



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA
COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE
NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE
AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO”**

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniera Forestal

AUTORA: María Fernanda Narvárez Cuesta

DIRECTOR: Ing. Juan Armando Maita Chamba Mg. Sc.

CO-Director: Ing. Pablo Rodrigo Cuenca Capa, Ph. D.

LOJA – ECUADOR

2019



CERTIFICACIÓN

Juan Maita Chamba, Mg. Sc. Geomática
DIRECTOR DE TESIS

En calidad de director de tesis certifico que la señorita **María Fernanda Narvárez Cuesta**, egresada de la carrera de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Loja, **culminó** el proyecto de investigación denominado **“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO”**, el mismo que ha sido debidamente revisado y corregido, cumpliendo con las normas reglamentarias vigentes, **dentro del cronograma establecido.**

Por lo tanto, autorizo que se continúe con los trámites correspondientes.

Loja, 13 de agosto de 2019

Atentamente,



CERTIFICACIÓN que la presente es copia del original al cual debe ser remitido.
23 OCT 2019
SECRETARÍA APOYADA(A) DE LA FACULTAD
AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Juan Maita Chamba, Mg. Sc. Geomática.
**DOCENTE - INVESTIGADOR DE LA FACULTAD AGROPECUARIA
Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, UNL**
Cc. Archivo personal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ing. Oscar Rodrigo Ordoñez Gutiérrez Mg.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

En calidad de presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO” de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal **María Fernanda Narváez Cuesta**, con cédula N° **0105531776**, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 21 de octubre de 2019

Atentamente,

.....
Ing. Oscar Rodrigo Ordoñez Gutiérrez, Mg.Sc.

PRESIDENTE

.....
Ing. Oscar Lenin Juela Sivasaca, Mg.Sc.

VOCAL

.....
Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg.Sc.

VOCAL

AUTORÍA

Yo, María Fernanda Narváez Cuesta declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autora: María Fernanda Narváez Cuesta

Firma:.....

Cédula: 0105531776

Fecha: 24 de octubre de 2019

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, María Fernanda Narváz Cuesta, declaro ser autora de la tesis titulada "ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO" como requisito para optar al grado de: Ingeniera Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 24 días del mes de octubre del dos mil diecinueve, firma la autora.

Firma:



Autora: María Fernanda Narváz Cuesta

Número de cédula: 0105531776

Dirección: Loja, Iglesia San Isidro

Teléfono: 0983741632

Correo electrónico: fernandanarvaez96@gmail.com

Celular: +593-983741632

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Juan Armando Maita Chamba, Mg. Sc

Tribunal de grado: Ing. Oscar Rodrigo Ordoñez Gutiérrez, Mg. Sc

Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca, Mg. Sc

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc

Presidente

Vocal

Vocal

Agradecimiento

Quiero agradecer a quienes hicieron posible y contribuyeron para que este trabajo culminara. Primeramente, a Dios y mi familia, especialmente a mis padres, hermano, cuñada y sobrino por el apoyo y la motivación brindada, a mis amigos y allegados por cada palabra de aliento y con los cuales he compartido gratos momentos.

A la Universidad Nacional de Loja, la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, la Carrera de Ingeniería Forestal por abrirme sus puertas durante mi formación profesional.

María Fernanda Narváez Cuesta

Dedicatoria

Sin el apoyo de mis padres: Carlos Iván Narváez y María Silvia Cuesta, hubiese sido imposible la culminación del presente trabajo investigativo, mis padres con su paciencia, esfuerzo y amor supieron darme la fortaleza para lograr cumplir esta meta. Por ello dedico el presente trabajo a mis padres.

María Fernanda Narváez Cuesta

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	XV
Abstract.....	XVI
1. Introducción	1
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2. Objetivos específicos.....	4
2. Marco Teórico.....	5
2.1. Usos del Suelo y sus Cambios.....	5
2.2. Ecología del Paisaje.....	6
2.3. La Deforestación en el Ecuador	7
2.4. Fragmentación	8
2.5. Teledetección.....	10
2.6. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	11
2.7. Sensores Remotos.....	11
2.8. Satélite Landsat	12
2.8.1. Satélite landsat 5 y 8.....	13
2.9. Imagen Satelital	14
2.10. Procesamiento de una imagen satelital.....	14
2.10.1. Correcciones básicas de una imagen satelital.....	14
2.10.2. Corrección geométrica	15
2.10.3. Corrección radiométrica	15
2.10.4. Corrección atmosférica.....	16
2.11. Métodos de Clasificación de Imágenes Satelitales.....	16
2.11.1. Fase de entrenamiento	17
2.11.2. Fase de asignación.....	17
2.11.3. Fase de comprobación y verificación de resultados	18

2.12.	TerrSet 18.21	19
2.13.	Erdas Imagine 2015.....	20
2.14.	Guidos Toolbox.....	20
3.	Metodología.....	21
3.1.	Área de Estudio	21
3.2.	Base de Datos	22
3.3.	Metodología para la Evaluación de los Cambios de la Cobertura Vegetal	23
3.3.1.	Pre procesamiento de imágenes satelitales.....	24
3.3.2.	Procesamiento de las imágenes de los sensores landsat 5 y 8.....	25
3.3.3.	Post procesamiento de las imágenes	26
3.3.4.	Análisis de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo	27
3.4.	Metodología para determinar el grado de fragmentación	29
4.	Resultados	31
4.1.	Cambios Espacio Temporales de la Cobertura y Uso del Suelo que se han Producido en el Área Protegida y su Zona de Amortiguamiento, Sector Cononaco.....	31
4.1.1.	Cobertura y uso de suelo año 1987	31
4.1.2.	Cobertura y uso de suelo año 2017	32
4.1.3.	Cambios en la cobertura y uso de suelo en un periodo de 30 años	34
4.1.4.	Patrones de deforestación.....	35
4.2.	Patrones de fragmentación dentro de la cobertura vegetal en la parroquia Cononaco.....	37
4.2.1.	Cambios cuantitativos de los parámetros MSPA para la cobertura bosque en el periodo de 30 años.....	37
5.	Discusión.....	38
6.	Conclusiones.....	43
7.	Recomendaciones.....	44
8.	Bibliografía.....	45

9. Anexos.....55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencia de las características de los satélites landsat 5 y 8	13
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del área de estudio.....	22
Figura 2. Esquema del proceso metodológico para la evaluación de los cambios en la cobertura vegetal de la zona de estudio.	24
Figura 3. Esquema metodológico para la evaluación del grado de fragmentación de la cobertura vegetal parroquia Cononaco.	29
Figura 4. Mapa de cambio de uso de suelo de la parroquia Cononaco, año 1987.....	31
Figura 5. Mapa de cambio de uso de suelo de la parroquia Cononaco, año 2017.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Imágenes Landsat utilizadas para el presente estudio.....	23
Tabla 2. Información base para el análisis espacio temporal de la cobertura vegetal, parroquia Cononaco	23
Tabla 3. Clasificación de las coberturas vegetales utilizadas	26
Tabla 4. Matriz de transición utilizada en el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo.	28
Tabla 5. Métricas del MSPA utilizadas	30
Tabla 6. Coberturas vegetales y sus diferentes áreas correspondientes al año 1987.	32
Tabla 7. Coberturas vegetales y sus diferentes áreas correspondientes al año 2017.	33
Tabla 8. Cambios de las coberturas y del uso de suelo en la parroquia Cononaco en los años 1987 y 2017.....	34
Tabla 9. Deforestación bruta y neta del área de estudio.	35
Tabla 10. Deforestación 1987 - 2017 con respecto al área protegida y el área no protegida.....	36
Tabla 11. Patrones morfológicos espaciales de la cobertura bosque 1987 - 2017, en la parroquia Cononaco.	37

**“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA
COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE
NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE
AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO”**

Resumen

A nivel mundial, los bosques se encargan de proveer productos y servicios derivados de los mismos como: forrajes, frutos, medicinas, dendroenergía, protección de suelos y agua, captura de CO₂ entre otros. Estos lugares, ricos en biodiversidad, son afectados por la deforestación que provoca la pérdida y fragmentación de grandes extensiones de bosques. El análisis del cambio del uso de suelo ayuda a comprender los factores que influyen en el agotamiento de este recurso. Por ello, en esta investigación se analizó los cambios espacio-temporales y el grado de fragmentación que existió en la parroquia Cononaco durante 30 años (1987 - 2017) mediante una clasificación supervisada, se usó el software TerrSet y Erdasimagine para las coberturas existentes en la zona. Así, para el año 1987 la cobertura bosque ocupaba el 99,11 % de la superficie total de la parroquia, mientras que para el 2017 esta cobertura cambió a un 98,71 %, perdiendo 2 620 ha que representa el 0,4 % en el periodo de estudio, surgiendo las tierras agropecuarias y la zona antrópica. Además, mediante el software Guidos se determinó que la superficie de islas aumentó un 0,04 % mientras que los núcleos disminuyeron un 2,68 % en extensión, lo cual indica procesos de fragmentación dentro del área de estudio.

Palabras claves: Análisis espacio temporal, Deforestación, Fragmentación, Cambio De Cobertura

Abstract

Globally, forests are responsible for providing products and services derived from them, such as: fodder, fruits, medicines, dendroenergy, soil and water protection, CO₂ capture among others. These places, rich in biodiversity, are affected by deforestation originated by the loss and fragmentation of large areas of forest. The analysis of land-use change helps to understand the factors that influence the depletion of this resource. Therefore, this research analyzed the changes in temporal space and the degree of fragmentation that exists in the Cononaco parish during 30 years (1987 - 2017) through a supervised classification, the TerrSet and ERDAS Imagine softwares were used for existing coverages in the area . Thus, by the year 1987 the forest cover occupied 99.11% of the total area of the parish, while by 2017 this coverage decreased to 98.71%, losing 2 620 ha representing 0.4% in the period of study, emerging agricultural land and the anthropic zone. In addition, using the Guidos software, it was determined that the surface of the islands increased 0.04% while the nuclei decreased 2.68% in extension, which means that there are fragmentation processes within the study area.

Keywords: Spatial-temporal analysis, Deforestation, Fragmentation, Forest Cover Loss.

1. Introducción

Los bosques juegan un papel fundamental a nivel mundial, esto se debe a que de ellos depende el tener una correcta seguridad alimentaria, son los principales productores de dendroenergía, zonas de resguardo para animales y humanos, forrajes y otros alimentos que son necesarios para la sociedad, fibras y más (Zamora, 2016); uno de los principales problemas forestales contemporáneos de mayor preocupación mundial, es la deforestación y fragmentación de los bosques (Hyde, Amacher, y Magrath, 2001). En la actualidad los organismos gubernamentales y no gubernamentales prestan más atención a la destrucción de los bosques, estos juegan un papel importante hablando de términos ecológicos, por las diferentes funciones que brindan y de forma especial por las amenazas a las cuales se ven expuestos, como la deforestación o la degradación de los bosques lo cual genera efectos directos frente a la emisión neta de carbono; el proceso de deforestación se cree que aporta alrededor de un 10 a 20 % del total de gases emitidos correspondientes a los gases de efecto invernadero a nivel mundial (Armenteras y Rodríguez, 2014; Monjardín, Pacheco, Plata y Corrales, 2017).

La acción ejercida por el hombre en la cual se produce el cambio de superficies forestales a terrenos no forestales es considerada como deforestación (Monjardín *et al.*, 2017); Hansen *et al.*, (2013) en su trabajo de investigación registra una pérdida de 2.3 millones de km² de bosques a nivel global para el periodo 2000 - 2012. La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) expresa que desde el año 2010 al 2015 las tasas de deforestación han presentado una disminución, obteniendo pérdidas de 76 000 km²/año y ganancias de 43 000 km²/año, lo cual representa una pérdida anual neta de alrededor de 33 000 km²/año a nivel global (Monjardín *et al.*, 2017). A nivel continental se reporta para el año 2002, tasas de deforestación en Sudamérica de 0,38 %, en África 0,43 %, en el Sudeste de Asia 0,91 % y a nivel mundial 0,52 % (Armenteras *et al.*, 2014).

Dentro de la amazonia ecuatoriana se encuentra el Parque Nacional Yasuní el cual, es considerado como una de las reservas naturales de mayor importancia, este es el lugar más biodiverso del mundo hablando en términos de riqueza de especies por hectárea (Thieme, Hettler y Finer, 2018). Es una gran reserva de la biosfera y del territorio indígena Huaorani, el cual cubre 1.6 millones de hectáreas de superficie boscosa del territorio ecuatoriano, siendo esta el área protegida con mayor extensión geográfica del mismo (Valencia *et al.*, 2004). Se cree que dentro del parque existen aproximadamente de 3000 a 3500 especies vegetales, de la misma forma se han reportado cerca de 120 especies de reptiles, 150 de anfibios, 200 de mamíferos, 500 de peces y 600 especies de aves (Pérez, Hernandez, Romero, y Valencia, 2014); también se encuentra protegiendo gran parte del territorio de la nacionalidad Tagaeri y Taromenane, los únicos dos pueblos en todo el país que se encuentran en condiciones de aislamiento voluntario (Larrea, 2017; Pérez *et al.*, 2014).

Desde la década de los 70, toda la biodiversidad de esta región se ha visto afectada, por varios factores de tipo antrópico (Ministerio de Turismo, 2014), causando así un desequilibrio ecológico de los bosques nativos (Thieme *et al.*, 2018). Entre los factores que afectan al equilibrio ecológico se encuentra la deforestación; de acuerdo a FAO las principales causas para la deforestación en Ecuador son la expansión agrícola y la colonización, la minería y las petroleras, la extracción de madera y la construcción de carreteras (Mena, Bilsborrow, y McClain, 2006; Zapata, Suarez, Utreras, y Cueva, 2011); estas alteraciones medioambientales y del funcionamiento del ecosistema, pueden llegar a tener un efecto de gran alcance en las características estructurales y funcionales del paisaje, provocando vulnerabilidad de los bosques y ecosistemas a riesgos naturales (Francois y Correa, 2000; Chacón, 2014; Galicia *et al.*, 2018).

Actualmente existe un proyecto de control y seguimiento de la Amazonía ejecutado por Amazon Conservation Association, el cual publicó un mapa en el que se puede observar la

deforestación causada por la industria petrolera en el Parque Nacional Yasuní, en este mapa se analizó una gran variedad de imágenes satelitales con el fin de calcular los niveles de deforestación, de forma directa e indirecta que se producen en el parque, obteniendo como resultados que por impacto directo se tiene 169 hectáreas que son destinadas a actividades petroleras y cerca de 248 ha de impacto no directo que se usa para actividades agrícolas (Paz, 2018).

Es importante destacar, que las investigaciones acerca del cambio de uso de suelo y la cubierta vegetal son necesarias para estudios sobre los cambios globales, porque este acarrea una serie de problemas, entre los cuales se puede mencionar la disminución de cobertura vegetal, el agotamiento de los suelos y la erosión de los suelos (Chacón, 2014); es decir, la investigación de las características espacio-temporales del cambio en el uso del suelo es necesaria para comprender de una mejor manera como se produce este cambio y cuáles son los factores que lo están afectando (Si-yuan *et al.*, 2001); este tipo de investigaciones sirven para lograr enfatizar y crear conciencia acerca de la conservación y protección de la vegetación, lo cual juega un factor importante para el desarrollo social y ambiental (Chacón, 2014). Una forma de estudiar los cambios espacio-temporales del uso de suelo y de la cobertura del mismo, se basan en la medición o valoración de los cambios que existen en sus diferentes coberturas, lo cual de manera tradicional se realiza sobre documentos generados por fotografías aéreas e imágenes satelitales (Bocco, Mendoza, y Masera, 2001).

En la presente investigación se hizo una reconstrucción histórica del cambio de uso de suelo y la fragmentación del bosque que existe dentro del Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento en la parroquia Cononaco, con la ayuda de tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). Esta información contribuirá a generar criterios para conservación, protección y manejo que se debe brindar a los recursos naturales en la zona de estudio. Los resultados del presente trabajo ayudan y aportan con información para el

desarrollo de la investigación científica enmarcada dentro del proyecto titulado “Reconstrucción histórica de cambio de uso del suelo”. Esto a su vez generará aportaciones en la formación académica de los estudiantes de la carrera de ingeniería forestal, así como profesionales y personas afines al tema, para que continúen realizando futuras investigaciones que se planteen en la región amazónica: así como en las diferentes reservas, bosques protectores, parques nacionales o cualquier área destinada a la conservación dentro del ámbito local, regional y nacional. Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se planteó las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles han sido los cambios en la cobertura vegetal en el Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, sector Cononaco en un periodo de 30 años?
- ¿Cuál ha sido el grado de fragmentación de los bosques nativos en el Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento en un lapso de 30 años?

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Analizar la dinámica espacio temporal de la cobertura vegetal del Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, sector Cononaco.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar los cambios de la cobertura vegetal, a través de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica, en el Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, sector Cononaco.
- Determinar la dinámica de fragmentación en el Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, sector Cononaco.

2. Marco Teórico

2.1. Usos del Suelo y sus Cambios

Las tendencias de cambio de uso de la tierra y sus coberturas de acuerdo a Nené-Preciado *et al.* (2017), son procesos espaciales, que se encuentran influenciados por múltiples factores endógenos y exógenos los cuales interactúan de diferente manera entre elementos físicos, biológicos y sociales. Estos elementos o factores están relacionados con cambios ambientales y tecnológicos, desarrollo económico, crecimiento poblacional, actividades agropecuarias, entre otros. Comúnmente los estudios del cambio del uso de suelo forestal se encargan de evaluar la velocidad de la deforestación o de la degradación forestal, estos a su vez determinan la extensión geográfica e identifican cuales son las causas que la generan (Ruiz *et al.*, 2014). De acuerdo a estudios realizados por FAO se estima para el año 2012 una tasa de deforestación de 65 880 ha/año para el Ecuador continental (Lazcano, 2015); por el contrario MAE (2017), para el periodo 2008 – 2014 estimó una deforestación neta anual de 47 947 ha/año y para el periodo 2014 – 2016 estimó una deforestación de 61 112 ha/año para Ecuador.

En el Ecuador, el uso de suelo se presenta en base a las actividades que se realizan en las tierras del sector rural, teniendo así las siguientes categorías: cultivos de forma permanente y temporal, terrenos cultivados y en descanso, pastos naturales, matorral y bosque, páramos y otros; para el año 2016 la categoría pastos naturales ocupa el 6,46 % del territorio rural del país, los páramos 3,05 % y un 46,61 % de bosques (Salazar *et al.*, 2016).

Las investigaciones sobre el cambio de uso de la tierra y la cobertura vegetal constituyen información base para adquirir un conocimiento acerca del recorrido de los procedimientos ligados a los factores de perturbación antrópica como: deforestación, degradación y agotamiento de los bosques, erosión del suelo y desertificación del mismo, disminuyendo así la diversidad ecosistémica, entre otros (Camacho *et al.*, 2015). Los métodos de cambio a los

cuales son sometidas las diferentes coberturas de bosque y usos de la tierra en una zona delimitada o región, se considera en varios países como las causas primarias que provocan el daño ambiental (Molina y Albarran, 2013); cuyo avance se ha intensificado en las últimas décadas, esto se debe a que se ha optado por la realización de diferentes actividades antrópicas, lo cual se encuentra desencadenando la transformación en el ecosistema terrestre, estas acciones representan un porcentaje más alto que los fenómenos naturales (Velázquez *et al.*, 2011).

Los ecosistemas de la amazonia son de gran interés para el estudio y la conservación, estos son parte de los sumideros de carbono más grandes del mundo y son el hábitat de muchas especies animales y vegetales (Tiria Forero *et al.*, 2018). En todo el Ecuador de acuerdo a los datos del Proyecto de Evaluación Forestal 2009 - 2013 se establece que la reserva de carbono total es de 1 533 168 425,46 toneladas; teniendo dentro de esta reserva y como fuente de biomasa viva un 84,6 % y un 15,4 % de biomasa muerta. El promedio ponderado de carbono en biomasa de bosques es de 134,92 toneladas por hectárea (Ortega, 2015).

Los daños en la cobertura y los patrones de uso del suelo causan un efecto importante sobre la biodiversidad, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, pudiendo potenciar los procesos de deterioro de la calidad del agua, la fertilidad del suelo y la pérdida del hábitat, lo cual genera consigo una pérdida de la conectividad hidrológica, que modifica el transporte de materia, energía y organismos dentro o entre los elementos del ciclo hidrológico (Nené- Preciado *et al.*, 2017).

2.2. Ecología del Paisaje

La ecología del paisaje viene siendo una disciplina que se deriva de la ciencia de la ecología y la geografía, ésta estudia cómo actúa la variación espacial existente en el paisaje y como está afecta a los procesos ecológicos como la distribución y el flujo de energía, de

materiales e individuos en el ambiente, que a su vez influyen en la distribución de los elementos del paisaje (Troll, 2003; Urquijo y Barrera, 2009); intentando de esta manera ayudar y lograr resolver retos ambientales de esta época, los cuales tiene que ver con la conservación de la cultura y el patrimonio natural (Vila *et al.*, 2006).

Los paisajes sintetizan las variadas combinaciones existentes de estructuras, elementos y sistemas que conforman la superficie terrestre y sirven de gran manera en su estudio con técnicas modernas para la observación de la superficie de la tierra a través del uso de imágenes satelitales (Silva *et al.*, 2010).

2.3. La Deforestación en el Ecuador

Se conoce como deforestación a la eliminación total de los bosques; es decir al cambio o transformación del bosque a otros tipos de cobertura de la superficie terrestre o a la reducción constante de la cubierta del estrato arbóreo por debajo del límite mínimo del diez por ciento (Mena, 2013).

El Ministerio del Ambiente de Ecuador realizó una valoración promedio de la tasa de deforestación para el Ecuador continental, mediante la generación de un mapa de deforestación histórico, que a su vez generó mapas de cobertura y de uso del suelo considerando los periodos 1990 – 2000, 2000 – 2008, 2008 – 2014 y 2014 - 2016; como resultado del análisis de estos mapas se obtuvieron tasas de deforestación netas anuales promedios de 92 742 ha/año, 77 748 ha/año, 47 497 ha/año y 61 112 ha/año, para estos periodos respectivamente (MAE, 2017). De manera particular para la provincia de Orellana, la tasa de deforestación anual promedio para el periodo 1900 - 2000 fue de 9 496 ha/año y esta tasa disminuyó para los periodos 2000 – 2008 y 2008 – 2014 con 3 154 ha/año y 3 087 ha/año, respectivamente; aumentando para el periodo 2014 – 2016 a 5 124 ha/año (MAE, 2017).

Además, datos aportados por FAO (2015), expresan que durante los últimos 20 años Ecuador ha presentado la tasa más alta de deforestación en Sudamérica, con 47 947 ha/año de áreas deforestadas, siendo la región noreste de la amazonia y en las regiones costeras noreste en donde se ha detectado las tasas más altas de deforestación. Al comparar los datos de la FAO (2015) y los del MAE (2017), se evidencia que la tasa de deforestación anual para Ecuador, sigue siendo una de las más altas de Latinoamérica.

Existen varias fórmulas para calcular la tasa de deforestación, por ejemplo, Puyravaud (2003), establece una fórmula estandarizada, la cual deriva de la ley de interés compuesto y a su vez de la tasa media anual de cambio, dando así un valor más exacto a la hora de comparar el resultado de esta con la fórmula establecida por FAO en 1996.

De la misma manera Puyravaud (2003) explica que la tasa r siempre es mayor a q , pero que en la mayoría de los casos la diferencia entre las dos es menor que el error de muestreo. La tasa r es significativamente más alta que q solamente cuando la deforestación es extremadamente alta, estas fórmulas derivan la Ec 1 y la Ec 2 que se detalla en metodología.

2.4. Fragmentación

El estado de transformación o modificación de un paisaje boscoso se caracteriza de acuerdo al grado de destrucción su hábitat, en base a la tasa de deforestación, los cambios en la matriz y los patrones de fragmentación de bosques naturales (Otavo y Echeverría, 2017). De acuerdo a esto se considera que las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica son la pérdida del hábitat y la fragmentación (Gómez *et al.*, 2005). Los bosques se ven afectados por rápidos procesos de deforestación, los cuales provocan la disminución del área boscosa y la parcelación de las áreas restantes o también conocidas como fragmentadas (Chapa *et al.*, 2008).

A partir de los últimos años se empieza a tener especial interés en el estudio de la fragmentación del paisaje, debido a que se han dado alteraciones en los patrones del mismo, que afectan de forma directa los diferentes procesos ecológicos de la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema (Vega *et al.*, 2018). La fragmentación se caracteriza por la disminución de la extensión de un área de hábitat o la ruptura de fragmentos; esto es un proceso que modifica condiciones ambientales y la correcta funcionalidad de un ecosistema, provocando así la alteración del régimen hidrológico, el microclima, las propiedades del suelo y el ciclo de los elementos minerales y, de esta manera se ven afectadas las poblaciones humanas, animales y vegetales (Moreiras y Eccardi, 2007; Chapa *et al.*, 2008).

En la región amazónica se puede encontrar paisajes poco modificados, con una baja tasa de deforestación y extensas áreas de bosque nativo o paisajes altamente fragmentados y modificados, donde la cobertura boscosa ocupa una reducida área del paisaje, con fragmentos de hábitat aislados, dispersos y sin conectividad, y una matriz compuesta por usos antrópicos (Otavo y Echeverría, 2017). Por eso se dice que la fragmentación conlleva a la disminución del número de población sensibles a los cambios y a los métodos de migración, que deriva en el desplazamiento o pérdida de la biodiversidad (Chapa *et al.*, 2008). Una de las causas de esto de acuerdo a Henríquez (2004) es que la fragmentación puede afectar a la adecuación biológica de las plantas reduciendo así la cantidad de semillas producidas por los árboles, debido a que en las poblaciones más aisladas disminuyen la cantidad de polen que llega a los estigmas de las flores, provocando de esta manera semillas más pequeñas gracias a una endogamia de la misma planta.

El proceso de fragmentación puede ser el resultado de disturbios naturales o antrópicos como las actividades agropecuarias, tala de árboles, construcción de caminos, entre otros. Para conocer los niveles de fragmentación se realiza un cálculo en base a indicadores de

fragmentación que han sido ampliamente utilizados en estudios de ecología del paisaje (Chapa *et al.*, 2008).

Los estudios de la ecología del paisaje con una perspectiva científica, intentan comprender los retos ambientales de la conservación del patrimonio natural y cultural, a través de la utilización de sistemas de información geográfica (SIG), como herramienta de gestión de recursos naturales. De esta forma el conocer la conectividad de los fragmentos de hábitat, permite desarrollar estrategias que garanticen un buen manejo y la conservación de los recursos naturales (Vega *et al.*, 2018).

Con el fin de lograr identificar las variaciones en el tiempo y relacionar patrones del paisaje con la función ecológica se requiere realizar una comparación de paisajes que exige la aplicación de métodos cuantitativos, los cuales incluyen la medición de indicadores o a través de métricas del paisaje que facilitaran la detección de patrones de cambio que no se pueden observar a simple vista (Correa *et al.*, 2012).

2.5. Teledetección

La teledetección o también conocida como detección a distancia la cual se basa en la realización de una base de datos o registro de radiación electromagnética con el uso de sensores remotos de varias clases que no se encuentran en contacto de forma física con el objeto, como: cámaras fotográficas, scanner, radares y otros, los cuales se encuentran situados en equipos aéreos, ubicados dentro y fuera de la atmosfera; en el proceso de teledetección intervienen varios componentes dentro de los cuales se encuentra: energía, elementos de la superficie terrestre y de la atmósfera (Ardila y Quintero, 2013).

En si la teledetección es una técnica empleada para la adquisición de información mediante imágenes espaciales, en las cuales posteriormente se aplicarán diferentes técnicas para el procesamiento digital y visual de las imágenes satelitales (multiespectral tipo

Landsat), y de esta manera se puede llegar a determinar los cambios que existen en la cubierta vegetal del suelo a través de varios periodos de tiempo (Condori *et al.*, 2018)

2.6. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica (SIG), son un conjunto de herramientas que sirven para recolectar, almacenar, extraer, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real en busca de un propósito determinado (Parra, 2010); estos al estar combinados con sistemas de procesamiento de teledetección, son una herramienta insustituible para el análisis y la administración de los problemas ambientales en donde existen características determinantes (Bocco, 2000). Se pueden combinar las técnicas de la teledetección y los SIG, debido a que gracias a la teledetección se puede clasificar áreas de manera supervisada y no supervisada; la clasificación de imágenes supervisadas se refiere a un análisis visual que examina la imagen analógica, con el propósito de lograr identificar los diferentes componentes del paisaje (Condori *et al.*, 2018).

Los SIG son una integración organizada de hardware, software, que generan datos digitales y usuario, que a su vez permiten las acciones de capturar, almacenar, manipular, procesar y visualizar información espacial (Santovenia *et al.*, 2009). Así mismo, estos contienen información en formato digital de cómo se encuentra estructurado un terreno (capas o niveles); descifran la realidad en distintas capas, como por ejemplo: el relieve, la hidrografía, las vías de comunicación y otras; los principales softwares utilizados en SIG actualmente son: QGis ArcInfo, Arc View, ArcGis, GRASS, MapInfo, IDRISI, GéoConcept y otros (Arancibia, 2008).

2.7. Sensores Remotos

La percepción remota o sensores remotos se pueden definir como una ciencia de detección y medición a distancia de un sistema físico mediante la energía electromagnética que es

producida por este, y en la que el usuario puede identificar y clasificar objetos por clase, sustancia y distribución espacial; de la misma forma se consideran como un proceso para adquirir información sobre un objeto, área o fenómeno desde la distancia; se pueden categorizar como activos o pasivos, diferenciándose por la fuente de energía de la cual se obtiene la información (García, 2007; Parra, 2010).

El uso de sensores remotos ofrece la posibilidad de obtener diferente tipo de información acerca del estado de una zona geográfica, la dimensión o configuración geométrica, la modelación hidrológica de la zona; a su vez genera imágenes satelitales, esto representa un mecanismo que permite el análisis de grandes extensiones de tierra y lugares poco accesibles a un bajo valor económico (López *et al.*, 2011; de León *et al.*, 2014). Los sensores remotos cuentan con diferentes resoluciones que ayudan e intervienen en la calidad de la imagen como:

- Resolución espacial la cual ayuda a distinguir e identificar los objetos sobre la superficie de la tierra.
- Resolución radiométrica ésta depende de la sensibilidad que tiene el sensor, es decir la capacidad para detectar variaciones en la radiación espectral que el sensor recibe.
- Resolución temporal se refiere al intervalo de tiempo que existe entre la toma de muestras de un área específica hasta que se obtiene una imagen de la misma zona.
- Resolución espectral indica el número y la anchura de las bandas que el sensor puede captar (Peguero, 2012; Silva *et al.*, 2010; Villar, 2008)

2.8. Satélite Landsat

Se denomina así a una serie de misiones que tienen como objetivo la observación de la Tierra a través del satélite, el mismo que es manejado por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) y el Servicio Geológico de Estados Unidos, pertenece a

un satélite de recursos naturales, los diferentes satélites landsat han determinado una de las excelentes secuencias históricas de la evolución del mundo, los sensores a bordo del satélite landsat han capturado imágenes de la Tierra de una manera constante (Bravo, 2017; Fernández, 2005).

2.8.1. Satélite landsat 5 y 8

El satélite landsat 5 está conformado por el sensor Thematic Mapper (TM), sus imágenes están conformadas por siete bandas espectrales con una resolución espacial de 30 m; por el contrario, el satélite landsat 8 está conformado por el sensor Imagen Operacional de la Tierra (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) con una resolución espacial de 30 m de las bandas 1 a 7 y 9, la resolución espacial de la banda 8 o banda pancromática es de 15 metros, el tamaño de la imagen aproximado para el landsat 5 y 8 es de 170 km escena norte-sur por 183 km este-oeste; a continuación se presenta un cuadro resumen con la información del satélite landsat 5 y 8:

Cuadro 1. *Diferencia de las características de los satélites landsat 5 y 8*

Descripción	Satélite	
	Landsat 5	Landsat 8
Sensor	TM	OLI/TIRS
Lanzamiento	1/03/1984	11/02/2013
Altitud de órbita	705 km	705 km
Resolución radiométrica	8 bits	16 bits
Resolución espacial	30 m	30 m (B8 15 m)
Resolución espectral	7 bandas	11 bandas
Frecuencia de nuevas imágenes	16 días	16 días
Tamaño de la imagen	180 km x 180 km	185 km x 185 km
Archivo	1984-2011	2013-presente

Fuente: Bravo (2017)

2.9. Imagen Satelital

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2015) define, una imagen satelital como: “Una representación visual de datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial; datos que se envían a una estación terrena donde se procesa y se convierten en imágenes”. Las imágenes satelitales han jugado un papel importante a nivel forestal, de manera especial para la elaboración de cartografía, identificación de diversas variedades de bosque y el reconocimiento de rodales; también, han sido utilizadas en la realización de estudios de regeneración y determinación de etapas sucesionales, en la evaluación de la incidencia de la presencia de incendios forestales, y de los cambios producidos en la cobertura vegetal (Ancira y Treviño, 2015).

Las imágenes satelitales registran, a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, el comportamiento de la superficie terrestre, de esto depende el número de bandas y rangos longitudinales que generan la resolución espectral, mediante estas se proporciona datos contiguos y distribuidos a lo largo de las áreas geográficas (Araya y Antonio, 2007).

2.10. Procesamiento de una imagen satelital

Los procedimientos habituales de corrección atmosférica o corrección de una imagen satelital se pueden agrupar en modelos físicos de transferencia radiactiva, a través de información generada por la imagen y métodos de ajuste empírico; es necesario aplicar los procesos de corrección atmosférica cuando se estima realizar cálculos o bien, correlaciones donde van a intervenir diferentes bandas multiespectrales (Aguilar *et al.*, 2015).

2.10.1. Correcciones básicas de una imagen satelital

El tratamiento digital de imágenes satelitales constituye una parte fundamental de la teledetección, cuyo desarrollo ha impulsado a la aplicación del tratamiento de datos digitales

procedentes de sensores, que permite utilizar en forma confiable la tecnología satelital. En este procedimiento es indispensable disminuir o eliminar los efectos perturbadores que se encuentran asociados a la información espectral que captan los sensores a bordo de las plataformas espaciales (Sacristán, 2005). De la misma manera, es necesario, eliminar los efectos atmosféricos, los inherentes a la geometría sol-sensor y aquellos que resultan de la mezcla suelo-vegetación, por ser los que generan mayor impacto en la calidad de los datos o información contenida en las imágenes satelitales (Paz, 2018).

2.10.2. Corrección geométrica

La corrección geométrica es un proceso a través del cual se corrigen desplazamientos y distorsiones geométricas que puedan estar presentes en una imagen, los mismos son provocados por la inclinación y la posición del sensor en el momento de la captura, los errores sistemáticos relacionados con la imagen y la influencia del relieve del terreno (Jiménez *et al.*, 2010).

Este proceso es de gran importancia debido a que influye directamente en la precisión y posición de los resultados en el procesamiento de una imagen satelital; esto garantiza que los cambios documentados entre dos imágenes de la misma área y diferentes fechas, son causados por los cambios en la cobertura de la tierra encontrados durante el periodo de análisis, y no a diferencias en la posición de las imágenes en el periodo de estudio (Aguilar *et al.*, 2015).

2.10.3. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica es un proceso mediante el cual se designan técnicas que modifican los niveles digitales (ND) originales, con el objetivo de simular lo que se podría encontrar dentro de una imagen captada en un momento real; esta corrección toma en cuenta

las distorsiones provocadas por la atmósfera, al igual que los problemas radiométricos derivados del mal funcionamiento del sensor (Ayuga, 2007; Ambrosio *et al.*, 2013).

2.10.4. Corrección atmosférica

Este tipo de corrección se aplica a las imágenes satelitales, con el propósito de eliminar la radiancia propia del sensor y el efecto de los aerosoles que se reflejan en una imagen, producto de la intercomunicación de la atmósfera con el sensor (Rodríguez, 2014).

El objetivo de la corrección atmosférica es determinar el valor real de reflectancia de la superficie de la tierra, a partir de la reflectancia aparente medida por el sensor; esta es la parte más importante del pre procesamiento de datos obtenidos mediante teledetección por satélite (Riaño *et al.*, 2000; Villar, 2008).

2.11. Métodos de Clasificación de Imágenes Satelitales

En la clasificación de las imágenes se usan dos tipos (Bense, 2007): clasificación no supervisada, en la cual el algoritmo clasificador solamente necesita información de la zona o escena que se desea clasificar y diferentes parámetros que limiten el número de clases de la misma. Esto se basa en el efecto de búsqueda de clase con una separabilidad espectral suficiente como para conseguir diferenciar ciertos elementos de otros; y, la clasificación supervisada proceso mediante el cual pixeles de identidad conocida son usados para clasificar pixeles de identidad desconocida dentro de un área de estudio.

De acuerdo con Ramírez (2013), la clasificación supervisada necesita cierto conocimiento previo del terreno y de los tipos de coberturas; en base a esto se definen y se delimitan sobre la imagen las áreas de entrenamiento. Las características espectrales son usadas para entrenar y preparar un algoritmo de clasificación para una determinada área, este algoritmo luego sirve para el cálculo de parámetros estadísticos de cada banda en cada sitio piloto.

El proceso de clasificación supervisada, implica varias etapas secuenciales: (1) un análisis visual y estadístico de la imagen y de sus bandas, (2) la selección y delimitación de áreas pilotos, (3) la generación y evaluación de sus estadísticas y reajustes, (4) la elección y aplicación del algoritmo de clasificación, (5) los reajustes y la reclasificación y, (6) la evaluación de los resultados y su presentación (Chuvieco, 2008; Ramírez, 2013).

2.11.1. Fase de entrenamiento

Para poder interpretar una imagen satelital o una fotografía aérea debe existir una experiencia previa, que permita identificar cada una de las categorías presentes en la misma, tal como tamaño, situación, textura o tono. De esta forma se inicia la clasificación digital mediante la cual se caracteriza los patrones que definen a la imagen en distintas coberturas. Cuando se habla de clasificación basada en valores numéricos de los píxeles, la categorización debe ser numérica, por esto se trata de obtener el nivel digital o en mejor manera el rango de los niveles digitales que identifican a cada cobertura, de todas las bandas que interviene en la clasificación (Chuvieco, 2008).

2.11.2. Fase de asignación

En este punto se procura adjuntar cada uno de los píxeles que se encuentran en la imagen a una clase que es previamente seleccionada. Esto se realiza en función de los ND de cada píxel, y de cada banda que participa en este proceso. Como resultado de esto se tiene una nueva imagen en la cual los ND demuestran una cobertura la cual fueron adjuntados de la imagen inicial.

2.11.2.1. *Algoritmo de mínima distancia*

Este algoritmo permite un uso sencillo y rápido al momento de su ejecución, éste logra asignar píxeles dentro de una cobertura cercana que permita disminuir la distancia que existe entre este píxel y el centroide de clase, se debe tomar en cuenta que no se habla de una

distancia geográfica sino, de una medida espectral, que resulta de la comparación de los niveles digitales de cada píxel con los centros de las diferentes coberturas, en todas las bandas que se encuentren participando en el análisis. El uso de este algoritmo ofrece buenos resultados cuando no exista una gran diferencia entre coberturas y el área de estudio no presente mucha complejidad (Chuvieco, 2008).

2.11.3. Fase de comprobación y verificación de resultados

Sin importar el método que se haya utilizado al momento de realizar la clasificación digital, los resultados serán almacenados como una nueva imagen, similar a la imagen inicial en base a estructura y tamaño, pero diferente al momento de presentar los ND de cada píxel, porque estos no corresponden al valor de reflectividad, sino a la cobertura a la cual fue asignada. Es decir, que se tiene una nueva matriz numérica similar a la original, pero de dos dimensiones; esta nueva imagen puede servir para generar productos cartográficos y estadísticos (Chuvieco, 2008).

2.11.3.1. *Matriz de confusión*

Esta es una prueba para poder comprobar una imagen clasificada, la recogida de clase de referencia y la extracción del valor de la imagen permiten obtener un listado de puntos de verificación, con esta lista de puntos puede generarse una tabla que se conoce como matriz de confusión porque recoge los diferentes problemas que se presentan entre coberturas. Dentro de esta tabla las columnas indican las clases de referencia y las filas las coberturas deducidas de la clasificación; la diagonal de esta matriz corresponde al número de puntos de verificación dentro de esto se produce un acuerdo entre las dos fuentes (mapa y realidad), mientras que los números marginales son una suposición de errores de asignación (Chuvieco, 2008).

2.11.3.2. *Índice kappa*

El índice kappa mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad observado y el que se puede esperar de forma aleatoria. Es decir, que intenta delimitar el grado de ajuste en base a la exactitud posponiendo el valor causado por factores al azar; utiliza las sumas marginales de la matriz y toma en cuenta la contribución variada de la confiabilidad del mapa (Chuvieco, 2008; Mas, Reyes y Pérez , 2012), Este índice puede tomar valores de -1 a +1, mediante el coeficiente Kappa que se indica a continuación;

$$\left[K = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \right]$$

Dónde:

r = número de fila de la matriz

x_{ii} = número de observaciones en el elemento de la fila i y la columna i

x_{i+} = total de observaciones en la fila i

x_{+i} = total de observaciones en la columna i

N = número total de observaciones incluidas en la matriz

2.12. **TerrSet 18.21**

TerrSet o también conocido como IDRISI posee una lista de alrededor de 250 módulos de programa, los cuales proveen utilidades para la entrada, visualización y el análisis de los diferentes datos geográficos. Es un programa líder en la funcionalidad del análisis de raster y cumple con todos los requerimientos para los sistemas de información geográfica, dentro de esto abarca desde bases de datos hasta el mejoramiento y la clasificación de imágenes satelitales (Eastman, 2012).

2.13. Erdas Imagine 2015

Este es un paquete de software frecuentemente utilizado para la teledetección, durante varios años ha adquirido experiencia en la aplicación de sus funciones para la variedad de proyectos en los cuales es usado. Erdas Imagine proporciona la facilidad de trabajar en teledetección, fotogrametría, análisis LiDAR, análisis vectorial básico y procesamiento por radar en un solo programa (Hall, Bateson y Jordan, 2004).

2.14. Guidos Toolbox

Guidos Toolbox es una interfaz gráfica de usuario para la descripción de objetos de imagen y sus formas, esta contiene una amplia variedad de herramientas para el procesamiento de imágenes, tales como GDAL (permite procesar los datos geoespaciales y exportarlos de imágenes raster o vectorial, MSPA (análisis espacial morfológico de modelos) lo cual es una secuencia de operadores morfológicos matemáticos encaminados a lograr una descripción geométrica y la conectividad de los componentes de la imagen (Vogt, 2008).

3. Metodología

3.1. Área de Estudio

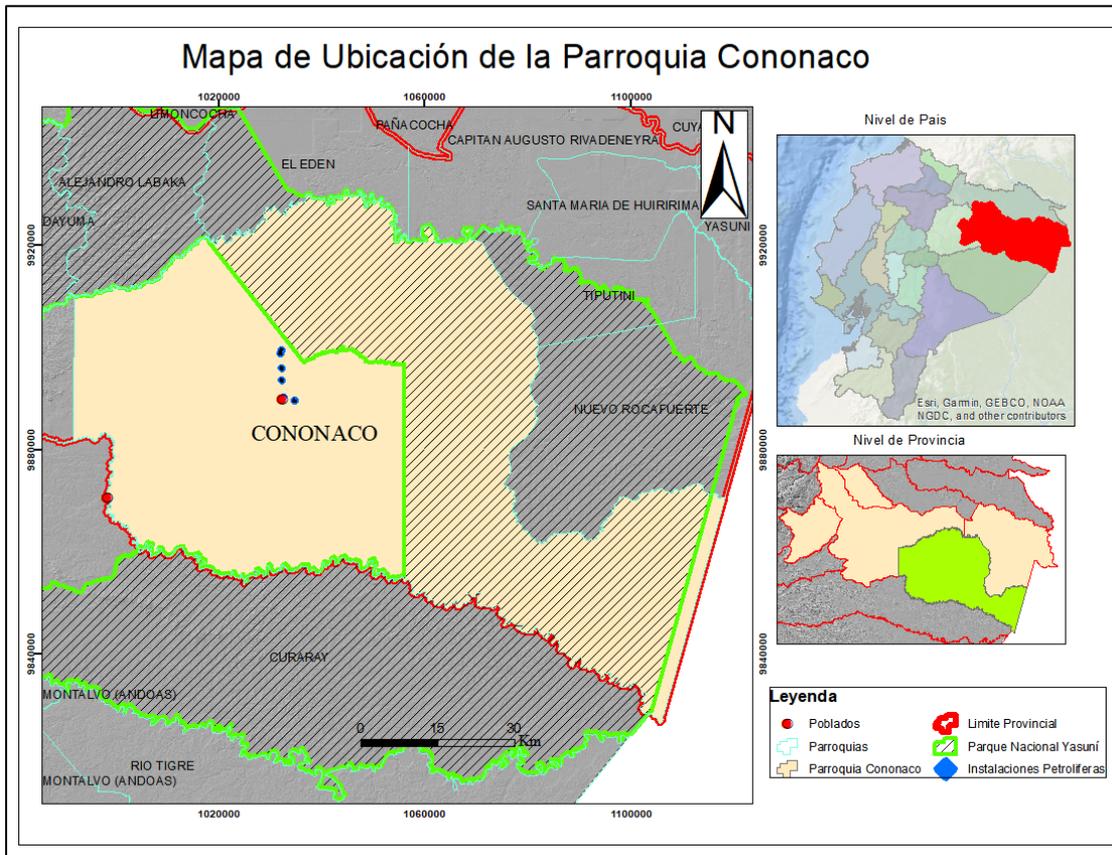
La parroquia Cononaco está localizada en el cantón Aguarico, provincia de Orellana, ocupa una superficie de 654 686,47 ha, limita al sur con el cantón Arajuno (Provincia de Pastaza), al norte con el cantón Francisco de Orellana y la parroquia Capitán Augusto Rivadeneira y Tiputini, al este con la parroquia Nuevo Rocafuerte y Perú, al oeste con el cantón Francisco de Orellana y Arajuno (Fig. 1), además la parroquia Cononaco contiene una parte de las 57 áreas protegidas del Ecuador perteneciendo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), denominado Parque Nacional Yasuní. Su división política y administrativa la componen siete comunidades: Kawimeno, Peeneno, Yadentaro, Dicaro, Boanamo, Bameno y Gabaro, las mismas que conforman una población de 791 habitantes, siendo todas de etnia indígena (Waorani, Kichwa de la Sierra, Shuar, Tsachila) y rurales, la densidad actual de la población con respecto al territorio es baja, debido a que tiene rangos menores a 5 hab/km², considerada como una de las más bajas del país (PDOT, 2015).

La parroquia Cononaco pertenece a la región húmeda tropical de la Amazonía Ecuatoriana, por lo cual tiene clima ecuatorial, comprendido entre altitudes de 60 - 600 m s.n.m., con una temperatura promedio anual de 24,25 °C, con precipitaciones promedios anuales mayores a 3 000 milímetros (PDOT, 2015).

Se encuentra ubicada en las sub cuencas, pertenecientes a los ríos: Tiputini, Nashiño, Yasuní y Curaray, cuyos causes desembocan en la cuenca del río Napo, correspondiendo el río Tiputini y Yasuní al territorio ecuatoriano y el río Nashiño y Curaray, al territorio peruano (PDOT, 2015).

Actualmente en el área de estudio, existen cuatro bloques petroleros concesionados, el Bloque 14 y 17 dirigidos por la compañía Petro Oriente, localizadas al este de Cononaco, el

Bloque 16 que se encuentra manejado por Repsol YPF Ecuador, y el Bloque 31 que pertenece a Petroamazonas EP; los tres primeros bloques se encuentran funcionando, y uno se encuentra en la etapa de exploración (PDOT, 2015).



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Mapa de Ubicación del área de estudio

3.2. Base de Datos

La información base se recopiló de la plataforma digital del Servicio Geológico de los Estado Unidos (Science a for a changing wordl - USGS): <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Anexo 1); las imágenes satelitales utilizadas fueron capturadas por los sensores a bordo de los satelites Landsat 5 (sensor TM) y Landsat 8 (sensor OLI y TIRS). En total se obtuvo cuatro escenas: dos escenas de los años 1986 y 1987 y dos escenas del año 2017 (Tabla 1.), posteriormente se realizó un mosaico en el software Erdas Imagine, mediante la herramienta MosaicPro se unió las escenas 1986 y 1987, conformando el primer año de evaluación, así

mismo se realizó la unión de las dos escenas del 2017 conformando el segundo año de evaluación, las cuales fueron almacenadas en una base de datos para su posterior tratamiento.

Tabla 1. *Imágenes Landsat utilizadas para el presente estudio.*

Satelite	Sensor	Path y Row	Fecha
Landsat 5	TM	9/61	23-08-1986
Landsat 5	TM	9/61	23-10-1987
Landsat 8	OLI/TIRS	8/61	11-12-2017
Landsat 8	OLI/TIRS	8/61	18-12-2017

Fuente: Elaboración propia

La información secundaria, se obtuvo de diferentes geoportales cartograficos nacionales e internacionales, como el shape (shp) de áreas protegidas, socio bosque privado y comunitario del año 2016, entre otros, los cuales se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. *Información base para el análisis espacio temporal de la cobertura vegetal, parroquia Cononaco*

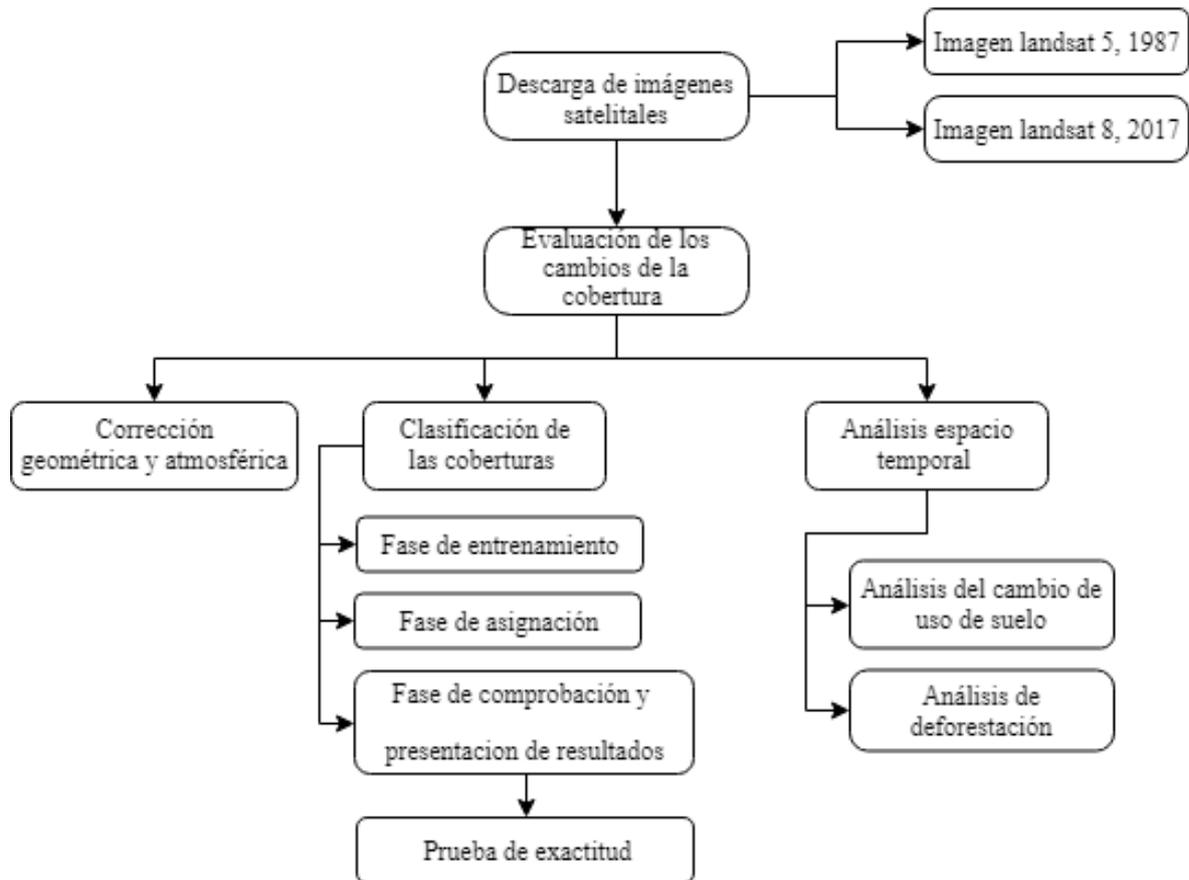
Insumo cartográfico	Fuente	Enlace	Año	Escala/resolución espacial
Modelo de elevación digital de terreno (DEM)	ASF	https://www.asf.alas.ka.edu/sar/palsar/terrains-corrected-rtc/	2016	30 m
Áreas protegidas, socio bosque privado y comunitario	MAE	http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/porta/	2016	1:100 000
División política y administrativa del Ecuador	SIN	http://sni.gob.ec	2016	1:100 000

Fuente: Elaboración propia

3.3. Metodología para la Evaluación de los Cambios de la Cobertura Vegetal

El siguiente esquema muestra el proceso metodológico a seguir para el análisis de la cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo de la parroquia Cononaco, la misma que está

conformada por una parte del área protegida perteneciente al Parque Nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, correspondiente al periodo de estudio 1987 - 2017 (Fig. 2).



Fuente: Elaboración propia

Adaptado de: Chuvieco (2008)

Figura 2. Esquema del proceso metodológico para la evaluación de los cambios en la cobertura vegetal de la zona de estudio.

3.3.1. Pre procesamiento de imágenes satelitales

3.3.1.1. Corrección geométrica de imágenes satelitales

Mediante el algoritmo Cost Model; disponible en el programa TerrSet, las imágenes satelitales seleccionadas correspondientes al landsat 5 y 8, fueron corregidas geométricamente en base a la zona de Ecuador con el objetivo de eliminar las deformaciones topográficas en la superficie de la Tierra (Silva y Herrera, 2010).

3.3.1.2. Corrección atmosférica

Se realizó la corrección atmosférica para cada imagen cuyo propósito es eliminar las distorsiones que provoca la atmósfera en el instante que captura la imagen; mediante el algoritmo Cost Model que se encuentra dentro del programa denominado TerrSet. La información base para continuar con este procedimiento se adquirió de la metada que se encuentra en cada una de las imágenes satelitales; esto fue aplicado a las imágenes del periodo de estudio (Landsat 5_1987 y Landsat 8_2017), obteniendo así mejores resultados, de acuerdo a lo que manifiesta (Chuvienco, 2008).

3.3.2. Procesamiento de las imágenes de los sensores landsat 5 y 8

Este proceso consistió en el análisis de cada una de las imágenes satelitales, es decir, es el proceso de extraer la información que se encuentra almacenada dentro de los niveles digitales (ND) de cada imagen; la presente investigación se realizó en base a la identificación de las coberturas para su posterior clasificación.

3.3.2.1. Clasificación supervisada

a. Fase de entrenamiento

Para realizar una clasificación supervisada se deben extraer las firmas espectrales, con el objetivo de asignar los píxeles a clases homogéneas basados en los análisis estadísticos de los valores de reflectancia.

Para realizar el método de clasificación correspondiente al periodo 1987 – 2017, se identificó con anterioridad cuatro clases de cobertura y uso de suelo, las mismas fueron adaptadas del protocolo de leyenda temática del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013 – 2014 del MAE (Tabla 3).

Tabla 3. *Clasificación de las coberturas vegetales utilizadas*

Protocolo MAE Nivel 1	Coberturas identificadas
Bosque	Bosque
Tierras agropecuarias	Tierra agropecuaria
Zona antrópica	Zona antrópica
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua

Fuente: Elaboración propia

Adaptado del: Protocolo de leyenda temática del MAE.

b. Composición de bandas

Se realizó composiciones de imágenes (falso color, color real), donde se utilizó una combinación RGB a cada una de las bandas de la imagen, con el propósito de facilitar la visualización e identificar la cobertura y el uso de suelo existentes dentro de las imágenes.

c. Fase de asignación

Una vez analizadas las firmas espectrales se realizó la clasificación supervisada de las imágenes con la ayuda del software TerrSet, en esta fase se utilizaron dos algoritmos de clasificación, máxima probabilidad y mínima distancia. Este proceso se realizó para los dos años de evaluación, el algoritmo de máxima probabilidad, es paramétrico debido a que asume una distribución estadística particular para las clases consideradas, mientras que el algoritmo de mínima distancia logra asignar píxeles dentro de una cobertura cercana que permita disminuir la distancia que existe entre este píxel y el centroide de clase, es decir realiza una comparación de los niveles digitales de cada píxel con los centros de las diferentes coberturas. La calidad de la clasificación indicó que el que mejor separó las coberturas y uso del suelo en el periodo de evaluación 1987 – 2017, fue el de mínima distancia.

3.3.3. Post procesamiento de las imágenes

3.3.3.1. Análisis post clasificación

Los clasificadores estadísticos por píxeles, como el clasificador de mínima distancia pueden generar un efecto de sal y pimienta en el resultado final, por lo cual generalmente se

aplican filtros con la finalidad de reducir ruidos, provocados por la complejidad de los entornos biofísicos, la confusión espectral, etc (Lu y Weng, 2007).

Mediante el programa Erdas Imagine, se realizó el análisis de post clasificación para reorganizar aquellos píxeles que se categorizaron en forma incorrecta, una vez realizado este procedimiento se obtuvo las clasificaciones finales de cada imagen.

3.3.3.2. Evaluación de la exactitud

Se realizó la matriz de errores producidos, conocida como matriz de confusión, está fue usada para identificar tipos de cobertura para los cuales los errores son mas de los deseados, y de esta manera determinar el porcentaje de certeza con que se realizó la clasificación. La información de la matriz de confusión son los errores de comisión (aquellas coberturas que están siendo incluidas por una clase en particular), los errores de omisión (aquellos que están siendo excluidos por error de esa clase), la precisión global y el usuario y productor (Chuvienco, 2008).

Además, se obtuvo el índice Kappa, que es una técnica utilizada para la evaluación de la precisión, este calcula la discrepancia existente entre la realidad con el mapa que se visualiza, determinando que un valor de k próximo a uno muestra que existe concordancia entre el mapa y la realidad, por lo contrario un valor de k igual o cercano a cero indica que lo observado es debido al azar (Chuvienco, 2008).

3.3.4. Análisis de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo

Con el análisis de los procedimientos anteriormente mencionados, se obtuvo mapas de cobertura y de uso de suelo de la parroquia Cononaco que comprende parte de un área protegida y la zona de amortiguamiento, de los años 1987 y 2017; a través del módulo Land Change Modeler (LCM), disponible en el software TerrSet, se superpusieron los mapas digitalmente, lo que permitió cuantificar en superficie y porcentaje las cuatro coberturas

identificadas para la zona de estudio en el periodo de evaluación, además se obtuvo las ganancias, las pérdidas y el cambio neto de las diferentes coberturas. Además, la información generada permitió construir una matriz de transición o mapa de tabulación cruzada, a través de la cual se puede cuantificar los cambios de cada una de las coberturas hacia otras, mediante el uso de la metodología sugerida por Pontius, Shusas y McEachern (2004), que menciona que la matriz de transición es fundamental para el análisis del cambio de uso del suelo, en base a los mapas obtenidos para el periodo de evaluación, se examinó los cambios identificando los más importantes, donde las filas muestran las coberturas del año 1987 y las columnas indican las coberturas del año 2017 (Tabla 4).

Tabla 4. *Matriz de transición utilizada en el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo.*

Cambios de uso de suelo	Cambios de uso de suelo 2017				Total
	Bosque	Cuerpos de agua	Zona antrópica	Tierra agropecuaria	
1987					
Bosque					
Cuerpos de agua					
Zona antrópica					
Tierra agropecuaria					
Total					

Fuente: Elaboración propia

Adaptado de: Pontius, Shusas y McEachern (2004).

3.3.4.1. *Cálculo y análisis de la deforestación*

La deforestación total anual promedio se calculó aplicando la fórmula (Ec 1) establecida por Puyravaud (2003), que se detalla a continuación:

$$\text{Ec 1. } \left[r = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \right]$$

Ec 1. Deforestación total anual promedio establecida por Puyravaud (2003) donde A_1 y A_2 son las áreas forestales en hectáreas en los años t_1 y t_2 , respectivamente.

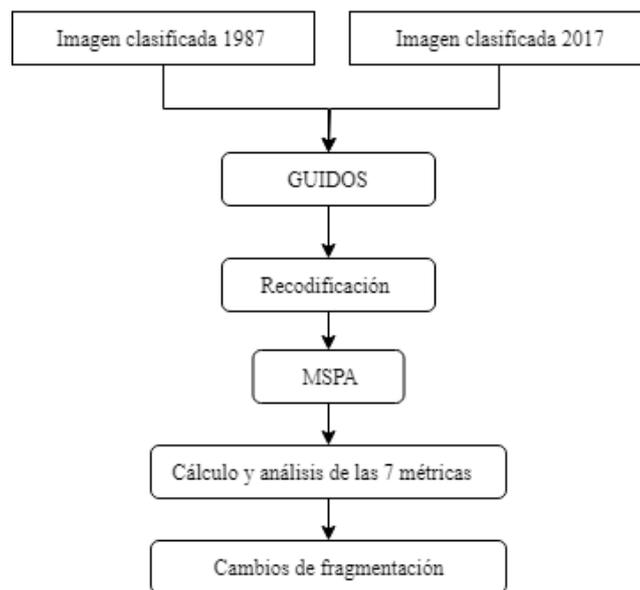
La tasa porcentual anual de deforestación FAO (1995), se calculó aplicando la fórmula (Ec 2) que se indica a continuación:

$$\text{Ec 2. } \left[q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/t_2-t_1} - 1 \right]$$

Ec 2. Tasa porcentual anual, donde A_1 y A_2 son las áreas forestales en hectáreas en los años t_1 y t_2 , respectivamente.

El análisis y la edición de los resultados presentados se realizó en el software Qgis 3.6., en el mismo se elaboró la base de datos y la presentación de mapas para su impresión.

3.4. Metodología para determinar el grado de fragmentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Esquema metodológico para la evaluación del grado de fragmentación de la cobertura vegetal parroquia Cononaco.

El mosaico creado se digitalizó en SIG con el software GUIDOS, para el cálculo de las clases genericas descriptivas que caracterizan la estructura espacial del paisaje y su grado de fragmentación de manera clara para orientar y sustentar la toma de decisiones con respecto a las acciones necesarias para la restauración de los fragmentos de bosque.

Se utilizó el análisis del patrón espacial morfológico (MSPA), del software GUIDOS; que permitió realizar la segmentación de los objetos de primer plano de la imagen de entrada, correspondientes a los mapas de cambio de uso de suelo de los años 1987 y 2017; además se recodifico esta información para cada cobertura asignando el valor de 2, a la cobertura a analizar y un valor de 1 a las coberturas que no fueron analizadas (Figura 3.), esta recodificación se asigna a cada cobertura y cada píxel de primer plano en una de las clases de entidad geométrica mutuamente excluyentes, para lo cual se usó las siguientes métricas (Tabla 5).

Tabla 5. *Métricas del MSPA utilizadas*

Métricas MSPA	
1.Núcleos	1.Núcleos
2.Islas	2.Islas
3.Perforaciones	3.Perforaciones
4.Bordes	4.Bordes
5.Lazos	
5.1.Lazos en el borde	5.Lazos
5.2.Lazos en las perforaciones	
6.Puentes	
6.1.Puentes en el borde	6.Puentes
6.2.Puentes en las perforaciones	
7.Ramas	7.Ramas

Fuente: Elaboración propia

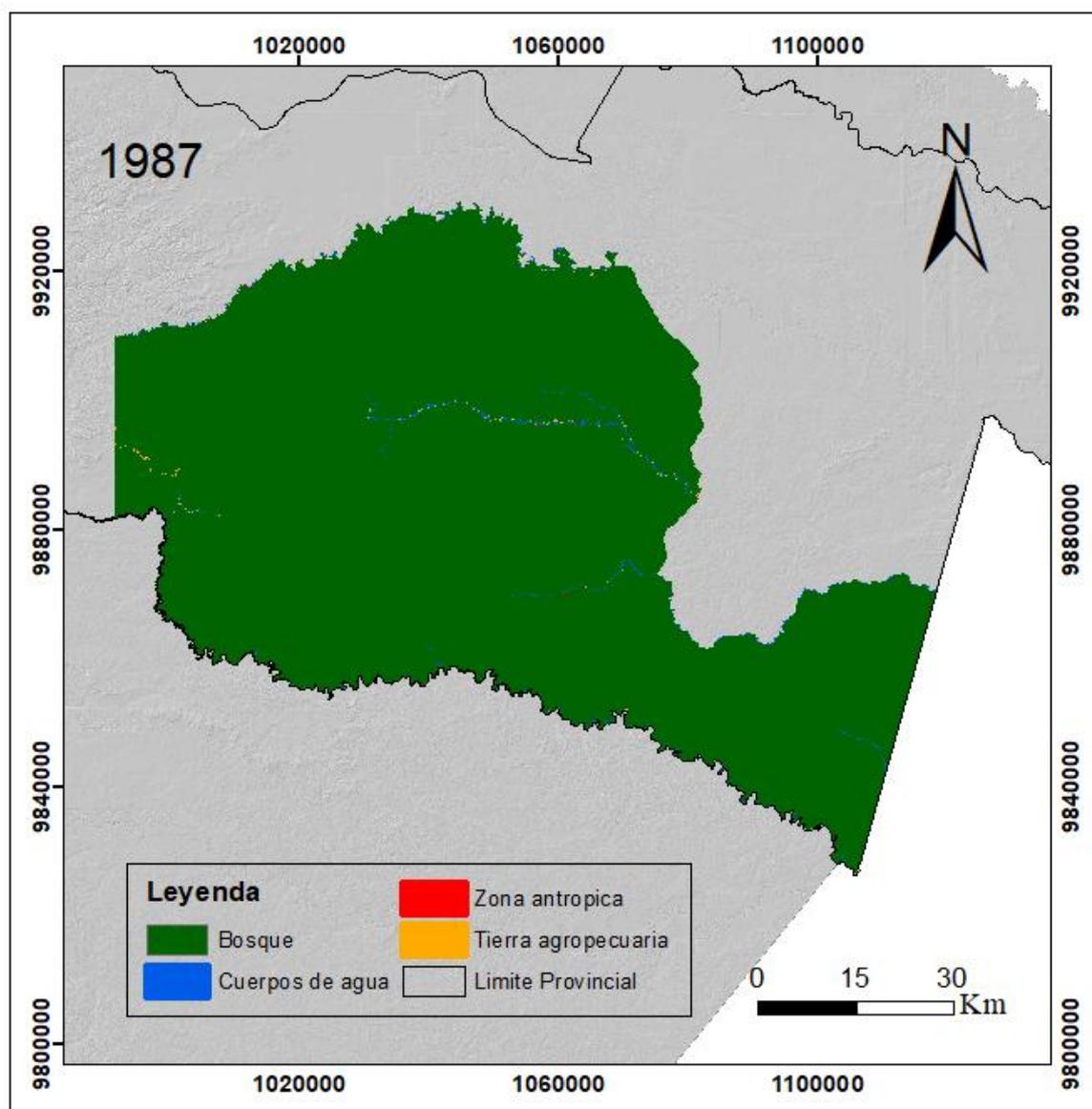
4. Resultados

4.1. Cambios Espacio Temporales de la Cobertura y Uso del Suelo que se han

Producido en el Área Protegida y su Zona de Amortiguamiento, Sector Cononaco.

4.1.1. Cobertura y uso de suelo año 1987

A continuación, se detalla la información obtenida sobre las coberturas y cambio de uso de suelo para el año 1987 en la parroquia Cononaco.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Mapa de cambio de uso de suelo de la parroquia Cononaco, año 1987.

Tabla 6. Coberturas vegetales y sus diferentes áreas correspondientes al año 1987.

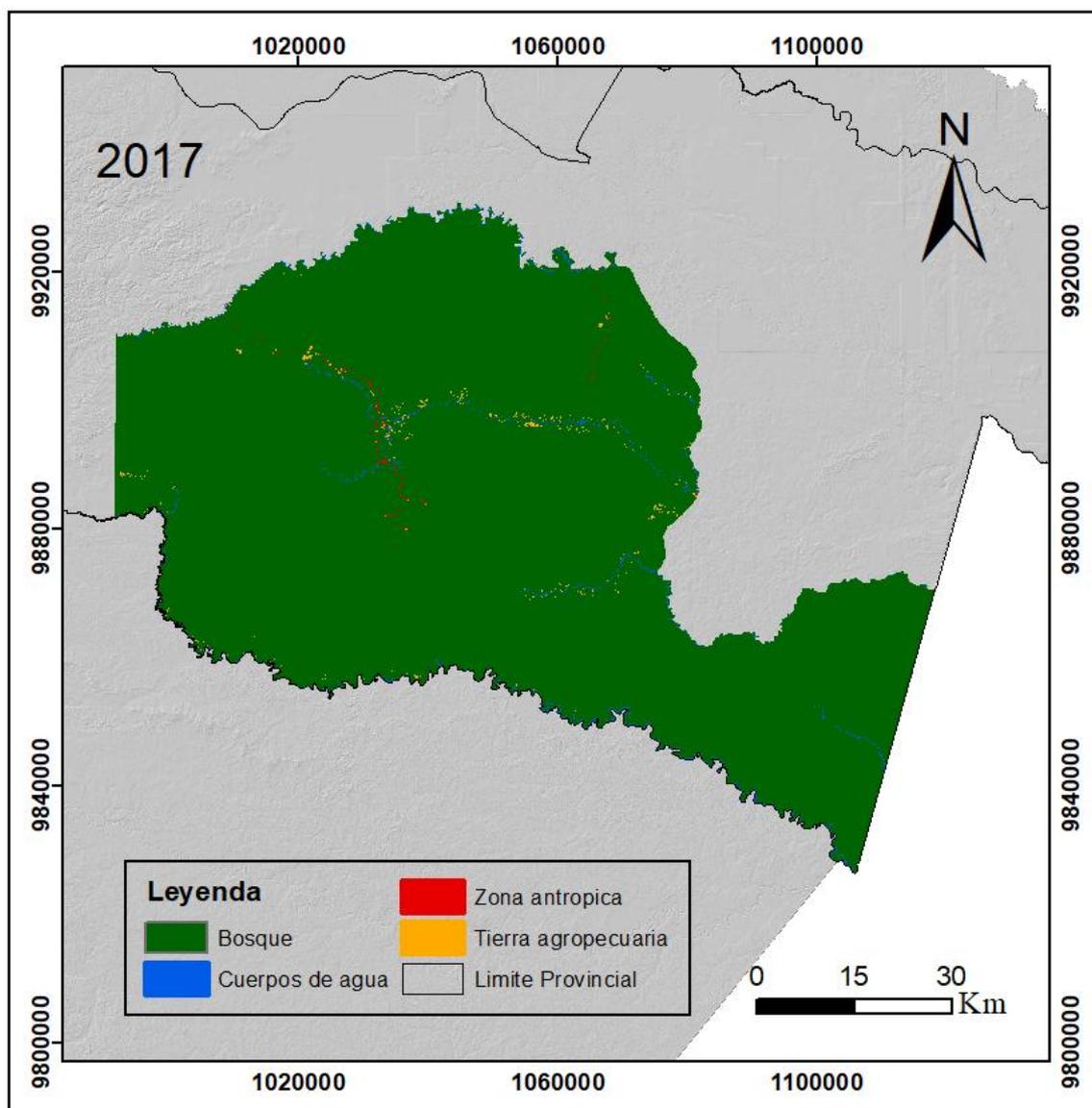
Cobertura 1987			
Código	Coberturas	Ha	%
1	Bosque	650 231,010	99,114
2	Cuerpos de agua	4 993,020	0,761
3	Zona antrópica	71,730	0,011
4	Tierra agropecuaria	747,090	0,114
Total		656,042.850	100,000

Fuente: Elaboración propia

Para este año de evaluación se determinó que la mayor parte del territorio 99,114 % estaba ocupada por la cobertura bosque, el resto de áreas encontradas fueron: cuerpos de agua con un 0,761 %, zona antrópica con un 0,011 %, y la tierra agropecuaria ocupaba el 0,114 %, de esta forma se evidenció que todo el territorio geográfico de la zona de estudio para esta fecha (1987) presenta un importante recurso forestal.

4.1.2. Cobertura y uso de suelo año 2017

A continuación, se presenta los datos de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2017, para la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Mapa de cambio de uso de suelo de la parroquia Cononaco, año 2017

Tabla 7. Coberturas vegetales y sus diferentes áreas correspondientes al año 2017.

Cobertura 2017			
Código	Coberturas	Ha	%
1	Bosque	647 611,110	98,715
2	Cuerpos de agua	5 751,630	0,877
3	Zona antrópica	764,820	0,127
4	Tierra agropecuaria	1 915,290	0,292
Total		656 042,850	100,000

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que para el año 2017 la cobertura bosque ocupaba un área del 98,715 % del total del territorio, el resto de áreas encontradas fueron cuerpos de agua, zona antrópica y tierra agropecuaria que también representan valores bajos; en este año (Tabla 7.) la cobertura de bosque sigue siendo un recurso forestal abundante en esta zona; además cabe mencionar que existe un pequeño crecimiento de la actividad agrícola en el territorio; también se puede observar que en este año ya existe un incremento en los valores de los predios del área antrópica, esto se debe a la construcción de vías y petroleras que se encuentran en la zona de estudio.

4.1.3. Cambios en la cobertura y uso de suelo en un periodo de 30 años

Los principales cambios de las coberturas y usos del suelo dentro de la parroquia Cononaco en el periodo 1987 - 2017 se detallan en la matriz de cambios o de transición (Anexo 4), los cuales se resumen en las ganancias, pérdidas y cambio neto que ha sufrido cada cobertura, las mismas se expresan en hectáreas, cuyos valores se representan con signos positivos para las ganancias netas de superficie, y signos negativos que corresponden a las pérdidas de territorio en los años 1987 y 2017 (Tabla 8).

Tabla 8. Cambios de las coberturas y del uso de suelo en la parroquia Cononaco en los años 1987 y 2017.

CAMBIO DE USO DE SUELO ENTRE 1987 Y 2017			
Coberturas	Pérdidas	Ganancias	Cambio neto
Bosque	-5 132	2 512	-2 620
Cuerpos de agua	-1 875	2 634	759
Zona antrópica	-68	761	693
Tierra agropecuaria	-726	1 895	1 168

Fuente: Elaboración propia

En la zona de estudio se puede evidenciar, las pérdidas y las ganancias de las coberturas en el área de estudio entre los años 1987 y 2017. Con respecto a las ganancias, los cuerpos de agua ocupan una mayor área en relación a las otras coberturas, con una superficie de 2 634

ha, seguido por la cobertura de bosque con 2 512 ha, la tierra agropecuaria con 1 895 ha y la zona antrópica con 761 ha.

Respecto a las pérdidas, se observa que durante el periodo de estudio la cobertura bosque tuvo una disminución en su superficie total de 5 132 ha en comparación con el resto de coberturas, seguido por los cuerpos de agua con 1 875 ha, siendo las coberturas de tierra agropecuaria y zona antrópica las que menores pérdidas presentan con 726 ha y 68 ha, respectivamente.

Además, en el periodo de estudio se visualiza que las coberturas de uso de suelo sufrieron cambios netos significativos, siendo la cobertura bosque la que presenta un mayor cambio con una pérdida de 2 620 ha, mientras que las coberturas de cuerpos de agua, zona antrópica y tierra agropecuaria en un periodo de 30 años extendieron su territorio, teniendo un total de 759 ha, 693 ha y 1 168 ha respectivamente.

4.1.4. Patrones de deforestación

4.1.4.1. Deforestación en el parroquia Cononaco

En el periodo 1987-2017 se perdió 5 132 ha en la zona de estudio, durante este mismo periodo se reporta una ganancia de bosque de 2 512 ha, dando como resultado una pérdida neta del bosque de 2 620 ha, a continuación se detalla la tendencia de la deforestación.

Tabla 9. *Deforestación bruta y neta del área de estudio.*

Periodo	Deforestación bruta anual (ha/año)	Regeneración anual (ha/año)	Deforestación neta anual (ha/año)	Tasa anual de deforestación neta (%)
1987 - 2017	171,066	83,736	87,330	- 0,013

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que la deforestación bruta anual promedio para el área de estudio en el periodo 1987 – 2017 es de 171,066 ha/año; la deforestación neta es el resultado de la diferencia existente entre la deforestación bruta y la regeneración, para este periodo se

observa que la deforestación neta anual promedio es de 87,330 ha/año y la tasa anual de deforestación neta es de -0,013 %, se estima un valor de regeneración promedio anual de 83,736 ha/año.

Cabe mencionar que la regeneración anual promedio es un proceso que influye en el resultado de la tasa anual de deforestación neta.

4.1.4.2. Deforestación en el área protegida y el área no protegida de la parroquia

Cononaco en el periodo 1987 - 2017

Los mapas obtenidos, facilitaron realizar un análisis espacio temporal de la cobertura bosque, en el área protegida (Parque Nacional Yasuní) que se encuentra bajo la categoría de conservación denominada Sistema Nacional de Áreas Protegidas (AP); y el área que no se encuentra bajo ninguna categoría de conservación o protección (ANP) o también denominada zona circundante o de amortiguamiento (ZC o ZA).

Tabla 10. *Deforestación 1987 - 2017 con respecto al área protegida y el área no protegida de la parroquia Cononaco.*

Bosque	1987 ha	2017 ha	Cambio	
			ha	%
Zona de estudio	650 231,010	647 611,110	-2 620,000	100,000
AP	333 296,730	332 370,990	-925,740	35,335
ANP	316 934,280	315 240,120	-1 694,160	64,665

Fuente: Elaboración propia

En el periodo 1987 - 2017 se perdieron 2 620 ha de bosque en la parroquia Cononaco, correspondiendo 925,7 ha al área protegida (Parque Nacional Yasuní) y 1 694,160 ha al área no protegida; determinando que la deforestación promedio anual dentro del área protegida es de 30,858 ha/año, con una tasa de deforestación neta del 0,009 %, representando un 35,330 % del total del cambio; mientras que en el área no protegida se deforestaron 56,472 ha/año, con una tasa de deforestación neta del 0,018 %, que representa un 64,470 % al total del cambio, siendo las actividades agrícolas y las petroleras las principales causas de pérdida de la cobertura bosque, por lo tanto, puede observarse diferencias de cambio en el área protegida y

el área no protegida, deduciendo que el área que no se encuentra bajo ningún nivel de conservación presenta la tasa más alta de deforestación (Tabla 10).

4.2. Patrones de fragmentación dentro de la cobertura vegetal en la parroquia

Cononaco.

4.2.1. Cambios cuantitativos de los parámetros MSPA para la cobertura bosque en el periodo de 30 años.

Los resultados cuantitativos de fragmentación se obtuvieron de la herramienta MSPA (análisis del patrón espacial morfológico), el cual calculó las clases de fragmentación para la cobertura bosque en el periodo de estudio, como se detalla a continuación en la tabla 11.

Tabla 11. *Patrones morfológicos espaciales de la cobertura bosque 1987 - 2017, en la parroquia Cononaco.*

Clase -MSPA	1987		2017		Diferencia	
	ha	%	ha	%	ha	%
Núcleo	624 728,97	96,08	604 876,86	93,40	-19 852,11	-2,68
Isla	661,95	0,10	874,44	0,14	212,49	0,04
Perforación			315,27	0,05	315,27	0,05
Borde	17 052,3	2,62	17 964,63	2,77	912,33	0,15
Lazo	5 299,29	0,81	7 398,18	1,14	2 098,98	0,33
Puente	534,69	0,08	13 462,11	2,08	12 927,42	2,00
Rama	1 953,81	0,30	2 719,62	0,42	765,81	0,12
Total	650 231,01	100	647 611,11	100		

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los cambios multitemporales de las clases del MSPA indican las pérdidas y ganancias en la cobertura de bosque entre el año 1987 - 2017, de acuerdo a los resultados, las clases islas, lazos, puentes muestran un incremento del 0,04 %, 0,33 % y 2,00 %, respectivamente que equivale a 212,49 ha, 2 098,98 ha y 12 927,42 ha, respectivamente; por otra parte, la clase de núcleo presentó una mayor pérdida la misma se cuantificó en 2,68 % representando 19 852,11 ha.

5. Discusión

La población mundial aumenta de forma cotidiana y continua, se ha realizado varias estimaciones que sugieren que para el año 2050 se necesitará alrededor de 10 billones de hectáreas de tierra agrícola para lograr cubrir con la demanda de productos derivados del suelo que existe a nivel global (Mena *et al.*, 2006); esto significaría que el aumento de la frontera agropecuaria genera un mayor impacto sobre los ecosistemas forestales debido a la conversión y uso de tierras de bosques tropicales (Lambin, Geist, y Lepers, 2003); este efecto se conoce como deforestación, que ocasiona la pérdida de la biodiversidad y el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero, en el ambiente (Foley, 2011).

Las políticas del Ecuador sobre el uso del suelo y especialmente sobre los bosques nativos, han cambiado desde los años 60 hasta la actualidad; se tiene que, entre los años 60 y 90 Ecuador tuvo interés específicamente en poblar tierras consideradas como terrenos baldíos, enfocándose en los bosques nativos de la amazonía ecuatoriana. En el siglo XXI, entra en auge las políticas sobre la conservación de bosques, gracias a esto Ecuador inicia un proceso de protección de los bosques mediante la declaración de terrenos y diferentes zonas como áreas protegidas. A través de un cambio de las políticas acerca del uso de suelo y protección de los bosques nativos de Ecuador, se comienza a considerar a la naturaleza como un sujeto y se empieza a respetar sus derechos, aprobando todo esto en la constitución del año 2008.

Pinos (2016) manifiesta que los estudios acerca del cambio del uso de suelo son una herramienta de gran utilidad para poder conocer las diferentes dinámicas que intervienen dentro de un sistema territorial, lo que ayuda a establecer los patrones que interactúan en el proceso de cambio de uso de suelo y de esta manera evaluar cómo influyen las leyes y la política con el fin de poder modificarlas en beneficio de un ordenamiento territorial; considerando que el objetivo de los gerentes y los encargados de la toma de decisiones

establezcan políticas para lograr un equilibrio entre el desarrollo y la conservación ambiental (Mena *et al.*, 2006).

Actualmente, existen políticas de conservación, que pretenden evitar la expansión de la frontera agrícola, para cumplir con esto es necesario e importante entender las principales características que tienen los procesos de deforestación y fragmentación de los bosques y de esta manera cuantificar y evidenciar el impacto que estos generan sobre los bienes y servicios ecosistémicos que proveen los bosques de la región amazónica, para así encontrar alternativas que beneficien tanto al ambiente como al ser humano (Lambin *et al.*, 2003).

El análisis del cambio de las coberturas y uso de suelo en el periodo 1987 – 2017 de la parroquia Cononaco, indica que el bosque nativo a pesar de representar un mayor porcentaje del territorio de la parroquia, ha disminuido y se ha transformado hacia otros tipos de uso de suelo como la tierra agropecuaria y la zona antrópica. Esta información se corrobora con el análisis de datos históricos de la superficie de bosque nativo en Ecuador continental, que indican una disminución de su cobertura entre 1990 – 2016 (MAE, 2017), debido a los cambios de bosque a tierra agropecuaria.

En cuanto a la deforestación según MAE (2017), la tasa anual de deforestación en Ecuador continental fue de -0,65 % entre 1990 – 2000 y de -0,48 % entre 2014 – 2016; y específicamente para la provincia de Orellana una deforestación anual de 5 124 ha/año para el periodo 2014 – 2016; los resultados obtenidos indican que la parroquia Cononaco presenta una deforestación baja con respecto a la mostrada a nivel nacional y provincial, con una tasa anual de deforestación de -0,013 % (87,33 ha/año) en el periodo 1987 – 2017, estos valores bajos observados se deben a que la mayor parte del territorio de la parroquia corresponde al parque nacional Yasuní y su zona de amortiguamiento, sin embargo los cambios evidenciados se deben a que el bosque se transformó en tierras agropecuarias y zona

antrópica, esto concuerda con Mena (2013) y Paz (2018), quienes manifiestan que los procesos de deforestación en la región amazónica se dan por la apertura de carreteras y a las actividades agrícolas, la existencia de los bloques petroleros, los mismos que provocan la destrucción directa y contaminación de los bosques; de acuerdo a Cuenca y Echeverría (2017), en su investigación mencionan como factores que generan deforestación a las diferentes actividades agrícolas en la zona, las refinerías de petróleo y la coexistencia con las comunidades nativas dentro de las áreas protegidas y las zonas circundantes de la misma; esto confirma los resultados obtenidos en esta investigación siendo así que durante el periodo de estudio (1987 - 2017) existe una pérdida de 2 620 ha de bosque, siendo estas transformadas a suelos agropecuarios y zonas antrópicas, del total de área de bosque perdida 925,74 ha corresponden al área protegida y 1 694,16 ha a la zona circundante o área no protegida.

Los factores relacionados con el proceso de fragmentación van más allá de los factores físicos como la construcción de carreteras, la heterogeneidad de los factores socioeconómicos, demográficos y otros. A pesar de que la pérdida de los bosques nativos fue menor que en el resto del país, debido a que presenta tasas de deforestación bajas en la zona de estudio, de acuerdo con la configuración espacial de la cobertura bosque en el periodo de análisis (1987 – 2017), existe una tendencia hacia la fragmentación forestal como consecuencia del aumento de las actividades antrópicas; en el presente estudio se evidenció, además de la reducción general del área forestal, un aumento en el número de islas con un 0,04 % de la cobertura bosque y una disminución en el tamaño de los núcleos en un 2,68 %, reflejando la fragmentación continua en los bosques de la región amazónica específicamente en la parroquia Cononaco. La intensificación de la fragmentación de los bosques desde 1987 parece estar relacionada con el aumento de la accesibilidad causado principalmente por la construcción de nuevas vías tanto urbanas como rurales; Hawbaker, Radeloff, Clayton, Hammer, y Gonzalez. (2006), demostraron una relación positiva entre los aumentos en la

densidad del camino y los cambios en los patrones del paisaje; además Thorsten *et al.* (2013) mencionó el papel decisivo que tuvo la construcción de carreteras en la recuperación de tierras en Ecuador y, por ende en las variaciones observadas en los patrones del paisaje.

Aunque la pérdida del bosque nativo en la zona de estudio fue relativamente menor que en el resto del país, la configuración de la cobertura bosque en el periodo de análisis 1987 – 2017, indican un patrón hacia la fragmentación de los bosques como consecuencia del aumento de las tierras agropecuarias y zonas antrópicas.

En el área de estudio, se observa que algunas métricas de fragmentación como los bordes, lazos, puentes y perforaciones tuvieron un incremento exponencial; las perforaciones aumentaron en un 0.05 %, los puentes en un 2,00 %, los lazos en un 0,33 % y los bordes en un 0,15 % para el año 2017, según Riitters *et al.*, (2009) manifiesta que un valor alto en estas métricas indica fragmentación en los bosques, estos pueden estar conformados por parches no forestales dentro del bosque nativo.

La conservación en áreas protegidas como el Parque Nacional Yasuní, destacan la importancia de las estrategias de conservación in situ; sin embargo, si se mantiene las tasas de deforestación reportadas y continúa la fragmentación, la cobertura bosque existente en el mismo y en su zona circundante o área no protegida, se reducirá a parcelas forestales aisladas las cuales por si solas no podran cumplir plenamente con su propósito de conservación y de funcionalidad ecológica y tendra una capacidad mínima para conservar la riqueza de especies.

Finalmente, la fragmentación progresiva en el área de estudio puede tener consecuencias para las especies locales con altos requisitos para su hábitat o para especies raras con pequeños tamaños de población y rangos geográficos restringidos. Estudios realizados por Cuenca y Echeverria, (2017) en otros áreas tropicales mostraron que fragmentos de 1 km²

pierden la mitad de sus especies en menos de 15 años y que menos del 50 % de todos los mamíferos medianos y grandes persisten en fragmentos menores a 5 km², incluso si las especies son tolerantes a la matriz, además la pérdida de especies da como resultado zonas de árboles localmente empobrecidos y cada vez más homogeneizados, donde la flora arbórea antigua se reemplaza por un pequeño subconjunto de especies de árboles pioneros o sucesionales.

6. Conclusiones

- El uso de sistemas de información geográfica (SIG), ha permitido identificar, analizar y cuantificar, en forma espacio temporal, las modificaciones y cambios ocurridos en los recursos naturales en la parroquia Cononaco en un periodo de 30 años, y valorar el grado de intervención antrópica y plantear estrategias de ordenamiento para la conservación de los recursos naturales.
- La clasificación de cobertura y uso del suelo (CUS) entre los años 1987 - 2017 presentó un incremento de las coberturas tierra agropecuaria y la zona antrópica incidiendo en la disminución de 2 620 ha en la cobertura bosque, esto se debe a la presencia de empresas petroleras, incremento de la frontera agrícola, construcción de vías.
- Se detecto mediante el uso del software Guidos que la cobertura de bosque sufrió procesos de fragmentación durante el periodo 1987 - 2017, debido a que las clases: islas, perforaciones y puentes tuvieron los mayores incrementos incidiendo en el aumento de la fragmentación de la cobertura bosque.

7. Recomendaciones

- La parroquia Cononaco, a pesar de tener una superficie bajo protección gubernamental, debería estar considerada como prioridad nacional de manera urgente para el desarrollo de iniciativas de conservación, especialmente dado a que los nuevos proyectos petroleros acceden con rapidez a las extensiones forestales más grandes sin importar que estas pertenezcan a un área o zona protegida.
- Realizar un constante monitoreo en los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo en el área de estudio, para cuantificar las ganancias y pérdidas de coberturas, en su área protegida y su zona amortiguamiento esto ayudará a establecer las líneas base para la toma de decisiones de los gobiernos actuales para el planteamiento de leyes con el objetivo de lograr un equilibrio entre el desarrollo y la conservación.
- Promover los beneficios de las técnicas de teledetección y los sistemas de información geográfica en la elaboración de estudios en las diferentes áreas investigativas existentes, debido a que sus aportes a la comunidad científica son de gran validez y utilidad.

8. Bibliografía

- Aguilar Arias, H., Mora Zamora, R., y Vargas Bolaños, C. (2015). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8 con el módulo flash del software envi. *Revista Geográfica de América Central*, 2(53).
<https://doi.org/10.15359/rgac.2-53.2>
- Ambrosio, G., González, J., y Arévalo, V. (2013). *Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal*. 9.
- Ancira-Sánchez, L., y Treviño Garza, E. J. (2015). Utilización de imágenes de satélite en el manejo forestal del noreste de México. *Madera y bosques*, 21(1), 77-91.
- Arancibia, M. E. (2008). El uso de los sistemas de información geográfica – SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *POLIS Revista de la Universidad Bolivariana*, 8(20), 227-238.
- Araya, P., y Antonio, M. (2007). Correcciones de una imagen satelital ASTER para estimar parámetros vegetacionales en la cuenca del río Mirta, Aisén. *Bosque (Valdivia)*, 28(2), 162-172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002007000200009>
- Ardila León, J. F., y Quintero Delgado, O. Y. (2013). Aplicación de la teledetección y los sistemas de información geográfica en la interpretación de zonas inundables. Caso de estudio: Río Soapaga, sector Paz de Río, Boyacá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 55-76.
- Armenteras, D., y Rodríguez, N. (2014). Dinámicas y causa de deforestación en bosques de latino américa: Una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17, 233.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>
- Ayuga, J. G. (2007). *Tratamiento digital previo de las imágenes*. 34.

- Bense, T. (2007). Imágenes satelitales: Clasificación supervisada. Recuperado 30 de octubre de 2018, de <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/clasificacion-supervisada.htm>
- Bocco, G. (2000). El desarrollo de sistemas de información geográfica en la frontera norte de México. *Investigaciones geográficas*, (42), 40-47.
- Bocco, G., Mendoza, M., y Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, (44), 18-36.
- Bravo, Ni. (2017). *Teoría—Teledetección Espacial Landsat, Sentinel—2. Aster LIT y Modis*.
- Camacho, J., Juan, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L., y Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura/ uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93-112.
- Chacón Andrade, Hugo F. (2014). *Reducción de áreas con cobertura vegetal natural en las laderas orientales del volcán Pichincha, ubicado en el cantón Quito, como efecto de la presión antrópica durante el periodo 1987 -2010*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Chapa Bezanilla, D., Sosa Ramírez, J., y de Alba Ávila, A. (2008). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y bosques*, 14(1), 37-51.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental* (Tercera Edición). Ariel, S.A.
- Condori-Luna, I. J., Loza-Murguía, M. G., Mamani-Pati, F., y Solíz-Valdivia, H. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico—Provincia Caranavi en los años 1989—2014. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 9(1), 25-44.

- Correa, J., Volante, J., y Seghezzi, L. (2012). Análisis de la fragmentación y la estructura del paisaje en bosques nativos del Norte Argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 97-103.
- Cuenca, P., y Echeverría, C. (2017). How do protected landscapes associated with high biodiversity and population levels change? *PLOS ONE*, 12(7), e0180537.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180537>
- de León Mata, G. D., Pinedo Álvarez, A., y Martínez Guerrero, J. H. (2014). Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investigaciones geográficas*, (84), 42-53.
<https://doi.org/10.14350/rig.36568>
- FAO. (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Recuperado de www.fao.org/3/a-az203s.pdf
- Fernández, R. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad, ambiente y prevención de riesgos laborales. Su integración*. Recuperado de <https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/2123.pdf>
- Foley, J. A. (2011). Can We Feed the World & Sustain the Planet? *Scientific American*, 60, 6.
- Francois, J., y Correa, J. (2000). *Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida «Los Petenes», Campeche, México*. (43), 18.
- Galicia, L., Gómez, L., Ramírez, I., y García, A. (2018). *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. Recuperado de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores?task=view&id=135>
- García Cueto, R. (2007, noviembre 14). *Los sensores remotos y su aplicación en la meteorología: Un estudio de caso*.

- Gómez Mora, A. M. G., Anaya, J. A., y Álvarez Dávila, E. (2005). *Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos*. 16.
- Hall, M., Bateson, L., y Jordan, C. (2004). ERDAS Image 8.5. And 8.6. Training Manual. *British Geological Survey*, 83.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., y Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hawbaker, T. J., Radeloff, V. C., Clayton, M. K., Hammer, R. B., y Gonzalez, C. E. (2006). Road Development, Housing Growth, and Landscape Fragmentation in Northern Wisconsin: 1937-1999. *Ecological Applications*, 16(6), 1222-1237. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[1222:rdhgal\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1222:rdhgal]2.0.co;2)
- Henríquez, C. A. (2004). Efecto de la fragmentación del hábitat sobre la calidad de las semillas en *Lapageria rosea*. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 177-184. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100013>
- Hyde, W., Amacher, G., y Magrath, W. (2001). Deforestación y aprovechamiento forestal: Teoría, evidencia e implicaciones de política. *Gaceta Ecológica*, (59). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53905902>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Imágenes de satélite. Elementos de percepción remota*. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/imagenes/imgsatelite/metadatos/elem_per_rem.pdf
- Jiménez, J. C., Sobrino, J. A., y Sòria, G. (2010). *Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes de Satélite*. 12.

- Lambin, E. F., Geist, H. J., y Lepers, E. (2003, julio 16). Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources.*, 28, 40.
- Larrea, C. (2017). *Conservación de la biodiversidad y explotación petrolera en el Parque Nacional Yasuní*. Recuperado de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5769/1/Larrea%20c%20C-CON-027-Conservacion.pdf>
- Lazcano, F. J. P. (2015). *Paquete de informe sobre los bosques 2015*. 93.
- López Bautista, E., Paz Pellat, F., Martínez Menes, M., Ríos Berber, J. D., y Bolaños González, M. A. (2011). Uso de sensores remotos en la modelación de la relación precipitación-escorrentía. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 287-298.
- Lu, D., y Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823-870. <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>
- MAE. (2017). *Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016*. (p. 38). Quito - Ecuador.
- Mas, J. F., Reyes Díaz Gallegos, J., y Pérez Vega, A. (2012). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: Una revisión. *Investigaciones Geográficas*, (51). <https://doi.org/10.14350/riig.30414>
- Mena, C. (2013). *Deforestación en el Norte de la Amazonía Ecuatoriana: Del patrón al proceso*. Recuperado de https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/polemika/Documents/polemika005/polemika05_009_articulo006.pdf

- Mena, C., Bilsborrow, R., y McClain, M. (2006). Socioeconomic Drivers of Deforestation in the Northern Ecuadorian Amazon. *Environmental management*, 37, 802-815.
<https://doi.org/10.1007/s00267-003-0230-z>
- Ministerio de Turismo. (2014). *Reserva de la biosfera Yasuní*. Recuperado de https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/folleto_yasuni_espanol_baja.pdf
- Molina, G., y Albarran, A. (2013). *Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela*. 22, 25-40.
- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W., & Corrales-Barraza, G. (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y bosques*, 23(1), 7-22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Moreiras, P., y Eccardi, F. (2007). Fragmentación. Recuperado 30 de octubre de 2018, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/fragmentacion.html>
- Nené Preciado, A. J., González Sansón, G., Mendoza, M. E., y Silva Bátiz, F. de A. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(94), 64-81. <https://doi.org/10.14350/rig.56770>
- Ortega Pacheco, D. (2015). *Estadísticas de patrimonio natural: Datos de bosque, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental*. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/346525/ESTADISTICAS+DE+PATRIMONIO+FINAL.pdf/b36fa0a7-0a63-4484-ab3e-e5c3732c284b>
- Otavo, S., y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

- Parra-Henao, G. (2010). Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *CES Medicina*, 24(2), 75-89.
- Paz Cardona, A. J. (2018). La deforestación de la industria petrolera pone en riesgo al Parque Yasuní en Ecuador. *Mongabay Environmental News*. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2018/04/deforestacion-petroleo-parque-yasuni-ecuador/>
- Paz Pellat, F. (2018). Correcciones atmosféricas relativas de imágenes de satélite: Patrones invariantes y modelos atmosféricos. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 36(1), 12. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.228>
- PDOT. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Cononaco 2015—2025*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768101730001_Cononaco%20subir_30-10-2015_19-20-31.pdf
- Peguero Orta, C. (2012). *Teledetección y sistemas de información geográfica. Geoconservación, protección ambiental del medio físico frente a riesgos y catástrofes naturales*. ONU-GE.
- Pérez, Á., Hernández, C., Romero-Saltos, H., y Valencia, R. (2014). *Árboles emblemáticos de Yasuní, Ecuador* (1ra ed.). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273634979_Arboles_emblematicos_de_Yasuni_Ecuador
- Pinos-Arévalo, N. J. (2016). Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial—Caso cantón Cuenca. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 5(9), 7-19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>

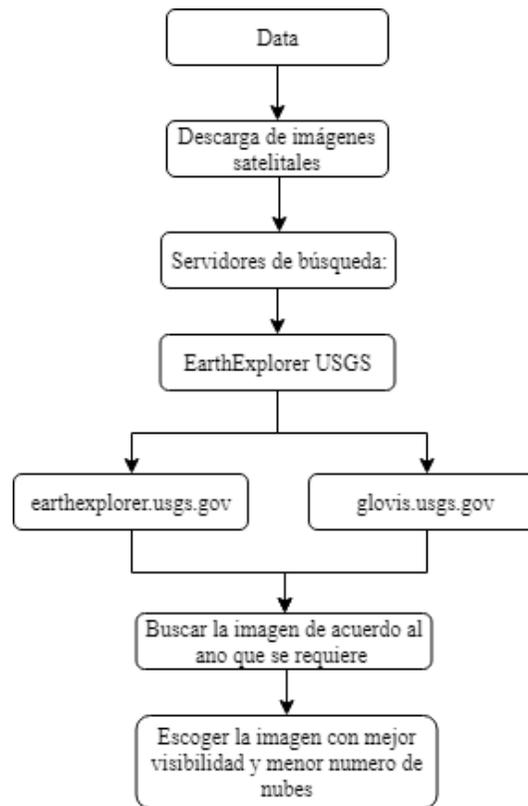
- Pontius, R. G., Shusas, E., y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 101, 251-268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Puyravaud, J.-P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1-3), 593-396. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- Ramírez, H. (2013). *Imágenes multiespectrales de sensores remotos*.
- Riaño, D., Salas, J., y Chuvieco, E. (2000). *Corrección Atmosférica y Topográfica, Información Multitemporal y Auxiliar Aplicadas a la Cartografía de Modelos de Combustibles con Imágenes Landsat-TM*. 18.
- Rodríguez, J. (2014). *Corrección atmosférica de imágenes de satélite por métodos de aprendizaje automático*. 154.
- Ronald Eastman. (2012, junio). *IDRISI Selva Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*. Recuperado de <http://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/IDRISI-Selva-Spanish-Manual.pdf>
- Ruiz, V., Savé, R., y Herrera, A. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica. *Revista Ecosistemas*, 22(3), 117-123-123. <https://doi.org/10.7818/re.2014.22-3.00>
- Sacristán, F. (2005). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Civilizar*, 5(9), 1. <https://doi.org/10.22518/16578953.701>
- Salazar, D., Villafuerte, W., Cuichán, M., Orbe, D., y Márquez, J. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2016*. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf

- Santovenia Díaz, J., Tarragó Montalvo, C., y Cañedo Andalia, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. *ACIMED*, 20(5), 72-75.
- Silva, S., Arévalo, L., y Herrera, B. (2010). *Análisis Histórico de Cambios de uso de suelo, Cobertura vegetal y Determinación de escenarios futuros de deforestación en un área del bosque protector Alto Nangaritza*. PROFAFOR.
- Si-yuan, W., Ji-yuan, L., Zeng-xiang, Z., Quan-bin, Z., y Xiao-li, Z. (2001). Analysis on Spatial-Temporal Features of Land Use in China—《Acta Geographica Sinica》2001年06期. Recuperado 30 de octubre de 2018, de http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotol-DLXB200106000.htm
- Thieme, A., Hettler, B., y Finer, M. (2018, marzo 23). Deforestación Petrolera en el Parque Nacional Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. Recuperado 30 de octubre de 2018, de MAAP website: <http://maaproject.org/yasuni/>
- Thorsten, P., Thomas, D., Meyer, H., Melanie, R., Richter, M., Rollenbeck, R., y Bendix, J. (2013). Environmental Changes Affecting the Andes of Ecuador. En *Servicios ecosistémicos, Biodiversidad y cambio ambiental en un ecosistema de montaña tropical del sur de Ecuador* (Estudios ecológicos, Vol. 221, pp. 19-29). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260133933_Environmental_Changes_Affecting_the_Andes_of_Ecuador
- Tiria Forero, L. N., Bonilla Castillo, J. S., Bonilla Castillo, C. A., y Tiria Forero, L. N. (2018). Transformation of Vegetation Covers and Land Use in the Colombian Amazon Plain: The Case of Puerto Leguízamo, Putumayo (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(2), 286-300. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.70441>
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta Ecológica*, (68), 71-84.

- Urquijo, P., y Barrera, N. (2009). Historia y paisaje: Explorando un concepto geográfico monista. *Andamios*, 5(10), 227-252.
- Valencia, R., Foster, R. B., Villa, G., Condit, R., Svenning, J.-C., Hernández, C., y Balslev, H. (2004). Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: Large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, 92(2), 214-229.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00876.x>
- Vega-Vela, V., Muñoz-Robles, C. A., Rodríguez-Luna, E., López-Acosta, J. C., y Serna-Lagunes, R.(2018). Análisis de la fragmentación del paisaje de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(14), 227-238. <https://doi.org/10.19136/era.a5nl4.1442>
- Velázquez, A., Duran, E., Larrazábal, A., López, F., y Medina, C. (2011). *La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo*. 5.
- Vila, J., Varga, D., Llausás, A., y Ribas, A. (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía*. (48), 16.
- Villar, A. (2008). *TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES*. 47.
- Vogt, P. (2008). *User Guide of Guidos Toolbox*. Recuperado de https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/gtb/GTB/GuidosToolbox_Manual.pdf
- Zamora Martínez, M. C. (2016). Superficie Forestal actual. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(35), 4-5.
- Zapata-Ríos, G., Suarez, E., Utreras, V., y Cueva, R. (2011). Uso y conservación de fauna silvestre en el Ecuador. *Retos y Amenazas En Yasuní.*, 97-239.

9. Anexos

Anexo 1. Esquema metodológico para la descarga de imágenes satelitales



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de error del año 1987.

COBERTURA		DATOS DE REFERENCIA				PRECISIÓN USUARIO (%)	KAPPA	PRECISIÓN GLOBAL (%)	KAPPA
		Bosque	Cuerpos de agua	Zona antrópica	Tierra agropecuaria				
CLASIFICACIÓN	Bosque	47	4	7	1	59	81,64	0,76	
	Cuerpos de agua	0	46	0	3	49	91,61	0,91	
	Zona antrópica	0	0	40	2	42	89,19	0,86	
	Tierra agropecuaria	3	0	3	44	50	87,64	0,88	89
	TOTAL	50	50	50	50	200			
PRECISIÓN PRODUCTOR (%)		92	92	81	90				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Matriz de error del año 2017.

COBERTURA	DATOS DE REFERENCIA					PRECISIÓN USUARIO (%)	KAPPA	PRECISIÓN GLOBAL (%)	KAPPA
	Bosque	Cuerpos de agua	Zona antrópica	Tierra agropecuaria	TOTAL				
CLASIFICACIÓN	Bosque	45	5	1	2	53	82,30	0,78	
	Cuerpos de agua	0	40	0	0	40	91,19	0,87	
	Zona antrópica	0	3	42	3	48	82,84	0,87	
	Tierra agropecuaria	5	2	7	45	59	96,87	0,78	87
	TOTAL	50	50	50	50	200			
PRECISIÓN PRODUCTOR (%)	92	82	84	90					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Matriz de transición de cambio de cobertura y uso de suelo

Cambios de uso de suelo 1987	Cambios de uso de suelo 2017				Total
	Bosque	Cuerpos de agua	Zona antrópica	Tierra agropecuaria	
Bosque	645 099,03	2 547,99	747,36	1 836,63	650 231,01
Cuerpos de agua	1 809,45	3 117,6	9,09	56,88	4 993,02
Zona antrópica	52,47	14,49	3,6	1,17	71,73
Tierra agropecuaria	650,16	71,55	4,77	20,61	747,09
Total	647 611,11	5 751,63	764,82	1 915,29	656 042,85

Fuente: Elaboración propia