



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA  
VEGETAL DEL MANGLAR DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE  
MANGLARES ESTUARIO RÍO ESMERALDAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTOR**

**EDUARDO ALFREDO VERA ANDRADE**

**ASESORA**

**MSC. KARLA SOLÍS CHARCOPA**

Esmeraldas - 2018



Tribunal de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presidente Tribunal de Graduación

Felipe Carrera Villacrés  
Lector 1

Otoniel Palacios Celin  
Lector 2

**Director de la Escuela de Gestión Ambiental**  
Ph.D. Jorge Velazco Vargas

**Directora de Tesis**  
M.gt. Karla Solís Charcopa

Esmeraldas,.....de.....de 2018

## **Autoría**

Yo, Eduardo Alfredo Vera Andrade, declaro que la presente investigación titulada: **“Evaluación y análisis de la pérdida de cobertura vegetal del Manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas”** es absolutamente original, auténtica y personal.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo de investigación e interpretación de datos, dejando establecido que los aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

---

Eduardo Alfredo Vera Andrade

C.I. 080312589-7

## **Dedicatoria**

A Dios por darme salud, vida y la oportunidad de realizar mis estudios en esta prestigiosa Universidad. A mis padres Santiago Eduardo Vera Falcones y Justina Alexandra Andrade Acevedo y mi hermana María Alejandra Vera Andrade, que, sin la ayuda, el esfuerzo y el apoyo incondicional de ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta tan anhelada.

Mis más sinceros agradecimientos a la profesora M.gt. Karla Solís Charcopa por brindarme esta gran oportunidad de ser asesorado por ella en este proyecto de investigación, y por su esfuerzo, dedicación, paciencia y preocupación a la hora de guiarme e impartirme conocimientos claves para la realización de este trabajo. A todos los profesores que en el transcurso de esta carrera han compartido sus experiencias y contribuido con sus conocimientos para enriquecer el nuestro. A mis lectores de tesis M.gt. Cesar Palacios y M.gt. Felipe Carrera por su dedicación y esfuerzo a la hora de revisar mi trabajo de investigación para enriquecerlo con sus conocimientos.

Al profesor M.gt. Javier Lajones Ruano por su asesoría, dedicación y preocupación durante la realización de mi trabajo de investigación, por compartir sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario para poder realizar este trabajo.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a la Escuela de Gestión Ambiental.

A toda mi familia que de alguna u otra forma han contribuido para poder alcanzar este logro, el cual también les pertenece a ustedes.

A esos hermanos de otra madre que la vida nos da, mis amigos, Joel López Villalobos, Juan Diego Osorio Murillo, Bryan Mariny Valencia, Juan Reina Pazmiño, Keving Vaca Reina, Joshua López Villalobos, Dieter Festerling Álvarez, que siempre estuvieron conmigo en los momentos más difíciles, apoyándome y dándome aliento para seguir adelante en esta etapa de mi vida, quedo infinitamente agradecido con ustedes.

**Eduardo Alfredo Vera Andrade**

## Tabla de contenidos

<b>Abreviaturas</b> .....	<b>6</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>7</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>8</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>9</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Capítulo I: Introducción</b> .....	<b>11</b>
1.1. Justificación .....	13
1.2. Objetivo general.....	14
1.2.1. Objetivos específicos .....	14
<b>2. Capítulo II: Marco teórico</b> .....	<b>15</b>
2.1. Bases Teóricas .....	15
2.2. Antecedentes.....	17
2.3. Marco legal.....	17
<b>3. Capítulo III: Metodología</b> .....	<b>20</b>
3.1. Área de estudio.....	20
3.2. Recolección de datos.....	21
3.2.1. Método supervisado .....	21
3.2.2. Mapeo de la vegetación .....	23
3.3. Análisis de datos .....	26
3.3.1. Pre-procesamiento de imágenes.....	26
3.3.2. Clasificación de imágenes satelitales.....	26
3.3.3. Detección de cambios en la cobertura vegetal y el uso de suelo.....	27
3.3.4. Generación de mapas temáticos.....	27
3.3.5. Socialización de la investigación .....	27
<b>4. Capítulo IV: Resultados</b> .....	<b>28</b>
4.1. Zonificación de la cobertura y el uso de suelo.....	28
4.2. Identificación de cambios de cobertura vegetal.....	33
4.3. Socialización del trabajo de investigación .....	36
<b>5. Capítulo V: Discusión</b> .....	<b>37</b>
<b>6. Capítulo VI: Conclusiones</b> .....	<b>41</b>
<b>7. Capítulo VII: Recomendaciones</b> .....	<b>42</b>
<b>8. Anexos</b> .....	<b>43</b>
<b>9. Bibliografía</b> .....	<b>51</b>

## Abreviaturas

<b>CDB:</b>	Convenio de la Diversidad Biológica
<b>EOS:</b>	Earth Observing System
<b>ETM:</b>	Enhanced Thematic Mapper Plus
<b>GADME:</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Esmeraldas
<b>GADPE:</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Esmeraldas
<b>INEC:</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>MAE:</b>	Ministerio del Ambiente del Ecuador
<b>PMRC:</b>	Programa para el Manejo de los Recursos Costeros
<b>QGIS:</b>	Quantum Gis
<b>RVS-MERE:</b>	Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas
<b>SCP:</b>	Semiautomatic Clasification Plugin
<b>SIG:</b>	Sistemas de Información Geográfica
<b>SNI:</b>	Sistema Nacional de Información
<b>TAC:</b>	Tasa Anual de Cambio
<b>TULSMA:</b>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio. Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. ....	20
<b>Figura 2.</b> Mapa de la comprobación en campo con coordenadas. ....	23
<b>Figura 3.</b> Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 1991. ....	29
<b>Figura 4.</b> Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2000. ....	30
<b>Figura 5.</b> Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2006. ....	31
<b>Figura 6.</b> Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2018. ....	32
<b>Figura 7.</b> Superposición de imágenes entre el año 1991-2000. ....	33
<b>Figura 8.</b> Superposición de imágenes entre el año 2000-2006. ....	34
<b>Figura 9.</b> Superposición de imágenes entre el año 2006-2018. ....	35

## **Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Tipo de satélite y fecha de las imágenes usadas en este estudio. ....	21
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas del muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Río Esmeraldas. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Resolución espacial y espectral del satélite Landsat TM 5 (1984-2012).....	24
<b>Tabla 4.</b> Resolución espacial y espectral del satélite Landsat 7 ETM+ (1999-2017). ....	25
<b>Tabla 5.</b> Resolución espacial y espectral del satélite Landsat 8 (2013-2017). ....	25
<b>Tabla 6.</b> Categorías, superficies y porcentajes de las diferentes imágenes analizadas..	28
<b>Tabla 7.</b> Análisis y cuantificación de los cambios. (TAC). ....	36

## Resumen

La presente investigación muestra una evaluación y análisis de los cambios en la cobertura vegetal y usos del suelo del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas mediante la aplicación de los Sistemas de Información (SIG). Los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal fueron analizados mediante el método de clasificación supervisada con imágenes satelitales Landsat TM 5, Landsat ETM+ y Landsat 8, obtenidas de la página Land Viewer con las fechas de 1991, 2000, 2006 y 2018, finalmente se aplicó el análisis matemático de la Tasa Anual de Cambio (TAC). Este análisis matemático permitió conocer como fue el incremento o disminución de la cobertura vegetal y los usos del suelo entre cada año.

Se obtuvo un incremento anual de cobertura vegetal del manglar entre los años 1991-2000, en el cuál según el TAC arrojó 1.9% de aumento anual de cobertura de manglar, luego el TAC para el análisis entre 2000-2006 arrojó la pérdida de -2.4% de cobertura vegetal anual, siendo este el valor mas elevado en cuanto pérdida de manglar. Se pudo determinar que por la creación del refugio y a proyectos llevados a cabo por el Estado Ecuatoriano en el cual se reforestó 5082 hectáreas de especies nativas de mangle como el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)<sup>(38)</sup>, seguido del mangle rojo (*Rhizophora mangle*)<sup>(39)</sup>, y por último al mangle negro (*Avicennia germinans*)<sup>(40)</sup>, el análisis matemático del TAC nos arrojó un valor de 1.5% de incremento anual del cobertura vegetal del manglar.

**Palabras claves:** Manglar, sistemas de información geográfica, imágenes satelitales, cobertura vegetal, procesamiento de imágenes satelitales.

## **Abstract**

This research presents an evaluation and analysis of changes in the vegetal cover and the land uses of the Mangrove Wildlife Refuge of the Esmeraldas River Estuary, through the use of the Information Geography Systems (SIG). In addition, changes in land use and vegetation cover were made through the supervised classification method with satellite images Landsat TM 5, Landsat ETM + and Landsat 8, user of the Land Viewer page with the dates of 1991, 2000, 2006 and 2018, additionally applying the mathematical analysis of the Annual Rate of Change (TAC). This mathematical analysis allowed us to know how the increase and land uses between each year.

As a result, annually the plant cover of mangrove between the years 1991-2000, in the place according to the TAC showed 1.9% annual increase of coverage of men, then the TAC for the analysis between 2000-2006 showed the loss of -2.4 % annual plant cover. This being the highest value in terms of loss of mangrove. It was determined that the creation of the refuge and the projects were carried out by the Ecuadorian State in which 5082 hectares of native mangrove species were reforested, such as the white mangrove (*Laguncularia racemosa*) (38), followed by the red mangrove (*Rhizophora*) (39), and finally to the black mangrove (*Avicennia germinans*) (40), the mathematical analysis of the TAC gave us a value of 1.5% of annual increase in the mangrove vegetation.

**Keywords:** Mangrove, geographic information systems, satellite images, plant cover, processing of satellite images.

## 1. Capítulo I: Introducción

Los manglares se encuentran ubicados en las zonas intermareales de las regiones tropicales y subtropicales del planeta, poseen elevados niveles de productividad y debido a sus características estructurales ofrecen una gran variedad de servicios ecosistémicos, para la protección y seguridad de las costas de diferentes fenómenos naturales como la erosión, tsunamis y huracanes. <sup>(1)</sup> Vide y Briansó <sup>(2)</sup> mencionan también varios servicios ecosistémicos de los manglares como los de provisión de alimento y madera, regulación de gases de dióxido de carbono y oxígeno, y como filtros biológicos que retienen los sedimentos y la contaminación de los productos químicos de la agricultura y las actividades humanas.

Según Mejía et al. <sup>(3)</sup> el nombre “manglar” proviene del guaraní que significa “árbol retorcido”. Los manglares poseen adaptaciones morfológicas en sus raíces, hojas y troncos que les permiten ocupar suelos inestables, y adaptaciones morfo-fisiológicas, las cuales les permiten tolerar ambientes salinos, salobres y con niveles bajos de oxígeno. Los frutos de los manglares son denominados propágulos, los cuales caen al suelo y se entierran, o pueden flotar por largos periodos de tiempo hasta encontrar un lugar apto para desarrollarse. Adicionalmente Welsh y Sanjurjo <sup>(4)</sup> mencionan que los manglares además de ser altamente productivos brindan a la sociedad recursos de gran valor como la madera, la cual es muy resistente al ataque de insectos y a la descomposición.

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Ecología de México <sup>(5)</sup> indican que la presencia de los manglares permite mantener las actividades productivas como la pesca, ya que componen zonas de desove y criadero de una gran cantidad de especies comerciales a nivel mundial como la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) <sup>(6)</sup>, cangrejo azul (*Cardiosoma crassum*) <sup>(7)</sup>, pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) <sup>(8)</sup>, entre otros, ya que necesitan pasar importantes periodos de sus vidas en zonas intermareales como los manglares; sin embargo, Vásquez <sup>(9)</sup> menciona que los manglares son ecosistemas extremadamente frágiles que pueden degradarse y desaparecer muy rápidamente si no se mitigan los impactos que se generan.

Los ecosistemas de manglar se encuentran amenazados por varios factores antropogénicos como los asentamientos humanos, el cual según Cruz et al <sup>(10)</sup> ha aumentado su densidad y ha ocasionado la deforestación y el ingreso de contaminantes a este ecosistema, otras actividades que han contribuido con la pérdida de la cobertura de manglar son los sectores acuícola e industrial principalmente por camaroneras, entre muchas otras, lo que ha ocasionado que estos ecosistemas se encuentren bajo presión constante generando impactos graves en su funcionamiento, disminución de los recursos y cambios en la configuración de sus hábitats, lo que afecta considerablemente a las especies que lo habitan y a las poblaciones humanas. <sup>(11)</sup>

A nivel mundial la cobertura de manglares en 1997 fue estimada en 181.000 Km<sup>2</sup>, para el 2005 esta superficie disminuyó un 17.13% equivalente a 150.000 Km<sup>2</sup> de manglar. La cantidad de hectáreas de manglar en el Ecuador según el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) fue la siguiente, en el año 1969 se estimó 362.700 hectáreas de manglar, para 1984 en un periodo de 15 años esta superficie se redujo en un 49.78% equivalente a 182.157 hectáreas, en 1999 contaba ya con 149.556 hectáreas, y ya para el año 2006 el Ecuador poseía 108.000 hectáreas de manglar, lo que para la fecha ya significaba una pérdida del 70.23% de los manglares en el país. Toda esta pérdida de cobertura de manglar se le atribuye principalmente a la construcción de camaroneras, lo cual trajo enormes impactos en estos ecosistemas intermareales, afectando principalmente la diversidad biológica. <sup>(12)</sup>

Santos Palma <sup>(13)</sup> La ciudad de Esmeraldas empieza a expandirse a partir de los años 1960 hacia el norte y suroeste; sin embargo, a partir de 1975 empieza la expansión de la ciudad hacia el borde del área protegida, debido a la ejecución de rellenos hidráulicos en los suelos fangosos de la zona, lo que inicia la deforestación de la superficie cubierta por el manglar, principalmente por la construcción de casas sobre terreno inundado.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador <sup>(14)</sup>, menciona que el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas (RVS-MERE) se encuentra ubicado en la desembocadura del río Esmeraldas entre la parroquia de Tachina y la ciudad de Esmeraldas, y que comprende una superficie de 242 hectáreas; Lamentablemente Batioja <sup>(15)</sup> indica que a pesar de los innumerables esfuerzos que se han realizado por

conservar estos ecosistemas, el RVS-MERE se encuentra bajo constante amenaza por la contaminación que se genera en sus alrededores debido a los asentamientos humanos, aguas residuales y desechos sólidos.

En la actualidad como lo menciona Galeana et al <sup>(16)</sup> las herramientas más utilizadas para evaluar los cambios en la cobertura vegetal y el uso de suelo provienen de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), estos fueron desarrollados en entre los años 70 junto con las computadoras. La utilización de los Sistemas de Información Geográfica tiene gran importancia para el buen manejo de los recursos naturales. Por lo tanto, cabe mencionar la gran utilidad que poseen para monitorear los recursos naturales <sup>(17)</sup>, destacando el potencial que tienen para los análisis medioambientales como son la fragmentación de los bosques, el cambio en el uso del suelo, la disminución de la calidad vegetativa <sup>(18)</sup>, representaciones del medio físico como el clima, el suelo, la cobertura vegetal. <sup>(19)</sup>

Según Berlanga y Ruiz <sup>(20)</sup>, las técnicas de percepción remota nos permiten evaluar un gran número de indicadores ambientales como las modificaciones en los paisajes, el cambio en los tamaños y formas de los diferentes hábitats costeros, las cuales se relacionan con la calidad de los humedales. Asimismo, la complementariedad entre los SIG y sensores remotos son herramientas muy importantes para los análisis en la administración y manejo de los recursos naturales. <sup>(21)</sup>

### **1.1. Justificación**

La falta de información y de estudios dificultan el conocimiento sobre el estado en que se encuentran estos ecosistemas, provocando que se ignore su estado de conservación. Por lo que cabe mencionar que, con la realización de este estudio, se pudo obtener información que permitió fortalecer el manejo de esta área protegida, la cual sirve como apoyo para futuras investigaciones.

El manglar es uno de los ecosistemas más productivos del planeta, proporciona bienes y servicios de vital importancia para mantener el equilibrio ecológico, sustenta gran parte de la economía de las zonas costeras, y posee un alto valor ecológico. <sup>(1)</sup>

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador y datos del CLIRSEN <sup>(12)</sup>, en el Ecuador en un periodo de 37 años desde 1969 al 2006, se han perdido más del 70% de superficie de manglar principalmente por las construcciones de camaronera, adicionalmente el incremento de asentamientos humanos <sup>(22)</sup>, el cambio de uso de suelo, el aumento en la generación de desechos sólidos y agua residuales sin tratamiento alguno <sup>(23)</sup>, son factores que incrementan la presión en estos ecosistemas, ocasionando una disminución de la calidad del hábitat, comprometiendo a su vez los recursos que en el residen.

## **1.2. Objetivo general**

Evaluar los cambios de cobertura vegetal mediante un análisis multitemporal de imágenes satelitales a través de las herramientas de Sistemas de Información Geográficos para identificar las perturbaciones del Refugio de Vida Silvestre Manglar Estuario Río Esmeraldas.

### **1.2.1. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la cobertura vegetal y uso de suelo mediante la utilización de herramientas de sistemas de información geográfica.
- Identificar cambios de cobertura vegetal relacionadas a los asentamientos humanos de acuerdo con el análisis multitemporal de las imágenes satelitales del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.
- Generar mapas temáticos de las zonas identificadas con cambios de cobertura vegetal de acuerdo con sus perturbaciones.
- Socializar el trabajo de investigación en instituciones públicas mediante charlas participativas.

## **2. Capítulo II: Marco teórico**

### **2.1. Bases Teóricas**

#### **Aguas residuales**

Son todas aquellas aguas también conocidas como “aguas negras” en las que sus características han sido modificadas por las actividades humanas y que deben recibir tratamiento previo antes de ser vertidas a cuerpos de agua naturales, o antes de ser reutilizadas. <sup>(24)</sup>

#### **Área protegida**

Las áreas protegidas son espacios geográficos definidos que son esenciales para la conservación de la diversidad biológica, cuya finalidad es la de mantener sistemas ecológicos en equilibrio, actuar como refugio para una gran variedad de especies, contribuir al desarrollo sustentable y la responsabilidad intergeneracional. <sup>(25)</sup>

#### **Cobertura vegetal**

Hace referencia al espacio que ocupa la vegetación dentro de un ecosistema determinado, en la cual se cumplen diversas funciones ecosistémicas como refugio para la fauna, se evita la erosión del suelo, reductor de la contaminación, entre otras funciones esenciales para mantener un equilibrio ecológico. <sup>(26)</sup>

#### **Datos geospaciales**

Los datos geospaciales hacen referencia a la información sobre la ubicación de diferentes objetos geométricos sobre la superficie, pudiendo ser, carreteras, lagos, países, entre otros. <sup>(27)</sup>

#### **Desechos sólidos**

Es todo sólido no peligroso que es producido por la actividad del hombre u otros organismos vivos ya sea putrescible o no putrescible, que suelen ser rechazados porque ya no se van a utilizar y difícilmente pueden ser incorporados a los ciclos naturales. Dentro de la clasificación de los desechos sólidos tenemos a los domésticos y

comerciales, institucionales, construcción y demolición, municipales, plantas de tratamiento o incineración, industriales, agrícolas y pecuarios. <sup>(28)</sup>

### **Imágenes satelitales**

Una imagen satelital es una representación visual de una imagen que ha sido capturada desde el espacio por un sensor que se encuentra montado en un satélite artificial. Estas imágenes muestran mucha más información de lo que el ojo humano puede ver. Estos sensores recogen información reflejada en forma de ondas electromagnéticas por la superficie de la tierra, las cuales son enviadas de regreso al planeta para su respectivo procesamiento. <sup>(29)</sup>

### **Manglar**

Los manglares son ecosistemas costeros ubicados en las zonas intermareales, los cuales se caracterizan por sus altos niveles de productividad. Desempeñan un papel fundamental en la protección de las zonas costeras, debido a que las estructuras de sus raíces sirven como barrera contra tsunamis o huracanes. <sup>(30)</sup>

### **Mapas temáticos**

Un mapa temático está diseñado para identificar fenómenos o zonas de intereses sobre la superficie terrestre en particular, los cuales van desde naturales, sociales, políticos, culturales, históricos, climáticos, vegetación y una gran variedad de fenómenos que se requieran registrar. <sup>(31)</sup>

### **Sistemas de información geográfica**

Un sistema de información geográfica (SIG o GIS por sus siglas en inglés) es una herramienta que integra varios componentes como software, hardware, usuarios y procesos, que permiten almacenar, manipular, analizar una gran cantidad de información relacionada al mundo real. Un SIG puede generar mapas con diversas variables como fenómenos atmosféricos, cultivos, vegetación, urbanización, relieves, entre otras variables dependiendo de lo que se quiera analizar. <sup>(30)</sup>

## **2.2. Antecedentes**

La ciudad de Esmeraldas hasta el siglo XIX se encontraba poblada por pequeños asentamientos humanos, los cuales para 1960 fueron creciendo y expandiéndose de Norte a Sur. A partir de 1975 la ciudad empezó a expandirse aún más y esta vez comenzaron a deforestar partes del manglar para los asentamientos humanos, aun cuando el municipio de Esmeraldas había declarado zona de alto riesgo. <sup>(13)</sup>

Las zonas de expansión para los asentamientos humanos lejos de la ribera de los ríos y el manglar están limitadas, por lo que se ha ejercido una gran presión en estas zonas debido a la deforestación para la construcción de viviendas. La construcción de la obra de los puentes de Esmeraldas que une a Tachina con la ciudad, iniciada en el 2007 y finalizada en 2010, ha ocasionado que se ejerza mayor influencia sobre este ecosistema, debido a la elevada migración hacia lugares como la Isla Luis Vargas Torres, la cual ha experimentado un crecimiento poblacional desde la construcción de estas vías. <sup>(13)</sup> Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) <sup>(32)</sup>, para el 2010, la población de Esmeraldas creció un 67.62%, lo que ha ocasionado un incremento de los barrios y asentamientos humanos en zonas de alto riesgo como lo es la Isla Luis Vargas Torres y las zonas aledañas a esta, provocando una disminución de la cobertura vegetal relacionada al manglar.

En México se han realizado una gran cantidad de estudios relacionados a los manglares, midiendo los cambios en la cobertura vegetal, usos del suelo, paisajes, entre otros, debido a las grandes afectaciones que estos ecosistemas presentan; tal es el estudio de Berlanga y Ruiz <sup>(30)</sup>, donde midieron los cambios de las condiciones de los manglares mediante imágenes pasadas del satélite Landsat. Gigorro y Martínez de Toda <sup>(18)</sup>, realizaron un estudio sobre la fragmentación de los bosques en el centro de España, ya que ellos mencionan que la fragmentación de los ecosistemas es una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad.

## **2.3. Marco legal**

Los manglares son ecosistemas de gran importancia ecológica, económica y social, por su gran productividad, bienes y servicios ambientales que prestan; sin embargo, han sufrido un gran impacto y degradación en sus funciones ecosistémicas, por lo que ha

surgido la necesidad de proteger estos entornos de su desaparición. El presente proyecto de investigación en primer lugar se basa en la Constitución de la República del Ecuador <sup>(33)</sup> en su artículo 14, el cual promueve y garantiza el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, los artículos 71, 72, 73 y 74 hacen referencia al derecho integral de la naturaleza, su mantenimiento, ciclos vitales, funciones, procesos y su restauración; para lo cual se el Estado aplicará medidas de precaución y prevención para las actividades que puedan producir afectaciones o extinciones a las especies vegetales y animales, sus ecosistemas y ciclos naturales de forma permanente, y su aprovechamiento será regulado por el Estado.

Dentro de los Convenios Internacionales que el Ecuador se ha ratificado y el presente trabajo de investigación se apoya, tenemos al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) <sup>(34)</sup>, este convenio tiene como objetivos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa que se deriven de los recursos de la diversidad biológica. Se hizo énfasis en los siguientes artículos del presente convenio, artículo 8 literal d, e y f, en los cuales mencionan que las partes contratantes en la medida de lo posible promoverá la protección de los ecosistemas, hábitats naturales y el mantenimiento de sus especies *in situ*; se promoverá un desarrollo sostenible en las zonas adyacentes a las áreas naturales protegidas para garantizar la protección de tales zonas; se rehabilitaran y restauraran ecosistemas degradados y promoverá la recuperación sus especies especialmente las amenazadas. En el artículo 10 del presente convenio en su literal b, menciona que se adoptarán medidas a la utilización de los recursos biológicos, para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos que se generen sobre la diversidad biológica. <sup>(35)</sup>

Se tomará en cuenta el Código Orgánico de Ambiente (COA) <sup>(36)</sup>, el cual hace mención en el artículo 3 inciso 4, que se deben establecer los mecanismos necesarios para la conservación, uso sostenible y restauración de los ecosistemas, patrimonio nacional forestal, zonas costeras y recursos naturales. El artículo 5 inciso 2, hace referencia al derecho que tienen las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el cual comprende un manejo adecuado de los ecosistemas, especialmente de aquellos que son frágiles y se encuentran amenazados como los manglares, humedales, bosques nublados, ecosistemas marinos y costeros; inciso 3, hace mención de la intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). A su vez

artículo 7 inciso 2, menciona que se debe proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural, los ecosistemas y la biodiversidad nacional. De igual forma su artículo 35 inciso 4, señala la protección de los ecosistemas de importancia biológica de los que dependen las especies de vida silvestre. Incluyendo el artículo 94, en el que se indica la conservación de la cobertura vegetal, mencionando que no se debe cambiar los usos del suelo a usos agropecuarios dentro de las áreas de Patrimonio Forestal Nacional. Otro artículo seleccionado dentro de este código es el 37, expresa que las áreas protegidas son espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible, por lo tanto, se prohíbe el fraccionamiento de las áreas naturales protegidas. Adicionalmente el artículo 93 inciso 7, el cual enuncia que el Estado promoverá el acceso y la distribución justa y equitativa de la tierra, evitando el fraccionamiento.

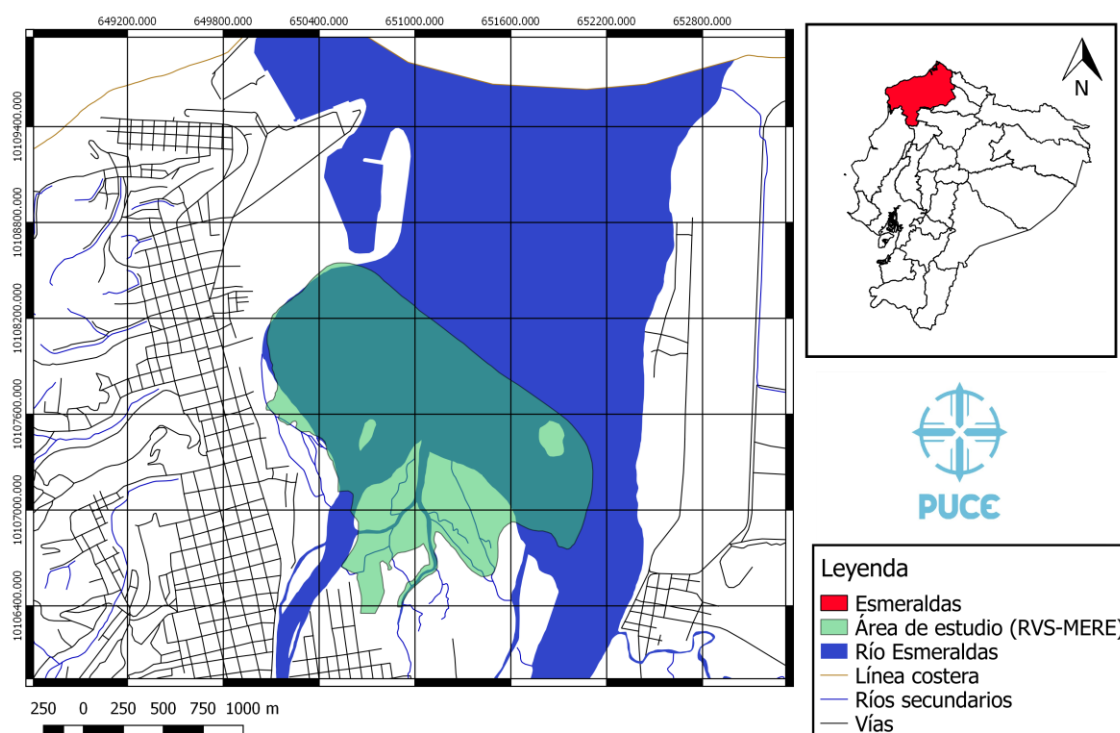
Así mismo se hará referencia al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) <sup>(37)</sup>, el cual es un libro emitido por el Ministerio del Ambiente para la regulación y control de la Legislación Ambiental del Ecuador. Haciendo énfasis en el Libro V del TULSMA <sup>(38)</sup>, el cual trata sobre el Manejo de los Recursos Costeros en su artículo 6, menciona que el Programa para el Manejo de los Recursos Costeros (PMRC) tiene como finalidad la protección, restauración y conservación de los recursos costeros de Esmeraldas, Manabí, EL Oro, Guayas y Galápagos. Apoyándonos en el artículo 19, el mismo que señala que la conservación de los manglares debe ser interés del público prohibiéndose su tala o explotación, a excepción del uso sustentable realizado por las comunidades ancestrales de las zonas. Adicionalmente en el artículo 54, el cual estipula que no se otorgarán permisos a ninguna entidad u organismos del Estado, para la construcción o ampliación de piscinas ya existentes.

A su vez se utilizará el Acuerdo Ministerial No.096 del Ministerio del ambiente Registro Oficial No.385 el cual declara el 13 de junio del 2008 Refugio de Vida Silvestre de Manglares Estuario del Río Esmeraldas las 242.58 hectáreas del bosque de manglar. <sup>(15)</sup>

### 3. Capítulo III: Metodología

#### 3.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en el manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas (Ver Figura 1). Según el Ministerio del Ambiente <sup>(14)</sup> el río Esmeraldas es uno de los más importantes del Ecuador el cual nace desde la Cordillera de los Andes, cuando este afluente llega al Océano Pacífico forma un estuario donde crecen los manglares, y es aquí donde se encuentra el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. El mismo que posee una extensión de 242 hectáreas y se encuentra ubicado en la desembocadura del río Esmeraldas entre la ciudad de Esmeraldas y la parroquia de Tachina, dentro de las especies de manglar que se encuentra en el refugio tenemos como más abundante al mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) <sup>(39)</sup>, seguido del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) <sup>(40)</sup>, y por último al mangle negro (*Avicennia germinans*). <sup>(41)</sup>



**Figura 1.** Área de estudio. Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.

**Fuente:** Autor.

## 3.2. Recolección de datos

### 3.2.1. Método supervisado

Para la clasificación de información se llevó a cabo visitas previas al campo, en donde se hizo un reconocimiento de las actividades antrópicas y cobertura vegetal que se encontraron presentes en el área de estudio. Estas visitas fueron ejecutadas durante las dos últimas semanas del mes de febrero, dos visitas por semana. El método de clasificación supervisada requiere de un conocimiento previo del área de estudio lo cual permita delimitar sobre la imagen áreas representativas de las diferentes clases, lo que se conoce como áreas de entrenamiento, debido a que sirven para entrenar al computador para que pueda reconocer las diferentes categorías. <sup>(47)</sup> Para la ejecución de la clasificación de imágenes se utilizó el complemento Semiautomatic Classification Plugin (SCP) de QGIS. Las zonas de difícil identificación visual a través de las imágenes satelitales fueron verificadas en campo mediante el levantamiento de coordenadas utilizando un GPS marca Garmin eTrex, y su asociación a través de una categoría de uso de suelo.

La recolección de datos se realizó mediante el empleo de imágenes satelitales, las mismas que fueron descargadas de la página open source (Fuente libre) como Land Viewer. Este levantamiento de información se realizó en dos etapas:

1. Recopilación de información de las imágenes satelitales durante las dos primeras semanas del mes de marzo, en las que se evaluó la cobertura vegetal, los asentamientos humanos, y las actividades antrópicas derivadas de estos asentamientos como agricultura, piscinas camaroneras, carreteras, entre otras, mediante la obtención de imágenes satelitales en los siguientes periodos de tiempo (Ver Tabla1).

**Tabla 1.** Tipo de satélite y fecha de las imágenes usadas en este estudio.

Satélite (Sensor)	Fecha de la captura de imágenes
Landsat TM <sup>a</sup> 5	2 de julio de 1991
Landsat 7 ETM <sup>+</sup> <sup>b</sup>	18 de julio del 2000
Landsat TM 5	6 de mayo del 2006
Landsat 8	06 de febrero del 2018

**Nota.** Las imágenes fueron descargadas de la página Land Viewer.

<sup>a</sup> TM: Thematic Mapper.

<sup>b</sup> ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus.

2. Clasificación supervisada se realizó durante las dos últimas semanas del mes de marzo y las dos primeras del mes de abril, mediante los Sistemas de Información Geográfica QGIS y ArcGis, en conjunto con la verificación en campo, las cuales se realizaron el día 4 de junio desde las 12:00 pm hasta las 15:00 pm, y el día 6 de junio desde las 14:00 pm hasta las 17:30 pm, a fin de comprobar lo que se observó en las imágenes satelitales, y así poder realizar una correcta Clasificación Supervisada en los Sistemas de Información Geográfica. El levantamiento de las coordenadas en campo se encuentra registrado en la Tabla 2 acompañada de un gráfico en donde se puede visualizar la toma de datos realizada (Ver Figura 2).

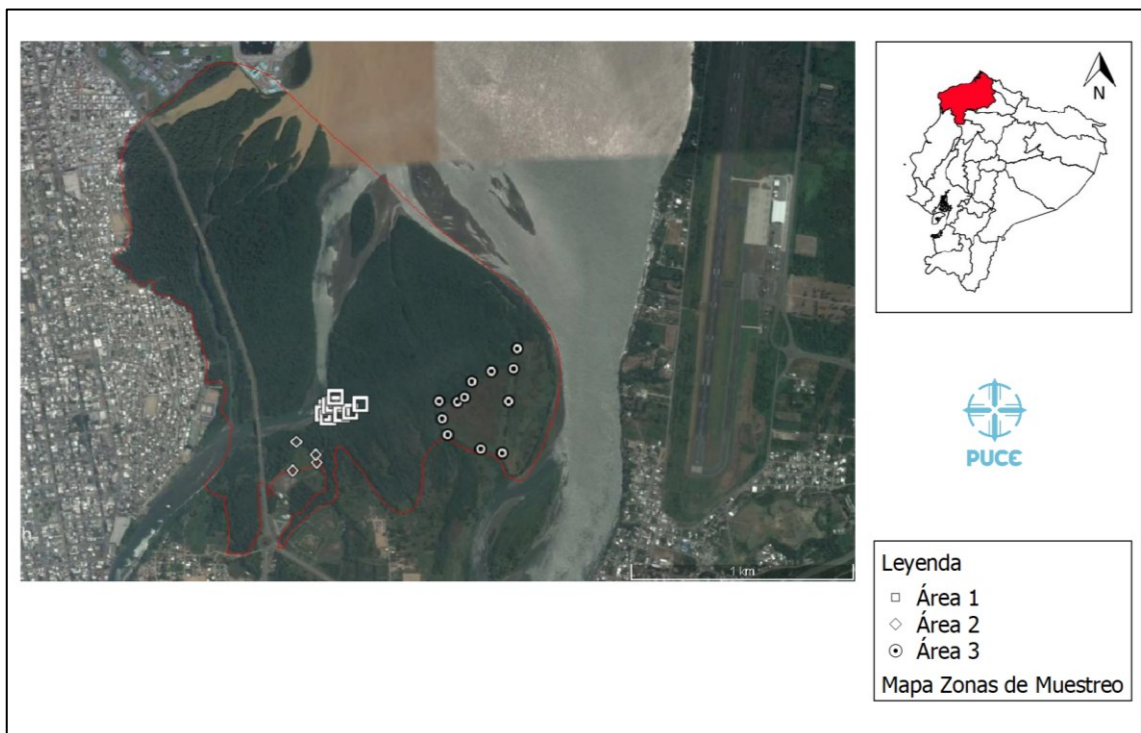
**Tabla 2.** Coordenadas del muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Río Esmeraldas.

Coordenadas Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas (RVS-MERE)		
	X	Y
Área 1	651070	107034
	651057	107006
	651079	106989
	651100	107030
	651087	107043
	651094	107049
	651102	107050
	651139	107008
	651176	107020
	651221	107057
	651107	107082
Área 2	650936	106742
	651043	106784
	651036	106819
	650945	106872
	651876	106880
	651891	107113
Área 3	651905	107260
	651916	107351
	651806	107243
	651720	107192
	651691	107120
	651660	107097

651578	107095
651596	107018
651625	106948
651778	106893

**Nota.** Las coordenadas levantadas en campo se realizaron para comprobar lo que se visualizó en la imagen.

<sup>a</sup> El Área 3 corresponde al área de mayor tamaño cubierto por pastizales.



**Figura 2.** Mapa de la comprobación en campo con coordenadas.

**Fuente:** Autor.

### 3.2.2. Mapeo de la vegetación

La selección de los sensores, la resolución espacial y espectral al momento de la elección de las imágenes satelitales, son aspectos importantes para un mapeo de vegetación de calidad, debido a que las características de las imágenes imponen el alcance del análisis. <sup>(42)</sup>

Debido a que las imágenes obtenidas por los satélites necesitan una fuente de energía externa como es el sol para poder capturar imágenes que sean útiles, la mayor parte del

tiempo funcionan durante el día, pero en mucho de los casos son afectadas estas imágenes por la nubosidad presente en la atmósfera. <sup>(28)</sup> En la actualidad, el área de estudio debido a su geografía presenta pocas imágenes sin nubosidad, por lo que dio lugar a que en la metodología se usen cuatro imágenes de diferentes periodos de tiempo, con la finalidad de obtener mejores resultados al momento de realizar la clasificación de las imágenes.

Para realizar la zonificación de la cobertura y uso de suelo se descargaron las imágenes con sus diferentes bandas espectrales para la realización de la clasificación supervisada, estas imágenes fueron obtenidas de la página web Land Viewer perteneciente al Sistema de Observación de la Tierra (EOS por sus siglas en inglés), esta página web tiene un almacenamiento fotográfico de cada satélite con su sensor en diferentes años, por lo que de esta página se extrajo información de los siguientes satélites Landsat TM 5 (Ver Tabla 3), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (Ver Tabla 4), Landsat 8 (Ver Tabla 5).

**Tabla 3.** Resolución espacial y espectral del satélite Landsat TM 5 (1984-2012).

<b>Modo Espectral</b>	<b>Resolución espacial</b>	<b>Resolución Espectral</b>	<b>Franja (Km)<sup>a</sup></b>
Multiespectral	30	Banda 1. Azul	185
	30	Banda 2. Verde	
	30	Banda 3. Roja	
	30	Banda 4. Infrarrojo cercano	
	30	Banda 5. Infrarrojo de onda corta	
	60	Banda 7. Infrarrojo de onda corta	
Termal	120	Banda 6. Infrarrojo térmico	

*Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografías de México.* <sup>(43)</sup>

<sup>a</sup> KM: Kilómetros.

**Tabla 4.** Resolución espacial y espectral del satélite Landsat 7 ETM+ (1999-2017).

<b>Modo Espectral</b>	<b>Resolución espacial</b>	<b>Resolución Espectral</b>	<b>Franja (Km)</b>
Multiespectral	30	Banda 1. Azul	185
		Banda 2. Verde	
		Banda 3. Roja	
		Banda 4. Infrarrojo cercano 1	
		Banda 5. Infrarrojo cercano 2	
		Banda 6. Infrarrojo medio	
Pancromática	15	Banda 8. Pancromática	

*Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografías de México. <sup>(43)</sup>*

**Tabla 5.** Resolución espacial y espectral del satélite Landsat 8 (2013-2017).

<b>Modo Espectral</b>	<b>Resolución espacial</b>	<b>Resolución Espectral</b>	<b>Franja (Km)</b>
Multiespectral	30	Banda 1. Aerosol Costero	185
	30	Banda 2. Azul	
	30	Banda 3. Verde	
	30	Banda 4. Rojo	
	30	Banda 5. Infrarrojo cercano (NIR)	
	30	Banda 6. SWIR 1	
	30	Banda 7. SWIR 2	
	15	Banda 8. Pancromático	
	30	Banda 9. Cirrus	
Termal	100	Banda 10. Infrarrojo térmico 1	
	100	Banda 11. Infrarrojo térmico 2	

*Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <sup>(44)</sup>*

### **3.3. Análisis de datos**

#### **3.3.1. Pre-procesamiento de imágenes**

Para el procesamiento de las imágenes del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas, se utilizó el Sistema de Información Geográfica Quantum GIS (QGIS) versión 3.0 Girona con el apoyo del software ArcGIS versión 10.3. Las imágenes obtenidas fueron georreferencias utilizando la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (Zona 17 Sur). La georreferenciación fue utilizada para asignar una ubicación geográfica la cual permita situarlos en la superficie terrestre. <sup>(45)</sup> Se realizó una corrección atmosférica con la finalidad de eliminar las posibles alteraciones en las imágenes satelitales, tal como lo menciona Brizuela, Aguirre y Velazco <sup>(46)</sup>, las correcciones atmosféricas en las imágenes satelitales tienden a eliminar el ruido ocasionado a la señal del satélite una vez que ha atravesado la atmósfera, debido a que esta presenta partículas en suspensión alterando la calidad de la imagen, pudiendo llegar a ocasionar errores radiométricos y geométricos, de tal forma que los objetos de la imagen coincidan con la realidad de la superficie captada por el sensor.

#### **3.3.2. Clasificación de imágenes satelitales**

##### **3.3.2.1. Clasificador de máxima verosimilitud**

El algoritmo de máxima verosimilitud nos permitió agrupar los píxeles que tuvieron mayor probabilidad de pertenecer a una clase asignada. Este algoritmo es el más usado para la teledetección y es considerado como el proceso de discriminación más eficiente, el cual agrupa los píxeles que tienen la mayor probabilidad de pertenecer a una clase, tal como lo menciona Dávila et al <sup>(48)</sup>, y estudios realizados por García et al. <sup>(49)</sup> En el clasificador de máxima verosimilitud se establecen campos de entrenamiento característicos a cada categoría de cobertura vegetal y uso de suelo con lo que se determina cada categoría. Debido a que las imágenes satelitales tienen diferente resolución espacial y temporal, se definieron áreas de interés con poca dificultad de identificación.

### **3.3.3. Detección de cambios en la cobertura vegetal y el uso de suelo**

La detección de cambios en el uso de suelo se realizó para conocer la variación del uso de suelo interanualmente, debido a las actividades antrópicas generadas en el área de estudio, ya sean, infraestructuras, vías, ganadería y pastizales, entre otros. El cambio en el uso de suelo del RVS-MERE fue identificado mediante una superposición de imágenes satelitales, en las cuales se pudo observar los cambios que se desarrollaron al comparar dos imágenes en una sola en los diferentes periodos de tiempo analizados.

Se calculó la Tasa Anual de Cambio (TAC) <sup>(50)</sup> de los usos del suelo y cobertura vegetal, mediante la fórmula propuesta por la FAO <sup>(51)</sup>:

$$TAC = \left[ \frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Donde:

TAC: tasa de anual de cambio

S<sub>2</sub>: superficie de fecha 2

S<sub>1</sub>: superficie de fecha 1

n: el número de años entre las fechas

### **3.3.4. Generación de mapas temáticos**

Una vez obtenida la clasificación de imágenes y analizado las zonas de afectación por actividades antrópicas, se realizaron mapas temáticos mediante el diseño de impresión del QGIS y ArcGis, los cuales muestran las áreas en las que el uso de suelo y la vegetación del manglar ha ido variando a través del tiempo en las diferentes imágenes multitemporales.

### **3.3.5. Socialización de la investigación.**

Se realizó una socialización del trabajo de investigación en las instituciones públicas de la ciudad de Esmeraldas en el Gobierno Autónomo Municipal de la Provincia de Esmeraldas (GADME) (Ver Imagen 1-4) y el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) (Ver Imagen 5-8).

Esta actividad se llevó a cabo durante las dos últimas semanas del mes de septiembre. Motivo de esta actividad fue para dar a conocer los cambios que se han originado según los resultados obtenidos en el RVS-MERE, y que se generen propuestas de manejo en estas instituciones para dar soluciones o mitigar el cambio en uso de suelo y cobertura vegetal del lugar.

## 4. Capítulo IV: Resultados

A pesar de los múltiples servicios medioambientales que nos brindan los manglares, estos ecosistemas están desapareciendo a un ritmo acelerado a nivel mundial. <sup>(52)</sup>

La fragmentación de estos hábitats por la deforestación para cualquier tipo de actividad crea una división del ecosistema, generando pérdidas de ecosistemas, aumentando el aislamiento y provocando cambios en la calidad de los parches que se originan por la fragmentación. <sup>(52)</sup> La fragmentación es un proceso que poco se ha evaluado en los manglares, por lo que no existe un conocimiento claro sobre lo que ocasiona esa perturbación en este ecosistema. <sup>(52)</sup>

### 4.1. Zonificación de la cobertura y el uso de suelo.

Mediante la utilización de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica y las visitas de campo, se pudo determinar cada una de las categorías en cuanto a manglar y usos del suelo que se encuentran presentes en el área de estudio y como ha ido variando cada una de estas a través del tiempo tales como, manglar, infraestructura, pastizal, sedimento, agua, camaroneras, entre otros, definiendo el valor que cada uno de estos tiene en hectáreas y porcentajes los cuales se encuentran detallados en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Categorías, superficies y porcentajes de las diferentes imágenes analizadas.

Clase	Área en ha <sup>b</sup>				Área en % <sup>c</sup>			
	1991	2000	2006	2018	1991	2000	2006	2018
Manglar <sup>a</sup>	136,47	162,04	139,51	166,38	56,07	64,39	57,22	68,78
Sedimento	33,77	14,93	0,59	1,17	13,87	5,93	0,24	0,48
Agua	73,15	64,52	51,66	38,05	30,05	25,64	21,19	15,73
Pastizal	0	10,16	36,52	26,41	0	4,04	14,98	10,92
Camaronera	0	0	13,52	1,1	0	0	5,55	0,45
Ranconcha	0	0	0	0,78	0	0	0	0,32
Vía	0	0	0	4,08	0	0	0	1,69
Infraestructura	0	0	2,01	3,93	0	0	0,82	1,62

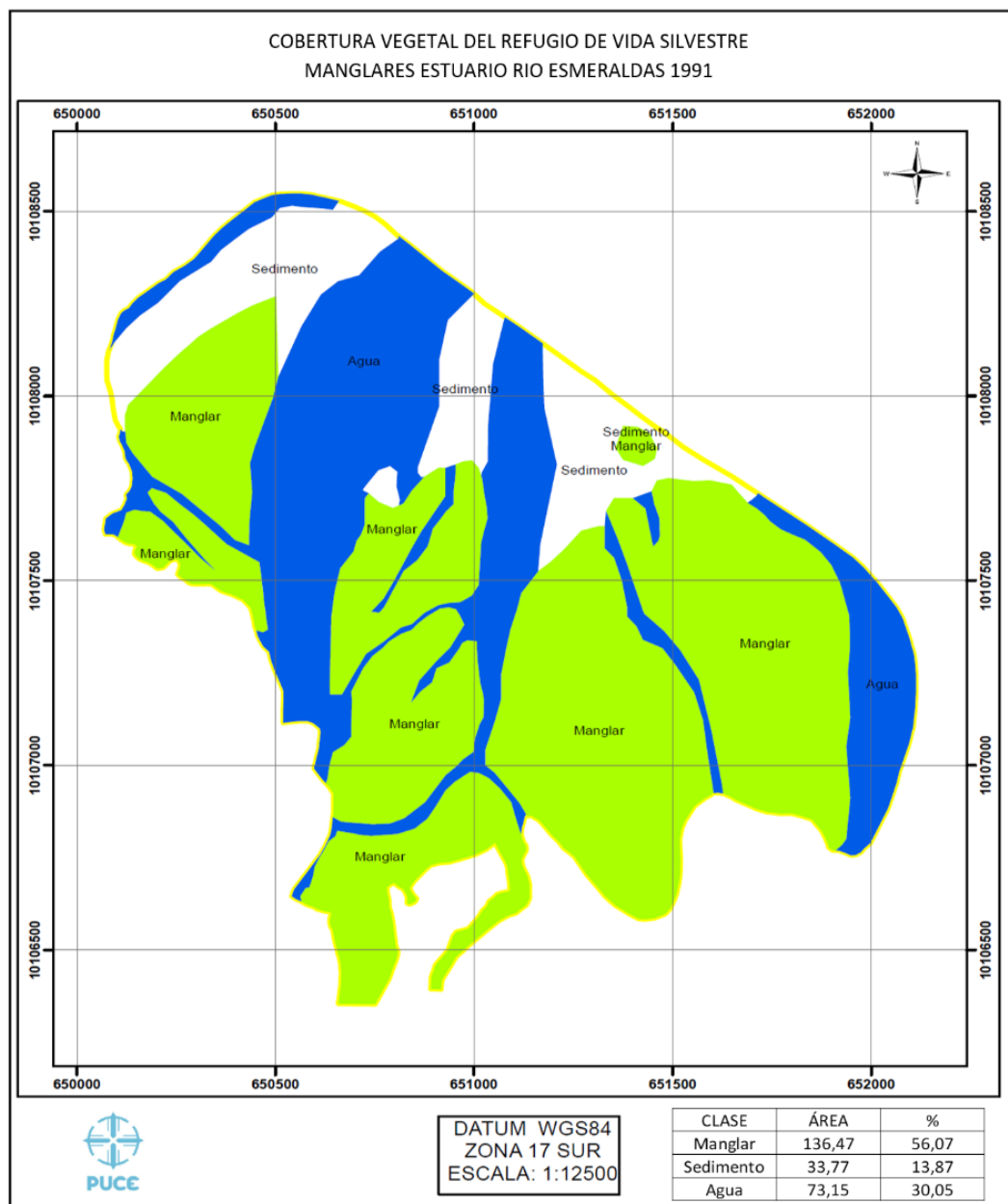
**Nota.** El mayor número de categorías se identificó en la imagen del 2018.

<sup>a</sup> La superficie dominante por su extensión en todos los años fue la de manglar.

<sup>b</sup> Hectáreas

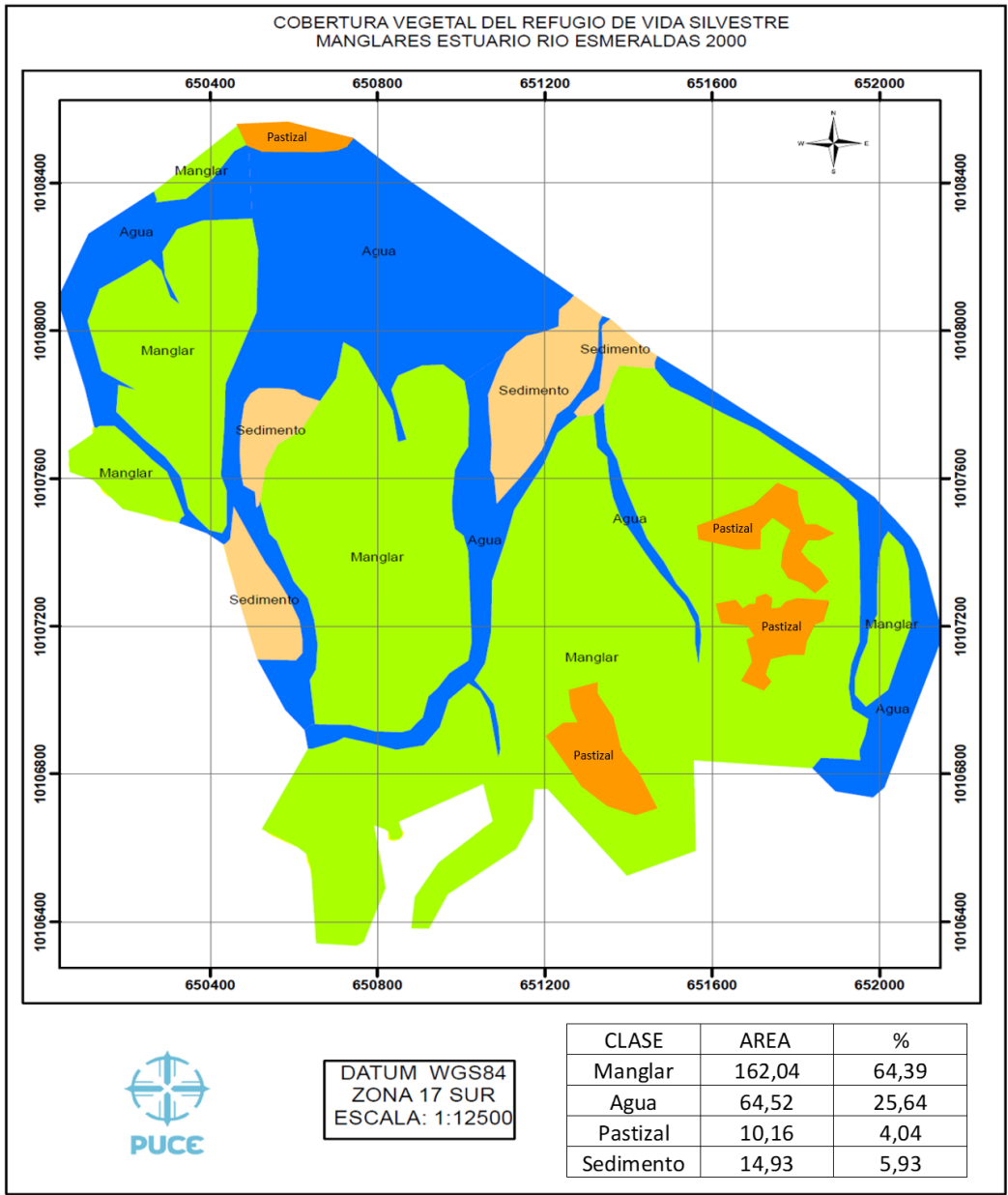
<sup>c</sup> Porcentajes

Esta zonificación de la cobertura vegetal y usos del suelo fue representada a su vez en mapas individuales de cada año, en los cuales se puede observar la clase con la superficie, es así como la imagen de 1991 fue la que menos clases presentó con solo tres correspondientes a manglar, sedimento y agua (Ver Figura 3), seguidamente la imagen del año 2000 presentó cuatro clases como manglar, sedimento, agua y pastizal (Ver Figura 4), posteriormente la imagen del año 2006 presentó seis clases como manglar, sedimento, agua, pastizal, infraestructura y camaroneras (Ver Figura 5), y por último la imagen del año 2018 fue la que mayor clases arrojó como manglar, sedimento, agua, pastizal, infraestructura, camaroneras, vía y Ranconcha (Ver Figura 6).



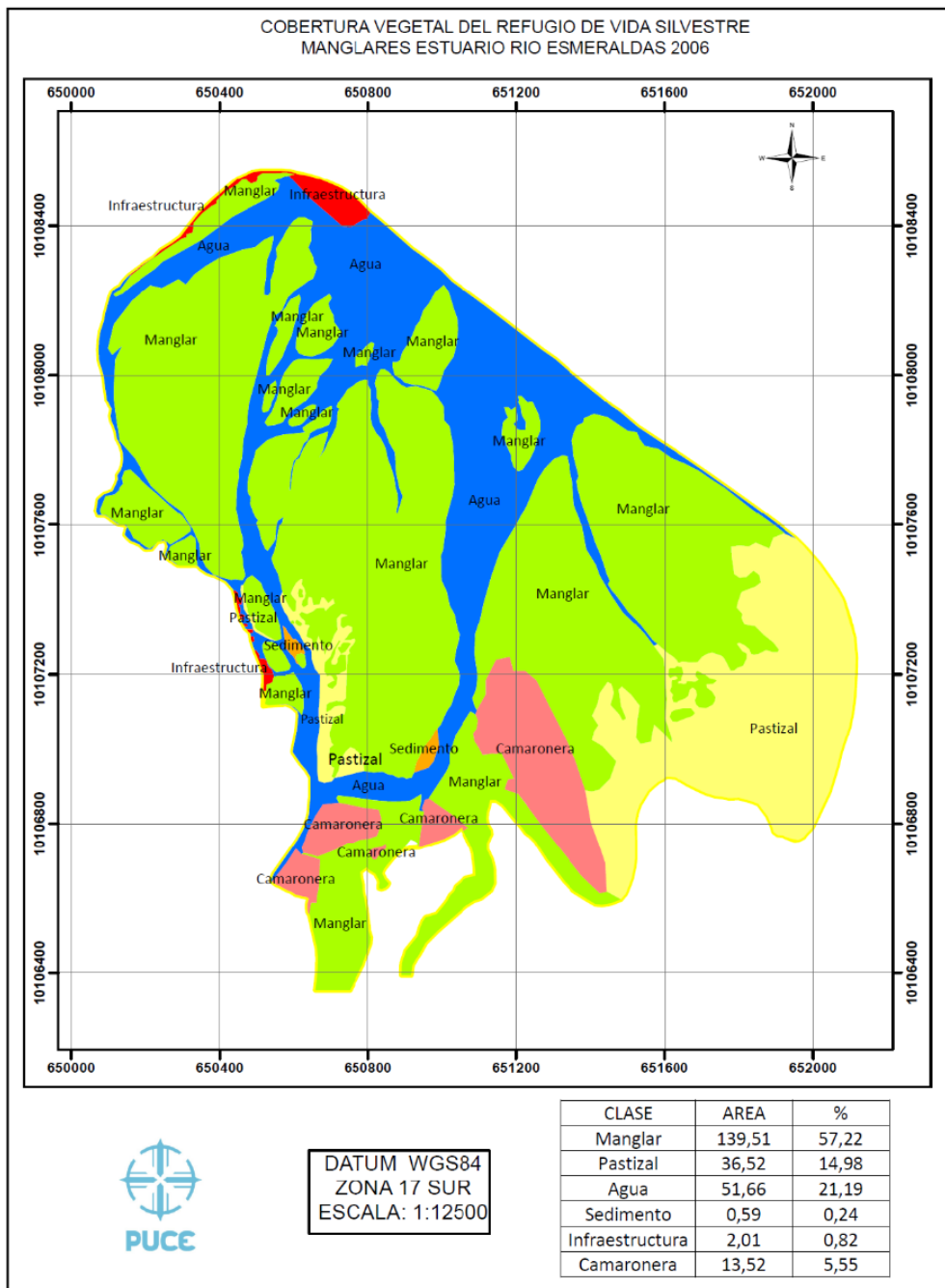
**Figura 3.** Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 1991.

**Fuente:** Autor.



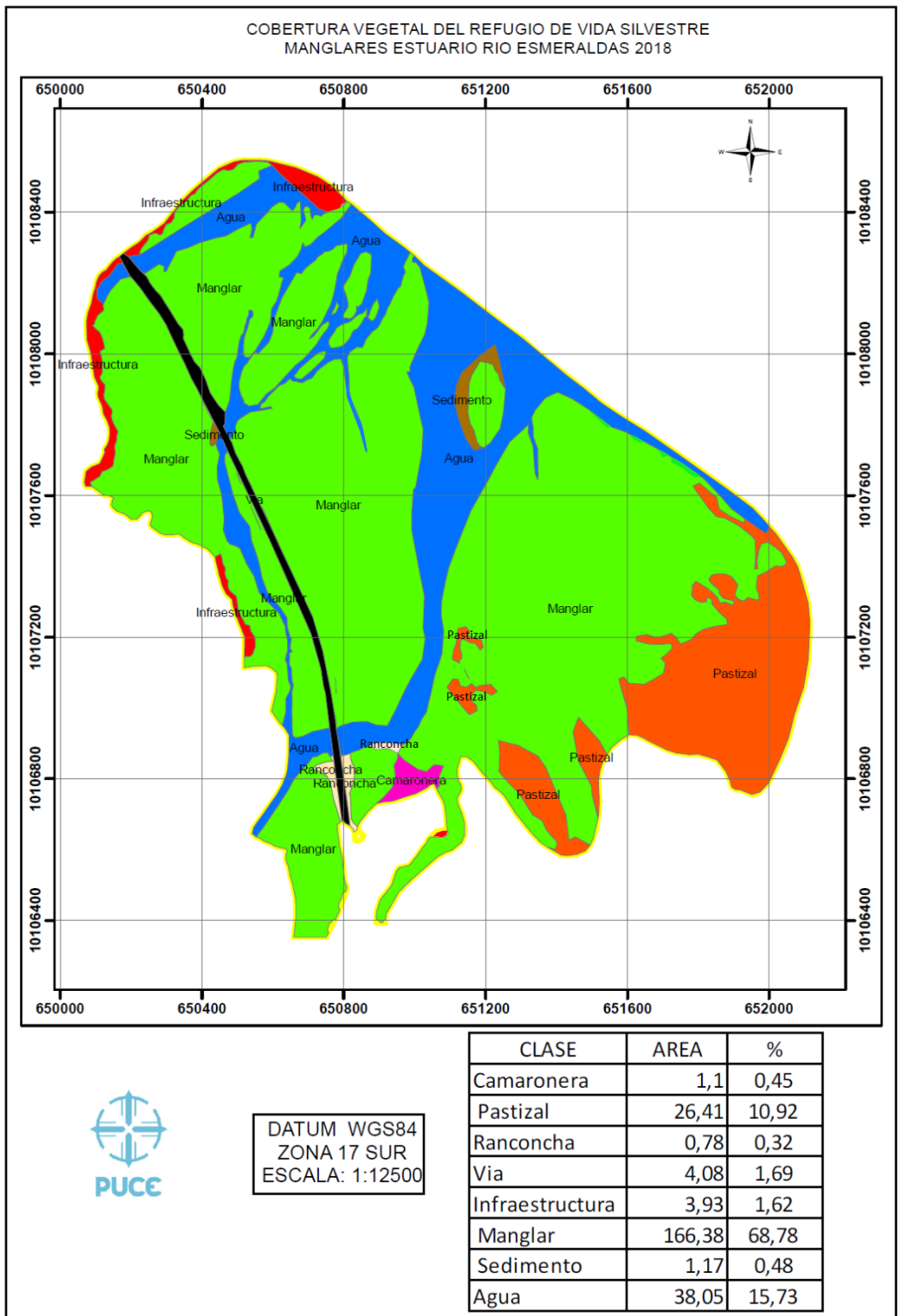
**Figura 4.** Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2000.

**Fuente:** Autor.



**Figura 5.** Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2006.

**Fuente:** Autor.

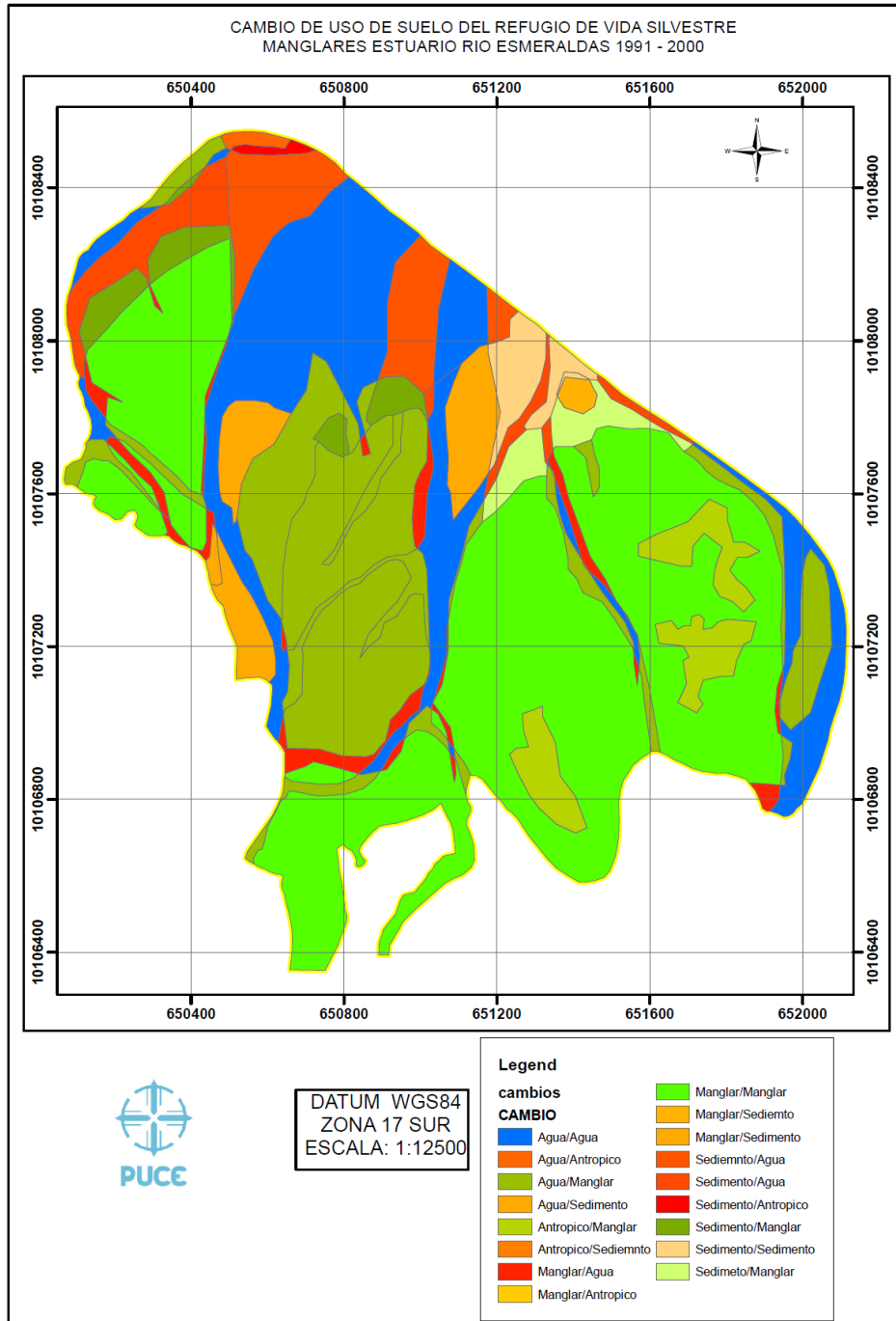


**Figura 6.** Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo del RVS-MERE en el año 2018.

**Fuente:** Autor.

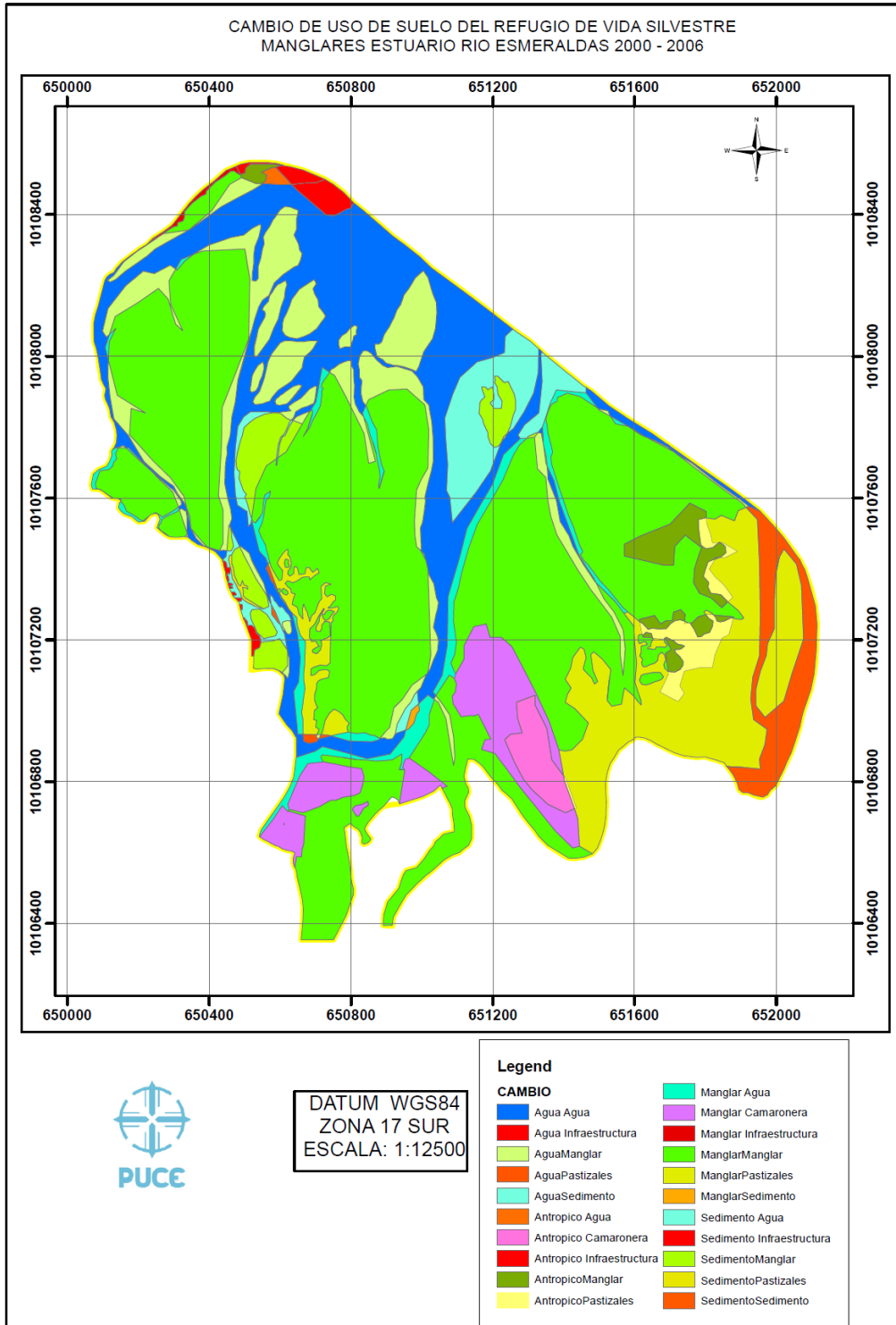
#### 4.2. Identificación de cambios de cobertura vegetal.

Para la identificación de los cambios de cobertura vegetal y uso de suelo se realizó una superposición de imágenes satelitales, en las cuales se comparan las imágenes en el siguiente orden, 1991 – 2000 (Ver Figura 7), 2000 – 2006 (Ver Figura 8) y 2006 – 2018 (Ver Figura 9), con la finalidad de evaluar la variación de la superficie vegetal y los usos del suelo.



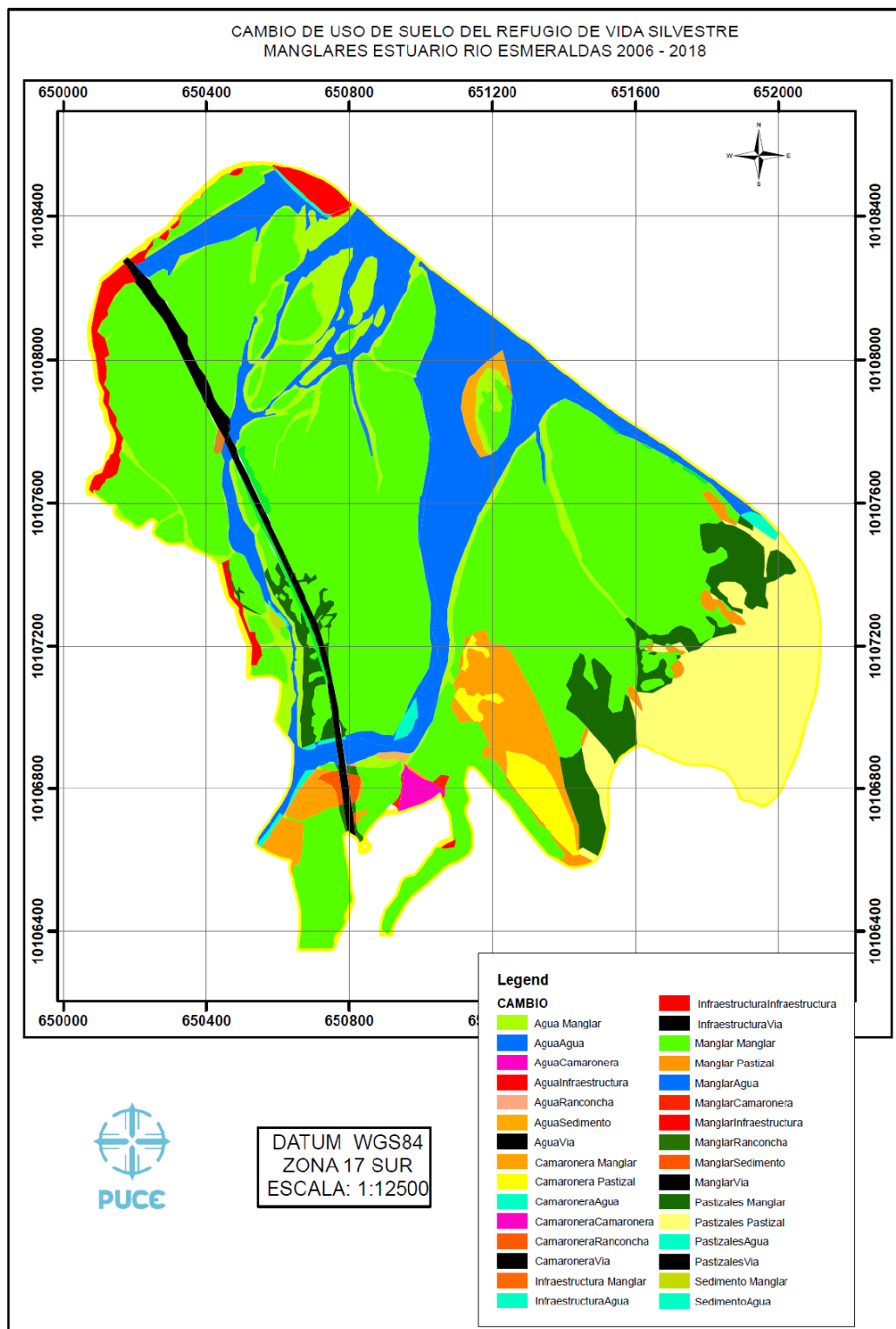
**Figura 7.** Superposición de imágenes entre el año 1991-2000.

**Fuente:** Autor.



**Figura 8.** Superposición de imágenes entre el año 2000-2006.

**Fuente:** Autor.



**Figura 9.** Superposición de imágenes entre el año 2006-2018.

**Fuente:** Autor.

Adicionalmente el análisis matemático del TAC (Ver Tabla 7) reflejó un incremento anual de 1,9% en la superficie de manglar comparando las dos primeras imágenes entre 1991-2000, luego en la comparación entre 2000-2006 arrojó una pérdida de superficie anual de 2,4% de manglar, por último, en la comparación entre 2006-2018 vuelve a incrementar la superficie de manglar en 1,5% por año.

**Tabla 7.** Análisis y cuantificación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal. (TAC).

Cobertura	Áreas 1991		Áreas 2000		TAC <sup>a</sup>	Áreas 2006		TAC	Áreas 2018		TAC
	Ha	%	Ha	%	%	Ha	%	%	Ha	%	%
Manglar	136,47	56,07	162,04	64,39	1,9	139,51	57,22	-2,4	166,38	68,78	1,5
Sedimento	33,77	13,87	14,93	5,93	-8,6	0,59	0,24	-40,4	1,17	0,48	5,8
Agua	73,15	30,05	64,52	25,64	-1,4	51,66	21,19	-3,5	38,05	15,73	-2,5
Pastizal	0	0	10,16	4,04	0	36,52	14,98	22,7	26,41	10,92	-2,7
Camaronera	0	0	0	0	0	13,52	5,55	0	1,1	0,45	-18,8
Ranconcha	0	0	0	0	0	0	0	0	0,78	0,32	0,0
Vía	0	0	0	0	0	0	0	0	4,08	1,69	0,0
Infraestructura	0	0	0	0	0	2,01	0,82	0	3,93	1,62	5,7

**Nota.** Los valores que se encuentran por debajo de cero son aquellos que representan pérdida de superficie, y los que están por encima de cero representan ganancias de superficie.

<sup>a</sup>TAC: Tasa Anual de Cambio.

### 4.3. Socialización del trabajo de investigación

La socialización del trabajo de investigación se realizó mediante la información obtenida de los mapas temáticos y los análisis estadísticos. Esta socialización se la realizó como agradecimiento a las instituciones públicas que brindaron su colaboración para facilitar la realización del trabajo de investigación (Ver Imagen 4 y 8). Durante la socialización del trabajo de investigación se realizaron comentarios por parte del público presente, estos comentarios fueron generalmente acerca de la fuente de obtención de las imágenes, y de qué manera este trabajo aportaría para el manejo del área protegida.

## 5. Capítulo V: Discusión

El uso de los SIG para el estudio de los cambios de la cobertura vegetal y usos del suelo son las herramientas más usadas, tanto para el manejo sustentable de los recursos naturales <sup>(16)</sup>, como el potencial que tienen estos software para los análisis medioambientales en general, lo cual coincide con lo realizado en el presente trabajo de investigación, ya que facilitó la evaluación y análisis de los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo mediante un análisis multitemporal de imágenes satelitales del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.

Mediante los SIG se realizó la zonificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de las imágenes de 1991, 2000, 2006 y 2018, a través del método de clasificación supervisada y el algoritmo de máxima verosimilitud, así mismo en el estudio realizado por Dávila Vázquez et al <sup>(48)</sup>, en el cual realizaron una evaluación de la cobertura vegetal y usos del suelo de la cuenca del río Tecolutla ubicado en México mediante clasificación supervisada utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud, ya que consideran que es el más usado para los procesos de percepción remota, utilizando dos imágenes satelitales cuyo periodo fue de 1994 y 2010.

Los análisis multitemporales permiten evaluar los cambios en la superficie terrestre como modificaciones en el paisaje, cambios en los usos del suelo, entre otros factores que se pueden analizar <sup>(20)</sup>. Los análisis en las imágenes realizados en este estudio presentan variaciones de los diferentes años tanto en la cobertura vegetal como en los usos del suelo, atribuidos los principales cambios a las actividades antrópicas como ganadería y acuicultura que dieron paso a la formación de pastizales, y al desarrollo urbano categorizado como infraestructura y vía, los cuales produjeron cambios en la cobertura vegetal, al igual que el estudio realizado por Berlanga Robles et al <sup>(11)</sup>, en el cual para evaluar los impactos antropogénicos asignaron categorías como infraestructura, vías y áreas acuícolas, las cuales generaron parches dentro del ecosistema manglar, disminuyendo su cobertura lo que produjo una fragmentación del hábitat, encontrando una posible afectación a las especies que sostienen este ecosistema. El aumento del área de manglar entre los datos de 1991-2000 (Ver Tabla 7) puede atribuirse a que había una mayor superficie de sedimentos desde 1991 la cual fue disminuyendo según el TAC -8.9% de superficie por año, mientras que la de manglar fue aumentando según el TAC 1.9% por año, pudiendo el manglar ir incrementando su cobertura hacia estas zonas de sedimentos, debido a que la especie dominante de

manglar es el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)<sup>(39)</sup> y esta especie tiene como característica de reproducción en la que sus semillas germinan normalmente cuando aún el fruto se encuentra adherido al árbol, y como mecanismo de dispersión desarrollan tejidos esponjosos que les permiten flotar hasta lograr llegar a un suelo estable donde se pueden desarrollar.<sup>(53)</sup>

Luego de este periodo, en el análisis entre 2000-2006 (Ver Tabla 7) se observa una disminución de cobertura vegetal según el TAC de -2,4% de superficie anual y aparecen otros usos del suelo como camaroneras y un aumento en la superficie de pastizales debido a las actividades ganaderas y acuícolas realizadas en el lugar, atribuyéndose esta pérdida de cobertura a este incremento de las actividades antrópicas, tal como se observa en las imágenes del 2000 y 2006, debido a que no existía un control sobre esta área para la fecha analizada, es a partir del año 2008 cuando se crea el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas<sup>(14)</sup>, cuando comienzan a regular las actividades desarrolladas dentro del área protegida. De acuerdo con lo anterior es que en el análisis del 2018 las camaroneras desaparecen casi en su totalidad y se disminuye el área de pastizales que era destinada a la ganadería. Así mismo en el estudio realizado por Ruiz et al<sup>(50)</sup> en el cual se realizó un análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en Miraflores, Nicaragua con imágenes de 1993-2011, dando como resultados, cambios en la cobertura vegetal de manera positiva debido a la intervención de las autoridades en el área, estableciéndola como área protegida, la cual se llevó a cabo en 1999 generando un mejor aprovechamiento de los recursos a pesar de ejercer presión sobre este ecosistema el aumento de la población.

En el análisis multitemporal entre el año 2006-2018 (Ver Tabla 7) se obtuvo un incremento según el TAC de 1,5% anual de cobertura vegetal, esto atribuido a la creación del refugio y también a un proyecto de reforestación llevado a cabo por el Estado Ecuatoriano, en el cual se reforestaron 5,082 hectáreas de manglar con especies nativas<sup>(54)</sup> como el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)<sup>(39)</sup>, mangle rojo (*Rhizophora mangle*)<sup>(40)</sup>, y mangle negro (*Avicennia germinans*)<sup>(41)</sup>, esta reforestación se llevó a cabo al borde de la vía de los Puentes dentro del refugio.

En el análisis de la imagen del 2018 (Ver Figura 6) se observan un mayor número de cambios y categorías asignadas a cada uso de suelo, sin embargo a nivel de ecosistema la más preocupante y llamativa es la de la vía de los puentes, puesto que esta se encuentra ubicada a lo largo del manglar, produciendo una fragmentación de este ecosistema, así como lo menciona Romero et al<sup>(52)</sup>, los procesos de deforestación por lo

general implican la fragmentación del hábitat <sup>(18)</sup>, lo cual provoca cambios en la dinámica de los ecosistemas, aumentando el aislamiento y cambios en la calidad del entorno, aumento de parches de vegetación natural, modifica la estructura y la composición de las comunidades; sin embargo a nivel de ecosistema de manglares la fragmentación es un proceso poco evaluado, por lo que se desconoce sobre los efectos que puedan generar la fragmentación en estos ecosistemas.

En el análisis multitemporal de las imágenes satelitales, se pudo observar que el área de pastizales aparece en el año 2000 para luego aumentar su superficie hasta el 2006 según el TAC en un 22,7% anual, llegando a ocupar el 14,98% de la superficie del área protegida, la tercera superficie más grande para la fecha. Esta área de pastizales corresponde a las actividades antrópicas como ganadería, agricultura y piscinas acuícolas abandonadas, tal como lo menciona el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) <sup>(34)</sup>, las principales causas de pérdida de manglar a nivel mundial son producto de las actividades acuícolas, ganaderas y de agricultura, influyendo también el desarrollo urbano en gran medida.

En la matriz del TAC (Ver Tabla 7) en los valores de las imágenes del 2006 y 2018 se puede observar como la categoría de infraestructura ha ido incrementando al borde del área protegida, aunque su incremento ha sido poco es un dato que se debe tomar en cuenta puesto que ya han ingresado a los límites del área protegida, de igual forma sucede con un estudio realizado por Galeana et al <sup>(16)</sup> en la cuenca del río Magdalena en donde han observado una transformación del ecosistema debido al incremento poblacional, el cual ha ido aumentando dentro de la cuenca provocando un deterioro de las coberturas vegetales, Cruz et al <sup>(10)</sup> consideran también que debido al incremento poblacional y desarrollo urbano, los manglares se encuentran amenazados lo que ha facilitado el ingreso de contaminantes y la deforestación debido a las actividades antrópicas.

Los mapas temáticos fueron utilizados para dar soporte al trabajo de investigación, comprendiendo de mejor manera lo que se encuentra en el área de estudio y como ha ido variando a través del tiempo.

Para la realización del trabajo de investigación se solicitó el permiso correspondiente a la Autoridad Ambiental Nacional, el mismo que fue otorgado y dentro de sus cláusulas se encontraba la socialización de los resultados de la investigación, procedimiento que se debe realizar como compensación por otorgar la autorización para poder realizar el trabajo de investigación, con las autoridades responsables como actores estratégicos

para el manejo del refugio. Así como lo menciona Clara Batioja en su trabajo de investigación en cuanto a la socialización y difusión de la información obtenida, es un factor importante para un manejo efectivo y adecuado en las áreas protegidas, y es un procedimiento que se lo debe realizar con las instituciones correspondientes de la planificación y ejecución de las actividades, que permitan una correcta gobernabilidad del área.

## 6. Capítulo VI: Conclusiones

- Se estudió el cambio en los usos del suelo y cobertura vegetal en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas con imágenes satelitales en un periodo de evaluación de 27 años entre 1991-2018. Se observan las variaciones en los cambios de los usos del suelo y la cobertura vegetal al realizar la superposición de capas y analizar los valores arrojados de forma individual entre cada año. El análisis de la Tasa Anual de Cambio (TAC) permitió conocer el porcentaje de crecimiento y de pérdida del manglar entre los años analizados.
- El incremento de las actividades antrópicas como ganadería, agricultura, construcción de infraestructura, la vía de los puentes, camaroneras, entre otras, ejercen presión sobre el ecosistema de manglar ocasionando una reducción en su cobertura vegetal para la realización de estas actividades, y provocando la fragmentación de este. La creación del refugio permitió recuperar la cobertura vegetal y regular las actividades antrópicas que se desarrollan en el lugar.
- Determinar el cambio de los usos del suelo y cobertura vegetal en esta área es importante por ser un ecosistema de bosque protector, debido a sus características estructurales que permiten el desarrollo de una gran variedad de especies marinas comerciales y permite mantener las actividades económicas como la pesca. <sup>(5)</sup> La información obtenida de este estudio permite apoyar a la elaboración de planes de ordenamiento territorial y estrategias de conservación de los recursos naturales.

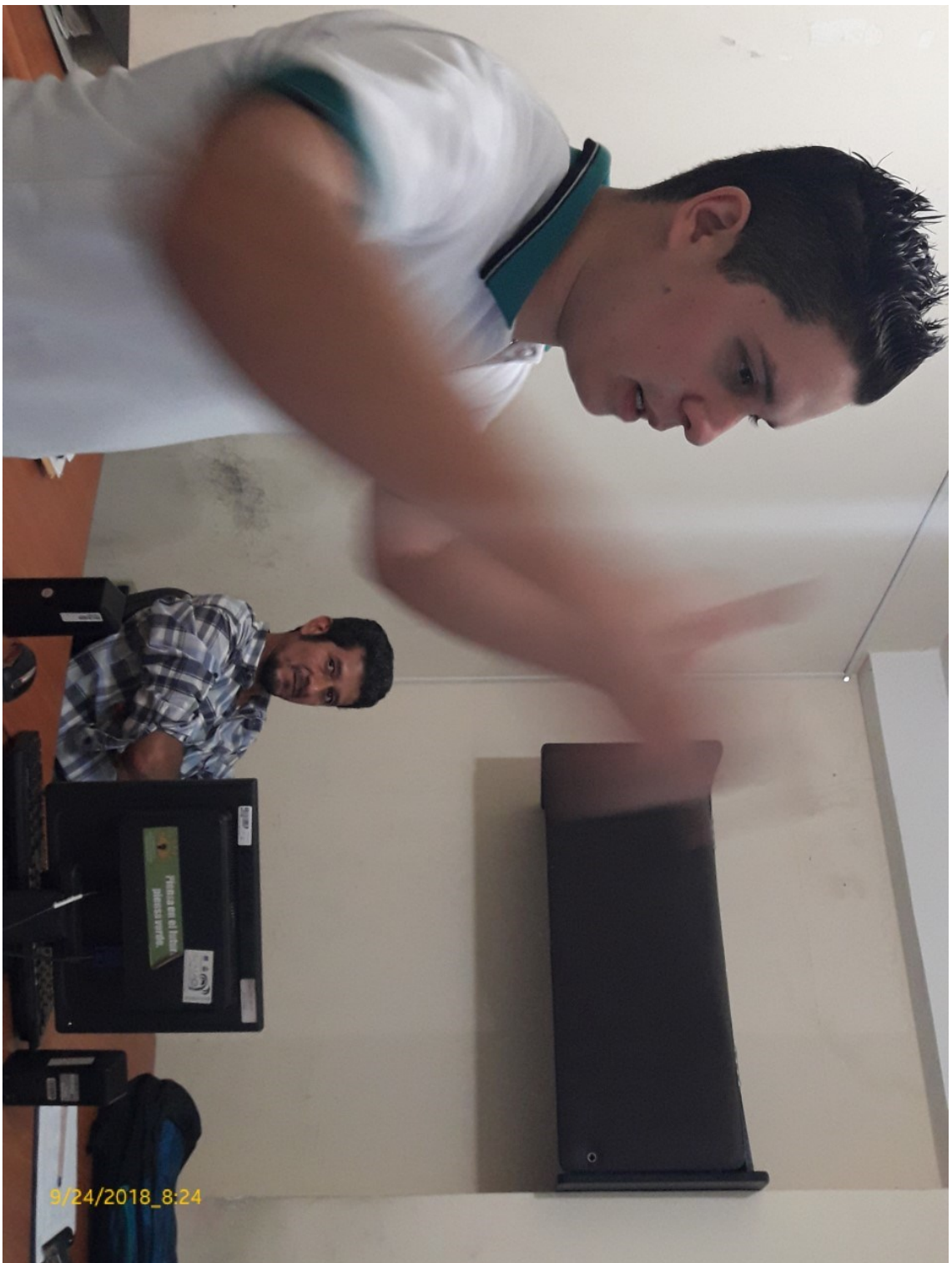
## **7. Capítulo VII: Recomendaciones**

- Se debería de realizar un análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para corroborar si la calidad de la vegetación del manglar que se encuentra más cerca de las actividades antrópicas se está en buen estado o no, y esto pueda provocar una disminución de su cobertura vegetal.
- Realizar un estudio en el cual se evalúe la tendencia del manglar en los diferentes periodos de tiempo con un número mayor de imágenes satelitales, tomando en cuenta todos los factores que influyen en el crecimiento y pérdida de la cobertura vegetal y las actividades que se desarrollan en este, lo cuál podría servir para comprender mejor su comportamiento, y así realizar una mejor planificación de ordenamiento territorial.
- Que las regulaciones por parte de las Autoridades Ambientales no disminuyan y al contrario se fortalezcan para poder mantener esta área protegida y asegurar la supervivencia de las especies y personas que habitan en este lugar.

## 8. Anexos



**Imagen 1.** Socialización del trabajo de investigación en el GADME.



**Imagen 2.** Socialización del trabajo de investigación en el GADME.



SOCIABILIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

"EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL DE MANGLAR DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLALES ESTUARIO RÍO ESMERALDAS"

LISTA DE ASISTENCIA/FECHA: 24/09/2018

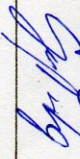

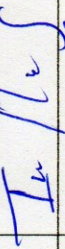



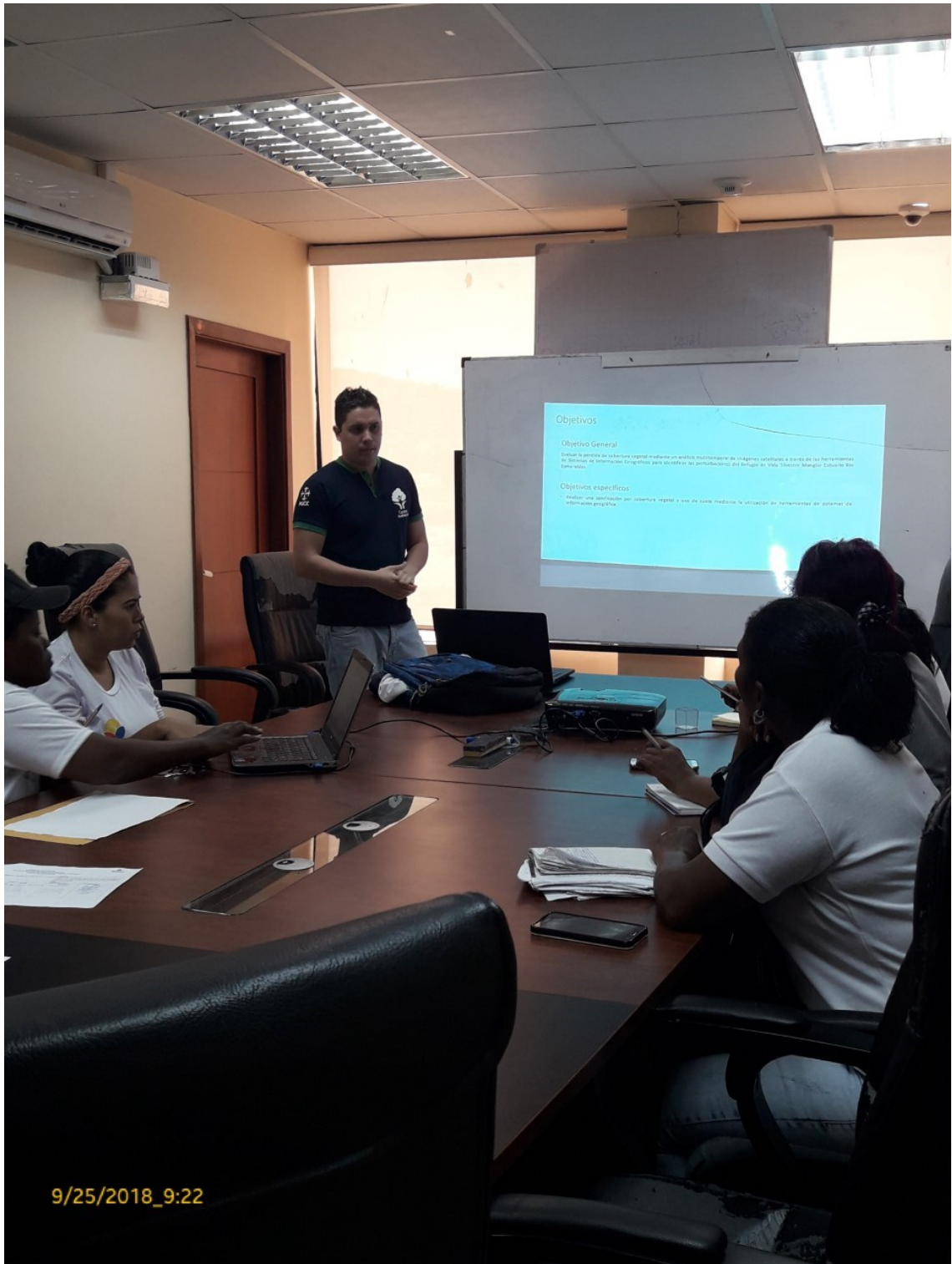
N°	Nombres y Apellidos	Institución	Cédula	Firma
1	BYRON GEOVANNY VARGAS GUAYMBAY	GADMCE	080142443-4	
2	Rodrigo Ernesto Curobogo Civar	GADMCE	080296952-7	
3	Ilon Romiro Moreno S	GADMCE	080214768-6	
4	Fanny Velázquez B	GADMCE	0802052024	
5	DIANA PRADO ESPINOZA	GADMCE	0800658983	
6	Emilio Davillauro Amoliza	GADMCE	0801502584	
7				
8				
9				
10				

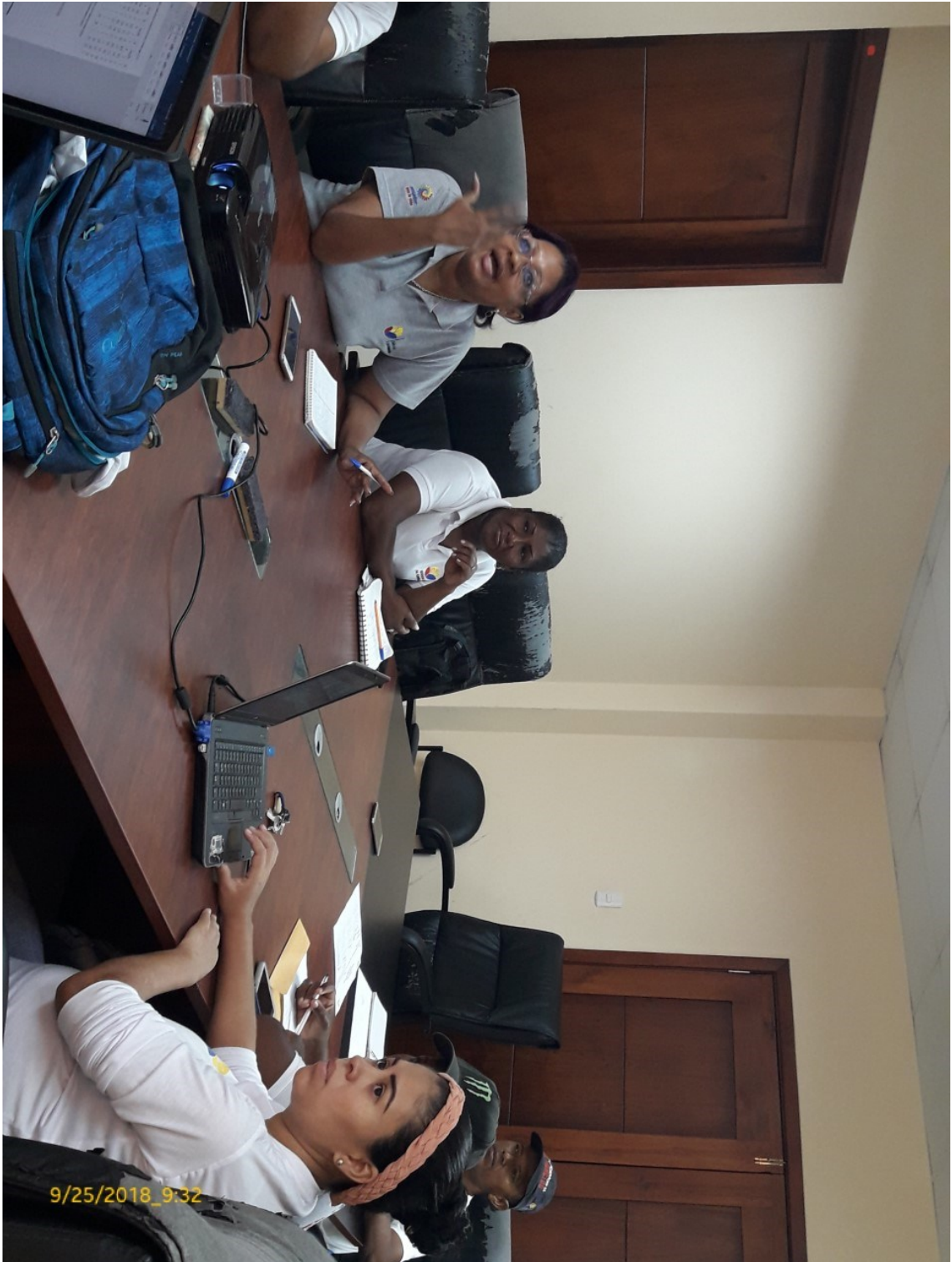
Imagen 4. Registro de asistencia a la socialización en el GADME.



**Imagen 5.** Socialización del trabajo de investigación en el MAE.



**Imagen 6.** Socialización del trabajo de investigación en el MAE.



**Imagen 7.** Socialización del trabajo de investigación en el MAE.

SOCIABILIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

"EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL DE MANGLAR DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLALES ESTUARIO RÍO ESMERALDAS"

LISTA DE ASISTENCIA/FECHA: 25/07/2018

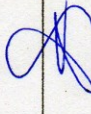
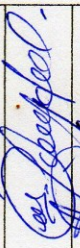



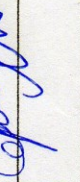
N°	Nombres y Apellidos	Institución	Cédula	Firma
1	Alvaro Seminario Jugo	MAE-RUS-MERE	080328901-6	
2	María Fernandó	MAE RUS-MERE	080259469-7	
3	Norma Espinoza	MAE RUS-MERE	080191876-4	
4	Norma Jaramila	SGME	0801291709	
5	Pedro Córdova	MAE-RUS-MERE	0802010785	
6	Esther Sulay Tolomino Becerra	MAE-RUS-MERE	0802196097	
7				
8				
9				
10				

Imagen 8. Registro de asistencia a la socialización en el MAE.

## 9. Bibliografía

1. Ruiz Luna A, Berlanga Robles C, Cervantes Escobar A. Evaluación de la condición de los sistemas de manglar en el noroeste de México. Conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. [Internet]. 2008, Jun. 3-4. Disponible desde <https://goo.gl/Mb3G7b>
2. Vide Pifarré D, Briansó Martínez M. Análisis de los servicios ecosistémicos producidos por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona. Ciencias Ambientales. [Internet]. 2014. pp. 13-14. Disponible desde [https://ddd.uab.cat/pub/trerepro/2014/hdl\\_2072\\_248363/PFC\\_BriansoVide\\_res\\_um.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerepro/2014/hdl_2072_248363/PFC_BriansoVide_res_um.pdf)
3. Mejía Quiñones L, Molina Jiménez M, Sanjuan Muñoz A, Grijalba Bendeck M, Niño Martínez L. Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar. Cartagena, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. [Internet]. 2014. p. 27. Disponible desde <http://observatorioirsb.org/web/wp-content/uploads/2015/11/bosque-de-manglar-un-ecosistema-que-debemos-cuidar.pdf>
4. Sanjurjo Rivera E, Welsh Casas S. Una descripción del valor de los bienes servicios ambientales prestados por los manglares. Gaceta Ecológica. [Internet]. 2005. (74). p. 14. Disponible desde <file:///C:/Users/eduar/Downloads/Dialnet-UnaDescripcionDelValorDeLosBienesYServiciosAmbient-2881023.pdf>
5. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. [Internet]. Instituto Nacional de Ecología. 2005, Sep. 3-4.
6. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Manual práctico de producción de concha prieta "*Anadara tuberculosa*" en condiciones de laboratorio. [Internet]. 2015. Concepto Azul. Disponible desde <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/rdc2015/EOD/VICEMINISTERIO%20DE%20ACUAULTURA/MEDIO%20DE%20VERIFICACION%20PREGUNTAS/manual%20de%20semilla%20de%20concha%20prieta.pdf>
7. Guerrero González D. Estudio del cangrejo azul en el recinto vuelta larga, cantón río verde, provincia de esmeraldas y su propuesta gastronómica. [Tesis de Grado]. Quito, Ecuador. [Internet]. 2014, Dic. Universidad Técnica Equinoccial. Disponible desde [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11943/1/58659\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11943/1/58659_1.pdf)



16. Galeana Pizaña J, Corona Romero N, Ordóñez Díaz J. Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la cuenca del río Magdalena. [Internet]. 2009. 34(105):3-4. Disponible desde <https://goo.gl/35TBgS>
17. Olaya V. Sistemas de Información Geográfica libres y geodatos libres como elementos de desarrollo. [Internet]. 2009, Feb. 2. Disponible desde <https://goo.gl/WrkSqW>
18. Gignorro García S, Martínez de Toda S. Estimación de la fragmentación de los bosques a partir de imágenes de satélite: el problema de la resolución espacial. 19: 111-116:(2005).
19. Chapa Bezanilla D, Sosa Ramírez J, Alba Ábila A. Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. 14(1):38-39:(2008).
20. Berlanga Robles C, Ruiz Luna A. Evaluación de cambios en el paisaje y sus efectos sobre los humedales costeros del sistema estuarino de San Blas, Nayarit (México) por medio de análisis de imágenes Landsat. Ciencias Marinas. [Internet]. 2006.32(3):523-538. Disponible desde <https://goo.gl/uyCVRH>
21. Rodríguez Chávez O, Arredondo Bautista H. Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA aplicado en estudios de Ingeniería Civil. [Tesis de Grado]. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería Civil. [Internet]. 2005. 29-30. Disponible desde <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis123.pdf>
22. Espinoza A, Meza Jurado M. Asentamientos humanos reducen manglares en Tabasco. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). [Internet]. 2016, Jun. 22. Disponible desde <https://www.ecosur.mx/asentamientos-humanos-reducen-manglares-en-tabasco/>
23. Palacios C. Distribución de coliformes fecales en el área marina de la costa ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y Manabí, 2008-2013. Acta Oceanográfica del Pacífico. [Internet]. 2013. 18(1):4-5. Disponible desde [https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta18/OCE1801\\_6.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_6.pdf)
24. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Aguas residuales. [Internet]. 2014, Abr. 6. Disponible desde <https://goo.gl/A7FB9a>
25. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. [Internet]. Dudley N. 2008. 12-13. Disponible desde <https://goo.gl/ggpDUU>

26. Municipio de Miranda. Cobertura y uso actual de la tierra. [Internet]. 2001. 2. Disponible desde <https://goo.gl/riYUbX>
27. jkjjkk
28. Bustos Flores, C. La problemática de los desechos sólidos. Economía [Internet]. 2009;(27):121-144. Disponible desde <https://goo.gl/mNP1Ke>
29. Palacios Bermúdez E. Análisis multitemporal de la cobertura boscosa de la zona norte del departamento del chocó, 1990-2014. [Tesis de Magister]. Manizales, Colombia. [Internet]. 2015. 22. Disponible desde <https://goo.gl/DwK82j>
30. Berlanga Robles C, Ruiz Luna A. Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes satelitales Landsat. 2007;23(1):29-46.
31. Instituto Geográfico Nacional, Gobierno de España. Conceptos Cartográficos. [Internet]. 2016. Disponible desde <https://goo.gl/Db3xTC>
32. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. [Internet]. Disponible desde <https://goo.gl/qXfgFt>
33. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449, de 20-10-2008.
34. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Decenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad. Canadá. 2011-2020. [Internet]. Disponible desde <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>
35. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Río de Janeiro, Brasil. 1992, Jun. 5. [Internet]. Disponible desde <http://www.iadb.org/Research/legislacionindigena/pdocs/CONVENIODIVERSIDADAD.pdf>
36. Código Orgánico de Ambiente. Registro Oficial 983, de 12-04-2017.
37. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516. Registro Oficial Suplemento 2, de 31-03-2012.

38. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516. Registro Oficial Suplemento 2, de 31-03-2015 de 31-03-2012. [Libro V. De los Recursos costeros].
39. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Árboles y arbustos de los manglares del Ecuador. Quito, Ecuador: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Internet]. 2014. p. 48. Disponible desde <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>
40. Erazo Álvarez A. Uso estratégico del mangle para el desarrollo turístico en el cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas. [Tesis de Grado]. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. [Internet]. 2014. p. 168. Disponible desde <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2476/1/T-UCE-0004-16.pdf>
41. González Gonzabay C. Composición, abundancia y diversidad de larvas y juveniles de peces, asociadas a las raíces de mangle en el Estuario de la Comuna Palmar - Provincia de Santa Elena – Ecuador. [Tesis de Grado]. La Libertad, Ecuador. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad Ciencias del Mar. [Internet]. 2015. p. 102. Disponible desde <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2151/1/UPSE-TBM-2015-022.pdf>
42. González Zamorano P. Estructura y análisis espacial de la cobertura del manglar “El Conchalito”, B.C.S. [Tesis de Magister]. La Paz, México: Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. [Internet]. 2002, Nov. p. 108.
43. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografías de México. Aspectos técnicos de las imágenes satelitales Landsat. Ciudad de México, México: Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. [Internet]. 2014, Mar. 31. p. 22. Disponible desde [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_imagenes\\_landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_imagenes_landsat.pdf)
44. Geocento. Satélite de imágenes Landsat 8. [Internet]. Villanueva de la Cañada, Madrid. Disponible desde <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>
45. Martínez F, Arranz E. Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas “Propuesta Metodológica”. Universidad de Cantabria. Santander, España. [Internet]. 2012, Oct. 5. Disponible desde <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CTC-Ibercarto-V-Georreferenciacion.pdf>

46. Brizuela A, Aguirre C, Velasco I. Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina. [Internet]. 2007. p. 8. Disponible desde <http://dns2.aet.org.es/congresos/xii/arg27.pdf>
47. Yábenes Gómez A, Giner Sotos G. Clasificación digital de imágenes por satélite. [Internet]. 2003, Ene. 23. p. 15. Disponible desde <http://mural.uv.es/gislo/telemedida.pdf>
48. Davila Vazquez G. Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecoluta, Veracruz, México; periodo 1994-2010. Guadalajara, México. [Internet]. 2015, Jun. 22; (10)2. p. 13. Disponible desde <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n2/1980-993X-ambiagua-10-02-00350.pdf>
49. García Sancho G. et al. Dinámica espacio - temporal de la cobertura y uso de suelo en una cuenca hídrica. Guadalajara, México. [Internet]. 2016, Jun; (5)9. p. 14. Disponible desde <file:///C:/Users/eduar/Downloads/Dialnet-DinamicaEspaciotemporalDeLaCoberturaYUsoDelSueloEn-5590216.pdf>
50. Ruiz V, Savé R, Herrera A. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio Ambiente, Tecnología y Desarrollo humano [Internet]. 2014;(11):61-64. Disponible desde [file:///C:/Users/eduar/Downloads/Analisis\\_multitemporal\\_del\\_cambio\\_de\\_uso\\_del\\_suelo.pdf](file:///C:/Users/eduar/Downloads/Analisis_multitemporal_del_cambio_de_uso_del_suelo.pdf)
51. FAO: Food and Agriculture Organization. [Internet]. Italia, Roma, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. No. 130. Disponible desde <http://www.fao.org/docrep/007/w0015e/W0015E04.htm#ch2.5>
52. Romero-Benry, E., Acosta-Velázquez, J., Tovilla-Hernández C., Shcmook, B., y Gómez-Ortega, R. Cambios de cobertura y fragmentación de manglares en la región del Soconusco, Chiapas, México, 1994-2011. [Internet]. 2015, Feb; 1(54). pp. 153-159. Revistas.una.ac.cr. Disponible desde <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/7466/8062>
53. Moreno Casasola P, Infante Mata D. Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos [Internet]. 1st ed. Veracruz: Instituto Literario de Veracruz, S.C.; 2016. Disponible desde <http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/ManualManglaresYSelvasInundables.pdf>

54. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Evaluación Definitiva de Reforestación de Manglar en el Refugio de Vida Silvestre de Manglar “Estuario del Río Esmeraldas” en Cumplimiento a la Resolución 214. [Internet]. Esmeraldas, 2010 p. 2-4. Disponible desde <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/Abel%20Olaya/Informe%20evaluacion%20definitiva%20reforestacion%20de%20manglar%20%20en%20el%20refugio..pdf>