



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**Análisis multitemporal del cambio de
cobertura vegetal y usos del suelo mediante
herramientas SIG y Teledetección en la
Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH),
1996-2019.**

**PREVIO A LA OBTENCION DE TÍTULO DE LICENCIADA
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTORA

BETSY GUADALUPE AVILA OSPINA

ASESOR

MSC. JAIME SAYAGO HEREDIA

ESMERALDAS - 2021

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

Presidente Tribunal de Graduación

PhD. Jon Molinero Ortiz

Lector 1

Mgt. Mérida Ortiz Castro

Lector 2

Directora de la Escuela de Gestión Ambiental

M.gt. Karla Solís Charcopa

Director de Tesis

MSC. Jaime Sayago Heredia

Esmeraldas,.....de.....de 2021

Autoría

Yo, Betsy Guadalupe Avila Ospina, declaro que la presente investigación titulada: “**Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y usos del suelo mediante herramientas SIG y Teledetección en la Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH), 1996-2019.**” es absolutamente original, auténtica y personal.

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

Betsy Guadalupe Avila Ospina
Ci: 0850935420

Dedicatoria

A mi madre Betsy Ospina, mis hermanos Esluve y Abel, que sin la ayuda, el esfuerzo y el apoyo incondicional de ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta tan anhelada. A mi padre, Abel Avila que de alguna u otra forma ha contribuido para poder alcanzar este logro.

A mi familia, Olga Caicedo, Olga Sánchez, Benny Sánchez, David Montaña, Dennys Cabrera y demás miembros leales que siempre estuvieron a mi lado festejando mis logros, el cual también les pertenece a ustedes.

A mis amigos, Joselyn Quiñonez, Nathaly Mera, Mercedes Prado, Amanda Vallecilla, Guillermo Prado, Stefany Castro, Pablo Valencia, Diana Caicedo, Karwin Arcos, Danilo y Darwin, y demás, que siempre estuvieron conmigo en los momentos más difíciles, apoyándome y dándome aliento para seguir adelante en esta etapa de mi vida.

Mis más sinceros agradecimientos al profesor MSC. Jaime Sayago Heredia por brindarme esta gran oportunidad de ser asesorada por el en este proyecto de investigación, y por su esfuerzo, dedicación, paciencia y preocupación a la hora de guiarme e impartirme conocimientos claves para la realización de este trabajo.

Al profesor PhD. Ignacio Carazo Ortega por su asesoría, dedicación y preocupación, por compartir sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario para poder realizar este trabajo.

A los que me brindaron un voto de confianza, quedo infinitamente agradecida.

Índice de contenidos

Abreviaturas	5
Listado de figuras	6
Listado de tablas	7
Resumen	8
Abstract	9
1. Capítulo I: Introducción	10
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Justificación.....	11
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo General	12
1.3.2. Objetivos Específicos	12
2. Capítulo II: Marco teórico	13
2.1. Bases teórico-científicas	13
2.1.1. Análisis multitemporal	13
2.1.2. Área protegida.....	13
2.1.3. Cobertura y usos del suelo	13
2.1.4. Imagen satelital	14
2.1.5. LANSAT	15
2.1.6. Recursos Naturales	15
2.1.7. Sensores Remotos	15
2.1.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	17
2.1.9. Teledetección	18
2.2. Antecedentes	19
2.3. Marco legal.....	20
3. Capítulo III: Metodología	22
4. Capítulo IV: Resultados	29
5. Capítulo V: Discusión	40
6. Capítulo VI: Conclusión	46
7. Capítulo VII: Recomendaciones	47
8. BIBLIOGRAFIA	48

Abreviaturas

CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

MAAE: Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador

REMACH: Reserva Ecológica Mache Chindul

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

TAC: Tasa Anual de Cambio

USGS: Servicio Geológico de Estados Unidos

Listado de figuras

Figura 1 Espectro electromagnético (9).	16
Figura 2 Componentes de la teledetección(13).	18
Figura 3 Ubicación geográfica de la Reserva ecológica Mache Chindul. Elaborada por el autor.	22
Figura 4 Esquema metodológico propuesto por Chuvieco en el 2002 (13), adaptado de Molina & Albarran, 2013 (26).	23
Figura 5 Ecuación adaptada del coeficiente Kappa (5)(29).....	25
Figura 6 Ecuación de tasa de cambio anual (1) (4).	26
Figura 7 Ecuación métrica de área(4) (26).	26
Figura 8 Ecuación métrica de borde(4)(26).	27
Figura 9 Ecuación shape index (4,26).	27
Figura 10 Ecuación dimensión fractal(4,26).	28
Figura 11 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 1996. .30	
Figura 12 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2002. .31	
Figura 13 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2008. .32	
Figura 14 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2014. .33	
Figura 15 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2019. .34	
Figura 16 Superposición de imágenes entre el año 1996-2002.	35
Figura 17 Superposición de imágenes entre el año 2002-2008.	36
Figura 18 Superposición de imágenes entre el año 2008-2014.	37
Figura 19 Superposición de imágenes entre el año 2014-2019.	38

Listado de tablas

Tabla 1 Interpretación del coeficiente Kappa (32)(31).....	25
Tabla 2 Interpretación de índice de diversidad que valora la heterogeneidad, a partir de la diversidad de fragmentos (28,34).....	28
Tabla 3 Identificación, categorización y cuantificación de usos de suelo en REMACH.	29
Tabla 4 Tabla general de resultados según el esquema metodológico de la (Figura 4).	29
Tabla 5 Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal (TAC).....	39
Tabla 6. Análisis estructural de las coberturas	39

Resumen

El siguiente estudio presenta el análisis multitemporal en los usos de suelo y cobertura vegetal, desarrollados en la Reserva Ecológica Mache Chindul aplicando herramientas (SIG). Los cambios en los del suelo y la cobertura vegetal fueron analizados mediante el método de clasificación supervisada con datos obtenidos de repositorio MAAE, con las fechas de 1996, 2002, 2008, 2014 y 2019, finalmente se aplicó la ecuación de la Tasa Anual de Cambio (TAC). Esta ecuación permitió conocer las fluctuaciones presentes en la cobertura vegetal y los usos del suelo en el periodo anteriormente mencionado. Se obtuvo una reducción anual de 1,8% en la superficie del bosque nativo en comparación de las dos primeras imágenes entre 1996-2002, luego en la comparación entre 2000-2008 arrojó una pérdida de superficie anual de 1.47% del bosque nativo, posteriormente en la comparación entre 2008-2014 arrojó una pérdida de superficie anual de 0.55% del bosque nativo, por último, en la comparación entre 2014-2019 vuelve a registrarse una pérdida de la superficie del bosque nativo en 0.86% por año. Los análisis del conjunto de mapas en este estudio, muestran variaciones en los diferentes usos de suelo y cobertura vegetal en los diferentes periodos. Estos cambios son atribuidos a diferentes actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería, que consecuentemente dio paso a al desarrollo de pastizales, cultivos anuales, permanentes y semipermanentes como el cacao y la palma africana, y al desarrollo urbano.

Palabras claves: reserva ecológica, sistemas de información geográfica, clasificación supervisada, cobertura vegetal, análisis multitemporal.

Abstract

The following study presents the multitemporal analysis of land use and vegetation cover, developed in the Mache Chindul Ecological Reserve using tools (GIS). The changes in soil and vegetation cover were analyzed using the supervised classification method with data obtained from the MAAE repository, with the dates of 1996, 2002, 2008, 2014 and 2019, finally the equation of the Annual Rate of Change was applied. (TAC). This equation allowed to know the fluctuations present in the vegetation cover and the land uses in the aforementioned period. An annual reduction of 1.8% was obtained in the surface of the native forest compared to the first two images between 1996-2002, then in the comparison between 2000-2008 it showed an annual loss of 1.47% of the native forest, later In the comparison between 2008-2014, it showed an annual loss of surface area of 0.55% of the native forest, finally, in the comparison between 2014-2019, a loss of the surface of the native forest was once again registered at 0.86% per year. The analyzes of the set of maps in this study show variations in the different land uses and vegetation cover in the different periods. These changes are attributed to different anthropic activities such as agriculture and livestock, which consequently gave way to the development of pastures, annual, permanent and semi-permanent crops such as cocoa and African palm, and urban development.

Keywords: ecological reserve, geographic information systems, supervised classification, vegetation cover, multi-season analysis.

1. Capítulo I: Introducción

El estudio de los usos del suelo requiere la utilización de herramientas precisas y consistentes tal como son los SIG o sensores remotos, que permiten cuantificar eficazmente los cambios ocurridos en el territorio (1). El uso de herramientas SIG fueron aceptadas a partir de 1940 mediante el uso de imágenes satelitales. Los cambios de uso del suelo generalmente se miden a partir de los cambios de cobertura vegetal y no vegetal del territorio en base a fotografías aéreas o imágenes satelitales (2).

Originalmente, el occidente ecuatoriano poseía alrededor de 89mil Km² de los cuales solo queda un 6%, a inicios de los 90's. El área de estudio cubre apenas el 17% del área (154.537ha) y las últimas décadas la destrucción de estos importantes remanentes ha sido acelerada por razones como la urbanización, creación de vías o deforestación para comercio, entre otras (3).

La REMACH es pertenece al SNAP, que a su vez se encuentra en el Corredor de Conservación Choco Manabí. El hots spot Choco-Darién-Ecuador es una de las zonas más biodiversas en el planeta. Esta región protege los remanentes de los bosques húmedos y secos tropicales; una gran variedad endémica de flora y fauna, actualmente en peligro extinción y nacionalidades indígenas como los Chachis, loas Afro ecuatorianos y colonos, además se encuentra la Laguna de Cube, de importancia RAMSAR perteneciente al ecosistema lenticó (3).

La comprensión de las causas del cambio de uso del suelo dependerá de los factores ambientales y socioeconómicos que afecten el mismo(4). El presente estudio fue realizado en la Reserva Ecológica Mache Chindul con el fin de analizar los cambios de usos del suelo mediante SIG y teledetección. Para esto se utilizaron metadatos obtenidos del repositorio MAAE.

1.1. Planteamiento del problema

Los cambios de usos de suelos se definen como la transformación de la cobertura vegetal original en otros usos tales como: la agricultura, ganadería, urbanización, entre otros. Estos cambios existen por factores medioambientales, crecimientos poblacionales, económicos y socioculturales. En consecuencia, llegan a provocar deterioro ambiental a más de pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos(1).

Se señalan diferentes procesos responsables de los cambios del uso del suelo en Ecuador entre los cuales destacan el aumento de actividades agrícolas y ganadera o el asentamiento acelerado y desordenado de áreas urbanas a más de la presión que estas acciones ejercen sobre el territorio han convertido suelo rural en urbano, perdiendo la función socio ambiental del suelo(5).

Actualmente en la Reserva Ecológica Mache Chindul de carácter natural estricta, cuenta con remanentes del bosque húmedo y seco tropical ubicados en la región del Choco, a más de un amplio grupo de anfibios por los microhábitats a lo largo de la cordillera, aves y mamíferos. No obstante, en la reserva y sus alrededores se observan cultivos de pasto para ganado u otros cultivos agrícolas como la caña de azúcar y la principal actividad de sustento económico es la actividad forestal a más de los asentamientos urbanos(6).

Por tal motivo, se decidió realizar una investigación que diera a conocer las variaciones de usos del suelo de la Reserva Ecológica Mache Chindul y comprobar si los esfuerzos de conservación son suficientes.

1.2. Justificación

El suelo ha sido el abrigo y sustento de animales y plantas a lo largo del tiempo, esta interrelación generó biodiversidad y recursos naturales que son de gran importancia para el ser humano, puesto a que contribuye directamente en su estabilidad, bienestar y calidad de vida(7). El uso del suelo, a lo largo del tiempo ha sido modificado, afectando principalmente a bosques y selvas(6). Teniendo en cuenta que la REMACH presenta espacios de bosque, donde se realizan diferentes actividades se seleccionó el uso de herramientas SIG y Teledetección puesto a que nos permiten conocer los diferentes usos del suelo a lo largo del

tiempo a más de la ubicación y cuantificación de áreas con tendencias a posibles procesos de deforestación, degradación del área u otros procesos consecuentes de la fluctuación o alteración en los usos del suelo(8).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar el cambio de cobertura vegetal y usos de suelo de la Reserva Ecológica Mache Chindul en el periodo 1996- 2019 utilizando herramientas SIG y Teledetección.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar la cobertura vegetal y los usos del suelo para realizar una clasificación supervisada, mediante Teledetección.
- Generar los mapas temáticos de la REMACH correspondientes a las imágenes analizadas.
- Realizar el análisis de los cambios registrados en la cobertura vegetal y uso del suelo en la REMACH, mediante técnicas SIG y revisión bibliográfica.
- Determinar mediante gráficos los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo de la REMACH en el periodo 1996-2019.

2. Capítulo II: Marco teórico

2.1. Bases teórico-científicas

En la presente investigación se realizan varios procedimientos técnicos relacionados con SIG y teledetección, consecuentemente muchos de los términos utilizados pueden resultar desconocidos, por ello a continuación se detallan los principales a fin de facilitar la comprensión del presente trabajo:

2.1.1. Análisis multitemporal

Hace referencia a una metodología donde generalmente se utilizan sensores remotos con el fin de identificar, describir, cuantificar y monitorear las oscilaciones en la cobertura vegetal y usos del suelo. Este análisis, permite comprender las condiciones del pasado y desarrollar proyecciones en un contexto de cambio global. Además, se realiza a partir de imágenes satelitales y como resultado se obtiene el levantamiento cartográfico de mapas temáticos sobre cobertura vegetal y usos del suelo en el periodo de imágenes seleccionada(9).

2.1.2. Área protegida

Se denomina área protegida al espacio geográfico definido esencial para la subsistencia y defensa de la diversidad biológica, con la finalidad de mantener el equilibrio de los ecosistemas a más de actuar como albergue de diversidad de especies mientras se contribuye al desarrollo sustentable y sostenible(10).

2.1.3. Cobertura y usos del suelo

Los ecosistemas se constituyen por variables visibles o fenosistemas y variables no visibles o criptosistemas. La caracterización de los diferentes tipos de ecosistemas se realiza mediante aspectos del fenosistema que comprende a la geoforma y recubrimiento de la superficie o cobertura terrestre(11).

La cobertura terrestre posee dos concepciones: cobertura y uso del suelo. El primer concepto hace referencia al espacio que ocupa la vegetación dentro de un ecosistema determinado, donde se cumplen diferentes funciones, tales como: refugio para la diversidad biológica, evitar la erosión del suelo, entre otras funciones esenciales para mantener un equilibrio ecológico (10). Mientras que el

segundo concepto Hace referencia al resultado de las actividades socioeconómicas desarrolladas sobre el territorio (2).

2.1.4. Imagen satelital

Se define como la representación visual de la información satelital obtenida de los sensores remotos(6). Es la representación visual de la información satelital obtenida de los sensores remotos(6). El producto más común es una imagen de tipo ráster pixelada, donde cada uno posee un nivel o numero digital proporcional a la energía electromagnética que detecta el sensor (12). A partir de esto, se obtienen cuatro tipos de imágenes:

2.1.4.1. Imagen multiespectral

Asocia varios valores numéricos a cada pixel en función a las bandas espectrales que el sensor sea capaz de detectar. Además, existen imágenes denominadas hiperespectrales que se caracterizan por poseer mucha información en un gran número de bandas (12).

Es la representación visual de la información satelital obtenida de los sensores remotos(6). El producto más común es una imagen de tipo ráster pixelada, donde cada uno posee un nivel o numero digital proporcional a la energía electromagnética que detecta el sensor (12). A partir de esto, se obtienen cuatro tipos de imágenes:

2.1.4.2. Imagen multiespectral

Asocia varios valores numéricos a cada pixel en función a las bandas espectrales que el sensor sea capaz de detectar. Además, existen imágenes denominadas hiperespectrales que se caracterizan por poseer mucha información en un gran número de bandas (12).

2.1.4.3. Imagen pancromática

Se representa en una escala de grises. Posee una sola banda espectral de mayor resolución espacial que las bandas multiespectrales (12).

2.1.4.4. Imagen fusionada

Es la combinación entre una imagen pancromática y multiespectral. No obstante, solo se la puede utilizar para interpretación visual puesto a que modifica la información espacial original que capta el sensor a través de los algoritmos utilizados en los análisis espectrales(12).

2.1.4.5. Imagen estéreo

Supone la misma zona capturadas en diferentes ángulos, generalmente se los ocupa para generar DEM(12).

2.1.5. LANSAT

Se considera como una serie de satélites de observación. El satélite LANDSAT 7, fue lanzado en 1999, además lleva el sensor denominado ETM+ (6).

El satélite LANSAD, dirigido por el USGS de USA y la NASA, orbita a 705 km y escanea toda la superficie terrestre en 16 días dando 232 orbitas al planeta. Su sensor ETM+ capta información distribuida en 6 bandas espectrales, la resolución espacial es de 30 m/pixel, además posee un canal pancromático de 15 m/pixel que permite la realización de imágenes fusionadas. En consecuencia, permite usar las imágenes para diferentes estudios geológicos o de vegetación. Además, a diario toma 250 escenas con una 40% o menos de nubes con un tamaño de 172,8x183km(12).

2.1.6. Recursos Naturales

Bienes de la naturaleza que garantiza la supervivencia del hombre en la Tierra, se los divide en recursos renovables tales como el agua, aire, fauna, bosques. Mientras que los recursos no renovables comprende al gas, petróleo, minas, etc.(9).

2.1.7. Sensores Remotos

Suponen un conjunto de sistemas de detección y medida a distancia, generalmente empleados desde satélites. Se agrupan en dos subdivisiones: activos o pasivos. Permiten obtener información hidrológica, meteorológica, oceanográfica, ocupacional, etc. de la superficie terrestre (13).

Un ejemplo de sensor remoto es el ojo humano puesto a que puede percibir una de las muchas formas de radiación electromagnética presente en el espectro magnético, el visible (**Figura 1**) (12).

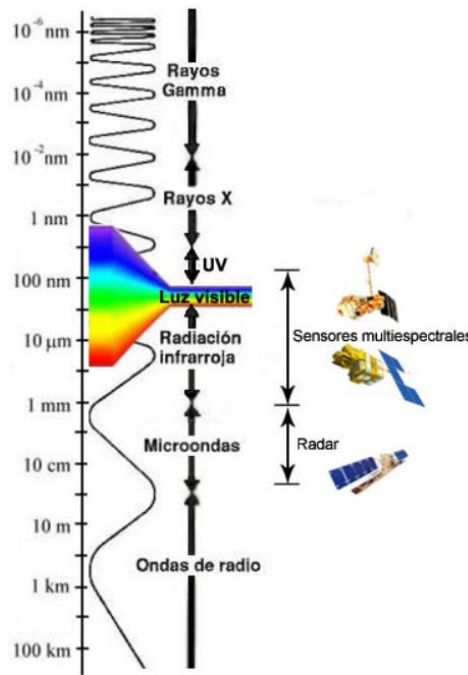


Figura 1 Espectro electromagnético (12).

Así mismo, existen otras formas de radiación electromagnéticas como las ondas de radio, rayos UV, rayos X, etc. En este ámbito, normalmente se caracterizan en base a la longitud de la onda en nanómetros (nm) o micrómetros (μm) o por la posición que ocupa dentro del espectro electromagnético (**Figura 1**) (12).

Los sensores que se encuentran en los satélites tienen la capacidad de procesar radiaciones no visibles del espectro electromagnético. Para la observación remota de la Tierra se consideran las siguientes regiones espectrales:

Espectro visible: Perceptible al ojo humano. Subdividido en 3 bandas R,G,B. Rango de 0.4-0.7 μm (14).

2.1.7.1. Infrarrojo cercano

Energía solar que reflejan los cuerpos. También llamado IR fotográfico o reflejado. Rango de 0.7-1.1 μm (14).

2.1.7.2. Infrarrojo medio.

Aprovechado para medir concentraciones de aerosoles, ozono, vapor de agua, etc. Mezcla entre radiación solar y emisión. Rango de 1.1-8 μm (14).

2.1.7.3. Infrarrojo térmico.

Sus imágenes están disponibles a cualquier hora del día. Mide las radiaciones emitidas por el propio cuerpo. Rango de 8-14 μm (14).

2.1.7.4. Microondas.

Se pueden utilizar sensores activos. Sus imágenes tienen perturbaciones atmosféricas menores y es transparente a las nubes. Rango desde 1mm a 1m (14).

2.1.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La definición de un SIG es complejo y supone un reto puesto a que permite la realización de muchas operaciones como: gestión, lectura, edición y almacenamiento de datos espaciales; análisis sencillos y complejos de estos datos y la generación de resultados como informes mapas, etc. Por tales aspectos, se han generado varias definiciones, hay quienes que conciben un SIG como elemento para analizar, presentar e interpretar momentos o actividades relacionados a la superficie terrestre (15).

Otros conciben a un SIG como un sistema de base de datos que desarrollan aptitudes precisas para el procesamiento de datos georreferenciados o en cierta forma lo toman como un mapa de orden superior. Sin embargo, los SIG van más allá de los mapas, sus conceptos no son equiparables y daría un concepto muy simplista e incompleto al término SIG, puesto a que un mapa solo representa un conjunto de datos espaciales mientras que en un sistema SIG conforma un elemento de una serie de componentes(15).

También se los puede definir como un conjunto integrado de técnicas y herramientas para la captura, almacenamiento, manipulación, análisis y visualización relacionados con naturaleza geográfica. Además, permite preparar, presentar e interpretar hechos que tienen lugar en la superficie terrestre(9).

No obstante, la definición más completa es concebir a un SIG como un sistema integrador compuesto de datos espaciales, personas, distintas disciplinas y

tecnología informática que tiene la finalidad de analizar, almacenar, representar, editar y capturar datos georreferenciados(15).

2.1.9. Teledetección

Hace referencia a la técnica o sistemas de obtención de información sobre un área u objeto a través del análisis de datos obtenidos de satélites o plataformas aerotransportadas (9).

Un sistema de teledetección incluye los siguientes componentes:

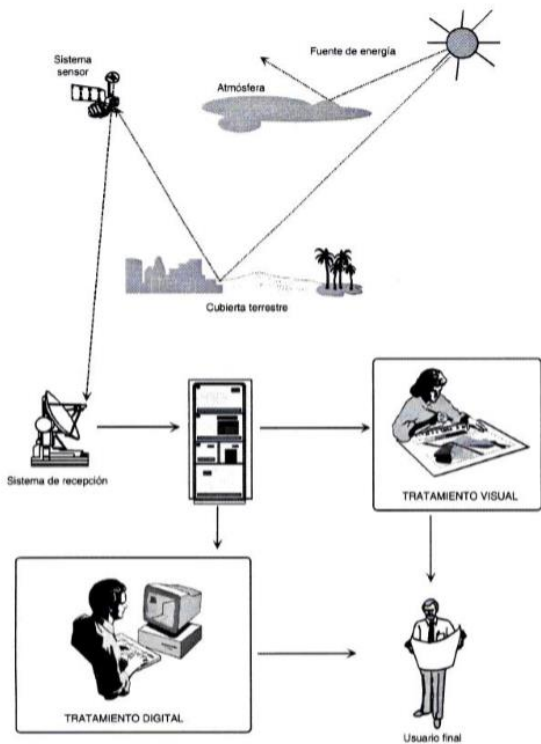


Figura 2 Componentes de la teledetección(16).

Fuente de energía, hace referencia al origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor, normalmente es el sol. La cubierta terrestre, supone a las distintas masas de vegetación, asentamientos humanos, cuerpos de agua o suelo. Sensores, capta la energía de la superficie terrestre, luego la codifican, y por último la envían al sistema receptor. Mientras que, el sistema de recepción-comercialización, se encarga de recibir la información emitida por el sensor, corrige y distribuye al intérprete. Intérprete, facilita la evaluación del problema mediante la conversión de datos en información temática. Usuario final, analiza la información (**Figura 2**) (16).

2.2. Antecedentes

Los bosques son de gran importancia para la humanidad por los bienes y servicios que brindan tales como la mitigación al cambio climático, albergue de biodiversidad, conservación del suelo, alimento para la población (17). En La región biogeográfica del Choco, que posee una superficie que se extiende desde la costa del Pacífico al sur de Panamá hasta el norte de Ecuador, además se considerada como Hot spot, y constituye una zona de conservación forestal (18).

Las áreas boscosas del Corredor de Conservación Chocó-Manabí representan alrededor del 50% del área total, no obstante, la provisión de bienes y servicios se ve afectada por los procesos de deforestación y transformación que generan la degradación y fragmentación de los diferentes sistemas ecológicos, incluidos sus nichos y hábitats (19).

El Corredor Choco-Manabí es de importancia investigativa, por lo cual se han realizado estudios relacionados a la deforestación utilizando sensores remotos en el periodo 1989-2002 con el fin de analizar los cambios de cobertura vegetal a escala regional (19). También hay registro de estudios con naturaleza similar de la presente investigación en el Choco, zona Pacifico norte utilizando herramientas SIG para el análisis multitemporal de las coberturas durante el periodo de 1990 -2012 (20). Asimismo, existe registros de estudios sobre la dinámica de los cambios en la cobertura forestal y suelo intervenido de las Comunidades del Territorio Awá utilizando imágenes Lansat en el periodo 1986, 200 y 2011 mediante la clasificación o supervisada y herramientas de Teledetección (Combinación de bandas 543) (6).

Además, la Reserva Ecológica Mache Chindul que compone una parte importante del corredor presenta un reporte de cambios de la cobertura boscosas en el periodo 1998-2004, donde se cuantifico la deforestación mediante clasificación supervisada y herramientas de percepción remota, tales como: algebra de mapas, geoprocenos y el análisis del geomodelo digital de elevación(7).

2.3. Marco legal

En contexto general, se tomara las acciones legislativas por el Estado ecuatoriano en cuanto a la declaración de áreas protegidas.

Según la constitución del Ecuador 2008(21), según el art. 405 y 406, el SNAP debe garantizar la protección de las áreas protegidas mediante la asignación de los recursos necesarios, además de incluir y promover la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente y previo al proceso de legalización de las áreas protegidas en su administración y gestión, no obstante no se podrá adquirir título de propiedad o concesiones, normativa que concuerda con el art.- 48 - 50 del COA. Además de garantizar la regulación, defensa, protección, cumplimiento de acciones que promuevan el manejo, desarrollo y uso sustentable, a más de la recuperación de áreas degradadas, y demás limitaciones correspondientes a la gestión de los ecosistemas frágiles. Lo cual esta concatenado con el área de estudio puesto a que forma parte del SNAP y dentro de su jurisdicción se encuentra un ecosistema amenazado.

Por otro lado, el art.- 407 de la constitución dicta que dentro de estas áreas, las actividades extractivas de recursos no renovables incluyendo la actividad forestal presente en el área de estudio de este estudio.

En el ámbito ambiental específico, la normativa que rige las acciones en cuanto al ambiente es el COA y su reglamento, donde encontramos concordancia con principios expuestos en la constitución, tal como se expone en el art.- 5 literal 3 sobre la intangibilidad de las áreas protegidas.

También, el art.- 37 dicta que el SNAP garantizar la defensa, manejo, subsistencia y uso sostenible de la biodiversidad, lo cual coincide con el art.- 405 y 406 de la constitución. Sin embargo, los titulares de tierras dentro de un área protegida, antes de la declaratoria, mantendrán sus derechos sobre estas tierras, mientras se cumplan los artículos 405 y 406 de la constitución.

No obstante, según el art.- 49, si no se cumplen los criterios establecidos en la declaratoria, la Autoridad Ambiental Nacional podrá expropiar las tierras, pese a

ser de naturaleza pública o privada, mientras estén dentro de los límites del área protegida.

En cuanto a calidad de herramientas SIG y Teledetección, se consideran las normas internacionales ISO 19111 que hace referencia sólo a la referenciación espacial por coordenadas. Las coordenadas son inequívocas y esta norma describe los elementos que son necesarios para definir completamente varios tipos de sistemas de coordenadas y sistemas de referencia de coordenadas aplicables a la información geográfica además incluye campos opcionales para permitir la inclusión de información no esencial sobre sistemas de referencia de coordenadas(22).

También, se considera la norma ISO 19113 que trata de los principios de calidad con el fin de instaurar principios que describan la calidad de un conjunto de datos, además de informar sobre la misma. Por tanto tiene una gran importancia para los productores, que son los que deben generar esta información, pero también para los usuarios, que son los que han de decidir en función de ella. A más de contemplar la norma ISO 19114 que tiene en cuenta los procedimientos de evaluación de calidad, estableciendo para ello un proceso estándar que ha de cumplirse tanto si se dispone de especificaciones para la evaluación de la calidad como si no se dispone de ellas. Para esta norma la evaluación de la calidad consiste en la obtención de un(os) índice(s) de la calidad de un producto. Esta indicación podrá ser cuantitativa o no(23).

3. Capítulo III: Metodología

El alcance del presente proyecto de investigación será de tipo descriptivo utilizando la metodología propuesta por Cuvieco,2002(16). Para llevar a cabo los procedimientos de análisis SIG a continuación descritos. Además, se utilizará el software Arcgis 10.3(24)(25).

La REMACH se ubica en la Cordillera de la Costa norte al occidente del Ecuador en los cantones Quinindé, Muisne, Esmeraldas, Atacames y Pedernales, correspondientes a las provincias Esmeraldas y Manabí (7).

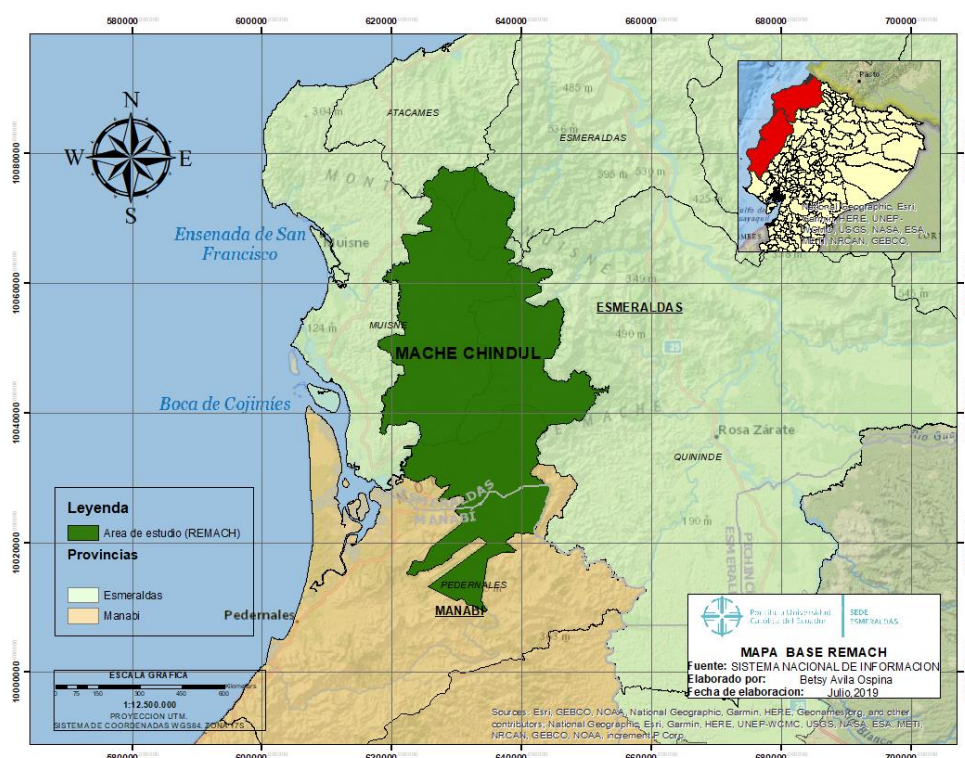


Figura 3 Ubicación geográfica de la Reserva ecológica Mache Chindul. Elaborada por el autor.

Se encuentra en la jurisdicción ecuatoriana, dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, por pertenecer al hot-spot Choco-Darién, tal que se encuentra protegido por el Corredor de Conservación Choco Manabí que se extiende desde Darién en Panamá hasta Tumbes en Perú (3).

Su extensión es de 121.376 ha de las cuales 84.666,36 ha le corresponde a la provincia verde (7), donde se protege los remanentes de bosques húmedos y secos tropicales del Ecuador, y la laguna de Cube, compuesta de dos

ecosistemas: el lentic y de humedal, a más de las nacionalidades Afro y Chachis (3).

Su relieve varía desde los 200 msnm en la parte occidental hasta los 800 msnm en las partes orientales (7). Posee suelos de tipo V, VI y VII por lo que la zona se caracteriza por no ser apta para uso agrícola (3). Lluve alrededor de nueve meses al año con un promedio anual de 2000 a 3000 mm (7).

El planteamiento metodológico (**Figura 2**), se basó en extraer información geográfica de la imagen, a más de utilizar metadatos geográficos de repositorios ambientales locales, con la finalidad de minimizar el trabajo de campo (26). No obstante, se realizará una salida a campo con el fin de reconocer el área de estudio y tomar coordenadas con un GPS, que permitirán verificar los puntos donde se localizan los diferentes usos del suelo y comprobar la tipificación de las firmas espectrales que arroja el software durante el geoproceso *Classify*, así mismo definir las áreas de entrenamiento o clases a utilizar en la clasificación supervisada(27).

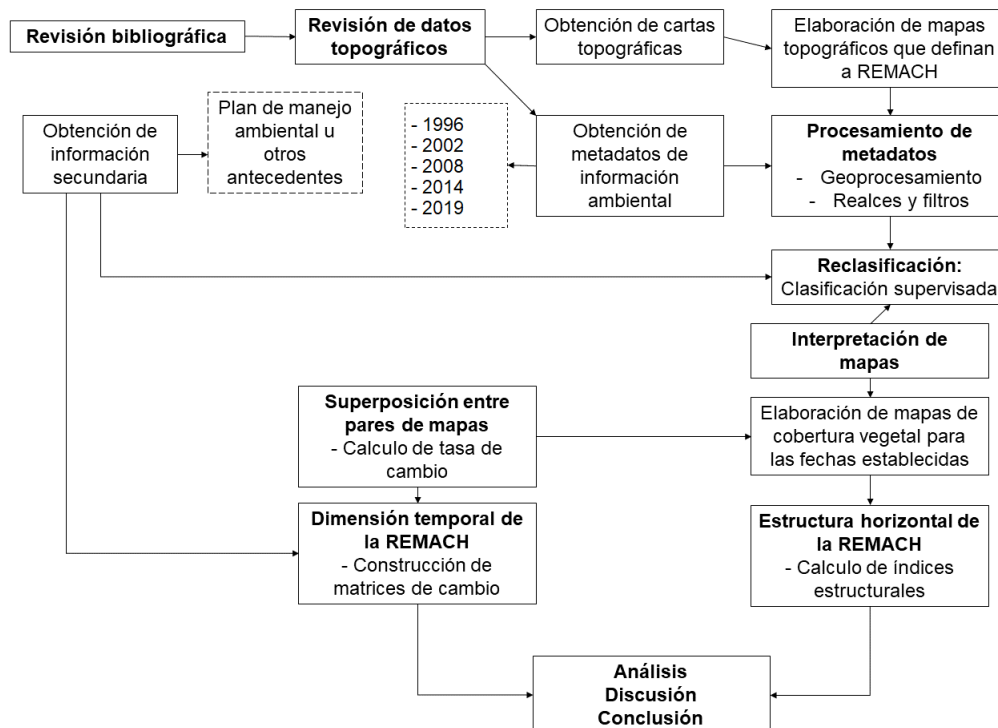


Figura 4 Esquema metodológico propuesto por Chuvieco en el 2002 (16), adaptado de Molina & Albarran, 2013 (28).

Con respecto a la recolección de datos u obtención de información primaria, se utilizó las bases de datos nacionales de información geográfica, tales como: Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE), Instituto Geográfico Militar (IGM) y el Sistema Nacional de Información (SNI). Además para la obtención de imágenes satelitales, se utilizó el Servicios WMS en Línea del MAAE (http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/wms?) y geo portal Earth Explorer de la USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

El análisis del cambio de cobertura vegetal y usos de suelo comprendió diferentes procedimientos, desde la identificación de variables responsables del cambio de cobertura hasta el procesamiento de las variables (13). Se determinó las coberturas y usos de suelo a partir de los datos obtenidos en el repositorio de datos geográficos del MAAE(29)(1).

Para la identificación de la cobertura vegetal y los usos del suelo se empleó los metadatos contenidos en el Sistema Único de Información Ambiental y las seis imágenes descargadas del servidor (<http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>) (30).

Con las imágenes procesadas obtenidas del satélite Lansat 7 +ETM orto rectificadas(7), se realizó una clasificación supervisada (6), extrayendo los tipos de coberturas principales en el área de estudio (7), aplicando la función probabilística de máxima verosimilitud (16), y en base a la clasificación de usos de suelo del MAE (3).

Las imágenes obtenidas fueron georreferencias utilizando el sistema de coordenadas WGS84 (Zona 17 Sur) y la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator. La georreferenciación fue utilizada para asignar una ubicación geográfica la cual permita situarlos en la superficie terrestre(27).

La concordancia de la clasificación se testeó mediante el coeficiente Kappa, que mide la similitud entre las clases, se realizará mediante ecuación(30)(31):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

Figura 5 Ecuación adaptada del coeficiente Kappa (9)(31).

- N:** Total de pixeles de la matriz
- R:** Número de filas en la matriz
- X_{ij}:** Número de pixeles de la fila i, columna i (diagonal mayor)

El resultado de este coeficiente varía entre 0 a 1, donde 1 es una concordancia exacta y puede ser categorizada de la siguiente forma(31):

Tabla 1 Interpretación del coeficiente Kappa (32)(31).

Coeficiente kappa	Fuerza de la concordancia
0,00	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

Luego, se realizó la respectiva matriz de contingencia (1).

En consecuencia, se generaron los mapas de cobertura vegetal y usos del suelo, con una escala de 1:15.000.000, donde se convirtió el archivo de ráster a polígono mediante herramientas del *Arc tool box*, luego se recortó la imagen tomando en cuenta el área de estudio y se estructuró la tabla de atributos de la cobertura(9)(13).

Posteriormente, para el análisis multitemporal, se realizó el cruce entre mapas de cobertura y usos de suelo de dos fechas distintas(26). Se aplicó la técnica de análisis espacial, utilizando herramientas del software *Arcgis*, elaborado a escala

1:15.000.000. Por consiguiente, se generó una matriz de cambio y la producción de una mapa que permitirán evaluar cuantitativa y cualitativamente la dinámica espacial que ocurre en la reserva(33).

Para medir la tasa de cambio de usos de suelo se utilizar la siguiente ecuación, que calcula la tasa de cambio anual:

$$(TDA): \quad Tasa = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Figura 6 Ecuación de tasa de cambio anual (1) (4).

TDA : Tasa de cambio anual

S2: Superficie fecha 2

S1: Superficie fecha 1

1,n: Numero de año entre las dos fechas

Donde los valores que se encuentran por debajo de cero son aquellos que representan pérdida de superficie, y los que están por encima de cero representan ganancias de superficie(7).

El análisis estructural de las coberturas, se ejecutó a partir del cálculo de índices estructurales, puesto a que arrojan resultados sobre la composición y configuración del paisaje de la reserva(1). Por consiguiente, sobre el mapa de cobertura, se calcularon los siguientes índices:

Métrica de área

Expresado en ha, corresponde a la sumatoria de todas las áreas en m² de un tipo de vegetación. Donde CA: área total y a_{ij}: área de cada parche correspondiente a cada clase (m²)(4,34).

$$CA = \sum_{j=1} a_{ij} (1/10.000)$$

$$j=1$$

Figura 7 Ecuación métrica de área(4) (28).

Métrica de borde

Expresado en hectáreas, corresponde a la sumatoria de la longitud de cada segmento que compone una clase dado en metros, dividido para el área total(4,34).

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A(10.000)}$$

Figura 8 Ecuación métrica de borde(4)(28).

ED: Índice de Borde.

eik: Longitud de cada segmento que compone los parches de cada una de las clases (metros)

A: Área total del paisaje (m2)

Métrica de forma

Para cuantificar la relación se aplicará dos índices estándar(4,34). El primero fue el shape index puesto a que calcula la complejidad de la forma de los fragmentos en comparación con una forma estándar(28).

$$SHAPE = \frac{P_{ij}}{\min P_{ij}}$$

Figura 9 Ecuación shape index (4,28).

Pij: Perímetro de cada parche (m) y min

Pij: Perímetro máximo posible de cada parche relativamente compacto.

El índice toma los valores próximos a 1 o de 1, que pueden ser agrupados en rangos (**Tabla 3**):

Tabla 2 Interpretación de índice de diversidad que valora la heterogeneidad, a partir de la diversidad de fragmentos (28,34).

Shape index	
Rangos	Descripción
<1.25	redondo
1.25 - 1.5	oval redondo
1.5 - 1.7	oval oblongo
1.7 - 2	rectangular oblongo
> 2	amorfo

Seguido del Landscape shape index o de dimensión fractal promedio de fragmento discreto debido a que calcula la relación entre área y perímetro para el conjunto del paisaje(28).

$$FRAC= 2 \ln (0.25 P_{ij}) \ln A_{ij}$$

Figura 10 Ecuación dimensión fractal(4,28).

Pij : Perímetro del parche (m).

Aij : Área de cada parche (m²).

Este índice toma valores entre 1 que aplican a las formas simples (circulo, cuadrados, etc.) y valores entre 1.00 - 2.00 para formas complejas o irregulares(34).

Los procedimientos anteriormente descritos proporcionaron como producto la generación de mapas de cobertura vegetal en los diferentes periodos establecidos para su posterior interpretación.

4. Capítulo IV: Resultados

Mediante la utilización de las herramientas SIG, se pudo determinar las categorías en cuanto a cobertura vegetal y los usos del suelo tales como: bosque nativo; cuerpo de agua: natural y artificial; área sin cobertura vegetal; tierra agropecuaria: pastizales, cultivo anual y semipermanentes; vegetación herbácea y arbustiva; y zona antrópica. Además de su variación a través del tiempo, definiendo el valor de cada clase en hectáreas y porcentajes (**Tabla 3**).

Tabla 3 Identificación, categorización y cuantificación de usos de suelo en REMACH.

Clases	Área (Ha)					Área (%)				
	1996	2002	2008	2014	2019	1996	2002	2008	2014	2019
Bosque nativo	98177,93	90981,12	80824,4	78170,73	75519,66	81,82	75,82	67,35	65,14	62,93
Cuerpo de agua	261,3	259,05	221,34	227,05	343,42	0,22	0,22	0,18	0,18	0,28
Área sin cobertura vegetal	11151,54	4,55	0	5,58	1,8	9,29	0,00380	0	0,0047	0,0015
Tierra agropecuaria	10196,64	28749,04	38940,75	41569,55	44077,05	8,50	23,96	32,45	34,64	36,73
Vegetación arbustiva y herbácea	206,35	0	7,28	20,85	28,89	0,17	0	0,006	0,017	0,024
Zona antrópica	0	0	0	0	22,95	0	0	0	0	0,019

La concordancia de la clasificación de los diferentes periodos (1996, 2002, 2008, 2014, 2019) dio resultados de 0.87, 0.86, 0.84, 0.84 y 0.83, indicando que la similitud entre las clases es casi perfecta.

Asimismo, se presenta una matriz general de los resultados a continuación (**Ver Tabla 4**):

Tabla 4 Matriz general de resultados según el esquema metodológico de la (Figura 4).

Reclasificación		Tabla 3
Interpretación de mapas:	Elaboración de mapas de cobertura vegetal para las fechas establecidas	Tabla 3 Identificación, categorización y cuantificación de usos de suelo en REMACH.
		Figura 11 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 1996.
		Figura 12 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2002.
		Figura 13 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2008.
		Figura 14 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2014.
	Figura 15 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2019.	
	Superposición entre pares de mapas	Figura 16 Superposición de imágenes entre el año 1996-2002.
		Figura 17 Superposición de imágenes entre el año 2002-2008.
		Figura 18 Superposición de imágenes entre el año 2008-2014.
Figura 19 Superposición de imágenes entre el año 2014-2019.		
Dimensión temporal	Tabla 5 Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal (TAC).	
Estructura horizontal	Tabla 6. Análisis estructural de las coberturas	

La clasificación de la cobertura vegetal y usos del suelo fue representada mediante mapas individuales de cada año, en los cuales se puede observar la relación entre la clase con la superficie.

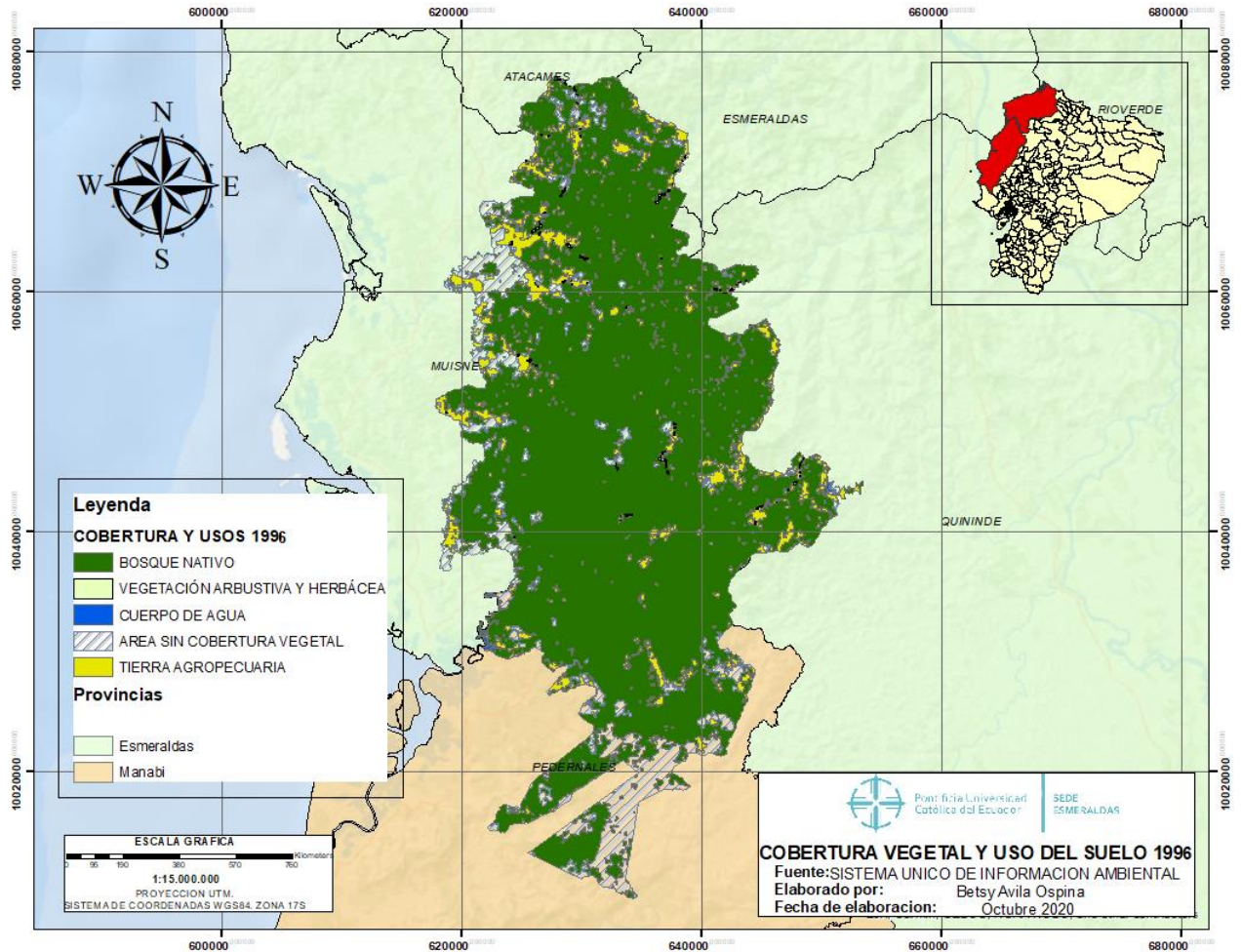


Figura 11 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 1996.

La imagen 1996 (**Figura 11**), presentó cinco clases correspondientes a bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpos de agua, áreas sin cobertura vegetal y tierra agropecuaria. Donde predomina el bosque nativo y la vegetación arbustiva y herbácea del territorio.

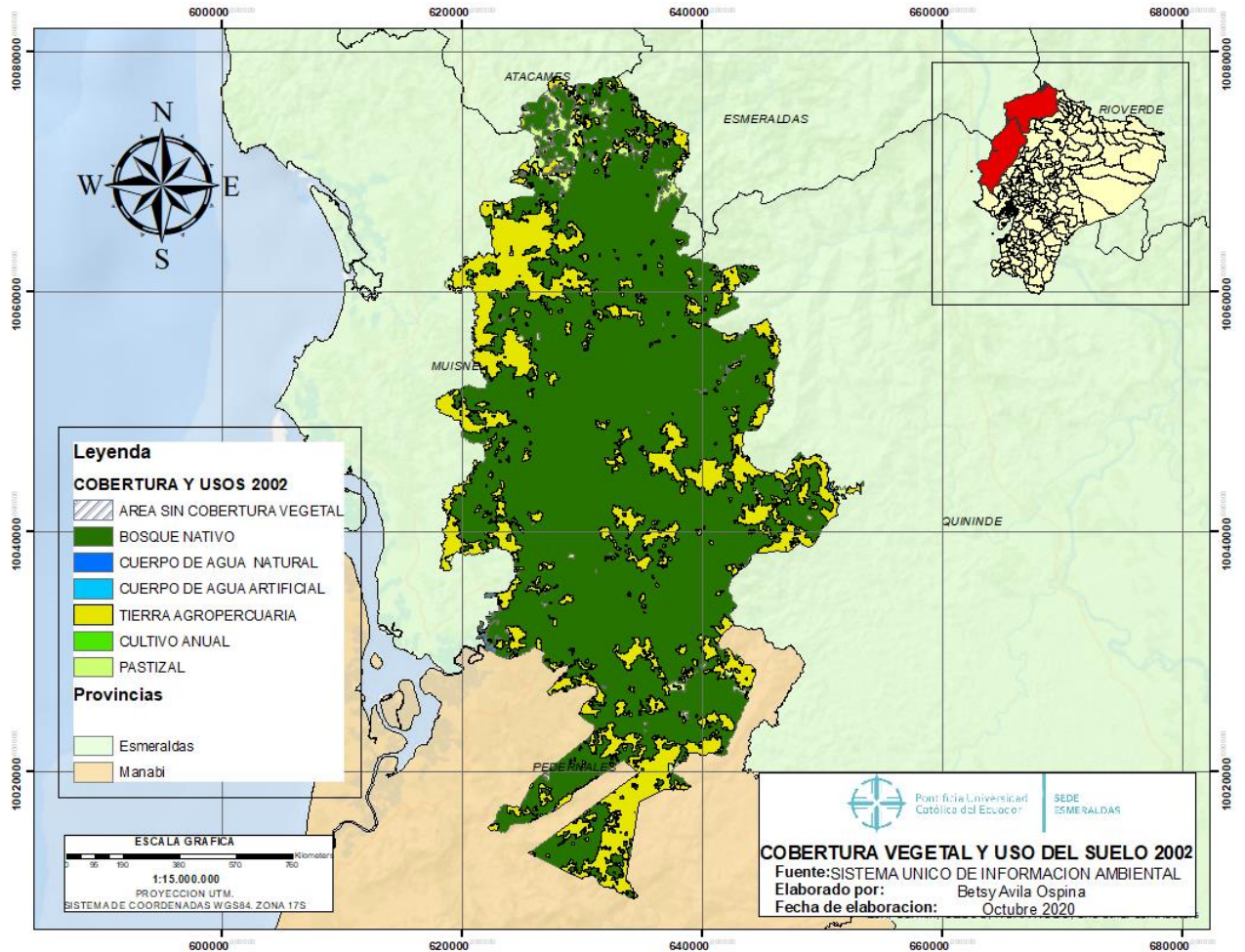


Figura 12 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2002.

Seguidamente, la imagen 2002 (**Figura 12**) correspondiente a 4 años post-creación de la Reserva Ecológica Mache-Chindul presento cuatro clases: bosque nativo, cuerpos de agua (natural y artificial), tierra agropecuaria (pastizales, cultivos anuales y semianuales), y áreas sin cobertura vegetal.

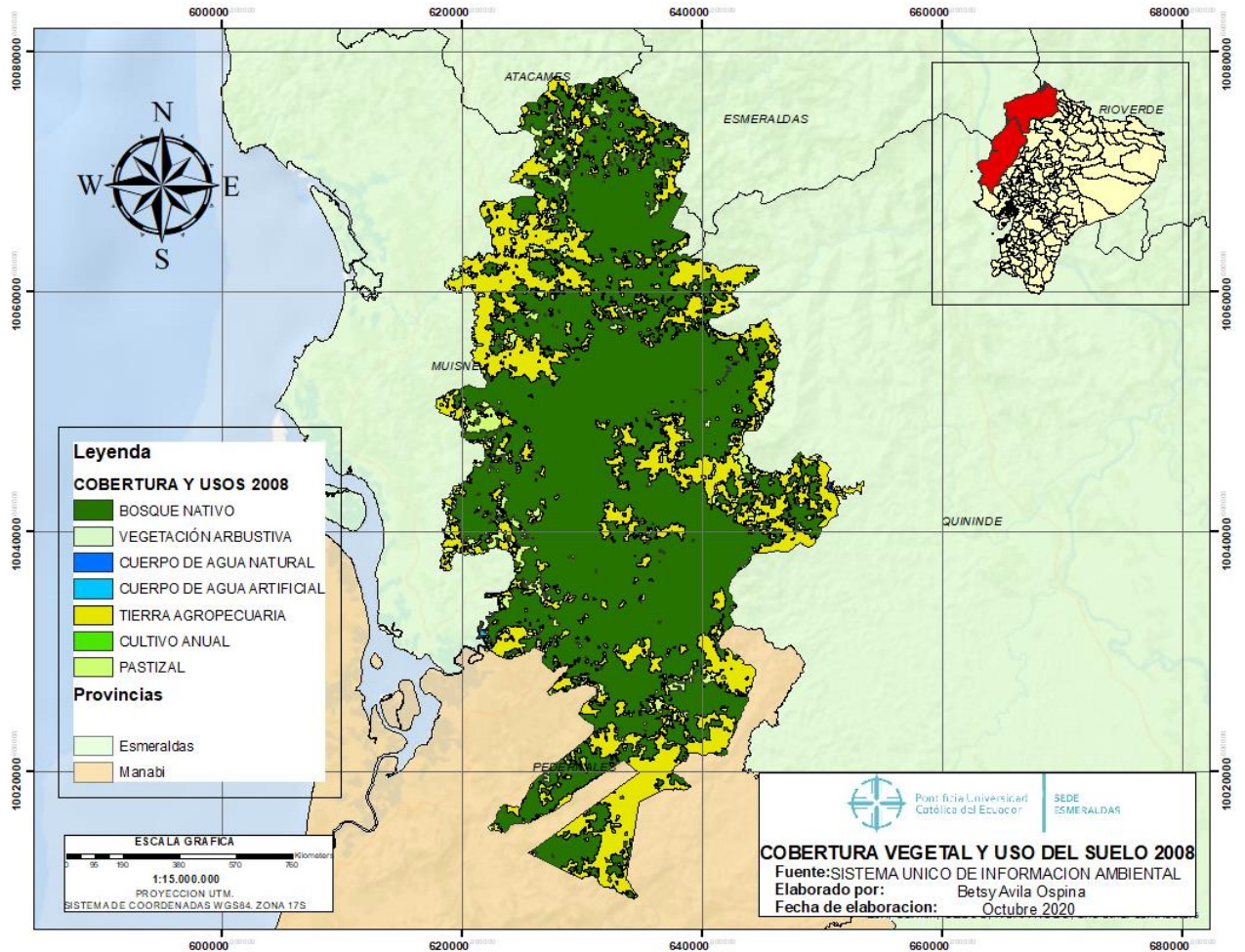


Figura 13 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2008.

Posteriormente, la imagen del año 2008 (**Figura 13**), presentó cuatro clases como bosque nativo, cuerpos de agua (natural y artificial), tierra agropecuaria (pastizales, cultivos anuales y semianuales), y vegetación arbustiva y herbácea. Donde se empieza a observar el avance de la frontera agrícola y pecuaria.

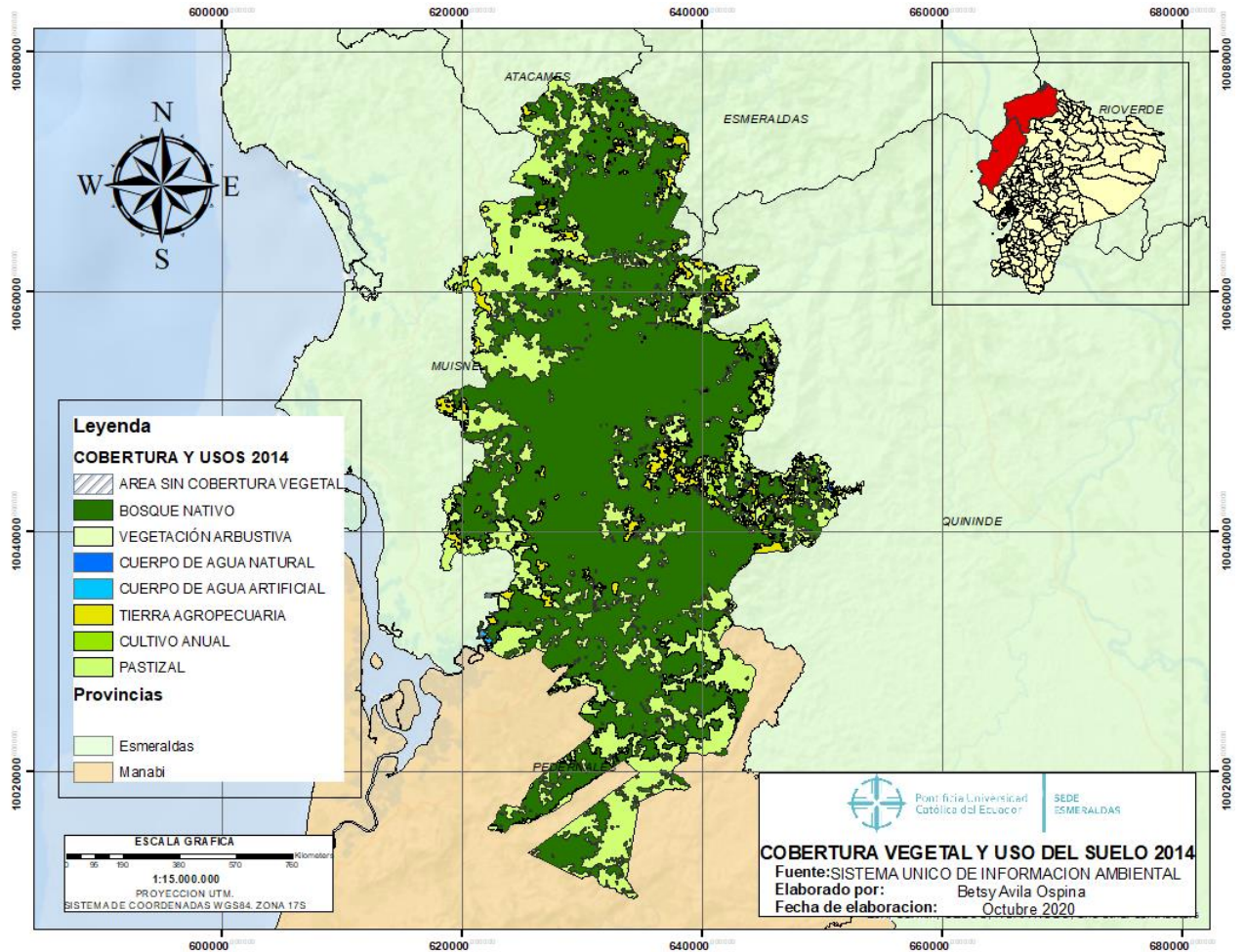


Figura 14 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2014.

A continuación, la imagen del año 2014 (**Figura 14**), presentó cinco clases correspondientes a bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpos de agua (natural y artificial), áreas sin cobertura vegetal y tierra agropecuaria (pastizales, cultivos anuales y semianuales). Donde se evidencia que la tierra agropecuaria se utiliza en mayor proporción para la producción de pastizales.

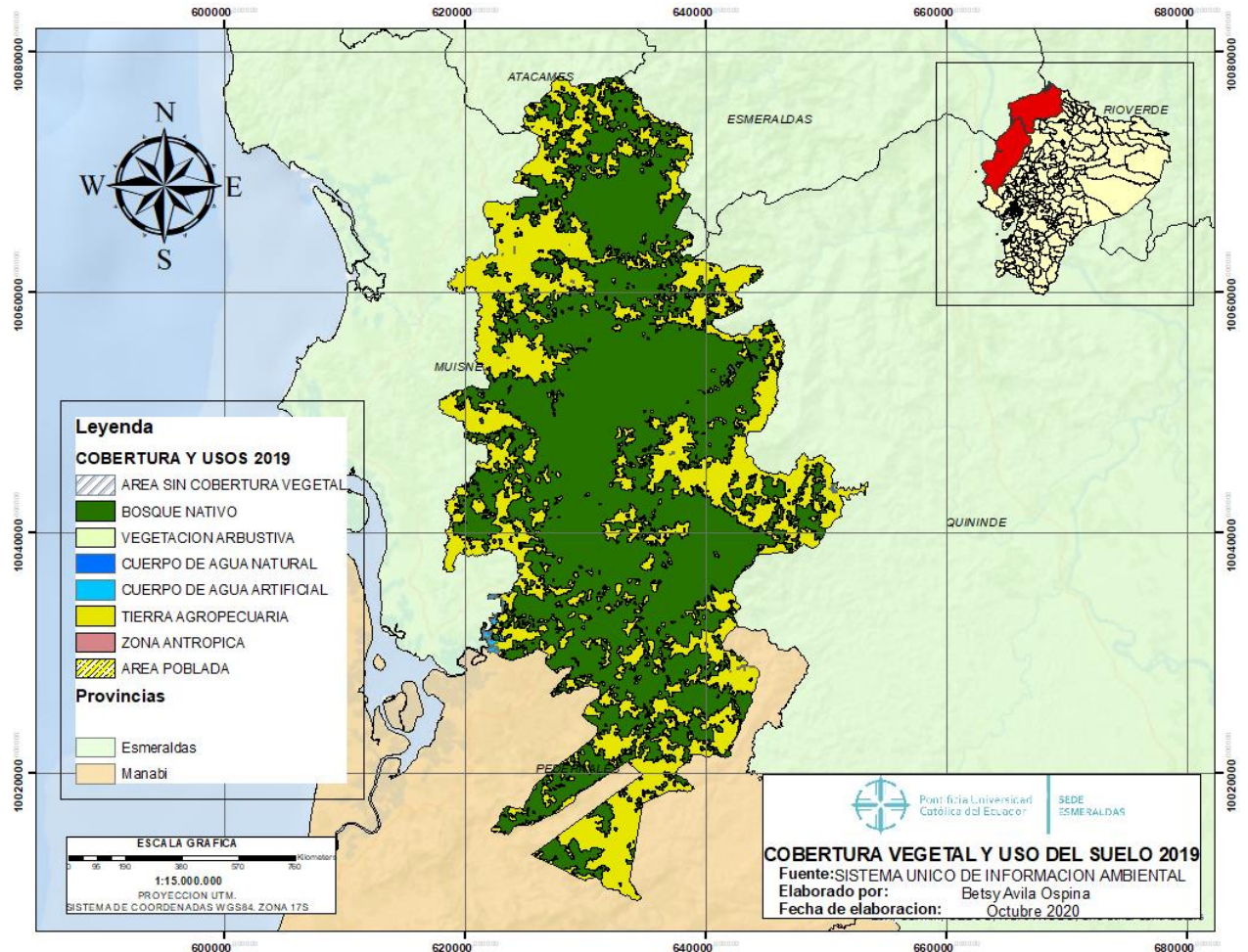


Figura 15 Identificación de la cobertura vegetal y usos del suelo de REMACH 2019.

Por último, la imagen del año 2019 (**Figura 15**), arrojó seis clases como: bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpos de agua (natural y artificial), áreas sin cobertura vegetal, tierra agropecuaria (pastizales, cultivos anuales y semianuales) y zonas urbanas.

Para identificar los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo se realizó una superposición de mapas, en las cuales se comparan las imágenes en el siguiente orden: 1996-2002; 2002-2008; 2008-2014 y; 2014-2019, con el fin de registrar la variación de la superficie vegetal y los usos del suelo.

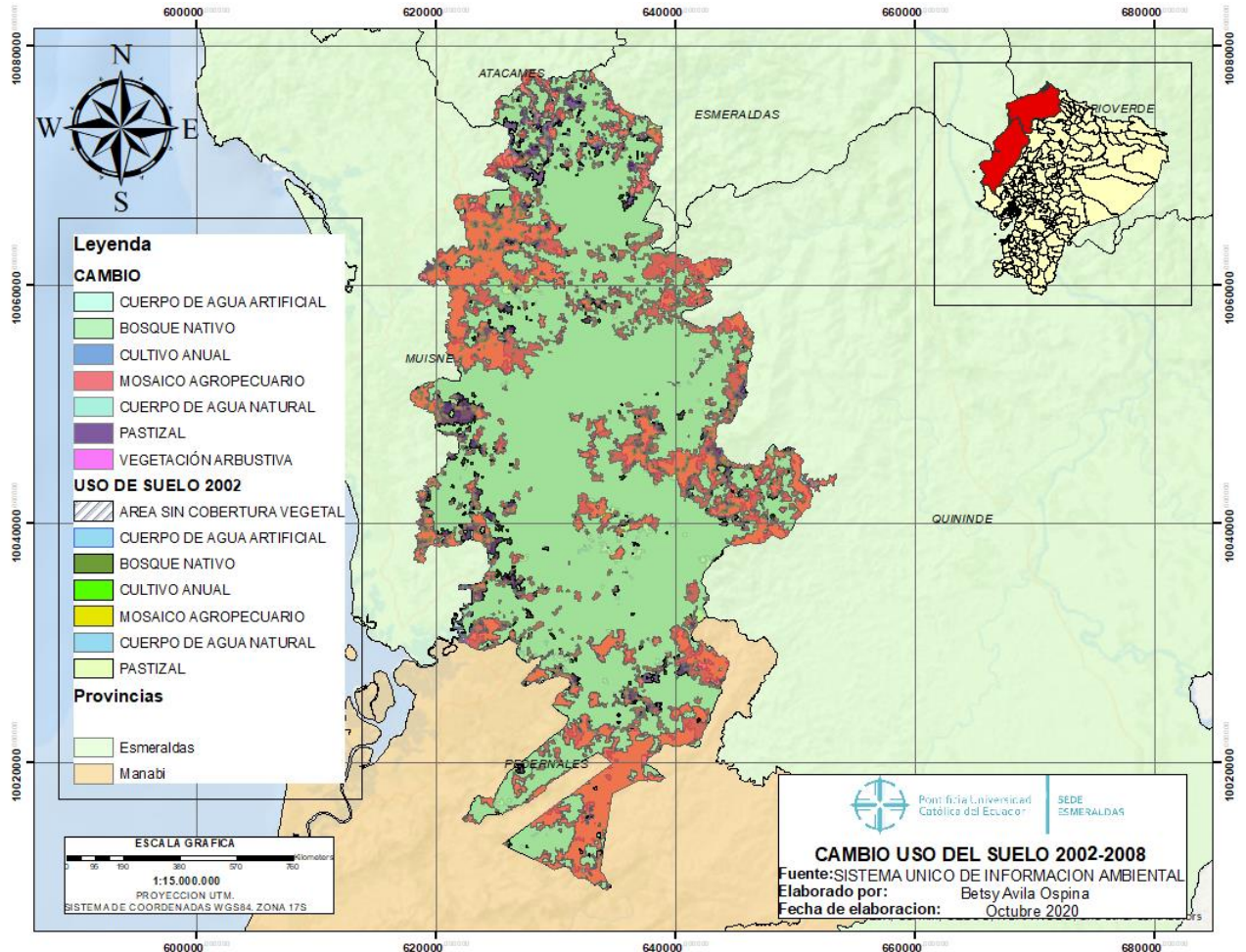


Figura 17 Superposición de imágenes entre el año 2002-2008.

Las variaciones de superficie vegetal entre 2002-2008 (**Figura 17**), corresponden a las siguientes: el bosque nativo ha sufrido una pérdida de 10156.72ha correspondiente al 8.47% de la superficie; los cuerpos de agua presentan un déficit de 37.71ha; el área sin cobertura vegetal no presenta variaciones; las tierras agropecuarias mostraron un aumento significativo de 10191.71ha correspondiente al 8.49% de la superficie; mientras de la vegetación arbustiva y herbácea presenta 7.28ha correspondiente al 0.006% de la superficie, a diferencia del año 1996.

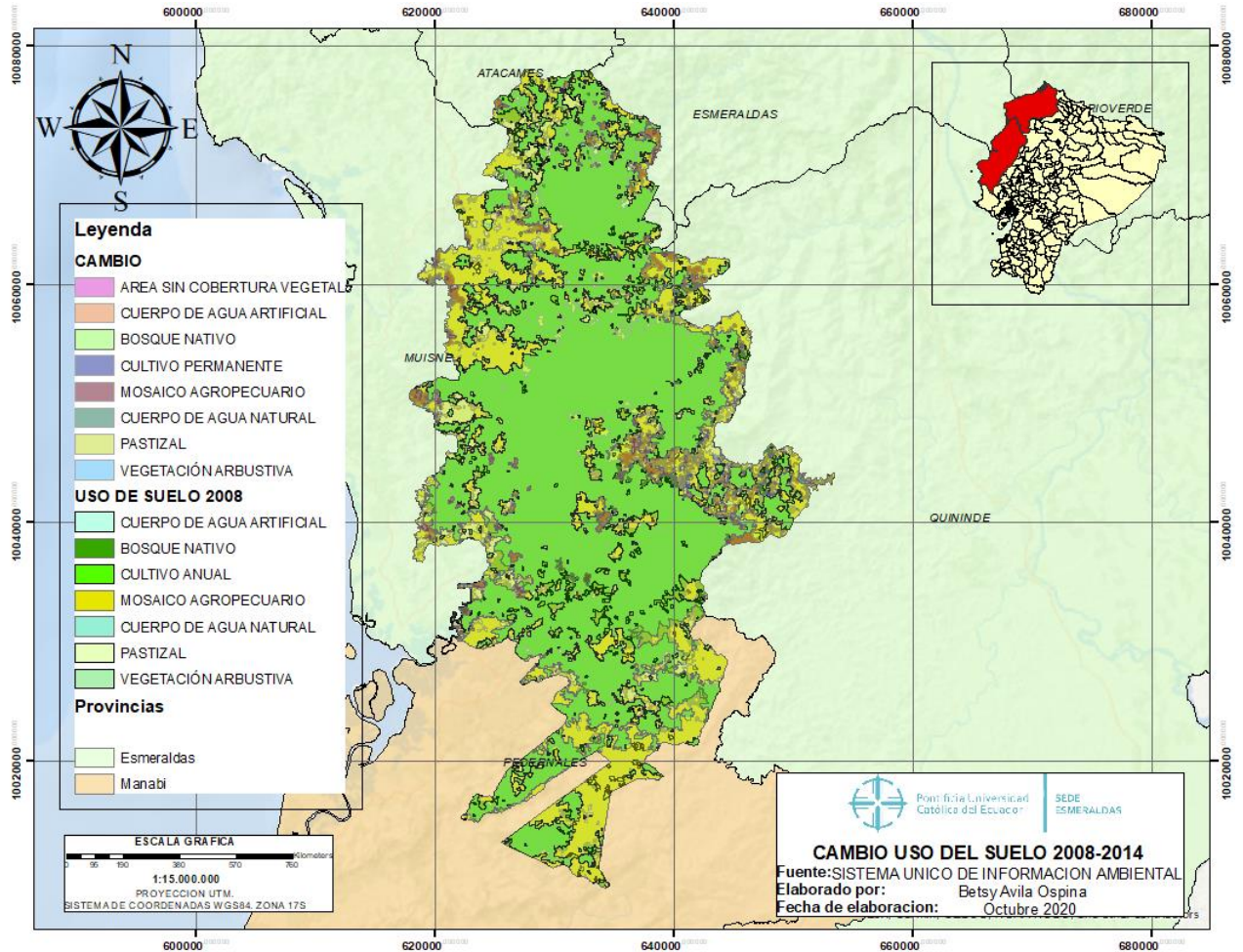


Figura 18 Superposición de imágenes entre el año 2008-2014.

Las variaciones de superficie vegetal entre 2008-2014 (**Figura 18**), corresponden a las siguientes: el bosque nativo ha sufrido una pérdida de 2653.67ha correspondiente al 2.21% de la superficie; los cuerpos de agua presentan un aumento de 5.71ha; el área sin cobertura vegetal presenta 5.58ha correspondiente al 0.0047% de la superficie; las tierras agropecuarias mostraron un aumento de 2628.8ha correspondiente al 2.19% de la superficie; mientras de la vegetación arbustiva y herbácea presenta un aumento de 13.57ha.

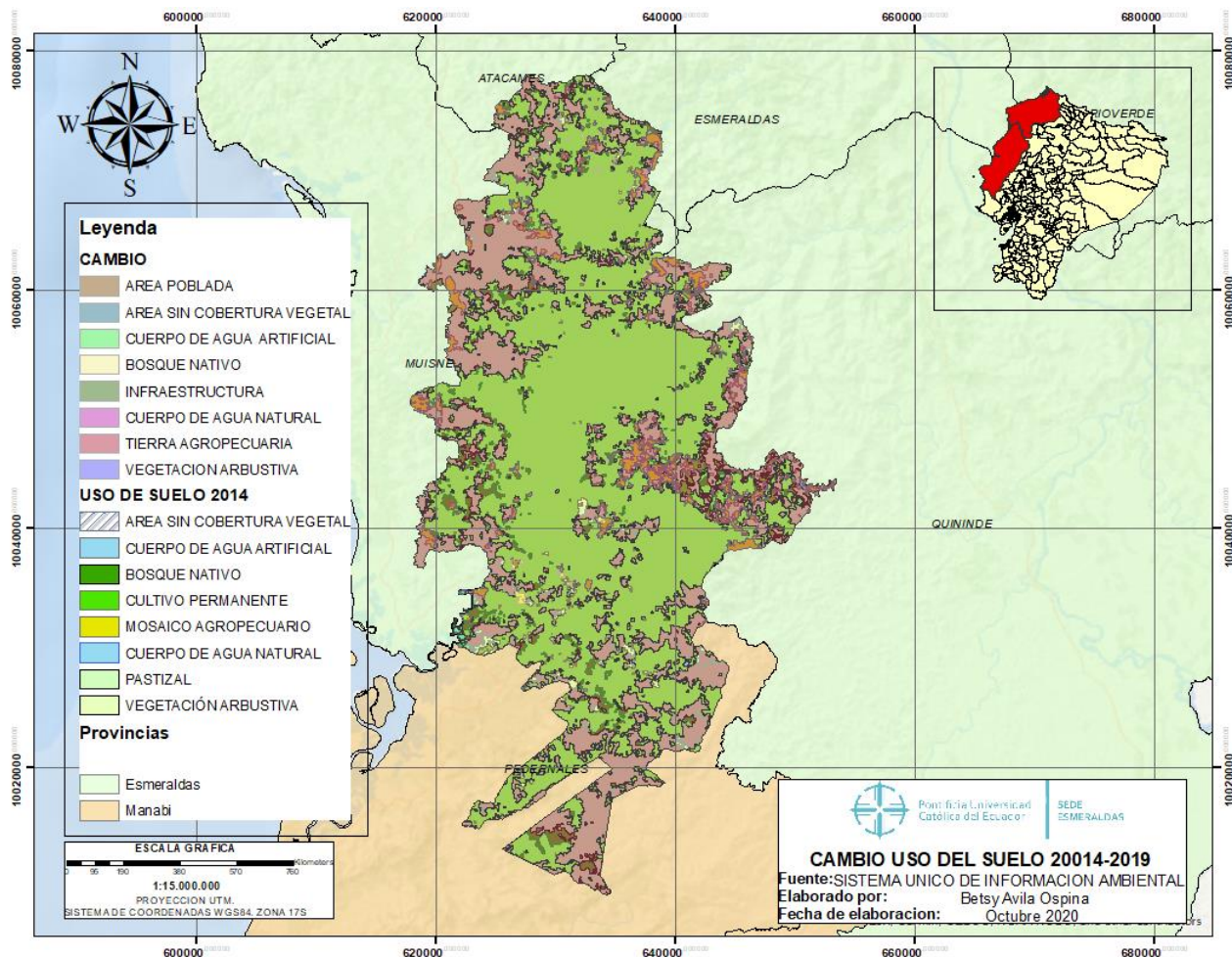


Figura 19 Superposición de imágenes entre el año 2014-2019.

Las variaciones de superficie vegetal entre 2014-2019 (**Figura 19**), corresponden a las siguientes: el bosque nativo ha sufrido una pérdida de 2651.07ha correspondiente al 2.21% de la superficie; los cuerpos de agua presentan un aumento de 116.37ha; el área sin cobertura vegetal presenta una pérdida de 3.78ha; las tierras agropecuarias mostraron un aumento de 2507.5ha correspondiente al 2.09% de la superficie; mientras de la vegetación arbustiva y herbácea no presenta variaciones.

Adicionalmente el análisis TAC (**Ver Tabla 4**), reflejó una reducción anual de 1,8% en la superficie del bosque nativo en comparación de las dos primeras imágenes entre 1996-2002, luego en la comparación entre 2002-2008 arrojó una pérdida de superficie anual de 1.47% del bosque nativo, posteriormente en la comparación entre 2008-2014 arrojó una pérdida de superficie anual de 0.55%

del bosque nativo, por último, en la comparación entre 2014-2018 vuelve a registrarse una pérdida de la superficie del bosque nativo en 0.86% por año.

Mientras que, en las superficies de tierras agropecuarias (**Ver Tabla 5**), es notable la tasa de aumento significativo entre 1996-2002 con un 29.58%; posteriormente entre 2002-2008 presento una reducción de 3.87% TAC, entre 2008-2014 se redujo al 1.09% TAC y entre 2014-2019 reflejo un aumento no significativo a 1.48% por año.

En cuanto a las áreas sin cobertura vegetal (**Ver Tabla 5**), es notable la tasa de reducción entre 1996-2002 con un 85.79%, al igual que entre los años 2002-2008 se presenta una tasa del 1% por año, debido a la sustitución de este uso por tierras agrícolas, no obstante entre los años 2014-2019 se vuelve a presentar una reducción en el TAC de 24.64%.

Tabla 5 Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal (TAC).

Clases	TAC ^a %			
	1996-2002	2002-2008	2008-2014	2014-2019
BOSQUE NATIVO	-1,89	-1,47	-0,55	-0,86
CUERPO DE AGUA	-0,22	-1,95	0,43	10,90
AREA SIN COBERTURA VEGETAL	-85,79	-1	0	-24,64
TIERRA AGROPECUARIA	29,58	3,87	1,09	1,48
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBACEA	-1	0	19,17	8,50
ZONA ANTROPICA	0	0	0	0

En cuanto a la estructura de las coberturas (**Ver Tabla 6**), sobre la composición y configuración del paisaje de la reserva indico, según el índice Landscape shape index, que las coberturas son amorfas, mientras que el índice de dimensión fractal promedio indico que las coberturas tienen formas complejas o irregulares.

Tabla 6. Análisis estructural de las coberturas

Periodo	CA	ED	SHAPE	FRAC
1996	1503	960	2,41	1,71
2002	719	1213,65	2,01	1,96
2008	1154	41413,58	2,19	1,05
2014	1428	31500	2,36	1,75
2019	731	1080	2,01	1,32

Nota: CA: Numero de parches ED: Indice de borde SHAPE: Indice de forma FRAC: Ecuación fractal

5. Capítulo V: Discusión

En los estudios económicos, sociales y ambientales, el SIG es de gran utilidad puesto a que permite efectuar análisis cruzados de diversas variables. Los SIG permiten calcular índices como: la densidad de vías de comunicación por municipio y su relación con la población, la distancia a los principales servicios, etc., permitiendo establecer la regionalización y jerarquización de estos problemas en el ámbito estatal, municipal o regional, para finalmente proponer el modelo de ordenamiento territorial, lo que permite avanzar en la planificación y gestión ambiental del mismo, estableciendo los lineamientos apropiados para su implementación(35).

El empleo de los SIG permite generar material cartográfico de gran calidad sobre el territorio que se puede integrar con nueva información de productos de divulgación científica de más amplia aceptación a partir de multimedia y otros, a más de complementarlos(36).

De manera que, en los últimos años, los estudios centrados en la planificación, gestión y ordenamiento del territorio, de los recursos naturales y del medio ambiente, tanto integral como sectorialmente, están integrando las nuevas tecnologías de los sistemas de información geográfica SIG(37).

La utilización de herramientas SIG para investigación y demás estudios sobre cambios de usos de suelo y cambios de cobertura vegetal, son eficientes, muy usadas y de gran importancia, tanto para el manejo sustentable de recursos naturales, análisis de fragilidad paisajística, como la gestión del territorio desde el punto de vista ambiental o en cualquier otro ámbito de aplicación(38). Por lo tanto, coincide con la presente investigación puesto a que facilitó la identificación y análisis de los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo mediante un análisis multitemporal de imágenes de la Reserva Ecológica Mache Chindul.

La identificación y posterior clasificación de la cobertura vegetal y usos de suelo de las imágenes de 1996, 2002, 2008, 2014 y 2018, se realizaron a través del método de clasificación supervisada y el algoritmo de máxima verosimilitud, tal como el estudio de *Rojas-Marín et al*(39), en donde se realizó una evaluación de

la dinámica espaciotemporal de coberturas en los años 1987-2001-2010 aplicando clasificación supervisada y el índice kappa.

Los estudios o análisis multitemporal permiten medir los cambios en la superficie terrestre, tales como los usos de suelo, la cobertura vegetal o la configuración del paisaje y demás factores del territorio según su aplicación(40). Los análisis realizados a partir del conjunto de mapas en este estudio, presentan variaciones en la cobertura vegetal y demás usos de suelo de los diferentes años, atribuidos a actividades antrópicas como el avance de la frontera agrícola y ganadera que consecuentemente dio paso a al desarrollo de pastizales, cultivos anuales, permanentes y semipermanentes como el cacao y la palma africana(41), y al desarrollo urbano, al igual que el estudio realizado por *Flores Vaca*(42); *Córdoba*(31) y; *Rojas-Marín et al.*(39), en el cual se elaboraron tablas de los cambios que muestran las superficies de las coberturas y usos del suelo para cada periodo, demostrando que el bosque nativo se ha reducido por el cambio de uso a mosaico agropecuario y pastizales.

La disminución del área de bosque nativo entre los datos de 1996-2002 (**Ver Tablas 3 y 5**), puede atribuirse a que había una mayor superficie sin cobertura vegetal desde 1996, la cual fue suplantada por tierras agropecuarias según el TAC 29,5% de superficie por año, la cual corresponde al aumento de cultivos semipermanentes y pastizales, al igual que en el estudio de *Marcillo et al.*(7), donde el cultivo de pastizales corresponde al 8% del total de la reserva, mientras que la vegetación arbustiva representa el 39,4% de la reserva.

Posterior a este periodo, el análisis del periodo 2002-2008 (**Ver Tablas 3 y 5**), se observa una disminución de cobertura de bosque nativo de TAC -1,47% de superficie por año y denota un aumento de la frontera agropecuaria en un TAC 3,87% superficie por año, debido a las actividades ganaderas y a las actividades de cultivo agrícola anual, permanente y semipermanente o la tala ilegal de madera, pese a que existía un control sobre esta área para la fecha analizada, pues en 1996 se crea la Reserva Ecológica Mache Chindul que comienzan a regular las actividades desarrolladas dentro del área protegida(18). De acuerdo con lo anterior es que en el análisis de 2008 a 2014 la tasa de disminución de la cobertura bosque nativo se mantiene entre TAC -0,55% y -0,86% superficie

anual, y se mantiene en un promedio del 30% el área de pastizales que era destinada a la ganadería, convirtiéndose en la segunda superficie más grande de la reserva.

Según, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) esta área de pastizales corresponde a las actividades antrópicas como ganadería, agricultura y piscinas acuícolas abandonadas(43). Llama la atención que para este periodo pese al crecimiento de la producción ganadera, el estudio de *Marcillo et al.*(7) afirma que la producción de pastizales cultivados disminuye y se ubica un 25,1 % debido a la emigración de los comuneros y colonos por el impacto de la crisis económica neoliberal y también porque la ganadería no constituía un incentivo económico rentable.

Mientras que en el análisis del periodo 2014-2019(**Ver Tabla 3**), aparece la clase de zona antrópica, pese a que la Reserva Ecológica “Mache-Chindul” fue establecida con un gran número de centros poblados que se encontraban ya al interior de la misma y otros en proceso de consolidación, esta clase se introduce por el crecimiento urbano, aunque su incremento ha sido poco es un dato a considerar puesto que ya han ingresado a los límites del área protegida, de igual forma sucede con un estudio realizado por *Córdoba*(44) donde la categoría zona urbana experimento crecimiento en los distintos periodos ocasionando cambios en la dinámica del ecosistema.

En cuanto a la configuración del paisaje (**Ver Tabla 6**), las coberturas se tornan complejas e irregulares debido al proceso de fragmentación y degradación de las coberturas, al igual que en el estudio de *De Leon, Pinedo & Martínez*(45), donde al analizar la dinámica espacial las métricas del paisaje generadas muestra un proceso gradual de fragmentación.

Los efectos de la alteración antrópica en bosques tropicales van desde la pérdida de biodiversidad, pasando por la fragmentación del paisaje hasta la pérdida de suelo por erosión hídrica. Los cambios de uso de superficie vegetal terrestre corresponden una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas tropicales a nivel global.

La desaparición alarmante de los bosques húmedos montanos y estacionalmente secos tropicales, característicos por su diversidad y endemismo, han sido razón para catalogarlos como los más amenazados y de prioridad para la conservación.

Las tasas de deforestación que presenta Ecuador en las últimas décadas de 1,8%, una de las más grandes de América Latina, esto sumado al diferente tipo de manejo según los bosques ha limitado la suficiencia de conservación de los mismos presentando pérdida de diversidad forestal en los bosques húmedos y secos presentes en la REMACH, esto implica que la cobertura arbolada disminuye junto con potenciales hospedadores tales como briofitas y líquenes, a su vez generando consecuencias negativas para organismos presentes en el bosque nativo(46).

La fragmentación de estos bosques ha generado cambios en la diversidad y la composición en comunidades boscosas, además altera procesos ecológicos como polinización, dispersión de semillas, ciclo de nutrientes y almacenamiento de carbono(47). Las consecuencias ecológicas dependen en parte de la configuración espacial de los fragmentos y su variación temporal. De igual forma, el tamaño de los parches y el área del borde del bosque, es decir los efectos de área y borde, son considerados como importantes factores desencadenadores de cambios en comunidades fragmentadas(48).

En la zona de estudio predominan fragmentos de tierras agropecuarias, luego están los parches de área sin cobertura vegetal, cuerpos de agua y vegetación arbustiva y herbácea, rodeados por una matriz boscosa y conectada parcialmente por plantaciones forestales productivas; indicando una reducción sustancial en la estructura de tamaño de la comunidad arbórea y un empobrecimiento de la variabilidad de estratos, especialmente en árboles grandes en los fragmentos estudiados (**Ver Tabla 6**). Hecho que coincide con el estudio de Hernández L, et. al. (49), donde consecuentemente indican una reducción sustancial en la estructura de tamaño de la comunidad arbórea y un empobrecimiento del estrato de árboles grandes en los fragmentos estudiados, reforzando la idea que los bosques hiperfragmentados tienden a mantener un estado empobrecido o degradado; y a la pérdida de resiliencia ecológica (45,49).

Otro de los efectos de los cambios en la cobertura vegetal en bosques tropicales es la pérdida de suelo por erosión hídrica, tal que se encuentra directamente relacionado con el avance de la frontera agropecuaria. La falta o nula práctica agrícola sustentable que considere la conservación del suelo, influye en el detrimento de su productividad(50,51). Sin embargo, según Silva-García JT et. al. (51) el uso y cobertura del suelo influye notoriamente en el grado de impacto de los procesos erosivos por factores hídricos, es decir que donde la cobertura de vegetación es mayor, indiferente del tipo de cobertura vegetal, los procesos erosivos por factores hídricos son menores, y viceversa. En la REMACH, los cuerpos hídricos representan un 0.28%, en comparación con las diferentes coberturas vegetales que representan un 98%, no presenta riesgo de pérdida de suelo por erosión hídrica (**Ver Tabla 3 y Tabla 5**).

No obstante, los procesos de intensificación agrícola son responsables, además de la propia pérdida de biodiversidad, otros muchos efectos relacionados con la pérdida de conectividad a través de la fragmentación de hábitats o el aumento de los insumos agroquímicos. Donde, los valores de diversidad son significativamente menores en los cultivos manejados de manera intensiva frente a zonas con presencia de actividad pecuaria. Sin embargo, el manejo no intensivo, en cuanto a las actividades pecuarias, la ausencia de agroquímicos, y alteraciones físicas, dan lugar a hábitats relativamente poco perturbados, es decir aumentar la biodiversidad(52). En el caso de la REMACH, hay procesos de intensificación agrícola y pecuaria, sin inclusión de sistemas agroecológicos, tal como lo menciona Rodríguez M. (53), esto desencadena habitualmente una degradación de la conectividad en el paisaje, lo que implica también impactos negativos en la biodiversidad, por lo cual se hace necesaria elemento que hagan permeable el paisaje o la heterogeneidad del paisaje que promuevan el mantenimiento de la biodiversidad y el suministro de servicios de los ecosistemas(52–54).

Para la realización del trabajo de investigación se realizó la toma de coordenadas para definir las áreas de entrenamiento de la clasificación supervisada se realizó a través de google Earth(29), debido a los protocolos de bioseguridad establecidos en la crisis sanitaria COVID-19.

Los mapas temáticos fueron utilizados para dar soporte al trabajo de investigación, mejorando la comprensión del tema a más de los elementos que se encuentra en el área de estudio y como han ido variando a través del tiempo.

6. Capítulo VI: Conclusión

- Se realizó el análisis del cambio en los usos del suelo y cobertura vegetal en la Reserva Ecológica Mache Chindul en un periodo de evaluación de 23 años entre 1996-2019. Al realizar la superposición de las capas y analizar los valores individuales entre cada año, se observa la variación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal. El análisis TAC Tasa Anual de Cambio permitió evidencia el porcentaje de disminución de bosque nativo entre los años analizados, perdiendo una superficie de 18,89% perteneciente al bosque nativo en los últimos 23 años.
- El avance de la frontera agrícola y pecuaria, ocasiono que la cobertura vegetal en tierras agrícolas sea de 28,23% en los últimos 23 años, además tiende a ir en aumento por procesos de actividades agropecuarias intensivas que empiezan a generar procesos de heterogeneidad e impermeabilidad del paisaje.
- Los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en esta área, han provocado un proceso de fragmentación y degradación de las coberturas, pues su configuración es amorfa, compleja e irregular, que a la vez provoca degradación de la conectividad en el paisaje, lo que implica también impactos negativos en la biodiversidad.

7. Capítulo VII: Recomendaciones

A las Autoridades Ambientales competentes, fortalecer el control y regulaciones para mantener el buen estado esta área protegida y asegurar la supervivencia de las diversas especies del lugar.

Realizar un estudio de la productividad del ecosistema bosque tropical en los diferentes periodos de tiempo, toando en cuenta todos los factores que influyen en el crecimiento y pérdida de la cobertura vegetal y las actividades que se desarrollan en este, para aportar en una mejor comprensión de su comportamiento, y así realizar una mejor planificación de ordenamiento territorial.

Además, es importante conocer los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en esta área, al poseer un ecosistema de bosque protector, debido a sus características estructurales que permiten el desarrollo de actividades económicas y comerciales. La información desarrollada en el presente estudio permite sustentar la elaboración de planes de conservación a más de planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Maricela Cárcamo A, Rejas JG. Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987 -2011. Vol. 8, Ciencias Espaciales. 2015. 259 p.
2. Pineda-Pastrana O. Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el Municipio de Valle de Santiago [Internet]. Centro de Investigación en Geografía y geomática Ing. Jorge L. Tamayo ; 2011. Available from:
[https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda Pastrana%2C Oliva-Maestra en Geomática.pdf](https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%20Oliva-Maestra%20en%20Geomática.pdf)
3. MAE. Plan de Manejo y Gestion Participativa de la Reserva Ecológica Mache-Chindul 2005–2010. Minist del Ambient Conserv Int Fund Jatun Sacha y Ecopar Con esl auspicio Crit Ecosyst Partnersh Fund. 2004;
4. Ruiz V, Savé R, Herrera A. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior Moropotente Nicaragua, 1993-2011. 2013;
5. Pastrana OP. Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago. 2011;
6. Pavón Cevallos FM. Evaluación de los cambios en la cobertura vegetal en las comunidades del territorio Awá en el Ecuador a través de sensores remotos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2011.
7. Marcillo JM, Cuasquer E, Carreño OFM, Campuzano DD. Aplicación de percepción remota para la detección de cambios en la cobertura boscosa de la reserva ecológica Mache-Chindul. La Técnica. 2016;(16):76–93.
8. Marcillo JLM, Mesía MA, Osorio BG. Cambio Multitemporal De La Cobertura Vegetal Y Fragmentación En La Reserva Ecológica “Mache-Chindul” Ecuador. Available from:
<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n30p152>
9. NE Alvear Puertas. ESTUDIO MULTITEMPORAL DE CAMBIO DE USO

- DEL SUELO, EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS [Internet]. 2018. Available from:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7879>
10. Andrade V, Alfredo E. Evaluación y análisis de los cambios de cobertura vegetal del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental; 2018.
 11. Rodríguez Vásquez AF. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta. Universidad Nacional de Colombia; 2011.
 12. García ML, Brondo JAÉ, Pérez MA. Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio. Cons Agric Ganad Pesca y Aguas del Gob Canar [En línea]. 2012;
 13. PALACIOS EB. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA BOSCOA EN LA ZONA PACÍFICO NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ, 1990-2014 [Internet]. UNIVERSIDAD DE MANIZALES; 2015. Available from:
http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2459/Palacios_Bermudez_Erika_2015.pdf?sequence=1
 14. Martínez-Vega J, Martín MP, Díaz Montejo JM, López Vizoso JM, Muñoz Recio FJ. Guía didáctica de teledetección y medio ambiente. 2010;
 15. Olaya V. Sistemas de Información Geográfica Tomo I. España Creat Commons. 2014;
 16. Chuvieco Salinero E. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. 2008.
 17. Lombana Zorro PA, Jiménez Joven L. Análisis Espacial de la Deforestación a Escala Municipal, Estudio de Caso: Departamento del Chocó 2005-2010 [Internet]. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS; 2016. Available from:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4488/1/JimenezJovenLe>

onardo2016.pdf

18. REMACH A. Plan de Manejo y Gestion Participativa de la Reserva Ecológica Mache-Chindul 2005–2010. Minist del Ambient Conserv Int Fund Jatun Sacha y Ecopar Con esl auspicio Crit Ecosyst Partnersh Fund. 2004;
19. Echeverry MA, Harper GJ. Fragmentación y deforestación como indicadores del estado de los ecosistemas en el Corredor de Conservación Choco-Manabí (Colombia-Ecuador). *Recur Nat y Ambient.* 2009;(58).
20. Palacios Bermúdez E. Análisis multitemporal en la cobertura boscosa de la zona norte del departamento del Chocó 1990-2014. 2016;
21. Constitucional T. Constitución de la República del Ecuador. Quito-Ecuador *Regist Of.* 2008;449:10–20.
22. Castillo FAJ, Ordoñez MPZ, Cueva ELL, Mora NML. Metodología para la catalogación de metadatos espaciales basada en normas ISO. *Alternativas.* 2018;19(1):63–70.
23. Maranhão VC, Carneiro AFT. Análise de Consistência Lógica conforme padrões de qualidade da norma ISO 19133. *Rev Cart.* 2016;(92):149–71.
24. Pucha-Cofrep F, Fries A, Cánovas-García F, Oñate-Valdivieso F, González-Jaramillo V, Pucha-Cofrep D. *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS.* Franz Pucha Cofrep; 2017.
25. Cristancho M, Andersson J. Comparación de una clasificación supervisada para coberturas vegetales con PCI Geomatics Y Qgis en el Municipio de Cundinamarca.
26. Geraldí AM, Piccolo MC, Perillo GME. Análisis multitemporal de los usos del suelo mediante aplicación de teledetección y SIG. 2007; Available from: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/60008>
27. Torre RVD la. Metodología para ajustar clasificaciones supervisadas de imagenes satelitales, una contribucion a la conservacion del gorrion

- serrano (*Xenospiza baileyi*) [Internet]. 2015 [cited 2019 Nov 17]. Available from:
[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7474/Tesis Rodrigo Vázquez de la Torre.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7474/Tesis%20Rodrigo%20V%C3%A1zquez%20de%20la%20Torre.pdf?sequence=1)
28. Molina GZ, Albarran AJ. Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. *Cuad Geogr Rev Colomb Geogr*. 2013;22(1):25–40.
 29. Stephens D, Diesing M. A Comparison of Supervised Classification Methods for the Prediction of Substrate Type Using Multibeam Acoustic and Legacy Grain-Size Data. *PLoS One* [Internet]. 2014 Apr 3;9(4):e93950. Available from:
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093950>
 30. Zambrano Zambrano LA. Estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2016.
 31. Arenas S, Haeger JF, Jordano D. Aplicación de técnicas de teledetección y GIS sobre imágenes Quickbird para identificar y mapear individuos de peral silvestre (*Pyrus bourgeana*) en bosque esclerófilo mediterráneo. *Rev Teledetección*. 2011;35:55–71.
 32. Cerda JL, Villarroel Del LP. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. 2008.
 33. Durán-Medina E, Mas J-F, Velázquez A. Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. Los bosques comunitarios México Manejo sustentable paisajes For Inst Nac Ecol Medio Ambient y Recur Nat y Cons Civ Mex para la Silvicultura Sostenible México, DF México. 2007;267–99.
 34. Ruiz V, Savé R, Herrera A. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica. *Rev Ecosistemas*. 2014;22(3):117–23.

35. Chávez ES. Reflexiones acerca del papel del ordenamiento territorial en la planificación y gestión ambiental. *Perspect geográfica*. 2013;18(1):141–56.
36. Massa RS. Profesionales del área ambiental y el uso de un sistema de información geográfica aplicado en sistemas rurales mapuches del centro-sur de Chile. *Ambient y Desarro*. 2014;18(34):13–26.
37. dos Santos Soares G, dos Santos Jr NRF, de Mira SF, Moreto RF, Cavalheiro WCS, Vendruscolo J, et al. Uso de plataforma SIG na caracterizacao morfometrica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazonia Ocidental, Brasil/Use of the platform SIG in the characterization morphometric of the microcuenca del rio Santa Teresinha, Amazonia Occidental, Brasil/Use of. *Rev Geográfica Venez*. 2019;(SI):84–96.
38. Valencia ALM, Hincapié CFÁ, Giraldo CE, Soto SU. Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana de interpretación de cambios históricos e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques. *Cuad Geogr Rev Colomb Geogr*. 2018;27(1):10–26.
39. Rojas-Marín, Carlos Andrés, Uriel Pérez-Gómez y FF-M. Dinámica espaciotemporal de los procesos de desertificación y revegetalización natural en el enclave seco de La Tatacoa, Colombia. *Cuad Geogr Rev Colomb Geogr* [Internet]. 2019;28 (1):134–51. Available from: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2818/281857987008/html/index.html>
40. González JAG. Análisis multitemporal en ciudades medias con mapas de la percepción.: Albacete: 1993-2016. *Cuad geográficos la Univ Granada*. 2018;57(1):197–218.
41. Mantilla Unapanta SA. Análisis del cambio de cobertura forestal en la reserva ecológica Mache-Chindul, caso de estudio de la franja ubicada en la parroquia Cube, Cantón Quinindé, concerniente a los periodos 1990–2000–2008–2016. PUCE-Quito; 2019.
42. Flores Vaca AJ. Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo y

- cobertura vegetal e influencia del Programa Socio Bosque, en la Parroquia Nono, periodo 1990-2016 [Internet]. PUCE-Quito; 2018. Available from: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15890>
43. Sarandón SJ. Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable. Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica.
 44. Córdova Regalado CG. Estudio multitemporal de la cobertura vegetal de los ecosistemas de la zona norte de la provincia de Chimborazo a través de imágenes satelitales “LANDSAT 8”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2019.
 45. de León Mata GD, Pinedo Álvarez A, Martínez Guerrero JH. Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investig geográficas*. 2014;(84):42–53.
 46. Benitez Chavez ÁR. Efectos de la alteración antrópica en bosques tropicales sobre la diversidad de organismos epífitos (Líquenes y Briófitos). 2016;
 47. Paulino CA. Patrones espaciales de la estructura de la vegetación y del proceso de deforestación en un bosque primario tropical en Loma Guaconejo, República Dominicana. 2016;
 48. Peñaloza-Ramírez JM, Aguilar-Amezquita B, Núñez-Farfán J, Pérez-Nasser N, Albarrán-Lara AL, Oyama K. Consequences of habitat fragmentation on genetic structure of *Chamaedorea alternans* (Arecaceae) palm populations in the tropical rain forests of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Rev Mex Biodivers*. 2016;87(3):990–1001.
 49. HERNÁNDEZ L, Delgado L, Meier W, DURÁN C. Empobrecimiento de bosques fragmentados en el norte de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia*. 2012;37(12):891–8.
 50. Orbegoso Navarro LA, Rodríguez Delgado SC. EROSIÓN HÍDRICA EN LA SUB CUENCA RÍO URPAY UTILIZANDO EL MÉTODO DEL PERFIL, HUARAZ. 2018;
 51. Silva-García JT, Cruz-Cárdenas G, Ochoa-Estrada S, Estrada-Godoy F,

- Nava-Velázquez J, Álvarez-Bernal D. Pérdida de suelo por erosión hídrica en la cuenca del lago de Chapala, Michoacán, México. *Tecnol y ciencias del agua*. 2017;8(6):117–28.
52. Hevia V. Explorando el efecto de los usos del suelo sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas: un análisis basado en la diversidad taxonómica y funcional. 2017;
53. Rodríguez Zambrano MC. Acciones agroforestales y socioeconómicas a nivel comunitario e institucional y su incidencia en el manejo de la reserva Mache-chindul del cantón Pedernales. Año 2011. Guía estratégica participativa. Quevedo: UTEQ; 2013.
54. Otavo S, Echeverría C. Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspots mundiales de biodiversidad. *Rev Mex Biodivers*. 2017;88(4):924–35.