



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL DESARROLLO DE LA
COBERTURA VEGETAL MEDIANTE EL USO DE
SENSORES REMOTOS EN LA ISLA SANTAY- PROVINCIA
DEL GUAYAS.**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

LARA MERCHÁN CRISTINA MARÍA

TUTOR

DR. JOSÉ HERNÁNDEZ ROSAS

GUAYAQUIL- ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **HERNÁNDEZ ROSAS JOSÉ**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL DESARROLLO DE LA COBERTURA VEGETAL MEDIANTE EL USO DE SENSORES REMOTOS EN LA ISLA SANTAY- PROVINCIA DEL GUAYAS.**, realizado por la estudiante **LARA MERCHÁN CRISTINA MARÍA**; con cédula de identidad **N° 093965885-1** de la carrera **INGENIERIA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Dr. Hernández Rosas José

Guayaquil, 08 de Marzo del 2018



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL DESARROLLO DE LA COBERTURA VEGETAL MEDIANTE EL USO DE SENSORES REMOTOS EN LA ISLA SANTAY- PROVINCIA DEL GUAYAS**, realizado por la estudiante **LARA MERCHÁN CRISTINA MARÍA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dra. Tamara Borodulina
PRESIDENTE

Oce. Leila Zambrano Zavala
EXAMINADOR PRINCIPAL

Blga. Paola Peñafiel Villarreal
EXAMINADOR PRINCIPAL

PhD. José Hernández Rosas
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 08 de Marzo del 2018

Dedicatoria

A mis padres Fidel Alberto Lara Villanueva y Mariana Del Jesús Merchán Gómez, quienes fueron, son y serán los mejores maestros, amigos, proveedores y consejeros.

Agradecimiento

A la fuente de energía infinita que permite que todo esto sea posible, por darme vida y sueños.

A mi tutor José Hernández Rosas (Cheo) quien estuvo todo este tiempo en cada uno de los pasos.

No ha sido fácil pero con su apoyo y conocimiento hizo más ameno este camino.

Autorización De Autoría Intelectual

Yo **LARA MERCHÁN CRISTINA MARÍA**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL DESARROLLO DE LA COBERTURA VEGETAL MEDIANTE EL USO DE SENSORES REMOTOS EN LA ISLA SANTAY- PROVINCIA DEL GUAYAS.**” para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 08 de Marzo del 2018

LARA MERCHÁN CRISTINA MARÍA

C.I.093065885-1

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Autorización De Autoría Intelectual.....	6
Índice general.....	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras	11
Resumen	12
Abstract.....	13
1. Introducción	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
1.2.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	18
1.6 Objetivos específicos	18
1.7 Hipótesis.....	19

2. Marco teórico	20
2.1 Estado del arte	20
2.2 Bases teóricas	21
2.2.1 Vegetación	21
2.2.2 Sucesión	24
2.2.3 Sensores remotos	25
2.3 Marco legal	29
2.3.1 Internacional	29
2.3.2 Nacional	29
2.3.2.1. Constitución de la República Ecuatoriana	29
2.3.2.2. Código Orgánico Ambiental	31
2.3.2.3. Ley de Gestión Ambiental	31
2.3.2.4. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales	32
3. Materiales y métodos	33
3.1 Enfoque de la investigación	33
3.1.1 Tipo de investigación	33
3.1.2 Diseño de investigación	34
3.2 Metodología	34
3.1.1 Variables	34
3.2.1.1. Variable independiente	34
3.2.1.2. Variable dependiente	34
3.2.2 Recolección de datos	34

3.2.2.1. Recursos	34
3.2.2.2. Métodos y técnicas	35
3.2.2.3. Diagrama de flujo de metodología propuesta para el análisis multitemporal	38
3.2.2.4. Descripción del diagrama de flujo de la elaboración de la clasificación no supervisada	38
3.2.3 Análisis estadístico	40
3.2.4 Cronograma de actividades	42
4. Resultados	43
4.1. Características actuales de la vegetación de la isla mediante el uso de sensores remotos y chequeos de campo, clasificando la vegetación existente en la isla	43
4.2 Comparaciones de la cobertura vegetal entre los años 1962 y 2016	45
4.3 Análisis del cambio de la cobertura vegetal en el periodo 1962-2016	54
5. Discusión	63
6. Conclusiones	66
7. Recomendaciones	67
8. Bibliografía	68
9. Anexos	75

Índice de tablas

Tabla 1. Clases de Cobertura Vegetal año 2016.....	45
Tabla 2. Cobertura Vegetal periodo 1962-1970	47
Tabla 3. Cobertura Vegetal periodo 1970-1977	48
Tabla 4. Cobertura Vegetal periodo 1977-1990	50
Tabla 5. Cobertura Vegetal periodo 1990-2000	51
Tabla 6. Cobertura Vegetal periodo 2000-2008	53
Tabla 7. Cobertura Vegetal periodo 2008-2016	54
Tabla 8. Tasa Anual de Cambio de la clase uno (1)	55
Tabla 9. Tasa Anual de Cambio clase dos (2).....	56
Tabla 10. Tasa Anual de Cambio clase tres (3)	57
Tabla 11. Tasa Anual de Cambio clase cuatro (4)	58
Tabla 12. Tasa Anual de Cambio clase cinco (5)	59
Tabla 13. Tasa Anual de Cambio clase seis (6)	60
Tabla 14. Tasa Anual de Cambio de los periodos 1962-2016.....	61
Tabla 15. Área de cobertura de las clases.....	62
Tabla 16. Ubicación Geográfica de la Isla Santay.....	76
Tabla 17. Cadencia de actualización para estudios multitemporales	76
Tabla 18. Diferencia entre estado pionero y estado clímax de un bosque	77
Tabla 19. Presupuesto	78
Tabla 20. Coordenadas de trabajo de campo.....	78
Tabla 21. Cronograma de actividades	79

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Flujo de Análisis Multitemporal	38
Figura 2. Cobertura Vegetal del año 2016	43
Figura 3. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1962-1970	46
Figura 4. Imágenes de la isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1970-1977	47
Figura 5. Imágenes de la isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1977-1990	49
Figura 6. Imágenes de la isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1990-2000	50
Figura 7. Imágenes de la isla Santay procesadas con Arc GIS del año 2000-2008	52
Figura 8. Imágenes de la isla Santay procesadas con Arc GIS del año 2008-2016	53
Figura 9. Formas de Vida.....	80
Figura 10. Diferentes vías de un proceso de restauración de un humedal	80
Figura 11. Área de Estudio	81
Figura 12. Selección de Fotografías Aéreas.....	82
Figura 13. Clasificación No supervisada	82
Figura 14. Evidencia de Formas de vida.....	83
Figura 15. Puntos de la isla Santay	84
Figura 16. Comparación de fotografías aéreas	85
Figura 17. Toma de coordenadas.....	85

Resumen

El presente proyecto de investigación pretende dar a conocer el cambio que tuvo la cobertura vegetal en la Isla Santay ya que es un importante indicador para valorar distintos procesos dentro de los ecosistemas; como, por ejemplo, los fenómenos relacionados a la pérdida de biodiversidad, acoplando la interacción entre clima-vegetación. Los cambios en la cobertura vegetal de la Isla Santay se asocian a que en la isla se realizaron actividades antrópicas por hacendados que se dedicaban a la agricultura, producción pecuaria, devastando la vegetación natural. Mediante el análisis multitemporal de la cobertura vegetal existente en la Isla Santay, usando sensores remotos en diferentes intervalos de tiempo durante los últimos 54 años, se puede dar a conocer como fue el proceso de sucesión luego de la interrupción del impacto producido por la actividad antrópica. El proyecto contempla un diseño basada en una investigación de campo en conjunto al análisis digital. En este análisis los resultados que se han obtenido se logran determinar por reconocimiento de campo un aumento en la cobertura vegetal en el área de la Isla Santay, debido a que el uso de la isla fue cambiado para ser nombrada un Área Nacional de Recreación, actualmente con un reconocimiento Internacional Ramsar para así lograr su conservación.

Palabras Claves: Análisis multitemporal, Cobertura Vegetal, Fotografías aéreas, Restauración.

Abstract

This research project aims to expose the change that the vegetation cover had on Santay Island since it is an important indicator to evaluate different processes within the ecosystems; as, for example, the phenomena related to the loss of biodiversity, coupling the interaction between climate-vegetation. The changes in the vegetation cover of Isla Santay are associated with the fact that anthropic activities were carried out on the island by farmers who were involved in agriculture, livestock production, devastating the natural vegetation. By means of the multitemporal analysis of the existing vegetation cover in Santay Island, using remote sensors in different time intervals during the last 54 years, it can be revealed how the process of succession was after the interruption of the impact produced by anthropic activity. The project contemplates a design based on field research altogether with digital analysis. In this analysis, the results that have been obtained are determined by field recognition, an increase in vegetation coverage in Santay Island area, because the use of the island was changed to be named a National Recreation Area, nowadays with an International Ramsar acknowledgment in order to achieve its conservation.

Keywords: Multitemporal analysis, Vegetal Coverage, aerial photography, Restoration.

1. Introducción

El balance entre el entorno natural y el panorama humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Las actividades antrópicas generan una enorme sobreexplotación en los recursos naturales produciendo así un gran impacto negativo en las áreas naturales.

1.1 Antecedentes del problema

Dentro de la historia de la isla se conoce que el libertador Simón Bolívar se asentó en ella, cuando convalecía enfermo. Y en ella redactó el borrador del tratado de Guayaquil, suscrito el 22 de septiembre de 1829. Ya que la isla se encuentra entre Guayaquil y Durán, se creía que existiese la probabilidad de que hubiera sitios arqueológicos de algunas culturas como la Huancavilca, Milagro-Quevedo, Punaes (Jaramillo , Navarrete, Carcelen, Massay, & Mora, 2008).

Según Flores et al. (2013), en el año 40 la isla se destacó por su producción ganadera y arrocera, la cual contribuyó con cambios profundos en la vegetación natural de la isla. Dentro del sitio se encontraban 7 haciendas que luego fueron expropiadas. En el año de 1990 el Comité Ecológico del Litoral, ONG (Organización No Gubernamental) ambientalista de Guayaquil, hizo un proyecto de fortalecimiento, lo que ayudó a que se creará la Asociación de Pobladores, “San Jacinto de Santay”.

El principal objetivo de esta asociación, era que la isla fuese reconocida para su conservación, no solo a nivel local, regional y nacional, sino que, por sus características ecológicas y su conservación, se la reconozca internacionalmente como sitio Ramsar, lo que fue logrado mediante decreto del 31 de octubre del año 2000, siendo el 6° sitio Ramsar del Ecuador (Flores, Moran, Chavez, & Bajaña, 2013).

Mediante el Acuerdo Ministerial N° 021 suscrito el 20 de febrero del 2010, el Ministerio de Ambiente declara a la Isla Santay y El Gallo como Patrimonio Nacional de Áreas Protegidas dentro de la categoría de Área Nacional de Recreación. El humedal Santay, pertenece al cantón Durán, tiene una extensión total de 4705 hectáreas, de las que corresponden 2179 hectáreas a la isla y 2505 a sus aguas circundantes y bancos de área (Jaramillo , et al., 2008).

Dentro de la isla se registran 60 especies de plantas distribuidas en 43 familias (Mestanza, 2014). De las cuales se escogieron 12 especies migratorias, 15 endémicas vulnerables y una amenazada, de gran importancia para la convención internacional Ramsar dentro de las que se encuentran las siguientes:

- Árboles, centínelas de la isla
- Mangle rojo (*Rhizophora herrisonii*)
- Mangle jelí (*Conocarpus erectus*)
- Palo prieto o (*Erythrina glauca*)
- Porotillo (*Erythrina smithiana*)
- Guarumo o (*Cecropia obtusifolia*)
- Beldaco o (*Pseudobombax millei*)
- Guachapelí o (*Albizia guachapele*)

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La Isla Santay en conjunto con la isla el Gallo y las superficies aledañas fueron decretadas en el año 2010 como un Área Nacional de Recreación reconocida como un modelo de conservación y recreación, donde su principal objetivo es garantizar la biodiversidad de sus ecosistemas. La isla es considerada un humedal tipo

marino/costero (Jaramillo , et al., 2008), sobre el cual se han realizados estudios preliminares de los recursos naturales que en él se encuentran.

Ya que no existen publicaciones referentes a la recuperación de la vegetación natural de la isla a lo largo del tiempo, en el proceso de sucesión ecológica, se propuso estudiar los cambios de la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, a partir del aparente abandono de su superficie, perturbada por actividades antrópicas hasta la presente fecha, mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográficos.

En la literatura consultada no existen o no se conocen los estudios acerca del proceso de regeneración en las comunidades vegetales en la Isla Santay, por lo que se busca analizar y clasificar los tipos de vegetación que en ella se han desarrollado.

1.2.2 Formulación del problema

Por esta razón nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los tipos de vegetación que se han desarrollado en Isla Santay y como han cambiado los patrones de cobertura vegetal a lo largo del período de observación, a partir del abandono del uso agrícola - ganadero de su superficie?

1.3 Justificación de la investigación

La Isla Santay es considerada un humedal RAMSAR; denominación suscrita por convenios internacionales, en que los países miembros se comprometen a mantener sus características ecológicas de los humedales de una importancia internacional.

Es necesario llegar a conocer como fue el desarrollo de la cubierta vegetal en la isla Santay a través de los años y cuáles son sus características actuales; clasificando la cobertura vegetal existente, y así poder conocer los tipos de

vegetación que predominan, los porcentajes que ocupan cada uno de ellos dentro de la isla y como es su arreglo espacial luego de la perturbación por el hombre.

El análisis de cambio de la cubierta vegetal es una herramienta metodológica utilizada para determinar, cuantificar y estimar áreas que han sido perturbadas.

No obstante, pese a que se han realizado estudios preliminares respecto a las especies de plantas presentes en el lugar, no se ha realizado un estudio de la vegetación y de como esta se ha desarrollado a partir de la interrupción de las actividades antrópicas de alto impacto, mediante sistemas de información geográfica.

1.4 Delimitación de la investigación

Localización y características climáticas del área de estudio

La presente investigación se realizará en el humedal RAMSAR Isla Santay, está localizado en la provincia del Guayas entre la ciudad de Guayaquil y Durán (Jaramillo , et al., 2008)

Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas del humedal Santay (véase anexos Tabla 16)

El humedal Santay tiene una extensión de 4705 ha, de las cuales 2179 corresponden a la isla y 2505 a las aguas circundantes (Ficha Ramsar No. 1401). Limita al Sur con Las Esclusas y al oeste con la ciudad de Guayaquil, al norte y al este con la ciudad de Durán (Jaramillo A, et al., 2008).

Delimitación del problema

Las características en la cobertura vegetal han cambiado a través de los años, dando lugar a una sucesión natural a partir de la interrupción en las actividades antrópicas que se realizaban años atrás.

Delimitación del espacio

La presente investigación se realizó en el área total de la isla Santay, la ubicación de la zona de análisis constituye un mirador natural para la Ciudad de Guayaquil, las coordenadas tanto de su latitud como su longitud pueden apreciarse.

Delimitación de tiempo

La recolección de datos y clasificación de las imágenes para análisis de la cobertura vegetal se realizó en los meses febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2017.

Delimitación de la población

Según el listado existente dentro del plan de manejo de la Isla Santay, brinda acogida a 55 familias y un total de 244 habitantes.

1.5 Objetivo general

Analizar la cobertura vegetal existente en la Isla Santay, mediante el uso de sensores remotos en diferentes intervalos de tiempo durante los últimos 54 años, a partir de como fue el proceso de sucesión luego de la interrupción del impacto producido por la actividad antrópica.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las características actuales de la vegetación de la isla mediante el uso de sensores remotos y chequeos de campo, clasificando la vegetación existente en la isla.
- Establecer comparaciones entre las coberturas vegetales entre los años 1962-2016, en la Isla Santay utilizando fotografías aéreas e imágenes satelitales
- Clasificar la cobertura vegetal en las imágenes de Isla Santay, mediante métodos digitales, estadísticos y de levantamiento de campo, para el análisis de cambio de cobertura vegetal en el periodo 1962-2016

1.7 Hipótesis

La cobertura vegetal presente en la Isla Santay ha aumentado durante el periodo 1962-2016 debido a la interrupción del impacto antrópico permitiendo su recuperación.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Las variaciones de la cobertura vegetal en la superficie, en determinados periodos de tiempo, es considerado un indicador ambiental en relación a la dinámica de los ecosistemas. Los sensores remotos han sido utilizados como una herramienta valiosa al momento de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales (Briceño, 2013).

Uno de los grandes aportes de los estudios ambientales mediante sensores remotos, es su capacidad de seguir procesos dinámicos debido a las características multiespectrales y multitemporales, dando como resultado posibles diferenciaciones en los tipos de cobertura vegetal (Gonzaga, 2014).

El análisis multitemporal a partir del cruce de las imágenes satelitales por el método de clasificación no supervisada, nos ayudará a determinar cómo ha sido el proceso de recuperación de la vegetación (Hernández, 2012). Éste es uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios que se suscitan en un lapso de tiempo, y que generalmente se deben a la intromisión del hombre sobre el entorno (Labrada, 2015).

El análisis de cambio en la cobertura vegetal es una metodología que puede ser utilizada para determinar, estimar y cuantificar áreas que han sido fragmentadas a partir del abandono en las actividades agrícolas (Almeida, Duriavich, Napolitano, & Feoli, 2016).

En el caso de aplicación de análisis multitemporal, se usa esta técnica mediante dos o más imágenes del área de estudio, utilizándolas para generar un análisis, superponiendo en distintos planos de color con las mismas bandas de las fechas

de las imágenes, lo que permitirá observar visualmente algunos de los rangos de cambio de la cobertura.

Aunque no se han realizado muchas investigaciones acerca del proceso de recuperación de la vegetación nativa en la isla, es innegable la importancia de conocer este proceso, facilitado por el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica. Este tipo de análisis y las herramientas que se utilizan para llevarlo a cabo permiten proyecciones de escenarios de lo que podría suceder a futuro (Almeida, et al., 2016).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Vegetación

La vegetación es la expresión fisonómica y estructural de la comunidad vegetal de un determinado sitio ante las condiciones que imperan en el ambiente, lo cual incluye un conjunto de factores físicos, químicos y biológicos. Podemos decir que la vegetación es el producto de un conjunto de procesos tanto ecológicos como evolutivos que ocurren en la comunidad y que a su vez, determina las condiciones ambientales que imperan en un lugar y tiempo determinado (CICY, 2016).

Los tipos de vegetación y las formas de vida no dependen solo del clima y suelo, en mayor parte del desarrollo de los procesos geológicos. Las condiciones propias del área de estudio y las actividades antropogénicas, han propiciado la presencia de diferentes tipos de vegetación dentro del área de estudio (Randell, 2008).

Formas de vida

Es la forma en que se desarrollan cada una de las especies, determinado genéticamente, en función de la disposición en altura de los puntos de crecimiento respecto al suelo.

Alcaraz (2013), representa esquemáticamente la clasificación de las formas de vida (Véase anexo Figura 9) y las cuales describo a continuación:

- **Phanerófitos:** Son plantas leñosas o herbáceas vivaces como árboles, arbustos, bambúes; entre otros.

- **Epífitos:** Son plantas que germinan sobre otras plantas, caracterizados por distinguir por un lado los epífitos obligados o facultativos, otra característica de estos epífitos son una modificación marcada de los órganos vegetativos con la posibilidad de radicar en el suelo.

- **Lianas:** Plantas que germinan en el suelo, pero economizan en producción de biomasa, utilizando a otros vegetales como las plantas leñosas o soportes inertes para sostener sus tallos. Se las conoce con los nombres de bejucos o trepadoras.

- **Chaméfitos:** Son plantas que crecen más de 50 cm, pero cuyos tallos mueren periódicamente luego de sobrepasar estos límites de altura, estas plantas se las considera perennes, leñosas o herbáceas.

- **Hemicriptófitos:** Son plantas perennes, se reducen desfavorablemente en periodos, una de las principales características de las hemicriptófitas es que se adaptan al clima y a los ambientes diversos.

- **Geófitos:** Son hierbas perennes de producción bianual, que pierden sus brotes para pasar una estación desfavorable, para que estas hierbas vuelvan a brotar necesitan tener reservas en un periodo favorable.

- **Terófitos:** Son plantas de producción anual cuya parte vegetativa muere tras la producción de las semillas. Una de sus características es que su ciclo de vida pasa por el periodo desfavorablemente, estos pueden ser frío o sequía.

- **Helófitos:** Se las considera plantas semiterrestres ya que una parte de ellas no se hayan sumergidas.

- **Hidrófitos:** Se la denomina plantas acuáticas ya que cuyas partes de estas plantas se encuentran sumergidas o flotando en el agua.

- **Pleustófitos:** Son plantas que se encuentran en la superficie del agua libremente y en ocasiones temporalmente enraizada

Restauración ecológica

Se conoce como un programa coordinado de acciones a corto, mediano y largo plazo, que intenta reestablecer el funcionamiento de un ecosistema degradado, tomando en cuenta las condiciones dinámicas más parecidas a las que corresponderían si no hubiese sido perturbada por las actividades antrópicas (Montes, et al., 2007).

En la Figura 10 (véase en anexos) se puede evidenciar las diferentes vías de un proceso de restauración dentro de un humedal. La distribución en los humedales corresponde a las adaptaciones eco fisiológicas a las condiciones ambientales del hábitat en que se encuentran (Montes, Rendón, Varela, & Cappa, 2007).

Cambios de cobertura

Para Randell (2008), una de las principales razones del surgimiento de estos cambios en la cobertura, se debe a la compleja interacción entre el ser humano y medio biofísico, actuando sobre un amplio rango de escalas espaciales y temporales.

Entender las transformaciones en el uso de la tierra, y las fuerzas sociales que las manejan, son de gran importancia para comprender, modelar y predecir el cambio del ambiente a nivel local, regional, así como para manejar y responder a este cambio (Aldana, 2011).

Factores importantes para la detección de cambios de cobertura mediante Sensores Remotos y GIS

El sistema de información geográfica es una herramienta que nos sirve para analizar los procesos dinámicos, en este caso el cambio de cobertura durante periodos de tiempo.

El uso de imágenes satelitales constituye una fuente valiosa para estudiar los cambios que se producen en la superficie terrestre, ya sean durante ciclos estacionales o alteraciones producidas por las actividades antrópicas (Instituto Superior del Medio Ambiente, 2016).

En la Tabla 17 (véase en anexos), se muestran los periodos de observación recomendables para cada uno de los diferentes tipos de fenómenos.

En los estudios multitemporales es importante el uso de imágenes con cobertura periódica, toda la imagen de los diferentes períodos se recomienda que sean del mismo sensor y de un rango espectral similar para cada banda y si existen imágenes de diferente sensor se debería realizar el tratamiento previo al análisis.

2.2.2 Sucesión

La sucesión consiste en el cambio acumulativo y direccional de comunidades de plantas que ocupan un área a lo largo del tiempo (Walker, 2005).

La consideración del proceso de sucesión natural es importante, ya que, en muchos casos de restauración de áreas perturbadas, resulta ecológica y

económicamente más viable, que llevar a cabo programas de reforestación (Alcaraz, 2013).

La duración del proceso de sucesión es variable en distintos lugares dependiendo principalmente de las condiciones climáticas y edáficas. En áreas cálidas y húmedas es más rápido en comparación a lugares fríos y secos (Odum, 1986).

Tipos

Están categorizados de la siguiente manera (Alcaraz, 2013).

- Primaria: Colonización y establecimiento de especies pioneras en zonas que nunca habían tenido cubierta vegetal
- Secundaria: tiene lugar tras la destrucción de la vegetación previa
- Alógena: cambios externos en las condiciones ambientales
- Autógena: por cambio del medio causado por las actividades de las plantas
- Sucesión progresiva: lleva a un aumento de la complejidad y de la biomasa
- Sucesión regresiva: lleva a simplificación, pérdida de biomasa

Existen diferencias muy evidentes entre las características del estado pionero y el estado clímax en un bosque. Estas diferencias pueden ser demostradas (véase en la Tabla 18).

2.2.3 Sensores remotos

La teledetección o percepción remota engloba una serie de técnicas y procesos que permiten obtener una imagen de la superficie terrestre de forma remota, en otras palabras, imágenes captadas por sensores situados en satélites o aviones, y por consiguiente tratarla e interpretarla con el objetivo de obtener la información de la superficie terrestre y de sus cambios abarcando áreas con buena calidad en la resolución espacial (ECOLMO, 2015).

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un sistema de Información Geográfica o SIG es un sistema de información especial para el manejo de información geográfica. Lo más característico es su capacidad de modelación de terrenos, su potencial integrador de bases de información diversas, también su capacidad de análisis espacial, la posibilidad de sintetizar tareas complejas de geoprocésamiento y, sobre todo, la capacidad de generar nueva información a partir de una base de datos (González, Fernández, Forero , & Pérez, 2012).

Uso De Sistemas De Información Geográfica

Este sistema puede ser visto como un sistema de apoyo para la toma de decisiones espaciales, una herramienta para realizar operaciones en información geográfica más eficiente o como una herramienta para revelar patrones de otra forma son invisibles en la información geográfica (ECOLMO, 2015).

Análisis multitemporal

Un análisis multitemporal implica un cruce digital de dos imágenes de distintas fechas, que previamente han sido clasificadas y que obligatoriamente guardan similitud (Hernández, 2012). Este autor afirma que: “De esta forma al cruzar digitalmente las imágenes, permite detectar las coberturas que han tenido cambio y cuantificar las coberturas que ganaron o perdieron áreas”. Esto se conoce como dinámica de cambio, ya que supone la pérdida de área para una determinada clase corresponde a la sustitución de la misma por otra cobertura.

Fotografía aérea

Las imágenes obtenidas mediante sensores fotográficos, son básicamente una función de la interacción materia-energía, características de cada objeto (Chuvienco,

2002) Así mismo, afirma que: La fotografía aérea es una imagen del terreno captada desde un avión o cualquier otro tipo de aeronave con cámaras fotográficas especiales, en las que se registran los elementos que conforman el medio geográfico como el complejo de acciones que el hombre realiza en este medio.

Las fotografías aéreas se toman en forma consecutiva a lo largo de líneas de vuelo paralelas y con superposición o traslape parcial entre éstas (Ricrouz, 2005).

Uso de Sensores Remotos en el análisis de patrones de vegetación

La aplicación de estas técnicas proporciona una base en el empleo de metodologías que permiten monitorear los patrones que intervienen en los procesos de fragmentación, mismos que están ligados a la dinámica espacial y temporal de actividades antrópicas (Pinos, 2016).

Se han realizado estudios enfocados a la aplicación de métricas del paisaje con la finalidad de cuantificar la heterogeneidad en el ecosistema (León, et al., 2013).

A su vez, los estudios sobre cambios progresivos en la cubierta vegetal a menudo emplean indicadores para cuantificarlos a través del tiempo, utilizando los análisis de los mapas de cobertura terrestre derivados de la clasificación de imágenes de sensores remotos a partir de dos o más periodos de tiempo (León, et al., 2013).

Los sensores remotos permiten cualificar y cuantificar el flujo de energía radiante que proviene de los elementos naturales que son observados, proporcionando, así, medios para la caracterización de las funciones o propiedades de estos materiales. Los cuatro procesos (emisión, absorción, reflexión y transmisión) ocurren simultáneamente, y sus intensidades relativas, en las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, caracterizan el objeto en cuestión, obteniendo un patrón de respuesta espectral. Estos factores pueden ser modificados en el caso

de que ocurran fenómenos meteorológicos adversos o incidencias de plagas o enfermedades (Castaño & Quintanilla, 2014).

(Chuvieco, 2002) afirma que: los resultados de distintos análisis no son comparables. Los factores que se relacionan al análisis de cobertura están relacionados a los siguientes aspectos:

- **Los sistemas de clasificación:** Las definiciones de los diferentes tipos de vegetación pueden variar dependiendo de los objetivos de los análisis

- **Resolución espectral de las imágenes de sensores remotos:** La capacidad de diferenciar los tipos de cobertura están relacionadas a las bandas de la imagen, los distintos tipos de cobertura se reflejan con intensidades diferentes en cada banda espectral.

- **Época de toma de las imágenes:** Las variaciones en las condiciones climáticas y fenológicas provocan un determinado tipo de respuesta espectral de un año a otro.

- **Los métodos de interpretación y nivel de comprobación en campo:** Se pueden aplicar una variedad de métodos para interpretar las imágenes ya sea por interpretación visual o interpretación digital. Estas pueden ser a su vez supervisadas o no supervisadas.

- **Indices de vegetación**

Los índices de vegetación son combinaciones de bandas espectrales, cuya función es realzar la cubierta vegetal en función de su respuesta espectral captada por sensores remotos (Martínez, 2014). La vegetación verde y vigorosa refleja mucho menos radiación en la banda visible roja (banda R), región de absorción de la clorofila, que en la banda del infrarrojo cercano (banda IR).

Cuando la vegetación sufre estrés, los valores de la banda R aumentan y los de la banda IR decrecen. Estas propiedades llevan a definir varios índices de vegetación basados en operaciones algebraicas entre la banda R e IR.

Los índices de vegetación, son imágenes calculadas a partir de operaciones algebraicas entre distintas bandas espectrales. El resultado nos permite obtener una nueva imagen donde se destacan gráficamente determinados píxeles relacionados con parámetros de las coberturas vegetales como las siguientes: densidad, índice de área foliar y actividades clorofilicas (Gonzalez, 2009).

2.3 Marco legal

El marco legal nacional e internacional, que da soporte a este proyecto es de gran amplitud, tal como se puede apreciar a continuación:

2.3.1 Internacional

La Convención de Ramsar. - La convención sobre Humedales es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, es el primero de los tratados intergubernamentales mundiales sobre conservación y el uso racional de los recursos naturales.

En el Ecuador se han designado 18 sitios que abarcan alrededor de 286.659 ha., de las cuales el 86% se encuentra dentro de áreas protegidas y el 14% no cuenta con una categoría de protección oficial. Dentro de esta designación se encuentra la isla Santay la cual posee el número 6 dentro del listado con la categoría de Área Nacional de Recreación desde 31 de octubre del 2000 con una superficie de 4705 ha.

2.3.2 Nacional

2.3.2.1. Constitución de la República Ecuatoriana

Sección Segunda (Ambiente Sano)

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Capítulo séptimo (Derechos de naturaleza)

El artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador, la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El estado incentivará a las personas y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema;

El artículo 72 de la Constitución de la República del Ecuador, la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas;

El artículo 73 inciso primero de la Constitución de la República del Ecuador, como uno de los derechos de la naturaleza, determina que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales;

El artículo 83 numeral 6 de la Constitución de la República del Ecuador establece que son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible;

Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales)

Sección primera (Naturaleza y ambiente)

El artículo 405 de la Constitución de la República del Ecuador, El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión. Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán adquirir a ningún título tierras o concesiones en las áreas de seguridad nacional ni en áreas protegidas, de acuerdo con la ley;

El artículo 406 de la Constitución de la República del Ecuador, El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros;

El artículo 407 de la Constitución de la República del Ecuador, Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular.

2.3.2.2. Código Orgánico Ambiental

Título I Objetivo, ámbito y fines

En el artículo 3 inciso 4 del Código Orgánico Ambiental, Promover y contribuir la conservación, manejo sustentable y recuperación de los ecosistemas, biodiversidad y sus componentes, patrimonio forestal nacional, manejo de los servicios ambientales, zona marino costera y demás recursos naturales.

En el artículo 21 inciso 2, Prevenir la contaminación y la degradación de ecosistemas terrestres, marinos, marino-costeros y acuáticos, mediante regulaciones y prácticas de conservación, manejo, rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados;

Capítulo II El sistema nacional de áreas protegidas

En el artículo 23.- El Sistema Nacional de Áreas Protegidas está integrado por los subsistemas: estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, regulación y administración deben garantizar la conservación, manejo y uso sustentable de la biodiversidad, la conectividad de ecosistemas terrestres, marinos y marino-costeros al igual que los derechos de la naturaleza.

Capítulo IV Protección de especies silvestres

Artículo 44.- De la investigación. Se promoverá las investigaciones científicas in situ y ex situ que comprendan actividades de extracción, colección, recolección, importación, movilización, transportación, exportación y disposición temporal o final de especies silvestres.

Capítulo IV formaciones vegetales naturales y bosques

Artículo 97.- Conservación de páramos, moretales y manglar. Será de interés público la conservación, protección y reposición de los páramos, moretales y bosques de manglar existentes en el país, en consecuencia, prohíbase su explotación, tala y cambio de uso de suelo ilegal.

Las comunidades ancestrales podrán solicitar a la Autoridad Ambiental Nacional se les conceda el uso sustentable del manglar para su subsistencia, aprovechamiento y comercialización de peces, moluscos y crustáceos, entre otras especies, que se desarrollen en este hábitat.

Las comunidades y usuarios favorecidos tendrán la obligación de cuidar este ecosistema y comunicar a la autoridad competente, de cualquier violación o destrucción del mismo.

2.3.2.3. Ley de Gestión Ambiental

Capítulo II De la autoridad ambiental

En el artículo 9 inciso h: Recopilar la información de carácter ambiental, como instrumento de planificación, de educación y control. Esta información será de carácter público y formará parte de la Red Nacional de Información Ambiental, la

que tiene por objeto registrar, analizar, calificar, sintetizar y difundir la información ambiental nacional;

2.3.2.4. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales

TITULO II De las áreas naturales y de la flora y fauna silvestres

CAPITULO I Del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales

Artículo 66 de la Ley Forestal y de conservación de áreas naturales, El patrimonio de áreas naturales del Estado se halla constituido por el conjunto de áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, turístico y recreacional, por su flora y fauna, o porque constituyen ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del medio ambiente. Corresponde al Ministerio del Ambiente, mediante Acuerdo, la determinación y delimitación de las áreas que forman este patrimonio, sin perjuicio de las áreas ya establecidas por leyes especiales, decretos o acuerdos ministeriales anteriores a esta Ley;

Artículo 67, Las áreas naturales del patrimonio del Estado se clasifican para efectos de su administración, en las siguientes categorías:

- a) Parques nacionales;
- b) Reserva ecológica;
- c) Refugio de vida silvestre;
- d) Reservas biológicas;
- e) Áreas nacionales de recreación;
- f) Reserva de producción de fauna; y,
- g) Área de caza y pesca.

En el artículo 107, indica la definición de diferentes términos de interés en la materia, pero el de nuestro interés es el siguiente:

Área Nacional de Recreación. - Superficie de 1000 hectáreas o más en la que existen fundamentalmente bellezas escénicas, recursos turísticos o de recreación en ambiente natural, fácilmente accesible desde centros de población.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación que se realizó en la Isla Santay fue de tipo bibliográfica, investigativa, exploratoria y analítica, la cual ayudó a conocer el proceso de revegetación que tuvo la Isla Santay mediante un análisis espacial.

Se realizó varios tipos de investigación y métodos los cuales serán desglosados a continuación:

Método observacional: Mediante este método se pudo analizar y clasificar los tipos de vegetación existentes en la isla sin necesidad de perturbar o intervenir en la misma.

Método analítico: Este método de investigación consistió en segmentar partes de un todo. Basándose en este método se pudo discernir más el objeto de estudio, con el fin de identificar, clasificar y hacer analogía de cómo ha sido el proceso de crecimiento de la cobertura vegetal.

Método exploratorio: Por medio de este tipo de investigación se logró tener una idea más clara sobre el problema que se va a tratar.

Método descriptivo: Durante esta investigación se recolectó, organizó y analizó la información, de tal forma que se dio a conocer rápidamente de una manera sencilla el aporte que genera esta investigación.

Investigativa de campo in situ: Este trabajo de investigación es de tipo investigativa de campo donde se logró manipular, recolectar y realizar observaciones de toda la información necesaria para comprobar o negar la hipótesis planteada en esta investigación.

3.1.2 Diseño de investigación

El presente diseño de esta investigación fue no experimental o de campo, porque se realizó observaciones, recolección de datos para luego comprobar o refutar la hipótesis planteada en este estudio, sin intervenir ni alterar las variables.

3.2 Metodología

3.1.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

- Superficie de vegetación del año de inicio del período/rango de años medida en hectárea
- Superficie de vegetación al final del período/rango de años medida en hectárea
- Intervalo de los años a estudiar en el periodo 1962-2016
- Área total de la Isla Santay medida en hectárea

3.2.1.2. Variable dependiente

- Tasa Anual de Cambio (TAC)
- Porcentaje de cobertura en relación al área total de la isla

3.2.2 Recolección de datos

3.2.2.1. Recursos

Los recursos y materiales que se utilizaron para la investigación son las siguientes:

- Una laptop para el ingreso de la información bibliográfica, procesar el trabajo de campo y geo procesamiento de la cobertura vegetal.
- GPS, que mostró la posición geográfica de los puntos que se trabajaron.
- Fotografías aéreas, como base del estudio.

- Un estereoscopio que ayudó para el procesamiento preliminar de las fotografías aéreas.

- Acetato que permitió delimitar el área de estudio.
- Una cámara digital para evidenciar el trabajo de campo.

Presupuesto

El presupuesto que se utilizó en la investigación está definido en la Tabla 19 (véase anexos). De los anexos se pueden apreciar los valores de los equipos y materiales que se adquirieron para llevar a cabo el proyecto investigativo; así mismo los valores de traslado y alimentación.

Talento Humano

Investigador

Lara Merchán Cristina María, estudiante de la carrera Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador.

Tutor

Dr. Hernández Rosa José, Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador.

3.2.2.2. Métodos y técnicas

Para llevar a cabo esta investigación se tomó información recolectada en visitas a la Isla Santay y análisis de fotografías aéreas del Instituto Geográfico Militar (IGM) a diferentes intervalos de tiempo en un rango de 54 años, en conjunto con un software. Una vez obtenidos los datos se clasificó la vegetación presente en diferentes intervalos de tiempo en la Isla Santay, cuantificando el área en la que se encuentra.

A continuación, se enumeran los pasos a seguir para obtener la información necesaria:

3.2.2.1.1 Levantamiento de datos

Establecimiento del área de estudio

El área de estudio es la Isla Santay visualizado en la Figura 11 (véase en anexos), perteneciente tanto al cantón Durán en el extremo Este como a la provincia del Guayas en el extremo Oeste.

Periodo de tiempo a analizar

La determinación del cambio del manto vegetal en la isla comprende un periodo de tiempo de aproximadamente de 54 años.

Selección de las imágenes

Se procuró que las imágenes utilizadas para el estudio presenten un porcentaje menor de cobertura nubosa dentro del área de estudio, y separándolas en rangos de tiempo. Las imágenes se las obtuvo del IGM (véase anexos Figura 12)

3.2.2.1.2 Tratamiento básico de las fotografías aéreas

Pre-procesamiento

Consiste en la transformación de las imágenes físicas a digitales en formato .jpg, que originalmente se obtienen en archivos independientes.

Corrección geométrica

Según Palacios Bermúdez (2015), la georreferencia de las imágenes satelitales es la corrección geométrica que en general permite que las imágenes satelitales utilizadas eliminen distorsiones geométricas indeseables y adaptarla a proyecciones cartográficas deseadas. Es de hacer notar que las imágenes contaban con su respectiva georreferenciación por lo que se procura su verificación observando en cada una de las fotográficas los datos respectivos de latitud y longitud, proyectando el mismo sistema de coordenadas de proyección (WGS 84) (Arias, Mora, & Vargas, 2014).

3.2.2.1.3 Clasificación de la cobertura vegetal en la Isla Santay

La clasificación no supervisada es un método que se utiliza cuando se desconocen las características de la superficie terrestre; la clasificación no supervisada es un procedimiento que permite mediante programas informáticos agrupar en diferentes clases espectrales los píxeles que no sean fácilmente reconocidos (Palacios Bermúdez, 2015).

Una clasificación no supervisada debe tener presente aspectos como:

- Contar con una imagen satelital multiespectral,
- Valorar los datos contenidos en la imagen, así como su calidad,
- Clasificar el área de estudio basados en algoritmo de agrupamiento de los píxeles,
- Representación tabular de la clasificación, tablas estadísticas, análisis de datos digitales; y,
- Evaluación de los resultados.

3.2.2.1.4 Análisis multitemporal de las fotografías aéreas

A partir de las imágenes clasificadas entre 1962 y 2016 para la Isla Santay se busca la detección de posibles cambios ocurridos en la cobertura vegetal en la isla durante el periodo seleccionado. Por medio del software, se realizó la evaluación de la cobertura vegetal de la isla por medio de las fotografías.

3.2.2.3. Diagrama de flujo de metodología propuesta para el análisis multitemporal



Figura 1. Diagrama de Flujo de Análisis Multitemporal Lara, 2017

3.2.2.4. Descripción del diagrama de flujo de la elaboración de la clasificación no supervisada

Las imágenes satelitales utilizadas para el estudio corresponden a la plataforma gratuita de Google Earth, en la cual se seleccionó imágenes que no presentaron más del 10 % de cobertura de nubes, sobre el área de estudio. Esto permitió ahorrar tiempo en tratamientos correctivos y obtener una correcta clasificación y determinación de los cambios de la cobertura vegetal (Vázquez, 2015).

Tratamiento básico de las imágenes

La clasificación no supervisada permite componer coberturas acorde a niveles digitales, lo que facilita la digitalización y la inspección de áreas con cobertura vegetal. Con esta clasificación a medida que se añaden más clases, el nivel de

detalle del resultado refleja los posibles cambios de cobertura, de la misma forma, al añadir detalles, también afectando así la depuración de la cobertura vectorial resultante (Guerra Cerezo, 2010).

Una vez realizados los procedimientos primarios, definiendo las proyecciones en el sistema de coordenadas a WGS 1984 UTM Zone 17S en las imágenes, a través de las herramientas del software ArcGIS 10.1, se realizó el procedimiento de la clasificación no supervisada detallada a continuación:

1. Se empleó una herramienta del Arc toolbox llamada Iso Cluster la cual nos ayuda a colocar el número de clases a emplear para la clasificación de la imagen.
2. El siguiente proceso es el uso de la herramienta Maximum Likelihood Classification dando así una firma de clases utilizadas para la clasificación con una máxima verosimilitud.
3. Convertir la imagen a polígonos con la herramienta Raster to polygon
4. Calcular el área en hectáreas
5. Para depurar los márgenes de errores se utiliza la herramienta llamada eliminate.
6. Luego se agrupan las clases empleando la herramienta Dissolve para así agrupar en un solo grupo cada una de las clases.

Realizando cada uno de estos procesos en cada una de las fechas seleccionadas para el desarrollo de la investigación como se puede apreciar en la Figura 13.

En la Tabla 20 se tienen los puntos y sus coordenadas del trabajo de campo.

Se pueden evidenciar las diferentes formas de vida existentes en diferentes puntos de la isla (ver en anexos Figura 14).

3.2.3 Análisis estadístico

En el presente trabajo se utilizó un análisis estadístico descriptivo con información recolectada mediante fotografías aéreas y mediciones en terreno. También para su análisis preliminar y procesamiento espacial se utilizó un estereoscopio, y luego el software.

Para facilitar el tratamiento, manejo y análisis de la información base utilizada, se considera la siguiente etapa principal en la investigación (Mena, Ormazábal, Morales, Santelices, & Gajardo, 2011):

3.2.3.1 Cuantificación de cobertura vegetal

Ejecución del inventario en terreno: Las variables consideradas en la selección del tipo de muestreo que se utiliza para el inventario son las características de la vegetación en la isla (ver anexos Figura 15). De esta forma, se optó por el Muestreo Aleatorio Simple debido a que no existen diferencias significativas en las imágenes con respecto a las especies vegetales. Seleccionando las unidades pre- muestrales, de las cuales fueron seleccionados algunos puntos de forma aleatoria por diferentes partes de la isla.

Ejecución del inventario en la fotografía aérea: El método seleccionado para completar las unidades muestrales faltantes corresponde a mediciones en estereoscopio mediante fotointerpretación, debido a que se logra una buena visibilidad de los individuos por cada unidad muestral seleccionada.

3.2.3.2 Tasa Anual de Cambio (TAC)

Con los datos de la superficie de cada área, se calcula la Tasa Anual de Cambio (TAC), para cada uno de los periodos.

Para estimar la TAC se utilizó la fórmula (González, 2005), que indica el cambio de la cobertura en porcentaje de la superficie en el año de inicio y fin del estudio.

$$\delta = \sqrt[n]{\frac{S_2}{S_1}} - 1$$

Donde:

δ : Tasa Anual de Cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S1: superficie del año de inicio del período

S2: superficie al final del período

n= número de años entre las dos fechas

3.2.3.3 *Análisis multitemporal de imágenes clasificadas*

Para el estudio de los cambios puede realizarse una técnica de clasificación no supervisada, para luego sintetizar las medidas extraídas, considerando que los métodos y categorías deducidas se complementan (Rojas, 2011).

La detección de cambios que se dan por este método de clasificación se emplea mediante la comparación de imágenes clasificadas por separado, generando una tabla multitemporal de cambios, en donde se presentan los cambios que se producen en los periodos de tiempo (véase en la Figura 16).

Presentando las transiciones que se han producido, observando las zonas estables y dinámicas, así como las coberturas originales y actuales, lo que indica qué tendencias de cambios hubo en la zona de estudio.

A partir de la matriz de cambios puede calcularse la parte estadística que mida el grado de cambio entre las fechas, considerando el grado de asociación entre filas y columnas, de igual manera podría analizar la información almacenada en un Sistema de Información geográfica (SIG).

3.2.4 Cronograma de actividades

El cronograma de las actividades se lo puede apreciar en la Tabla 21 (véase en anexos) donde se describe en orden las actividades y el cómo fue el proceso durante la realización del proyecto de investigación en el periodo de febrero a noviembre del 2017.

4. Resultados

4.1. Características actuales de la vegetación de la isla mediante el uso de sensores remotos y chequeos de campo, clasificando la vegetación existente en la isla

En la caracterización de la vegetación presente se utilizó un método de clasificación no supervisada con visitas de campo (véase anexos Figura 17).

Una vez realizado los pasos básicos, se logró un mapa que evidencia las características de la actual cobertura presente en la isla, el cual se muestra en la Figura 2.

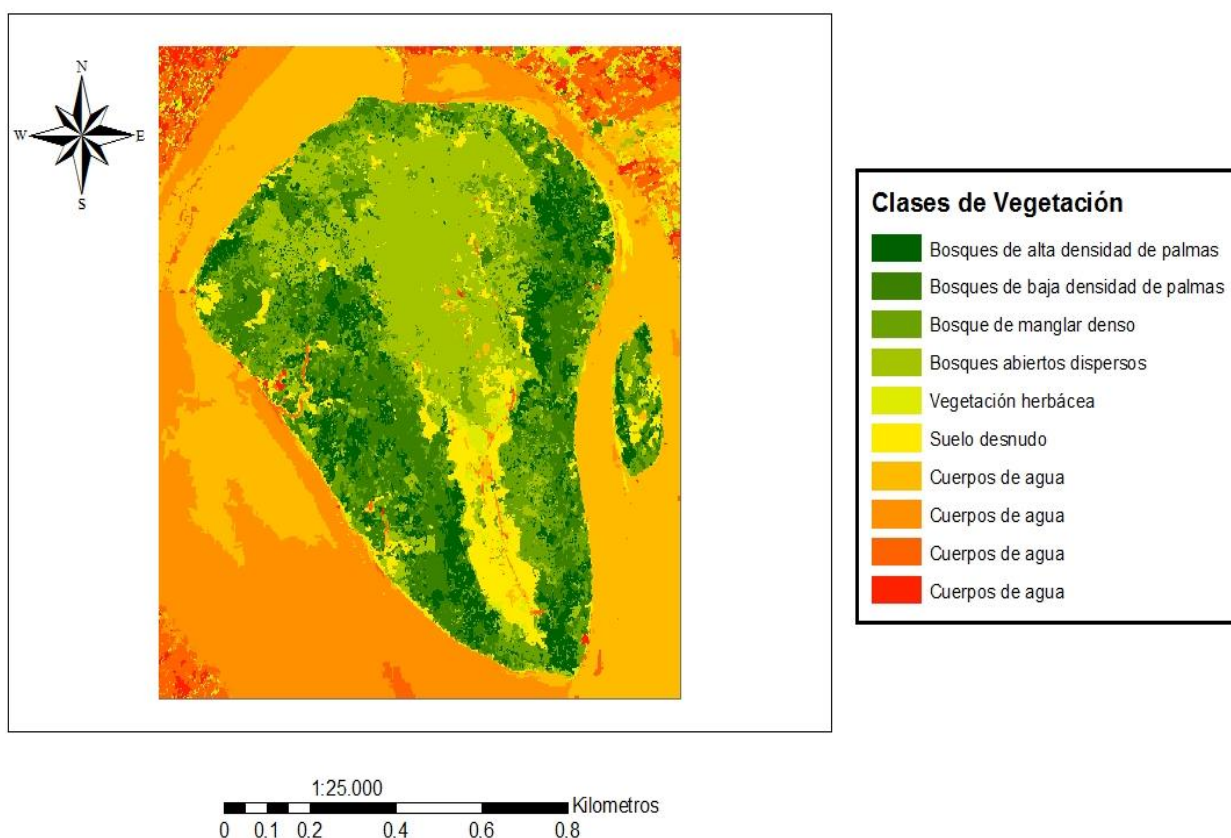


Figura 2. Cobertura Vegetal del año 2016
Lara, 2017

Al realizar la clasificación no supervisada usando 10 clases, se puede evidenciar una mayor precisión en los detalles (Martinez & Ruiz, 2017). Como se puede

observar en la imagen de la Figura 2, buena parte de las áreas que representan los cuerpos de aguas, se refieren al río Guayas, las cuales se encuentran representadas por las clases siete (7), ocho (8), nueve (9) y diez (10).

Las clases encontradas corresponden a:

- Bosques con alta densidad de palmas, la cual se encuentra conformada por agrupaciones es la Palma Imperial (***Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F. Cook**).
- Bosques con baja densidad de palmas, conformadas por la palma imperial individuales o en pequeños grupos remanentes.
- Bosque de manglar denso, distribuida hacia los entornos de la isla caracterizada por tener diferentes tipos de mangle.
- Bosque abiertos dispersos.
- Vegetación herbácea, con pequeños arbustos.
- Suelo desnudo, tierras sin vegetación.
- Cuerpos de agua en la isla diferenciados por la profundidad.

Los porcentajes de cobertura de los diferentes tipos de vegetación y de los cuerpos de agua, presentes actualmente en la Isla Santay, se muestran en la Tabla 1.

Para el año 2016 con mayor porcentaje de cobertura diferenciados en la Isla Santay está el bosque de manglar denso con un 25%; en segundo lugar los bosques con alta densidad de palmas con el 20%; con un 17% los bosques con baja densidad de palmas; los bosques abiertos dispersos poseen un 17%; la vegetación herbácea tiene el 10%; y, un 5% los suelos desnudos.

Tabla 1. Clases de Cobertura Vegetal año 2016

N° Clase	Porcentaje	Tipos
1	20%	Bosques con alta densidad de palmas
2	17%	Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	Bosque de manglar denso
4	17%	Bosque abiertos dispersos
5	10%	Vegetación herbácea
6	5%	Suelo desnudo
7	1%	
8	3%	
9	1%	Cuerpos de Agua
10	1%	
Total	100%	

Descripción de las clases y los tipos de vegetación
Lara, 2017

4.2 Comparaciones de la cobertura vegetal entre los años 1962 y 2016

Conforme a la información obtenida de estudios ejecutados por el INOCAR en el año de 1977, con el uso de imágenes, se da a conocer variaciones morfológicas en la isla en el año de 1961 (Jaramillo , Navarrete, Carcelen, Massay, & Mora, 2008), por lo que en nuestro estudio, se consideró importante iniciarlo, a partir de esta fecha o de una fecha cercana en la que se cuenta con información de sensores remotos, lo cual se logró al obtener la imagen de la fotografía aérea del año 1962.

Para la comparación de la cobertura vegetal entre los años 1962 y 2016, se analizaron diferentes imágenes de la Isla Santay, obtenidas a varios intervalos de tiempo, mediante la obtención de los porcentajes de cobertura de cada uno de los tipos de vegetación.

En la Figura 3 se puede observar las imágenes procesadas con Arc GIS en el rango de los años 1962 y 1970.

Cobertura 1962-1970

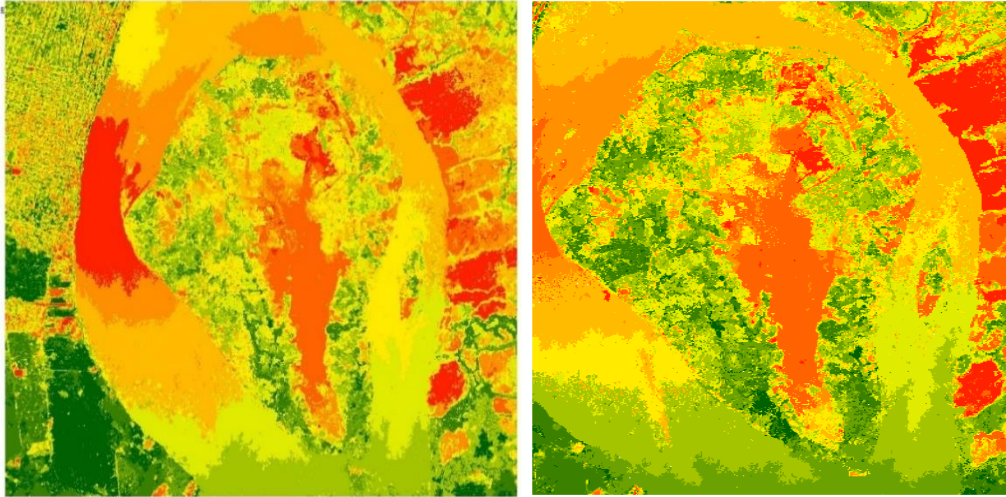


Figura 3. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1962-1970
Lara, 2017

En la Tabla 2 se puede apreciar los porcentajes de cada una de las clases del año 1962 y 1970.

Mientras que en el año de 1969 el mayor porcentaje presente en la Isla Santay es el suelo desnudo con el 44%; seguido del bosque de manglar denso con el 25%; la vegetación herbácea tiene el 15%; y, con el menor porcentaje se encuentran los bosques abiertos dispersos con el 10%.

En el año 1970 el mayor porcentaje lo tiene el manglar denso con el 34% en comparación al año de 1962 que tuvo un aumento del 9%. Mientras que el bosque abierto disperso tuvo un aumento del 3% al igual que la vegetación herbácea también tuvo un aumento del 3% y el suelo desnudo tuvo una disminución del 16%.

Tabla 2. Cobertura Vegetal periodo 1962-1970

CLASES	1962 (%)	1970 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	34%		9%	Bosque de manglar denso
4	10%	13%		3%	Bosque abiertos dispersos
5	15%	18%		3%	Vegetación herbácea
6	44%	28%	16%		Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	2%	-	-	
9	1%	1%	-	-	Cuerpos de agua
10	1%	2%		1%	

Porcentajes de la cobertura por clases rango 1962-1970
Lara, 2017

Cobertura 1970-1977

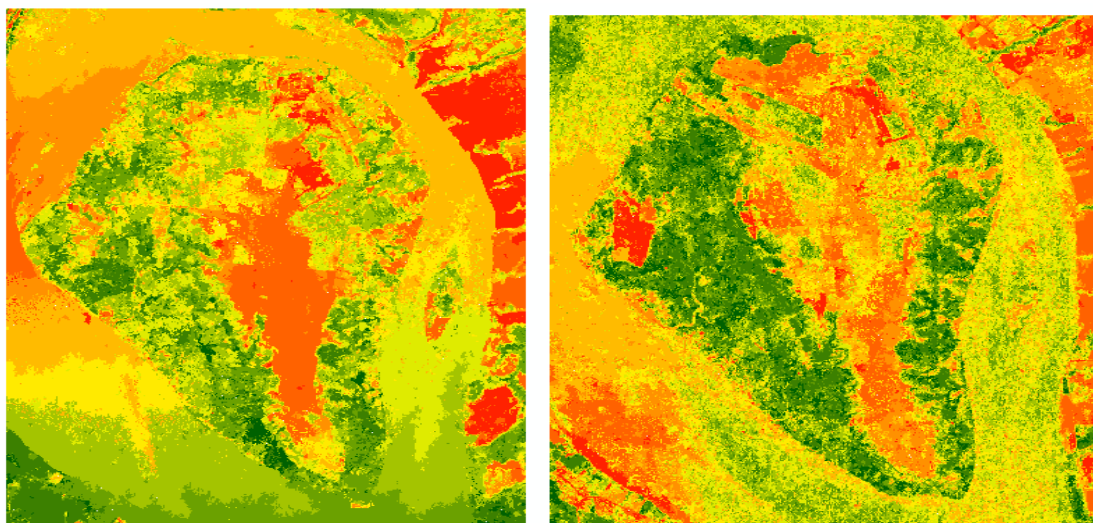


Figura 4. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1970-1977
Lara, 2017

En la Figura 4 se puede observar la Isla Santay de los años 1970 y 1977, procesadas en el programa Arc GIS.

En la Tabla 3 se puede apreciar los porcentajes de cada una de las clases en los años 1970 y 1977 y ha sido la diferencia en el transcurso de 7 años.

En el año 1970 se puede apreciar que la cobertura con mayor porcentaje es el bosque de manglar denso con un 34%, seguida de los suelos desnudos con un 28% y la cobertura con menor porcentaje son los bosques abiertos dispersos con un 13%.

Mientras que en el año 1977 la cobertura con mayor porcentaje son los suelos desnudos con un 30%, y la de menor porcentaje es la vegetación herbácea con el 19%.

La diferencia que se puede apreciar es que los suelos desnudos aumentaron a un 2%, los bosques de manglar denso disminuyeron un 13%, mientras que los bosques abiertos dispersos aumentaron en un 11%.

Tabla 3. Cobertura Vegetal periodo 1970-1977

CLASES	1970 (%)	1977 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	34%	21%	13%		Bosque de manglar denso
4	13%	24%		11%	Bosque abiertos dispersos
5	18%	19%		1%	Vegetación herbácea
6	28%	30%		2%	Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	2%	-	-	
9	1%	1%	-	-	Cuerpos de agua
10	2%	1%	1%		

Porcentajes de la cobertura por clases rango 1970-1977
Lara, 2017

Cobertura 1977-1990

En la Figura 5 se puede observar las imágenes de la Isla Santay en el rango 1977 a 1990 procesadas con Arc GIS, para conocer de esta manera cual es el porcentaje de cada una de las clases en cada año de estudio.

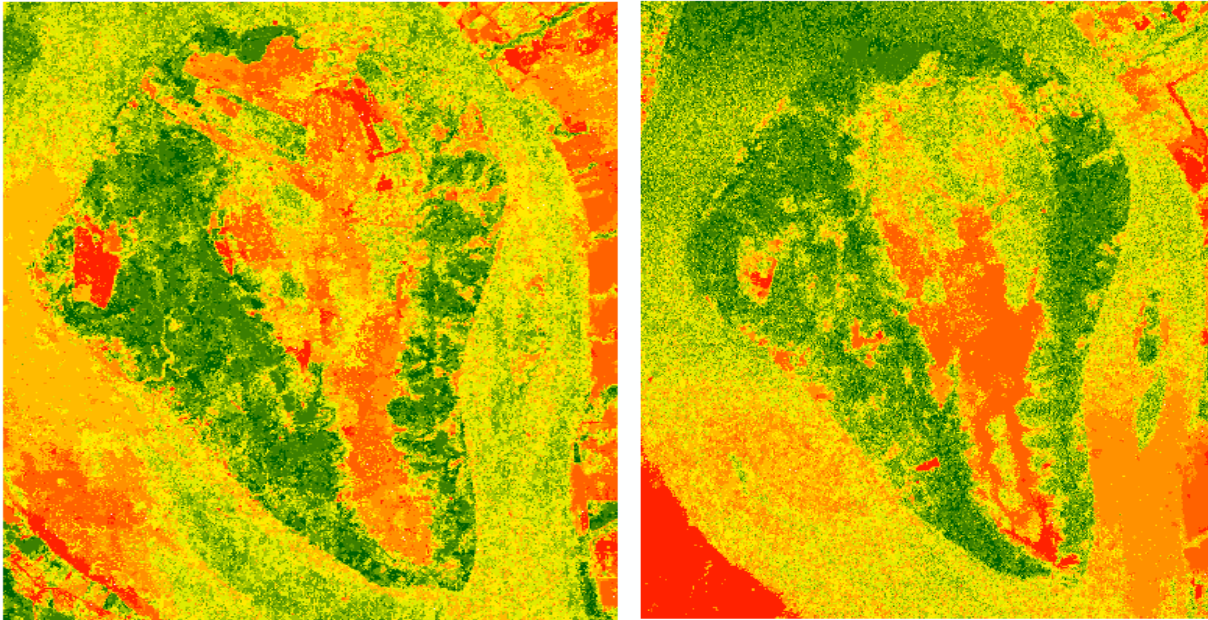


Figura 5. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1977-1990 Lara, 2017

En la Tabla 4 en el año 1977 la cobertura con mayor porcentaje con el 30% el suelo desnudo, en segundo lugar con el 24% es el bosque abierto disperso, en tercer lugar, con el 21% el bosque de manglar denso; y, la vegetación herbácea tiene un porcentaje del 19%.

En el año 1990 el mayor porcentaje lo tiene el bosque abierto disperso con un 31% presentando un aumento del 7% en comparación al año 1977; y, los bosques densos de manglar tienen un 33% con un aumento del 12% a lo largo del transcurso de 13 años.

Tabla 4. Cobertura Vegetal periodo 1977-1990

CLASES	1977 (%)	1990 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	21%	33%		12%	Bosque de manglar denso
4	24%	31%		7%	Bosque abiertos dispersos
5	19%	20%		1%	Vegetación herbácea
6	30%	8%	22%		Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	3%		1%	
9	1%	1%	-	-	Cuerpos de Agua
10	1%	2%		1%	

Porcentajes de la cobertura por clases rango 1977-1990
Lara, 2017

Cobertura 1990-2000

En la Figura 6 se puede observar las imágenes de los años 1990 y 2000 procesadas en Arc GIS.

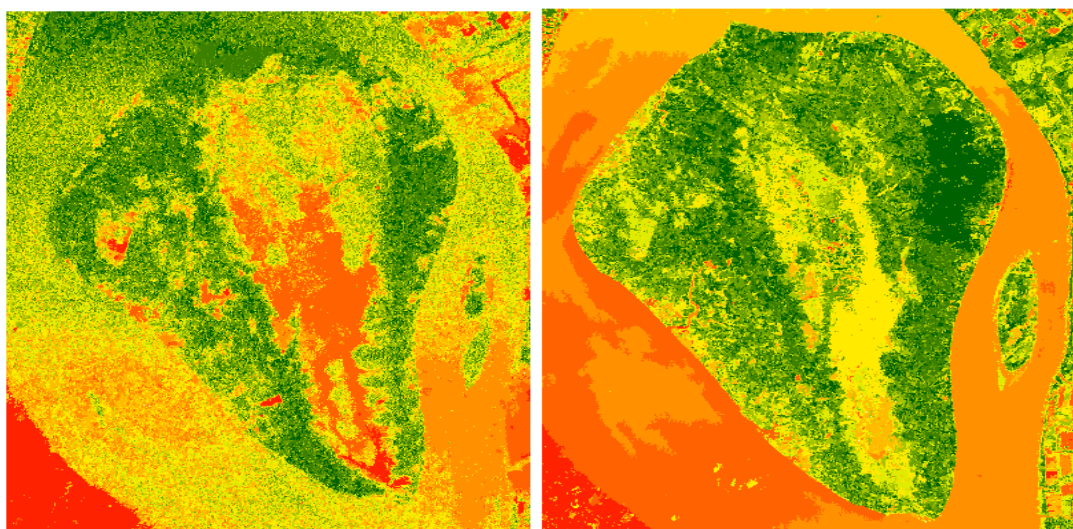


Figura 6. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 1990-2000
Lara, 2017

En la Tabla 5 la cuantificación en la cobertura en este rango de tiempo muestra que en el año de 1990 un porcentaje mayor lo tiene el bosque de manglar denso con un 33%, seguido de bosques abiertos dispersos con el 31%; y, el de menor cobertura es el suelo desnudo con el 8%.

Mientras que en el año 2000 la cobertura de bosques con alta densidad de palmas tiene el 13% de la cobertura en comparación a años anteriores donde esta cobertura se mantenía en 0%; en la cobertura de bosques con baja densidad de palmas tiene un 20%, el bosque de manglar denso tuvo una disminución de 8%; y, los bosques abiertos dispersos disminuyó un 15%. Los cuerpos de agua aumentaron el 1%. Y por último tanto la vegetación herbácea y el suelo desnudo tuvieron una disminución del 5%.

Tabla 5. Cobertura Vegetal periodo 1990-2000

CLASES	1990 (%)	2000 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	13%		13%	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	20%		20%	Bosques con baja densidad de palmas
3	33%	25%	8%		Bosque de manglar denso
4	31%	16%	15%		Bosque abiertos dispersos
5	20%	15%	5%		Vegetación herbácea
6	8%	3%	5%		Suelo desnudo
7	2%	1%	1%		
8	3%	2%		1%	
9	1%	2%		1%	Cuerpos de agua
10	2%	3%		1%	

Porcentajes de la cobertura por clases rango 1990-2000

Lara, 2017

Cobertura 2000-2008

En la Figura 7 se puede observar las imágenes de los años 2000 y 2008 procesadas en Arc GIS.

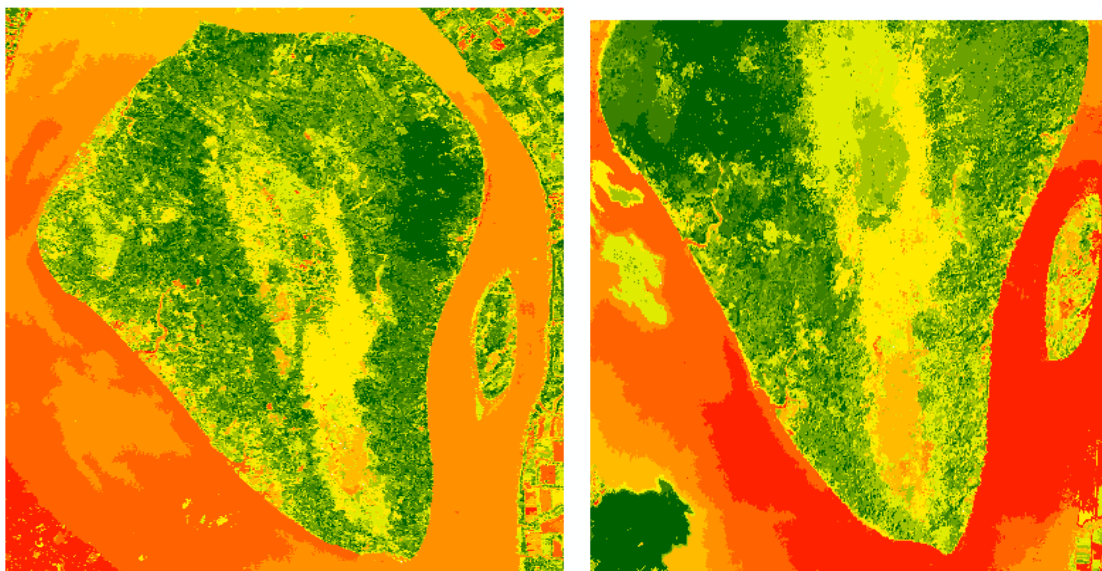


Figura 7. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 2000-2008 Lara, 2017

En la Tabla 6 las clases del año 2000, la cobertura con mayor porcentaje son los bosques de manglar denso con el 25%, seguida de los bosques con baja densidad de palma con el 20%; y, la cobertura con menor porcentaje es los suelos desnudos con el 3%.

En el año 2008 la cobertura con mayor porcentaje son los bosques abiertos dispersos con el 22%; y, la de menor porcentaje la vegetación herbácea con el 3%.

Con respecto a la diferencia de cobertura en este lapso de tiempo de estudio, los bosques de manglar denso abiertos disminuyeron un 11%; la vegetación herbácea 12%; los suelos desnudos aumentaron un 4% y los bosques abiertos dispersos aumentaron el 6%.

Tabla 6. Cobertura Vegetal periodo 2000-2008

CLASES	2000 (%)	2008 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	13%	10%	3%		Bosques con alta densidad de palmas
2	20%	18%	2%		Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	14%	11%		Bosque de manglar denso
4	16%	22%		6%	Bosque abiertos dispersos
5	15%	3%	12%		Vegetación herbácea
6	3%	7%		4%	Suelo desnudo
7	1%	6%		5%	
8	2%	2%	-	-	Cuerpos de agua
9	2%	13%		11%	
10	3%	5%		2%	

Porcentajes de la cobertura por clases rango 2000 y 2008
Lara, 2017

Cobertura 2008-2016

En la Figura 8 se observa las imágenes de la Isla Santay de los años 2008 y 2016 procesadas con el programa Arc GIS.

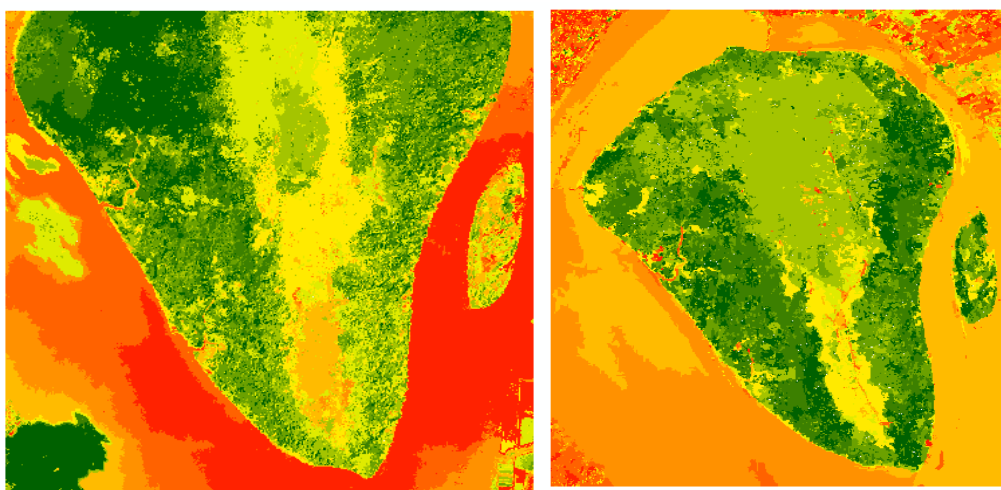


Figura 8. Imágenes de la Isla Santay procesadas con Arc GIS del año 2008-2016
Lara, 2017

En la tabla 7 el porcentaje mayor es el 22% correspondiente de bosques abiertos dispersos; seguido de bosques con baja densidad de palmas con un 18%; los bosques con alta densidad de palmas tienen el 10%; la vegetación herbácea un 3%; y, el suelo desnudo 7%.

Para el año 2016 los bosques de alta densidad de palmas tuvieron un aumento del 10% en su cobertura; los bosques con baja densidad de palmas disminuyeron 1% de su cobertura; por su parte los bosques de manglar denso presentan un aumento del 11%; los bosques abiertos dispersos un aumento del 5%; y, por último la vegetación herbácea un aumento del 7%.

Tabla 7. Cobertura Vegetal periodo 2008-2016

CLASES	2008 (%)	2016 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	10%	20%		10%	Bosques con alta densidad de palmas
2	18%	17%	1%		Bosques con baja densidad de palmas
3	14%	25%		11%	Bosque de manglar denso
4	22%	17%		5%	Bosque abiertos dispersos
5	3%	10%		7%	Vegetación herbácea
6	7%	5%	2%		Suelo desnudo
7	6%	1%	5%		
8	2%	3%		1%	Cuerpos de Agua
9	13%	1%	12%		
10	5%	1%	4%		

Porcentajes de la cobertura por clases rango 2008-2016

Lara, 2017

4.3 Análisis del cambio de la cobertura vegetal en el periodo 1962-2016

La cuantificación del cambio en la cobertura en los diferentes intervalos de tiempo mediante un análisis multitemporal, se realizó, mediante la determinación de la Tasa Anual de Cambio de cada una de las clases de vegetación.

En la Tabla 8 se puede observar la tasa anual de cambio de la clase uno (1), que corresponde a la cobertura con mayor densidad de palmas.

En esta tabla se puede apreciar las variaciones de cambio en la cobertura vegetal en los diferentes rangos de tiempo. Para el Bosque con alta densidad de palmas, la Tasa Anual de Cambio en el tiempo transcurrido las observaciones cuantificadas, a partir de una escasa o nula presencia, hasta valores importantes de cobertura con un incremento de la Tasa Anual de Cobertura del 1.35 %.

Tabla 8. Tasa Anual de Cambio de la clase uno (1)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencia	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
1. Bosques con alta densidad de palmas	1962/1970	0	8	-	-
	1970/1977	0	7	-	-
	1977/1990	0	13	-	-
	1990/2000	12,199	10	1.28	
	2000/2008	0,239	8	0.84	
	2008/2016	11,319	8	1.35	

Tasa Anual de Cambio de la clase uno
Lara, 2017

En la Tabla 9 se observa la Tasa Anual de Cambio de la clase dos (2) que corresponde a la cobertura de Bosques con baja densidad de palmas.

En los tres primeros rangos de tiempo la Tasa Anual de Cambio son igual a cero, teniendo dos TAC altas e intermedia una baja en el rango de tiempo 2000-2008, con la tasa más alta en el último rango de tiempo.

Tabla 9. Tasa Anual de Cambio clase dos (2)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
	1962/1970	0	8	-	-
	1970/1977	0	7	-	-
	1977/1990	0	13	-	-
2. Bosques con baja densidad de palmas	1990/2000	18,276	10	1.34	
	2000/2008	0,048	8	0.68	
	2008/2016	32,655	8	1.55	

Tasa Anual de Cambio de la clase dos
Lara, 2017

En la Tabla 10 se observa la Tasa Anual de Cambio de la clase tres (3) que corresponde a la cobertura de Bosque de manglar denso con cada uno de sus rangos de tiempo durante los últimos 54 años.

En el segundo periodo se obtuvo un descenso, y en los siguientes periodos trata de estabilizarse y aumentar la velocidad de cambio de incremento en el bosque de manglar denso.

Tabla 10. Tasa Anual de Cambio clase tres (3)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
3. Bosque de manglar denso	1962/1970	1,959	8	1.88	
	1970/1977	0,825	7	0.97	
	1977/1990	1,938	13	1.05	
	1990/2000	1,673	10	1.05	
	2000/2008	0,239	8	0.84	
	2008/2016	7,117	8	1.28	

Tasa Anual de Cambio de la clase tres
Lara, 2017

En la Tabla 11 se observa la Tasa Anual de Cambio de la clase cuatro (4) que corresponde a la cobertura de Bosques abiertos dispersos. A lo largo del periodo de estudio, la tasa más baja se da en el rango 1990-2000 con el 0.95% y la más alta es 1.26% en el rango 1970-1977.

Tabla 11. Tasa Anual de Cambio clase cuatro (4)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
4.Bosques abiertos dispersos	1962/1970	1,289	8	1.03	
	1970/1977	5,065	7	1.26	
	1977/1990	1,909	13	1.05	
	1990/2000	0,618	10	0.95	
	2000/2008	1,022	8	1.00	
	2008/2016	1,900	8	1.08	

Tasa Anual de Cambio de la clase cuatro
Lara, 2017

En la Tabla 12 se observa la Tasa Anual de Cambio de la clase cinco (5) que corresponde a la cobertura de Vegetación herbácea. Donde la tasa anual de cambio mayor es la del rango 2008-2016 con el 1.49%, y la de menor aumento es en el año 2000-2008 con un valor de 0.75%.

Tabla 12. Tasa Anual de Cambio clase cinco (5)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
5.Vegetación herbácea	1962/1970	2,385	8	1.12	
	1970/1977	14,164	7	1.46	
	1977/1990	1,245	13	1.02	
	1990/2000	0,692	10	0.96	
	2000/2008	0,104	8	0.75	
	2008/2016	25,628	8	1.49	

Tasa Anual de Cambio de la clase cinco
Lara, 2017

En la Tabla 13 se observa la Tasa Anual de Cambio de la clase seis (6), dando a conocer como ha sido el cambio en el periodo de tiempo que corresponde al suelo desnudo. Mostrando al principio unos niveles altos en la tasa anual de cambio, pero en los últimos años se mantiene en equilibrio.

Tabla 13. Tasa Anual de Cambio clase seis (6)

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)	
				Aumento	Descenso
6.Suelo desnudo	1962/1970	4,378	8	1.20	
	1970/1977	0,467	7	0.90	
	1977/1990	1,782	13	1.05	
	1990/2000	0,597	10	0.95	
	2000/2008	0,754	8	0.96	
	2008/2016	0,619	8	1.06	

Tasa Anual de Cambio de la clase seis
Lara, 2017

En la Tabla 14 se aprecia la Tasa Anual de Cambio en el rango de los 54 años, dándonos a conocer que en cada una de las clases a habido un aumento en la cobertura a lo algo del tiempo.

Se puede observar la velocidad de incremento de las coberturas de las diferentes clases de vegetación a lo largo del tiempo. En el caso de los bosques con alta densidad de palmas posee una TAC del 1.14% seguido de los bosques con baja densidad de palmas con la TAC del 1.14% la TAC con menor valor es el suelo desnudo con el 1.02%.

Tabla 14. Tasa Anual de Cambio de los periodos 1962-2016

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)
1. Bosques con alta densidad de palmas	1962/2016	48,379/1,462	26	1.14
2. Bosques con baja densidad de palmas	1962/2016	42,484/1,492	26	1.14
3. Bosque de Manglar denso	1962/2016	46,766/5,231	54	1.04
4. Bosques abiertos dispersos	1962/2016	41,165/2,797	54	1.05
5. Vegetación herbácea	1962/2016	32,752/0,423	54	1.08
6. Suelo desnudo	1962/2016	5,368/2,021	54	1.02

Tasa Anual de Cambio del periodo 1962-2016
Lara, 2017

En la Tabla 15 se observan los porcentajes y el área dada en hectárea de cada una de las clases en los años 1962 y 2016. En el año de 1962 la cobertura de mayor porcentaje es el suelo descubierto con el 36% del área total de la isla, y la de menor cobertura con el 7% es la vegetación herbácea.

Mientras que en el año 2016, la cobertura con el mayor porcentaje ocupacional es el Bosque de manglar denso con el 25%, y el de menor porcentaje es el suelo descubierto con el 5%.

Tabla 15. Área de cobertura de las clases

Clases	1962 (Ha)	Porcentaje	2016 (Ha)	Porcentaje
1. Bosques con alta densidad de palmas	0	0%	0,436	20%
2. Bosques con baja densidad de palmas	0	0%	0,370	17%
3. Bosque de Manglar denso	0,326	15%	0,545	25%
4. Bosques abiertos dispersos	0,501	23%	0,370	17%
5. Vegetación herbácea	0,152	7%	0,218	10%
6. Suelo desnudo	0,784	36%	0,109	5%
7. Cuerpos de agua	0,130	6%	0,022	1%
8. Cuerpos de agua	0,153	7%	0,065	3%
9. Cuerpos de agua	0,044	2%	0,022	1%
10. Cuerpos de agua	0,088	4%	0,022	1%
Total	2,179	100%	2,179	100%

Área de la isla Santay dada en hectárea entre los años 1962-2016
Lara, 2017

5. Discusión

Diversas investigaciones recalcan la estimación y análisis multitemporal para conocer los cambios de la vegetación, ya sea pérdida o ganancia de la cobertura vegetal (Martinez & Ruiz, 2017).

El análisis evidenció que en el periodo de estudio 1962-2016 referente al análisis estadístico descriptivo como la Tasa Anual de Cambio de las diferentes clases de cobertura vegetal a lo largo de los 54 años, oscilan entre 1.01 a 1.14, siendo bajas al compararlas con las obtenidas por Villegas & Muñoz (2011), en un Parque Nacional Pico de Orizaba, ubicado en Veracruz-México.

Según Villegas & Muñoz (2011), las tasas anuales estimadas del periodo (2003-2011) en un rango de tiempo de 8 años, para la vegetación de manglar y la de áreas sometidas a actividades antrópicas fueron respectivamente entre 0.1% y 1.3% respectivamente. Mientras que en el presente estudio de isla Santay, tomando un rango de tiempo igual a 8 años, el resultado para el bosque de manglar denso fue de 0,84 %, similar al reportado por Villegas & Muñoz (2011).

A lo largo del tiempo las coberturas muestran un incremento consistente, llegando en algunos de los casos a mostrar cierta estabilidad. En los bosques de alta densidad de palmas y bosques de baja densidad de palmas en un principio se encontraban aparentemente ausentes, mostrando tasas de cambio iguales a 0 y al paso de los años, esos valores van aumentando, ampliando así la cobertura boscosa.

La prohibición de las actividades antrópicas en el área de estudio, a partir de su designación como: Sitio Ramsar N° 1041 en el año 2000 y Área Natural de Recreación Isla Santay y Gallo en el año 2010, es una de las razones principales del aumento en la cubierta vegetal (Jaramillo , Navarrete, Carcelen, Massay, &

Mora, 2008). De esta forma la tasa de cambio tiende a ser alta en comparación a áreas no protegidas. (Acuerdo Ministerial N° 21, 20 de febrero del 2010).

Martínez López (2010) en el estudio multitemporal en manglares del Golfo de Fonseca, Honduras, indica que en el año 1990 existía 17,251 ha de cobertura manglar, pero para el año 2002, solo se encontraron 16,020 ha, mostrando una reducción de 1,230 ha, las cuales fueron ocupadas para la industrialización en actividades acuícolas.

Por otra parte, en la Isla Santay el bosque de manglar denso tuvo un aumento en su cobertura, mostrando en el año 1962 una superficie de 0,326 ha, mientras que en el año 2016 la cobertura aumento al 0,545 ha, aumentado un 15% de la cobertura inicial.

En la Isla Santay el mayor porcentaje de cobertura vegetal, obtenido del análisis de las imágenes del año 2016, es del bosque de manglar denso con el 25%, los bosques con alta densidad de palmas con un 20%; seguido del 17% correspondientes a los bosques abiertos dispersos y con igual porcentaje a los bosques con baja densidad de palmas; y, con el 10% a la vegetación herbácea.

Dichos porcentajes corresponden a los seis tipos de clases en la cual se separó la vegetación existente de la isla, que, al compararlos con los obtenidos en intervalos de tiempo iniciales, muestran un consistente incremento de la cobertura boscosa y una reducción de las áreas con suelos descubiertos de vegetación, durante el transcurso de los últimos 54 años.

Según Guevara Romero & Montalvo Vargas (2015), los cambios del uso de suelo y vegetación que se han dado en el territorio de Sierra-Puebla, muestran que en el periodo de estudio 1980-2010, a pesar de ser una zona dedicada principalmente a la agricultura, hay repercusiones en el entorno natural del lugar.

La recuperación de la vegetación secundaria arbustiva pasó a vegetación primaria arbórea, en el periodo de 1993-2010. El análisis del deterioro del suelo pasó de agricultura industrializada a producción agrícola de uso doméstico.

Por consiguiente se evidenció que nombrar a una zona como área protegida ayuda a que su recuperación sea más fluida, en comparación a zonas intervenidas (Guevara Romero & Montalvo Vargas, 2015).

6. Conclusiones

Los tipos de vegetación presentes en el área son: Bosques con alta densidad de palmas, Bosques de baja densidad de palmas, Bosques de manglar denso, Bosques abiertos dispersos, Vegetación herbácea y suelos desnudos aumentando y disminuyendo su cobertura en los últimos 54 años.

El incremento de las coberturas más evidentes son las de bosque con alta densidad de palmas aumentando un 20% y la baja densidad de palmas con el 17% evidenciada a partir de los años 90, los bosques de manglar denso aumentaron del 23% al 25%, los bosques abiertos dispersos del 17% a 23%. Mientras que las disminuciones más evidentes fueron: la vegetación herbácea del 10% a 7% y los suelos desnudos del 36% a 5%.

En síntesis los sistemas de información geográfica permiten de forma parcial, realizar estudios considerando actividades antrópicas de diversas áreas, ya sean áreas protegidas o áreas degradadas.

7. Recomendaciones

Profundizar en los estudios de vegetación, dando a conocer el porcentaje de cada una de los tipos de vegetación existentes en la isla y el área que ocupan cada una de ellas.

Hacer estudios con un mayor número de fotografías aéreas e imágenes satelitales, que contemplen un mayor rango de tiempo, con lo que el análisis será más preciso.

Facilitar vinculaciones con diversas universidades para la realización de labores comunitarias investigativas.

Agilizar convenios de universidades y entidades públicas o privadas que faciliten información, como base para múltiples proyectos investigativos.

Promover la divulgación de los proyectos de investigación dentro de la Isla Santay, contribuyendo con la reafirmación de los criterios por los cuales fue declarada sitio RAMSAR y Área Nacional De Recreación Isla Santay.

Auspiciar investigaciones ambientales dentro de áreas protegidas en el País.

8. Bibliografía

- Decreto N°449. (13 de Julio de 2011). Constitución de la República del Ecuador 2008.
- Alcaraz, F. (2013). Sucesión. *Creative Commons*, 1-13.
- Aldana, J. (2011). Transformación físico-espacial de los paisajes boscosos del sector sur del Parque Nacional Natural los Katíos (1989-2010). *Dialnet plus*, 31-54.
- Almeida, P., Duriavich, M., Napolitano, R, & Feoli, E. (2016). Aplicación de técnicas SIG, sensores remotos y analisis multicritico para la detección de impactos antropogénicos en la cobertura de suelos y su proyección para el 2010. *Revista tecnológica ESPOL-RTE*, 74.
- Arango, M. (2005). *Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "landsat - etm+"*. Bogota: Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin.
- Arias, H., Mora, R, & Vargas, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8 con el modelo flaash del software envi. *Revista Geográfica de América Central*, 39-59.
- Benavides, D. (2010). Cambios en la cobertura vegetal del Bosque Montano de los Andes Occidentales: Influencia de la Fundación Maquipucuna y de la comunidad de Yunguilla en procesos de conservación. *FLACSO*, 151.
- Briceño, F. (2013). *Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy*. Venezuela: San Cristobal.
- Castaño, S, & Quintanilla, A. (2014). Aplicación de sensores remotos en la detección y evaluación. 64-67.

- Castillo, K. (2015). *Estrimación de la Capacidad de Carga Turística en el sendero Huaquillas en el Área Nacional de Recreación Isla Santay*. Guayas: Universidad de Guayaquil.
- Chapa, D., Sosa, J, & Alba, A. (2008). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico. *Madera y bosques*, 37-51.
- Chuvieco, E. (2002). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (Vol. II). Madrid: RIALP S.A.
- CICY. (2016). Distribución espacial de la vegetación. En R. Durán, & G. García, *Biodiversidad* (págs. 131-137). Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- ECOLMO. (2015). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/ecolmod/informacion-de-interes/que-son-los-sensores-remotos/>
- Flores, J., Moran, L, Chavez, K., & Bajaña, M. (2013). *La Importancia de la Reserva Ecológica de la isla Santay*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil: Facultad de Filosofía.
- Garcia, J., & Francois, J. (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Investigaciones geográficas*, Vol. 67.
- Gonzaga, C. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para la caracterización de cobertura vegetal. 1-3. Recuperado el 05 de Diciembre de 2016
- González, S. (2005). La Geografía escalar del capitalismo actual. *Revista* , 91-111.

- González , L., & Romero, Á. (2013). Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palmas en el territorio del municipio de Villanueva Casanare. *Pontificia Universidad Javeriana*, 42-64.
- González, I, Fernández, C., Forero , L., & Pérez, E. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica*. Madrid.
- Gonzalez, J. (12 de Diciembre de 2009). *Análisis Territoriales con SIG*. Obtenido de <http://analisisterritoriales.blogspot.com/2009/12/analisis-de-la-vegetacion-con-tecnicas.html>
- Guerra Cerezo, E. (2010). *Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz*. Universidad Mayor de San Simón.
- Guevara Romero, M., & Montalvo Vargas, R. (2015). Cambio de uso de suelo y vegetación derivados de la dotación de infraestructura Sierra al norte del estado de Puebla. *Scielo*, 6-9.
- Hernández, O. (2012). *Analisis Multitemporal de Cobertura Vegetal*. Honduras. Instituto Superior del Medio Ambiente. (2016). *Teledetección*. Instituto Superior del Medio Ambiente, Madrid.
- Jaramillo , A., Navarrete, R., Carcelen, F., Massay, J., & Mora, S. (2008). Ficha Informativa del Humedal N° 1041 Isla Santay. *Fundación Malecón 2000*, 02-13.
- Labrada, M. (2015). Evaluación de cambios en la cobertura vegetal de manglares mediantela aplicación de los sensores remotos. *Dialnet plus*, 6-13.
- Lucas, K. (2016). Relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*, 15-35.

- Marechal, C., Delgado, J., Mejía, A., Bohórquez, S., & Orellana, J. (2000). *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar*. Comité Ecológico del Litoral. Guayaquil: Comité Ecológico del Litoral.
- Martínez López, R. (2010). *Análisis Multitemporal para la evaluación de la degradación ambiental en los ecosistemas del Golfo de Fonseca, sección Honduras*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Martínez, C. (2005). Estudio multitemporal de cambios en la cobertura vegetal (1979-2004) y modelización prospectiva en la provincia de Cotopaxi. *EcoCiencia*, 3-10.
- Martínez, C. (2014). Observación multiescala de la cubierta vegetal mediante teledetección. Aplicación a Castilla- La Mancha. *Dialnet plus*.
- Martínez, L., & Ruiz, L. (25 de Octubre de 2017). *Análisis de la pérdida en la cobertura vegetal a partir de un estudio multitemporal 2007-2013*. Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3275/1/MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMaria2016.pdf
- Maza, C. (2009). Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenca Zamora Huayco- Cantón Loja. *Técnica Particular de Loja*, 15-20.
- Mena, C., Ormazábal, Y., Morales, Y., Santelices, R., & Gajardo, J. (Julio de 2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile) mediante fotointerpretación y sig. 524. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf?cf11052>
- Mena, M., Wong, P., & Jimenez, E. (2015). Diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del río California-Valdivia. *Espol*.

- Mestanza, J. (2014). La isla Santay Área Nacional de Recreación. *El Comercio*, págs. 05-07.
- Montes, C., Rendón, M., Varela, L., & Cappa, M. (2007). *Manual de restauración de humedales mediterráneos*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Mostacero, O. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/311595844/Cobertura-Vegetal>
- Odum, E. (1986). *Fundamentos de ecología*. (R. Mata, Trad.) Obtenido de <http://recursosbiologicos.eia.edu.co/ecologia/documentos/sucesionecologica.htm>
- Ojeda, J., Fernández, C., Moreira, J., & Sánchez, E. (2000). *Programa de seguimiento de la calidad y dinámica del espacio marino y litoral a través de imágenes de satélite (Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. España: Revista de teledetección*.
- Palacios Bermúdez, E. (2015). *Análisis Multitemporal de los cambios de la cobertura en la zona pacífico norte del departamento del Chocó 1990-2014*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Peña, K. (2010). Propuesta De Un Plan De Protección De Cuencas Mediante El Enfoque De Planificación Comunitaria Participativa: Sub-Cuenca De La Quebrada La Muñoz, Municipio Santos Marquina Del Estado Mérida - Venezuela. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0687-C1.HTM>
- Pinos, N. (2016). Propesctiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial- Caso cantón Cuenca. *Dialnet plus*, 7-19.

Randell, J. (2008). Obtenido de

http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfDQ006_3a_parte.pdf

Ricrouz, R. (2005). *Fotografía Aérea*. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile.

Rojas, S. (Octubre de 2011). *Evaluación de metodologías para procesamiento de imágenes satelitales para identificación de cambios de uso de suelo*. Sangolqui: Escuela Politecnica del Ejercito.

Saavedra, M., & Carrera, G. (s.f.). *Desarrollo de la actividad apícola para la comunidad San Jacinto de Santay. Sitio Ramsar N° 1041*. Guayaquil: Escuela Politecnica del Litoral.

Vázquez, R. (2015). *Metodología para ajustar clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales, una contribución a la conservación del gorrión serrano*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Villarreal, D., Castro, M., & González, M. (2012). Evaluación de la efectividad de la Reserva Parque Luro como herramienta de conservación del Caldenal pampeano: cambios en la cobertura vegetal a nivel de paisaje entre 1960 y 2004. *Ecología austral*, Vol. 22.

Villegas, R., & Muñoz, C. (2011). *Tasa de cambio de uso del suelo en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México en el periodo 2003–2011*. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C.

Walker, L. (2005). Margalef y la sucesión ecológica. *Revista Ecosistemas*, 66-78.

World Vision. (s.f.). *Manual de Manejo de Cuencas*. Recuperado el 02 de Enero de 2017, de

<http://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>

Zambrano, E. (2015). Plan estratégico para la restauración Forestal de Ecosistemas Terrestres Húmedos en la provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil*, 45-80.

ANEXOS

Tablas

Tabla 16. Ubicación Geográfica de la Isla Santay

	LONGITUD	LATITUD	REFERENCIA
NW	79°52'17,4"	2°10'41,6"	Prominencia rocosa del cerro Santa Ana
NE	79°51'19,0"	2°11'05,9"	La Puntilla
SW	79°51'48,4"	2°15'23,6"	Desembocadura del estero de las esclusas
SE	79°49'31,4"	2°16'02,5"	Desembocadura de Estero Canta Gallo

Ministerio del Ambiente, 2016

Tabla 17. Cadencia de actualización para estudios multitemporales

Fenómeno	Periodo de Observación Recomendable
Dinámica atmosférica	15-30 minutos
Seguimiento de desastres	2-24 horas
Evaluación de desastres	1-7 días
Predicción de Cosechas	2-3 meses
Análisis de la deforestación	1-3 años
Actualización de mapas de cobertura	3-5 años
Dinámica urbana	5-7 años
Actualización de datos topográficos	10-20 años

Chuvieco, 2002

Tabla 18. Diferencia entre estado pionero y estado clímax de un bosque

Características	Estado pionero	Estado clímax
Distribución geográfica	Amplia	Estrecha (endemismo)
Número de estratos	Pocos, bien definidos	Muchos
Densidad del sotobosque	Alta	Baja
Copas del dosel	Uniforme	Variable
Requerimientos de luz	Heliófitas	Tolerantes
Distribución por edades	Coetáneos	Disetáneos
Tamaño de las plantas	Pequeño	Grande
Diversidad de especies	Baja	Alta
Estructura trófica	Mayores productores	Mezcla de productores, consumidores y descomponedores
Nichos ecológicos	Pocos	Muchos
Eficiencia en el reciclaje	Baja	Alta
Tamaño de semillas	Pequeñas	Grandes
Número de semillas	Alto	Bajo
Agentes de dispersión	Viento, aves	Gravedad, mamíferos
Biomasa	Naja	Alta
Crecimiento	Rápido	Bajo
Dureza de la madera	Baja	Alta
Lianas	Abundantes, herbáceas	Escasas, Leñosas
Epifitas	Escasas	Abundantes

Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2014

Tabla 19. Presupuesto

Cant.	Descripción	c/u (dólares)	Total (dólares)
1	Cámara digital	400,00	400,00
1	Impresora	250,00	250,00
1	Laptop	900,00	900,00
1	GPS	400,00	400,00
16	Fotografías aéreas	25,00	400,00
	Imágenes Satelitales	Google Earth	Google Earth
5	Resmas de hojas papel bond	4,00	20,00
10	Útiles de Oficina	1,00	10,00
10	Acetato	0,50	5,00
50	Servicio de internet	1,00	50,00
15	Alimentación	10,00	150,00
15	Transporte	20,00	300,00
-	Varios	-	200,00
Total			

Lara, 2017

Tabla 20. Coordenadas de trabajo de campo

N°	S	W	ALTURA (m)	Observación
1	02°12'51.1"	079°50'53.5"	6	Bosque manglar denso
2	02°12'41.3"	079°50'56.5"	8	Bosque abierto disperso
3	02°12'0.71"	079°51'09.0"	5	Vegetación herbácea
4	02°13.536'	079°52.059'	8	Bosque con alta densidad de palmas
5	02°13.525'	079°52.039'	7	
6	02°10.243'	079°36.046'	8	Bosque con baja densidad de palmas
7	02°10.236'	079°36.078'	6	

Lara, 2017

Figuras

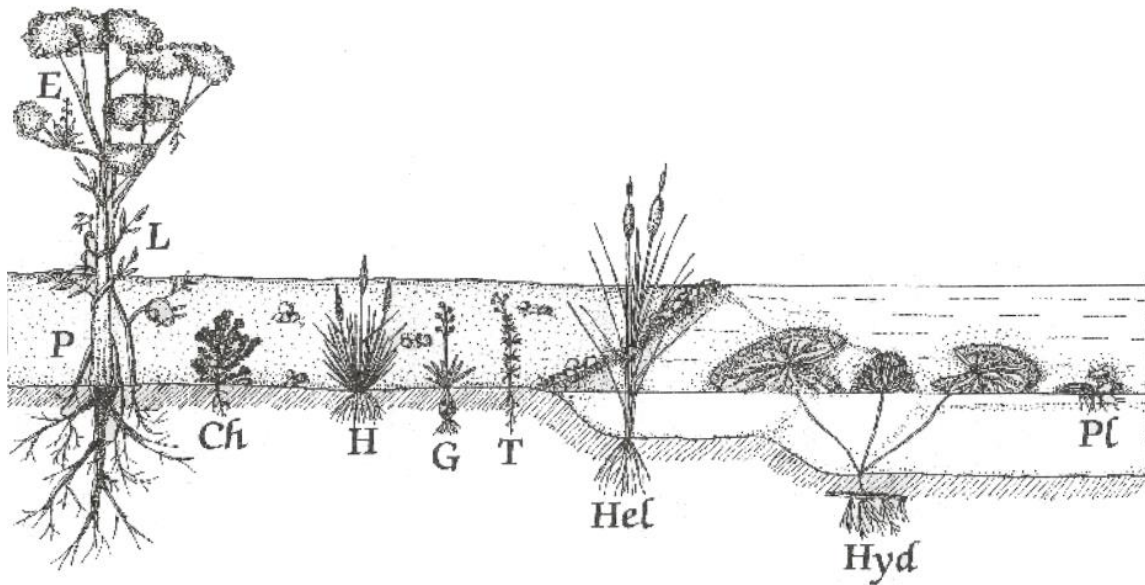


Figura 9. Formas de Vida
Alcaraz, 2013

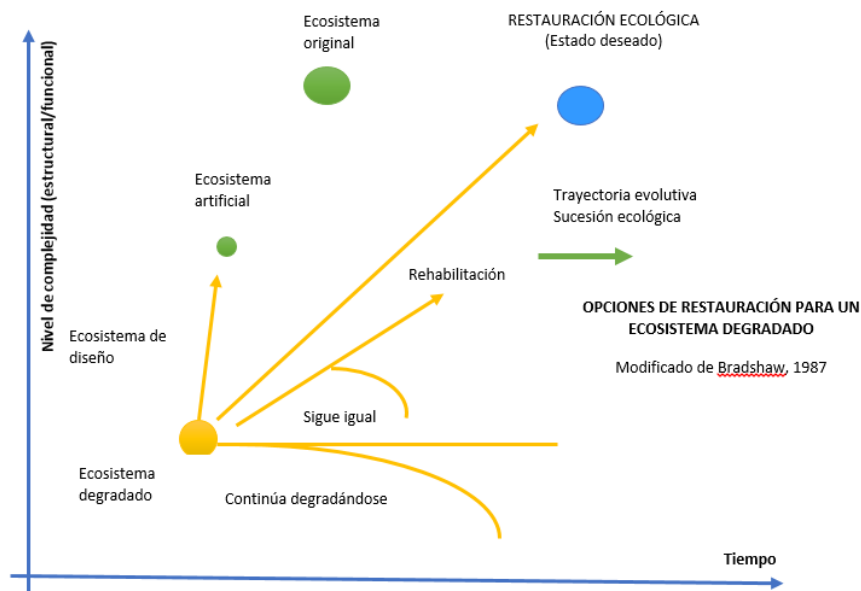


Figura 10. Diferentes vías de un proceso de restauración de un humedal
Montes, Rendón, Varela, & Cappa, 2007



Figura 11. Área de Estudio
Google Earth, 2017

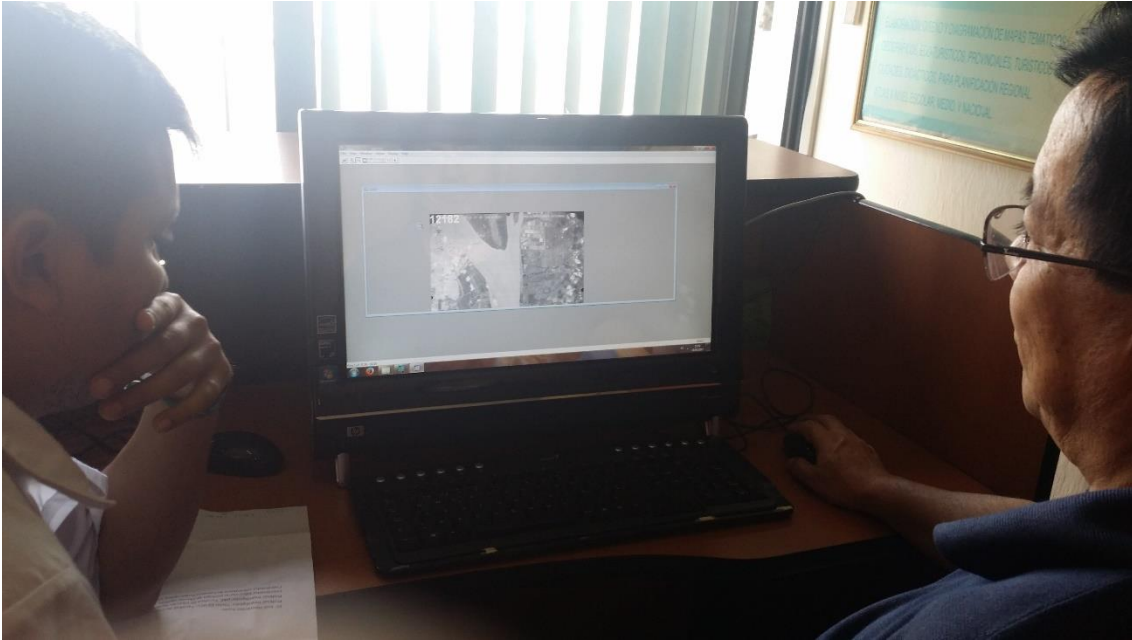


Figura 12. Selección de Fotografías Aéreas
Lara, 2017

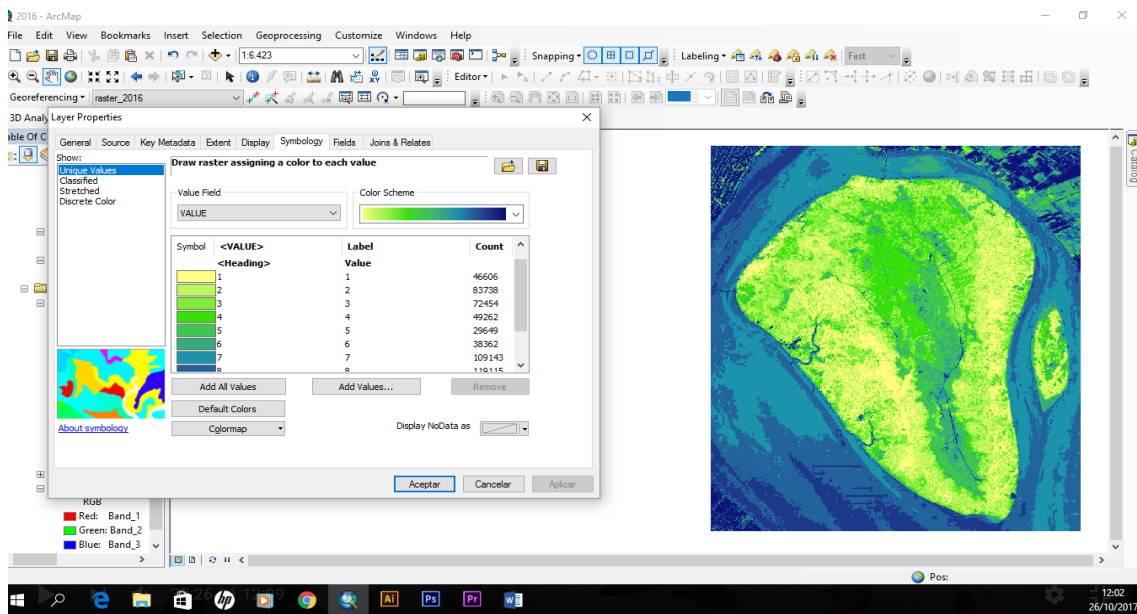


Figura 13. Clasificación No supervisada
Lara, 2017



Figura 14. Evidencia de Formas de vida
Lara, 2017

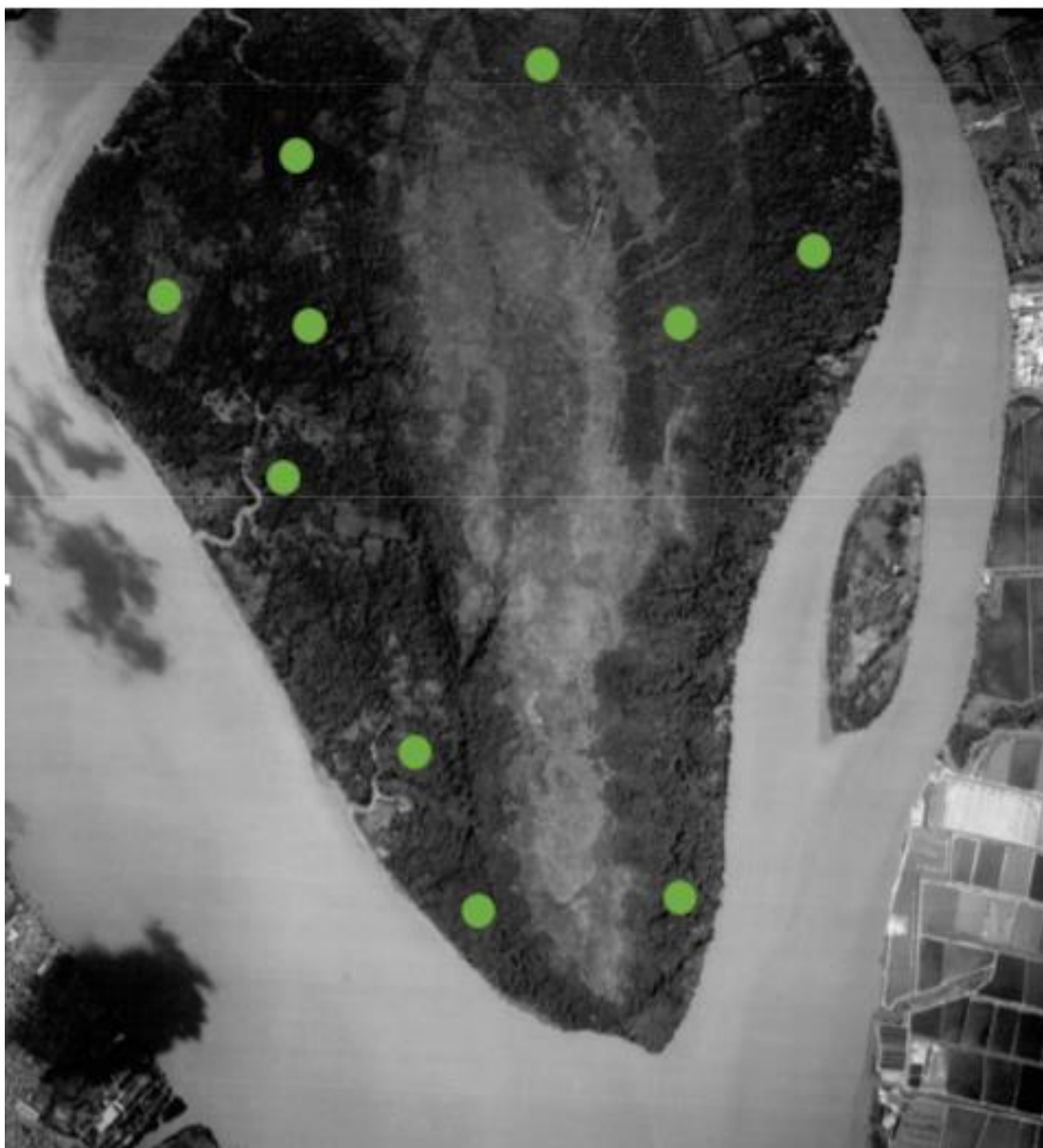


Figura 15. Puntos de la isla Santay
Lara, 2017

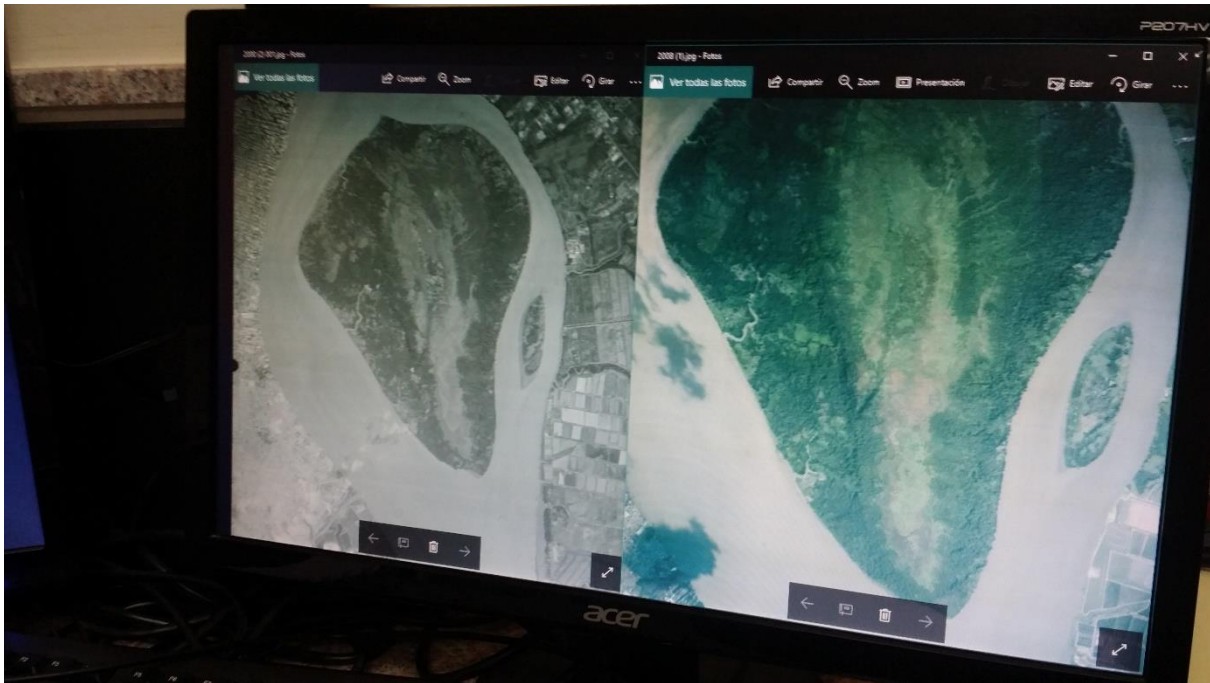


Figura 16. Comparación de fotografías aéreas
Lara, 2017



Figura 17. Toma de coordenadas
Lara, 2017