



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO DE  
USO DE SUELO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN LA RESERVA DE BIÓSFERA “BOSQUE  
SECO” EN EL PERIODO 2010-2020**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

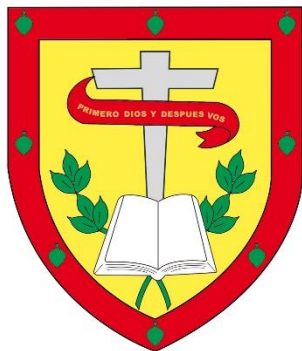
**AUTOR: EDUARDA DACIT BARRETO PANAMITO**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS SOLANO PELÁEZ**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO DE USO  
DE SUELO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN LA RESERVA DE BIÓSFERA “BOSQUE  
SECO” EN EL PERIODO 2010-2020**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: EDUARDA DACIT BARRETO PANAMITO**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS SOLANO PELÁEZ**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Eduarda Dacit Barreto Panamito portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º 1150499224. Declaro ser el autor de la obra: “Estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo mediante sistemas de información geográfica en la reserva de biósfera “Bosque Seco” en el periodo 2010-2020”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 15 de octubre de 2024



---

**Eduarda Dacit Barreto Panamito**

**C.I. 1150499224**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por Eduarda Dacit Barreto Panamito, bajo mi supervisión.

4595afec- Firmado  
5307-493 digitalmente por  
b- 4595afec-5307-49  
a3cf-1c1d3283160 3b-  
a3cf-1c1d<sup>B</sup> Fecha: 2024.10.15  
32831608 20:59:33 -05'00'

---

**Ing. José Luis Solano Peláez**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, mi novio, mis amigos, y mi familia por su amor y apoyo incondicional. A mis compañeros de estudio, por su colaboración y amistad.

Y de manera especial, a la Mancomunidad Bosque Seco, por su invaluable apoyo en la realización de esta investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental en la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional me han sostenido a lo largo de este arduo camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por estar siempre ahí, en los momentos de duda y en los de triunfo. A mi novio, por su infinita paciencia, comprensión y cariño. Tu apoyo constante y tus palabras de ánimo me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante, incluso en los días más difíciles. Gracias por ser mi refugio y mi mayor apoyo. A mis amigos, por su compañía y por hacer más llevaderos los momentos de estrés con sus risas y conversaciones. Gracias por creer en mí y por ofrecerme siempre una palabra de aliento cuando más lo necesitaba. A mis familiares, por su interés y preocupación constante por mi progreso. Su cariño y apoyo moral han sido un pilar fundamental durante todo este proceso. A mis compañeros de estudio y tutor de tesis, por su colaboración, y por compartir esta experiencia académica conmigo. Gracias por los momentos de estudio compartidos y por el apoyo mutuo que ha hecho de este recorrido algo más llevadero y enriquecedor. A todos ustedes, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento. Sin su apoyo, comprensión y amor, este logro no habría sido posible.

## RESUMEN

Este estudio analizó la evolución de la cobertura vegetal y el uso del suelo en la Reserva de Biósfera "Bosque Seco" entre 2010 y 2020, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología incluyó cartografía temática y modelos de vegetación, además del uso de álgebra de mapas para desarrollar modelos de transición que identificaron cambios en el uso del suelo y la vegetación. Los resultados mostraron transformaciones significativas en 31,000 hectáreas, con la conversión de bosque nativo a tierras agrícolas, lo que refleja la presión humana sobre el ecosistema. También se registró un aumento del 160% en áreas de infraestructura, evidenciando la expansión agrícola y el desarrollo urbano.

En respuesta, se diseñó un plan de manejo y restauración para la zona de amortiguamiento de la reserva, proponiendo tácticas de conservación como la reforestación de áreas afectadas, la creación de corredores ecológicos para preservar la biodiversidad y prácticas agrícolas sostenibles para reducir los impactos. El estudio proporciona un análisis detallado de los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, estableciendo una base sólida para futuras iniciativas de conservación y sostenibilidad en la región.

**Palabras clave:** cobertura vegetal, sistemas de información geográfica, uso del suelo, conservación, restauración.

## ABSTRACT

This study analyzed the evolution of vegetation cover and land use in the "Bosque Seco" Biosphere Reserve between 2010 and 2020, using Geographic Information Systems (GIS). The methodology included thematic mapping and vegetation models, as well as the use of map algebra to develop transition models that identified changes in land use and vegetation. The results showed significant transformations in 31,000 hectares, with the conversion of native forest to agricultural land reflecting human pressure on the ecosystem. There was also a 160% increase in infrastructure areas, evidencing agricultural expansion and urban development.

In response, a management and restoration plan was designed for the reserve's buffer zone, proposing conservation tactics such as reforestation of affected areas, the creation of ecological corridors to preserve biodiversity, and sustainable agricultural practices to reduce impacts. The study provides a detailed analysis of the changes in vegetation cover and land use, establishing a solid foundation for future conservation and sustainability initiatives in the region.

**Keywords:** vegetation cover, geographic information systems, land use, conservation, restoration

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                        |               |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD              | II            |
| CERTIFICACIÓN                                          | III           |
| DEDICATORIA                                            | IV            |
| AGRADECIMIENTOS                                        | V             |
| RESUMEN                                                | VI            |
| ABSTRACT                                               | VII           |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS                                   | VIII          |
| LISTA DE FIGURAS                                       | X             |
| LISTA DE TABLAS                                        | XI            |
| <b>CAPÍTULO I</b>                                      | <b>- 1 -</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                 | <b>- 1 -</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS                                          | - 2 -         |
| 1.1.1 <i>Objetivo General</i>                          | - 2 -         |
| 1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>                     | - 2 -         |
| <b>CAPÍTULO II</b>                                     | <b>- 3 -</b>  |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>                       | <b>- 3 -</b>  |
| 2.1 ÁREAS PROTEGIDAS                                   | - 3 -         |
| 2.1.1 <i>Reserva de Biósfera</i>                       | - 3 -         |
| 2.2 ECOSISTEMA                                         | - 4 -         |
| 2.2.1 <i>Bosque Seco</i>                               | - 4 -         |
| 2.3 COBERTURA Y USO DE SUELO                           | - 4 -         |
| 2.3.1 <i>Cambios en la cobertura y uso del suelo</i>   | - 5 -         |
| 2.3.1 <i>Categorías de uso de suelo</i>                | - 5 -         |
| 2.3.2 <i>Mapas de uso de suelo</i>                     | - 5 -         |
| 2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)           | - 6 -         |
| 2.4.1 <i>Componentes de un SIG</i>                     | - 6 -         |
| 2.5 PLATAFORMAS DE INFORMACIÓN                         | - 6 -         |
| 2.6 TELEDETECCIÓN                                      | - 7 -         |
| 2.6.1 <i>Espectro electromagnético</i>                 | - 7 -         |
| 2.6.1 <i>Imágenes multiespectrales</i>                 | - 7 -         |
| 2.7 SATÉLITES                                          | - 8 -         |
| 2.7.1 <i>Landsat</i>                                   | - 8 -         |
| 2.8 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES E INTERPRETACIÓN DIGITAL | - 8 -         |
| 2.8.1 <i>Clasificación supervisada</i>                 | - 8 -         |
| 2.8.2 <i>Clasificación no supervisada</i>              | - 8 -         |
| 2.9 ANÁLISIS MULTITEMPORAL                             | - 9 -         |
| 2.10 PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA                    | - 9 -         |
| <b>CAPÍTULO III</b>                                    | <b>- 10 -</b> |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                         | <b>- 10 -</b> |
| 3.1 ZONA DE ESTUDIO                                    | - 10 -        |
| 3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN BASE                    | - 11 -        |
| 3.3 PREPROCESAMIENTO DE DATOS BASE                     | - 12 -        |
| 3.4 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA                | - 12 -        |

|                                                                          |                                                                                                                     |               |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 3.5                                                                      | OBTENCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES _____                                                                             | - 12 -        |
| 3.6                                                                      | PREPROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES _____                                                                      | - 12 -        |
| 3.7                                                                      | DETERMINACIÓN DE CLASES DE USO DE SUELO _____                                                                       | - 13 -        |
| 3.8                                                                      | ANÁLISIS MULTITEMPORAL _____                                                                                        | - 14 -        |
| 3.9                                                                      | PLAN DE MANEJO Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA _____                                                                       | - 14 -        |
| <b>CAPÍTULO IV _____</b>                                                 |                                                                                                                     | <b>- 15 -</b> |
| <b>4.</b>                                                                | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____</b>                                                                                 | <b>- 15 -</b> |
| 4.1                                                                      | DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA DE BIOSFERA “BOSQUE SECO” _____                                                           | - 15 -        |
| 4.2                                                                      | ANÁLISIS DE CAMBIOS DE USO DE SUELO EN LA RESERVA DE BIÓSFERA BOSQUE SECO<br>ENTRE LOS AÑOS 2010-2020 _____         | - 21 -        |
| 4.2.1                                                                    | <i>Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014.</i> _____                                             | - 21 -        |
| 4.2.2                                                                    | <i>Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016.</i> _____                                             | - 22 -        |
| 4.2.3                                                                    | <i>Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018.</i> _____                                             | - 24 -        |
| 4.2.4                                                                    | <i>Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020.</i> _____                                             | - 25 -        |
| 4.2.5                                                                    | <i>Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020.</i> -<br>27 -                  | -             |
| 4.2.6                                                                    | <i>Transición de uso de suelo y cobertura vegetal.</i> _____                                                        | - 28 -        |
| 4.2.7                                                                    | <i>Gradiente de cambio.</i> _____                                                                                   | - 37 -        |
| 4.3                                                                      | PLAN DE MANEJO Y RESTAURACIÓN DE LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DENTRO DE LA<br>RESERVA DE BIÓSFERA BOSQUE SECO _____ | - 39 -        |
| 4.3.1                                                                    | <i>Introducción.</i> _____                                                                                          | - 39 -        |
| 4.3.2                                                                    | <i>Estrategias de manejo y restauración</i> _____                                                                   | - 40 -        |
| 4.3.3                                                                    | <i>Participación comunitaria.</i> _____                                                                             | - 42 -        |
| 4.3.4                                                                    | <i>Monitoreo y evaluación.</i> _____                                                                                | - 42 -        |
| <b>CAPÍTULO V _____</b>                                                  |                                                                                                                     | <b>- 44 -</b> |
| <b>5.</b>                                                                | <b>CONCLUSIONES _____</b>                                                                                           | <b>- 44 -</b> |
| <b>CAPÍTULO VI _____</b>                                                 |                                                                                                                     | <b>- 45 -</b> |
| <b>6.</b>                                                                | <b>RECOMENDACIONES _____</b>                                                                                        | <b>- 45 -</b> |
| <b>7.</b>                                                                | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>                                                                             | <b>- 46 -</b> |
| _____                                                                    |                                                                                                                     | <b>- 50 -</b> |
| <b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL _____</b> |                                                                                                                     | <b>- 50 -</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                               |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Figura 1:</b> Ubicación de la zona de estudio _____                                                                                        | - 10 - |
| <b>Figura 2:</b> Reserva de Biósfera “Bosque Seco” _____                                                                                      | - 11 - |
| <b>Figura 3:</b> Mapa de pendientes _____                                                                                                     | - 15 - |
| <b>Figura 4:</b> Distribución porcentual de las pendientes _____                                                                              | - 16 - |
| <b>Figura 5:</b> Mapa de tipos de clima _____                                                                                                 | - 17 - |
| <b>Figura 6:</b> Distribución porcentual de los tipos de climas _____                                                                         | - 18 - |
| <b>Figura 7:</b> Mapa geomorfológico _____                                                                                                    | - 18 - |
| <b>Figura 8:</b> Distribución porcentual de la geomorfología _____                                                                            | - 19 - |
| <b>Figura 9:</b> Mapa hidrográfico _____                                                                                                      | - 20 - |
| <b>Figura 10:</b> Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2014 _____                                                                | - 22 - |
| <b>Figura 11:</b> Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014 _____                                            | - 22 - |
| <b>Figura 12:</b> Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2016 _____                                                                | - 23 - |
| <b>Figura 13:</b> Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016 _____                                            | - 24 - |
| <b>Figura 14:</b> Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2018 _____                                                                | - 25 - |
| <b>Figura 15:</b> Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018 _____                                            | - 25 - |
| <b>Figura 16:</b> Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2020 _____                                                                | - 26 - |
| <b>Figura 17:</b> Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020 _____                                            | - 27 - |
| <b>Figura 18:</b> Hectáreas de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020 _____                                     | - 28 - |
| <b>Figura 19:</b> Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2016 _____                   | - 30 - |
| <b>Figura 20:</b> Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2016- _____                                        | - 30 - |
| <b>Figura 21:</b> Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2016-2018 _____                   | - 32 - |
| <b>Figura 22:</b> Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2016-2018- _____                                        | - 32 - |
| <b>Figura 23:</b> Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2018-2020 _____                   | - 34 - |
| <b>Figura 24:</b> Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2018-2020- _____                                        | - 34 - |
| <b>Figura 25:</b> Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2020 _____                   | - 36 - |
| <b>Figura 26:</b> Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2020- _____                                        | - 37 - |
| <b>Figura 27:</b> Tasas anuales de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en porcentajes durante el periodo comprendido de estudio _____ | - 38 - |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Tabla 1:</b> Clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo _____                                                       | - 13 - |
| <b>Tabla 2:</b> Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014 _____                                              | - 21 - |
| <b>Tabla 3:</b> Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016 _____                                              | - 23 - |
| <b>Tabla 4:</b> Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018 _____                                              | - 24 - |
| <b>Tabla 5:</b> Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020 _____                                              | - 26 - |
| <b>Tabla 6:</b> Superficie del uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020 -<br>27 -                  |        |
| <b>Tabla 7:</b> Matriz de transición, periodo 2014 - 2016 _____                                                                | - 28 - |
| <b>Tabla 8:</b> Matriz de transición en hectáreas, periodo 2014 - 2016 _____                                                   | - 29 - |
| <b>Tabla 9:</b> Matriz de transición, periodo 2016 – 2018 _____                                                                | - 30 - |
| <b>Tabla 10:</b> Matriz de transición en hectáreas, periodo 2016 – 2018 _____                                                  | - 31 - |
| <b>Tabla 11:</b> Matriz de transición, periodo 2018 – 2020 _____                                                               | - 33 - |
| <b>Tabla 12:</b> Matriz de transición en hectáreas, periodo 2018 – 2020 _____                                                  | - 33 - |
| <b>Tabla 13:</b> Matriz de transición, periodo 2014 – 2020 _____                                                               | - 35 - |
| <b>Tabla 14:</b> Matriz de transición en hectáreas, periodo 2014 – 2020 _____                                                  | - 36 - |
| <b>Tabla 15:</b> Superficie y porcentaje de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo durante el<br>periodo de estudio _____ | - 38 - |

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Las modificaciones en el uso de la tierra implican la transformación de la vegetación nativa en otras formas de uso, lo cual puede generar efectos adversos en el entorno natural, como la disminución de los servicios que nos brinda el ecosistema y pérdida de biodiversidad (Cárcamo y Rejas, 2015). A nivel global, se estima que entre el 30% y el 50% de la cubierta forestal ha sido alterada por la intervención humana. Los bosques cubren aproximadamente 900 000 000 ha, de la superficie terrestre, pero la deforestación causada por la expansión agrícola ha provocado la pérdida de vastas áreas de bosques. Con un 58.1%, América Latina alberga la mayor proporción de bosques en comparación con otros continentes. Sin embargo, ha enfrentado importantes alteraciones en sus áreas originales, con tasas de deforestación que alcanzan hasta el 2.5% (Pongratz et al., 2008; Kim et al., 2015).

Durante los últimos años, se ha puesto en valor la necesidad de entender los factores que influyen en las transformaciones de la cobertura vegetal y el uso del suelo, puesto que estos pueden tener impactos directos en el medio ambiente (Lambin, F., Turner, B., & Reenberg, A., 2001). En Ecuador, el proceso de urbanización de áreas rurales ha provocado la disminución de la función socioambiental del suelo, como resultado del incremento en actividades agrícolas y ganaderas, así como del rápido y desordenado crecimiento de áreas urbanas. Estas acciones han generado una considerable presión sobre el territorio (Pineda, O., 2011).

Los bosques secos presentes en las provincias de El Oro y Loja son considerados entre los ecosistemas más importantes y diversos de Ecuador, gracias a su elevada biodiversidad. Las especies que habitan estos bosques han evolucionado con adaptaciones especiales para resistir condiciones extremas de sequía y lluvias intensas. Sin embargo, estas áreas están gravemente amenazadas por la constante presión ejercida por la actividad antrópica, lo que los convierte en ecosistemas sumamente frágiles y vulnerables (Muñoz, J., Cabrera, B., & Erazo, T., 2019). La presencia de asentamientos humanos ha generado un riesgo para la supervivencia de los bosques secos. Los residentes rurales han ido desmontando gradualmente zonas boscosas para destinarlas a actividades como la agricultura temporal o el pastoreo de ganado, lo que ha alterado la naturaleza de estos ecosistemas, convirtiéndolos en zonas de pastoreo y cultivo.

Esta reserva abarca zonas de las provincias de El Oro y Loja, incluyendo el cantón Las Lajas en El Oro, así como los cantones Paltas, Zapotillo, Puyango, Sozoranga, Macará, Pindal y Celica en Loja. Esta reserva cubre un ecosistema de 501,040 hectáreas, con altitudes que oscilan entre los 80 y los 3,100 msnm (Solórzano, 2015).

Las variaciones en la cobertura y uso del suelo a lo largo del tiempo son cruciales para una gestión y planificación eficaz de los recursos naturales. Las tecnologías satelitales han mejorado la comprensión temporal y espacial de los fenómenos ambientales, facilitando

predicciones más precisas, convirtiéndose en herramientas clave en los estudios del uso del suelo (Arnold et al., 2000).

Las herramientas digitales, basadas en sensores satelitales, permiten capturar imágenes de la superficie terrestre y analizar temporalmente las modificaciones en la vegetación y el uso del suelo. Esta información es fundamental para identificar estos cambios y las principales causas y efectos, tanto naturales como humanos, que han influido en estas transformaciones (Zambrano, 2016).

El avance de información geográfica y sistemas de datos espaciales ha facilitado el desarrollo de programas que simulan procesos para entender patrones temporales y espaciales. Estos programas también permiten generar proyecciones futuras relacionadas con el uso del suelo, la deforestación, la cobertura vegetal y la recuperación de los ecosistemas (Zavala et al., 2007; Silveira Soares-Filho et al., 2002).

A pesar de las investigaciones previas realizadas en la reserva sobre gestión y conservación de este ecosistema, es crucial seguir profundizando en el análisis temporal y espacial para comprender mejor la evolución de la transformación en el uso de suelo, cobertura vegetal y sus causas. El presente trabajo de titulación busca aportar nuevos datos que complementen las investigaciones anteriores y permitan formular estrategias más eficaces para la gestión y restauración del ecosistema. A continuación, se presentan los objetivos que guían esta investigación.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Analizar los cambios en la cobertura vegetal y usos del suelo en la Reserva de Biósfera “Bosque Seco” en el periodo 2010-2020 utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Elaborar la línea base temporal (diagnóstico), mediante cartografía e imágenes satelitales para construir mapas temáticos actuales de la Reserva de Biósfera “Bosque Seco”.

Realizar el análisis de los cambios registrados en la cobertura vegetal por efecto de los usos de suelo, utilizando la técnica multitemporal, para establecer el impacto de este sobre la Reserva de Biósfera “Bosque Seco”.

Elaborar un plan de manejo y restauración de las zonas de amortiguamiento dentro de la Reserva de Biósfera “Bosque Seco” con la información obtenida para contar un documento de planificación territorial.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Áreas protegidas

Según La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2021) se definen como “un área de tierra y/o agua especialmente reservada para la protección y conservación de la biodiversidad, así como de los servicios ecosistémicos y culturales asociados”. Estas áreas están sujetas a una gestión legal o efectiva mediante diversas herramientas.

Las áreas protegidas se dividen en categorías según su objetivo de conservación y los usos permitidos dentro de ellas. La clasificación más usada es la de la UICN, que contempla seis categorías:

| <b>Categoría</b>     | <b>Descripción</b>                                                                                                                                        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Categoría Ia</b>  | Áreas de protección estricta donde se restringe el acceso público, permitiendo solo la investigación científica.                                          |
| <b>Categoría Ib</b>  | Áreas donde se permite la investigación científica, pero con acceso restringido al público.                                                               |
| <b>Categoría II</b>  | Parques nacionales que permiten actividades recreativas controladas, enfocándose en la conservación de la biodiversidad.                                  |
| <b>Categoría III</b> | Monumentos naturales que preservan características geológicas o físicas de interés cultural o científico.                                                 |
| <b>Categoría IV</b>  | Zonas de gestión de especies y hábitats que permiten actividades tradicionales sostenibles.                                                               |
| <b>Categoría V</b>   | Paisajes terrestres y marinos de interés cultural, donde se promueve la conservación de tradiciones y valores locales mediante la educación y el turismo. |

Fuente: (UICN, 2021).

##### 2.1.1 Reserva de Biósfera

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2021), define las reservas de biósfera como áreas geográficas creadas para cumplir tres metas fundamentales: proteger los recursos que nos brinda la naturaleza y la biodiversidad, promover un desarrollo socioeconómico sostenible, y fomentar la educación y la investigación científica.

La zona núcleo, que recibe la mayor protección, está destinada exclusivamente al estudio de los hábitats naturales y a la conservación de especies. Alrededor de esta se encuentra la zona de amortiguamiento, cuyo propósito es reducir la interferencia humana en la zona núcleo, permitiendo al mismo tiempo actividades controladas como la educación, la investigación y el turismo sostenible. Por último, la zona de transición abarca los asentamientos humanos y las actividades económicas sostenibles, integrando el desarrollo local con la conservación ambiental.

## **2.2 Ecosistema**

Un ecosistema se define como una estructura compleja donde diversas formas de vida que se interrelacionan con su entorno físico y químico. Este entorno abarca elementos fundamentales para la interacción y los ciclos biogeoquímicos que aseguran el correcto funcionamiento del ecosistema. Los ecosistemas pueden presentarse en distintas formas, incluyendo bosques, praderas, cuerpos de agua como ríos y lagos, así como áreas marinas como océanos y arrecifes de coral.

La investigación y conservación de los ecosistemas resultan esenciales para la protección de la biodiversidad y para mantener el equilibrio ecológico en nuestro planeta (Odum y Barrett, 2006). Los ecosistemas ofrecen servicios ambientales cruciales para la supervivencia en la Tierra, como la regulación del clima y la preservación del suelo (Daily et al., 1997). Las acciones humanas, como la deforestación, la urbanización y el cambio climático, han impactado de manera significativa a muchos ecosistemas, causando una considerable pérdida de biodiversidad y deterioro ambiental.

### **2.2.1 Bosque Seco**

El bosque seco en Ecuador es un ecosistema ubicado en la región costera, destacado por su clima cálido y seco. Estos presentan una estacionalidad marcada, lo que significa que, durante gran parte del año, debido a la escasez de precipitaciones, muchas de sus especies vegetales pierden sus hojas. Sin embargo, cuando llegan las primeras lluvias, generalmente hacia el final del año, las plantas renuevan su follaje y florecen, lo que transforma el paisaje árido en uno más verde y vibrante. Este ecosistema ha sido habitado durante miles de años y ha proporcionado valiosos servicios ecológicos, tales como el suministro de recursos naturales y agua para el uso humano. (Muñoz et al., 2019).

A pesar de su gran importancia ecológica, los bosques secos están en una situación de vulnerabilidad debido a la presión que ejerce la actividad antrópica. Las comunidades locales que habitan estos territorios realizan actividades productivas, como la extracción de productos forestales tanto maderables como no maderables. Para muchas familias rurales, estos bosques tienen un alto valor económico, ya que proporcionan recursos esenciales para su subsistencia, e incluso productos destinados a la venta. Entre los usos más tradicionales de estos bosques se incluye la cría de ganado caprino y vacuno (Aguirre, 2012).

## **2.3 Cobertura y uso de suelo**

La cobertura hace referencia a la parte de la superficie terrestre que está cubierta por vegetación, cuerpos de agua, o suelo expuesto. En cambio, el uso del suelo se refiere a las acciones que se dan en esas áreas, como la agricultura, la urbanización o la industria (Li y Wu, 2004). Estos dos conceptos son fundamentales para entender los impactos ambientales y sociales de la transformación de los paisajes, dado que las modificaciones en la cobertura y uso

del suelo afectan de manera considerable en la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la calidad de la vida humana en diversas áreas (Turner et al., 2007).

### **2.3.1 Cambios en la cobertura y uso del suelo**

La transformación de paisajes naturales en paisajes dominados por actividad antrópica, como la agricultura, ganadería, urbanización y explotación de recursos, tiene impactos importantes en la calidad del agua, aire y biodiversidad. Estas transformaciones también afectan la salud, la seguridad alimentaria y contribuyen a la inestabilidad climática global (Lambin y Meyfroidt, 2011).

### **2.3.1 Categorías de uso de suelo**

En Ecuador, el Instituto Geográfico Militar (IGM, 2018) ha establecido una categorización de la cobertura y uso del suelo en seis clases que son las siguientes:

- **Áreas urbanas y suburbanas:** Incluyen asentamientos urbanos y suburbanos, como edificios, calles, parques, zonas verdes y otras áreas construidas.
- **Áreas agrícolas:** Comprenden terrenos destinados a cultivos agrícolas permanentes y temporales, tales como cultivos de exportación, frutales, granos y hortalizas.
- **Áreas de pastizales:** Se refiere a los terrenos utilizados para pastoreo, tanto natural como artificial, destinados a la producción ganadera.
- **Áreas forestales:** Incluyen zonas boscosas, tanto nativas como plantadas, así como áreas dedicadas a la biodiversidad.
- **Áreas acuáticas:** Comprenden cuerpos de agua, tanto de agua dulce como salada, tales como ríos, lagos, embalses y océanos.
- **Áreas no productivas:** Se refiere a terrenos no destinados a actividades productivas, como áreas protegidas, zonas de conservación y reservas naturales.

### **2.3.2 Mapas de uso de suelo**

Son herramientas esenciales para observar y analizar los cambios en el paisaje a lo largo del tiempo. Estos mapas proporcionan una representación detallada de los diversos tipos de cobertura y uso del suelo, permitiendo una evaluación precisa de las transformaciones en el territorio. Además, estos mapas juegan un papel crucial en la planificación y gestión ambiental, ayudando a determinar las zonas donde se producen los cambios más significativos (Foody, 2002).

La tecnología de teledetección, basada principalmente en imágenes satelitales, ha mejorado notablemente la precisión y resolución de los mapas, facilitando un análisis más detallado y fiable de los cambios. Con el uso de programas especializados, como ArcGIS, es posible identificar áreas que han experimentado importantes transformaciones, lo que permite realizar un seguimiento de los impactos de las actividades humanas (Lu et al., 2004).

## 2.4 Sistemas de información geográfica (SIG)

Son herramientas tecnológicas que analizan y visualizan datos geográficos a través del uso de bases de datos espaciales y cartografía digital. Estas herramientas tienen una gran variedad de aplicaciones, que van desde la organización urbana hasta la gestión de recursos ecosistémicos, la agricultura y la respuesta a emergencias. Los SIG son particularmente útiles porque permiten realizar análisis territoriales detallados, facilitando la distribución espacial de los datos disponibles (Nieto y Cárdenas, 2018).

### 2.4.1 Componentes de un SIG

De acuerdo con Chang (2008), los SIG constan de varios elementos clave que facilitan la captura, análisis, almacenamiento y visualización de datos geoespaciales. Estos componentes incluyen:

- **Hardware:** Refiriéndose a los dispositivos físicos, como computadoras y periféricos, necesarios para procesar y almacenar información geoespacial.
- **Software:** Programas que se utilizan para procesar, analizar y visualizar datos espaciales dentro de un SIG.
- **Datos:** La información geográfica utilizada, que puede provenir de diversas fuentes, como imágenes satelitales, mapas o sensores.
- **Procedimientos:** Las técnicas que permiten el manejo de datos, administración de bases de datos, análisis espacial, visualización y la interpretación de resultados.
- **Usuarios:** Las personas que aplican los datos para actividades como la planificación, la gestión de recursos ecosistémicos o la toma de decisiones en entidades públicas y privados.

## 2.5 Plataformas de información

Son conjuntos de herramientas y sistemas que facilitan la recolección, almacenamiento, procesamiento, análisis y visualización de datos, incluidos los geoespaciales. Estas plataformas han adquirido importancia en diversos campos como la ciencia, la tecnología y el gobierno, por su capacidad para manejar grandes cantidades de información y obtener datos valiosos (Shekhar y Xiong, 2007).

Estas herramientas son componentes esenciales en los SIG, ya que proporcionan la administración, análisis y almacenamiento de datos geográficos, permitiendo a los usuarios acceder y gestionar información espacial de forma eficiente.

Según Chang (2008) y Longley et al. (2005), algunas de las plataformas de información más comunes en un SIG incluyen:

- **Sistemas de gestión de bases de datos geospaciales (GeoDBMS):** Permiten el almacenamiento y la gestión de datos geospaciales, como mapas, imágenes, capas de información y tablas de datos.
- **Servicios de mapas web (WMS):** Facilitan la visualización de datos geospaciales en línea a través de mapas interactivos, permitiendo a los usuarios agregar o eliminar capas de información y hacer zoom en diferentes áreas del mapa.
- **Servicios de geocodificación:** Facilitan la conversión de direcciones o nombres de lugares en coordenadas geográficas, lo que es útil para la visualización de datos geospaciales en un mapa.
- **Herramientas de análisis geoespacial:** Estas herramientas permiten realizar análisis espaciales avanzados, como el análisis de rutas óptimas, proximidad o interpolación. Ejemplos de estas herramientas incluyen ArcGIS y QGIS.

## 2.6 Teledetección

Es un método que permite obtener información sobre la superficie del planeta Tierra y otros objetos sin necesidad de establecer contacto directo con ellos. Este proceso se realiza a través del análisis de datos recogidos por sensores remotos que están instalados en satélites, aviones o drones. Estos dispositivos recopilan información acerca de diversas características de la Tierra, como la vegetación, el uso del suelo y la topografía (Lillesand et al., 2015).

Cuando se combina la teledetección con los SIG, se potencian las capacidades de estudios tanto espacial como temporal. Esto permite obtener un entendimiento más profundo y detallado de los datos recolectados, facilitando el estudio de las modificaciones en el uso del suelo y otros fenómenos geospaciales a lo largo del tiempo (Weng, 2009).

### 2.6.1 Espectro electromagnético

Incluye todas las ondas y frecuencias de radiación electromagnética, que van desde las ondas de radiofrecuencia, el infrarrojo, microondas hasta la luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Estas ondas viajan a través del espacio y son utilizadas en campos como la radiodifusión, comunicaciones satelitales, radar y sistemas de GPS (Ante, 2022).

### 2.6.1 Imágenes multiespectrales

Las imágenes multiespectrales capturan diferentes ondas dentro del espectro en varias bandas, que incluyen tanto la luz visible como el infrarrojo. Estas imágenes son esenciales en la teledetección para analizar la superficie terrestre, identificar características geográficas y evaluar la calidad del suelo (He y Wang, 2021).

## **2.7 Satélites**

Los satélites son dispositivos que rodean la superficie terrestre y se utilizan para capturar imágenes y recopilar datos de diversas áreas, como la atmósfera y los océanos. Esta información es esencial para investigaciones en áreas como la agricultura, la climatología, la cartografía, la geología y la gestión de recursos naturales. Con el avance de la tecnología, los satélites han mejorado su capacidad para obtener información, convirtiéndose en herramientas clave para el monitoreo y la gestión del planeta (Lira, 2021).

### **2.7.1 Landsat**

Landsat es un programa de satélites gestionado por la NASA y la USGS que tiene como objetivo principal proporcionar imágenes multiespectrales de la Tierra. A lo largo de más de 40 años, ha sido una fuente confiable y continua de datos, permitiendo a investigadores y gestores monitorear cambios en la superficie terrestre en áreas como la cobertura vegetal, la agricultura, los recursos acuáticos, la gestión de los bosques y el cambio climático. Los datos proporcionados por Landsat han sido fundamentales para obtener más detalles de los recursos naturales y del entorno medioambiental (NASA, 2021).

## **2.8 Procesamiento de imágenes e interpretación digital**

Es un conjunto de técnicas y algoritmos destinados a manipular y mejorar las imágenes obtenidas por los satélites. Entre estos procesos se incluyen la corrección geométrica y radiométrica, la eliminación de ruido, el aumento en la calidad de las imágenes y la combinación de diferentes bandas espectrales para crear imágenes compuestas. Además, se puede extraer información relevante de los datos recopilados (Lu y Weng, 2007).

La interpretación digital de imágenes se refiere al análisis de los datos recopilados a partir de las imágenes, mediante el empleo de herramientas espaciales y de visualización. Este proceso incluye la identificación de elementos como cuerpos de agua, vegetación y áreas urbanas, así como la categorización de las imágenes en diferentes tipos de uso del suelo o cobertura terrestre (Lillesand et al., 2015).

### **2.8.1 Clasificación supervisada**

La clasificación supervisada es un método de interpretación de imágenes que utiliza datos de referencia o muestras para entrenar un algoritmo, el cual clasifica las imágenes en diferentes categorías. El proceso consiste en seleccionar un conjunto de píxeles representativos de cada categoría, que posteriormente se utilizan para entrenar el modelo de clasificación. Este clasificador se aplica luego a toda la imagen, asignando a cada píxel una categoría basada en las muestras de referencia (Congalton y Green, 2019).

### **2.8.2 Clasificación no supervisada**

Es un proceso análisis y lectura de imágenes satelitales en el que el algoritmo de clasificación no requiere datos de referencia o muestras para identificar diferentes categorías de

objetos o coberturas del suelo. En este caso, el algoritmo agrupa automáticamente los píxeles de la imagen en clases o categorías similares según sus características espectrales, sin que el usuario defina previamente las categorías de interés. Posteriormente, el usuario debe interpretar las clases resultantes para asignarles una categoría específica (Congalton y Green, 2019).

## **2.9 Análisis multitemporal**

Se refiere al análisis de las modificaciones de un paisaje a lo largo del tiempo. Este análisis se realiza mediante la comparación de datos obtenidos en diferentes momentos, lo que permite identificar patrones de transformación y entender los procesos dinámicos que afectan el territorio. Esta técnica es fundamental para evaluar tendencias y detectar alteraciones en el paisaje causadas tanto por actividades humanas como por fenómenos naturales (Turner et al., 2001; Wu, 2013).

### **2.10 Plan de restauración ecológica**

Es un conjunto de acciones diseñadas para recuperar ecosistemas que han sido degradados o alterados, con el objetivo de mejorar su funcionalidad y salud. Según la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2021), implica un proceso que busca iniciar o acelerar la salvación de los ecosistemas hacia un estado de mayor sostenibilidad, integridad y resiliencia. Para desarrollar este plan, es necesario seguir una serie de pasos. Estos incluyen:

- **Definir objetivos y metas:** Establecer claramente los objetivos del plan, como la restauración de la biodiversidad o la mejora de los servicios que brindan los ecosistemas.
- **Evaluar la situación actual:** Realizar un diagnóstico completo del estado del ecosistema y las causas de su degradación.
- **Seleccionar estrategias de restauración:** Identificar las técnicas más adecuadas según el diagnóstico, como la reforestación o control de especies invasoras.
- **Implementar medidas de restauración:** Poner en marcha las acciones de manera sistemática y siguiendo los procedimientos adecuados.
- **Evaluar y monitorear:** Llevar a cabo un monitoreo constante para evaluar las acciones y ajustar si es necesario (Ullón, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

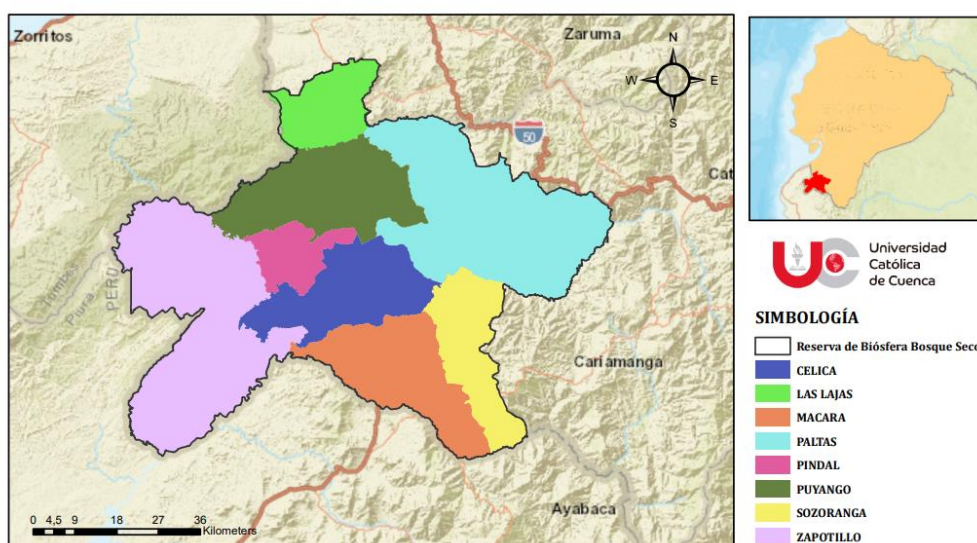
#### 3.1 Zona de estudio

El estudio fue realizado en la Reserva de Biósfera "Bosque Seco", situada en el suroeste de Ecuador, abarcando las provincias El Oro y Loja. Esta reserva incluye los cantones de Paltas, Zapotillo, Sozoranga, Puyango, Macará, Pindal y Celica en Loja, así como Las Lajas en la provincia de El Oro. La reserva tiene una superficie total de 501,040 hectáreas y alberga una cantidad estimada de habitantes de 106,016 personas (INEC, 2010). Las altitudes en la zona de estudio varían entre los 80 y los 3,100 msnm, lo que contribuye a la diversidad de especies que habitan la reserva.

En esta área existen aproximadamente 500 especies de plantas y una rica fauna, que incluye unas 200 especies de aves, 30 de mamíferos y más de 40 especies de reptiles y anfibios. Esta biodiversidad subraya la importancia de la reserva para la preservación de especies locales (Muñoz, Armijos-Ojeda, & Erazo, 2019).

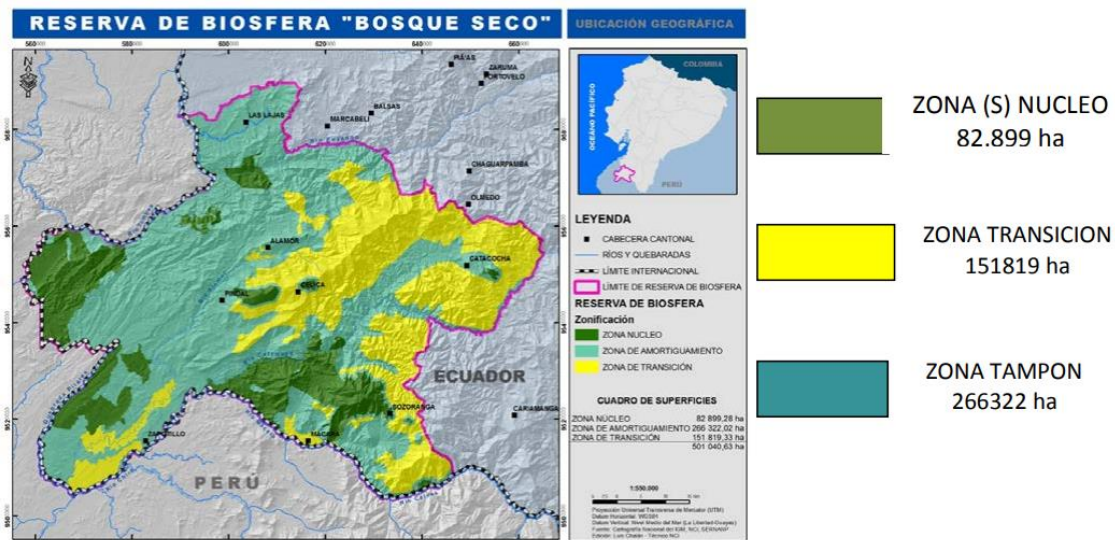
La reserva también limita con la del Noroeste Amotape Manglares del Perú, formando así la mayor área continua de bosque seco ecuatorial en esta región. Dentro de su territorio se encuentran diversas áreas de interés, como un área de protección, 9 áreas de conservación de aves, y otras del programa Socio Bosque, así como zonas arqueológicas y patrimonios naturales. Entre estos se incluyen el Bosque Petrificado Puyango y bienes culturales como la ciudad de Catacocha y el reloj de ocho esferas en Alamor (Comité de Gestión de la Reserva de Biósfera Bosque Seco, 2018).

#### MAPA DE UBICACIÓN DE LA RESERVA DE BIÓSFERA "BOSQUE SECO"



**Figura 1:** Ubicación de la zona de estudio

**Fuente:** Autora



**Figura 2:** Reserva de Biósfera “Bosque Seco”

**Fuente:** (Comité de Gestión de la Reserva de Biósfera Bosque Seco, 2018)

Las áreas núcleo son apreciadas principalmente por los servicios que brindan los ecosistemas, que son indispensables para la subsistencia. En la zona tampón, las principales actividades son la agricultura, ganadería y la explotación de productos forestales no maderables, siendo los residentes locales los principales beneficiarios. En la zona de transición, la mayoría de los habitantes se dedican a actividades de servicio y al comercio, destacándose como los usuarios más representativos de esta área (Mancomunidad Bosque Seco y Comité de Gestión de la Reserva de Biósfera Bosque Seco, 2018).

### 3.2 Recolección de información base

Durante esta fase, se recopilaban diferentes tipos de datos necesarios para entender las modificaciones en el uso del suelo a lo largo del tiempo. Se emplearon como fuentes principales de información el Instituto Geográfico Militar (IGM) y varias instituciones tanto públicas como privadas relacionadas con la investigación, manejo y administración de la reserva. Esta colaboración proporcionó valiosa información cartográfica para desarrollar mapas temáticos.

Además, se realizaron levantamientos de campo con el fin de obtener datos adicionales, como las características del suelo, la vegetación y las infraestructuras presentes. Estos datos constituyen una línea base completa y precisa, indispensable para analizar y evaluar el cambio en el uso del suelo.

La recolección de esta información es fundamental para asegurar la calidad y confiabilidad del análisis multitemporal, lo que permite un entendimiento más profundo de los factores y procesos que impactan en la transformación del uso del suelo.

### 3.3 Preprocesamiento de datos base

Los archivos con vectores en formato *shapefile* fueron organizados y estructurados dentro de una base de datos geoespacial con coordenadas UTM y el Datum WGS84 Zona 17S. Esto permitió generar un mapa base que sirvió como principal recurso para la elaboración de la cartografía temática, proporcionando una plataforma sólida para el análisis y desarrollo de estudios posteriores en la zona de estudio.

### 3.4 Elaboración de cartografía temática

Para generar esta cartografía que contiene información de distintos aspectos de la reserva, se emplearon herramientas disponibles en ArcMap 10.5, junto con los datos e información recopilados en las fases anteriores del estudio. Los tipos de mapas temáticos que se crearon incluyen los siguientes:

- **Mapa geológico:** Representa la distribución de las formaciones geológicas en la reserva.
- **Mapa de pendientes:** Muestra las variaciones en la inclinación del terreno, lo cual es importante para identificar áreas vulnerables a la erosión o deslizamientos.
- **Mapa de tipos de clima:** Proporciona información sobre las diversas zonas climáticas dentro de la reserva.
- **Mapa hidrológico:** Indica la presencia y distribución de agua en la reserva.

### 3.5 Obtención de imágenes satelitales

Estas imágenes fueron obtenidas mediante la plataforma proporcionada por el USGS. En este caso, se utilizaron imágenes del programa Landsat, caracterizadas por una resolución espacial de 30 metros.

La selección de las imágenes se realizó basándose en ciertos criterios, entre ellos que el nivel de nubosidad fuera inferior al 10%, y que las fechas coincidieran con los meses entre marzo y agosto, correspondientes a la temporada seca en la reserva, lo que aseguró mayor la precisión en el análisis.

### 3.6 Preprocesamiento de imágenes satelitales

En esta fase, se aplicaron diversas técnicas para corregir las imágenes antes de su análisis. El software ENVI versión 5.3 se utilizó para realizar las correcciones, como la corrección geométrica para alinear las imágenes con su posición geográfica, la corrección atmosférica para compensar las interferencias y la calibración radiométrica para asegurar la precisión de los datos. Estas técnicas nos garantiza la eficacia de los datos obtenidos (Lillesand et al., 2015).

### 3.7 Determinación de clases de uso de suelo

En esta investigación se establecieron 8 categorías de cobertura vegetal y usos de suelo en la reserva, de acuerdo con la tabla de clasificación sugerida por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica:

**Tabla 1:** Clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo

| <b>Clasificación</b>                   | <b>Definición</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tierra agropecuaria</b>             | Áreas dedicadas a agricultura y ganadería. Incluye tierras destinadas a cultivos anuales, semipermanentes y permanentes, así como pastizales para la cría de ganado. Estas áreas suelen requerir manejo intensivo para asegurar la producción sostenible.                           |
| <b>Bosque nativo</b>                   | Zonas con vegetación forestal autóctona, compuestas por bosques primarios y secundarios. Estas áreas son importantes para los servicios que brinda el ecosistema, como la captura de carbono y la protección del suelo.                                                             |
| <b>Vegetación arbustiva y herbácea</b> | Terrenos dominados por especies leñosas de bajo porte (arbustos) y vegetación herbácea. Suelen encontrarse en áreas degradadas en proceso de recuperación o en zonas que han sido abandonadas tras el uso agrícola. También son utilizadas para pastoreo de ganado en épocas secas. |
| <b>Área sin cobertura vegetal</b>      | Regiones que carecen de una cubierta vegetal significativo, ya sea por procesos de degradación, erosión o por actividades extractivas como la minería. Estas áreas están expuestas a la erosión y requieren acciones de restauración para evitar la desertificación.                |
| <b>Cuerpo de agua natural</b>          | Comprende masas de agua como ríos, lagos, lagunas, humedales y estuarios. Estas áreas juegan un papel clave en el mantenimiento del ciclo hidrológico y son fundamentales para la vida silvestre y el suministro de agua.                                                           |
| <b>Área poblada</b>                    | Territorios urbanizados y suburbanizados, ocupados por infraestructuras residenciales, comerciales e industriales. Estas áreas incluyen ciudades, pueblos y asentamientos rurales, donde se concentran actividades económicas y sociales.                                           |
| <b>Plantación forestal</b>             | Terrenos donde se ha establecido la reforestación con especies arbóreas, generalmente con fines comerciales. Las plantaciones forestales pueden incluir especies nativas o exóticas, y se manejan para la producción de madera, pulpa, o productos forestales no maderables.        |
| <b>Infraestructura</b>                 | Espacios ocupados por obras de infraestructura, tales como carreteras, puentes, líneas de transmisión eléctrica, sistemas de riego y otras construcciones que facilitan el desarrollo socioeconómico en las zonas rurales y urbanas.                                                |

**Fuente:** Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2024

### **3.8 Análisis multitemporal**

Para realizar este análisis se segmentaron las imágenes en unidades espaciales homogéneas, utilizando técnicas de segmentación que agrupan píxeles o grupos de píxeles similares. Posteriormente, se realizó la clasificación de las unidades segmentadas en diferentes clases de uso del suelo, como bosques, tierras agropecuarias, áreas pobladas, cuerpos de agua natural, etc.

### **3.9 Plan de Manejo y Restauración Ecológica**

Este plan se diseñó para abordar las áreas más afectadas por la degradación ecológica. El alcance del plan abarca desde la recuperación de ecosistemas hasta el control de acciones que afectan de manera negativa en la reserva. Las estrategias se enfocan en la conservación de hábitats clave, la participación comunitaria y el fomento de la educación ambiental.

Este enfoque integral combina un análisis exhaustivo de la situación de las zonas degradadas, un estudio multitemporal, y la implementación de estrategias adaptadas a las características ecológicas específicas. A través de mapeos detallados, se identificaron las áreas críticas que requieren intervención. Se implementaron técnicas de restauración como la reforestación y la regeneración natural asistida. Además, se ejecutaron programas piloto para evaluar la efectividad de las intervenciones.

Se adoptaron también medidas para controlar las actividades humanas y eliminar las especies invasoras. El plan impulsa prácticas sostenibles dentro de las comunidades locales y promueve la educación ambiental para conservar a largo plazo los ecosistemas restaurados. Un sistema de monitoreo y evaluación robusto asegura el seguimiento de las acciones implementadas, utilizando indicadores y protocolos de muestreo precisos.

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos ofrecen una visión profunda sobre las modificaciones en la cobertura y el uso del suelo en la Reserva de Biósfera "Bosque Seco" durante el periodo analizado. Estos resultados son cruciales para comprender los procesos de modificación del paisaje y para priorizar áreas de conservación, además de definir estrategias efectivas para la gestión y restauración de los ecosistemas existentes.

### 4.1 Diagnóstico de la Reserva de Biosfera "Bosque Seco"

Es imprescindible realizar un diagnóstico utilizando mapas temáticos de la reserva antes de proceder con un análisis multitemporal. Dichos mapas proporcionan una valiosa información sobre el entorno, identifican las características clave del área y establecen una línea base esencial para entender las transformaciones que han ocurrido a lo largo del tiempo. Además, estos datos permiten tomar decisiones informadas que promuevan la gestión adecuada y la conservación de la reserva, asegurando que se implementen estrategias sostenibles y eficaces de mitigación ambiental.

A continuación, se presentan los diferentes mapas temáticos:

- **Mapa de pendientes:**

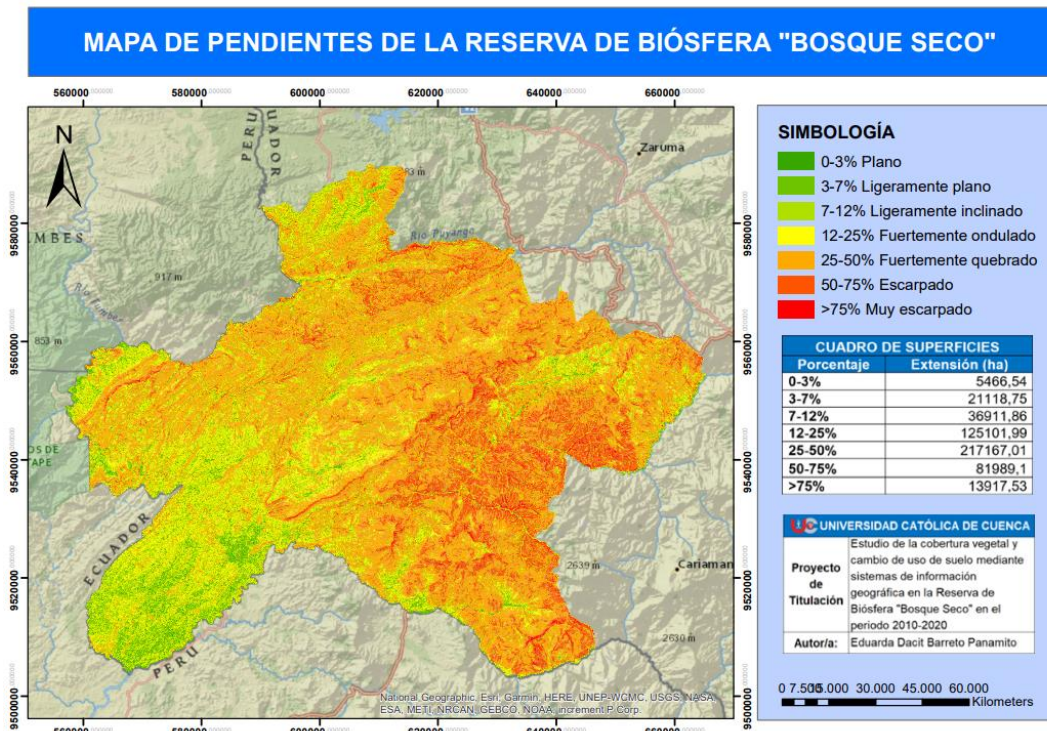
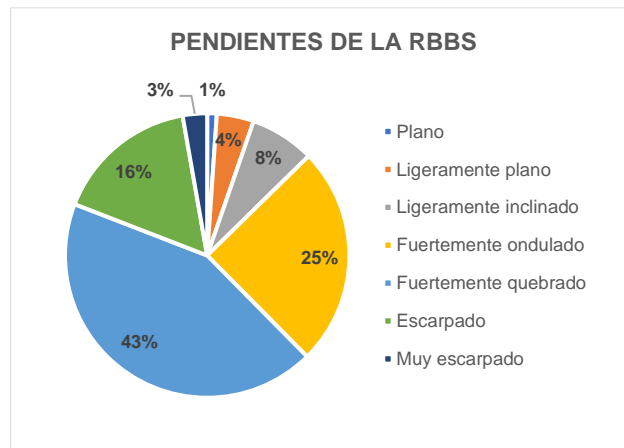


Figura 3: Mapa de pendientes

Fuente: Autora

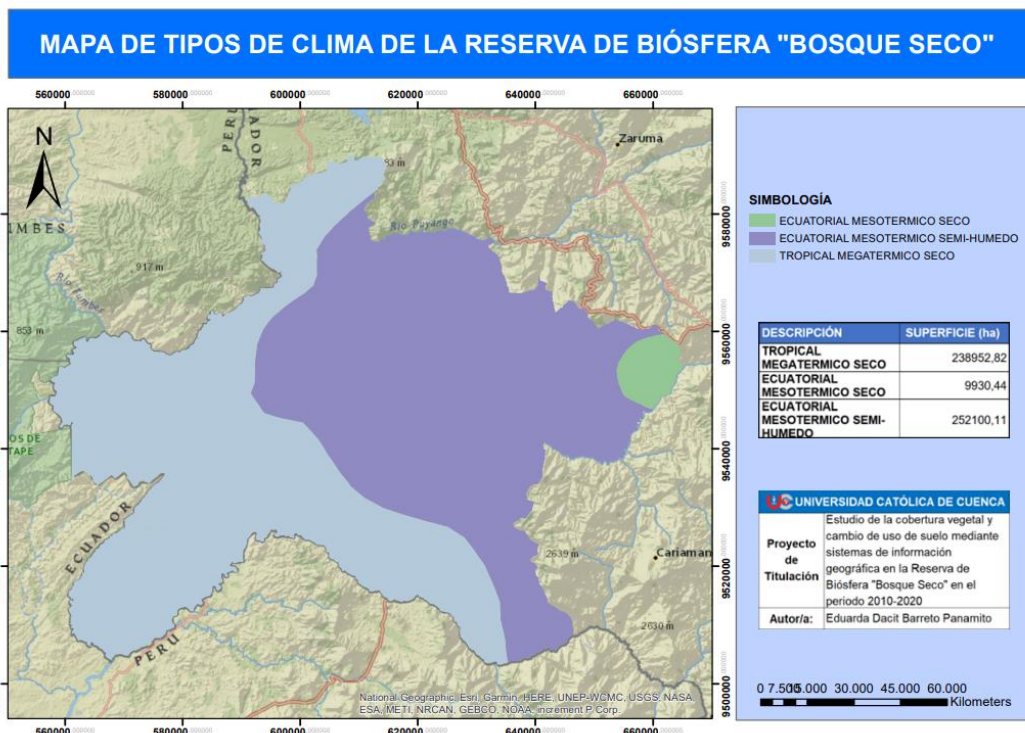
El conocimiento de las pendientes es fundamental en un estudio multitemporal para analizar y entender cómo las características topográficas afectan en los cambios de uso del suelo a lo largo del tiempo. Se observó que el relieve fuertemente quebrado abarca el 43% de la superficie total de la reserva siendo la que destaca, con una superficie de 217,167.1 hectáreas. El relieve fuertemente ondulado representa el 25% con una extensión de 125,101.99 hectáreas. El relieve escarpado ocupa el 16% del área, correspondiente a 81,989.1 hectáreas. El relieve ligeramente inclinado abarca el 8% y se extiende en 36,911.86 hectáreas. El relieve ligeramente plano ocupa el 4% con un área de 21,118.75 hectáreas. El relieve muy escarpado corresponde al 3% y abarca 13,917.53 hectáreas. Por último, el relieve plano representa el 1% con una extensión de 5,466.54 hectáreas.



**Figura 4:** Distribución porcentual de las pendientes

**Fuente:** Autora

- **Mapa de tipos de clima**



**Figura 5:** Mapa de tipos de clima

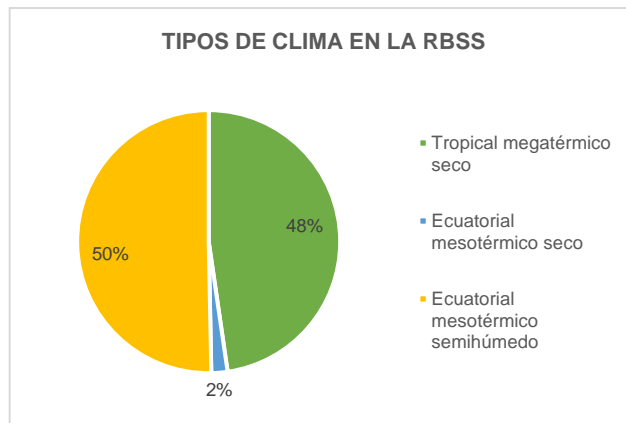
**Fuente:** Autora

El análisis de este mapa, revela la distribución de los diferentes climas presentes. En este caso, se identificaron tres tipos principales de clima: ecuatorial mesotérmico semihúmedo, tropical mega térmico seco y ecuatorial mesotérmico seco.

El clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo ocupó la mayor superficie dentro del área de investigación, con un total de 252,100.11 hectáreas, que corresponde al 50% del área total. Este clima se caracteriza por temperaturas calientes a lo largo del año y una temporada húmeda marcada, con precipitaciones abundantes. La extensión significativa de este clima indica que gran parte del área se encuentra bajo condiciones climáticas propicias para el desarrollo de una vegetación exuberante y diversa.

El clima tropical mega térmico seco ocupó el 48% del área con una extensión de 238,952.82 hectáreas. Este clima lleva temperaturas altas todo el año y una estación seca prolongada, con precipitaciones escasas. La presencia de este clima en una extensión considerable del área indica la presencia de condiciones más secas y menos favorables para el crecimiento de vegetación densa.

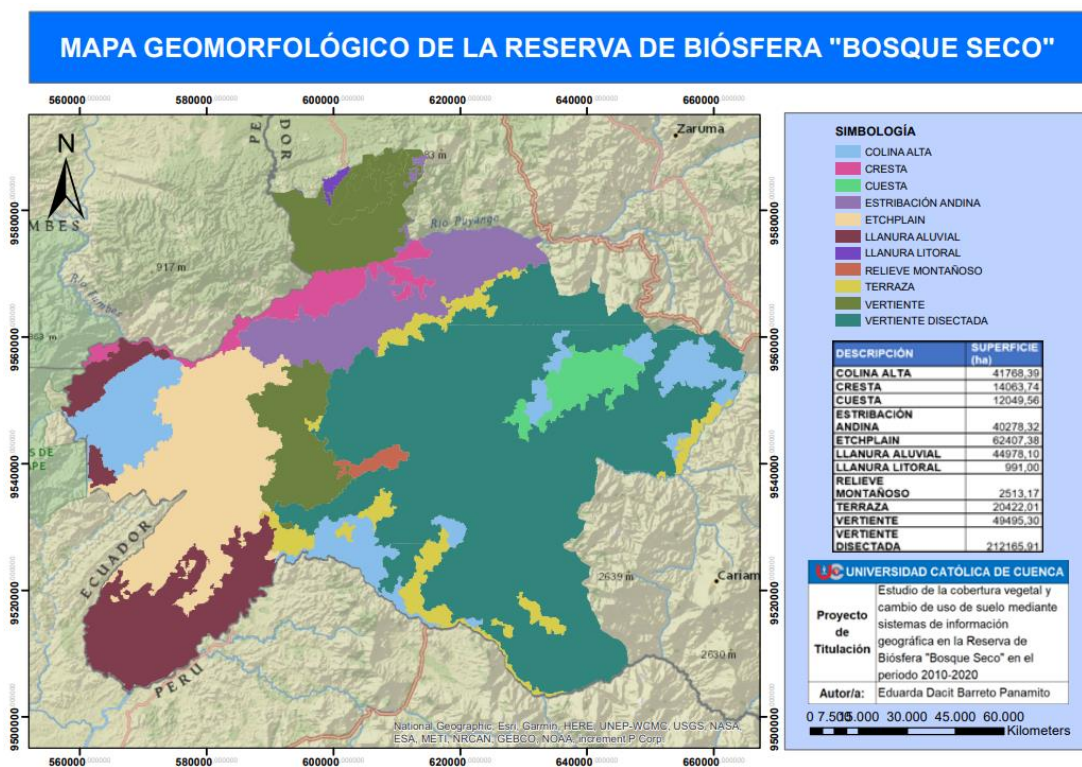
El clima ecuatorial mesotérmico seco fue identificado en una extensión de 9,930.44 hectáreas que corresponde al 2% del área. Este clima se caracteriza por ser caliente a lo largo del año y una estación seca moderada. La menor extensión de este clima sugiere que sólo se encuentra presente en áreas específicas dentro del área de estudio.



**Figura 6:** Distribución porcentual de los tipos de climas

Fuente: Autora

- **Mapa Geomorfológico**



**Figura 7:** Mapa geomorfológico

Fuente: Autora

Se identificaron varias unidades geomorfológicas con sus respectivas extensiones en hectáreas. La "Colina Alta" abarca un área de 41,768.39 ha y se caracteriza por su elevación y pendientes pronunciadas. La "Cresta" ocupa 14,063.74 ha y se refiere a una línea estrecha y elevada en el terreno. La "Cuesta" se extiende sobre 12,049.56 ha y se caracteriza por pendientes suaves y regulares.

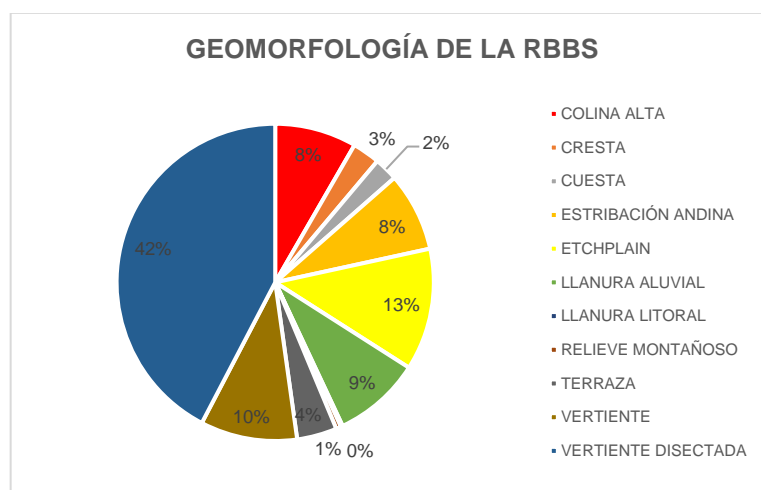
La "Estribación Andina" cubre 40,278.32 ha y representa áreas de transición entre las montañas y las tierras bajas, con pendientes moderadas y valles más amplios. El "Etchplain"

ocupa 62,407.38 ha y se refiere a superficies planas y niveladas en el paisaje, posiblemente resultado de procesos erosivos o deposicionales.

Las "Llanuras Aluviales" abarcan 44,978.10 ha y son áreas fértiles formadas por la deposición de sedimentos transportados por los ríos. La "Llanura Litoral" ocupa 991 ha y se encuentra en la zona costera, caracterizada por áreas bajas y planas cercanas al mar.

El "Relieve Montañoso" cubre 2,513.17 ha y se refiere a áreas con características montañosas y pendientes pronunciadas. Las "Terrazas" ocupan 20,422.01 ha y representan superficies planas o ligeramente inclinadas asociadas con niveles de base fluvial antiguos. Las "Vertientes" abarcan 49,495.30 ha y representan las pendientes de las laderas de las montañas.

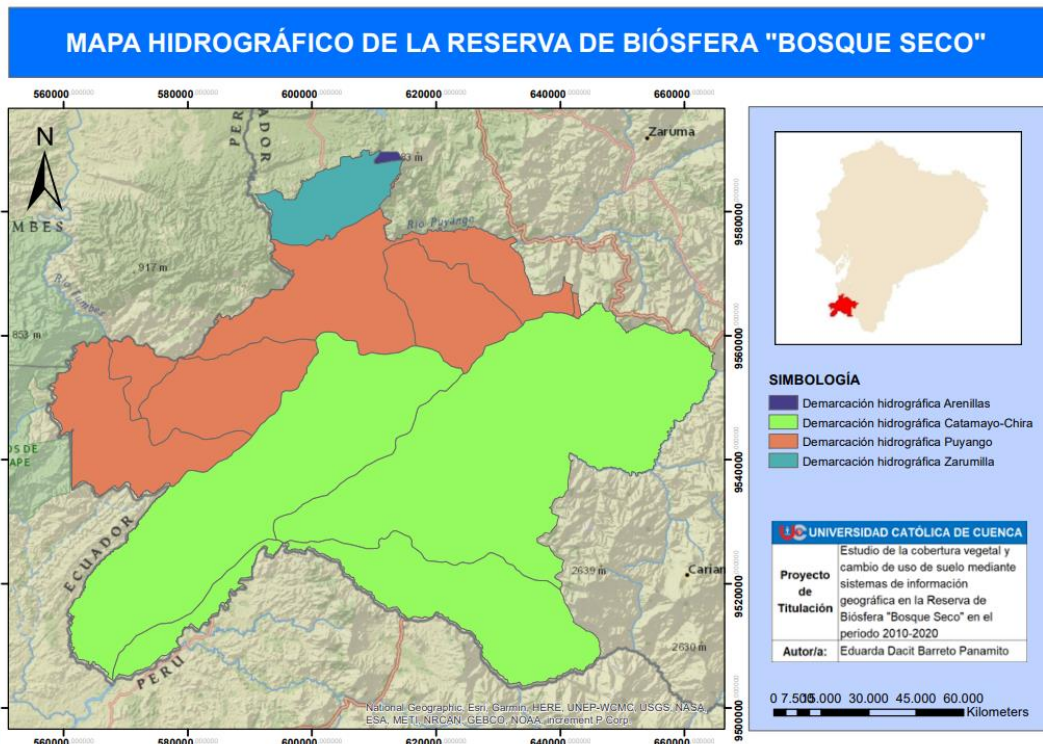
Finalmente, la "Vertiente Disectada" cubre una extensión considerable de 212,165.91 ha y se caracteriza por una topografía fracturada y erosionada, con valles profundos y crestas irregulares.



**Figura 8:** Distribución porcentual de la geomorfología

**Fuente:** Autora

- **Mapa hidrográfico**



**Figura 9:** Mapa hidrográfico

**Fuente:** Autora

El mapa hidrográfico en la Reserva de Biosfera muestra las diferentes cuencas y subcuencas hidrográficas presentes. Este mapa es esencial para comprender la organización y la delimitación de las áreas de drenaje de agua en la reserva.

Entre las demarcaciones hidrográficas se encuentra:

- Catamayo-Chira,
- Puyango,
- Arenillas,
- Zarumilla.

El 53% del territorio se encuentra en zonas susceptibles a movimientos en masa, por lo cual, la reserva es susceptible a cambios significativos en el paisaje, especialmente en aquellas áreas donde ocurren con frecuencia o en áreas vulnerables a la erosión y la inestabilidad del suelo (Prefectura de Loja, 2019).

Diversas investigaciones han resaltado la importancia de considerar variables como pendiente, clima, geomorfología e hidrografía al analizar el cambio de uso de suelo y cubierta vegetal. Por ejemplo, Brown et al., (2007) encontraron que las áreas con pendientes pronunciadas mostraron una mayor susceptibilidad a la erosión, lo que llevó a la degradación paisajística. Este resultado es consistente con los hallazgos de Tewabe y Fentahun (2020), quienes identificaron una correlación entre la geomorfología del terreno y la distribución de

actividades antrópicas, con zonas de laderas empinadas siendo más propensas a la conversión de tierras agrícolas y la deforestación. Además, el estudio realizado por Cevallos (2020), destacó la importancia de los factores climáticos, como la distribución de la precipitación y temperatura en los patrones de vegetación y uso del suelo. Estas investigaciones destacan la necesidad de integrar la información sobre estas variables en el manejo de la reserva para promover su conservación.

#### **4.2 Análisis de cambios de uso de suelo en la Reserva de Biósfera Bosque Seco entre los años 2010-2020**

Para el análisis de estos cambios se utilizó herramientas del SIG. Para ello, se interpretaron imágenes satelitales de alta resolución tomadas en diferentes momentos a lo largo de la década, lo que permitió realizar una clasificación precisa de la vegetación y detectar cambios significativos en el uso del suelo. Durante este periodo, se generaron cuatro mapas correspondientes a los años 2014, 2016, 2018 y 2020, los cuales sirvieron como base para el análisis.

##### **4.2.1 Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014.**

Para el año 2014 en la reserva, se registra las siguientes extensiones (Ver Tabla 2, y Figura 10 y 11): Tierra agropecuaria (254,443.91 ha) cubre la mayor superficie de la reserva, siendo del 50.81%; Bosque nativo (230,947.33 ha) representa el 46.12%; Vegetación arbustiva y herbácea (6,119.37 ha) cubre el 1.22%, y las coberturas que ocupan la menor extensión del territorio corresponden a Área sin cobertura vegetal (4,306.10 ha), Cuerpo de agua natural (3,232.57 ha), Área poblada (1,145.53 ha), Plantación forestal (515.89 ha) e Infraestructura (33.84 ha), siendo estas de 0.86%, 0.65%, 0.23%, 0.10% y 0.01% respectivamente.

**Tabla 2:** Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014

| <b>Uso del suelo y cobertura vegetal<br/>Año 2014</b> |                   |               |  |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------|--|
| <b>Clasificación</b>                                  | <b>Área (Ha)</b>  | <b>%</b>      |  |
| Tierra agropecuaria                                   | 254,443.91        | 50.81         |  |
| Bosque nativo                                         | 230,947.33        | 46.12         |  |
| Vegetación arbustiva y herbácea                       | 6,119.37          | 1.22          |  |
| Área sin cobertura vegetal                            | 4,306.10          | 0.86          |  |
| Cuerpo de agua natural                                | 3,232.57          | 0.65          |  |
| Área poblada                                          | 1,145.53          | 0.23          |  |
| Plantación forestal                                   | 515.89            | 0.10          |  |
| Infraestructura                                       | 33.84             | 0.01          |  |
| <b>Total</b>                                          | <b>500,744.54</b> | <b>100.00</b> |  |

**Fuente:** Autora

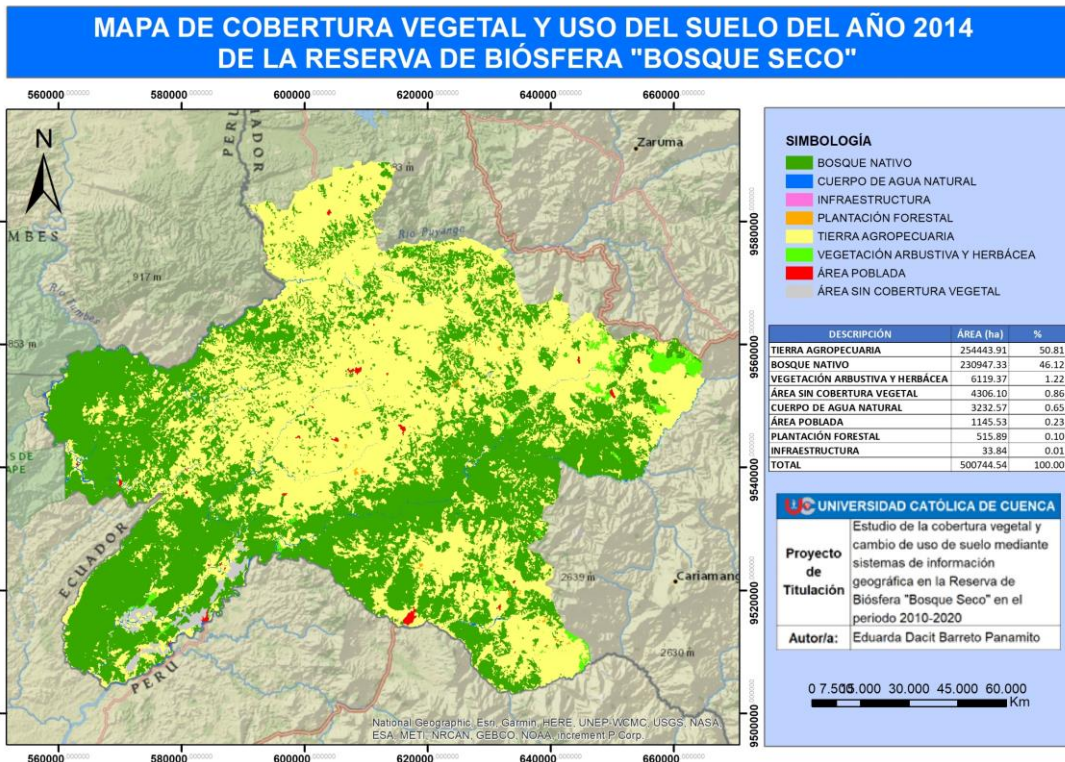


Figura 10: Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2014

Fuente: Autora

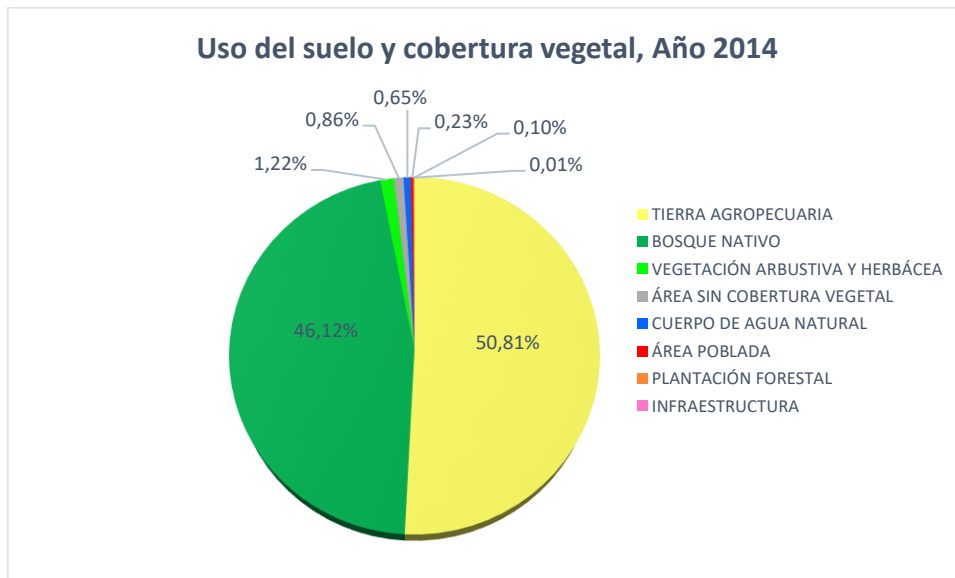


Figura 11: Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2014

Fuente: Autora

#### 4.2.2 Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016.

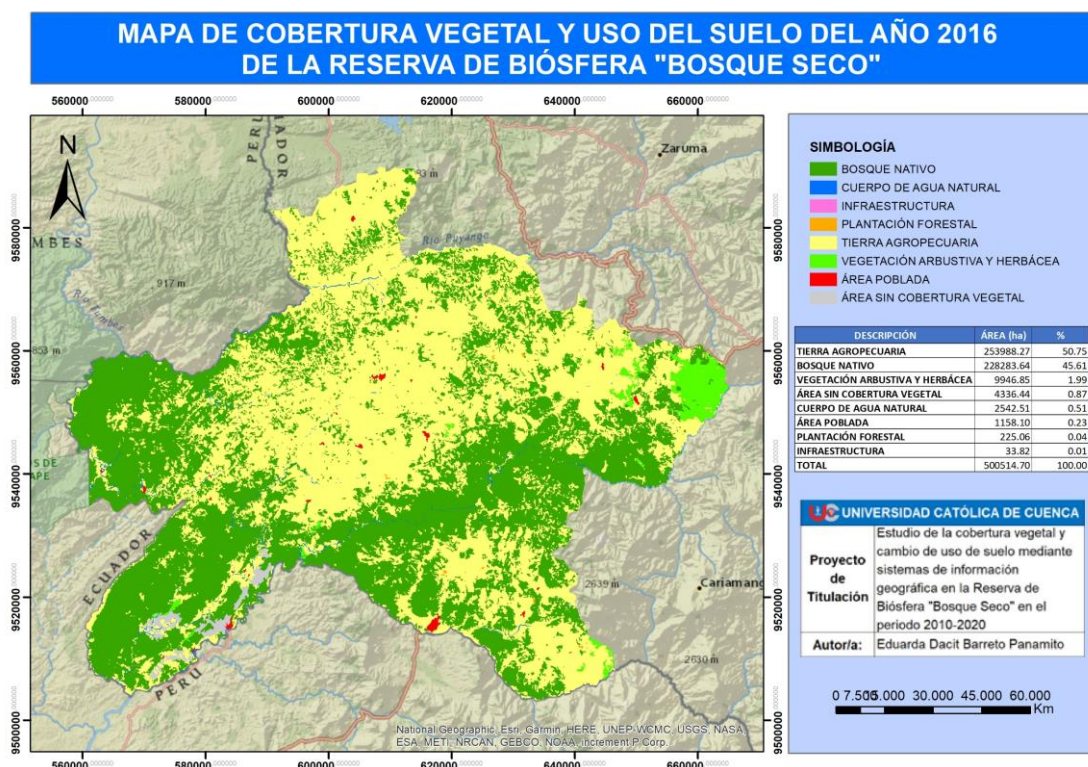
Para el año 2016 en la reserva registra las siguientes extensiones (Ver Tabla 3, y Figura 12 y 13): Tierra agropecuaria (253,988.27 ha) cubre la mayor superficie de la reserva, siendo del

50.75%; Bosque nativo (228,283.64 ha) representa el 45.61%; Vegetación arbustiva y herbácea (9,946.85 ha) cubre el 1.99%, y las coberturas que ocupan la menor extensión del territorio corresponden a Área sin cobertura vegetal (4,336.44 ha), Cuerpo de agua natural (2,542.51 ha), Área poblada (1,158.10 ha), Plantación forestal (225.06 ha) e Infraestructura (33.82 ha), siendo estas de 0.87%, 0.51%, 0.23%, 0.04% y 0.01% respectivamente.

**Tabla 3:** Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016

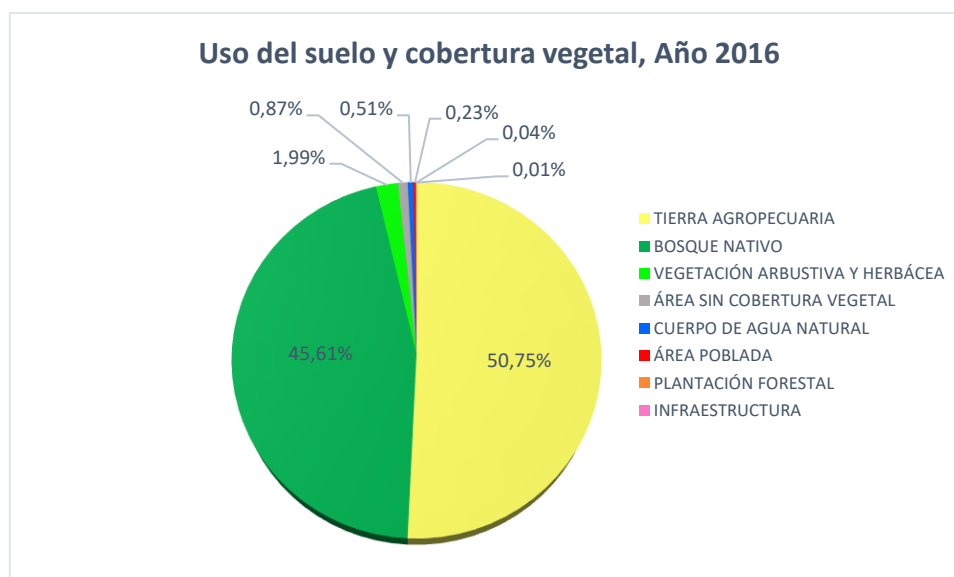
| <b>Uso del suelo y cobertura vegetal<br/>Año 2016</b> |                   |               |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| <b>Clasificación</b>                                  | <b>Área (Ha)</b>  | <b>%</b>      |
| Tierra agropecuaria                                   | 253,988.27        | 50.75         |
| Bosque nativo                                         | 228,283.64        | 45.61         |
| Vegetación arbustiva y herbácea                       | 9,946.85          | 1.99          |
| Área sin cobertura vegetal                            | 4,336.44          | 0.87          |
| Cuerpo de agua natural                                | 2,542.51          | 0.51          |
| Área poblada                                          | 1,158.10          | 0.23          |
| Plantación forestal                                   | 225.06            | 0.04          |
| Infraestructura                                       | 33.82             | 0.01          |
| <b>Total</b>                                          | <b>500,514.70</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: Autora



**Figura 12:** Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2016

Fuente: Autora



**Figura 13:** Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016

**Fuente:** Autora

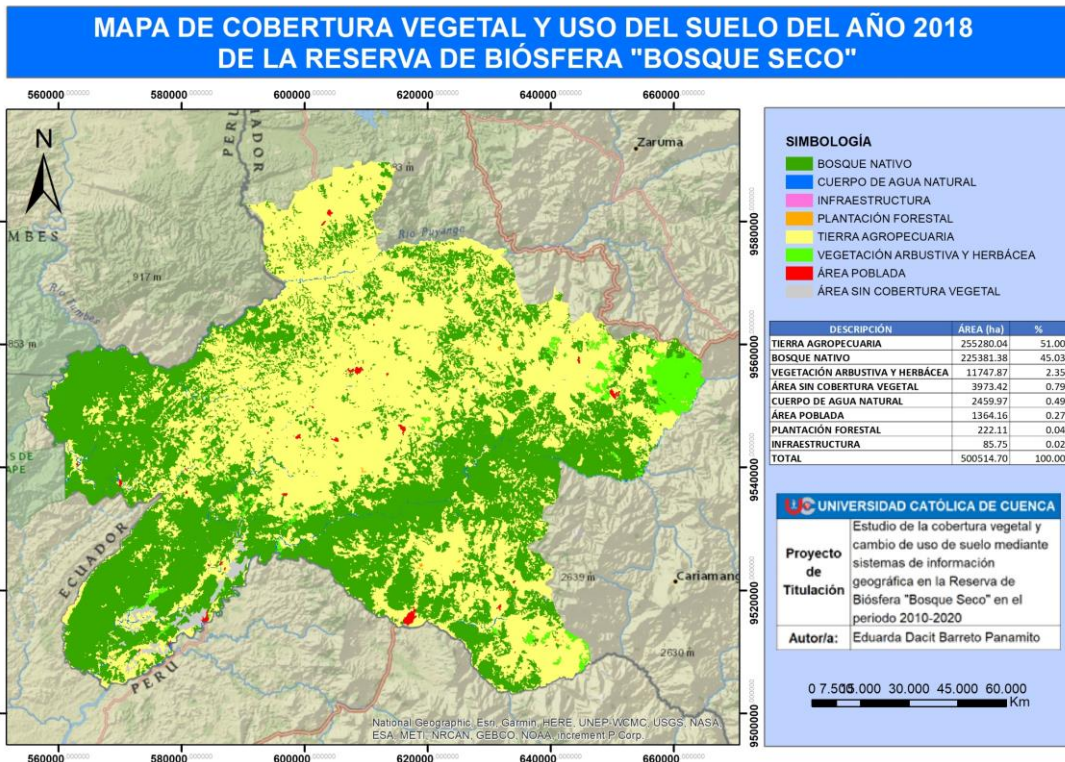
#### 4.2.3 Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018.

Para el año 2018, registra las siguientes extensiones (Ver Tabla 4, y Figura 14 y 15): Tierra agropecuaria (255,280.04 ha) cubre la mayor superficie de la reserva, siendo del 51%; Bosque nativo (225,381.38 ha) representa el 45.03%; Vegetación arbustiva y herbácea (11,747.87 ha) cubre el 2.35%, y las coberturas que ocupan la menor extensión del territorio corresponden a Área sin cobertura vegetal (3,973.42 ha), Cuerpo de agua natural (2,459.97 ha), Área poblada (1,364.16 ha), Plantación forestal (222.11 ha) e Infraestructura (85.75 ha), siendo estas de 0.79%, 0.49%, 0.27%, 0.04% y 0.02% respectivamente.

**Tabla 4:** Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018

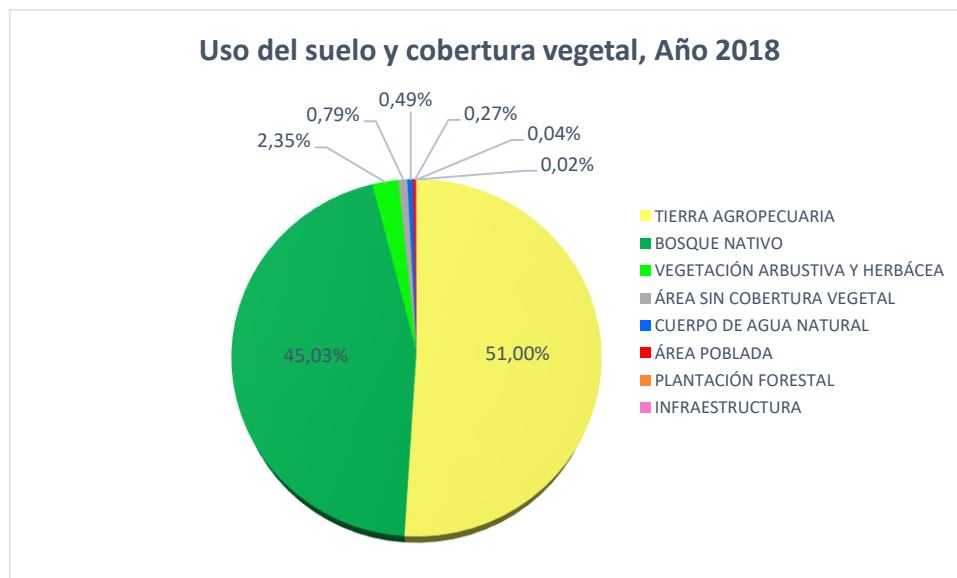
| <b>Uso del suelo y cobertura vegetal<br/>Año 2018</b> |            |        |  |
|-------------------------------------------------------|------------|--------|--|
| Clasificación                                         | Área (Ha)  | %      |  |
| Tierra agropecuaria                                   | 255,280.04 | 51.00  |  |
| Bosque nativo                                         | 225,381.38 | 45.03  |  |
| Vegetación arbustiva y herbácea                       | 11,747.87  | 2.35   |  |
| Área sin cobertura vegetal                            | 3,973.42   | 0.79   |  |
| Cuerpo de agua natural                                | 2,459.97   | 0.49   |  |
| Área poblada                                          | 1,364.16   | 0.27   |  |
| Plantación forestal                                   | 222.11     | 0.04   |  |
| Infraestructura                                       | 85.75      | 0.02   |  |
| Total                                                 | 500,514.70 | 100.00 |  |

**Fuente:** Autora



**Figura 14:** Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2018

Fuente: Autora



**Figura 15:** Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2018

Fuente: Autora

#### 4.2.4 Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020.

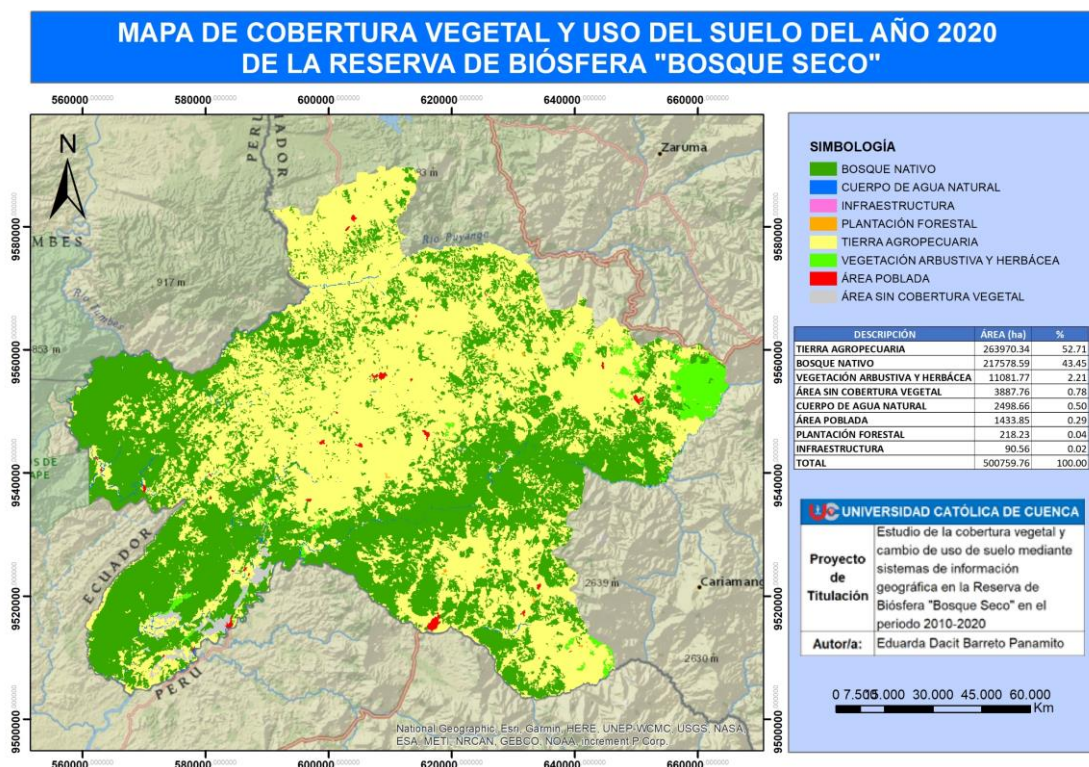
Para el año 2020 registra las siguientes extensiones (Ver Tabla 5, y Figura 16 y 17): Tierra agropecuaria (263,970.34 ha) cubre la mayor superficie de la reserva, siendo del 52.71%; Bosque

nativo (217,578.59 ha) representa el 43.45%; Vegetación arbustiva y herbácea (11,081.77 ha) cubre el 2.21%, y las coberturas que ocupan la menor extensión del territorio corresponden a Área sin cobertura vegetal (3,887.76 ha), Cuerpo de agua natural (2,498.66 ha), Área poblada (1,433.85 ha), Plantación forestal (218.23 ha) e Infraestructura (90.56 ha), siendo estas de 0.78%, 0.50%, 0.29%, 0.04% y 0.02% respectivamente.

**Tabla 5:** Superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020

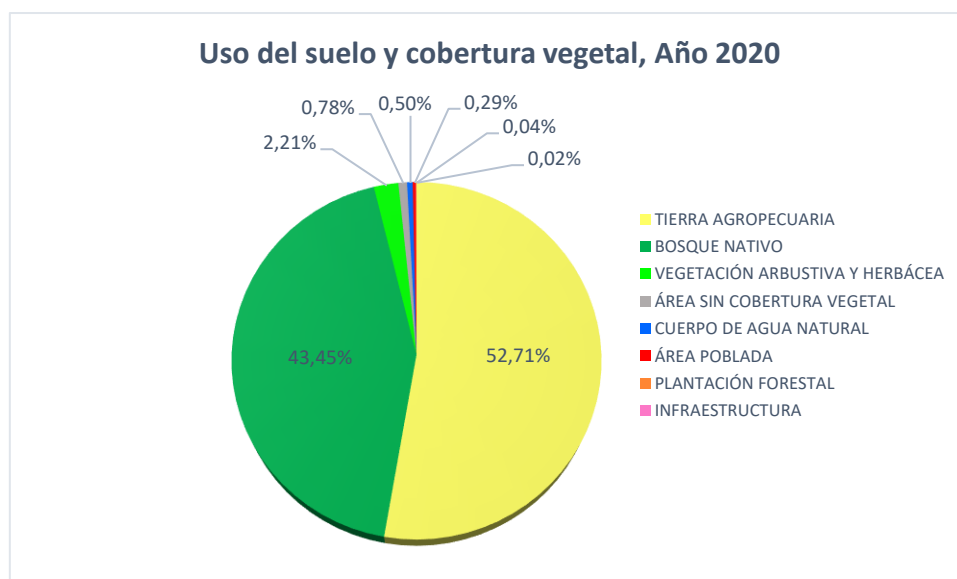
| Uso del suelo y cobertura vegetal<br>Año 2020 |                   |               |
|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|
| Clasificación                                 | Área (Ha)         | %             |
| Tierra agropecuaria                           | 263,970.34        | 52.71         |
| Bosque nativo                                 | 217,578.59        | 43.45         |
| Vegetación arbustiva y herbácea               | 11,081.77         | 2.21          |
| Área sin cobertura vegetal                    | 3,887.76          | 0.78          |
| Cuerpo de agua natural                        | 2,498.66          | 0.50          |
| Área poblada                                  | 1,433.85          | 0.29          |
| Plantación forestal                           | 218.23            | 0.04          |
| Infraestructura                               | 90.56             | 0.02          |
| <b>Total</b>                                  | <b>500,759.76</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: Autora



**Figura 16:** Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2020

Fuente: Autora



**Figura 17:** Porcentajes de superficie de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020

**Fuente:** Autora

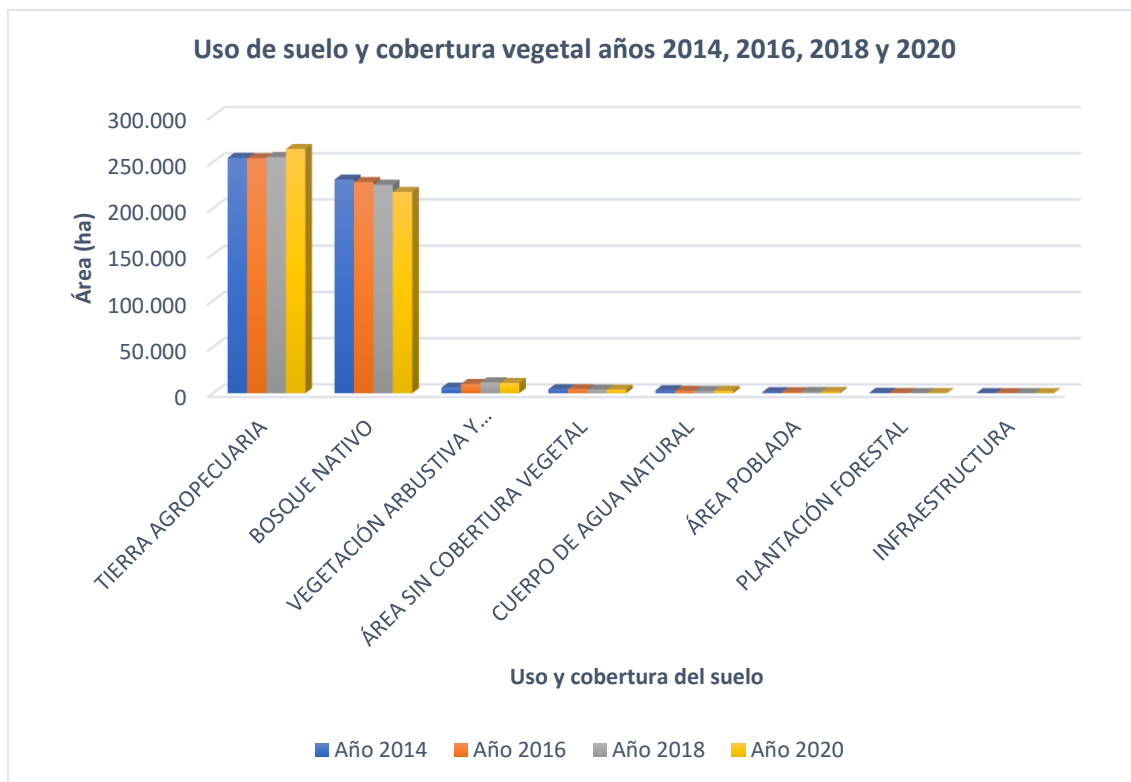
#### 4.2.5 Análisis de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020.

Las tierras agropecuarias evidenciaron un mayor incremento al año 2020 con respecto al año 2014, en comparación a las otras coberturas, siendo de 9,526.43 hectáreas. Mientras que, los bosques nativos presentaron una mayor reducción al año 2020, siendo de 13,368.74 hectáreas. Otras zonas que evidenciaron una reducción drástica fueron los cuerpos de agua natural y las áreas sin cobertura vegetal, siendo de 733.91 y 418.34 hectáreas respectivamente. Por otra parte, otras zonas que reportaron un incremento significativo fueron las zonas de vegetación arbustiva y herbácea y las áreas pobladas, las cuales, registraron un aumento de 4,962.40 y 288.32 hectáreas respectivamente (Ver Tabla 6 y Figura 18).

**Tabla 6:** Superficie del uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020

| Clasificación                   | Hectáreas  |            |            |            |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                                 | Año 2014   | Año 2016   | Año 2018   | Año 2020   |
| Tierra agropecuaria             | 254,443.91 | 253,988.27 | 255,280.04 | 263,970.34 |
| Bosque nativo                   | 230,947.33 | 228,283.64 | 225,381.38 | 217,578.59 |
| Vegetación arbustiva y herbácea | 61,19.37   | 9,946.85   | 11,747.87  | 11,081.77  |
| Área sin cobertura vegetal      | 43,06.10   | 4,336.44   | 3,973.42   | 3,887.76   |
| Cuerpo de agua natural          | 32,32.57   | 2,542.51   | 2,459.97   | 2,498.66   |
| Área poblada                    | 11,45.53   | 1,158.10   | 1,364.16   | 1,433.85   |
| Plantación forestal             | 515.89     | 225.06     | 222.11     | 218.23     |
| Infraestructura                 | 33.84      | 33.82      | 85.75      | 90.56      |

**Fuente:** Autora



**Figura 18:** Hectáreas de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 2014, 2016, 2018 y 2020  
**Fuente:** Autora

#### 4.2.6 Transición de uso de suelo y cobertura vegetal.

##### 4.2.6.1 Transición de uso de suelo 2014-2016.

Para crear la matriz de transición, se establecieron valores de acuerdo con la clasificación planteada.

**Tabla 7:** Matriz de transición, periodo 2014 - 2016

| MATRIZ DE TRANSICIÓN |                                 | AÑO 2016      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |    |
|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|----|
|                      |                                 | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |    |
|                      |                                 | 1             | 2                      | 3               | 4                   | 5                   | 6                               | 7            | 8                          |    |
| AÑO 2014             | Bosque nativo                   | 10            | 11                     | 12              | 13                  | 14                  | 15                              | 16           | 17                         | 18 |
|                      | Cuerpo de agua natural          | 20            | 21                     | 22              | 23                  | 24                  | 25                              | 26           | 27                         | 28 |
|                      | Infraestructura                 | 30            | 31                     | 32              | 33                  | 34                  | 35                              | 36           | 37                         | 38 |
|                      | Plantación forestal             | 40            | 41                     | 42              | 43                  | 44                  | 45                              | 46           | 47                         | 48 |
|                      | Tierra agropecuaria             | 50            | 51                     | 52              | 53                  | 54                  | 55                              | 56           | 57                         | 58 |
|                      | Vegetación arbustiva y herbácea | 60            | 61                     | 62              | 63                  | 64                  | 65                              | 66           | 67                         | 68 |

|                            |           |    |    |    |    |    |    |           |           |
|----------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|-----------|-----------|
| Área poblada               | <b>70</b> | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | <b>77</b> | 78        |
| Área sin cobertura vegetal | <b>80</b> | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87        | <b>88</b> |

Fuente: Autora

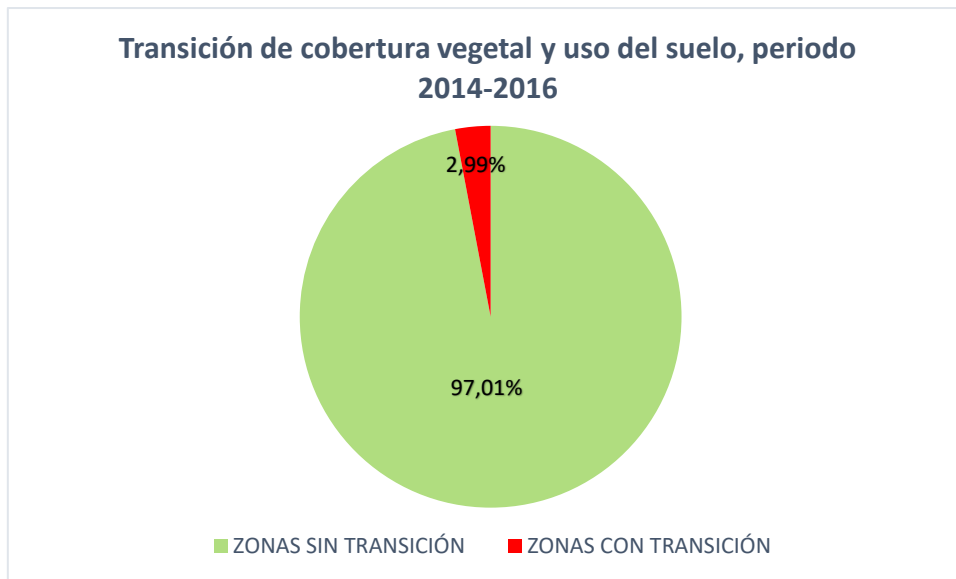
La cobertura vegetal con mayor pérdida de superficie fue tierra agropecuaria, la cual, registró una pérdida de 5,085.75 hectáreas al año 2016, mientras que, las zonas de vegetación arbustiva y herbácea evidenciaron la mayor ganancia de superficie, siendo a su vez, las zonas que, registraron la menor pérdida de superficie. Por otro lado, las zonas destinadas a plantación forestal fueron las que menos superficie ganaron, siendo de tan sólo 0.18 hectáreas al año 2016.

**Tabla 8:** Matriz de transición en hectáreas, periodo 2014 - 2016

| MATRIZ DE TRANSICIÓN            | AÑO 2016          |                        |                 |                     |                     |                                 |                 |                            |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------------|
|                                 | Bosque nativo     | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada    | Área sin cobertura vegetal |
| Bosque nativo                   | <b>226,100.36</b> | 0                      | 0               | 0                   | 4,598.39            | 0                               | 0               | 129.68                     |
| Cuerpo de agua natural          | 0                 | <b>2,334.05</b>        | 0.00            | 0                   | 814.13              | 15.03                           | 0.99            | 66.49                      |
| Infraestructura                 | 0                 | 0                      | <b>33.82</b>    | 0                   | 0                   | 0                               | 0               | 0                          |
| Plantación forestal             | 0                 | 0                      | 0               | <b>193.83</b>       | 321.85              | 0                               | 0               | 0                          |
| Tierra agropecuaria             | 2,181.09          | 184.46                 | 0               | 31.05               | <b>246,801.62</b>   | 5,085.75                        | 11.07           | 29.88                      |
| Vegetación arbustiva y herbácea | 0                 | 13.13                  | 0               | 0.18                | 1243.81             | <b>4,844.57</b>                 | 1.08            | 14.82                      |
| Área poblada                    | 0                 | 0                      | 0               | 0                   | 0                   | 0                               | <b>1,144.96</b> | 0                          |
| Área sin cobertura vegetal      | 0                 | 4.93                   | 0               | 0                   | 201.69              | 1.18                            | 0               | <b>4,095.57</b>            |

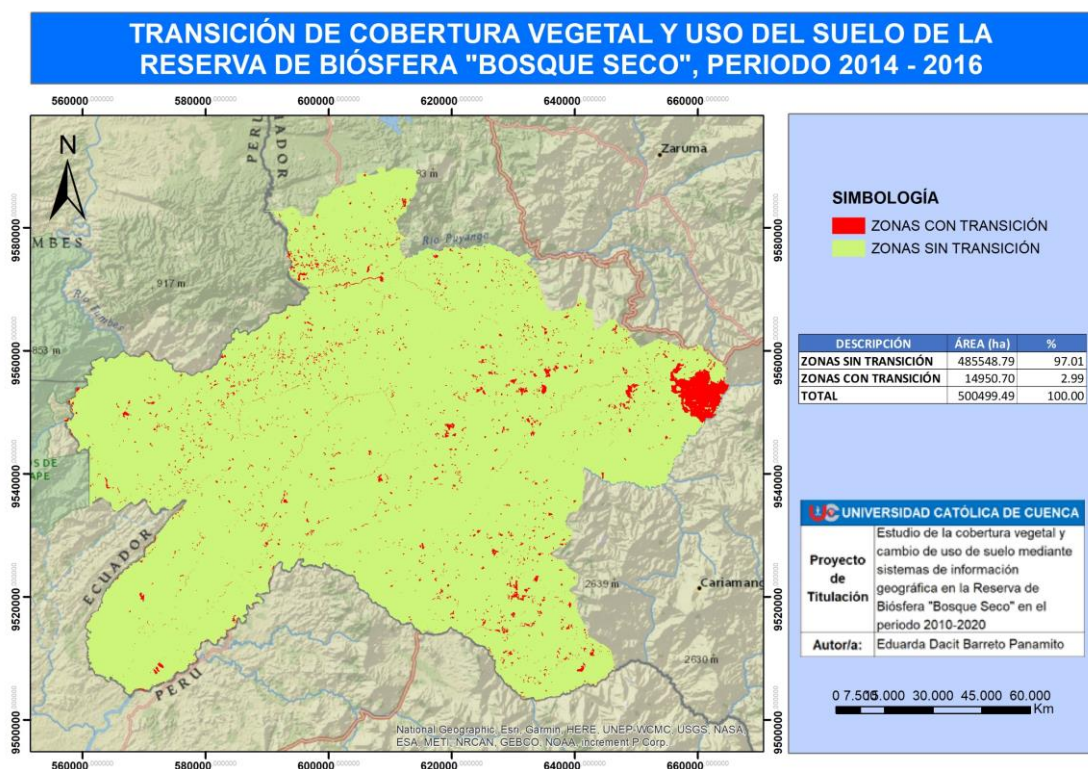
Fuente: Autora

De acuerdo al gráfico de la Figura 19 y el mapa de la Figura 20, se evidenció que tan sólo el 2.99% de la superficie total de la reserva presentó transición, mientras que, el 97.01% se mantuvo sin cambios. El mayor cambio registrado fue de tierra agropecuaria a vegetación arbustiva y herbácea, y el menor cambio fue de vegetación arbustiva y herbácea a plantación forestal. En este sentido, las tierras agropecuarias y bosques nativos fueron las zonas que mayor cantidad de superficie sin cambios registraron.



**Figura 19:** Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2016

Fuente: Autora



**Figura 20:** Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2016

Fuente: Autora

#### 4.2.6.2 Transición de uso de suelo 2016-2018.

En la tabla siguiente se muestra la matriz de transición para el periodo 2016 – 2018:

**Tabla 9:** Matriz de transición, periodo 2016 – 2018

|          |                                 | AÑO 2018      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |    |
|----------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|----|
| AÑO 2016 | MATRIZ DE TRANSICIÓN            | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |    |
|          |                                 | 1             | 2                      | 3               | 4                   | 5                   | 6                               | 7            | 8                          |    |
|          | Bosque nativo                   | 10            | 11                     | 12              | 13                  | 14                  | 15                              | 16           | 17                         | 18 |
|          | Cuerpo de agua natural          | 20            | 21                     | 22              | 23                  | 24                  | 25                              | 26           | 27                         | 28 |
|          | Infraestructura                 | 30            | 31                     | 32              | 33                  | 34                  | 35                              | 36           | 37                         | 38 |
|          | Plantación forestal             | 40            | 41                     | 42              | 43                  | 44                  | 45                              | 46           | 47                         | 48 |
|          | Tierra agropecuaria             | 50            | 51                     | 52              | 53                  | 54                  | 55                              | 56           | 57                         | 58 |
|          | Vegetación arbustiva y herbácea | 60            | 61                     | 62              | 63                  | 64                  | 65                              | 66           | 67                         | 68 |
|          | Área poblada                    | 70            | 71                     | 72              | 73                  | 74                  | 75                              | 76           | 77                         | 78 |
|          | Área sin cobertura vegetal      | 80            | 81                     | 82              | 83                  | 84                  | 85                              | 86           | 87                         | 88 |

Fuente: Autora

La cobertura vegetal con mayor pérdida de superficie fue bosque nativo, la cual, registró una pérdida de 4096.40 hectáreas al año 2018, mientras que, las tierras agropecuarias evidenciaron la mayor ganancia de superficie. Por otro lado, los cuerpos de agua natural fueron los que menos superficie perdieron, y las zonas de vegetación arbustiva y herbácea fueron las que menos superficie ganaron, siendo de tan sólo 0.03 hectáreas al año 2018.

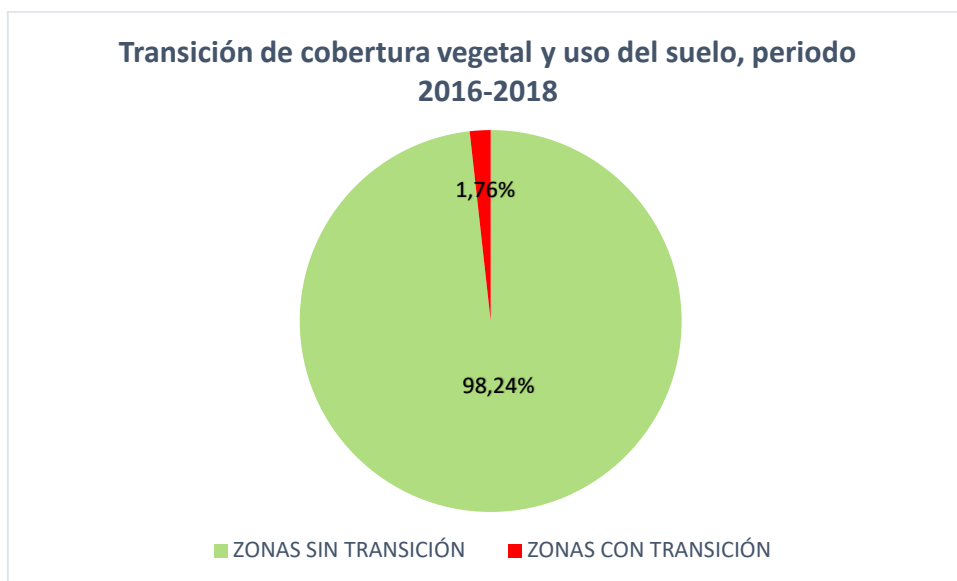
Tabla 10: Matriz de transición en hectáreas, periodo 2016 – 2018

|          |                                 | AÑO 2018      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |
|----------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|
| AÑO 2016 | MATRIZ DE TRANSICIÓN            | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |
|          |                                 | Bosque nativo | 223,652.86             | 0               | 44.90               | 0                   | 4,096.40                        | 369.00       | 5.22                       |
|          | Cuerpo de agua natural          | 0             | 2,384.68               | 0               | 0                   | 153.64              | 0.03                            | 1.17         | 2.99                       |
|          | Infraestructura                 | 0             | 0                      | 33.82           | 0                   | 0                   | 0                               | 0            | 0                          |
|          | Plantación forestal             | 0             | 0                      | 0               | 215.00              | 10.06               | 0                               | 0            | 0                          |
|          | Tierra agropecuaria             | 1,721.74      | 70.90                  | 7.02            | 7.11                | 250,534.63          | 1,390.32                        | 199.49       | 57.06                      |
|          | Vegetación arbustiva y herbácea | 0             | 0.99                   | 0               | 0                   | 15.75               | 9,930.11                        | 0            | 0                          |
|          | Área poblada                    | 0             | 0                      | 0               | 0                   | 0                   | 0                               | 1,158.10     | 0                          |
|          | Área sin cobertura vegetal      | 6.79          | 3.40                   | 0               | 0                   | 469.54              | 58.41                           | 0.18         | 3,798.12                   |

Fuente: Autora

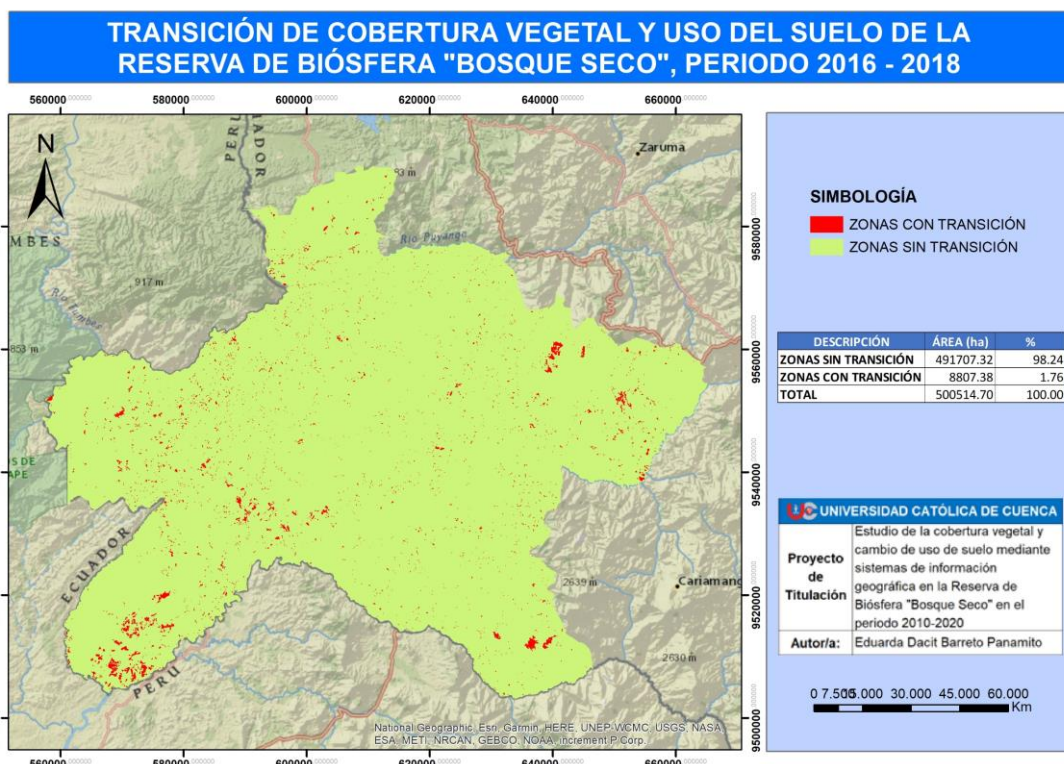
De acuerdo al gráfico de la Figura 21 y el mapa de la Figura 22, se evidenció que tan sólo el 1.76% de la superficie total de la reserva presentó transición, mientras que, el 98.24% se mantuvo sin cambios. El mayor cambio registrado fue de bosque nativo a tierra agropecuaria, y

el menor cambio fue de cuerpo de agua natural a vegetación arbustiva y herbácea. En este sentido, las tierras agropecuarias, bosques nativos, y vegetación arbustiva y herbácea fueron las zonas que mayor cantidad de superficie sin cambios registraron.



**Figura 21:** Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2016-2018

Fuente: Autora



**Figura 22:** Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2016-2018

Fuente: Autora

#### 4.2.6.3 Transición de uso de suelo 2018-2020.

En la siguiente tabla se muestra la matriz de transición para el periodo 2018 – 2020:

**Tabla 11:** Matriz de transición, periodo 2018 – 2020

| MATRIZ DE TRANSICIÓN |                                 | AÑO 2020      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |    |
|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|----|
|                      |                                 | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |    |
|                      |                                 | 1             | 2                      | 3               | 4                   | 5                   | 6                               | 7            | 8                          |    |
| AÑO 2018             | Bosque nativo                   | 10            | 11                     | 12              | 13                  | 14                  | 15                              | 16           | 17                         | 18 |
|                      | Cuerpo de agua natural          | 20            | 21                     | 22              | 23                  | 24                  | 25                              | 26           | 27                         | 28 |
|                      | Infraestructura                 | 30            | 31                     | 32              | 33                  | 34                  | 35                              | 36           | 37                         | 38 |
|                      | Plantación forestal             | 40            | 41                     | 42              | 43                  | 44                  | 45                              | 46           | 47                         | 48 |
|                      | Tierra agropecuaria             | 50            | 51                     | 52              | 53                  | 54                  | 55                              | 56           | 57                         | 58 |
|                      | Vegetación arbustiva y herbácea | 60            | 61                     | 62              | 63                  | 64                  | 65                              | 66           | 67                         | 68 |
|                      | Área poblada                    | 70            | 71                     | 72              | 73                  | 74                  | 75                              | 76           | 77                         | 78 |
|                      | Área sin cobertura vegetal      | 80            | 81                     | 82              | 83                  | 84                  | 85                              | 86           | 87                         | 88 |

Fuente: Autora

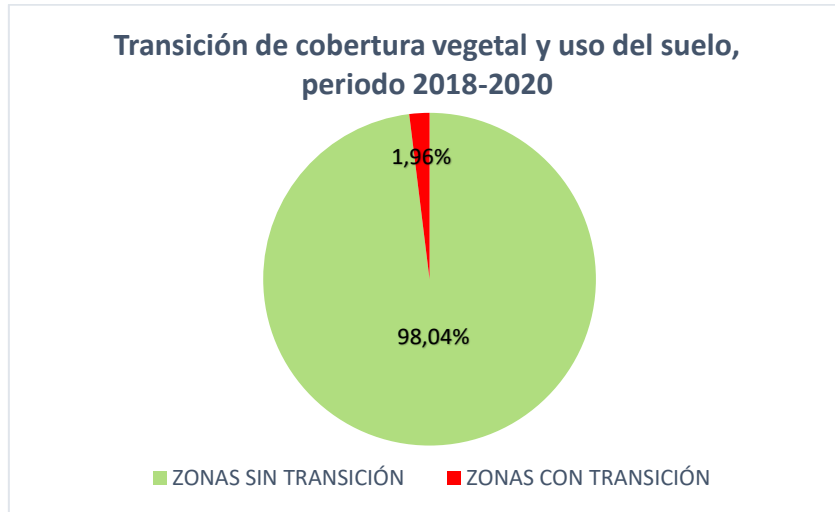
La cobertura vegetal con mayor pérdida de superficie fue bosque nativo, la cual, registró una pérdida de 8086.10 hectáreas al año 2020, mientras que, las tierras agropecuarias evidenciaron la mayor ganancia de superficie. Por otro lado, los bosques nativos fueron los que menos superficie perdieron, y las zonas destinadas a plantación forestal fueron las que menos superficie ganaron, siendo de tan sólo 0.09 hectáreas al año 2020.

**Tabla 12:** Matriz de transición en hectáreas, periodo 2018 – 2020

| MATRIZ DE TRANSICIÓN |                                 | AÑO 2020      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |
|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|
|                      |                                 | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |
| AÑO 2018             | Bosque nativo                   | 217,055.32    | 151.96                 | 4.14            | 0.09                | 8,086.10            | 51.60                           | 10.08        | 22.09                      |
|                      | Cuerpo de agua natural          | 59.44         | 2,307.96               | 0               | 0                   | 85.63               | 1.71                            | 2.33         | 2.90                       |
|                      | Infraestructura                 | 0             | 0                      | 85.75           | 0                   | 0                   | 0                               | 0            | 0                          |
|                      | Plantación forestal             | 1.98          | 0                      | 0               | 218.06              | 2.07                | 0                               | 0            | 0                          |
|                      | Tierra agropecuaria             | 298.33        | 34.98                  | 0.63            | 0                   | 254,851.74          | 16.32                           | 55.14        | 22.91                      |
|                      | Vegetación arbustiva y herbácea | 32.33         | 0.42                   | 0               | 0                   | 703.88              | 11,008.71                       | 1.17         | 1.35                       |
|                      | Área poblada                    | 0             | 0                      | 0               | 0                   | 0                   | 0                               | 1,364.16     | 0                          |
|                      | Área sin cobertura vegetal      | 18.72         | 1.89                   | 0               | 0                   | 115.83              | 0.63                            | 0.27         | 3,836.09                   |

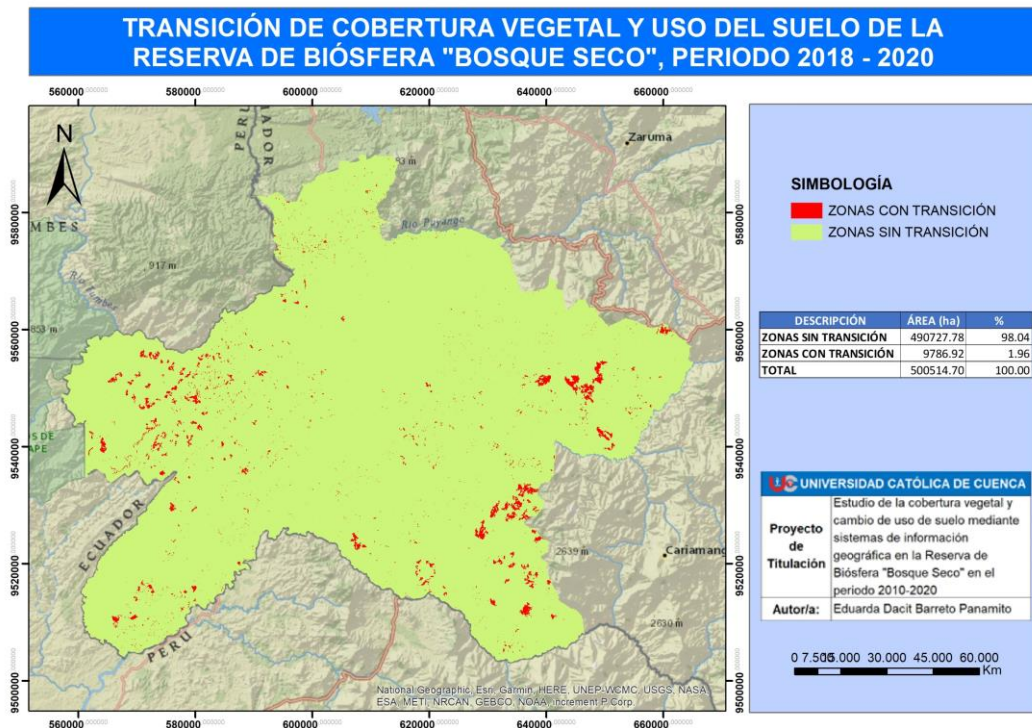
Fuente: Autora

De acuerdo al gráfico de la Figura 23 y el mapa de la Figura 24, se evidenció que tan sólo el 1.96% del área total de la reserva presentó transición de cobertura vegetal y uso del suelo, mientras que, el 98.04% se mantuvo sin cambios. El mayor cambio registrado fue de bosque nativo a tierra agropecuaria, y el menor cambio fue de bosque nativo a plantación forestal. En este sentido, las tierras agropecuarias, bosques nativos, y vegetación herbácea y arbustiva fueron las zonas que mayor cantidad de superficie sin cambios registraron.



**Figura 23:** Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2018-2020

Fuente: Autora



**Figura 24:** Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2018-2020

Fuente: Autora

#### 4.2.6.4 Transición de uso de suelo 2014-2020.

En la siguiente tabla se muestra la matriz de transición para el periodo 2014 – 2020:

**Tabla 13:** Matriz de transición, periodo 2014 – 2020

| MATRIZ DE TRANSICIÓN |                                 | AÑO 2020      |                        |                 |                     |                     |                                 |              |                            |    |
|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|----|
|                      |                                 | Bosque nativo | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada | Área sin cobertura vegetal |    |
| AÑO 2014             |                                 | 1             | 2                      | 3               | 4                   | 5                   | 6                               | 7            | 8                          |    |
|                      | Bosque nativo                   | 10            | 11                     | 12              | 13                  | 14                  | 15                              | 16           | 17                         | 18 |
|                      | Cuerpo de agua natural          | 20            | 21                     | 22              | 23                  | 24                  | 25                              | 26           | 27                         | 28 |
|                      | Infraestructura                 | 30            | 31                     | 32              | 33                  | 34                  | 35                              | 36           | 37                         | 38 |
|                      | Plantación forestal             | 40            | 41                     | 42              | 43                  | 44                  | 45                              | 46           | 47                         | 48 |
|                      | Tierra agropecuaria             | 50            | 51                     | 52              | 53                  | 54                  | 55                              | 56           | 57                         | 58 |
|                      | Vegetación arbustiva y herbácea | 60            | 61                     | 62              | 63                  | 64                  | 65                              | 66           | 67                         | 68 |
|                      | Área poblada                    | 70            | 71                     | 72              | 73                  | 74                  | 75                              | 76           | 77                         | 78 |
|                      | Área sin cobertura vegetal      | 80            | 81                     | 82              | 83                  | 84                  | 85                              | 86           | 87                         | 88 |

**Fuente:** Autora

La cobertura vegetal con mayor pérdida de superficie fue bosque nativo, la cual, registró una pérdida de 16,

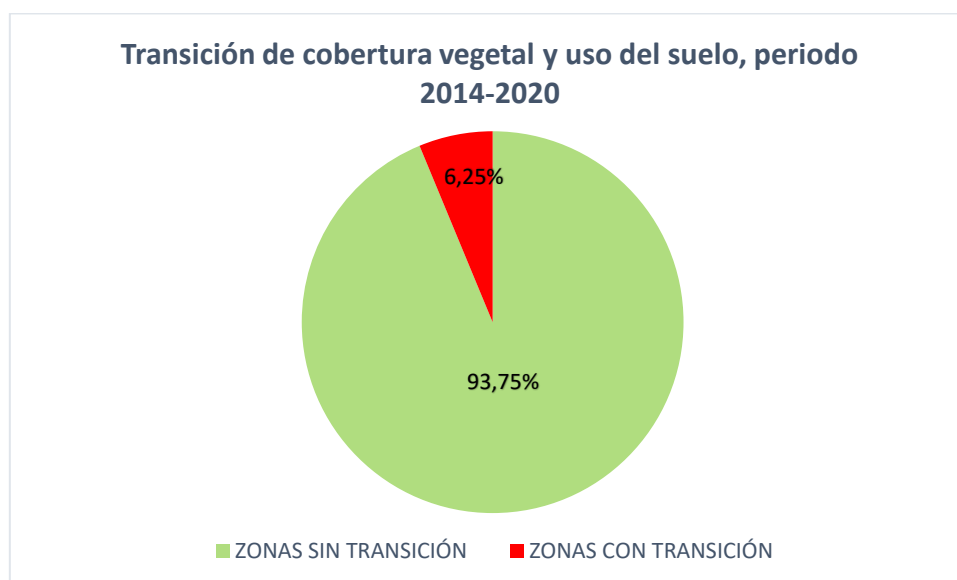
313.06 hectáreas al año 2020 con respecto al año 2014, mientras que, las tierras agropecuarias evidenciaron la mayor ganancia de superficie. Por otro lado, los bosques nativos fueron los que menos superficie perdieron, y las zonas destinadas a plantación forestal fueron las que menos superficie ganaron, siendo de tan sólo 0.09 hectáreas al año 2020.

**Tabla 14:** Matriz de transición en hectáreas, periodo 2014 – 2020

| MATRIZ DE TRANSICIÓN            | AÑO 2020         |                        |                 |                     |                     |                                 |                |                            |
|---------------------------------|------------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------|----------------------------|
|                                 | Bosque nativo    | Cuerpo de agua natural | Infraestructura | Plantación forestal | Tierra agropecuaria | Vegetación arbustiva y herbácea | Área poblada   | Área sin cobertura vegetal |
| Bosque nativo                   | <b>213754.22</b> | 151.12                 | 49.7            | 0.09                | 16313.06            | 409.46                          | 15.67          | 254.02                     |
| Cuerpo de agua natural          | 80.61            | <b>2065.41</b>         | 0               | 0                   | 997.37              | 17.13                           | 3.69           | 68.37                      |
| Infraestructura                 | 0                | 0                      | <b>33.84</b>    | 0                   | 0                   | 0                               | 0              | 0                          |
| Plantación forestal             | 1.26             | 0                      | 0               | <b>185.55</b>       | 329.08              | 0                               | 0              | 0                          |
| Tierra agropecuaria             | 3689.22          | 258                    | 2.88            | 32.41               | <b>244146</b>       | 5951.86                         | 266.16         | 97.37                      |
| Vegetación arbustiva y herbácea | 31               | 12.15                  | 0               | 0.18                | 1413.55             | <b>4645.32</b>                  | 2.25           | 14.92                      |
| Área poblada                    | 0                | 0                      | 0               | 0                   | 0                   | 0                               | <b>1145.53</b> | 0                          |
| Área sin cobertura vegetal      | 19.09            | 8.53                   | 4.14            | 0                   | 763.33              | 57.56                           | 0.45           | <b>3453</b>                |

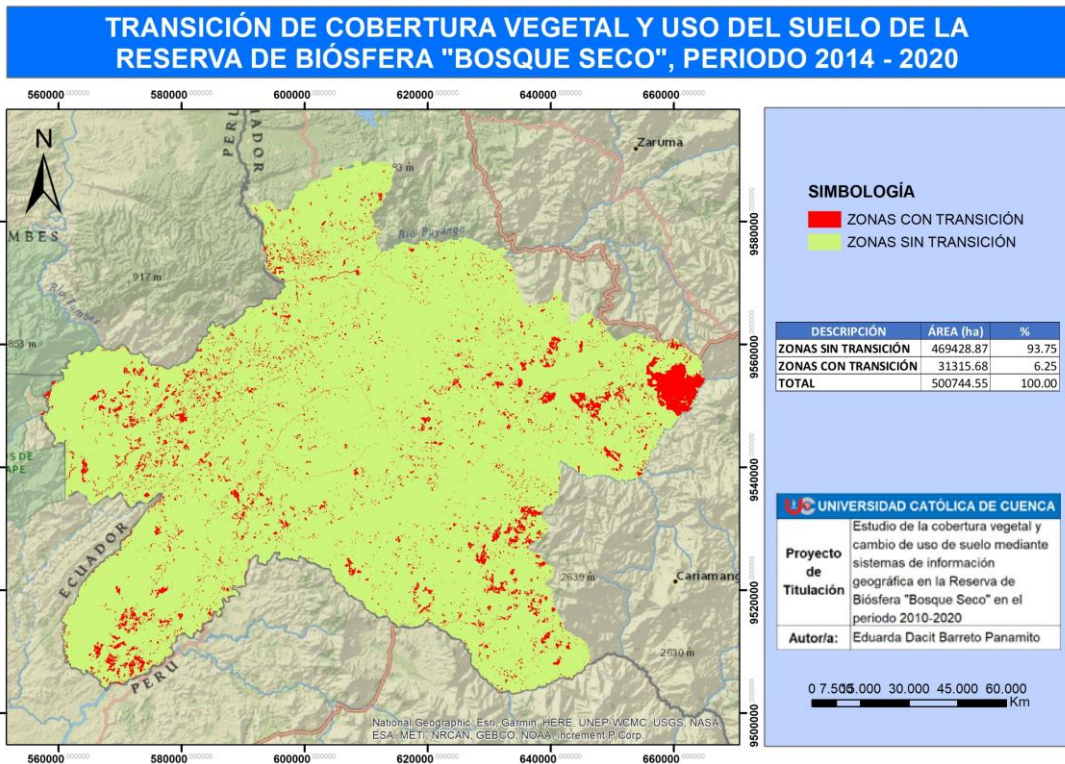
Fuente: Autora

En el gráfico de la Figura 25 y el mapa de la Figura 26 se puede evidenciar que, el 6.25% del área total de la reserva presentó transición de cobertura vegetal y uso del suelo, mientras que, el 93.75% se mantuvo sin cambios. El mayor cambio registrado fue de bosque nativo a tierra agropecuaria, y el menor cambio fue de bosque nativo a plantación forestal. En este sentido, las tierras agropecuarias y bosques nativos fueron las zonas que mayor cantidad de superficie sin cambios registraron.



**Figura 25:** Distribución porcentual de la transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2020

Fuente: Autora

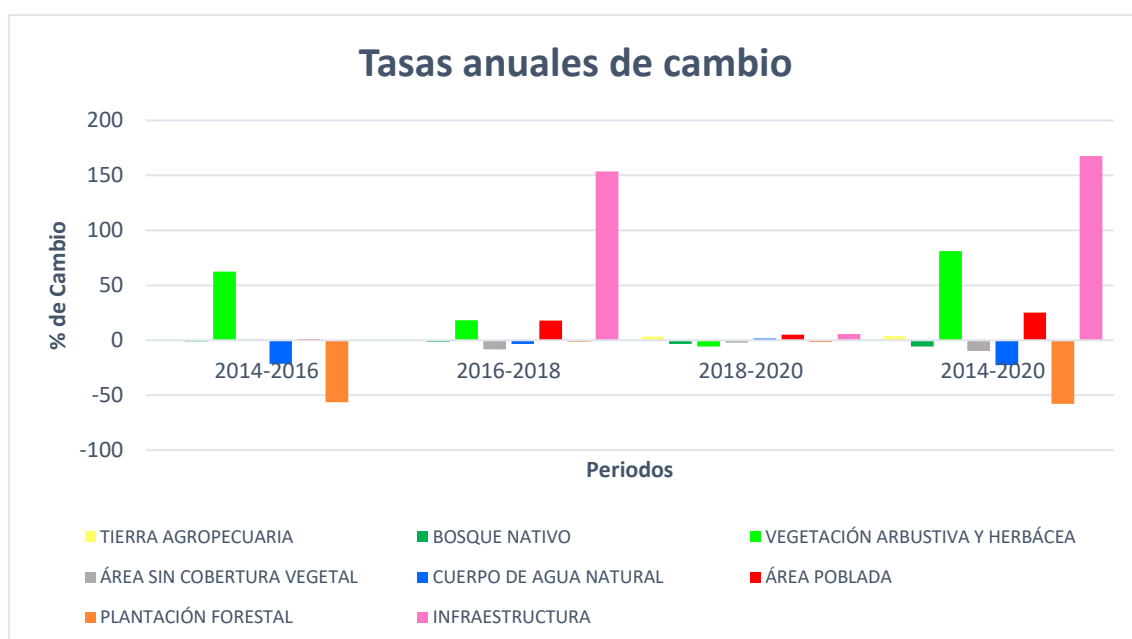


**Figura 26:** Mapa de transición de cobertura vegetal y uso del suelo del periodo 2014-2020

**Fuente:** Autora

#### 4.2.7 Gradiente de cambio.

En el gráfico de la Figura 27 se puede apreciar que, el periodo 2014-2020 registra las mayores tasas de aumento de cobertura vegetal y uso del suelo, como las áreas de infraestructura, la expansión urbana, y las zonas de vegetación arbustiva y herbácea. En este sentido, dentro de este mismo periodo, se evidencian las mayores tasas de pérdida de coberturas como cuerpos de agua natural y zonas de plantación forestal. Por otro lado, las menores tasas de cambio, tanto de aumento como decremento, se registran en el periodo 2018-2020 en todas las coberturas del suelo.



**Figura 27:** Tasas anuales de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en porcentajes durante el periodo comprendido de estudio

**Fuente:** Autora

De acuerdo a los hallazgos en la Tabla 15, los mayores porcentajes de cambio se evidencian en el periodo 2014-2020, donde se evidenció una pérdida del 57.70% de las zonas de plantación forestal, 22.70% de los cuerpos de agua natural, 9.72% de las áreas sin cobertura vegetal y 5.79% de los bosques nativos. Por otro lado, se registró un aumento del 167.61% de las áreas destinadas a infraestructura, 81.09% de las zonas de vegetación arbustiva y herbácea, 25.17% del área poblada, y 3.74% de tierras agropecuarias.

**Tabla 15:** Superficie y porcentaje de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo durante el periodo de estudio

| Clasificación                   | 2014-2016           |             | 2016-2018           |             | 2018-2020           |             | 2014-2020           |             |
|---------------------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
|                                 | Área de cambio (ha) | % de cambio | Área de cambio (ha) | % de cambio | Área de cambio (ha) | % de cambio | Área de cambio (ha) | % de cambio |
| Tierra agropecuaria             | -455.65             | -0.18       | 1,291.77            | 0.51        | 8,690.30            | 3.40        | 9,526.43            | 3.74        |
| Bosque nativo                   | -2,663.69           | -1.15       | 2,902.26            | -1.27       | 7,802.79            | -3.46       | 13,368.74           | -5.79       |
| Vegetación arbustiva y herbácea | 3,827.48            | 62.55       | 1,801.02            | 18.11       | -666.10             | -5.67       | 4,962.40            | 81.09       |
| Área sin cobertura vegetal      | 30.34               | 0.70        | -363.02             | -8.37       | -85.67              | -2.16       | -418.35             | -9.72       |
| Cuerpo de agua natural          | -690.06             | -21.35      | -82.55              | -3.25       | 38.70               | 1.57        | -733.91             | -22.70      |
| Área poblada                    | 12.58               | 1.10        | 206.06              | 17.79       | 69.68               | 5.11        | 288.32              | 25.17       |
| Plantación forestal             | -290.83             | -56.37      | -2.95               | -1.31       | -3.87               | -1.74       | -297.66             | -57.70      |
| Infraestructura                 | -0.02               | -0.06       | 51.92               | 153.52      | 4.82                | 5.62        | 56.72               | 167.61      |

**Fuente:** Autora

Alvarado y Mainato (2021) en su estudio “Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo” determinaron un incremento de la actividad antrópica y un decremento en zonas boscosas en el periodo 2000 al 2020. En el presente estudio se obtuvo un resultado similar, puesto que, se evidenció un incremento del 167.61% de zonas de infraestructura, 25.17% de expansión urbana y 3.74% de tierras agropecuarias. Mientras que, se registró un declive del 57.70% de plantaciones forestales y un 5.79% de bosques nativos en el periodo 2014-2020.

Según Muñoz et al., (2023) en su estudio “*Analysis of land use change using remote sensing and GIS techniques in the Cazaderos Forest, Loja province, southern Ecuador*” encontraron que en el periodo 2013-2021 se registró una deforestación de 1,273.95 hectáreas que se ha extendido en el norte y centro del bosque seco, ocasionada por la explotación de especies maderables de este ecosistema. Esta superficie deforestada forma parte de la deforestación evidenciada en el presente estudio, dado a que, el bosque Cazaderos forma parte de la reserva, en la cual, se encontró una deforestación de 13,666.40 hectáreas al año 2020. Adicionalmente, se evidenció que el 6.25% de la superficie total de la reserva presentó transición o cambios.

### **4.3 Plan de manejo y restauración de las zonas de amortiguamiento dentro de la Reserva de Biósfera Bosque Seco**

#### **4.3.1 Introducción.**

##### **4.3.1.1 Objetivos del plan.**

El presente plan de manejo y restauración tiene como objetivo abordar los desafíos y promover la conservación y restauración de las zonas de amortiguamiento de la reserva. Este plan se basa en un diagnóstico exhaustivo del estado actual de las zonas de amortiguamiento, así como en un análisis multitemporal del cambio en la reserva, proporcionando una sólida base científica para las estrategias propuestas.

##### **4.3.1.2 Alcance y delimitación.**

El plan se desarrolla como parte del trabajo de titulación con el objetivo de contribuir al conocimiento científico y a la gestión sostenible de los recursos en la reserva. A través de la implementación del presente plan, se busca mejorar la resiliencia de los ecosistemas locales, proteger la biodiversidad y garantizar a las comunidades que dependen de los servicios ambientales proporcionados por la reserva. Se espera que este plan sirva como una guía práctica para la gestión ambiental de las zonas de amortiguamiento, proporcionando un marco integral para su conservación y restauración.

## **4.3.2 Estrategias de manejo y restauración**

### **4.3.2.1 Restauración de ecosistemas.**

#### *4.3.2.1.1 Identificación de áreas degradadas.*

- Realizar un *mapping* detallado de las áreas dentro de las zonas de amortiguamiento que han sufrido degradación debido a los cambios generados por la deforestación, la agricultura intensiva, la expansión urbana o la obtención de recursos naturales (Villalta y Yumbay, 2020).
- Priorizar las áreas degradadas de acuerdo a su importancia ecológica, conectividad con hábitats clave y potencial para restauración.

#### *4.3.2.1.2 Selección de técnicas de restauración adecuadas.*

- Evaluar diversas técnicas de restauración, como la reforestación, la regeneración natural asistida o la siembra directa de semillas, según las características específicas de cada área degradada.
- Considerar factores importantes como el tipo de suelo, la accesibilidad de agua, la elevación, la pendiente y la presencia de especies nativas (Pabón, 2022).

#### *4.3.2.1.3 Implementación de programas de reforestación y restauración.*

- Establecer proyectos piloto de restauración en áreas seleccionadas, involucrando a comunidades locales, voluntarios y organismos públicos y privados.
- Recopilar semillas de especies nativas de la reserva y establecer viveros para la producción de plántulas.
- Realizar las actividades de siembra, asegurando la diversidad genética y la adecuada densidad de vegetación.
- Monitorear regularmente el progreso de la restauración, evaluando el crecimiento de las especies de plantas, así como el restablecimiento de funciones ecológicas clave, como la captura de carbono y la provisión de hábitat para la fauna (Ullón, 2022).

### **4.3.2.2 Control de actividades antrópicas.**

#### *4.3.2.2.1 Regulación de actividades ganaderas, agrícolas y extractivas.*

- Realizar un análisis de las actividades ganaderas, agrícolas y extractivas que impactan negativamente en las áreas de amortiguamiento de la reserva.
- Brindar capacitaciones y asistencia técnica a agricultores y ganaderos, promoviendo prácticas sostenibles que minimicen el impacto ambiental negativo.

#### *4.3.2.2.2 Control de la urbanización desordenada.*

- Delimitar zonas de urbanización permitidas y restringidas dentro de las zonas de amortiguamiento, con base en criterios de conservación ambiental y ordenamiento territorial.
- Fortalecer la aplicación de legislación de planificación territorial y construcción en coordinación con los gobiernos locales.
- Promover incentivos para el desarrollo de proyectos habitacionales y urbanización sostenible fuera de las áreas críticas para conservación.

#### *4.3.2.2.3 Promoción de prácticas sostenibles.*

- Fomentar el uso de técnicas de agricultura sustentable, como la agricultura orgánica y de precisión, la alternancia de cultivos y el control integrado de plagas.
- Implementar programas de compensación por servicios ambientales (PSA) para incentivar la conservación de los ecosistemas dentro de las propiedades privadas.
- Sensibilizar a las comunidades sobre la relevancia de preservar las zonas de amortiguamiento y promover un enfoque de corresponsabilidad con la protección ambiental (Narváez, 2022).

#### **4.3.2.3 Conservación de hábitats clave.**

##### *4.3.2.3.1 Protección de áreas de alta biodiversidad.*

- Identificar y delimitar áreas dentro de esta zona de la reserva que albergan una importante biodiversidad y que son críticas para la conservación de especies clave.
- Establecer medidas de protección para estas áreas, como pueden ser la designación de zonas de reserva estricta o la implementación de restricciones de acceso.

##### *4.3.2.3.2 Control de especies invasoras y plagas.*

- Realizar un catálogo de especies invasoras presentes en las zonas de amortiguamiento y evaluar su impacto sobre las especies nativas.
- Diseñar e implementar estrategias de control de especies invasoras, utilizando métodos apropiados y minimizando los efectos sobre la biodiversidad nativa.
- Monitorear regularmente la efectividad de las estrategias de control y tomar acciones correctivas según sea necesario.

#### **4.3.2.4 Educación ambiental y sensibilización**

- Diseñar e implementar iniciativas de educación ambiental orientadas a diversos grupos de interés, como comunidades locales, estudiantes, trabajadores del sector agrícola y turístico, y tomadores de decisiones.

- Incorporar temas relacionados con la preservación de la reserva, los servicios que brinda el ecosistema y la importancia de las zonas de amortiguamiento.

#### **4.3.3 Participación comunitaria.**

**1. Involucrar activamente a las comunidades locales:** Establecer canales de comunicación abiertos y transparentes para involucrar a residentes, agricultores, ganaderos, líderes comunitarios y organizaciones públicas y privadas.

**2. Organizar reuniones y talleres participativos:** Brindar talleres y reuniones comunitarias para compartir información sobre el plan de manejo, discutir preocupaciones y prioridades locales, y solicitar retroalimentación y aportes.

**3. Fomentar la colaboración y la coparticipación:** Promover la colaboración entre las comunidades locales, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y otras partes interesadas, para trabajar en conjunto en la ejecución de acciones de manejo y restauración.

**4. Valorar el conocimiento local y tradicional:** Reconocer y respetar el conocimiento tradicional y ancestral de las comunidades locales sobre el manejo de los recursos y aprovecharlo para mejorar la efectividad de las intervenciones (Sarzoza, 2021).

#### **4.3.4 Monitoreo y evaluación.**

##### ***4.3.4.1 Establecimiento de indicadores.***

- Identificación de indicadores para evaluar el estado de conservación de las zonas de amortiguamiento, tales como la cobertura vegetal, la diversidad biológica, uso del suelo, la calidad del agua, entre otros.
- Definición de parámetros cuantificables que permitan monitorear el progreso de las operaciones de manejo y restauración a lo largo del tiempo de ejecución del plan.

##### ***4.3.4.2 Diseño de programas de monitoreo.***

- Desarrollo de protocolos de monitoreo para cada indicador identificado, detallando las técnicas de muestreo, la frecuencia y las ubicaciones de monitoreo.
- Distribución de recursos humanos y materiales para implementar de los programas de monitoreo, incluyendo tanto la capacitación del personal como la adquisición de equipos necesarios.

##### ***4.3.4.3 Recopilación y análisis de datos.***

- Recolección sistemática de los datos *in situ*, utilizando herramientas como GPS, cámaras trampa e imágenes satelitales/ fotografías aéreas.

- Análisis estadístico de los datos recopilados para evaluar las tendencias temporales, identificar los patrones espaciales y monitorear el progreso hacia los objetivos del plan (Toriyama et al., 2015).

#### **4.3.4.4 Evaluación del éxito de las acciones.**

- Comparación de los hallazgos del monitoreo con los indicadores de referencia establecidos en la fase inicial del plan.
- Interpretación de los resultados para efectivizar las acciones ejecutadas y realizar ajustes en la estrategia de manejo según sea necesario (Schröter et al., 2014).

#### **4.3.4.5 Comunicación de resultados.**

- Elaboración de informes periódicos que sintetizen los hallazgos del monitoreo y proporcionen recomendaciones para la gestión futura de la zona.
- Presentación de los resultados a las partes interesadas, incluyendo autoridades gubernamentales y no gubernamentales, y comunidades locales (Campo et al, 2023).

Según Aguirre et al. (2018), la deforestación afecta el suministro de agua, lo que causa problemas significativos en Ecuador, como la escasez de agua potable y para riego. Esto se debe a la deforestación en la zona alta y a la degradación de los páramos por incendios frecuentes y sobrepastoreo. Estos ecosistemas son cruciales para la captación y regulación hídrica. En respuesta a estos problemas, este estudio propone un plan de manejo y restauración que incluye la identificación de áreas degradadas, la implementación de proyectos de restauración y reforestación, el control de actividades antrópicas y especies invasoras, y programas de sensibilización y participación comunitaria. El objetivo es que las comunidades y mancomunidades comprendan los bienes y servicios ambientales del bosque seco y reconozcan su importancia para mantener los beneficios que ofrece.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

El estudio de las variaciones en la cobertura vegetal y el uso del suelo en la Reserva de Biósfera Bosque Seco durante el periodo 2010-2020, utilizando herramientas del SIG, permitió identificar una transformación significativa del territorio. A través de la elaboración de una línea base temporal, se construyeron mapas temáticos detallados que muestran las variaciones en el uso del suelo y la cobertura vegetal. Estos mapas evidencian que aproximadamente 31,315.68 hectáreas, equivalentes al 6.25% del territorio, han sido modificadas en este periodo. Los cambios más notables incluyen la conversión de bosques nativos a tierras agropecuarias, lo que representa una pérdida del 57.70% en plantaciones forestales y un aumento del 167.61% en áreas destinadas a infraestructura, lo que subraya el impacto del desarrollo agrícola y antrópico en la región.

El análisis multitemporal realizado a través de imágenes satelitales y técnicas SIG permitió evaluar el impacto del uso del suelo sobre la cobertura vegetal de la reserva. Los resultados muestran que la presión humana ha llevado a una degradación considerable del ecosistema, alterando la biodiversidad y los servicios claves, como la regulación hídrica y la fertilidad del suelo. Además, la fragmentación del bosque nativo ha afectado la conectividad ecológica, aumentando la vulnerabilidad del ecosistema a largo plazo. El estudio resalta la importancia de integrar información geoespacial precisa para monitorear y gestionar los cambios en los ecosistemas de la reserva.

Con base en los hallazgos obtenidos, se desarrolló un plan de manejo y restauración que prioriza la reforestación de áreas degradadas y la regeneración natural asistida, así como la creación de corredores ecológicos para mejorar la conectividad del hábitat. El plan también incluye prácticas agrícolas sostenibles y el control de especies invasoras, lo que contribuirá a disminuir la presión sobre los ecosistemas más vulnerables. Este documento, alineado con el objetivo de elaborar un plan de manejo efectivo, proporciona una guía clara para la conservación y restauración de la reserva, integrando a las comunidades locales y promoviendo iniciativas de desarrollo sostenible, como el ecoturismo y el pago por servicios ambientales.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones, es importante incluir datos obtenidos in situ, que permitan calibrar y validar los resultados derivados del modelo de cambio de uso del suelo y cobertura vegetal. Además, se recomienda utilizar imágenes satelitales de alta resolución y variables como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para mejorar la identificación de las áreas de vegetación.

Desarrollar un monitoreo continuo de los cambios en la reserva, con el objetivo de cuantificar las tasas de pérdida a lo largo del tiempo. Este monitoreo permitirá tomar decisiones más informadas para abordar los problemas ambientales y sociales asociados a estos cambios, facilitando la ejecución de medidas de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales.

Se recomienda asignar los recursos necesarios para ejecutar el plan de manejo y restauración propuesto. La ejecución efectiva de este plan es crucial para la conservación a largo plazo de la reserva. Asimismo, es fundamental establecer alianzas estratégicas con organizaciones medioambientales, instituciones académicas y el sector privado, a fin de obtener apoyo financiero, técnico y logístico.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N., Alvarado, J., & Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 118-130.
- Aguirre, Z. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador*.
- Alvarado, N., & Mainato, F. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://bit.ly/49SJnhC>
- Ante, R. D. G. (2022). Utilización del espectro electromagnético como nuevo espacio de competición militar. *Revista General de Marina*, 283(12), 1033–1044.
- Arnold, C. L., Civco, D. L., Prisløe, M. P., Hurd, J. D., & Stocker, J. W. (2000). RemoteSensing-Enhanced Outreach Education as a Decision Support System for Local Land-Use Officials. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(10), 1251-1260.
- Brown, S., Hall, M., Ruiz, F., & Andrasko, K. (2007). Baselines for land-use change in the tropics: Application to avoided deforestation projects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(6), 1001-1026. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11027-006-9062-5>
- Campo, J., Giardina, C., & Dirzo, R. (2023). Tropical Dry Forest Restoration in an Era of Global Change: Ecological and Social Dimensions. *Sustainability*, 15(4), 3052. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15043052>
- Cárcamo, A., & Rejas, J. (2015). Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura de suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987-2011. *Revista Ciencias Espaciales*, 8(2), 259–271. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2081>
- Cevallos, J. (2020). *Cobertura arbórea y suelo del bosque seco tropical del sector Quimís de la comuna Sancán* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. <https://bit.ly/3IFNyRR>
- Chang, K.-T. (2008). *Introducción a los sistemas de información geográfica* (Vol. 4). McGraw-hill Boston.
- Comité de Gestión de la Reserva de Biósfera Bosque Seco. (2018). *Plan de acción y modelo de gestión de la Reserva de Biosfera Bosque Seco*.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC press.
- Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., Mooney, H. A., Postel, S., Schneider, S. H., Tilman, D., & Woodwell, G. M. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. In *Issues in Ecology Number* (Vol. 2).
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- He, T., & Wang, S. (2021). Multi-spectral remote sensing land-cover classification based on deep learning methods. *The Journal of Supercomputing*, 77, 2829–2843. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03377-w>
- Instituto Geográfico Militar. (2018). *Clasificación de la cobertura y uso del suelo del Ecuador*. <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Censo de población y vivienda: Fascículo provincial Loja*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/loja.pdf>
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2011). El cambio global del uso de la tierra, la globalización económica y la inminente escasez de tierras. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3465–3472.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., ... Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261–269. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Li, H., & Wu, J. (2004). Uso y mal uso de los índices de paisaje. *Landscape Ecology*, 19, 389–399.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015a). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015b). *Teledetección e interpretación de imágenes*. John Wiley & Sons.
- Lira, J. (2021). *La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio*. México Fondo de Cultura Económica.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Sistemas de información geográfica y ciencia*. John Wiley & Sons.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365–2401.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823–870.
- Mancomunidad Bosque Seco, & Comité de gestión de la Reserva de Biósfera Bosque Seco. (2018). *Aspectos generales de la Reserva de Biósfera Bosque Seco como insumo para la construcción del logotipo*.
- Muñoz, J., Armijos-Ojeda, D., & Erazo, S. (2019). *Flora y Fauna del Bosque Seco de la provincia de Loja, Ecuador* (Ediloja). [www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)
- Muñoz, J., Cabrera, B., & Toulkeridis, T. (2023). Analysis of land use change using remote sensing and GIS techniques in the Cazaderos Forest, Loja province, southern Ecuador. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 59, 2-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.23854/07199562.2023592.munoz>
- Narváez, C. (2022). *Determinación temporal de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de las zonas alta, media y baja de la microcuenca del río Culebrillas de la provincia del Azuay para el periodo 2000-2020* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://bit.ly/43iSeGC>
- National Aeronautics and Space Administration. (2021). *Landsat Continuing to Improve Everyday Life*. NASA.
- Nieto Masot, A., & Cárdenas Alonso, G. (2018). Sistemas de información geográfica y teledetección: aplicaciones en el análisis territorial. *Extremadura, España: Grupo de Investigación Geo-Ambiental de La Universidad de Extremadura*.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Thomson Paraninfo.

- Pabón, E. (2022). *Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio Institucional UASB-Digital. <https://bit.ly/4ci2F1m>
- Pineda, O. (2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago* [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo]. Repositorio Institucional A.C. CentroGeo. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Pongratz, J., Reick, C., Raddatz, T., & Claussen, M. (2008). A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2007GB003153>
- Prefectura de Loja. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Loja 2015-2025*. <https://bit.ly/3TAYt5B>
- Sarzoza, M. J. (2021). *Conflictos socioambientales relacionado al cambio de uso de suelo en la comuna kichwa Oyacachi ubicada en el Parque Nacional Cayambe-Coca* [Tesis de grado, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio Institucional UASB-Digital. <https://bit.ly/3IF4zvp>
- Society for Ecological Restoration. (2021). *¿Qué es la restauración ecológica?* <https://www.ser.org/page/resources>
- Schröter, M., Rusch, G., Barton, D., Blumentrath, S., & Nordén, B. (2014). Ecosystem Services and Opportunity Costs Shift Spatial Priorities for Conserving Forest Biodiversity. *PLoS ONE*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112557>
- Shekhar, S., & Xiong, H. (2007). *Enciclopedia de SIG*. Springer Science & Business Media.
- Silveira Soares-Filho, B., Coutinho Cerqueira, G., & Lopes Pennachin, C. (2002). DINAMICA-a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. In *Ecological Modelling* (Vol. 154). [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel)
- Solórzano, V. (2015). *Restauración como mecanismo para la reconciliación Humana y Ecosistémica: Reserva de Biósfera del Bosque Seco en Ecuador*. [https://www.proamazonia.org/restauracion-como-mecanismo-para-la-reconciliacion-humana-y-ecosistemica-reserva-de-biosfera-del-bosque-seco-en-ecuador/#\\_ftnref1](https://www.proamazonia.org/restauracion-como-mecanismo-para-la-reconciliacion-humana-y-ecosistemica-reserva-de-biosfera-del-bosque-seco-en-ecuador/#_ftnref1)
- Tewabe, D., & Fentahun, T. (2020). Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 6(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1778998>
- Toriyama, J., Hak, M., Imaya, A., Hirai, K., & Kiyono, Y. (2015). Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 335, 147-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.037>
- Turner, B. L., Lambin, E. F., & Reenberg, A. (2007). El surgimiento de la ciencia del cambio terrestre para el cambio ambiental global y la sostenibilidad. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20666–20671.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., & O'Neill, R. V. (2001). *Ecología del paisaje en teoría y práctica* (Vol. 401). Springer.
- Ullón, D. (2022). *Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo en la isla Santa Cruz - Galápagos de 1991, 1993, 2009, 2010, 2017, 2019 y 2020 mediante sistemas de*

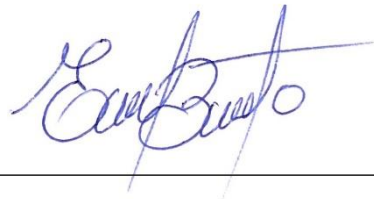
*información geográfica* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional CIA UAE. <https://bit.ly/3vkWoBh>

- UNESCO. (2021). *Reservas de la Biósfera*. <https://en.unesco.org/biosphere/about>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2021). *Definición de áreas protegidas*. <https://www.iucn.org/theme/protected-areas>
- Villalta, D., & Yumbay, P. (2020). *Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de las zonas alta, media y baja en las microcuencas de los ríos Guallicanga y San Antonio del cantón Cañar y El Tambo, 1990-2018* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://bit.ly/4ag2j9H>
- Weng, Q. (2009). *Integración de teledetección y SIG*. McGraw-Hill Professional Publishing New York, NY, USA.
- Wu, J. (2013). Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*, 28, 1–11.
- Zambrano, L. (2016). *Estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <https://bit.ly/3PrAVOa>
- Zavala, M. A., Díaz-Sierra, R., Purves, D., Zea, G. E., & Urbieta, I. R. (2007). Modelos espacialmente explícitos. *Ecosistemas*, 15(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/165>

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Eduarda Dacit Barreto Panamito portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º 1150499224. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación “Estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo mediante sistemas de información geográfica en la reserva de biósfera “Bosque Seco” en el periodo 2010-2020.” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de octubre de 2024



---

**Eduarda Dacit Barreto Panamito**

**C.I. 1150499224**