Álvarez en su documento: "*Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas"* de 2003, referenciado anteriormente.

Por lo tanto, se logra identificar que la cobertura de manglar en la Costa Caribe, de acuerdo a la temporalidad establecida, tuvo una reducción promedio entre los años evaluados del 48,93% debido a los factores previamente señalados y documentados según la revisión bibliográfica realizada durante el proceso de desarrollo del proyecto.

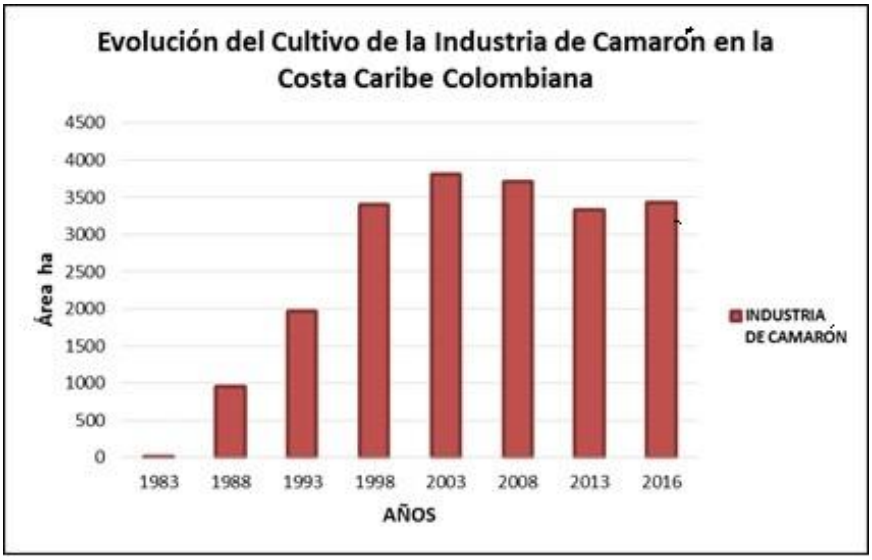
5.3 Fase de la Industria del Camarón sobre las Imágenes de Satélite y su Desarrollo Local

La interpretación de los resultados obtenidos de la cobertura de la industria de camarón, luego de la manipulación e interpretación de las imágenes y por medio de la elaboración de los polígonos, permitieron arrojar las áreas de cobertura en hectáreas de la industria, determinadas por departamento y municipio, los cuales tuvieran incursión de la industria camaronera, enunciados con anterioridad en el numeral 3.1.

Posteriormente se analizó el crecimiento de la industria camaronera, evidenciada en la Figura 23, mostrando así que en sus primeros 5 años el área cultivada pasó de 13,38 ha. a 957,2 ha., esto debido a que la industria de camarón desde su creación a nivel nacional fue incluida en el Plan Nacional de Exportaciones 1984-1990 y promovida desde ProExpo durante la administración de Belisario Betancur (1982-1986), otorgando diferentes beneficios para fomentar las exportaciones y generar nuevas fuentes de divisas para financiar el desarrollo nacional como: Certificado de Reembolso Tributario, Cert (de 25%), para estimular

a los exportadores, líneas de crédito para inversión al Depósito a Término Fijo y descuentos hasta de 35% en el impuesto a la renta para los exportadores de bienes no tradicionales; lo que impulso a empresarios de sectores tan disímiles como el azucarero, el minero, el petroquímico, el bananero y el floricultor a invertir sus capitales y con esto diversificar sus inversiones. (Gòmez Restrepo & Pasculli Henao, Noviembre 2014)

Figura 23. Evolución del Cultivo de Camarón en la Costa Caribe



Fuente: Elaboración propia. 2017

Posteriormente en los siguientes 15 años, se observa crecimiento exponencial, con un promedio del 63.5% entre cada periodo de año, ya que en esta época se logró llevar la industria a un nivel alto puesto que el enlace de apoyos estatales, músculos financieros de los inversionistas y un atractivo mercado externo, le permitieron a la industria del camarón arrancar con la tecnología más avanzada del momento, de la mano de expertos estadounidenses y franceses, quienes proponen ajustes técnicos al modelo ecuatoriano, que era el espejo de los productores colombianos.

Además, con el auge de la industria en 1993, en la ciudad de Cartagena, se constituyó el Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia (CENIACUA), para garantizar un mayor desarrollo tecnológico, mejorar los niveles de productividad, control de calidad y prevención de enfermedades de las especies

acuícolas; esto establecido en el libro *"Hacia La Sostenibilidad y Competitividad de la Acuicultura Colombiana"* de ACUANAL y FEDEACUA. Noviembre del 2014.

Así mismo en el anterior libro referenciado, se detalló que por más de una década la industria creció sin inconvenientes pero luego comenzaron los brotes de enfermedades que llegaron desde otros países, esto sumado a la estabilidad de corto plazo en la cual se establecieron las fincas, el hecho de asumir los estímulos estatales como permanentes cuando por su naturaleza eran de carácter transitorio mientras se establecía la industria y no valorar los riesgos desde un principio, relacionando la actividad con los fenómenos ambientales, conllevaron a no tener una buena clave para su sostenibilidad a largo plazo, hecho que se evidencia claramente en la Figura 23 luego del año 2003, teniendo un promedio de decrecimiento del 6.5% por casi una década. Durante estos diez años, la falla en la decisión de los industriales colombianos de implementar sistemas de cultivo más intensivos, utilizando la infraestructura original que estaba diseñada para cultivos extensivos o semi-intensivos, llevó a que desde el 2009 el declive de la producción fuera aún más creciente.

El documento realizado por la AUNAP y CENIACUA en 2016, señala que desafortunadamente entre 2002 y 2012 la sobreoferta asiática, la caída de las cotizaciones internacionales, la devaluación del dólar, la crisis mundial de la economía y un error de cálculo en lo tecnológico, se conjugaron consumiendo a la camaronicultura nacional en una prolongada y profunda crisis, de la cual no se ha recuperado del todo hoy en día pero que con ayuda de un sector de empresarios y el propio gobierno nacional, a través del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, han visto la conveniencia de reactivar esta actividad productiva y es así como en tres años ha logrado volver a tener un crecimiento del 3% (2013-2016).

En la Tabla 12 se encuentra la cantidad de hectáreas de cobertura de la industria por departamento, con base en la temporalidad establecida para el desarrollo del proyecto y los valores desde el año en que se inicia esta industria en cada uno de ellos. Posteriormente se observan estos valores en la Figura 24, mostrando la evolución de cada departamento. Toda la información en cuanto a

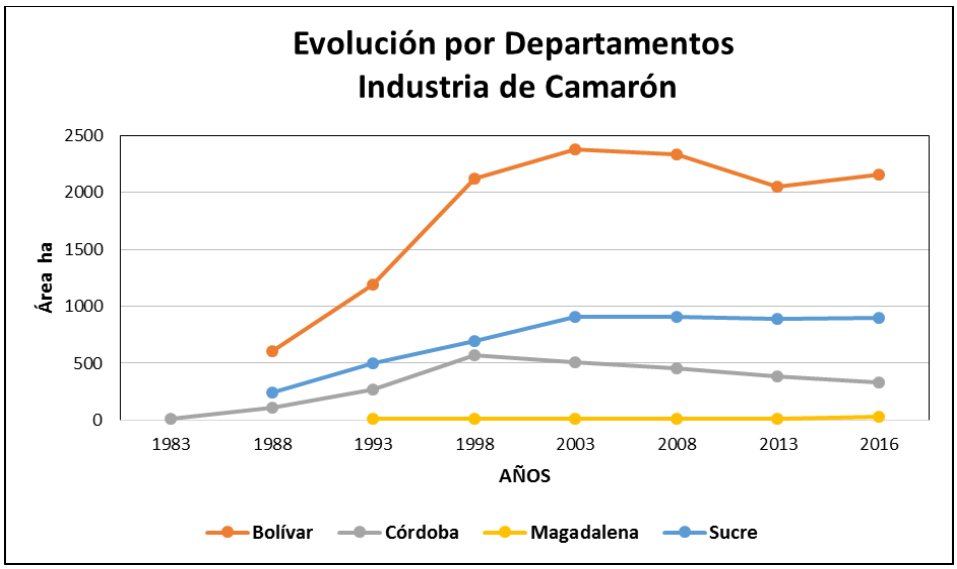
cálculos se encuentra en archivo digital con la designación: *Industria de Camarón Datos y Graficas.*

Tabla 14. Cobertura de Industria de Camarón por Departamento

AÑO	DEPARTAMENTO			
	BOLÍVAR	CÓRDOBA	MAGDALENA	SUCRE
	Cantidad (ha)			
1983	NA	13,3873127	NA	NA
1988	605,096923	108,013092	NA	244,1156945
1993	1192,69605	267,941802	12,581966	498,0927902
1998	2121,97586	571,523686	11,6487771	692,6571398
2003	2376,0552	511,788029	13,7161254	909,5251593
2008	2335,41061	459,649619	11,5253011	903,7646785
2013	2046,91751	380,394045	12,4547846	885,9459632
2016	2160,00137	333,600049	32,8104656	899,5647449

Fuente: Elaboración propia. 2017

Figura 24. Evolución de la Industria de Camarón en los Departamentos



Fuente: Elaboración propia. 2017

El mayor número de hectáreas de industria de camarón que se localizaron por medio de las imágenes, fue en el departamento de Bolívar con un establecimiento de 10 empresas y un promedio de 1834 ha. en toda la temporalidad evaluada, seguido en su orden por los departamentos de Sucre, Córdoba y Magdalena; este

último cuenta con un área menor en industria de camarón, debido a las condiciones de protección ambiental con las que cuenta el Santuario de Flora y Fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

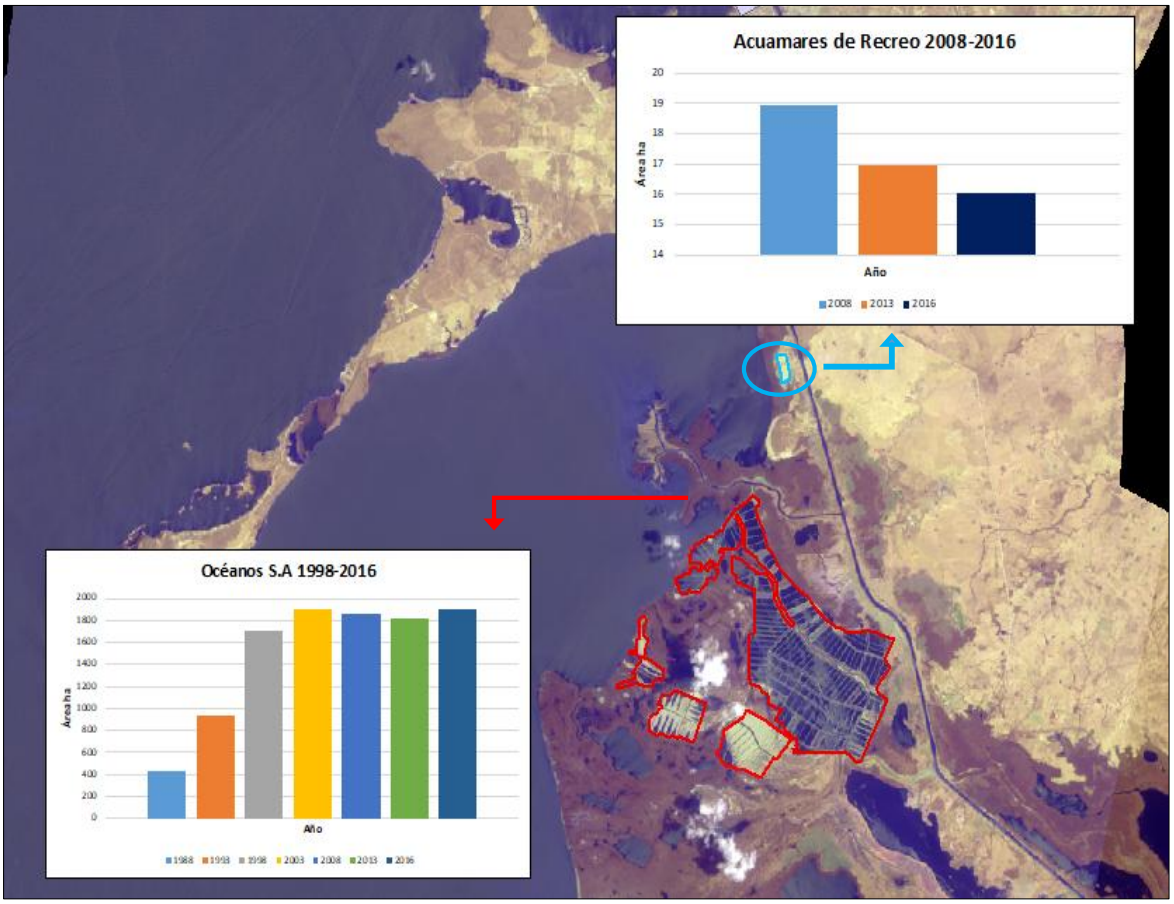
Luego de haber seleccionado por departamentos las áreas de cobertura de la industria de camarón en cada uno de ellos y además de la identificación de las diferentes fincas camaroneras en la Tabla 11, se logró determinar que la finca con mayor número de piscinas para la cría de camarón es Océanos S.A, una de las de mayor cantidad de área dispuestas para su producción, la cual representa el 80% del área en funcionamiento de la Costa Caribe, (AUNAP & CENIACUA, Junio, 2016) ubicada en la zona rural del Distrito de Cartagena, departamento de Bolívar. Esta ha sido una de las más estables del país teniendo su mayor número de hectáreas de producción en el 2016 con un total de 1900 ha. según lo establecido por medio de las imágenes Landsat. Esta Finca da su nombre en el año de 1987 debido a la integración que hizo con los grupos Minero de Antioquia y Manuelita S.A. permitiéndole dar inicio en el sector camaronero en 1988 con la construcción de sus primeras hectáreas de piscinas; tuvo su mayor descenso de área en el año 2010 a raíz de la reducción en mano de obra operativa dada la disminución considerable de la cantidad cosechaba producto de un fuerte invierno que se presentó en este año, sin embargo luego de una década de crisis mundial iniciada en el 2003, esta empresa se recuperó mostrando una mejora significativa en su producción hasta ahora. (Corredor & Fonseca, 2013)

Así mimo una de las empresas con menores resultados y registrada en las imágenes Lansat desde el año 2008 es Acuamares de Recreo, igualmente de la zona rural del Distrito de Cartagena, constituida en el año 2007 como la Asociación de Productores de Camarón del Recreo Acuamares del Recreo quien, inicio con un total de 18,9 ha. la cual ha venido decreciendo hasta el 2016 con un registro del 15,3% desde su inicio. Sin embargo, esta no es la única, otras fincas que han liquidado y cerrado sus centros de producción fueron: Aquacultivos del Caribe, AMC, Ararca y Camarón de Barú, todas establecidas dentro del departamento de Bolívar, debido a que varias fueron compradas por otras con

mejor posicionamiento en el mercado como Océanos S.A quien compro a AMC. (Las gráficas del crecimiento de cada una de las fincas del sector camaronero se pueden observar en el Anexo 05 y 06 del documento).

En el documento realizado por la AUNAP y CINECUIA - 2016, se establece que en la región de la Costa Caribe para el año 2016 se encuentran registrados los nombres de 38 instalaciones camaroneras, su ubicación y área de producción, de las cuales 20 están inactivas, 17 empresas activas, y una parcialmente activa. La diferencia en la identificación de las piscinas camaroneras, entre el registro de imágenes y la información bibliográfica, se debe al proceso visual por medio del Software que se estableció en el proyecto.

Figura 25. Camaroneras con el Mayor y Menor Número de Hectáreas de Producción (Captura de pantalla)

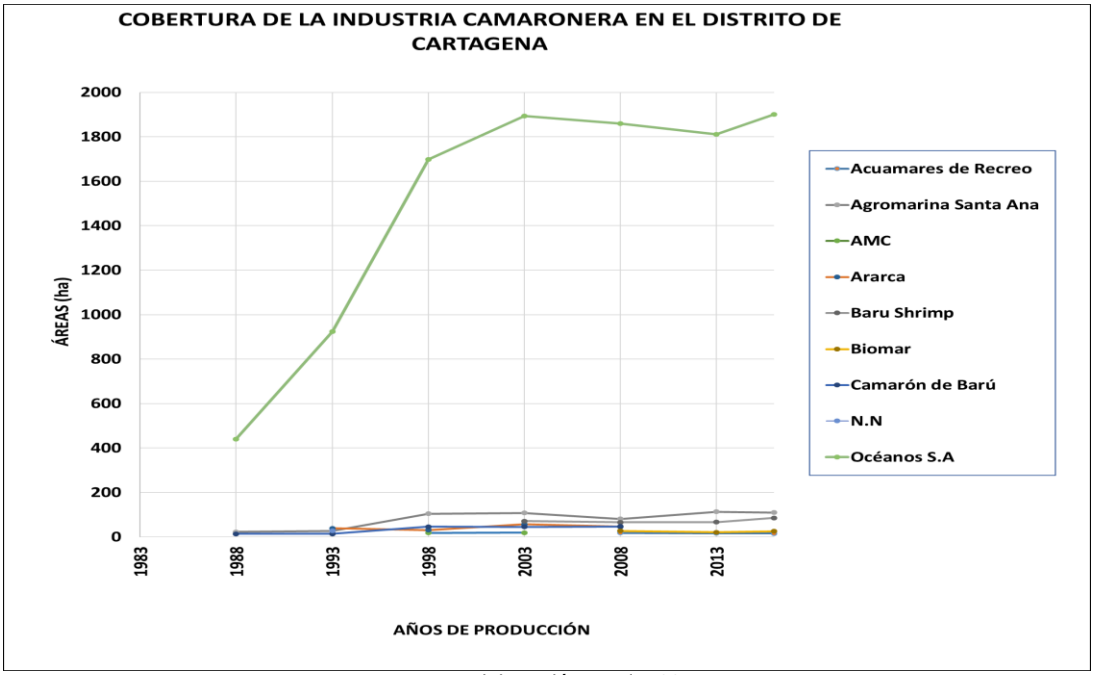


NOTA: *Se observa en la Figura las fincas anteriormente nombradas, seleccionada en color rojo Océanos S.A. la de mayor área de cultivo y en color azul claro la finca Acuamares de Recreo la de menor área.*
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

De acuerdo, a lo establecido al inicio del Desarrollo Metodológico de la Propuesta en el cual se entabla la correlación entre municipios e industria camaronera, y teniendo en cuenta el desarrollo local previsto en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Planes de Desarrollo Municipales (PDM), se determinó que los dos municipios relevantes para el análisis fueron Cartagena en el departamento de Bolívar y San Antero en Córdoba, puesto que son estos dos municipios los de mayor número de fincas camaroneras en su región.

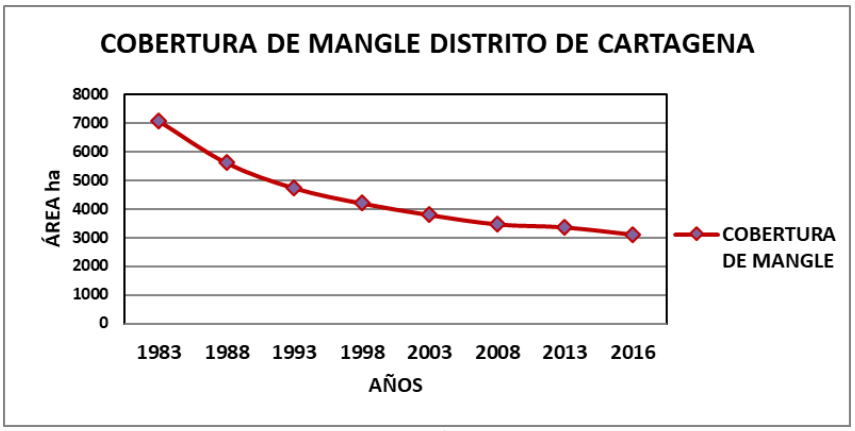
De las Figuras 26 a la 29 se ilustra gráficamente la cantidad de hectáreas de las fincas camaroneras y del ecosistema de manglar de los dos municipios nombrados, dentro la temporalidad establecida y de acuerdo al nacimiento de cada una de ellas.

Figura 26. Cobertura de la Industria Camaronera en el Distrito de Cartagena



Fuente: Elaboración propia. 2017

Figura 27. Cobertura Total de Manglar en el Distrito de Cartagena



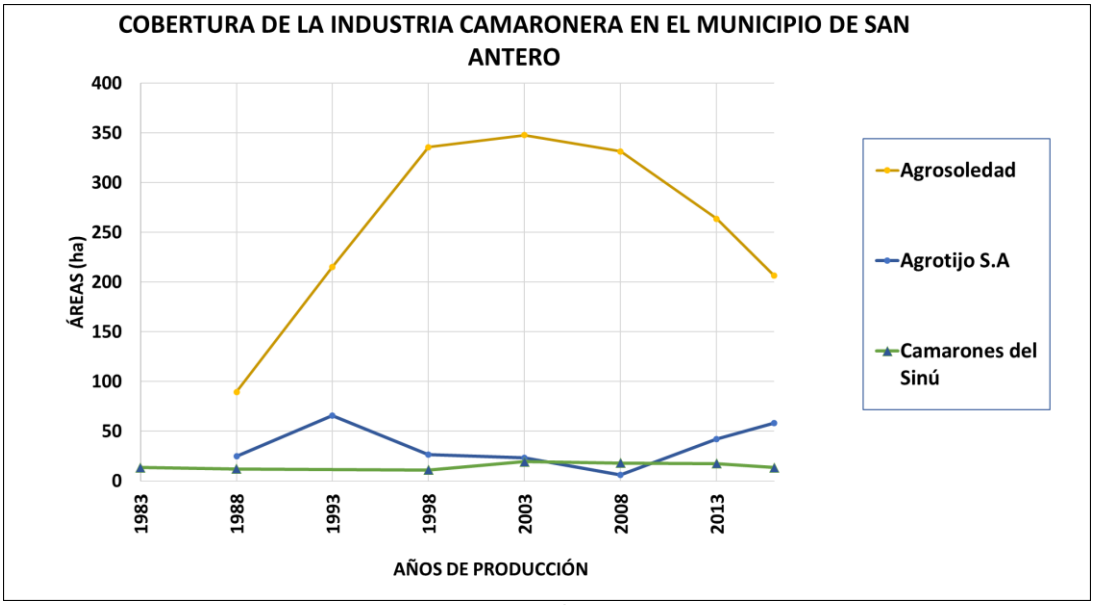
Fuente: Elaboración propia. 2017

En el Distrito de Cartagena se establecieron un total de nueve fincas camaroneras desde 1988, destacándose Océanos S.A, de acuerdo a la cantidad de hectáreas de su área y lo argumentado anteriormente. Según el Plan de Ordenamiento de Cartagena del 2001, se tiene establecida la presencia de fincas camaroneras para el cultivo de camarón desde comienzos de los años ochenta con la construcción de piscinas y canales para la explotación de granjas camaroneras y funcionamiento hídrico recirculando agua. Al igual, en su artículo 291 se indica las actividades a desarrollar en su territorio, siendo estas agrícolas y ganaderas, sin embargo, se estipula que se podrán realizar actividades diferentes, llevando la misma línea, pero sometiéndose a las normas ambientales pertinentes. Es así como el Plan de Ordenamiento identificó que en este suelo las políticas tienen absoluta concordancia con las actividades que en él se desarrollan, estas políticas son:

- Aplicar las normas inherentes a la protección del manglar
- Delimitar los suelos para actividades rurales diferentes a la acuicultura a fin de facilitar el que hacer de los campesinos que aun residen en la zona
- Disponer de recursos públicos para mejorar las condiciones de vida de los pobladores de los pequeños centros poblados
- Asegurar la convivencia de la actividad productiva acuícola con los suelos de protección de manglar.

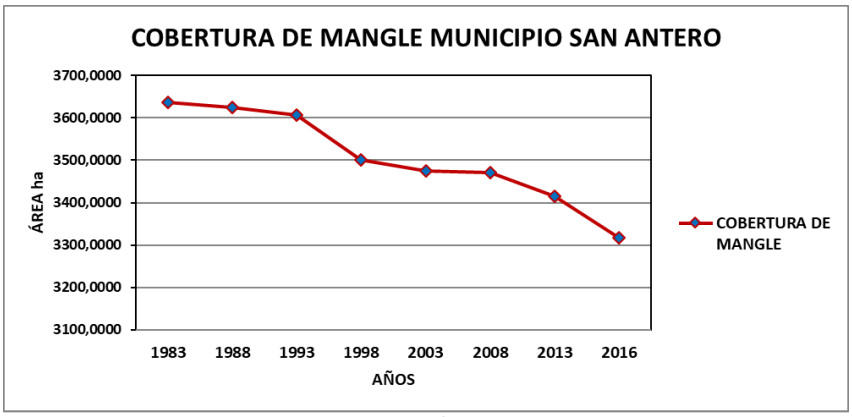
Identificando estas políticas, se indicaron las áreas con bosque de manglar y algunas donde se desarrollaba la industria de cultivo de camarón como en la parte baja del Distrito, ubicación de la Finca Océanos S.A, además en la bahía Barbacoas y el Canal del Dique se encuentran numerosas hectáreas inundables que al secarse eran ocupadas por industrias de camarón, según el registro en esta área se encontraron Agromarina Santa Ana, Baru Shrimp, Camarón de Barú y Océanos S.A, estas áreas son vital para su proceso de producción por la cercanía a las zonas de mangle y los aportes de sedimentación provenientes de las aguas de la cuenca del rio Magdalena que trae el Canal del Dique, las cuales son usadas también en actividades agropecuarias y pesqueras de tipo artesanal involucradas con la acuicultura en la operación de piscinas de zoo criaderos. Es así como en el Plan de Desarrollo del 2016 se establece que el Sector Pecuario en la región mantiene un desarrollo sostenible en cuanto a los pequeños productores y acuicultores artesanales, esto por tener acceso a la captura y explotación que les permite tener un mejoramiento económico y un bienestar a las familias productoras.

Figura 28. Cobertura de la Industria Camaronera en el Municipio de San Antero



Fuente: Elaboración propia. 2017

Figura 29. Cobertura Total de Manglar en el Municipio de San Antero



Fuente: Elaboración propia. 2017

En el municipio de San Antero se establecieron tres fincas camaroneras, encontrando a Camarones del Sinú como la más antigua de todas, según registro de las imágenes Landsat, pero con una cantidad de hectáreas de cultivo muy baja pero estable en todos los años, cosa contraria a la finca Agrosoledad quien en sus primeros diez años tuvo un crecimiento exponencial significativo, siendo la de mayora área de las tres, pero quien en los últimos años inicio un descenso importante en cuanto a área de piscinas de cultivo. Estas fincas yacen incluidas en el desarrollo del municipio como pudo ser corroborado por medio del *Plan Básico de Ordenamiento Territorial (2007)* del municipio de San Antero, en donde se entabla una Zona Agroindustrial que se encuentra paralela a las áreas de manglar en la zona estuarina de la Bahía de Cispatá con la explotación de mariscos al suroeste, zona rural, por parte de Agrosoledad y Agrotijó S.A.

En general las principales actividades económicas para la población se puntualizaron como: ganadería, jornaleo agrícola, agricultura de subsistencia y otro grupo vive de la pesca y el aprovechamiento de los manglares, sin embargo, para estos últimos dentro del Articulo 126 se detallan las Áreas de Protección y Zonas de Manglares, ubicados al occidente del territorio municipal, componiendo el sistema estuarino de la Bahía de Cispatá, así como el manglar que se encuentran a lo largo de la Costa en los sectores de Cispatá, Playa Blanca, Punta Bello y Punta Bolívar, todos ellos correspondientes a la jurisdicción del municipio,

que por su importancia se considera como un tipo de ecosistema que demanda un tratamiento especial.

Cabe anotar que así mismo en toda el área de estudio en algunos otros municipios, en sus diferentes PDM o POT, se ve reflejada la importancia de la incursión de la industria del cultivo de camarón, tal como se observó en el *Plan de Desarrollo 2008-2011* del municipio de San Onofre en Sucre, en donde se enuncia que en los corregimientos de Labercé y Libertad, en el norte del municipio, con capital privado se desarrollaron camaroneras (Cartagenera de Acuacultura), cuyo producto fue procesado para la exportación, generando empleos directos a los pobladores de esa área rural.

Reconociendo la importancia del cuidado del medio ambiente y su relación con las diferentes actividades económicas de la sociedad, para su preservación, mediante el cumplimiento normativo, resaltado en los PDM y POT de los municipios de la Costa Caribe a favor del ecosistema de manglar; en la siguiente y última fase del documento se analiza la relación del cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera a partir de los datos obtenidos en el análisis multitemporal de las imágenes Lansat del área en estudio.

5.4 Fase de la Transformación de la cobertura de mangle por la industria camaronera entre los años 1983 – 2016.

En la siguiente tabla, se observan los porcentajes de área del cultivo de camarón con respecto al cambio en hectáreas de la cobertura de manglar en cada uno de los años por departamento y su grafica en términos de porcentaje para cada uno de ellos. (ver Figura 30).

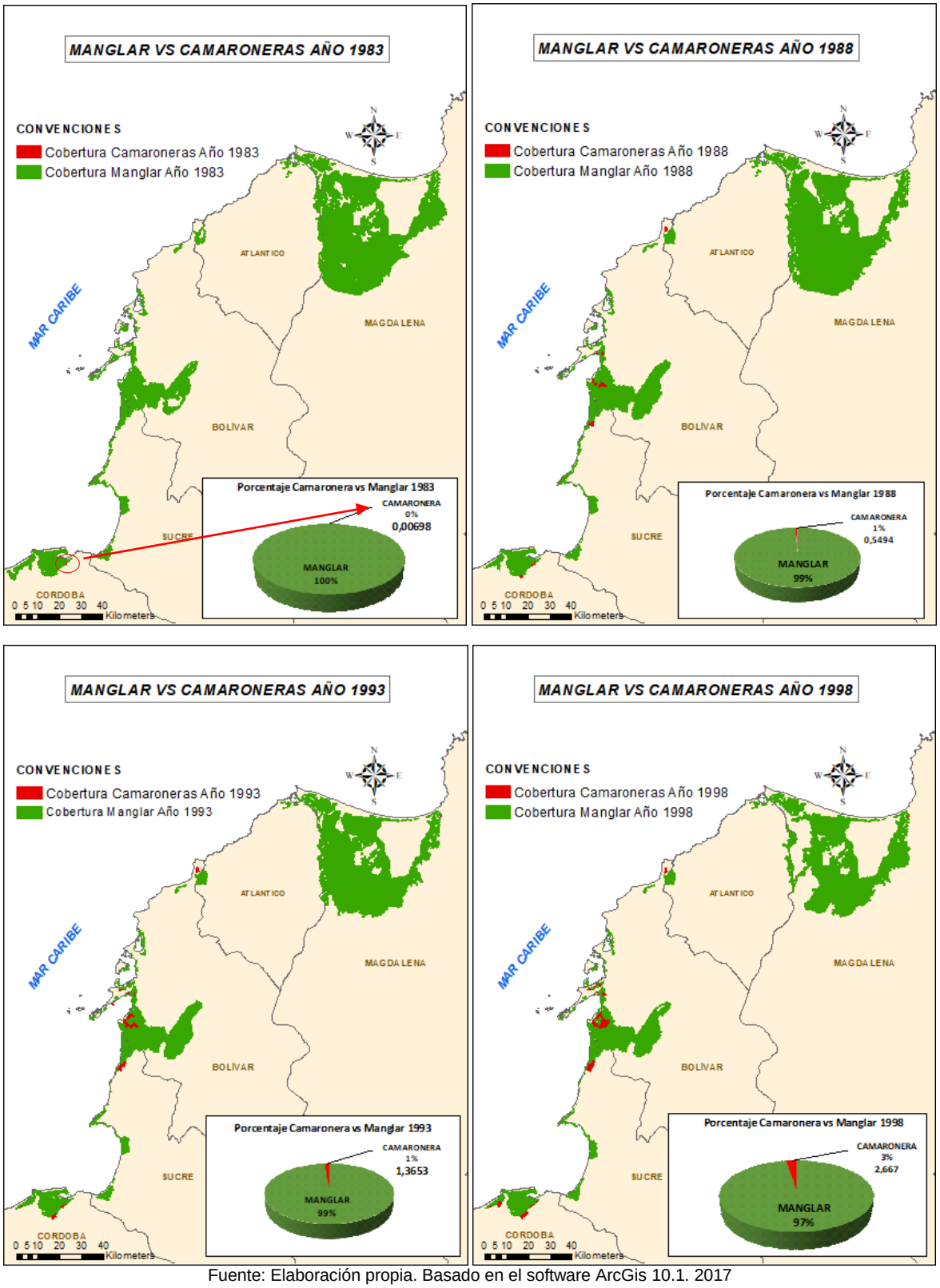
Tabla 15. Áreas de cobertura de la industria de camarón, mangle y su porcentaje de pérdida por departamento

AÑO	DEPARTAMENTO											
	BOLÍVAR			CÓRDOBA			MAGDALENA			SUCRE		
	Manglar (ha)	Camaronera		Manglar (ha)	Camaronera		Manglar (ha)	Camaronera		Manglar (ha)	Camaronera	
		(ha)	%		(ha)	%		(ha)	%		(ha)	%
1983	28057,45	0,00	0,00%	11353,89	13,39	0,12	141855,92	0,00	0,00	10393,79	0,00	0,00
1988	28244,27	605,10	2,14%	9715,74	108,01	1,11	126164,89	0,00	0,00	10077,98	244,12	2,42
1993	26964,87	1192,70	4,42	9518,74	267,94	2,81	98230,39	12,58	0,01	9666,35	498,09	5,15
1998	24126,92	2121,98	8,80	9077,59	571,52	6,30	85017,84	11,65	0,01	9150,13	692,66	7,57
2003	22152,63	2376,06	10,73	9026,00	511,79	5,67	77819,01	13,72	0,02	9076,04	909,53	10,02
2008	21817,45	2335,41	10,70	8699,16	459,65	5,28	73586,76	11,53	0,02	9052,67	903,76	9,98
2013	20485,98	2046,92	9,99	8649,54	380,39	4,40	67795,15	12,45	0,02	8712,40	885,95	10,17
2016	18054,51	2160,00	11,96	8378,78	333,60	3,98	63145,05	32,81	0,05	8295,49	899,56	10,84

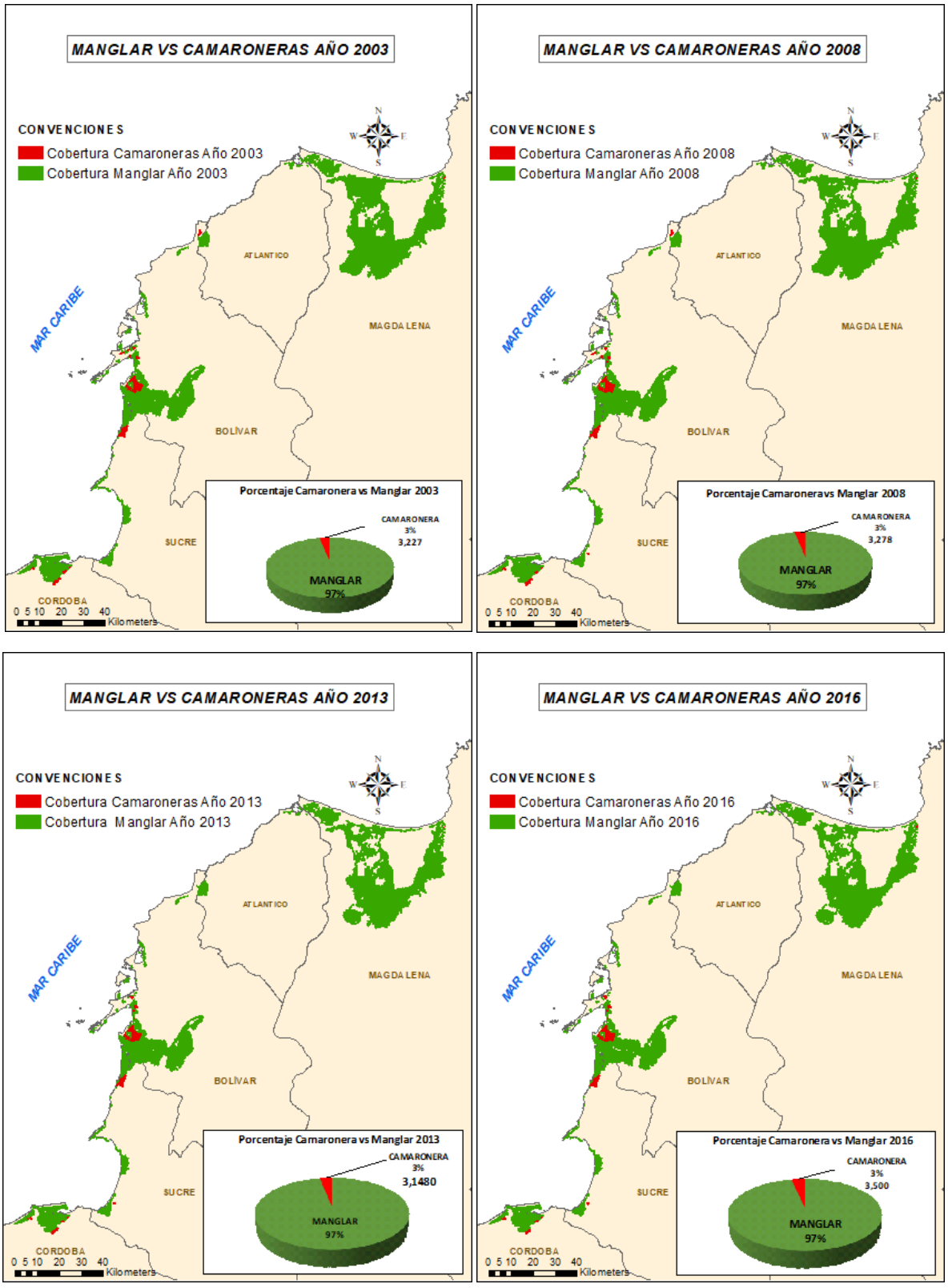
Fuente: Elaboración propia. 2017

En las siguientes imágenes podremos se observa la secuencia cartográfica en cuanto al cambio de la cobertura de bosque de manglar frente a la evolución de la cobertura de la industria de camarón en la temporalidad evaluada, graficando los porcentajes que se evidencian en la tabla anterior.

Figura 30. Secuencia Cartográfica del Cambio Porcentual de la Cobertura de Manglar Frente a la Cobertura de la Industria de Camarón



Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017



Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 10.1. 2017

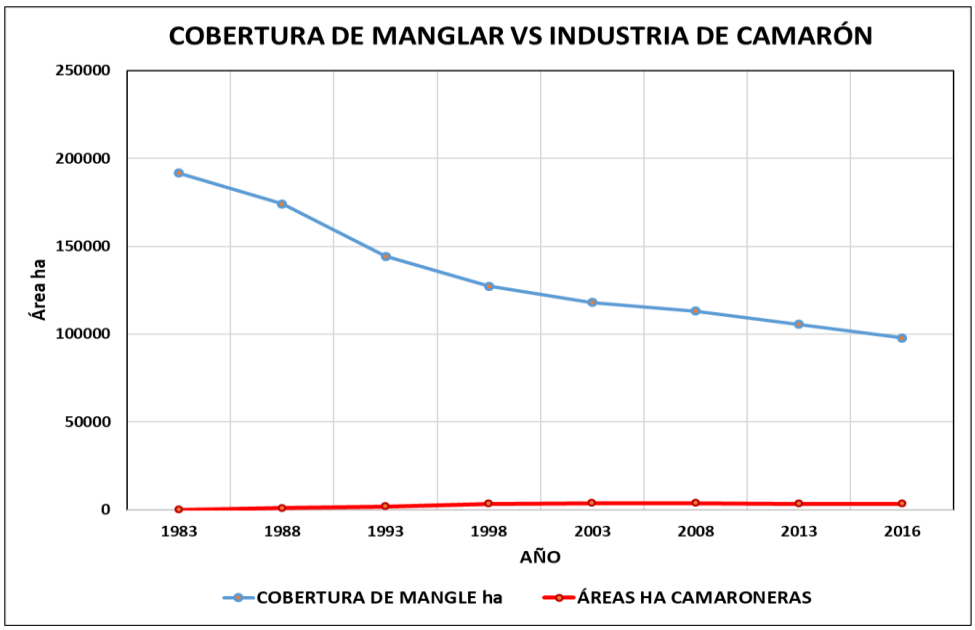
Con base en los resultados anteriores sobre el incremento de la industria de camarón a través de la temporalidad establecida, sobresale el departamento de Bolívar con 1554,9 ha. de crecimiento de cultivo en piscinas camaroneras de 1988 al 2016 y una reducción de cobertura de manglar de 10002,9 ha. Dentro de este periodo, el 10.7% equivale a la cantidad de cobertura de la industria de camarón con respecto al total de manglar para el año 2003, debido al mayor número de fincas que se establecen en esta región. En consecuencia, el porcentaje de cobertura camaronera con respecto al área de ecosistema de manglar de cada año, tiende a aumentar independientemente de su ubicación y a ganar más terreno para su desarrollo; lo contrario pasa con las cantidades de cobertura de manglar quienes con el tiempo su reducción es mucho mayor y que en términos de los valores arrojados por cada departamento, sobrepasa el 20% de perdida en el total de cobertura inicial.

Igualmente, en la gráfica anterior, se identifica que el departamento del Magdalena, en comparación con los demás departamentos, no representa un cambio significativo en la instalación de industria camaronera en los años evaluados; siendo que el Magdalena cuenta con el mayor número de hectáreas de manglar reducido y el menor número de crecimiento de la cobertura de la industria de camarón. Lo que conlleva a interpretar que la única empresa establecida en este departamento Acuiagro, no logra la mayor afectación directa en el bosque de manglar, con un 0.05% de cobertura camaronera con respeto a la de manglar para el 2016. este es deterioro es producto a raíz de las diferentes causas descritas anteriormente en el ítem 3.2.4 Causas de la Perdida del Ecosistema de manglar, del documento.

Es muy probable que esta situación se presente debido a que la finca camaronera se encuentra ubicada muy cerca al área protegida del Santuario de Flora y Fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta, por lo cual se cree que el control y vigilancia que ejerce la dirección de Parques Nacionales de Colombia en esta región, ha contribuido a que esta actividad económica no haya tenido un crecimiento tan considerable.

En la siguiente figura se representa la correlación de las dos variables de estudio en cuanto a las cantidades de hectáreas que se obtuvieron de cada una de ellas, en la temporalidad establecida. De acuerdo al análisis efectuado durante todo el desarrollo del proyecto, es evidente que el comportamiento de la gráfica era el esperado, permitiendo establecer que la curva de cobertura de mangle tiene una tendencia descendente primordialmente en la década de los 80s, mientras que la de la industria de camarón su comportamiento es creciente desde sus inicios de implementación en la Costa Caribe. Por tanto, cabe afirmar, que, si los lineamientos en manejo y control de este ecosistema y las normatividades que regulan la industria de camarón, no son eficaces, la prolongación de las curvas con los años dará como resultado un intersecto entre ellas.

Figura 31. Correlación de Cobertura de Manglar e Industria de Camarón



Fuente: Elaboración propia. 2017

Una vez realizado todo el proceso de identificación de cobertura de mangle y de las zonas de ubicación de la industria camaronera, además de la revisión documental y geográfica de la información referida con base en la industria del camarón y su influencia en el ecosistema de manglar, a continuación se presentan aquellos efectos ambientales, sociales y económicos, que se identifican claramente y vale la pena tener presente a la hora de iniciar una evaluación mucho más profunda respecto a la industria de camarón en cada una de las áreas.

5.4.1 Análisis Ambiental y Lineamientos de Manejo y Control propuestos

Si bien el desarrollo de esta tesis, está enfocado al uso de tecnologías satelitales para identificar la magnitud y localización de un evento de afectación al medio natural (en este caso la industria del camarón frente a los ecosistemas de manglar), es importante referir algunos lineamientos ambientales identificados en el transcurso de esta investigación, que vale la pena profundizar en nuevos estudios.

Como ya hemos nombrado anteriormente, los manglares son ecosistemas muy productivos y a su vez frágiles, en los cuales la industria camaronera se ha venido instalando, lo que ha ocasionado efectos negativos en el mismo, por la ubicación, diseño y construcción de las piscinas para la cría del camarón, además estos efectos se pueden llegar a evidenciar en el desarrollo de su operación, por causa de vertimientos de los diferentes estanques y desechos químicos. Por lo tanto, podemos reconocer que mientras más extensiva sea producción, esta requerirá mayores áreas y será una mayor amenaza para este ecosistema.

Según la revista electrónica de veterinaria: “industria del camarón” de Fonseca Moreno, E. está demostrado que si bien los ecosistemas de mangle, son las áreas óptimas para la camaronicultura, se identifica que las propiedades ácidas, salinas y sulfatadas de los suelos, al igual que el aislamiento geográfico representan un deterioro importante a las condiciones naturales de este ecosistema alterando su equilibrio natural.

Durante este proceso de investigación, se pudo identificar dos causas importantes de afectación para los ecosistemas de manglar; la primera anteriormente nombrada, todo el impacto que genera la construcción de sus estanques y la segunda, el recambio del agua en las piscinas, ya que se vierte directamente a los cuerpos de agua natural; dichos vertimientos pueden contener fertilizantes y demás sustancias toxicas, que en las concentraciones usadas para los camarones, afectan directamente la flora y fauna del lugar.

Debido a esto, la legislación del medio ambiente de Colombia incluye la protección de los manglares, por la cual, en la actualidad no se otorgan permisos que autoricen la construcción de granjas acuícolas si se comprueba que ellas atentan contra los manglares; señalado en la Resolución 1602 del 21 de Diciembre de 1995 – Ministerio de Medio Ambiente. Con esto, la ley ambiental colombiana aspira a estar acorde a las exigencias de un buen manejo ambiental en el mercado internacional del camarón.

Es así como se evidencio durante todo el análisis temporal, que las hectáreas de industria de camarón han venido en aumento debido a factores como, apoyos estatales, auxilios de entidades como el Banco Mundial y la FAO, por lo tanto las camaroneras se vienen instalando cada vez más en países tropicales, en este caso la Costa Caribe colombiana, convirtiendo hectáreas de manglar, fundamentales para las comunidades locales como alternativa económica, pero con efectos negativos para la biodiversidad que la rodea, por lo que dichas zonas se vuelven infértiles afectando otras economías locales.

En el informe *"Manglares-Sustento local versus ganancia empresarial"* del Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales detallan que una sola finca camaronera puede llegar a competir con los recursos de subsistencia toda una población, por lo cual es fundamental los mecanismos de control para esta industria. Además, destaca que, con el paso del tiempo, la sobrecarga de contaminación de las piscinas camaroneras es incontrolable, por lo que son abandonadas y a su paso no queda más que un ecosistema destruido y comunidades locales empobrecidas.

Para no permitir estos sucesos, en la *"Guía Ambiental para el Subsector Camaronicultor"* del Ministerio de Medio Ambiente, se describen algunos lineamientos que contrarrestan los daños generados por una mala implementación de la industria en la región; de los cuales vale la pena destacar:

Tabla 16. Lineamientos de Manejo y Control por parte de la Industria Camaronera.

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
Localización de la Granja	Según la planificación nacional y los marcos jurídicos ambientales pertinentes, realizando uso eficiente de los recursos terrestres y acuáticos, conservando la biodiversidad, los hábitat sensibles y las funciones ecosistémicas, reconociendo que otras personas y especies dependen de estos mismos ecosistemas.
Diseño de la Granja	Diseñar y construir las granjas camaroneras de manera que minimicen el daño ambiental.
Uso del Agua	Minimizar el impacto del uso del agua para el cultivo de camarón sobre los recursos hídricos.
Responsabilidad Social	Desarrollar y operar las granjas de una manera socialmente responsable que beneficie a la granja, a las comunidades locales y al país, contribuyendo efectivamente al desarrollo rural, particularmente, aliviando la pobreza en áreas costeras, sin comprometer el medio ambiente.

Fuente: Informe *Evaluación de la Creación de una Empresa Productora y Comercializadora de Camarón en la Isla de Barú*. *Gómez León Antonio José, Iriarte Rico Luisa Melina. Universidad de Cartagena. 2007*

Respecto a la primera etapa indicada en la tabla anterior es necesario, no generar pérdida de manglar o de otros hábitats al no localizar las fincas camaroneras en suelos arenosos u otras áreas donde la infiltración o descarga de agua salada pueda afectar terrenos agrícolas o fuentes de agua dulce y en sectores que ya hayan alcanzado la capacidad de carga para acuicultura, obedeciendo las disposiciones de utilización del suelo, leyes de planificación y los planes de manejo costero.

En la segunda etapa se propone investigar respecto a aquellos materiales aislantes que permitan impermeabilizar las piscinas, bajo costos razonables pero que reduzcan la infiltración de aquellas sustancias utilizadas durante los procesos de la actividad de la industria del camarón permitiendo minimizar la erosión, salinización y suelos ácidos sulfatados de las áreas durante la construcción y operación de la granja. Además de es pertinente el diseño de diques, canales e infraestructura de manera que no afecte a la hidrología, separando los puntos de

descarga del efluente y del canal de entrada, para reducir la auto contaminación y mantener la bioseguridad.

Si bien la afectación directa de la industria camaronera en el ecosistema de manglar es muy concreta en cuanto al establecimiento de las piscinas de cría, es precisamente en este proceso en donde se identifica que se puede presentar el mayor problema ambiental; sin embargo cabe destacar que otras afectaciones difusas por procesos de operación, pueden estar afectando áreas de manglar vecinas debido a sus residuos de producción, pues sus vertimientos se pueden trasladar sobre las aguas de los cuerpos de agua cercanos, lo que conllevaría a un desequilibrio en el medio.

Se propone la realización de una planta piloto de costos razonables, con las unidades necesarias que permitan una adecuada depuración de los vertimientos generados. Por lo tanto, se sugiere una siguiente fase para este proyecto, en cuanto a la implementación de una PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual) dependiendo a las condiciones específicas de los vertimientos de cada una de las Granjas camaroneras, reduciendo la descarga de efluentes de la granja y sedimentos al ambiente y con esto devolver el agua al ecosistema con concentraciones más optimas en cuanto a calidad, cumpliendo con las leyes y normas nacionales sobre uso del agua y descarga de efluentes.

En la preparación y diseño de la granja es fundamental la participación de un ingeniero ambiental porque justamente es en estas dos fases en donde se van a producir e identificar cuáles son las sustancias contaminantes que se van a generar y en sus concentraciones, de acuerdo a su capacidad de producción.

En cuanto a la responsabilidad social se debe reducir los conflictos con las comunidades locales que puedan resultar del desarrollo y operación de las granjas camaronera, puesto que el inconformismo por el cambio de actividad económica le afecta directamente a causa de la perdida de ecosistema de manglar, de los cuales siempre ha sido su medio de sustento. Por tanto, es necesario encontrar una relación de beneficio entre ambas partes, implementando capacitación en el desarrollo responsable de cultivo de camarón para cultivadores y trabajadores.

6 CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta que el objetivo general tiene que ver con la interpretación multitemporal de imágenes de satélite, a través de las herramientas del sistema de información geográfica (SIG) es posible identificar por medio de estas, las diferentes áreas de cobertura vegetal de la tierra y realizar seguimientos para verificar los cambios que estas pueden llegar a presentar a través del tiempo, debido a las diferentes actividades económicas presentes en la región, por lo cual gracias a los cálculos obtenidos por medio de estas, se logró ratificar lo descrito anteriormente ya que la cobertura de manglar desde el año 1983 al 2016 ha tenido una reducción de 93787,2 ha. en promedio 13398,8 ha. por año, en comparación con el aumento del área de la industria de camarón con un total de 3412,6 ha. y un promedio del 487,5 ha. para este mismo periodo. Por lo cual el uso de imágenes de satélite fue bastante importante para identificar los cambios a nivel temporal de la cobertura de manglar, ya que la resolución espacial lo permite, sin embargo, factores como la temporalidad de toma de las imágenes por parte de los sensores, sus errores y la nubosidad presente, ocasionan muchas veces ruido en las imágenes que imposibilitan la visualización y posterior análisis adecuado.

- Al aplicar una tecnología en el reconocimiento de una afectación a una cobertura terrestre, realizando todo el ejercicio de identificación de imágenes, datos y resultados, fue un apoyo fundamental para la toma de decisiones, frente al tema del sector camaronero, puesto que ayuda a focalizar los puntos de mayor afectación en un área para posibles estudios basados en lo realizado en este documento.

- Si bien se esperaba que la afectación de la industria al ecosistema de manglar fuese en dimensiones no tan significativas, si valía la pena identificar que tanto la industria había crecido a lo largo de estos años y

como el ecosistema de manglar había decrecido, puesto que no se había presentado este estudio en la región; arrojando una reducción de area de manglar notablemente pasando de 191661 ha. a 97873 ha., y un amento de la cobertura de industria de camarón de 13,4 ha. a 3425 ha.

- Teniendo en cuenta los cambios de cobertura de manglar, especialmente entre los años 1998 al 1993, con un descenso del 17,12%, se pudo evidenciar a nivel documental que la industria de camarón ha ocasionado perturbación en las poblaciones que viven de estos ecosistemas, como lo son el Distrito de Cartagena y el municipio de San Antero, siendo los de mayor numero de camaroneras en su región, según lo hallado y analizado por medio de las imágenes satelitales, es así como en Colombia gracias al Ministerio del Medio Ambiente en su Resolución 1602 del 21 de Diciembre de 1995, señala las prohibiciones en cuanto a obras, industrias y actividades que afecten el manglar.

- Se pudo evidenciar que el departamento con mayor incidencia de perdida de manglar fue Magdalena, sin embargo, se puede identificar que así mismo se encuentra un área menor de industria de camarón, debido a las condiciones de protección ambiental con las que cuenta el Santuario de Flora y Fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Este factor puede ser derivado de la obstrucción de los caños de conducción de aguas dulces de varios ríos, la disminución del caudal de los tributarios por desviación de cauces, la interrupción de flujo hídrico entre la ciénaga y el mar, además de la construcción de las vías. Por lo cual en otros departamentos donde no se reporta ningún tipo de protección para este ecosistema, la incidencia en cuanto a la construcción de las piscinas camaroneras es mucha más alta, como lo es en el departamento de Bolívar.

- Debido al comportamiento de las gráficas de las dos coberturas de estudio es posible determinar que la industria de camarón continuara con un crecimiento exponencial y por ende una mayor ocupación de la superficie

de explotación, conduciendo a una alta reducción de los ecosistemas de manglar y la inestabilidad ambiental; este fenómeno se debe solucionar a partir de la implementación de lineamientos de manejo y control que contrarresten estos efectos por medio del cumplimiento de normatividades estipuladas por las corporaciones estatales competentes.

7 RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta los 30 años revisados por medio de imágenes de satélite en los bordes de las fincas de camarón más establecidas se puede detallar un cambio de tonalidad del ecosistema de manglar, que conlleva a indicar un efecto de deterioro de este, por lo que es evidente que algo está sucediendo con respecto a los vertimientos de estas fincas permitiendo expresar la importancia de ejecutar un próximo estudio a estas zonas industriales donde se evidencia afectación al ecosistema.

- Es recomendable realizar una segunda fase de este proyecto en campo para identificar directamente la deforestación de manglar para la construcción de las piscinas para criadero del camarón, al igual que identificar indirectamente los temas de vertimientos en estas zonas de la Costa Caribe ya que en este proyecto no se hizo reconocimiento en campo.

- Dentro de la temporalidad establecida se descargaron 39 imágenes satelitales, las cuales muchas de ellas no se pudieron analizar, debido a la obstrucción, en cuanto a nubosidad y errores por ruidos en escena. Por lo tanto, para evidenciar un cambio cuando la reducción de una cobertura terrestre es tan difusa, tiene que ser en un periodo extenso que permita una evaluación correcta, lo que permite puntualizar ciertos comportamientos en el cambio de cobertura. Por lo tanto, se sugiere la realización de una segunda fase del proyecto con el sistema de sensores Landsat, puesto de ellos se permite obtener imágenes gratuitas, posibles de descargar,

posibilitan el manejo de información a través del tiempo, bajo costos razonables.

- La contaminación al recurso hídrico por los vertimientos debido a las industrias de camarón es una problemática que afecta a la región Caribe, es recomendable buscar soluciones para el manejo de vertimientos y uso de pesticidas en los cultivos de camarón.

- Es de suma importancia realizar un monitoreo del manglar por periodos de tiempo más cortos en campo que permitan determinar con mejor precisión y exactitud la magnitud de los cambios, para conocer más a detalladamente aquellas zonas críticas que son las que han sufrido una mayor pérdida de la cobertura de manglar; así como conocer el estado de conservación; lo cual servirá para una mejor toma de decisiones con respecto a dicho ecosistema.

- Se recomienda realizar estudios de afectación indirecta en cuanto a las corrientes de agua que llegan al manglar afectando las diferentes especies que se encuentran en la región Caribe generando políticas de control para disminuir las perdidas año tras año.

- Es deseable apoyar las iniciativas de conservación orientadas a aumentar las áreas protegidas en la Costa Caribe colombiana en particular, aquellas que consideren la protección del mangle.

- Una forma de tratar al bosque de manglar dañado es la restauración, método que se maneja por todo el mundo, pero se utiliza en aquellas zonas en las que no puede recuperarse por sí solo dicho sistema.

8 BIBLIOGRAFIA

Abreu, C., Cabrera, S., Fernández, G., & Icasuriaga, M. (2017). *Firmas Espectrales y Características de Coberturas Fundamentales.* Uruguay .

Aguilera, M. M. (Abril,1998). *Los Cultivos de Camarones en la Costa Caribe Colombiana.* Cartagena de Indias: Banco de La Republica.

Analisis espectral. (2006). Obtenido de http://www.ehu.eus/Procesadodesenales/tema8/tz2.html

ArcGIS. (2015). *Introducción a ArcGIS*. Obtenido de http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm

AulaSat: Aula de Teledetección. (2016). Obtenido de http://aulasat.wikispaces.com/La+firma+espectral

AUNAP, & CENIACUA. (Junio, 2016). *Atlas de la Camaronicultura Colombiana: histria, estado Actual y Zonas Potenciales.* Cartagena.

Bosarreyes, A. (2013). *Estudio de la cobertura de mangle en la República de Guatemala.* Guatemala.

Bravo, E. (2010). *LA INDUSTRIA CAMARONERA EN ECUADOR.* Ecuador.

Colombia, M. d. (12 de Diciembre de 2015). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia.* Obtenido de Manglares: https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-14

Corredor, C. M., & Fonseca, C. A. (2013). *Océanos S.A un Ejemplo de Sostenibilidad en la Competitiva Industria Camaronera.* Universidad Tecnológica de Bolívar.

DUQUE, A. F., CRUZ, N. L., & BAQUERO, J. C. (06 de Junio de 2008). *Manglares Colombianos*. Obtenido de http://manglrecolombianos.blogspot.com.co/2008/06/manglares-colombianos.html

Ecoprogreso, F. (2016). *CONOCE LA CIENAGA.* Obtenido de http://www.ecoprogreso.org/especies-de-mangle-en-la-cienaga-de-la-virgen-y-de-juan-polo/

ESA-Agencia Espacial Europea . (2016). Obtenido de Firmas espectrales - ESA Eduspace: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM6DYD3GXF_0.html

FAO, D. d. (1978). *Programa para la Formación de Acuicultores en el Centro Regional Latinoamericano*. Obtenido de http://www.fao.org/docrep/l8156s/l8156s07.htm

Fonseca Moreno, E. (2010). *Industria de Camarón: su responsabilidad en la desaparición de los Manglares y la contaminación acuatica.*

Fonseca Moreno, E. (2010). *Industria del camarón.* cuba: REDVET. Revista electrónica de Veterinaria.

Gòmez Restrepo, H. J., & Pasculli Henao, L. (Noviembre 2014). *Hacia La sostenibilidad y competitividad de la acuicultura Colombiana.* Programa de transformacion productiva.

Gonzalez, I. D., & Fernàndez, C. (2012). *Los Sistemas De Informaciòn Geogràfica.* Apuntes de Ciencias Instrumentales y Tecnicas de Investigaciòn.

Henao, M. C. (2011). *Analisis del cambio de cobertura de mangle y su relacion con la pesca ribereña.* México.

image, M. a. (2012). Obtenido de http://www.gamma-rs.ch/sup/thematic-mapping/multitemporal-images.html

INVEMAR. (2012). *Lineamientos De Manejo Integrado De La UAC Estuarina Río Sinú– Golfo De Morrosquillo, Sector Córdoba.*

INVEMAR. (s.f.). *Ecosistemas de manglare en colombia.* Obtenido de http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2004/06Estuariosmanglares.pdf

Kathiresan, K., & Bingham, B. (2001). *Biology of Mangroves and Magrove Ecosystems (Kathiresam and Bingham, 2001).* Washington.

Larach, M. A. (1999). *Las Barreras Medioambientales a las exportaciones Latinoamerocanas de Camarones.*

magdalena, a. c. (2009). *capitulo 1 politicas de desarrollo economico.* Obtenido de file:///C:/Users/user/Desktop/desarrollo%20economico-%20cienaga%20(25%20pag%20-%2067%20kb).pdf

MANGLARES COLOMBIANOS. (6 de Junio de 2008). Obtenido de http://manglrecolombianos.blogspot.com.co/2008/06/manglares-colombianos.html

Perez, G. J. (2005). *Economia Regional de Bolívar: Industrial, Agropecuiario y Turístico.* Cartagena de Indias: Banco de la República. Obtenido de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-58.pdf

Quiñonez, A. (2012). *LOS MANGLARES*. Obtenido de http://jandroje.blogspot.com.co/2012/01/de-mangle-mangle-pinuelo-pelliciera.html

Resolución de las imágenes satélite . (2006). Obtenido de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/i_resolucion.htm

Rojano, P. C. (2016). Los manglares se resisten a la extinción. *El Heraldo*.

Sanchez, L. (11 de 12 de 2016). *Fundamentos y Generalidades de la investigación.* Obtenido de http://fundamentosdeinvestigacionlasg.blogspot.com.co/2016/12/pregunta-de-investigacion.html

Soto, A. M. (2005). *Análisis y síntesis en cartografía.* Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/2/01PREL01.pdf

Varela, Á. G. (2010). *LANDSAT- Sistemas de Comunicación Vía Satélite* .

ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de Información Bibliográfica.*

BASE DE DATOS INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA						
NOMBRE	**INSTITUCIÓN**	**AÑO**	**TIPO**	**AUTOR**	**INFORMACION DE INTERES**	**AREA**
Calendario Climatologico Aeronutico Colombiano	Sociedad Geografica de Colombia, Academia de Ciencias Geograficas	1967	Artículo	JOAQUIN MOLANO C; JOSE M. BATISTA C	Definición de la temporada seca y de lluvia en Colombia, especificando los meses y regiones del pais.	Climatologia
Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática	Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma. Cuba	2010	Artículo	Fonseca Moreno, E.	Tendencias de crecimiento de la camaronicultura versus la afectación del medioambiente, específicamente las implicaciones relacionadas con la destrucción de los manglares como ecosistemas y la contaminación de las aguas marinas y continentales.	Camaroneras
Los cultivos de camarones en la Costa Caribe colombiana	Banco de la Republica-Cartagena de Indias - Centro de Investigaciones Economicas del Caribe colombiano	1998	Informe	Maria Modesta Aguilera	Breve introducción del inicio de la industria camaronera en colombia; evolucion del sector camaronero en la caribe, su constribucion al desarrollo de la economia de la región y las perspectivas futuras; se estudian caracteristicas, evolución, producción, expotaciones y precios de la camaronicultura en la región.	Camaroneras
Historia de la Acuicultura en Colombia	Revista AquaTIC, Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura	2012	Informe	Yinet Andrea Parrado Sanabria.	Historia de la acuicultura en Colombia	Camaroneras
Hacia La Sostenibilidad Y Competitividad De La Acuicultura Colombiana	Programa de transformación productiva - apoyada por Acuanal y Fedeacua.	2014	informe	Hernando José Gómez Restrepo	Historia de la camaronicultura en Colombia, análisis del sector camaronero en los cuales encontramos: un contexto internacional a la vez que uno nacional como se encuentra el sector al 2014; su evolución en cuanto a producción, fincas, plantas de proceso, la cadena productiva y económica del camarón.	Camaroneras
Variación de cobertura de Mangle en el Antiguo Delta del Río Sinú-Caribe Colombiano entre 1980-2004 y cambios estaciónales del índice de Vegetación	Departamento de Ciencias Marinas Universidad de Puerto Rico	2004	Artículo	Alvaro Cabrera	Estudio de la cobertura de manglar en la costa Caribe de acuerdo a una temporalidad en años con ayuda de imágenes ASTER y MODIS.	Manglar
Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de la comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitacion de la cienga grande de Santa Marta 1999 a 2015	INVEMAR - Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible	1999-2015	Informe	grupo de investigación Invemar	En este informe se indican y se analizan los cambios producidos en el funcionamiento y estructura de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros, así como el estado de la calidad del agua del sistema lagunar evaluado a través de indicadores físicos, químicos, biológicos y sanitarios; esto, a diferentes escalas de tiempo y espacio relacionados dentro de los criterios de "éxito" del proyecto y definidos temporal y espacialmente dentro de un contexto ecológico, económico y social. Se hace énfasis en los problemas que puedan ser de interés a los efectos de gestión de la problemática ambiental actual, por parte de entidades tales como CORPAMAG y el Ministerio del Medio Ambiente, así como las asociaciones de pescadores y pobladores de la Ciénaga Grande de Santa Marta.	Manglar
Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del caribe y pacífico colombianos informe técnico 2013	INVEMAR - Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible	2013	Informe	Invemar	Evaluar los efectos de actividades humanas sobre los ecosistemas marinos y costeros, con miras a disponer en forma permanente de un diagnóstico actualizado de las condiciones ambientales	Manglar
Indicadores de monitoreo biológico del subsistema de áreas marinas protegidas (SAMP)	INVEMAR - Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible	2014	Informe	Invemar	Protocolo para el manejo y gestion de Diseño e implementación del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia y Protección de la biodiversidad en el Caribe suroccidental, teniendo en cuenta diferentes monitoreos al bosque de manglar, densidad , especie, altura promedio del bosque ,etc.	Manglar

BASE DE DATOS INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA						
NOMBRE	INSTITUCIÓN	AÑO	TIPO	AUTOR	INFORMACION DE INTERES	AREA
ESTADO DE LOS ESTUARIOS Y MANGLARES EN COLOMBIA cap 6	Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2004- INVEMAR	2004	Informe	Invemar	Estado de los estuarios en Colombia, situacion de los bosques de manglar, proyectos de manglares de colombia por departamento de la costa caribe, cambios de la cobertura de manglar, estrategias de conservacion y manejo de acuerdo a los impactos naturales y antropogenicos de la region.	Manglar
La calidad ambiental marina y costera en Colombia cap 3	Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2004- INVEMAR	2004	Informe	Invemar	se encuentra informacion sobre las fuentes de contaminacion de mares y costas del caribe colombiano como vertimientos domestico, industriales , agroindustriales y residuos solidos; estado de los manglares y lagunas costeras	Manglar
Contribuyendo a la preservación del ambiente marino y costero	Informe de Actividades INVEMAR	2004	Informe	Invemar	informes sobre proyectos de conservacion, condiciones ambientales de la cienaga grande de santa Marta; evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano.	Manglar
Dinámica fluviomarina en los manglares de la bahía de cispatá, caribe colombiano	Escuela de geociencias y medio ambiente facultad de minas universidad nacional de colombia	2006	Tesis	Mauricio Andrés Ruiz Ochoa	Por medio de imágenes satelitales y fotografías aéreas se estudió la variabilidad en los cuerpos de agua de la bahía de cispata; combinación de bandas de las imágenes para la determinación del estado de la bahía. Igualmente se analizaron los patrones sedimentológicos del sistema. Mediante la combinación de variables químicas, sedimentarias y de vegetación se analizó la dinámica espacial fluvial, marina y mixta del sistema.	Manglar
Estado del manglar	Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia	2000- 2001	Informe	Oscar Casas Monroy Laura Perdomo Trujillo	evaluacion del estado de los bosques de manglar en la costa caribe y pacifica identificacion de bosuqes y estructura de los mismos	Manglar
Uso sostenible, manejo y conservación de los Ecosistemas de Manglar en Colombia	corporaciones autonomas regionales del caribe colombiano- Ministerio Medio Ambiente	/	informe	CARS,Ministerio Medio Ambiente	Se encuentra un enfoque ecosistemico de la importancia de los bosques de mangles y el papel que desempeñan a lo largo y ancho de las costas colombianas; aspectos sociales, economicos, industriales, proyectos basados en la conservacion de bosques de manglar.	Manglar
Evaluación de los recursos Forestales mundiales 2005 Estudio tematico sobre manglares	Departamento de Montes Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	2005	informe	FAO	Descripcion de vegetacion y estimacion de manglar a nivel nacional, especies exclusivas de manglar en colombia, Tendencia en la extensión del área de manglares en el tiempo	Manglar
Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en colombia año 2011,2014, 2015	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	2011-2014 - 2015	Informe	Invemar	Los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia, Estado del ambiente abiótico, calidad de aguas y biodiversidad, Calidad de las aguas marinas y costeras del caribe y pacífico colombiano, Aprovechamiento de recursos pesqueros	Manglar
Informe del estado de losrecursos naturales y del ambiente 2011 al 2012	contraloria general de la republica	2011/2012	Informe	contraloria general de la republica	Evaluación y análisis de la gestión institucional para el uso, manejo y conservación de los ecosistemas de Manglar de Colombia, Distribución y extensión de los manglares	Manglar
Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el caribe y pacifico colombiano 2008-2014	INVEMAR - Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible	2008/2014	Informe	Invemar	Sistemas cartográficos, estadísticas de la información y otras herramientas, que permite a los técnicos y administradores, conocer y repasar el estado actual e histórico de la calidad de las aguas marino costeras. Este informe contiene una descripción estacional y temporal de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y contaminantes (Hidrocarburos del petróleo y Plaguicidas organoclorados) tanto en el Caribe, como en el Pacífico colombiano.	Manglar

.

BASE DE DATOS INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA						
NOMBRE	INSTITUCIÓN	AÑO	TIPO	AUTOR	INFORMACION DE INTERES	AREA
Lineamientos de manejo integrado de la uac estuarina rio sinú– golfo de morrosquillo, sector córdoba	INVEMAR - Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible	2009	Informe	Invemar	Como antecedente a este estudio está la caracterización y diagnóstico de la UAC estuarina río Sinúgolfo de Morrosquillo realizada por el entonces Ministerio de Medio Ambiente – MMA, INVEMAR, CVS y CARSUCRE en el año 2000	Manglar
Manglares Sustento local versus ganancia empresarial	Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales	2002	Informe	Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales	describen con bastante detalle las características del manglar y donde se profundiza en los beneficios sociales y ambientales que aporta, así como en las luchas por su conservación.	Manglar
Evaluación de ecosistemas de manglar con diferente cobertura en cuanto a los procesos de retención, absorción y acumulación de metales pesados (cr, cd, pb, zn y cu).	CONVENIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - INVEMAR	2010	Tesis	Carlos Augusto Villamil Echeverri	La concentración de metales entre bosques, especies y tejidos fue diferente, sugiriendo variaciones de acumulación que dependen de las condiciones ambientales locales y de la composición y estructura de cada bosque, así como de la capacidad de absorción y translocación de cada una de las especies de mangle.	Manglar
Los sistemas de informaciòn geogràfica y la investigaciòn en ciencias humanas y sociales	Apuntes de ciencias instrumentales y tècnicas de investigaciòn	2012	libro	Isabel del Bosque Gonzalez; Carlos Fernàndez Freire; Lourdes Martì n Forero	En este libro presentan los fundamentos para el diseño y modelado de los datos espaciales y la generacion de base de datos georeferenciales y aplicaciones para el manejo de los sig	SiG

Fuente: Elaboración propia. Basado en información Bibliográfica.2016

***Anexo 2**. Base de Datos Imágenes Landsat*

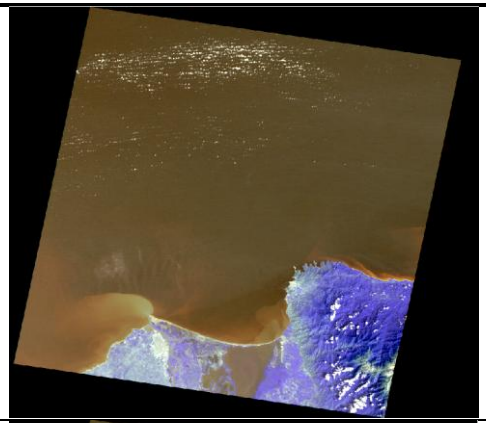
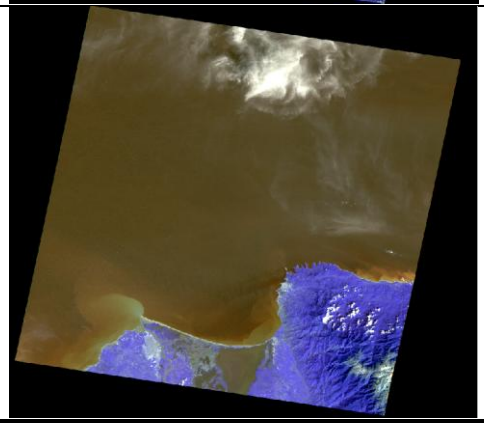
BASE DE DATOS IMÁGENES LANDSAT							
No. De Grrilla	**Año**	**Mes-Dia**	**Toma de Pagina Web**	**Temporada Climatica**	**Type**	**Satelite**	**ID**
9 - 52	1984-(1983)	Ene - 30	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L1-5 MSS	LM40090521984030AAA03
9 - 52	1987-(1988)	Dic - 24	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L1-5 MSS	LM40090521987358AAA03
9 - 52	1991-(1993)	Ago - 21	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	/	L4-5 TM	LT50090521991233CPE00
9 - 52	1998	Mar - 17	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT50090521998076CPE00
9 - 52	2003	Mar - 23	USGS: Earth Explorer	Seca	/	-SLC-off (2003-	LE70090522003082AGS00
9 - 52	2007-(2008)	Dic - 31	USGS: Earth Explorer	Seca	/	-SLC-off (2003-	LE70090522007365EDC00
9 - 52	2013	Abr - 01	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	)LI/TIRS Pre-W	LC80090522013091LGN01
9 - 52	2016	Ene - 14	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	L8 OLI/TIRS	LC80090522016014LGN00
9 - 53	1984-(1983)	Ene - 30	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L1-5 MSS	LM40090531984030AAA03
9 - 53	1986	Dic - 13	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	BSQ	/	019-336
9 - 53	1986	Dic - 13	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT50090531986347XXX03
9 - 53	1987	Ene - 14	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	T50090531987014XXX05
9 - 53	1989-(1988)	Ene - 11	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	032-371
9 - 53	1991-(1993)	Ago - 21	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	/	L4-5 TM	LT50090531991233CPE00
9 - 53	1998	Mar - 17	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT50090531998076CPE00
9 - 53	2003	Ene - 02	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	BSQ	/	024-952
9 - 53	2006	Ene - 26	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	215-777
9 - 53	2008	Jun - 16	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	/	L4-5 TM	LT50090532008168CHM00
9 - 53	2013	Abr - 01	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	)LI/TIRS Pre-W	LC80090532013091LGN01
9 - 53	2016	Feb - 15	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	L8 OLI/TIRS	LC80090532016046LGN00
10 - 53	1985-(1983)	Mar - 04	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L1-5 MSS	LM50100531985063AAA03
10 - 53	1988	Mar - 20	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT40100531988080XXX04
10 - 53	1991-(1993)	Sep - 13	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	/	L4-5 TM	LT50100531991256CPE00
10 - 53	2000-(1998)	Dic - 18	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	207-080
10 - 53	2003	Ene - 25	USGS: Earth Explorer	Seca	/	M+SLC-on (1999	LE70100532003025EDC00
10 - 53	2005-(2003)	Dic - 16	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	215-825
10 - 53	2009-(2008)	Dic - 11	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	293-856
10 - 53	2013	Jun - 05	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	GeoTIFF	L8 OLI/TIRS	LC80100532013156LGN00
10 - 53	2016	Mar - 25	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	L8 OLI/TIRS	LC80100532016085LGN00

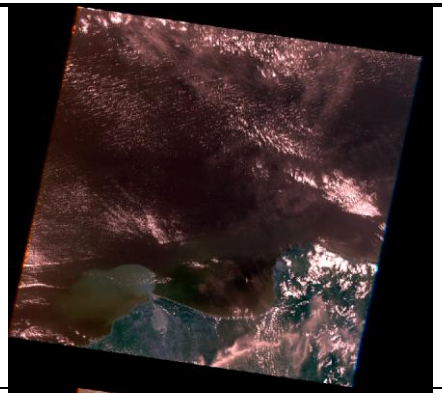
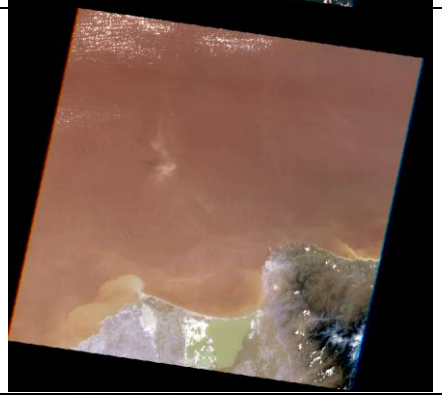
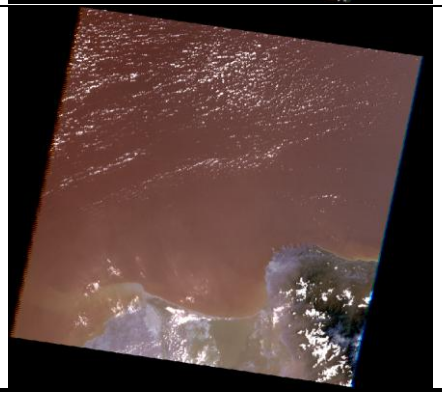
BASE DE DATOS IMÁGENES LANDSAT							
No. De Grrilla	**Año**	**Mes-Dia**	**Toma de Pagina Web**	**Temporada Climatica**	**Type**	**Satelite**	**ID**
10 - 54	1986-(1883)	Ene - 18	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L1-5 MSS	LM50100541986018AAA03
10 - 54	1988	Dic - 01	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT40100541988336XXX03
10 - 54	1991	Mar - 21	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	GeoTIFF	/	018-308
10 - 54	1991	Mar - 21	GLCF: Earth Science Data Interface	Seca	BSQ	/	020-120
10 - 54	1992-(1993)	Dic - 28	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT40100541992363XXX02
10 - 54	1998	Ene - 03	USGS: Earth Explorer	Seca	/	L4-5 TM	LT50100541998003CPE00
10 - 54	2002-(2003)	Dic - 24	USGS: Earth Explorer	Seca	/	1+SLC-on (1999	LE70100542002358AGS00
10 - 54	2009-(2008)	Nov - 09	USGS: Earth Explorer	Lluviosa	/	-SLC-off (2003-	LE70100542009313EDC00
10 - 54	2013	Feb - 21	USGS: Earth Explorer	Seca	/	-SLC-off (2003-	LE70100542013052EDC00
10 - 54	2016	Mar - 25	USGS: Earth Explorer	Seca	GeoTIFF	L8 OLI/TIRS	LC80100542016085LGN00

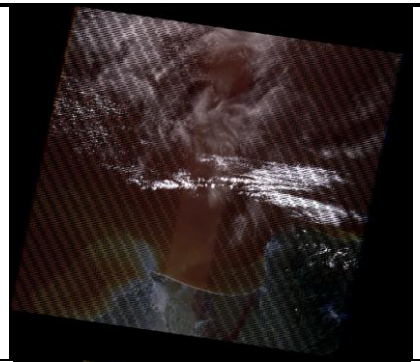
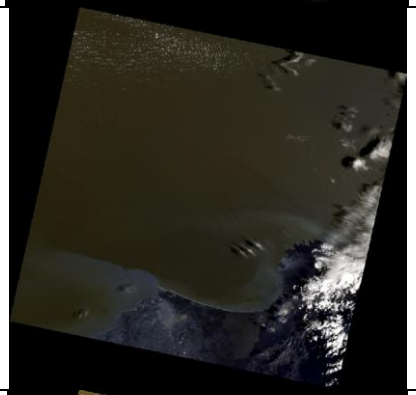
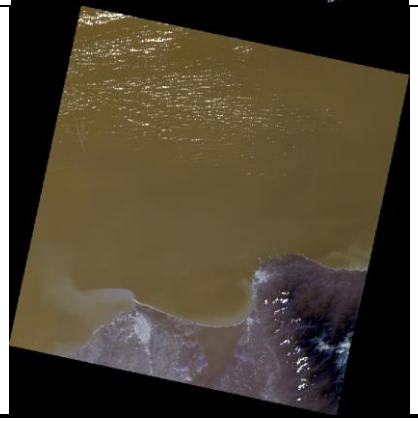
Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 101.2016

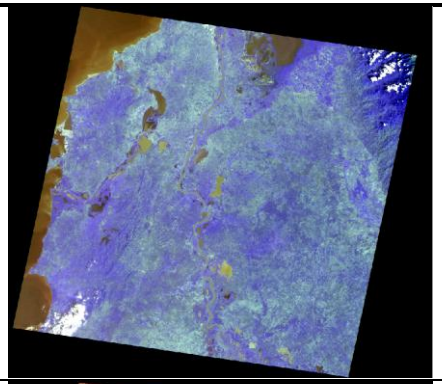
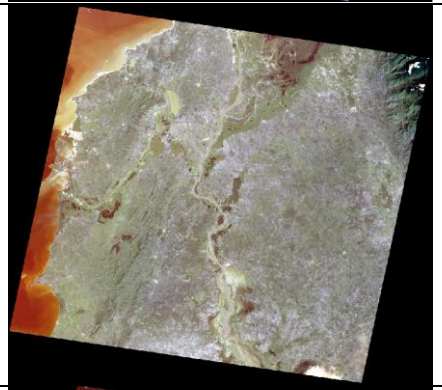
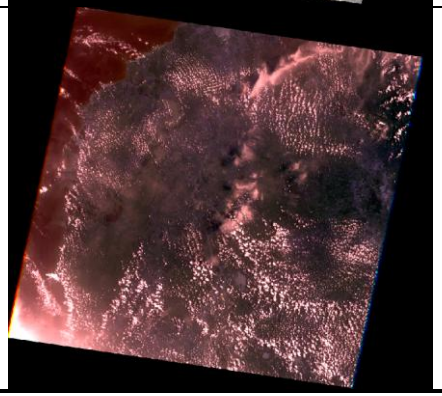
***Anexo 3**. Imágenes Landsat Descargadas por Medio de los Portales Web*

***NOTA**: En este anexo se presentan las capturas de pantalla de la zona de estudio en el software ArcGis. Las imágenes que se evidencian, son aquellas que fueron escogidas de acuerdo a sus bajos niveles de nubosidad, opacidad y ruido, producto de fallos en los sensores o movimientos de los satélites.*

No. DE GRILLA	AÑO	IMAGEN DESCARGADA
9 - 52	1983	
	1988	

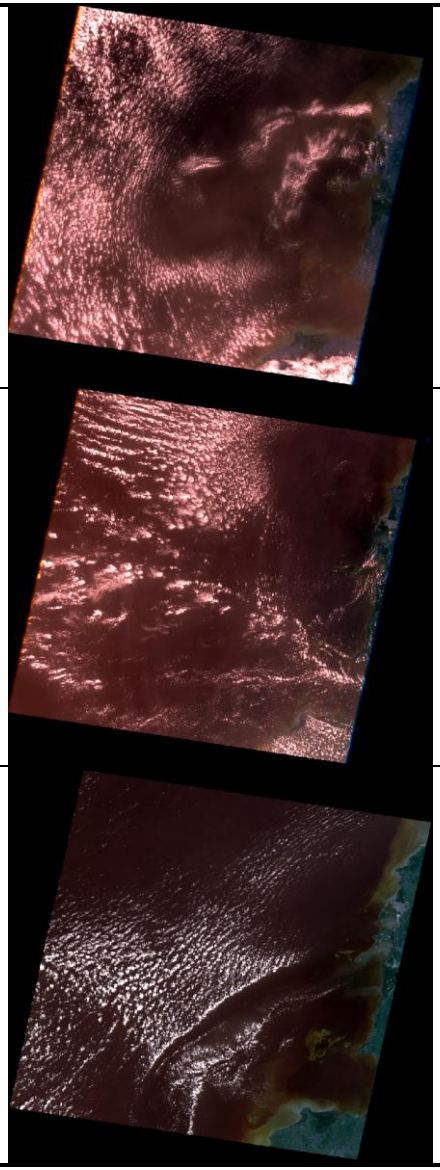
9 - 52	1993			
	1998			
	2003			

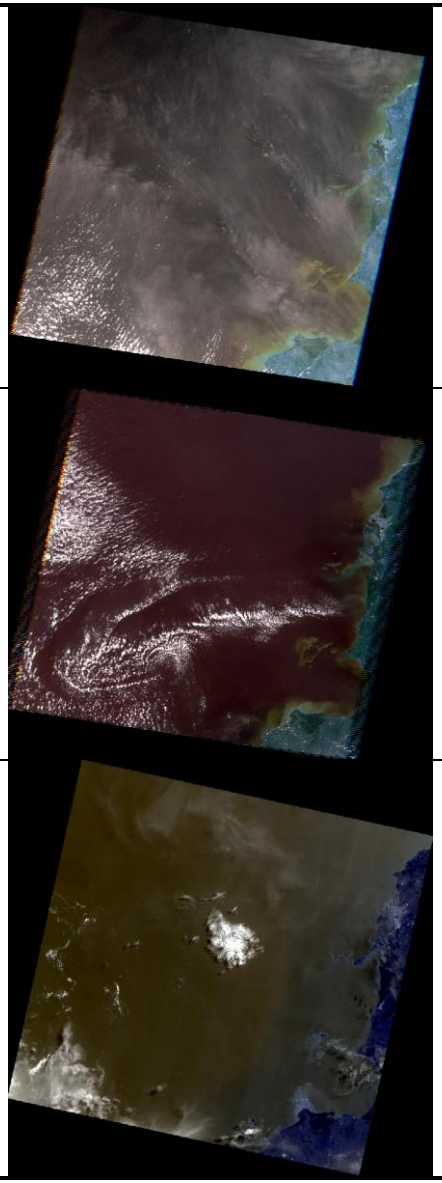
9 - 52	2008			
	2013			
	2016			

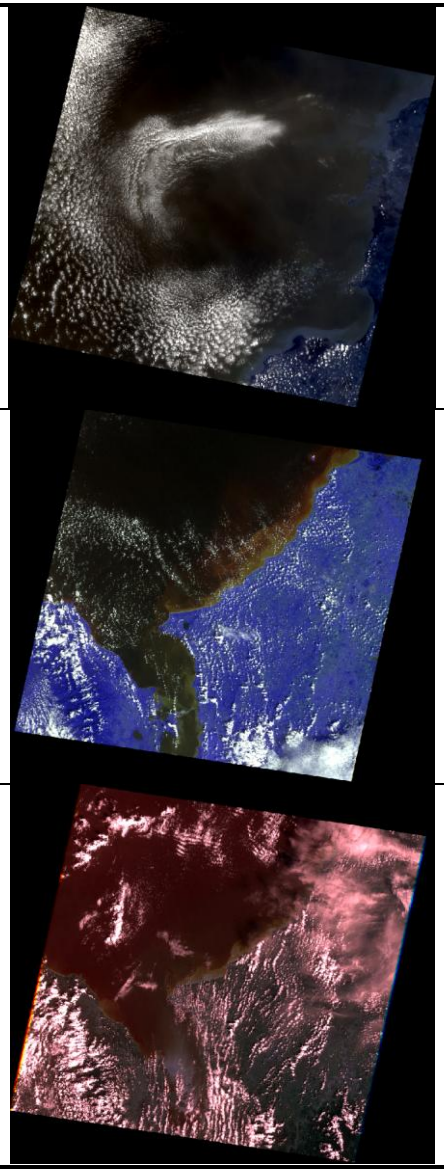
9 - 53	1983			
	1988			
	1993			

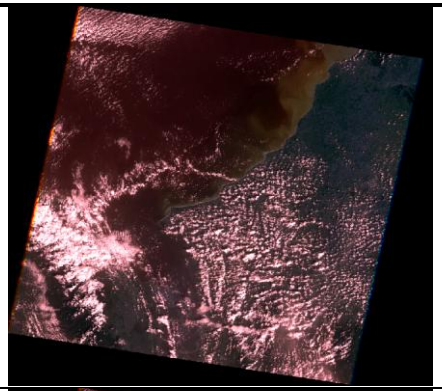
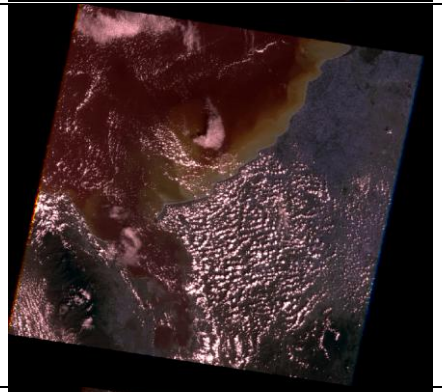
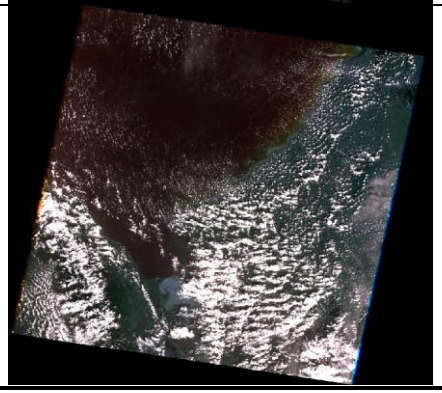
9 - 53	1998			
	2003			
	2008			

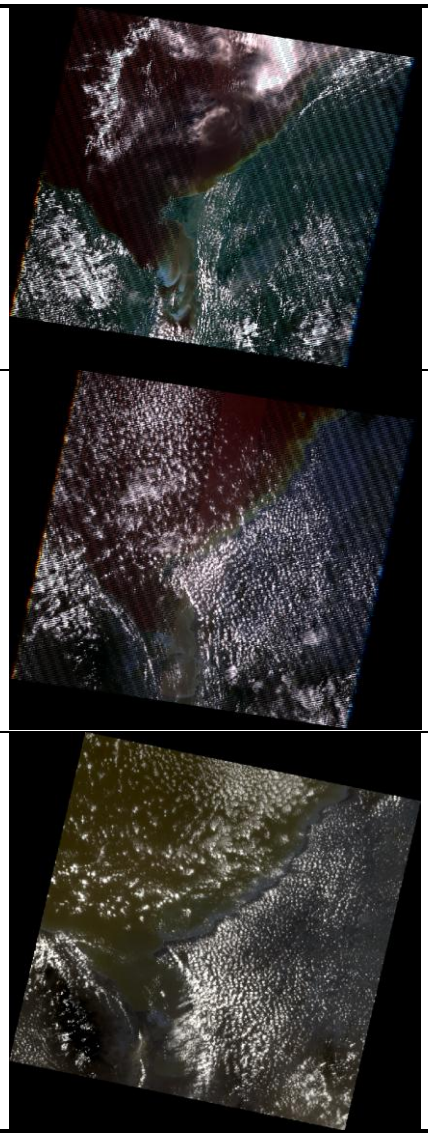
9 - 53	2013			
	2016			
10 - 53	1983			

10 - 53	1988			
	1993			
	1998			

10 - 53	2003			
	2008			
	2013			

10 - 53	2016			
10 - 54	1983			
	1988			

10 - 54	1993			
	1998			
	2003			

10 - 54	2008			
	2013			
	2016			

Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis. 2016

***Anexo 4**. Ubicación, Área y Temporalidad de Fincas Camaroneras*

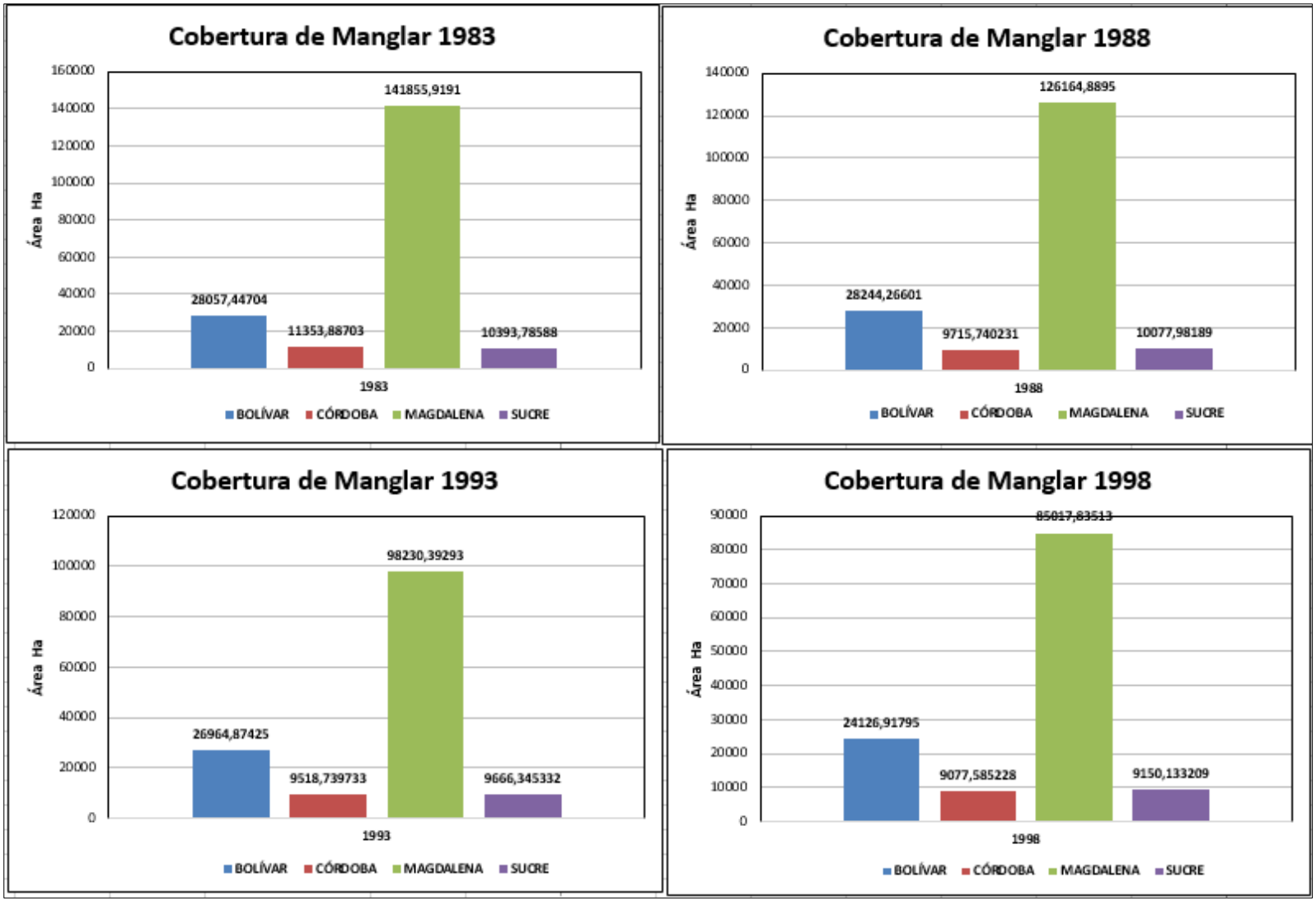
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CAMARONERAS	AREA (ha)	NUMERO DE ESTANQUES	TIPO DE CULTIVO	AÑO
Cordoba	San Antero	Camarones del Sinú	13,38731272	4	Semi-intensivo	1983
Bolívar	Cartagena	Agromarina Santa Ana	23,10362653	4	Semi-intensivo	1988
		Océanos S.A	439,3085203	43		
		Camarón de Barú	13,70468709	4		
	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	128,9800886	8		
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	244,1156945	24		
Cordoba	San Antero	Agrotijo S.A	6,340208425	6		
		Camarones del Sinú	12,21829402	5		
		Agrosoledad	89,4545898	8	Intensivo	
Bolívar	Cartagena	Océanos S.A	924,839218	109	Semi-intensivo	1993
		Camarón de Barú	13,98394569	4		
		N.N	27,78490677	8		
		Ararca	39,52179338	14		
		Agromarina Santa Ana	26,55119117	3		
	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	160,0149968	25		
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	498,0927902	51		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	12,58196601	2		
Cordoba	San Bernardo del Vento	Hidromar	10,7002587	5		
	San Antero	Agrotijo S.A	41,92798115	10		
		Agrosoledad	215,3135624	25	Intensivo	
Bolívar	Cartagena	Océanos S.A	205,5343661	19	extensivo	1998
			1493,623561	161	Semi-intensivo	
		Ararca	30,83893126	11		
		AMC	18,38354798	6		
		Camarón de Barú	45,9080647	10		
		Baru Shrimp	71,56087395	13		
		Agromarina Santa Ana	104,7694897	18		
	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	151,3570279	28		
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	692,6571398	63		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	11,64877706	2		
Cordoba	San Bernardo del Viento	Hidromar	173,8486504	30		
	San Antero	Camarones del Sinú	19,39846779	7		
		Agrotijo S.A	58,1035457	11		
		Agrosoledad	335,6177064	44	Intensivo	

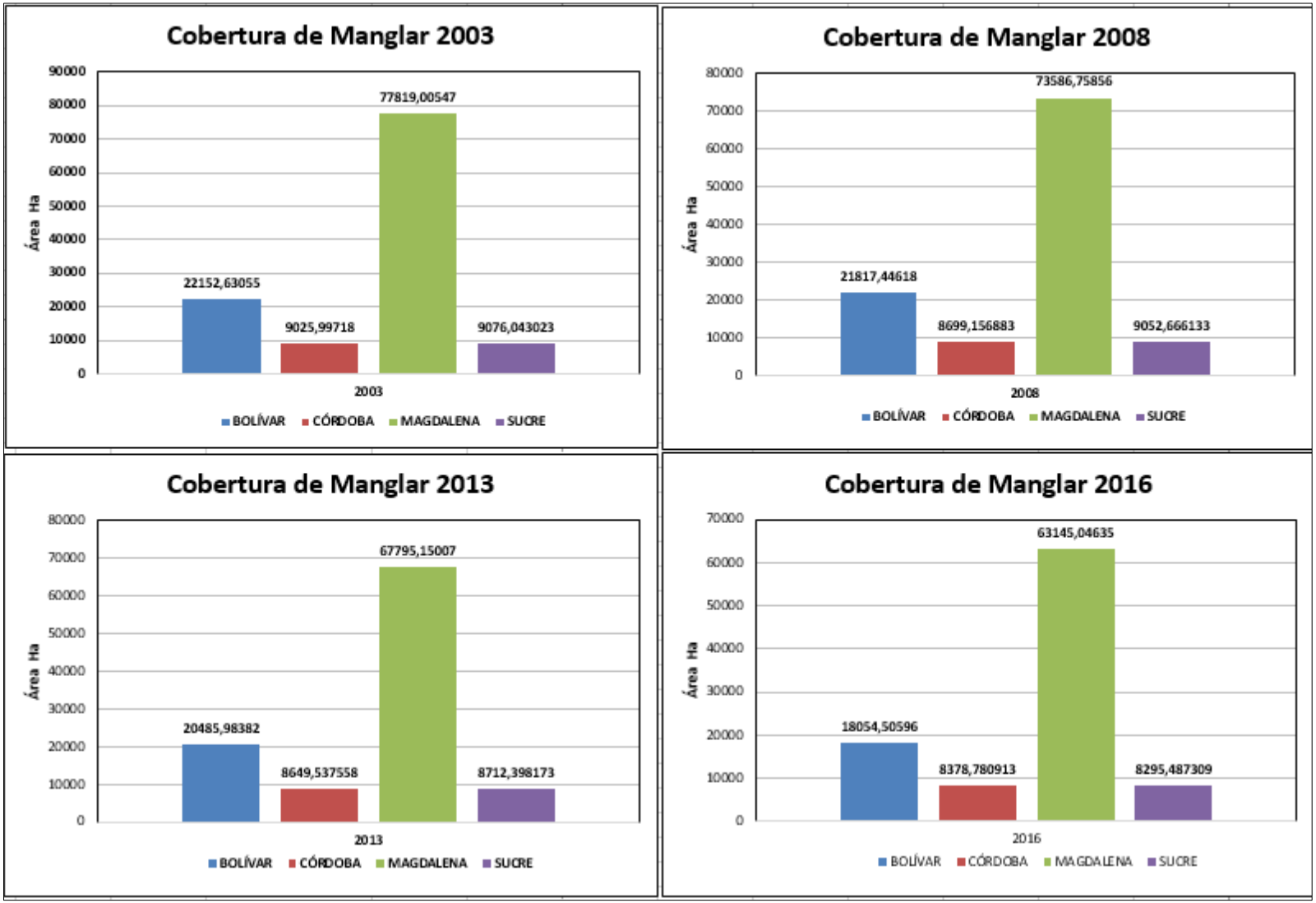
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CAMARONERAS	AREA (ha)	NUMERO DE ESTANQUES	TIPO DE CULTIVO	AÑO
Bolívar	Cartagena	Océanos S.A	1636,356917	179	Extensivo	2003
			256,8873379	41	Semi-intensivo	
		Ararca	56,83853062	18		
		AMC	19,57466296	8		
		Camarón de Barú	45,22493358	10		
		Baru Shrimp	65,8516629	15		
		Agromarina Santa Ana	108,0144357	18		
	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	187,3067164	36		
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	909,5251593	83		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	13,71612537	4		
Cordoba	San Bernardo del Viento	Hidromar	80,05368909	13		
	San Antero	Agrosoledad	347,8232152	43		
		Agrotijo S.A	65,82574393	17		
		Camarones del Sinú	18,08538036	8		
Cordoba	San Bernardo del Viento	Hidromar	84,09711206	16	Semi-intensivo	2008
	San Antero	Agrosoledad	331,3146447	40		
		Camarones del Sinú	17,58505466	8		
		Agrotijo S.A	26,65280763	10		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	11,52530115	4		
Bolívar	Santa Catalina	Aquacultivos del Caribe	187,606466	36		
	Cartagena	Biomar	27,27084701	6		
		Agromarina Santa Ana	81,40755057	10		
		Baru Shrimp	66,92307084	16		
		Camarón de Barú	47,50789512	12		
		Acuamares de Recreo	18,89990339	8		
		Océanos S.A	398,0363588	52		
			1461,485604	148	Intensivo	
		Ararca	46,27291643	16		
Sucre	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	878,8922669	84		
	Tolú	Laboratorio Caicsa-Postlarmar	24,87241155	15	Semi-intensivo	
Bolívar	Cartagena	Océanos S.A	1396,837191	145	Intensivo	
			413,5109042	48		
		Acuamares de Recreo	16,97472033	8		
		Biomar	20,73816872	6		
		Agromarina Santa Ana	113,0952643	13		
		Baru Shrimp	85,76126023	18		

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CAMARONERAS	AREA (ha)	NUMERO DE ESTANQUES	TIPO DE CULTIVO	AÑO
Sucre	Tolú	Laboratorio Caicsa-Postlarmar	31,69463274	15	Semi-intensivo	2013
	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	854,2513305	85		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	12,45478461	4		
Cordoba	San Antero	Agrosoledad	263,6832902	30		
		Agrotijo S.A	23,4388791	8		
		Camarones del Sinú	13,40327707	7		
	San Bernardo del Viento	Hidromar	79,86859829	18		
Bolívar	Cartagena	Océanos S.A	1900,911023	193	Extensivo	2016
		Acuamares de Recreo	16,01005666	8	Semi-intensivo	
		Baru Shrimp	106,9373616	20		
		Agromarina Santa Ana	110,1141467	13		
		Biomar	26,02878551	7		
Cordoba	San Antero	Agrosoledad	206,4519831	24		
		Agrotijo S.A	24,98392002	8		
		Camarones del Sinú	11,17809937	7		
	San Bernardo del Viento	Hidromar	90,98604697	18		
Sucre	Tolú	Laboratorio Caicsa-Postlarmar	46,84305828	15		
	San Onofre	Cartagenera de Acuacultura	852,7216866	85		
Magdalena	Ciénaga	Acuiagro	32,81046556	6		

Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 101.2016

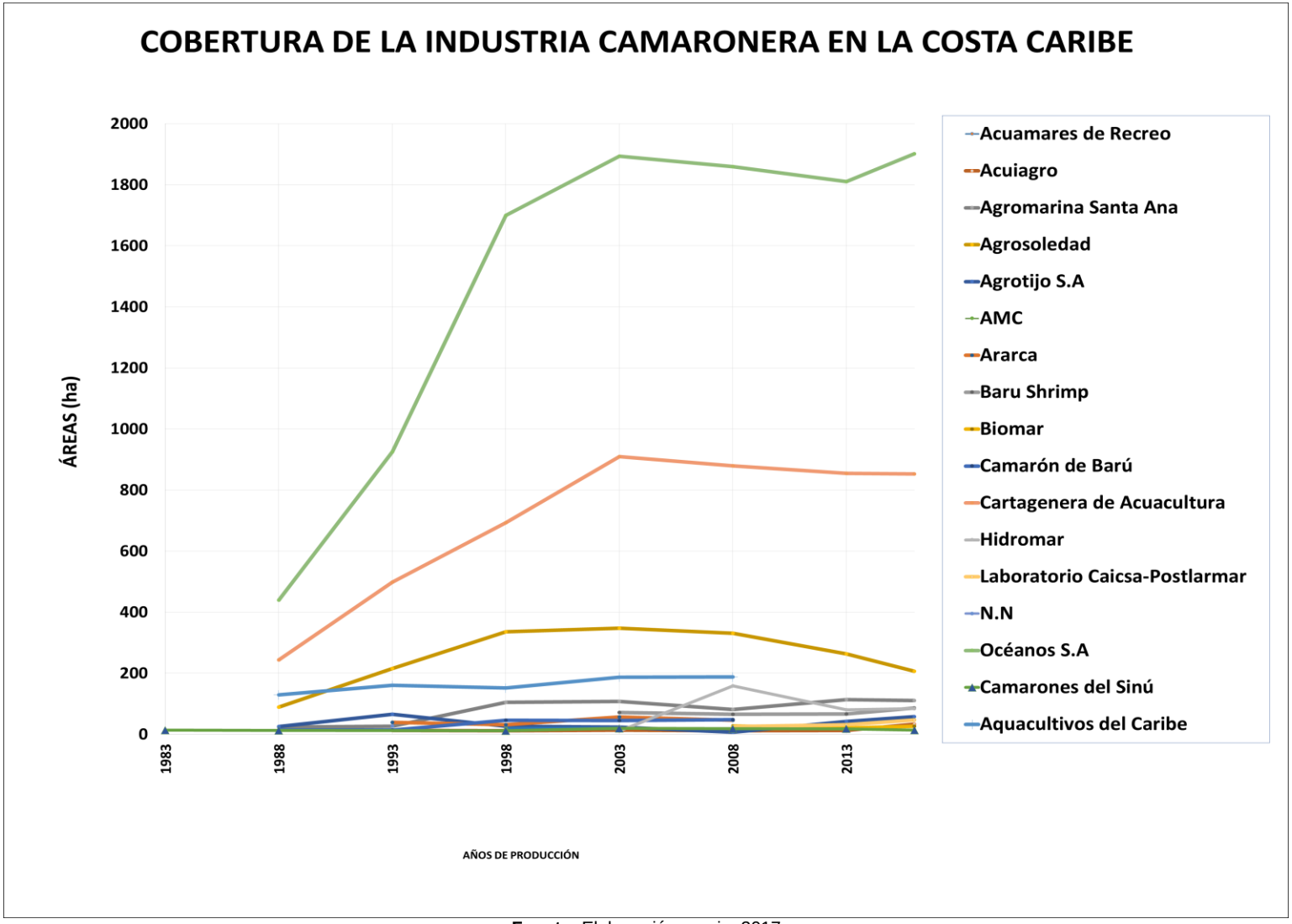
Anexo 5. *Cobertura de Manglar por Año y Departamento*





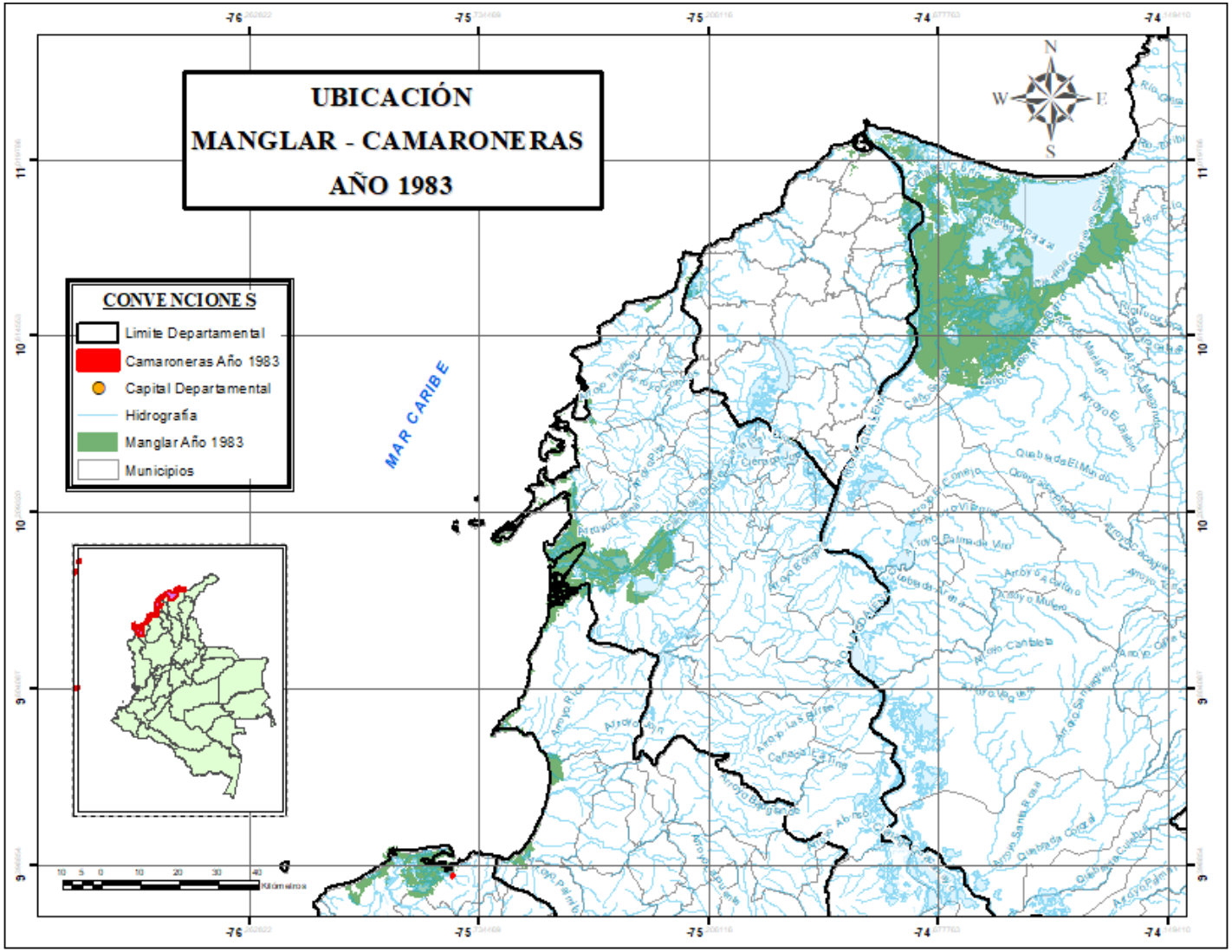
Fuente: Elaboración propia. 2017

***Anexo 6**. Cantidad de Hectáreas de Fincas Camaroneras*

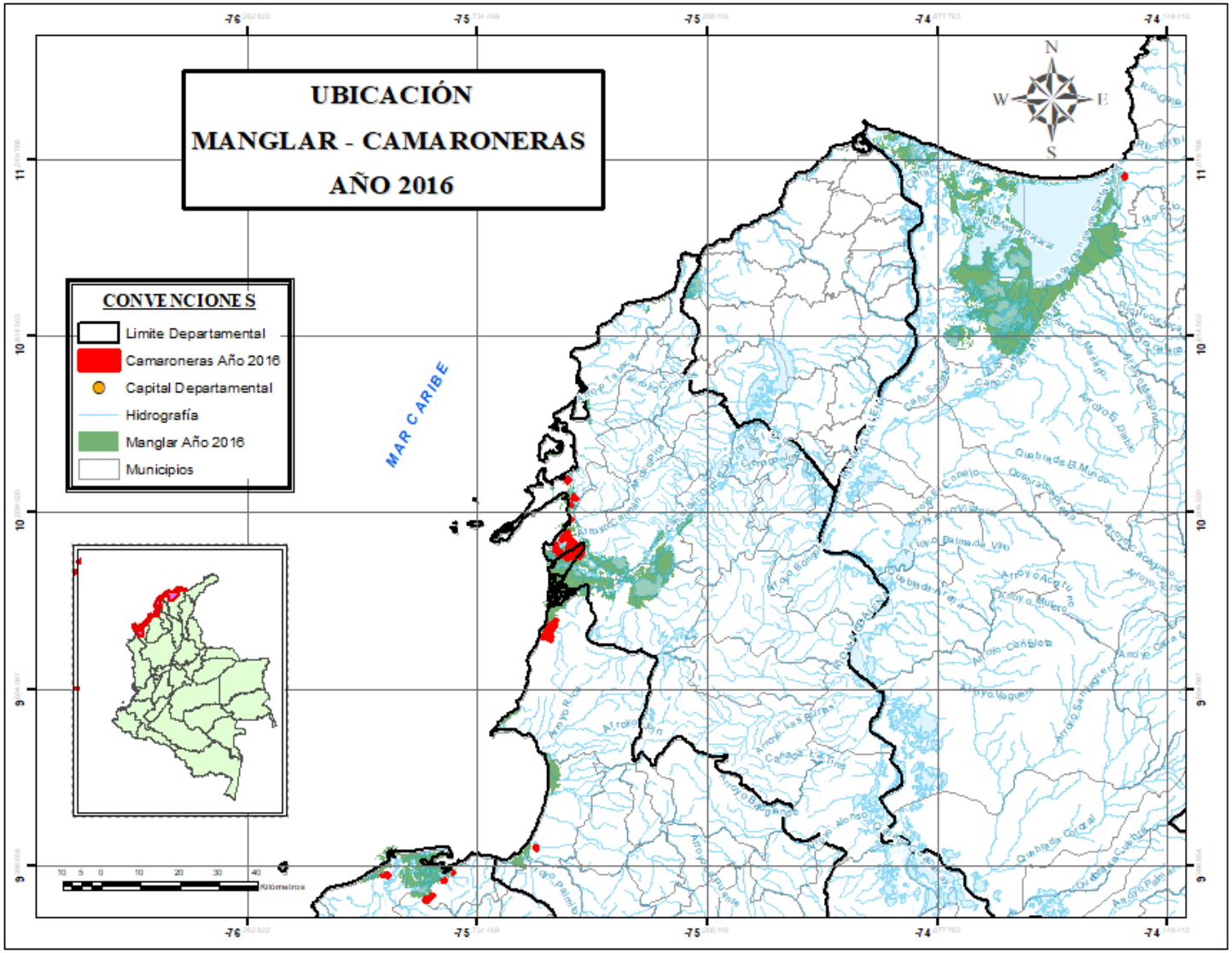


Fuente: Elaboración propia. 2017

***Anexo 7**. Mapas Localización de Ecosistema de Manglar y Puntos de Industria del Camarón año Inicial y Final*



Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 101.2016



Fuente: Elaboración propia. Basado en el software ArcGis 101.2016