



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PATRONES ESPACIALES**  
**DEL PAISAJE EN EL CANTÓN PIMAMPIRO, PROVINCIA DE**  
**IMBABURA.**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA**

**CHAMORRO CADENA DAILYN VANESSA**

**DIRECTOR**

**MSc. DARIO PAÚL ARIAS.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2019**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL  
PAISAJE EN EL CANTÓN PIMAMPIRO, PROVINCIA DE IMBABURA”.

Trabajo de Titulación revisado por el Comité Asesor, previa a la obtención del  
Título de:

INGENIERA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**APROBADA.**

MSc. Paúl Arias.  
**DIRECTOR**



PhD. James Rodríguez.  
**ASESOR**



MSc. Melissa Layana.  
**ASESORA**



MSc. Oscar Rosales.  
**ASESOR**



IBARRA – ECUADOR  
DICIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040121523-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chamorro Cadena Dailyn Vanessa.		
DIRECCIÓN:	Juana Atabalipa y Hernán Gonzales de Saa.		
EMAIL:	dailyn3003@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2651609	TELÉFONO MÓVIL:	0980281367

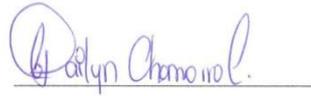
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL PAISAJE EN EL CANTÓN PIMAMPIRO, PROVINCIA DE IMBABURA.
AUTOR (ES):	Chamorro Cadena Dailyn Vanessa
FECHA:	9 de diciembre de 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Dario Paúl Arias Muñoz MSc.

## 2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de Diciembre de 2019

### LA AUTORA:

A handwritten signature in blue ink, reading "Dailyn Chamorro C.", is written over a horizontal line.

Chamorro Cadena Dailyn Vanessa.

**REGISTRO BIBLIOGRAFICO**

**Guía:** FICAYA – UTN

**Fecha:** 12 de diciembre de 2019

CHAMORRO CADENA DAILYN VANESSA

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL PAISAJE EN EL CANTÓN PIMAMPIRO, PROVINCIA DE IMBABURA.**

**TRABAJO DE GRADO**

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra 12 de diciembre de 2019.

**DIRECTOR:** MSc. Paúl Arias

El objetivo de esta investigación fue analizar la variación de los patrones espaciales del paisaje boscoso del cantón Pimampiro, Provincia de Imbabura del año 2001 al 2017, para conocer la variación del estado del paisaje a través de la aplicación de índices y métricas de paisaje para su cuantificación, con el fin de proponer estrategias de conservación.

Ibarra, 12 de diciembre de 2019

**DIRECTOR**



MSc. Paúl Arias

**LA AUTORA:**



Chamorro Cadena Dailyn Vanessa

## AGRADECIMIENTOS

*A la vida y a la madre tierra por brindarme momentos maravillosos de los cuales tengo los mejores recuerdos, como el de permitirme subir un paso más en mi vida profesional.*

*A la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas de la educación superior, y por dejarme formar parte de su institución.*

*A mi director Ing. Paúl Arias, MSc, por los valiosos aportes brindados para el desarrollo de la presente investigación.*

*A mis asesores MSc. Oscar Rosales, MSc. Melissa Layana y PhD. James Rodríguez por compartir sus conocimientos e invertir tiempo y paciencia para el desempeño óptimo de la investigación.*

*Y de manera especial agradezco a mi familia, a mis padres y hermanos quienes han sido el pilar esencial para continuar creciendo personal y profesionalmente, y por caminar conmigo en cada paso. .*

***Dailyn Chamorro***

## **DEDICATORIA**

*A mis amados padres María y Bolívar mi mayor ejemplo y orgullo, por ser mis primeros maestros y hacerme una persona de principios y valores, por brindarme el mejor hogar y su amor infinito y darme los mejores momentos de mi vida. Las palabras no alcanzan para agradecer todo el amor y cariño que siempre recibí y el cual lo llevo cada día de mi vida.*

*A mi madre Lucía, por acompañarme constantemente en cada paso que doy, queriendo siempre lo mejor para mí, y por todo el apoyo incondicional en cada momento.*

*A mí querido hermano Diego, un pilar fundamental en mi vida, por brindarme siempre su invaluable apoyo incondicional en cada paso, por inculcarme la perseverancia para lograr siempre mis objetivos, y por sus acertadas palabras y consejos en cada momento requerido.*

*A mí querida hermana Victoria, por compartir conmigo muchas vivencias y experiencias de vida, y por ser siempre una amiga y compañera..*

*A mis amigos y compañeros, por todas las experiencias compartidas, y por toda la ayuda brindada en cada momento de la vida universitaria.*

**Daily Chamorro**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Revisión de Antecedentes o estado del arte. ....	1
1.2 Problema de investigación y justificación. ....	2
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos .....	5
1.4 Preguntas directrices de la investigación o hipótesis .....	5
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2. 1 Marco Teórico .....	6
2.1.1 Ecología del paisaje .....	6
2.1.1.1 Paisaje .....	6
2.1.1.2 Patrón espacial del paisaje .....	6
2.1.1.3 Diferencias entre enfoques tradicionales de la ecología del paisaje. ...	7
2.1.1.4 Elementos estructurales del paisaje. ....	9
2.1.1.5 Características estructurales-funcionales de los elementos de paisaje	10
2.1.1.6 Análisis del cambio de uso de suelo y sus efectos en el paisaje.....	11
2.1.1.7 Análisis del paisaje. ....	12
2.1.1.8 Características de los cambios en el paisaje. ....	13
2.1.1.9 Fuerzas conductoras de cambios en el paisaje.....	15
2.1.1.10 Fragmentación y pérdida de Paisajes.....	16
2.1.1.11 Aplicación de índices para determinar el estado de un paisaje.....	18
2.1.1.12 Los métodos cuantitativos en ecología del paisaje .....	19
2.1.1.13 Los resultados cuantitativos: consideraciones y limitaciones.....	24
2.1.1.14 Pérdida de cobertura natural a causa del cambio de uso de suelo. ....	25
2.1.1.15 Deforestación en el Ecuador. ....	26
2.1.1.16 Coeficiente Kappa para análisis de precisión. ....	29
2.1.1.17 Ordenamiento Ecológico territorial. ....	29
2.1.1.18 Soportes normativos y conceptuales del ordenamiento ecológico territorial. ....	30
2.1.1.19 Sistemas Agroforestales (SAF) .....	32

2.1.1.20 Clasificación de los Sistemas Agroforestales.....	32
2.2 Marco Legal .....	36
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.....	36
2.2.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización “COOTAD” (2010).....	37
2.2.3 Código Orgánico del Ambiente (COA).....	37
2.2.4 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA 2017) .....	38
2.2.5 Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2021).....	38
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>40</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	40
3.1.1 Caracterización del cantón Pimampiro.....	41
3.1.2 Estado ambiental actual del cantón Pimampiro.....	41
3.2 Métodos .....	42
3.2.1 Fase 1: Análisis de la variación de la composición del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.....	42
3.2.2 Fase 2: Análisis de la variación de la configuración del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.....	51
Métricas de área.....	52
Métricas de aislamiento y proximidad.....	52
3.2.3 Fase 3: Proponer categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso con el fin de incorporar al ordenamiento territorial del cantón.....	54
3.3 Materiales y equipos.....	58
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>59</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Análisis de la variación de la composición del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.....	59
4.1.1 Análisis de la variación de las coberturas naturales del cantón Pimampiro por periodos .....	61
4.2 Análisis de las métricas de composición de paisaje.....	67
Número de parches (NP).....	67
Densidad de parches (PD).....	69
Área núcleo.....	69
Índice de proximidad .....	71
Distancia media al vecino más cercano .....	71

4.3 Identificación de categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso con el fin de incorporar al ordenamiento territorial del cantón. ....	73
4.3.1 Categoría de preservación de uso de suelo. ....	74
4.3.2 Categoría de conservación de uso de suelo. ....	75
4.3.3 Categoría de restauración de uso de suelo. ....	77
4.3.4 Categoría de aprovechamiento.....	78
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>80</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
5.1 Conclusiones. ....	80
5.2 Recomendaciones.....	81
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>1</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diferencias entre enfoques tradicionales de la ecología del paisaje. ....	8
<b>Tabla 2.</b> Elementos estructurales del paisaje.....	10
<b>Tabla 3.</b> Características de los Elementos estructurales del paisaje.....	11
<b>Tabla 4.</b> Procesos espaciales de transformación del territorio. ....	14
<b>Tabla 5.</b> Fuerzas que actúan sobre los cambios el paisaje. ....	15
<b>Tabla 6.</b> Procesos simultáneos e independientes en la alteración de paisajes.....	16
<b>Tabla 7.</b> Índices de área, superficie densidad y variabilidad de paisajes .....	20
<b>Tabla 8.</b> Índices de forma de paisajes. ....	21
<b>Tabla 9.</b> Índices de ecotono y hábitat interior. ....	22
<b>Tabla 10.</b> Índices de distancia, vecindad y conectividad de paisajes.....	22
<b>Tabla 11.</b> Índices de diversidad de paisaje.....	23
<b>Tabla 12.</b> Métodos cuantitativos para el análisis de paisajes. ....	24
<b>Tabla 13.</b> Consideraciones y limitaciones de los métodos cuantitativos de paisaje. ....	24
<b>Tabla 14.</b> Valoración del coeficiente Kappa. ....	29
<b>Tabla 15.</b> Soportes y conceptos del Ordenamiento ecológico. ....	31
<b>Tabla 16.</b> Número de habitantes del cantón Pimampiro. ....	41
<b>Tabla 17.</b> Archivo de extensión para el software FRAGSTATS 4.2.....	52
<b>Tabla 18.</b> Métricas e índices de paisaje aplicados en la investigación.....	53
<b>Tabla 19.</b> Criterios para establecer categorías de conservación para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro. ....	56
<b>Tabla 20.</b> Criterios para establecer categorías de aprovechamiento de uso de suelo.....	57
<b>Tabla 21.</b> Materiales y equipos empleados .....	58
<b>Tabla 22.</b> Área y porcentaje de uso y cobertura de suelo del cantón Pimampiro para los años 2001, 2007, 2013 y 2017.....	60
<b>Tabla 23.</b> Número de parches de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.....	68
<b>Tabla 24.</b> Densidad de parches de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.....	69
<b>Tabla 25.</b> Área núcleo de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.....	71
<b>Tabla 26.</b> Índice de proximidad de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.....	71
<b>Tabla 27.</b> Índice de la distancia media al vecino más cercano de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro. ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Elementos estructurales del paisaje. ....	9
<b>Figura 2.</b> Tipos de bosques del Ecuador continental. ....	27
<b>Figura 3.</b> Clasificación de los Sistemas Agroforestales. ....	33
<b>Figura 4.</b> Sistema Silvopastoril. ....	34
<b>Figura 5.</b> Sistema Silvoagícola. ....	35
<b>Figura 6.</b> Sistema Agrosilvopastoriles. ....	35
<b>Figura 7.</b> Ubicación del cantón Pimampiro. ....	40
<b>Figura 8.</b> Interfaz del portal Earthexplorer. ....	43
<b>Figura 9.</b> Imágenes Satelitales Landsat descargadas para el cantón Pimampiro. ....	44
<b>Figura 10.</b> Puntos de control de coberturas del cantón Pimampiro (2001-2017). ...	46
<b>Figura 11.</b> Clasificación supervisada de imágenes satelitales. ....	48
<b>Figura 12.</b> Software FRAGSTATS 4.2 empleado para el cálculo de métricas e índices de paisaje. ....	51
<b>Figura 13.</b> Diagrama de flujo de la aplicación de los SIG para el establecimiento de categorías de uso de suelo del cantón Pimampiro. ....	54
<b>Figura 14.</b> Parte de Datos <intersect> 2001 y 2017 del cantón Pimampiro. ....	55
<b>Figura 15.</b> Mapa de pendientes del cantón Pimampiro. ....	58
<b>Figura 16.</b> Uso y cobertura de suelo del cantón Pimampiro 2017. ....	59
<b>Figura 17.</b> Ganancia y pérdida de coberturas naturales del cantón Pimampiro. ....	61
<b>Figura 18.</b> Área de bosque 2001. ....	62
<b>Figura 19.</b> Área de bosque 2007. ....	62
<b>Figura 20.</b> Área de bosque 2013. ....	64
<b>Figura 21.</b> Área de bosque 2017. ....	65
<b>Figura 22.</b> Representación de borde y área núcleo en el paisaje. ....	70
<b>Figura 23.</b> Representación del Índice de la distancia media al vecino más cercano. ....	72
<b>Figura 24.</b> Categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso. ....	74
<b>Figura 25.</b> Áreas de preservación de bosque y páramo del cantón Pimampiro. ....	75
<b>Figura 26.</b> Áreas de conservación del paisaje boscoso del cantón Pimampiro. ....	76
<b>Figura 27.</b> Áreas de restauración del paisaje boscoso del cantón Pimampiro. ....	77
<b>Figura 28.</b> Áreas de aprovechamiento del paisaje boscoso del cantón Pimampiro. ....	79

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL  
PAISAJE EN EL CANTON PIMAMPIRO - PROVINCIA DE IMBABURA.**

Chamorro Cadena Dailyn Vanessa

#### **RESUMEN**

El cambio de uso de suelo (CUS) es uno de los impactos ambientales de mayor preocupación en la actualidad, aspectos como el avance de la frontera agrícola a zonas de gran importancia ambiental como los bosques nativos, han ocasionado graves modificaciones en los paisajes naturales con gran valor ecológico. El cantón Pimampiro cuenta con diversos pisos altitudinales lo que contribuye a la formación de diversos paisajes, los cuales han sido afectados por el cambio de uso de suelo en áreas cercanas al bosque nativo lo que ha producido un ecosistema cada vez más frágil y con menor capacidad de recuperación. En la presente investigación se realizó un análisis de la variación de los patrones espaciales del paisaje para cuatro años de estudio 2001, 2007, 2013 y 2017 mediante la aplicación de métricas e índices de paisaje, los cuales se obtuvieron a través del software *FRAGSTATS 4.2* con el fin de determinar la configuración del paisaje. Para el análisis de composición de paisaje se trabajó con el software ArcGis 10.4. Los resultados mostraron que hubo una pérdida de 3400 hectáreas de bosque nativo durante todo el período de estudio. Los resultados de los índices de paisaje como la distancia media al vecino más cercano disminuyeron de 248m a 190m, lo que indica que del bosque nativo ha reducido la distancia de aislamiento de los parches, develando fases iniciales de fragmentación. Se establecieron categorías de uso de suelo para el bosque nativo, y la aplicación de actividades agroforestales y silvopastoriles para mantener un equilibrio ambiental, social y económico del cantón.

**Palabras clave:** cambio de uso de suelo, ecología del paisaje, patrones espaciales de paisaje.

## ABSTRACT

The Land Use Change (LUC) is one of the main environmental impacts of greatest concern at present, aspects such as the advance of the agricultural frontier to areas of great environmental importance such as native forests, have caused serious changes in natural landscapes with ecological value. The Pimampiro canton has several altitudinal floors which contributes to the formation of diverse landscapes, which have been affected by the change in land use in areas near the native forest, which has produced an increasingly fragile ecosystem with less capacity of recovery. This investigation, an analysis of the variation of the spatial patterns of the landscape was carried out for four years of study 2001, 2007, 2013 and 2017 through the application of landscape metrics and indices, which were obtained through the FRAGSTATS 4.2 software with in order to determine the landscape configuration. For the landscape composition analysis, ArcGis 10.4 software was used. The results showed that there was a loss of 3400 hectares of native forest during the entire study period. The results of landscape indices such as the average distance to the nearest neighbor decreased from 248m to 190m, indicating that the native forest has reduced the isolation distance of the patches, revealing initial fragmentation phases. Land use categories were established for the native forest, and the application of agroforestry and silvopastoral activities to maintain an environmental, social and economic balance of the canton.

**Key words:** Land use change, Landscape ecology, Spatial landscape patterns.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Revisión de Antecedentes o estado del arte.

Se puede definir al paisaje como una extensión de territorio que integra diversos elementos, que corresponden a varios tipos de formaciones vegetales, hábitats y los distintos usos de suelo (Godron, 1986); el paisaje es considerado como un nivel dentro de la escala ecológica siendo éste más inclusivo que un ecosistema (Wilson, 2007).

El paisaje ha sido considerado en ocasiones como un recurso de carácter ambiental (Boster, 1976); (Delgado, 2003); (García, 1998), y esto ha determinado su inclusión en los instrumentos de gestión y protección ambiental, debido a su componente territorial (Pedrero, 2004) o visual (Lapka, 2008).

La ecología del paisaje es una ciencia interdisciplinaria, que en la actualidad se define como el estudio de los patrones, procesos y variaciones de los diversos paisajes (Godron, 1986). Es posible caracterizar el paisaje de acuerdo a tres importantes atributos, el primer atributo se refiere al patrón espacial del paisaje, el cual está formado por la composición y la configuración del paisaje, dónde la composición se refiere a los elementos presentes en el paisaje, mientras que la configuración hace referencia al arreglo espacial de los elementos en el paisaje (Turner, 1989).

El segundo atributo corresponde a las funciones del paisaje relacionadas con el flujo de energía, materia y organismos; la relación que existe entre los procesos y patrones de paisaje determina varios procesos ecológicos como la dinámica de poblaciones (Wiens, 2002). El tercer atributo se refiere a la modificación o cambio del paisaje debido a que la composición y configuración presentan variaciones en tiempo y espacio (Echeverría, Bolados, Rodríguez, Aguayo y Premoli, 2015).

Para el análisis de patrones espaciales es posible aplicar las denominadas métricas de paisaje, las cuales pueden evidenciar valiosa información acerca de la composición y configuración de un determinado paisaje, al igual que la forma y tamaño de cada uno de los parches presentes en un paisaje (Turner, 1989). La información obtenida a través de las métricas de paisaje consiste en un conjunto de

valores numéricos, una parte de ellos con un rango de variación definido, que por sí solos, es decir, en términos absolutos, no tienen un valor determinante (Newton, 2007). Los valores determinados por las métricas e índices de paisajes evidencian la composición y configuración de un determinado paisaje, no obstante, y desde el punto de vista de su valor comparativo, los resultados de dichos índices pueden aportar una información muy valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado, o a la hora de comparar diferentes paisajes (Herold, 2003).

## **1.2 Problema de investigación y justificación.**

Se han identificado a nivel global una serie de impactos resultados del cambio de uso de suelo, que estimulan cambios a gran escala en el paisaje, como es la deforestación de bosques nativos, modificación de sabanas y praderas e intensificación de agricultura y urbanización, entre los más importantes. De acuerdo con Lambin (2001), factores como el crecimiento demográfico y condiciones de pobreza no son los únicos involucrados en la transformación de paisajes, pero si se pueden considerar como “factores forzantes” de los cambios de uso de suelo, lo que ocasiona cambios en el paisaje.

Los cambios del uso del suelo se hacen cada vez más frecuentes, según Orozco (2004) el avance de la frontera agrícola hacia zonas forestales ha generado la aparición de una superficie frágil y con alta susceptibilidad a los procesos erosivos, por lo tanto, una superficie con baja productividad. Según estos precedentes, los cambios o modificaciones en el paisaje son principalmente ocasionados por el cambio de uso de suelo, que a su vez, desencadenan procesos como fragmentación y pérdida de hábitat, lo que dificulta la conectividad biológica (Wilson, 1997). De acuerdo a los precedentes mencionados se puede argumentar que gran parte de los ecosistemas terrestres han sido víctimas del cambio de uso de suelo, sufriendo graves transformaciones, y cambios en los patrones espaciales del paisaje (Forman, 1995).

Según Etter (1991), el cambio de uso de suelo ha ocasionado la pérdida de una gran parte de hábitats a nivel mundial, desencadenando la modificación y fragmentación de diversos paisajes. Autores como Sala (2000) mencionan que el cambio de uso

de suelo podría tener el impacto más relevante sobre la biodiversidad al año 2100, debido a los preocupantes efectos que produce sobre la disponibilidad de hábitat y extinción de especies.

Las coberturas naturales como los bosques nativos, tanto a nivel local como global tienen una gran importancia en el ámbito ambiental, debido a las funciones indispensables que desempeñan en un ecosistema como es el almacenamiento de agua, estabilizar los suelos, albergar biodiversidad y contribuir de manera importante a la regulación del clima y los gases de efecto invernadero que están causando el cambio climático (Wilson, 1997).

La deforestación es considerada una actividad de alto impacto ambiental en países de América Latina, como México, la deforestación es una de las actividades que más amenazan los bosques; para el año 2000 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) muestran tasas de deforestación superiores al 10% argumentando que los bosques ubicados en las partes bajas son amenazados en mayor proporción por actividades agrícolas y extractivas.

Sin embargo, pese a la evidente importancia de los bosques naturales, la gestión adecuada de estos ecosistemas sigue siendo ineficiente en muchos países en vías de desarrollo como Ecuador, donde las tasas de deforestación y degradación forestal son elevadas a pesar de los esfuerzos de las autoridades (Mogroviejo, 2017). Según el Ministerio del Ambiente (MAE), en Ecuador se registra una pérdida anual aproximada de 60 000 a 200 000 hectáreas, representando una reducción anual 1,8% de pérdida de bosques primarios. Los temas inherentes a la pérdida de bosques y degradación forestal en un marco de cambio climático son aspectos importantes para el desarrollo del Ecuador.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2012) menciona que hasta el momento los datos de deforestación provienen principalmente de iniciativas de diferentes instituciones, sin protocolos, y sin procedimientos documentados. Esto ha llevado a manejar diversas cifras con notables diferencias, razón por la cual es de gran importancia generar información actualizada sobre los patrones espaciales y el comportamiento de los factores de deforestación en el país. Mencionada información debe estar documentada y con un nivel de confianza aceptable, para

así, poder implementar políticas públicas relacionadas al manejo sostenible de los recursos naturales, el Ministerio del Ambiente del Ecuador para el año 2012 planteó diseñar e implementar un Sistema de Monitoreo para la deforestación y degradación forestal, el cual permita actualizar anualmente la tasa de deforestación del país y los procesos de degradación forestal que ocasionan modificaciones en el paisaje. Con el objetivo de reducir la deforestación en Ecuador, el Gobierno de la República del Ecuador a través del Ministerio del Ambiente (MAE) estableció el Programa “Socio Bosque”, cuya finalidad es la conservación de más de 3 millones de hectáreas de bosque, páramo y otras formaciones vegetales originarias del Ecuador (Mogroviejo, 2017). El programa consiste en generar incentivos económicos a propietarios de áreas con cobertura vegetal nativa, los cuales mediante un convenio, se dispongan a conservar y proteger la superficie denominada “Área bajo conservación”. De esta manera el Ecuador busca alternativas que permitan mantener y conservar importantes paisajes naturales como los bosques nativos, y así de manera conjunta disminuir la modificación, pérdida y fragmentación de dichos paisajes.

En el norte del país, se ubica el cantón Pimampiro, situado a 52 Kilómetros de la Ciudad de Ibarra, Capital provincial. Según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2014) aproximadamente el 37, 28% del suelo está utilizado adecuadamente, lo que supone que el 62,72% restante del territorio está siendo utilizado para actividades que no corresponden a la categoría natural del suelo.

De acuerdo al registro del PDOT Pimampiro - 2014, los bosques del cantón disminuyen su cobertura anual en un 1,38%. Otros estudios como los efectuados por Grijalva y Otalvoro (2011) sugieren que la fragmentación de bosques en el cantón de Pimampiro incide en la variación de los patrones espaciales y en el éxito reproductivo de especies forestales, al reducir actividades de dispersión.

El estudio o evaluación del estado de un paisaje pone en evidencia aspectos importantes como el grado de funcionalidad e integridad de atributos que demandan ser mantenidos o mejorados (Mogroviejo, 2017). Por lo tanto, el presente estudio analizó la variación de la composición y configuración del paisaje boscoso (patrones espaciales), del cantón Pimampiro, perteneciente a la provincia de Imbabura con el objetivo de conocer y analizar la variación del paisaje a través de los años 2001, 2007, 2013 y 2017, para así, plantear estrategias de conservación

que permitan conservar áreas vulnerables y potenciar aspectos existentes en el área de bosque nativo del cantón.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Evaluar la variación de los patrones espaciales del paisaje boscoso del cantón Pimampiro para los años 2001, 2007, 2013, 2017, con el propósito de plantear estrategias de conservación.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la variación de la composición del paisaje boscoso
- Analizar la variación de la configuración espacial del paisaje boscoso.
- Proponer categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso con el fin de incorporar al Ordenamiento Territorial del cantón Pimampiro

### **1.4 Preguntas directrices de la investigación o hipótesis**

¿Cuál es la variación en la composición y configuración espacial del paisaje boscoso del Cantón Pimampiro?

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2. 1 Marco Teórico**

##### **2.1.1 Ecología del paisaje**

Este concepto fue establecido por primera vez por Carl Troll, con relación a la interpretación de fotografías aéreas y los beneficios de las mismas para el análisis de la superficie terrestre, la ecología del paisaje es una disciplina que estudia la compleja interacción entre los seres vivos y las condiciones ambientales, los mismos que trabajan en un espacio específico del paisaje (Gurrutxaga, 2010).

##### **2.1.1.1 Paisaje**

Según Murcia (1995) al paisaje se lo definir como un mosaico, el mismo que está compuesto por varios elementos que pueden clasificarse en parche, corredor y matriz, dependiendo de las condiciones físicas y funcionales.

##### **2.1.1.2 Patrón espacial del paisaje**

El patrón refleja la acción de procesos ecológicos subyacentes y, a su vez, tiene influencias importantes en muchos procesos ecológicos (Matteucci, 1998). Existen varias definiciones de patrón espacial; una de las más generales refiere que es el arreglo espacial o temporal de la variable que se estudia, si se trata de la vegetación, se refiere al arreglo espacial de los individuos de una especie (Moody, 1995); otros autores lo definen como la heterogeneidad espacial, o más generalmente, como el arreglo en el espacio o el tiempo aplicable a objetos o relaciones (Kersaw, 1985). Existen dos propiedades importantes del patrón: el grano y la intensidad (Pielou, 1977). Intensidad se refiere al grado en que la variable cambia de sitio a sitio; y el grano tiene que ver con el tamaño de las unidades del patrón (parches) y es independiente de la intensidad.

En general, al menos en alguna escala, los objetos (puntos o píxeles) se agregan o concentran formando un patrón contagioso. Un tercer arreglo espacial es el regular, en cuál de los objetos, de tamaños parecidos, se distribuyen a distancias uniformes en el espacio, en los estudios ecológicos. Los patrones contagiosos, en los cuales los objetos o componentes se agrupan formando parches, son los de mayor interés y reflejan la ocurrencia de procesos subyacentes que lo causan (Matteucci y Buzai, 1998).

### **2.1.1.3 Diferencias entre los enfoques tradicionales de la ecología del paisaje.**

De acuerdo con la primera descripción de ecología del paisaje expuesta por Carl Troll, (1939) la escuela europea de *ecología del paisaje* define al paisaje como un concepto holístico, un sistema dónde se relacionan los componentes bióticos, abióticos y los impactos antrópicos sobre estos. Siendo el tipo de uso de suelo la relación entre los sistemas naturales y los sistemas socio-económicos humanos (Volgemann, 1995). De igual manera; Correa, (2000) describe un paisaje como una entidad física, ecológica y geográfica dónde ocurren patrones y procesos causados de forma tanto antrópica como natural, a lo largo de una escala temporal y espacial.

La escuela norteamericana, a diferencia de la europea, presenta un carácter más práctico en cuanto a la ecología del paisaje. Esto se refleja en la definición de paisaje de Forman y Godron, (1986) “*área heterogénea compuesta de un cúmulo de ecosistemas que interactúan en entre sí y se repite en el espacio*”. Esta definición, para los autores, tiene como objetivo ser válida científicamente para cualquier tipo de estudio. Aunque es importante destacar que la definición anterior no considera el rol del ser humano en el paisaje. (Petitbas, 2010)

Existen varias definiciones de los conceptos de paisaje y ecología del paisaje (Wu y Hobbs, 2002). Pero, se puede sintetizar en dos aproximaciones, una que considera el paisaje a escala humana, siendo una porción de territorio de varios kilómetros cuadrados que contiene un mosaico de diversos tipos de parches, y la segunda aproximación se refiere al arreglo espacial y heterogéneo a cualquier escala (Pickett y Cadenasso, 1995).

En un enfoque expuesto por Wiens, (2005) se considera a los paisajes a escala humana; como, un nivel más apropiado para el estudio de la interacción entre la sociedad y la naturaleza, debido a que el ser humano percibe la naturaleza e interviene a ésta a escala de paisaje. Éste enfoque más antropogénico, está asociado a la planificación territorial y considera a la ecología del paisaje como una ciencia aplicada que contribuye en el manejo de paisajes y ordenamiento territorial (Chávez, 2005).

Por otro lado, siguiendo la línea de enfoque en Norteamérica y Australia, la ecología del paisaje se entiende como el estudio de la relación entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos, dónde el paisaje es una abstracción para representar la heterogeneidad espacial a cualquier escala (Pickett y Cadenasso, 1995).

Estas diferencias corresponden a los enfoques tradicionales, en la actualidad se pueden encontrar ambas líneas en Europa, Estados Unidos y cualquier otra parte, también se ha buscado una convergencia entre los dos enfoques (Petitbas, 2010). A continuación se detallan las diferencias entre los enfoques de la ecología del paisaje (Tabla 1)

**Tabla 1.** Diferencias entre enfoques tradicionales de la ecología del paisaje.

	<b>Europa central y del Este</b>	<b>EE.UU y Australia</b>
Influencia científica de origen	Geografía	Biología
Concepto de paisaje	Entidad total, espacial y visual del espacio humano. Sistema donde se relacionan los componentes bióticos y abióticos y los impactos antrópicos sobre estos	Área heterogénea compuesta de un cúmulo de ecosistemas que interactúan entre sí y se repite en el espacio.
Ecología del paisaje	Ciencia interdisciplinaria, aplicada a la conservación y manejo del paisaje.	Ciencia que estudia la composición, estructura y cambio de los paisajes.
Escala	Escala humana, varios kilómetros cuadrados.	Nivel de organización a cualquier escala (sobre el nivel de ecosistema).
Rol del ser humano en la ciencia del paisaje	Rol principal en la creación y modificación de paisajes. El paisaje influye en la cultura.	Factor que aporta variabilidad y modifica el entorno, al igual que otros factores naturales.
Enfoques de estudio	Interacción sociedad-naturaleza, ordenamiento territorial, aplicación en manejo de paisajes.	Efecto de los patrones espaciales sobre los procesos ecológicos.

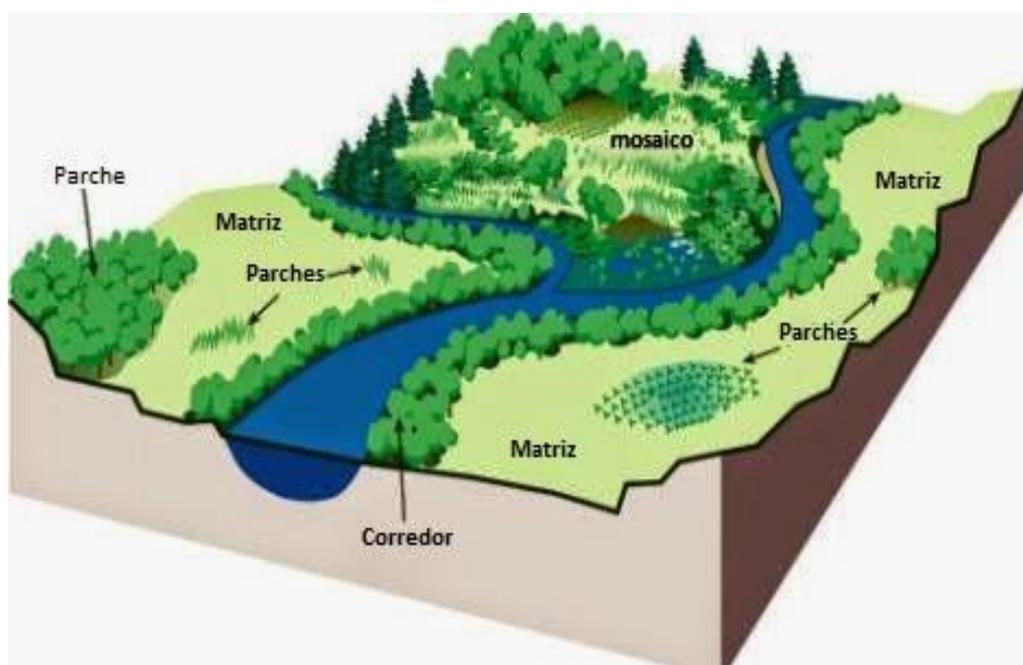
**Fuente y Elaboración:** Tomando de Instituto de Ecología – UNAM, 2002

#### 2.1.1.4 Elementos estructurales del paisaje.

La estructura de un paisaje corresponde a la relación espacial entre los distintos elementos que lo componen y va a depender de los tipos de ecosistemas presentes y de su configuración espacial, lo que a su vez puede afectar a la interacción entre los elementos del paisaje (Petitbas, 2010). Esta interacción corresponde al intercambio de materia, energía e información entre los elementos, lo que corresponde a la función de un paisaje. La modificación de la estructura y función de un paisaje a través del tiempo corresponde al cambio del paisaje (Turner 1989)

El cambio ocurre debido a diferencias en las frecuencias e intensidades de las perturbaciones que actúan sobre los ecosistemas de un paisaje. Estructura, función y cambio, son tres características importantes en que se focalizan estudios de ecología del paisaje (Forman y Godron, 1986). El estudio de la estructura de un paisaje permite identificar los patrones espaciales de los cuales emerge la heterogeneidad del paisaje.

Siguiendo la línea de la ecología del paisaje, un mosaico paisajístico se encuentra conformado por tres elementos principales: matriz, parches y corredores (Figura 1).



**Figura 1.** Elementos estructurales del paisaje.

**Fuente y Elaboración:** Arizona's Riparian Areas.

Los principales elementos que conforman la estructura del paisaje son matriz, parche y corredor (Tabla 2) de los cuales se puede obtener información referente al estado en el que se encuentra un determinado paisaje. A estos elementos se los puede definir como:

**Tabla 2.** Elementos estructurales del paisaje

<b>Elemento</b>	<b>Definición</b>
Matriz	Elemento del paisaje más abundante. Es el elemento que contiene o rodea a los distintos parches y corredores. Es la cobertura de mayor tamaño, se puede afirmar que es la cobertura que abarca mayor extensión de territorio y que tiene un alto grado de conectividad.
Parches	Unidades de paisaje rodeadas por matriz, los parches pueden tener origen natural o antrópico. Estos son denominados como fragmentos y son unidades espaciales que se encuentran en relación con el entorno, pueden diferir en tamaños, formas y tipos de borde.
Corredores	Los corredores son las conexiones existentes entre unos fragmentos y otros. Los corredores desempeñan un papel importante para permitir la interconexión entre los distintos fragmentos y reducir el denominado efecto distancia que determina un menor número de presencia de especies en los fragmentos aislados.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Farina, (2000).

#### **2.1.1.5 Características estructurales-funcionales de los elementos de paisaje**

En un mosaico paisajístico se presentan tres aspectos principales como: tamaño, forma, composición y distribución de parches, cada una de estas características se relacionan con aspectos acorde a la funcionalidad ecológica, cada uno de estos aspectos aportan valiosa información, como cuan homogéneo o heterogéneo se encuentra un determinado paisaje, además de la diversidad de especies presentes en el mismo. (Tabla 3)

**Tabla 3.**Características de los Elementos estructurales del paisaje

<b>Aspectos del paisaje</b>	<b>Definición</b>
Tamaño	El tamaño de los parches muestran cuan homogéneo o heterogéneo se encuentra un paisaje, parches grandes pueden indicar bajos índices de fragmentación, a mayor área, mayor número de diversidad de especies.
Forma	La forma de los parches determina el grado de alteración de los mismos, zonas más irregulares corresponden a parches de origen natural y formas más homogéneas corresponden a parches de origen antrópico.
Composición	La composición de parches es el contenido del parche, el tipo de vegetación que está formando y el uso que se le da al mismo. La composición indica la diversidad dentro de un mosaico paisajístico.
Distribución de parches.	La distribución espacial de los parches responde a factores de diversa índole: sociales, económicos, políticos y biofísicos. Estos factores son el resultado de procesos que se desarrollan a través del tiempo. La distribución espacial nos muestra el nivel organizacional del mosaico paisajístico

**Fuente y Elaboración:** Forman y Godron, (1986).

#### **2.1.1.6 Análisis del cambio de uso de suelo y sus efectos en el paisaje.**

Las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conoce como usos del suelo (Semarnat, 2010). Desde el punto de vista geográfico, los tipos de usos de suelo y su grado de explotación influyen en las variedades del paisaje y al modificarse ocasionan cambios, y por lo tanto se producen modificaciones en el paisaje (Fernández y Prados, 2010).

La magnitud, extensión y velocidad de las alteración antropogénicas sobre la superficie de la tierra no tienen precedentes en la historia de la humanidad (Lambin, 1999). Aproximadamente la mitad de la superficie de la tierra ha sido directamente modificada por la acción del hombre (Vitousek, 1997). Ramankutty y Foley (1999),

estimaron que, entre (1700 y 1995) 1,621 millones de hectáreas fueron habilitadas para la agricultura de las cuales 885 millones correspondían a bosque, 565 millones a sabanas, praderas y estepas, 150 millones a matorrales y 21 millones a tundras y desiertos. Debido a estas transformaciones las tierras de cultivo y pastoreo son actualmente el bioma terrestre más grande del planeta ocupando alrededor de 40% de la superficie de la tierra (Asner, 2004). A nivel mundial las actividades agropecuarias, junto con las actividades extractivas de madera, han ocasionado una pérdida neta de 7 a 77 millones de km<sup>2</sup> de bosque en los últimos 300 años (Foley, 2005).

El cambio de uso de suelo se ha convertido en un importante forzante del cambio climático regional y global (Aguirre, 2006), es considerado la primera causa de alteración del suelo y afecta considerablemente la capacidad de los sistemas biológicos para soportar y satisfacer las necesidades humanas (Chuvienco, 2002). En la actualidad para el estudio del análisis del cambio de uso de suelo se ha propuesto la aplicación de metodologías y procedimientos estadísticos innovadores, que se complementan con técnicas de trabajo de campo y el uso de los denominados sistemas de información geográfica y de cartografía (Turner y Meyer, 1994).

La evaluación de los efectos del cambio de uso de suelo sobre los ecosistemas terrestres depende en gran parte del conocimiento de las prácticas pasadas y la proyección de escenarios futuros (Bonfil, 1995). El análisis histórico de los cambios en el uso de suelo permite entender la actual configuración del paisaje e identificar los impactos ambientales y sociales que se asocian a estas transformaciones (Berry, 1996).

#### **2.1.1.7 Análisis del paisaje.**

El análisis de las causas y los procesos de cambio en el territorio es un tema de gran importancia en el campo de la ecología del paisaje (Turner, 2005), y comprender la dinámica del paisaje es fundamental para la planificación territorial (Algenen, Kaimowitz, 1999). Además de que el cambio sea una característica inherente de los paisajes naturales, la influencia del ser humano sobre estos ha ocasionado modificaciones aceleradas con grandes repercusiones ecológicas tanto a nivel local y global (Kapos, 2000).

Los paisajes se encuentran en constante cambio debido a que son producto de la interacción dinámica entre naturaleza y cultura (Fearnside, 1995). Cambios

acelerados de la sociedad que han producido impactos en el medio ambiente, han llevado a la creación de nuevos paisajes y al deterioro de paisajes tanto naturales como culturales (Petitbas, 2010). Según Kapos (2000), antes del siglo XIX los paisajes europeos tenían continuidad en el tiempo, debido a la ocurrencia de cambios cortos y poco frecuentes, donde los nuevos elementos se integraban con el paisaje anterior, siendo la estructura pasada un legado que afecta la futura estructura del paisaje. La tendencia actual, donde los nuevos elementos son impuestos sobre los antiguos, supone un aumento en la magnitud y frecuencia de los cambios (Bizama, 2010). Este tipo de cambios está asociado a procesos de homogenización, fragmentación y pérdida de diversidad de los paisajes actuales (Lindenmayer y Fischer, 2006).

#### **2.1.1.8 Características de los cambios en el paisaje.**

El paisaje es una entidad dinámica, que se encuentra expuesto a fuerzas internas y externas que ocasionan cambios en el tamaño, forma y distribución de sus elementos, este es un proceso complejo que puede ocurrir a diferentes escalas temporales y espaciales (Hobbs, 2003). La dinámica de un paisaje depende de diversos factores, algunos importantes como: la frecuencia de las variaciones temporales o perturbaciones, la tendencia de cambio de los elementos (incremento de biomasa, disminución de cobertura), fuerza de las perturbaciones y extensión de las perturbaciones a través del paisaje y el tamaño del paisaje (Forman y Godron, 1986).

Los cambios pueden diferir tanto en la escala temporal como espacial, como por ejemplo, una erupción volcánica puede traer significativos cambios en una gran extensión espacial y ocurre con baja frecuencia temporal a una escala de paisaje. (Cooper, 2002). Generalmente, los cambios que afectan a un paisaje no son de carácter aleatorio, van a tener un patrón determinado por la estructura del paisaje (Bender, 1998). Los cambios antrópicos en el paisaje tampoco son de carácter aleatorio, las perturbaciones generadas por el ser humano tienden a ocurrir primero y de forma más intensa en las áreas con mayor accesibilidad y potencial para el desarrollo agrícola (Lindenmayer y Fischer, 2006).

Los factores relacionados con los cambios en un paisaje pueden ser exógenos o endógenos (Malcolm, 1994). Junto con los cambios a diferentes escalas temporales e intensidades, las transformaciones en el paisaje de diferentes procedencias se

sobreponen una sobre otra, ocasionando un proceso complejo de cambios que dan origen a una nueva estructura en el territorio. Este proceso se debe a que un paisaje es un sistema abierto que se encuentra expuesto a influencias externas (Moilanen, Hanski, 2001) y que también se encuentra abierto internamente, es decir, existe la ocurrencia de intercambios entre los elementos constituyentes del paisaje. Materia, energía y organismos fluyen entre y dentro de los paisajes. (Radford, 2005).

Independientemente de las causas, Forman (1995), expone cinco procesos espaciales de transformación del territorio (Tabla 4).

**Tabla 4.** Procesos espaciales de transformación del territorio.

<b>Procesos de transformación</b>	<b>Ejemplos</b>
Perforación	Dispersión de casas/incendio de bosques.
Disección	División de un elemento del paisaje.
Fragmentación	Disgregación de un elemento en partes más pequeñas y separadas.
Reducción	Disminución en tamaño de un elemento.
Desaparición	Desaparición de un elemento.

**Fuente y Elaboración:** Tomado de Forman, (1995).

Mencionados cambios estructurales ocurren por causas naturales y antrópicas. Debido a la importancia que tiene el papel del ser humano como un elemento modificador de la biosfera, para algunos actores como: Andrén (1997), señalan que la principal fuerza de cambios en el paisaje es debido a la acción humana sobre el medio ambiente. Siendo el cambio de uso de suelo unas de las principales causas de modificación y transformación de paisajes (Asner, 2004). Si bien, el cambio en la cobertura y uso del suelo no es el único proceso de cambio en paisajes, estos procesos afectan significativamente la estructura y funciones dentro del paisaje (Barret, 1994). El cambio de uso de suelo, es considerado un elemento principal del cambio global (cambios producidos por actividades antrópicas que deterioran el medio ambiente y tienen repercusiones globales), ya que afectan el funcionamiento de los ecosistemas, ocasiona pérdida de biodiversidad a nivel mundial y favorece las invasiones biológicas (Bennet, 1990).

### 2.1.1.9 Fuerzas conductoras de cambios en el paisaje.

Para estudiar la dinámica de un paisaje, además de identificar los patrones de cambios en la estructura, se necesita conocer las fuerzas conductoras de cambios. Generalmente los estudios en ecología del paisaje se centran en la identificación de patrones, pero analizar los procesos de tras de esos patrones es esencial para proyectar la dinámica futura de un paisaje (Wood y Handley, 2001). Las fuerzas que influyen en los cambios en el paisaje actúan de forma compleja al interactuar entre sí, y a diversas escalas espaciales (Matlack, 1993).

Burgi y Hersperger (2004), describen cinco fuerzas conductoras de cambios principales: naturales, socioeconómicas, políticas, tecnológicas y culturales (Tabla 5).

**Tabla 5.** Fuerzas que actúan sobre los cambios el paisaje.

<b>Fuerzas</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Antrópicas</b>	
Socioeconómicas	Aumento en el precio de madera en el mercado mundial
Políticas	Leyes de fomento forestal
Tecnológicas	Torres de madereo
Culturales	Apertura de tierras para creación de vías.
<b>Naturales</b>	Apertura de claros de bosque por derrumbes.

**Fuente y Elaboración:** Burgi y Hersperger (2004).

Las fuerzas naturales se expresan mediante procesos geomorfológicos y climáticos, patrones internos de perturbaciones de ecosistemas y patrones de colonización y crecimiento de organismos (Marcucci, 2000). Otras fuerzas suelen ser graduales y de acción lenta, como es el caso de los procesos de colonización vegetal, variaciones climáticas, y cambios geomorfológicos, pero también pueden suceder cambios catastróficos como derrumbes, avalanchas, incendios entre otros (Petitbas, 2010). Por ejemplo, en países de América del Sur como Chile, eventos naturales catastróficos como los terremotos y tsunamis tienen un papel importante en la transformación del paisaje nacional.

Las acciones humanas ocasionan las modificaciones de mayor interés e impacto en el paisaje en largo plazo (Liu, 2002), provocando fragmentación y pérdida de hábitat (Lindenmayer y Fischer 2006). Estos cambios antrópicos están asociados a

cambios en la densidad de la población humana (King, 2002), sin embargo Lambin (2001), considera que el aumento de la población no es la única, ni más importante causa del cambio de uso de suelo, también reconoce la importancia de considerar los patrones de comportamiento y consumo de la sociedad. Entre las principales actividades efectuadas por el hombre asociadas a importantes cambios en el paisaje se destacan la deforestación, urbanización, intensificación de la agricultura y el abandono de tierras agrícolas (Krummel, 1987).

#### **2.1.1.10 Fragmentación y pérdida de Paisajes.**

Los estudios referentes a la fragmentación de paisajes se efectúan desde hace muchos años atrás, siendo uno de los temas más desarrollados dentro del campo de la conservación (Lundberg, 2003), debido a que este proceso afecta la biodiversidad tanto a nivel local como mundial (Sala, 2000). La fragmentación ha sido definida de manera tradicional como la división progresiva de un hábitat o territorio continuo, a un conjunto de fragmentos aislados y de menor tamaño, que cualitativamente difieren del original (Kitron, 1998)

En realidad, Turner (2006) describe la fragmentación de un hábitat como un proceso complejo que integra otros tres procesos simultáneos e independientes (Tabla 6), que tienen influencia en la alteración del paisaje, debido a los cuales se incrementa el riesgo de extinción de las poblaciones de los hábitats originales:

**Tabla 6.** Procesos simultáneos e independientes en la alteración de paisajes.

<b>Procesos de alteración del paisaje</b>	<b>Efectos</b>
Continúa reducción de la superficie de fragmentos.	Perdida de hábitat que puede dar lugar a reducciones directas de los tamaños poblacionales.
Separación progresiva de fragmentos de hábitat	Aislamiento creciente de las poblaciones contenidas en el hábitat, que reduce la capacidad de dispersión.
Efectos de borde	Resulta del aumento de la relación perímetro – superficie de los fragmentos, y puede alterar los ciclos biológicos de especies que hábitat en ellos.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Turner, (2006).

Estos tres procesos están interrelacionados, y en general la subdivisión del hábitat y los efectos de borde son mayores en áreas con disponibilidad de hábitat intermedia (zonas de conectividad y amortiguamiento) (Folley, 2005).

Se debe tener en cuenta que los diferentes organismos presentes en un hábitat, pueden reaccionar de manera distinta frente al proceso de fragmentación, dependiendo de su capacidad para percibir los cambios en el paisaje, misma capacidad que está condicionada por los rasgos particulares de su ciclo biológico (Lindenmayer, 1999).

La fragmentación de un hábitat puede ser medido cuantificando cambios en la estructura espacial del paisaje, lo que refiere a la relación espacial entre parches o fragmentos (Turner, 2001). Mencionadas mediciones son realizadas a través de métricas espaciales o índices de paisaje, y su aplicación resulta de gran utilidad, ya que pueden aportar información valiosa acerca de la ocurrencia de procesos de deforestación y fragmentación (Ward, 2002). Estos índices de paisaje pueden ser aplicados a mapas temáticos, lo cuales pueden ser generados a partir de imágenes satelitales (Perera, 2000).

Los cambios producidos por la fragmentación se reflejan en la estructura espacial del paisaje como el tamaño, forma o posición de los fragmentos (Turner, 2001). Algunos estudios que han aplicado índices de paisaje como: tamaño de fragmentos, sugiere que altos niveles de fragmentación están asociados a la predominancia de fragmentos de menor tamaño (Pearson, 1999). Otros índices como: aislamiento y forma de fragmentos también han sido aplicados para evaluar el grado de fragmentación de ecosistemas, indicando mayores niveles de fragmentación en áreas dominadas por fragmentos con mayor grado de aislamiento y forma regulares (Wu y Hobbs, 2002). Dichos cambios, a su vez, pueden modificar ciertos atributos ecológicos de hábitats afectados por la fragmentación (Miller, 2004).

Es así, como la fragmentación puede afectar procesos de polinización y producción de frutos (Gigord, 1999). También se pueden manifestar efectos demográficos y genéticos, los cuales contribuyen a disminuir la interacción de las plantas con sus polinizadores, producir cambios microclimáticos y reducir la heterocigosidad, afectando la viabilidad de una población a futuro (Santander, 2008).

La fragmentación en paisajes forestales es conocida a nivel mundial como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad (Bocco, 2001). Este concepto se suele aplicar para describir cambios que se producen cuando grandes segmentos de vegetación se eliminan completamente, quedando varios segmentos más pequeños separados unos de otros (Bennet, 1990).

Entre los efectos negativos producto de la fragmentación se puede mencionar, la disminución de la cubierta original de los bosques, la exposición de los organismos que habitan en los fragmentos a condiciones diferentes con respecto a su sistema original, el efecto borde, donde se pueden destacar cambios microclimáticos como: luminosidad, evapotranspiración, temperatura, etc. (Salinas, 2005). Otra afectación de la fragmentación de paisajes, se refiere a la abundancia de especies y su afectación fisiológica, ocasionada por las variaciones microambientales, así como también los procesos de interacción entre las mismas (Murcia, 1995).

Los fragmentos boscosos pueden llegar a tener bordes suaves o abruptos, dependiendo del grado de contraste entre hábitats, lo cual desempeña un papel importante en la capacidad de las especies para adaptarse y moverse dentro de los hábitats perturbados, además de la capacidad de recuperación del bosque y la penetración de los efectos de borde que ocasionan un deterioro en la calidad del hábitat (Bennett, 1999).

La reducción de tamaño de los fragmentos boscosos, genera modificaciones en la estructura y composición a nivel de comunidades (Volgeman, 1995), modificando las dinámicas poblacionales y diferentes procesos ecológicos (Ward, 2002), que en conjunto con el aislamiento y reducción de la conectividad funcional, generan efectos negativos sobre la persistencia de diversas poblaciones (Urquijo, 2011).

#### **2.1.1.11 Aplicación de métricas o índices para determinar el estado de un paisaje.**

Las unidades morfológicas y estructurales que componen un paisaje están relacionadas desde un punto de vista funcional, al producirse entre ellas intercambios de energía, materiales, organismos, información, etc. (Rodríguez, 2007). Los cambios y el dinamismo imperante en la composición estructural y morfológica del paisaje se originan en la misma dinámica ecológica y se encuentra fuertemente condicionada por la actividad antrópica, especialmente en los paisajes más humanizados (Vila y Varga, 2006).

Los territorios cuya configuración espacial ha sido modificada por las actividades antrópicas, tiene elementos de formas más simples, bordes rectos y tamaños más homogéneos (Matteucci, 2005). Por lo tanto, se podría diferenciar las unidades territoriales y los paisajes naturales de los humanizados mediante el análisis del patrón espacial del paisaje (Matteucci, 2005). En el estudio de áreas de gran extensión mediante procesamiento de imágenes satelitales, el contenido de las unidades territoriales no es suficiente para describir un área heterogénea en cuanto al grado de ocupación humana, ya que los elementos de vegetación natural pueden confundirse con cultivos en su periodo activo (Wiens, 2005).

No obstante, es posible distinguirlos por la forma, tamaño, tipo de borde y la relación con polígonos de otras categorías. Estas variables se resumen en los denominados índices de paisaje o métricas de configuración espacial, las cuales permiten cuantificar las relaciones espaciales de y entre los elementos del mosaico (polígonos del mapa) de modo que una larga descripción verbal puede reemplazarse por un conjunto de valores numéricos sintéticos (Matteucci, 1998).

Existen decenas de índices desarrollados en su mayoría para el análisis de la fragmentación de los ecosistemas naturales y sus consecuencias sobre los procesos ecológicos, como la productividad de los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos, la dinámica poblacional que afecta a la biodiversidad y diferentes propiedades y servicios ecosistémicos (Matteucci, 2005).

#### **2.1.1.12 Los métodos cuantitativos en ecología del paisaje**

Los resultados de la aplicación de métodos cuantitativos en la ecología del paisaje se agrupan en los denominados índices de paisaje (*landscape metrics*). Los índices de paisaje muestran interesantes datos numéricos acerca de la composición y configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y forma de los elementos del paisaje (Vila, 2006). Además, los índices de paisaje permiten una útil e interesante comparación entre distintas configuraciones paisajísticas; como la comparación de la misma área en distintos momentos temporales o la definición de escenarios futuros (Fallas, 2002).

Los métodos cuantitativos en la ecología del paisaje son aplicables a tres niveles (McGarigal y Marks, 1995).

- a) **A nivel de fragmento** (*Patch level*). Los cálculos se aplican a cada fragmento individualmente. Este nivel es adecuado para determinar fragmentos de mayor superficie entre todos los representados.
- b) **A nivel de clase** (*Class level*). Los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase, es decir, a aquellos que tienen el mismo valor o representan el mismo tipo de uso de suelo hábitat, etc. Este nivel es adecuado para cálculo de superficies que ocupan una determinada cobertura de suelo, como podrían ser los bosques, o cual es la extensión media ocupada por los fragmentos de bosque.
- c) **A nivel de paisaje** (*landscape level*). Los cálculos se aplican al conjunto del paisaje, es decir, a todos los fragmentos y clases a la vez. El resultado nos informa del grado de heterogeneidad o de homogeneidad del conjunto del área que se ha cuantificado.

Se pueden diferenciar cinco grandes tipos de índices de paisaje (McGarigal, 1995 y Botequilha, 2006):

- 1) **Índices de área, superficie, densidad y variabilidad.** Un tipo de índices enfocado en las características de dimensión y en el número de fragmentos que componen el área de estudio nos permite disponer de una primera aproximación general a las características morfológicas de un determinado paisaje. Se destacan los siguientes índices (Tabla 7).

**Tabla 7.** Índices de área, superficie densidad y variabilidad de paisajes

<b>Índice</b>	<b>Descripción</b>
<i>Área</i>	Calcula el área correspondiente a cada uno de los fragmentos.
<i>Total Landscape Área</i>	Calcula el área que ocupa el conjunto total de fragmentos, es decir, el área correspondiente a todo el territorio representado.
<i>Number of Patches</i>	Numero de fragmentos totales y numero de fragmentos de cada clase.
<i>Patch Density</i>	Numero de fragmentos de cada clase por unidad de superficie.
<i>Mean Patch Size</i>	Relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos correspondientes a aquella clase.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de McGarigal, (1995) y Botequilha, (2006).

- 2) **Índices de forma.** Estos índices se fundamentan en las características de forma de los fragmentos que constituyen un determinado paisaje. Este tipo de cálculos se basa en la relación existente entre área y perímetro, y facilita la comprensión de ese factor fundamental a nivel morfológico y funcional. Se destacan los siguientes índices (Tabla 8).

**Tabla 8.** Índices de forma de paisajes.

<b>Índice</b>	<b>Descripción</b>
<i>Shape Index</i>	Calcula la complejidad de la forma de los fragmentos en comparación con una forma estándar, o el pixel en el entorno raster. Aplicable a nivel de fragmento, clase o paisaje.
<i>Mean Shape Index</i>	Calcula la forma media a nivel de clase y de paisaje.
<i>Landscape Shape Index</i>	Calcula la relación entre área y perímetro para el conjunto del paisaje.
<i>Fractal Dimension</i>	Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Matteucci, (2004).

- 3) **Índices de ecotono y hábitat interior.** Permiten realizar cálculos sobre la amplitud del ecotono, o hábitat de borde, en relación con el hábitat interior. En el caso del ecotono, es preciso determinar una amplitud que será diferente en función de las propias características ambientales de cada fragmento y el contraste en relación con el fragmento o los fragmentos colindantes. El hábitat interior se considera esencial para la presencia y mantenimiento de fauna y flora especialista, es decir, más exigente en sus requerimientos y necesidades ecológicas, mientras que el hábitat de borde facilita la presencia de especies generalistas (Forman y Godron, 1986). Se destacan los siguientes índices (Tabla 9)

**Tabla 9.** Índices de ecotono y hábitat interior.

<b>Índice</b>	<b>Descripción</b>
<i>Perimeter</i>	Perímetro del conjunto de fragmentos.
<i>Edge Density</i>	Perímetro del ecotono en relación con la superficie del paisaje.
<i>Core Área</i>	Superficie de hábitat interior correspondiente a cada fragmento.
<i>Total Core Área</i>	Superficie de hábitat interior correspondiente a nivel de clase o paisaje.
<i>Core Área Percent of</i>	Porcentaje del paisaje ocupado por hábitat interior a nivel de clase.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Miller y Turner, (2004).

- 4) **Índices de distancia, vecindad y conectividad.** Estos índices calculan la distancia desde el hábitat de borde y ecotono de un fragmento hasta el fragmento más próximo al mismo tipo. Se refiere a índices primordiales para evaluar el grado de aislamiento o conectividad existente entre los distintos fragmentos, partiendo de la base de que un mayor aislamiento implica una disminución de las posibilidades de albergar o mantener un mayor grado de diversidad biológica (Forman, 1995). Se destacan los siguientes índices (Tabla 10).

**Tabla 10.** Índices de distancia, vecindad y conectividad de paisajes.

<b>Índice</b>	<b>Descripción.</b>
<i>Nearest Neighbor Distance</i>	Distancia al fragmento de la misma clase más próximo.
<i>Maximum Distance</i>	Distancia al fragmento de la misma clase más alejado.
<i>Proximity Index</i>	Distancia al fragmento de la misma clase más próximo a partir de un determinado radio de búsqueda.
<i>Mean Proximity Index</i>	Proximidad media entre fragmentos de una misma clase a partir de un determinado radio de búsqueda.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Forman, (1995).

5) **Índices de diversidad del paisaje.** Estos índices aportan información importante para la comparación de distintos paisajes o la evolución de un paisaje en diferentes momentos históricos. Los índices indican la riqueza y dominancia de especies o categorías naturales que presenta un determinado paisaje, en este contexto, la obtención de valores espacialmente distribuidos de diversas características se convierten en un elemento importante en el estudio de las causas del desigual reparto de número de especies animales y vegetales en un territorio puntual. Además es importante el cálculo de índices de diversidad para la mejora de políticas e instrumentos de planificación. Se destacan los siguientes índices (Tabla 11).

**Tabla 11.** Índices de diversidad de paisaje.

Índice	Definición
Shannon's Diversity Index	Valora la diversidad paisajística, es decir, la heterogeneidad, a partir de la diversidad de fragmentos. Su valor absoluto no es muy significativo, pero útil para la comparación de diferentes paisajes o un mismo paisaje en distintos momentos temporales.
Simpson Diversity Index	El valor representa la probabilidad que dos elementos seleccionados de forma aleatoria pueden ser diferentes. Así pues, cuanto mayor es el valor, mayor es la diversidad paisajística o heterogeneidad.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Forman, (1995).

Existe una amplia variedad de modelos desarrollados para cuantificar las características de la estructura del paisaje (Tabla 12). Entre mencionados modelos se destacan:

**Tabla 12.** Métodos cuantitativos para el análisis de paisajes.

<b>Modelo</b>	<b>Definición</b>
Fragstats	Creado en el año 1995, desarrollado por Kevin McGarigal y Bárbara Marks en la universidad de Oregon. Funciona en formato raster y es considerado el programa más completo por lo que se refiere a la diversidad de métricas disponibles.
Grass	La primera versión apareció a principios de los años 80 y fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos y el laboratorio para la investigación de la construcción. Actúa especialmente en formato raster.
Patch Analyst	Creado en 1999, por Phil Elkie, Rob Rempel y Angus Carr, con financiación por parte del Ministerio de Recursos Naturales de Ontario.

**Fuente y Elaboración:** Tomado de Perera, (2000).

#### **2.1.1.13 Los resultados cuantitativos: consideraciones y limitaciones.**

La aplicación de los métodos cuantitativos en el estudio de los patrones espaciales del paisaje supone algunas consideraciones y limitaciones en su aplicación (Tabla 13), entre las que se desatacan:

**Tabla 13.** Consideraciones y limitaciones de los métodos cuantitativos de paisaje.

<b>CONSIDERACIONES</b>	<b>LIMITACIONES</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es posible comparar un paisaje a diferentes escalas temporales.</li><li>• Índices de diversidad aportan información acerca de la heterogeneidad del paisaje desde un punto netamente cuantitativo.</li><li>• Cada índice de paisaje puede aportar información de manera individual o en conjunto con otros índices.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La escala del paisaje condiciona los resultados de los índices.</li><li>• La elección incorrecta de las métricas no podrían reflejar adecuadamente el estado de un paisaje.</li><li>• La utilización de tipologías de índices diferenciales dificulta, o directamente impide, una falsa lectura de los resultados obtenidos.</li></ul>

**Fuente:** Vila y Varga, 2006.

#### **2.1.1.14 Pérdida de cobertura natural a causa del cambio de uso de suelo.**

La cobertura vegetal y los usos del suelo determinan el funcionamiento adecuado de los ecosistemas terrestres: afectan directamente la biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales, regionales y globales (Pontius, 2004). El conocer las causas que inciden en el cambio de uso de suelo (procesos antrópicos) y las coberturas naturales como los bosques, es considerado esencial para analizar las consecuencias sobre la biodiversidad y predecir cambio o alteraciones futuras (Maldonado, 2005). En los cambios de biodiversidad en paisajes boscosos tropicales modificados por el hombre, un importante objetivo es identificar las fuerzas o causas impulsadoras de los cambios de usos de suelo que inducen cambios en la cobertura boscosa y en la biodiversidad que integran (Lambin, 2001). Delgado y Matteucci (2017) desarrollaron un análisis de las causas directas que inducen el cambio de uso de suelo y la cobertura boscosa a escala de paisaje en el sur de Venezuela, en estos bosques varios estudios indicaron que la deforestación es la actividad humana de mayor impacto, impulsada por combinaciones sinérgicas y fuerzas subyacentes las mismas que pueden variar entre regiones. Las causas inmediatas se refieren a las actividades antrópicas que afectan de manera directa los bosques al momento de emplear el suelo y constituyen fuentes de cambio o transformación inmediatas (Santos y Ganges, 2003), siendo la expansión agrícola, actividades extractivas de madera, y ampliación en la infraestructura las principales causas inmediatas identificadas. Por su parte, las fuerzas subyacentes hacen referencia a los procesos sociales que apuntan a causas directas a nivel local, o actúan indirectamente desde nivel nacional o mundial. Entre los principales factores subyacentes se encuentran los factores demográficos, económicos, tecnológicos, políticos, y culturales (Geist y Lambin, 2001).

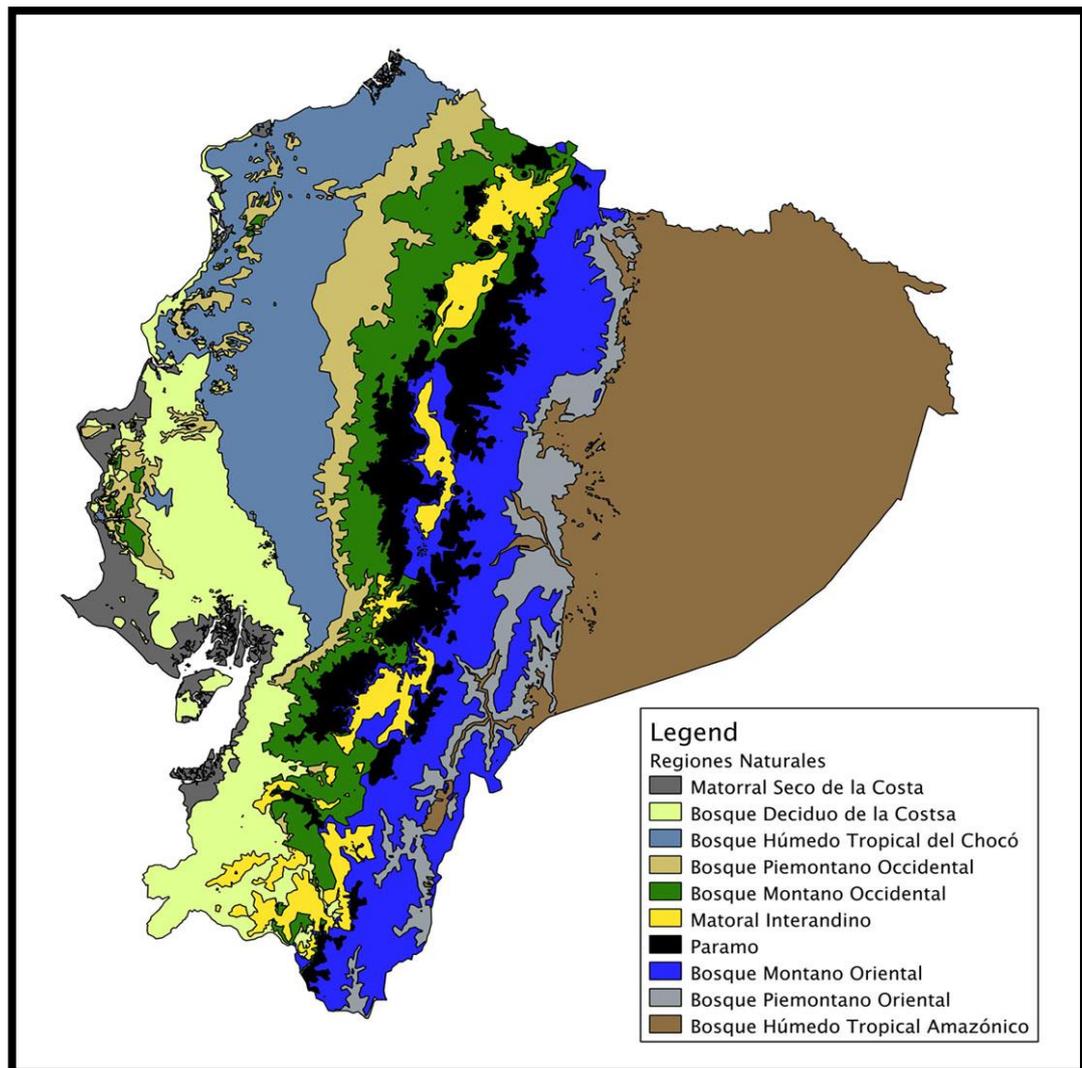
Si bien, las causas inmediatas más generales de la deforestación han sido identificadas como categorías amplias, utilizando una combinación de información espacial sobre: asentamientos (distancia a centros poblados, tenencia del suelo, densidad poblacional, etc.), infraestructura (vías, etc.) y uso de suelo en relación con la distribución de los ecosistemas y procesos que operan a escalas locales a menudo son menos conocidos (Campos, 2006).

Brondizio y Morán (2012) indican que estas categorías generales no captan que la forma en las que subunidades regionales, comunidades e individuos responden a las políticas macro escala, en el contexto de las condiciones locales y que tampoco pueden identificar las soluciones alternativas del uso del suelo, entre otras causas debido a que las actividades de uso de suelo afectan a los bosques de manera diferente y la magnitud de los efectos dependerá en gran proporción de los métodos que se emplean a nivel local, además del tipo de ecosistema y de otros factores dentro y alrededor del ecosistema (Delgado, 2017). Por esta razón Lambin (2001) propone como vías alternas los casos de estudio, debido a que las causas inmediatas que inducen el cambio de uso de suelo y de la cobertura boscosa son diferentes entre regiones y escalas. Etter y Wilson, (2006) plantean la necesidad de establecer los patrones de causalidad específica o local de la pérdida y fragmentación del paisaje boscoso por cambios en el uso de suelo, tomando la información a nivel local en lugar de toda una región y/o paisaje.

En las áreas de bosque correspondiente a la región amazónica, por ejemplo espacios caracterizados por el tipo de colonización agrícola, encontraron que los hogares pertenecientes a los agricultores contribuyen significativamente a los cambios de uso de suelo y cobertura de suelo, afectando los patrones de deforestación relacionados con aspectos sociales como la composición de hogares, el capital disponible y la fertilidad del suelo (McCracken, 1999).

#### **2.1.1.15 Deforestación en el Ecuador.**

De acuerdo con lo expuesto por Sierra (2013), en un análisis de deforestación en el Ecuador continental entre 1990 y 2010 y una proyección al 2020, se estima que se perdieron cerca de 19000 km<sup>2</sup> de bosque natural del país. La cobertura de bosque disminuyó de 69,6% de la superficie forestal potencial del país en 1990, a 63,5% en el año 2000 y el año 2008 fue 753,9 km<sup>2</sup>; aproximadamente 42% menos que el periodo anterior.



**Figura 2.** Tipos de bosques del Ecuador continental.  
**Fuente y Elaboración:** Tomando de Sierra, 2013.

El área deforestada tuvo influencia en todas las regiones del país. Los ecosistemas forestales más afectados son los bosques húmedos de las cordilleras de la costa del Ecuador, donde se observan entre los años 2000 y 2008 las tasas de deforestación anual promedio más altas del país, y una notable tendencia a la aceleración de la deforestación (De la Torre, 2012). La deforestación de los otros tipos de bosque ha bajado, pero se mantiene alta en los bosques húmedos secos y semisecos de la costa. (Figura 2)

Los datos de Sierra (2013), indican que el 99,4% del área deforestada en el periodo comprendido entre 1990 y 2000 fue transformada a áreas agropecuarias, el 0,14% a infraestructura, de manera principal a áreas urbanas y asentamientos rurales; y 0,46% a otros tipos de cobertura. Entre 2000 y 2008, el 99,4% del área deforestada

fue transformada a áreas agropecuarias, el 0,23 % a infraestructura, y el 0,37% a otras categorías. El aumento y expansión del área agropecuaria en el Ecuador se debe principalmente a la deforestación, aproximadamente el 97,5 % y 95% del incremento del área agropecuaria entre 1990 - 2000, y 2000 - 2008 respectivamente se generaron mediante la transformación de áreas de bosque a cultivos y pastos.

Por otra parte, la deforestación, más que la tala de árboles, es un proceso emergente resultado de un conjunto de interacciones entre factores ecológicos, sociales, económicos y culturales a varios niveles o escalas (local, nacional o global). Desde la dimensión social, los efectos negativos de la población humana sobre el medio ambiente han sido reportados en distintos puntos de la historia (Brimoh, 2006). La relación entre crecimiento poblacional y el cambio de la cobertura vegetal ya fue reportada por Malthus, doscientos años atrás (1803).

A pesar de que varios estudios a nivel global asocian al crecimiento demográfico con el aumento en las tasas de deforestación, se conoce que el crecimiento poblacional por sí solo, no es un factor que determina mayor deforestación, pero que es un factor que puede generar intensificación del uso del suelo (Bennett, 2006). Aunque los datos en Ecuador, culpan a la colonización y expansión agrícola, la extracción de madera, los monocultivos, programas débiles de legalización de la tierra y pobreza como los causantes de la deforestación, otros estudios indican que la deforestación se produce también en fincas o en propiedades con hogares que cuentan con mayor capital humano (miembros de familia). Estos estudios indican que la deforestación es producida por un conjunto de factores, y no por una única variable (Acevedo, 2008).

En el Ecuador, se busca proteger y conservar los bosques nativos, por este motivo se viene desarrollando desde el año 2008 con el apoyo del Ministerio del Ambiente el programa Socio Bosque, el mismo que consiste en la entrega de incentivos económicos a los campesinos o comunidades que voluntariamente aseguren cuidar los ecosistemas forestales. Según el Atlas Geográfico Nacional (2013), en el país se encuentran en conservación 1, 111,761 hectáreas de bosques. Las provincias con mayor ingreso de incentivos económicos del programa son Morona Santiago, Esmeraldas, Sucumbíos y Pastaza.

### 2.1.1.16 Coeficiente Kappa para análisis de precisión.

El análisis Kappa es una medida estadística, más allá de un efecto del azar, entre los puntos interpretados y los puntos de referencia. En la interpretación del coeficiente kappa ( $\kappa$ ) se debe tomar en cuenta que este depende del acuerdo observado, pero también de la prevalencia del carácter estudiado y de la simetría de los totales marginales. En este sentido Cohen (1960) propuso el denominado índice kappa ( $\kappa$ ), que lo definió con la siguiente expresión.

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

Siendo ( $P_o$ ) la proporción de acuerdos observados y ( $P_e$ ) la proporción de acuerdos por azar. Existen categorías de clasificación según los valores obtenidos por el coeficiente kappa (Tabla 14), los cuales muestran el grado de exactitud o concordancia de las variables estudiadas.

**Tabla 14.** Valoración del coeficiente Kappa.

<b>Índice Kappa</b>	<b>Grado de concordancia</b>
0.00	Pobre
0.01 – 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Landis y Koch, (1977).

### 2.1.1.17 Ordenamiento Ecológico territorial.

El ordenamiento ecológico constituye uno de los instrumentos más importantes para el establecimiento de políticas y de criterios ambientales que dan sustento técnico y de gestión a la toma de decisiones referentes a la densidad y formas de usos del suelo, que sean acordes con la planeación para el desarrollo regional (SEMARNAT, 2003). La ordenación del territorio busca establecer, sobre la base territorial, la coordinación entre las políticas sectoriales y entre las diversas

administraciones públicas para alcanzar un desarrollo equilibrado a nivel social y territorial (Troitiño, 2006).

El proceso de planeación de los recursos naturales puede ser definido como un mecanismo que permite aprovechar los recursos disponibles, propiciar la negociación de los autores, invertir de manera efectiva y articular los esfuerzos de las distintas iniciativas que se desarrollan en las comunidades, comarcas y municipios (Sánchez y Gonzales, 2003). Se materializa en planes, obras, programas que son siempre resultados de una investigación real realizada en la evaluación de los recursos naturales de una región, localidad, comunidad o territorio (Brañes, 2000)

Grimble (2002) plantea que, uno de los mayores retos de la planeación de los recursos naturales sigue siendo el ajustar las estrategias de conservación y mantenimiento ecológico dentro de aquellas políticas de desarrollo rural y programas en los que la conservación no es el principal objetivo; es por ello que los recursos naturales tiene un papel importante en los sistemas de vida de muchos países pobres, aun en aquellos severamente modificados o degradado.

Negrete y Bocco (2003) mencionan que el ordenamiento ecológico es un instrumento de la política ambiental diseñado para caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales, bajo el enfoque de uso racional, diversificado y participativo. El ordenamiento ecológico del territorio permitirá tener un instrumento de planeación para regular las actividades productivas, además de promover el desarrollo sustentable a partir de los usos del suelos y criterios ecológicos para el aprovechamiento del territorio municipal, sentando las bases para la restauración de los recursos naturales, los cuales conformaran la plataforma del desarrollo económico y social estableciendo uno de los lineamientos estratégicos de la política ambiental (Sedesol, 2005).

#### **2.1.1.18 Soportes normativos y conceptuales del ordenamiento ecológico territorial.**

Los soportes conceptuales y normativos en los que descansa el ordenamiento territorial:

**Tabla 15.** Soportes y conceptos del Ordenamiento ecológico.

<b>Aspecto</b>	<b>Concepto</b>
<b>Integridad</b>	Concibe las estructuras bajo un enfoque holístico cuyas partes en materia biofísica, económica, sociodemográfica, político-administrativa y urbano-regional están en constante interacción
<b>Articulación</b>	El ordenamiento incorpora las políticas de desarrollo sectoriales y los instrumentos que aplican en los municipios, a fin de favorecer la coherencia entre ellas.
<b>Participación</b>	La participación de los sectores sociales es un elemento indispensable del proceso de ordenamiento, pues es un recurso que otorga legitimidad y propicia viabilidad en su aplicación, al fortalecer el reconocimiento e importancia de la opción de los actores locales.
<b>Prospectiva</b>	Anticiparse al futuro, a través de tendencias de uso y ocupación del territorio, y del impacto que sobre él tienen las políticas sectoriales y macroeconómicas que actualmente se aplican.
<b>Equilibrio territorial</b>	La aplicación del ordenamiento debe reducir los desequilibrios espaciales al interior de los municipios y mejorar las condiciones de vida de la población, a través de una equitativa distribución de todo tipo de actividades, servicios e infraestructura.
<b>Sostenibilidad ambiental</b>	Los ordenamientos deben buscar que el uso actual de los recursos no comprometa ni la disponibilidad ni la calidad de los mismos para las futuras generaciones.
<b>Adaptativo</b>	El proceso de ordenamiento plantea un esquema flexible que permite realizar ajustes para adecuar la propuesta de ordenamiento territorial a los cambios experimentados por el territorio.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Sedesol, (2005).

### **2.1.1.19 Sistemas Agroforestales (SAF)**

Se entiende por (SAF) a un sistema sostenido del manejo de la tierra que aumenta su rendimiento total, combina la producción de cultivos con especies forestales y/o animales, en forma simultánea o secuencial sobre la misma superficie de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local”

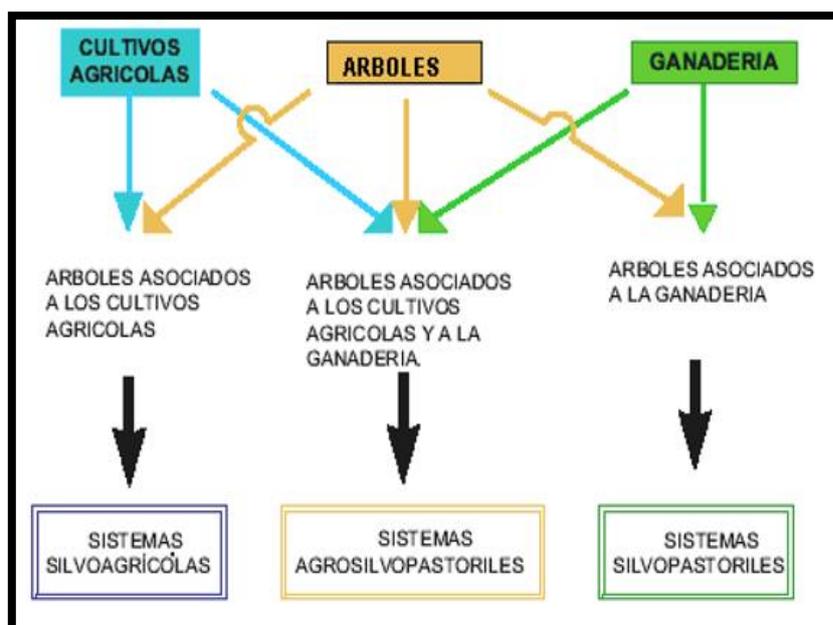
Los sistemas agroforestales dan rendimiento en etapas, empezando con la producción de las especies pioneras o cultivos anuales, seguido por la fase productiva de las especies secundarias con ciclo de vida mediana y, por último, por las especies primarias que son los árboles de mayor duración de ciclo de vida. Los Sistemas Agroforestales en el ámbito productivo, son uno de los mejores ejemplos de desarrollo sustentable, dado su carácter renovable y la optimización del uso técnico de la tierra que representan en relación a cultivos permanentes y anuales. (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Los SAF son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente con cultivos agrícolas y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad. (Camacho, 1992)

Los SAF se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, y alterando al mínimo la estabilidad ecológica, las actividades en SAF contribuyen a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, mejorar el nivel de vida de la población rural. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos (servicios ambientales) como económicos y sociales (Wilkes, 2006).

### **2.1.1.20 Clasificación de los Sistemas Agroforestales.**

La clasificación de los sistemas agroforestales toma en cuenta los componentes que la conforman y la distribución de estos en el tiempo y en el espacio. De acuerdo a los tipos de combinaciones de los componentes que los conforman los sistemas se clasifican en tres tipos: 1) Sistemas silvoagrícolas 2) Sistemas agrosilvopastoriles y 3) Sistemas silvopastoriles (Camacho, 1992) (Figura3).



**Figura 3.** Clasificación de los Sistemas Agroforestales.

**Fuente y Elaboración:** propuesto por Correa, 2006.

#### 2.1.1.21 Sistemas Silvopastoriles.

Es la técnica que combina árboles, pasturas y/o animales (Figura 4). En esta categoría se aprovecha el predio o terreno con la plantación de árboles para uso forestal, entre los espacios de los árboles en hileras se planta pasto o forraje para el ganado. Un sistema silvopastoril (SSP) es aquel uso de la tierra y tecnologías en que leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes (Young, 1987).

En este contexto los sistemas silvopastoriles (SSP), que combinan de forma simultánea árboles o arbustos con plantas herbáceas o volubles y animales domésticos herbívoros (Montagnini, 2015), desempeñan un papel crucial en la reducción de los impactos negativos de la agricultura en la conservación de la biodiversidad (Schroth., 2004), ya que retienen una parte sustancial de las especies presentes en los remanentes de vegetación original dentro del paisaje dominado por la actividad humana (Bhagwat, 2008).

En este sistema interactúan cinco componentes: el componente arbóreo, el componente ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”).

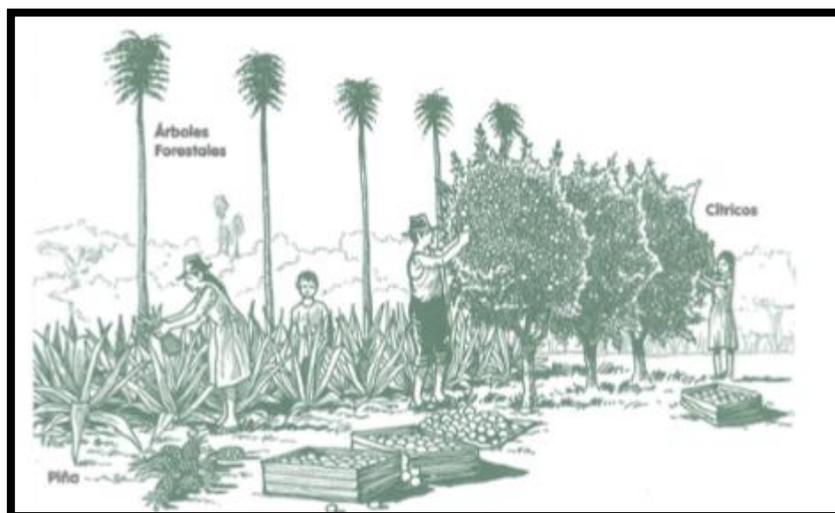


**Figura 4.** Sistema Silvopastoril.

**Fuente y Elaboración:** Tomado de Radford, (2005).

#### **2.1.1.22 Sistemas Silvoagricolas**

En estos sistemas se combinan árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas, en la misma unidad predial (Figura 5). En este caso se pueden asociar cultivos agrícolas en forma de callejones entre las hileras de árboles. Los espacios entre árboles para incluir cultivos, pueden variar (por ejemplo entre 6 a 21 metros) dependiendo de los tipos de árboles a usar al igual que los cultivos agrícola. Es una comunidad de plantas que se asemeja a un bosque natural en que es generalmente de múltiples estratos y contiene árboles maduros grandes y plantas bajo el dosel tolerantes a la sombra. Usualmente crecen cerca de una mejora y son más pequeños que otros sistemas silvoagricolas, contienen diferentes especies de plantas de varios tamaños, tipos y ciclos de cultivo.

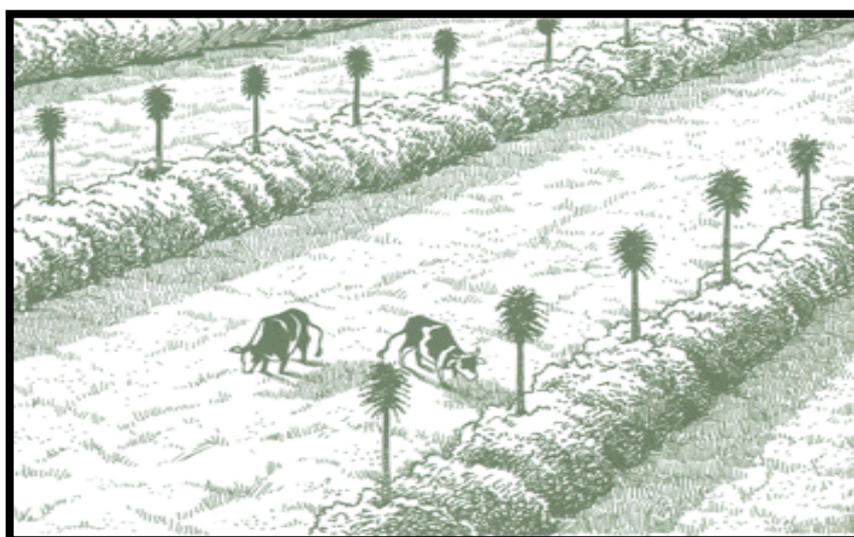


**Figura 5.** Sistema Silvoagrícola.

**Fuente y Elaboración:** Tomado de Santander, (2008).

### 2.1.1.23 Sistemas Agrosilvopastoriles

Consiste en la combinación de árboles, cultivos y pasturas/animales (Figura 6). Se utiliza el suelo para producción de madera, con árboles, entre ellos se plantan especies para producir forraje y especies frutales, para producir alimentos de consumo directo para el humano. Se combina con el pastoreo del ganado y se atienden varios propósitos: además de la producción para el ejidatario o poseedor de tierra, se protege el suelo y se contribuye a la recuperación de los componentes de la tierra con la actividad múltiple. También se permite que la maleza no crezca y permite que la plantación se libere de riesgo de incendios forestales.



**Figura 6.** Sistema Agrosilvopastoriles.

**Fuente y Elaboración:** Tomado de (Radford , 2005).

## **2.2 Marco Legal**

Se han incluido normas jurídicas relacionadas al presente proyecto de investigación, la fundamentación legal se sustenta en los siguientes instrumentos legales del Ecuador.

### **2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008**

La Constitución Política del Estado promulga los deberes y derechos de los ciudadanos, con respecto a los recursos naturales como, aire, suelo y agua; y le atribuye a las instituciones públicas las competencias correspondientes con respecto a estos recursos; conforme a esto, la investigación se ampara en los siguientes artículos:

En el Artículo 264 se establece que: “Los gobiernos municipales tendrán competencias ambientales exclusivas, sin perjuicio de otras que determine la ley...” en este apartado las competencias 1 y 3 establecen lineamientos como: “Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural...” y “Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón...” Esto indica que las entidades municipales tienen competencias ambientales, las mismas que deben asegurar el manejo adecuado de los recursos naturales, como la adecuada ocupación del suelo. En el Artículo. 397 se establece que: “En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas...” en este apartado se menciona que la responsabilidad del manejo adecuado de los recursos naturales también recaerá sobre los servidores responsables de realizar el control ambiental. Para así, garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

El Artículo 409 manifiesta que: “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil...” para este apartado el estado establecerá un marco normativo para la protección y uso sustentable que prevenga la degradación del suelo, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. Para las áreas afectadas por la degradación y

desertificación, el estado estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo.

Así mismo, en el título Séptimo, Sección séptima (Biosfera, ecología urbana y energías alternativas) el Artículo 414 indica que: “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica...” es evidente que el suelo es un recurso valioso para el desarrollo de la vida, por lo cual es estado debe garantizar la conservación del mismo. El estado tomará medidas enfocadas en la conservación de suelo, principalmente donde se encuentran bosques y páramos debido a la importancia ecológica. (Asamblea Constituyente, 2008, Pág., 124)

### **2.2.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización “COOTAD” (2010)**

En el título IX (Disposiciones especiales de los gobiernos metropolitanos y municipales), capítulo I (Ordenamiento Territorial Metropolitano y Municipal), Sección primera (Planes de Ordenamiento Territorial) el Artículo. 471 referente al fraccionamiento agrícola indica que:

“Considerase fraccionamiento agrícola el que afecta a terrenos situados en zonas rurales destinados a cultivos o explotación agropecuaria. De ninguna manera se podrá fraccionar bosques, humedales y otras áreas consideradas ecológicamente sensibles de conformidad con la ley”.

Esta clase de fraccionamientos se sujetarán a este Código, a las leyes agrarias y al plan de ordenamiento territorial cantonal aprobado por el respectivo concejo.

### **2.2.3 Código Orgánico del Ambiente (COA).**

Conforme al Artículo 60. El cual establece que “Los corredores de conectividad se podrán establecer entre las áreas de propiedad pública, privada o comunitaria que forman parte del patrimonio natural terrestre, marino, marino costero e hídrico del país...” de acuerdo a lo mencionado, el fin de implementar estos corredores de conectividad, será reducir la fragmentación del paisaje y los riesgos asociados al aislamiento de poblaciones y vida silvestre, mantener flujos migratorios y dinámicas poblacionales que contribuyan a mantener la salud de los ecosistemas,

así como la generación permanente de servicios ambientales. Esto se sustenta con el Artículo 152 donde se menciona que: “Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos o Municipales incluirán estas actividades en su planificación territorial como estrategias esenciales para disminuir la contaminación, fortalecer el paisaje y equilibrio ecológico, promover oportunidades educativas ambientales, mejorar la calidad de vida, salud física y mental de los habitantes”.

#### **2.2.4 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA 2017)**

Dentro del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro III (Régimen Forestal), Título I De los Objetivos de Prioridad Nacional Emergente de la Actividad Forestal. Art. 2 “Prepárese un sistema de incentivos y líneas de financiamiento, para el manejo sustentable y reforestación de las áreas forestales productivas públicas y privadas, dando prioridad al fomento de la actividad forestal que promueva la preservación de un medio ambiente sano y del desarrollo social y económico, a través de proyectos ejecutados por organismos no gubernamentales, empresas privadas...”

Título II Del Régimen Forestal, Art. 6 “Todas las actividades relativas a la tenencia, conservación, aprovechamiento, protección y manejo de las tierras forestales, clasificadas así agrológicamente, de los bosques naturales o cultivados y de la vegetación protectora que haya en ellas, así como de los bosques naturales y cultivados existentes en tierras de otras categorías agrológicas; de las áreas naturales y de la flora y la fauna silvestres. A efectos del presente Reglamento, el Ministerio del Ambiente en calidad de Autoridad Nacional Forestal, ostenta la competencia privativa para determinar la conservación, y aprovechamiento de tierras con bosque nativo, sean éstas de propiedad del Estado o de particulares”.

#### **2.2.5 Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2021).**

El Plan Nacional de Desarrollo en el objetivo tres (Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones) en su fundamento establece que:

“Se adoptará una política de ordenamiento, conservación y manejo de recursos para los mares, las costas y manglares, a fin de potenciar su aprovechamiento sostenible.

Así se asegura la integridad, conectividad y funcionalidad de los paisajes naturales, tanto terrestres como acuáticos y marino-costeros”.

En el apartado referente a la Estrategia Territorial Nacional, **Inciso b** (gestión del hábitat para la sustentabilidad ambiental y la gestión integral de riesgos) se propone:

b.1.”Implementar procesos para la identificación, conocimiento, conservación y revalorización de los paisajes naturales y culturales, terrestres, acuáticos y marino-costeros, que aseguren su integridad, conectividad y funcionalidad como condición básica para la generación de servicios ambientales esenciales para el desarrollo sostenible”.

### CAPITULO III METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la descripción del territorio, aspectos sociales y situación actual del cantón Pimampiro.

#### 3.1 Descripción del área de estudio.

El cantón Pimampiro se encuentra ubicado al Noreste de la provincia Imbabura, el cantón limita al norte con la provincia de Carchi, al sur con la provincia de Pichincha, y al este con la provincia de Sucumbíos (Figura 7).

Acorde a la Ley No. 66, presente en el Registro Oficial No. 2 del 26 de mayo de 1981, se formó el Cantón San Pedro de Pimampiro, el mismo que comprende cuatro parroquias: Chuga, San Francisco de Sigsipamba y Mariano Acosta, siendo Pimampiro cabecera cantonal.

El cantón Pimampiro presenta una superficie de 44339 ha, de las cuales el 35% corresponde a bosque natural concentrado en el sur del área de estudio. El cantón presenta diferentes pisos altitudinales, favoreciendo a la formación de diversas especies vegetales.

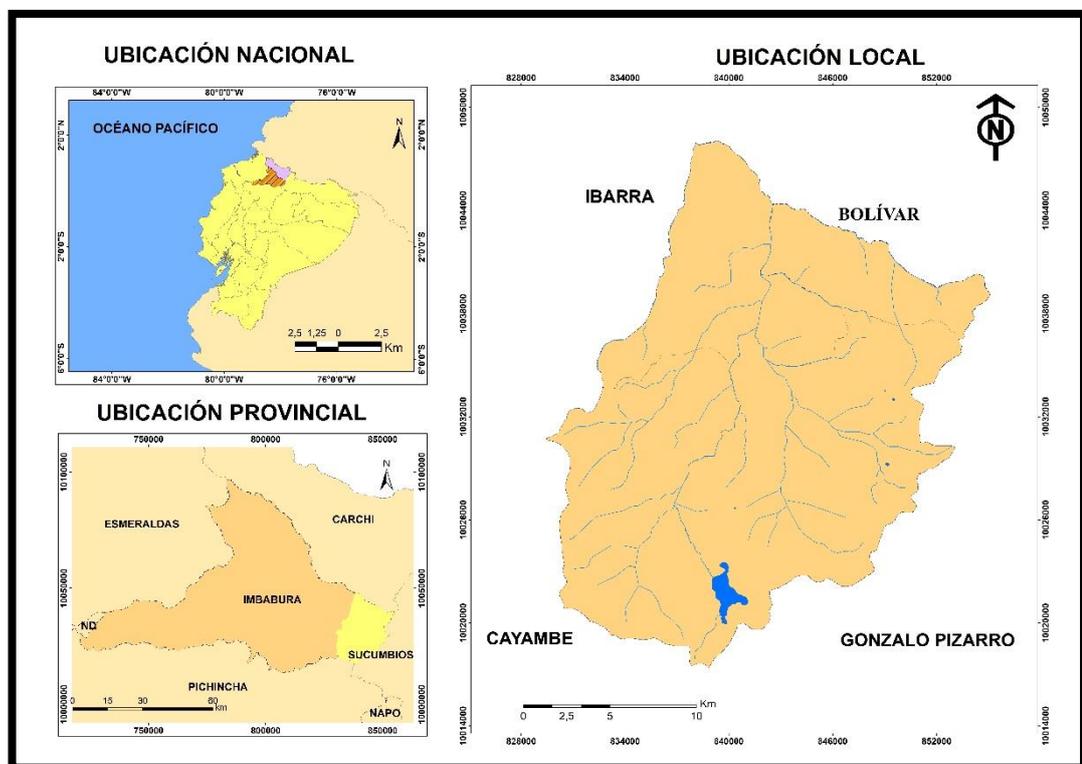


Figura 7. Ubicación del cantón Pimampiro.

### 3.1.1 Caracterización del cantón Pimampiro.

De acuerdo a los datos del censo de población y vivienda (INEC, 2010) el cantón San Pedro de Pimampiro posee 12970 habitantes (Tabla 16) es el cantón de más baja población en la provincia Imbabura, del total de habitantes el 36,6% corresponden al sector urbano y el 60,4% corresponden al sector rural. El 50,3% de la población está formado por mujeres y un 49,7% por hombres. La población económicamente activa (PEA) del cantón corresponde al 53,8% representando el 3,3% de la PEA a nivel provincial.

**Tabla 16.** Número de habitantes del cantón Pimampiro.

<b>Parroquia</b>	<b>Nro. De Habitantes.</b>
Pimampiro	8201
Mariano Acosta	1930
Chugá	1275
Sn. Francisco de Sigsipamba	1564
TOTAL	12970

**Fuente y Elaboración:** Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2010).

El cantón San Pedro de Pimampiro, debido a la presencia de diferentes pisos altitudinales, es rico en diversidad agrícola y pecuaria, cuenta con buenas condiciones geográficas y recursos naturales adecuados para el desarrollo del turismo.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010) el 63% de la población se dedica a actividades agrícolas, ganaderas, silvicultura y pesca, mientras que el 37 % de la población restante, se dedica a actividades de comercio (12,2%), industria manufacturera (3,9%), transporte y comercio (3,9%) entre otras.

### 3.1.2 Estado ambiental actual del cantón Pimampiro.

Los datos del GAD Municipal del cantón Pimampiro, 2014 evidencian que el cambio de uso de suelo es uno de los problemas ambientales que más afecta al cantón, debido a que cambiar la categoría natural del suelo en su mayoría a cultivos y pastizales, dejan cada vez un ecosistema cada vez más frágil y con menos capacidad de recuperarse. Según los datos de la SENPLADES, 2013 en el Ecuador cerca de 70, 000 ha son deforestadas cada año a lo largo del territorio nacional.

La Dirección Provincial de Ambiente sede Ibarra no cuenta con un número estimado de hectáreas/año deforestadas para el cantón Pimampiro. Sin embargo, en un estudio multitemporal realizado por Grijalva y Otálvaro (2010) en un periodo de 27 años (1978 - 2005) para este cantón determinaron un promedio de 175ha de bosque por año deforestadas. Estimación que coincide con uno de los rangos de un estudio realizado en la cuenca del río El Ángel, provincia del Carchi sobre la deforestación, calculado con base a un periodo de 28 años (1965 - 1993) realizado por Arrellano, 2014 estableciendo entre 176 y 844 hectáreas deforestadas por año. La tendencia confirma que la actividad ganadera con el pasto cultivado es la que contribuye más a la deforestación. Además, los bosques son amenazados por los cultivos de altura como maíz, trigo y cebada.

### **3.2 Métodos**

La presente investigación fue de tipo no experimental longitudinal y se realizó en tres fases principales.

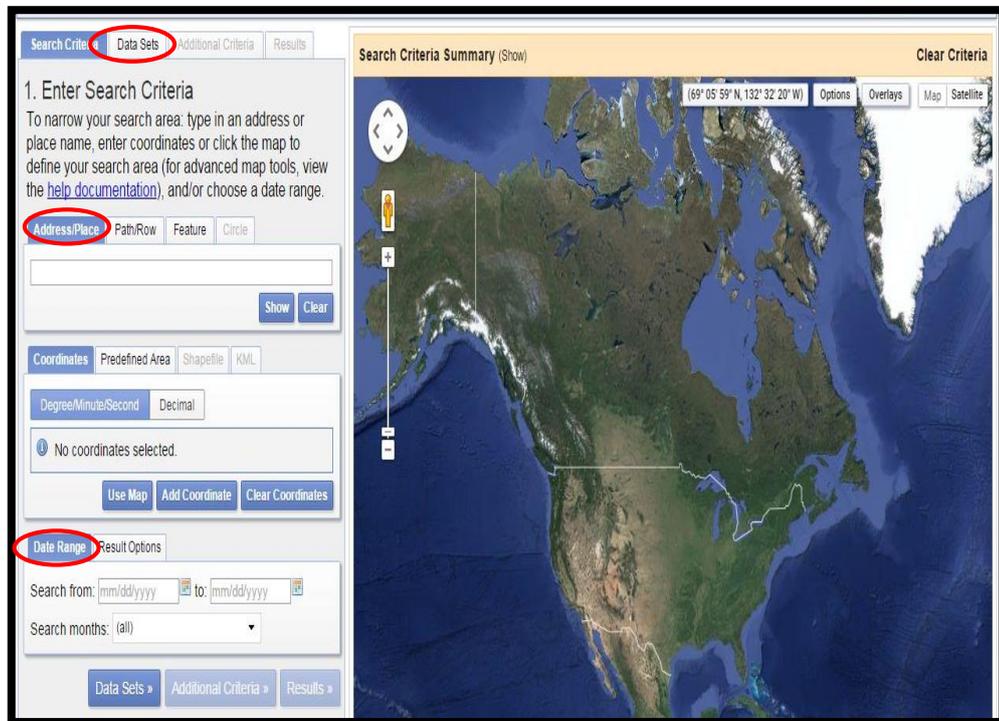
#### **3.2.1 Fase 1: Análisis de la variación de la composición del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.**

##### *3.2.1.1 Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) e imágenes satelitales en la ecología del paisaje.*

En el contexto de la Ecología de Paisaje, la percepción remota se ha constituido como una herramienta importante para el análisis, facilitando la representación, la interpretación y el análisis de los datos espaciales (Coulson, 1991). Para el análisis de la composición del paisaje del cantón Pimampiro, fue necesaria la aplicación de imágenes satelitales del cantón de los años 2001, 2007, 2013 y 2017. Las imágenes empleadas para los años 2001, 2007 y 2013 fueron de tipo Landsat 7 y para el análisis del último año de estudio se empleó la imagen satelital Landsat tipo 8 (Figura 9).

Las imágenes satelitales empleadas en la presente investigación fueron obtenidas mediante el portal *Earthexplorer (USGS)*, este portal pertenece al Servicio Geológico de los Estados Unidos, en el cual se pueden introducir diferentes criterios de búsqueda como: fechas, porcentaje de nubes, sensor etc.

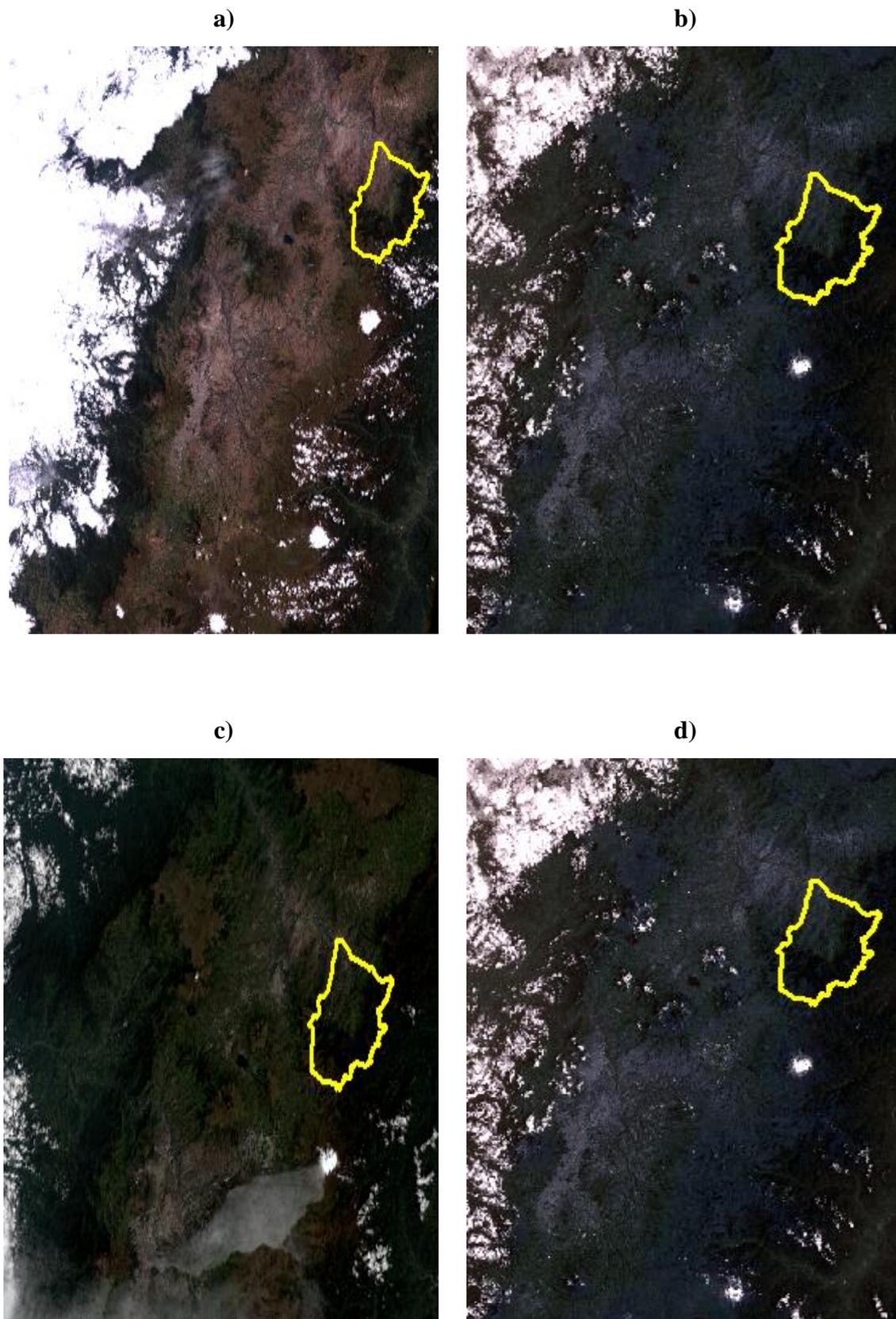
Este portal es de acceso libre en la web y requiere necesariamente la apertura de una cuenta en (USGS) se necesita datos específicos como: el lugar, fecha y tipo de imagen requerida, la descarga de las imágenes se efectúa de manera gratuita. (Figura 8).



**Figura 8.** Interfaz del portal Earthexplorer.  
(Dirección electrónica: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov))

Para el desarrollo de la presente investigación, a través de *Earthexplorer* se obtuvieron cuatro imágenes de satélite de diferentes años (2001, 2007, 2013 y 2017) (Figura 9).

Uno de los objetivos del portal *Earthexplorer* es profundizar en el conocimiento del cambio climático, además de lanzar seis satélites entre 2009 y 2013. Dichos estudios contribuyen al estudio del calentamiento global mediante la medición de diversos aspectos climáticos, como el hidrológico, el hielo en la Tierra y la atmosfera (Agencia Espacial Europea, 2014). Las imágenes que se descargaron para el estudio fueron:



**Figura 9.** Imágenes Satelitales Landsat descargadas para el cantón Pimampiro a) Imagen 2001 Landsat 7 ETM, b) Imagen 2007 Landsat 7 ETM c) Imagen 2013 Landsat 7 ETM y d) Imagen 2017 Landsat 8 OLI.

### 3.2.1.2. *Procesamiento de imágenes satelitales.*

Para la presente investigación, las coberturas naturales fueron de principal interés, centrandó la atención en los bosques nativos del Cantón Pimampiro, para la investigación se procedió a tomar varios puntos de control (Figura 10) (30 polígonos de 30mx30m) denominadas áreas de entrenamiento, con el fin de efectuar el procesamiento de las imágenes de satélite y constatar si las coberturas que se mostraban en las imágenes señalaban concordancia con los puntos de control tomados en campo en todos los años analizados.

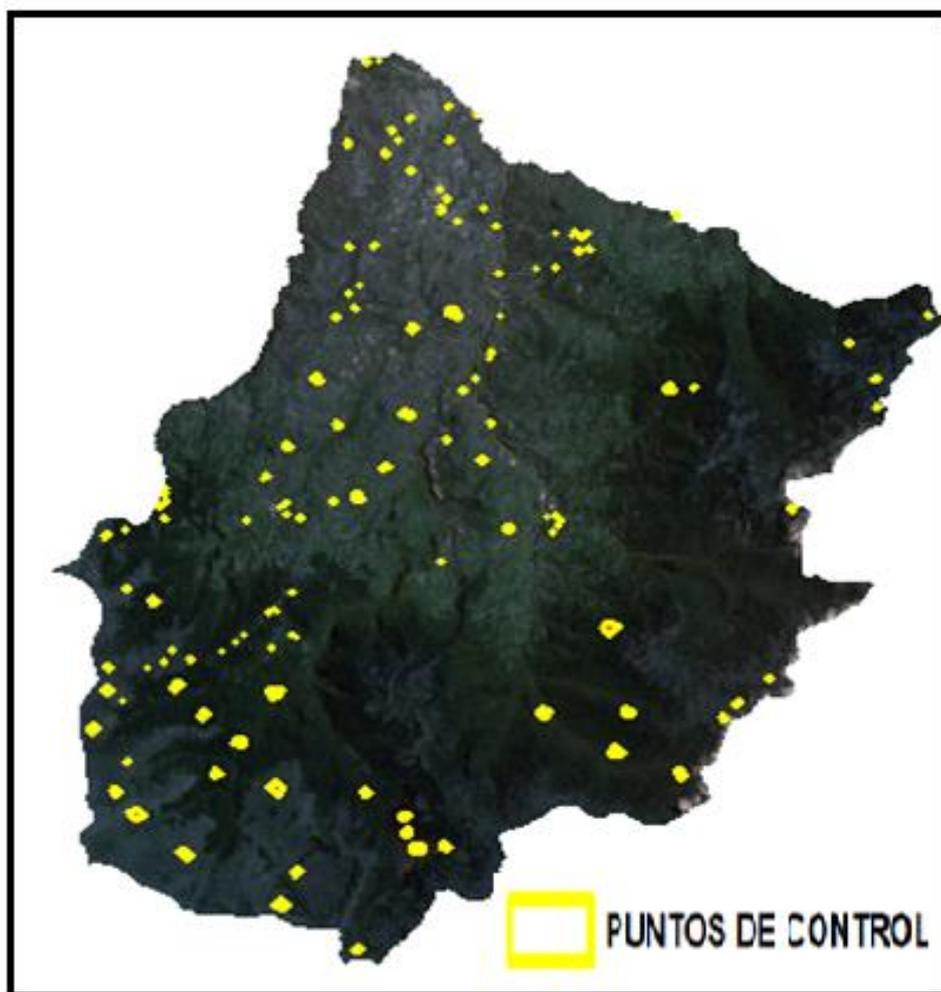
Para la validación de los puntos de control fue necesaria una fase de entrenamiento, la cual consistió en la formación de polígonos sobre las imágenes de satélite identificando cada una de las coberturas presentes en el área de estudio. Para esto se trabajó mediante el Software ArcGis 10.4, en la fase de entrenamiento se seleccionaron áreas de identidad conocida de la cubierta terrestre de interés (Bosques, cultivos, suelos, etc.) delineándolas sobre la imagen digital bajo formas como polígonos, cuyos datos numéricos quedan archivados en la computadora como áreas de interés constituyendo los “datos de entrenamiento”. El análisis e interpretación de las imágenes de satélite, requiere conocimientos interdisciplinarios, para este análisis fue necesaria la creación de una *firma espectral* para cada una de las imágenes de satélite correspondiente a cada año de estudio. Todos los elementos geográficos (Bosques, cultivos, ríos, etc.) transforman de forma diferenciada la radiación electromagnética que reciben del sol, cada objeto presenta un nivel de respuesta específico en términos de:

$$\%radiación\ reflejada + \%radiación\ absorbida + \%radiación\ transmitida.$$

**Tomado de:** Instituto Nacional de Energía No Convencionales (INENCO).

La variación de la reflectancia en función de la longitud de onda se denomina *firma o asignatura espectral*, también se la conoce como *comportamiento espectral*, concepto que incluye la variabilidad temporal de las firmas espectrales, así como la variación en función de las condiciones meteorológicas, estaciones del año y condiciones de iluminación (Gúzman, 2007).

A continuación se muestran los diferentes puntos de control tomados en el cantón Pimampiro.



**Figura 10.** Puntos de control de coberturas del cantón Pimampiro para todos los años de estudio (2001-2017).

### 3.2.1.3 Clasificación supervisada de imágenes satelitales.

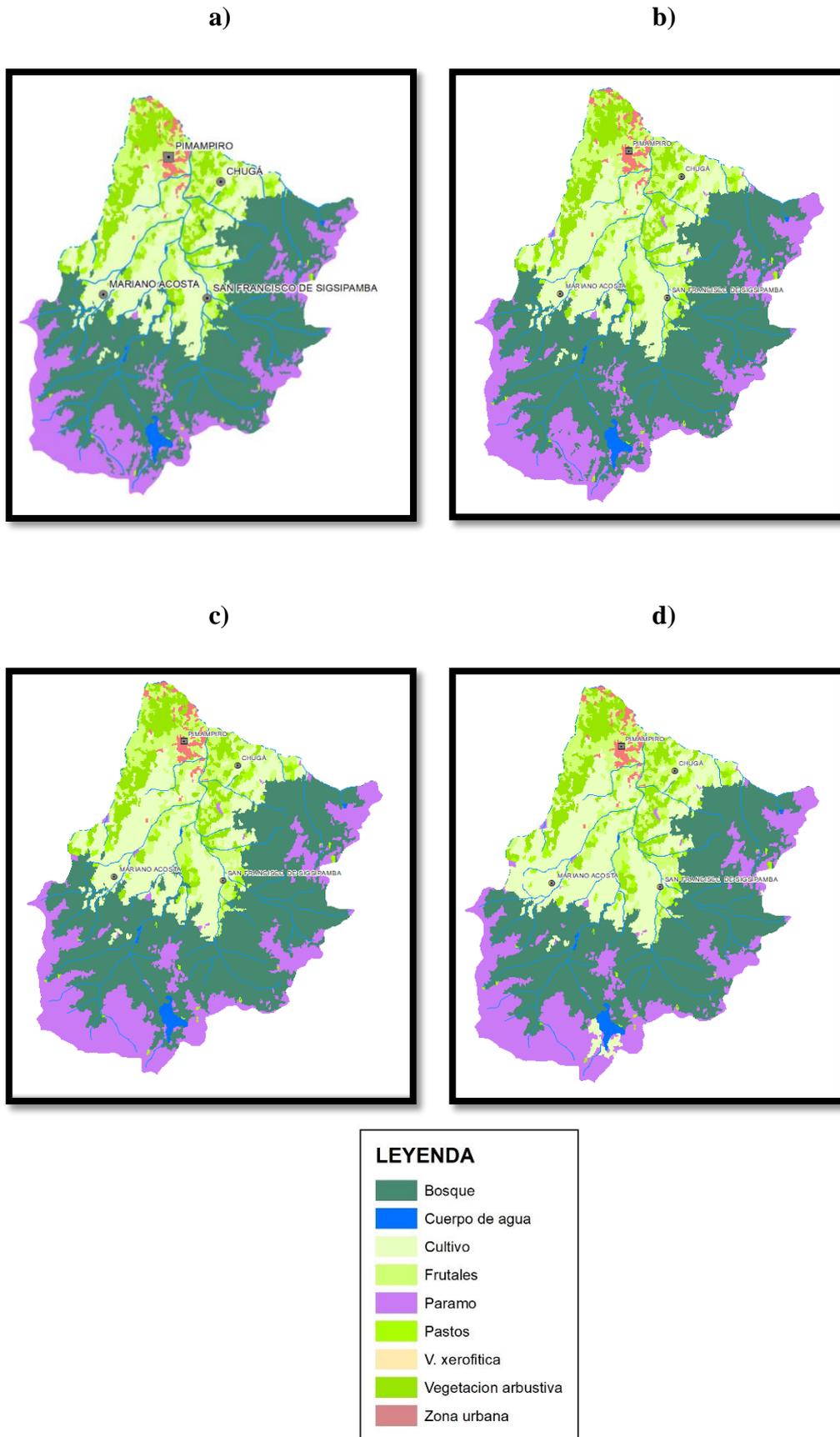
La Clasificación Supervisada de imágenes satelitales, es el proceso para encontrar propiedades comunes entre un conjunto de datos y clasificarlos dentro de diferentes clases. El objetivo de la clasificación supervisada es desarrollar una descripción o modelo para cada clase usando las características disponibles en los datos (Mas, 2011). Es posible definir a la clasificación supervisada de imágenes satelitales como un proceso en que pixeles de identidad conocida ubicada dentro de áreas de entrenamiento, se usan para clasificar pixeles de identidad desconocida (Gúzman, 2007).

El procedimiento de la clasificación supervisada de imágenes satelitales comprende dos etapas principales:

- Etapa de entrenamiento (Definición de clases)
- Adjudicación de cada uno de los píxeles del terreno a las clases previamente definidas.

La clasificación de imágenes satelitales se realizó mediante el software ArcGis 10.4 posterior a la elaboración de la firma espectral (Figura 11). La clasificación supervisada de imágenes se hizo a través de la herramienta ***Maximum Likelihood Classification***. La identidad y la ubicación de las categorías son conocidas previamente a través de trabajos de campo, análisis de fotografías aéreas y mapas.

Comúnmente se identifican áreas específicas en la imagen multiespectral que representan los tipos deseados de rasgos conocidos, y usa las características espectrales de estas áreas conocidas para “asignar cada píxel de la imagen a una de estas clases, aspectos como parámetros estadísticos multivariados tales como media, desviación estándar y matrices de correlación son calculados para cada región de instrucción, y cada píxel es evaluado y asignado a la clase con la cual tiene la mayor probabilidad de ser parte (Sarria y Palazón, 2008).



**Figura 11.** Clasificación supervisada de imágenes satelitales del cantón Pimampiro  
 a) Año 2001      b) Año 2007      c) Año 2013      d) 2017

#### 3.2.1.4 Verificación y validación de coberturas mediante una matriz de confusión.

La matriz de confusión es una herramienta primordial a la hora de evaluar el desempeño de un algoritmo de clasificación, ya que proporciona información de cómo está clasificando nuestro algoritmo en particular, a partir de un conteo de aciertos y errores de cada una de las clases establecidas; así, podremos corroborar si el algoritmo está clasificando mal las clases y en qué medida, dicho de otra manera, la aplicación de una matriz de confusión sirve para conocer información acerca de los valores reales de cualquier sistema de clasificación (Sarria y Palazón, 2008).

Una vez elaborada la clasificación supervisada de imágenes satelitales del cantón Pimampiro para todos los años de estudio (2001, 2007, 2013 y 2017), se procedió a evaluar la clasificación mediante una Matriz de Confusión, también denominada matriz de error o tabla de contingencia. Éste es un arreglo de números que expresa el número de unidades de píxeles asignados a una categoría en particular con respecto a otra de prueba. En las columnas que presenta la matriz de confusión se encuentran los datos verificados en campo y sobre los que se tiene certeza del tipo de cubierta que representan, que en este caso sería la clasificación supervisada (Uribe, 2002).

Se realizó la verificación de las categorías naturales propuestas para el estudio, a través del Software ArcGis 10.4 para todos los años analizados mediante la aplicación de puntos de control tomados en campo y otros obtenidos a través de imágenes satelitales, mencionados puntos de control tomados por cobertura, teniendo como interés principal los ecosistemas forestales; fueron georreferenciados y proyectados a la zona de estudio, el cantón Pimampiro perteneciente a la Provincia Imbabura correspondiente a las coordenadas WGS 1984 UTM Zona 17S.

Para elaborar la matriz de confusión, fue necesaria la aplicación del Software ArcGis 10.4, mediante la herramienta “*frecuency*” presente en <Arctollbox>. Este proceso se realizó para cada año de estudio propuesto para la presente investigación, exceptuando el año 2007 debido a que para este año no existen referencias certificadas y validadas para efectuar la comparación de datos verdaderos mostrados por las imagen de satélite y los datos de campo, por lo tanto la matriz de confusión se realizó para los años (2001, 2013 y 2017).

Posterior a la obtención de los datos de frecuencia, para poder completar la matriz de confusión, fue necesaria la aplicación de la herramienta “*Pivot Table*” del software ArcGis 10.4, esta herramienta es utilizada generalmente para reducir registros redundantes y proporcionar datos totales de cada categoría analizada. Una vez obtenidos los datos de “*frecuency*” requeridos para efectuar la “*Pivot Table*”, con los datos de esta última tabla, se procedió a desarrollar la matriz de confusión, para esto, se empleó la calculadora de matriz de confusión de acceso libre en la web propuesta por Marco Vanetti (2007), la misma que calcula el porcentaje de precisión general, además del coeficiente “*Kappa*” que indica la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). La matriz de confusión compara información de coberturas vegetales interpretadas en la imagen de satélite y las coberturas reconocidas en el campo de estudio.

### *3.2.1.5 Aplicación del coeficiente Kappa para el análisis de precisión y exactitud de la clasificación supervisada.*

Independientemente del diseño de investigación, la validez de un estudio puede verse afectado significativamente si se aplican mediciones poco fiables. Una importante fuente de error de medición es producto de la variabilidad inter-observador, cuya magnitud es posible de estimar mediante los llamados estudios de concordancia, los cuales tienen por objetivo estimar hasta qué punto dos observadores coinciden en su medición (Cerda, 2008). Estadísticamente, la manera de abordar este problema depende de la naturaleza de los datos, cuando estos son de origen categórico, el test más frecuentemente empleado es el test *kappa*, cuyo coeficiente homónimo refleja la fuerza de la concordancia entre dos observadores (Cerda y Villarroel, 2008).

El coeficiente Kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores, el coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia. Un valor de  $K=0$  refleja que la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar (Cerda, 2008). En términos conceptuales, la fórmula del coeficiente Kappa puede expresarse de la siguiente forma:

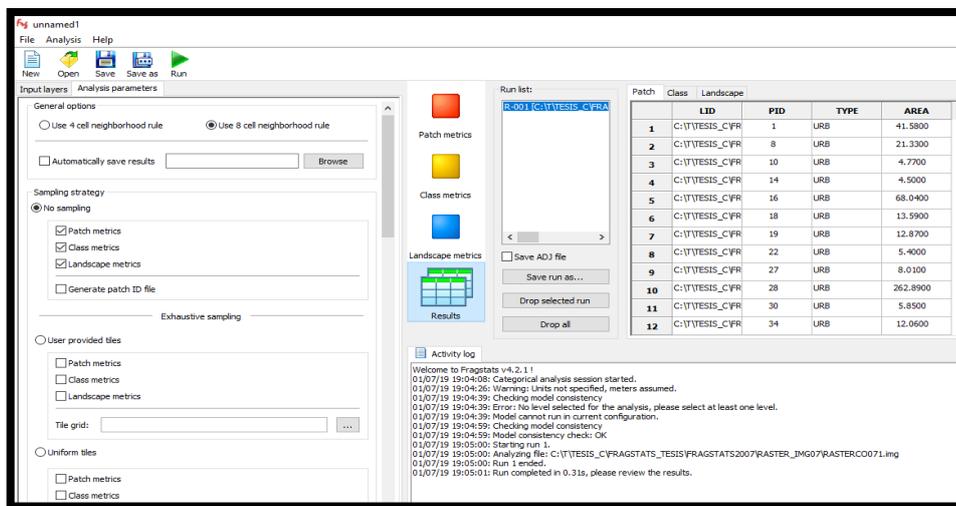
$$K = \frac{[(\Sigma \text{concordancias obserbadas}) - (\Sigma \text{concordancias atribuibles al azar})]}{[(\text{total de observaciones}) - (\Sigma \text{concordancias atribuibles al azar})]}$$

### 3.2.2 Fase 2: Análisis de la variación de la configuración del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

#### 3.2.2.1 Análisis de los cambios en los patrones espaciales del paisaje.

Para el análisis de los patrones espaciales del paisaje, se utilizó el software FRAGSTATS 4.2 (Figura 14) éste software fue diseñado por Kevin McGarigal y Bárbara Marks, 1995 en la Universidad estatal de Oregon, Estados Unidos. Funciona esencialmente en formato raster y es considerado el programa más completo por lo que se refiere a la diversidad y capacidad para desarrollar cálculos métricos, se trata de un programa de acceso libre que se encuentra disponible en la red.

Para la elección del conjunto de métricas de paisaje para la presente investigación, fue necesaria la revisión de varios estudios relacionados con las modificaciones o cambios en paisajes naturales, con el fin de que los índices seleccionados puedan reflejar de mejor manera la configuración y composición del paisaje del cantón Pimampiro.



**Figura 12.** Software FRAGSTATS 4.2 empleado para el cálculo de métricas e índices de paisaje

Para obtener los resultados del software *FRAGSTATS 4.2* es necesario que previamente la imagen satelital del cantón Pimampiro para cada año analizado en la investigación (2001, 2007, 2013 y 2017) se encuentre en formato “*raster*” para que el software pueda procesar los datos. También es necesario disponer de un archivo en de extensión (txt) dónde se detalle el número y tipo de coberturas presentes en el archivo de la *imagen raster* antes mencionada, cabe indicar que el

archivo de extensión empleado para la investigación fue el mismo para todos los años de estudio 2001, 2007, 2013 y 2017 (Tabla 17).

En el archivo de extensión (txt) se describieron ocho coberturas, las mismas que están presentes en los mapas de uso y cobertura de suelo del cantón Pimampiro, las coberturas establecidas fueron: bosque (BO), cuerpo de agua (CA), cultivos (CU), frutales (FRU), páramo (PAR), pastos (PAS), vegetación arbustiva (VAR), zona urbana (URB), siendo la cobertura boscosa de principal interés para el estudio.

**Tabla 17.** Archivo de extensión para el software FRAGSTATS 4.2.

ID	NAME	ENABLED	
1	Bosque	True	False
2	Cuerpo de agua	True	False
3	Cultivos	True	False
4	Frutales	True	False
5	Páramo	True	False
6	Pastos	True	False
7	V. Arbustiva	True	False
8	Zona Urbana	True	False

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

### 3.2.2.2 Selección de índices o métricas para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

La cantidad disponible de métricas para calcular diferentes índices de paisaje resulta un campo demasiado amplio (Uuemaa, 2009), lo que dificulta la selección de aquellas más adecuadas para la identificación de ciertos procesos espaciales (Cushman, 2008).

Los tipos de métricas establecidas para el estudio fueron las siguientes:

- a) **Métricas de área:** miden el área de paisaje, clase o fragmento. Cuantifican la composición del paisaje y no su configuración.
- b) **Métricas de aislamiento y proximidad:** representan el espaciamiento de los fragmentos y la yuxtaposición a nivel de clase o paisaje. Son consideradas como representación de la configuración del paisaje.

Para el desarrollo de la investigación se establecieron cinco índices de paisaje: número de parches (NP), densidad de parches (PD), área núcleo (CORE), índice de

proximidad (PROX), distancia media al vecino más cercano (ENN) (Tabla 18). De los cuales, los índices de: número de parches (NP) y densidad de parches (PD), son los que cuantifican la composición del paisaje, mientras que los índices de área núcleo (CORE), índice de proximidad (PROX) y distancia media al vecino más cercano (ENN), describen la configuración del paisaje.

**Tabla 18.** Métricas e índices de paisaje aplicados en la investigación

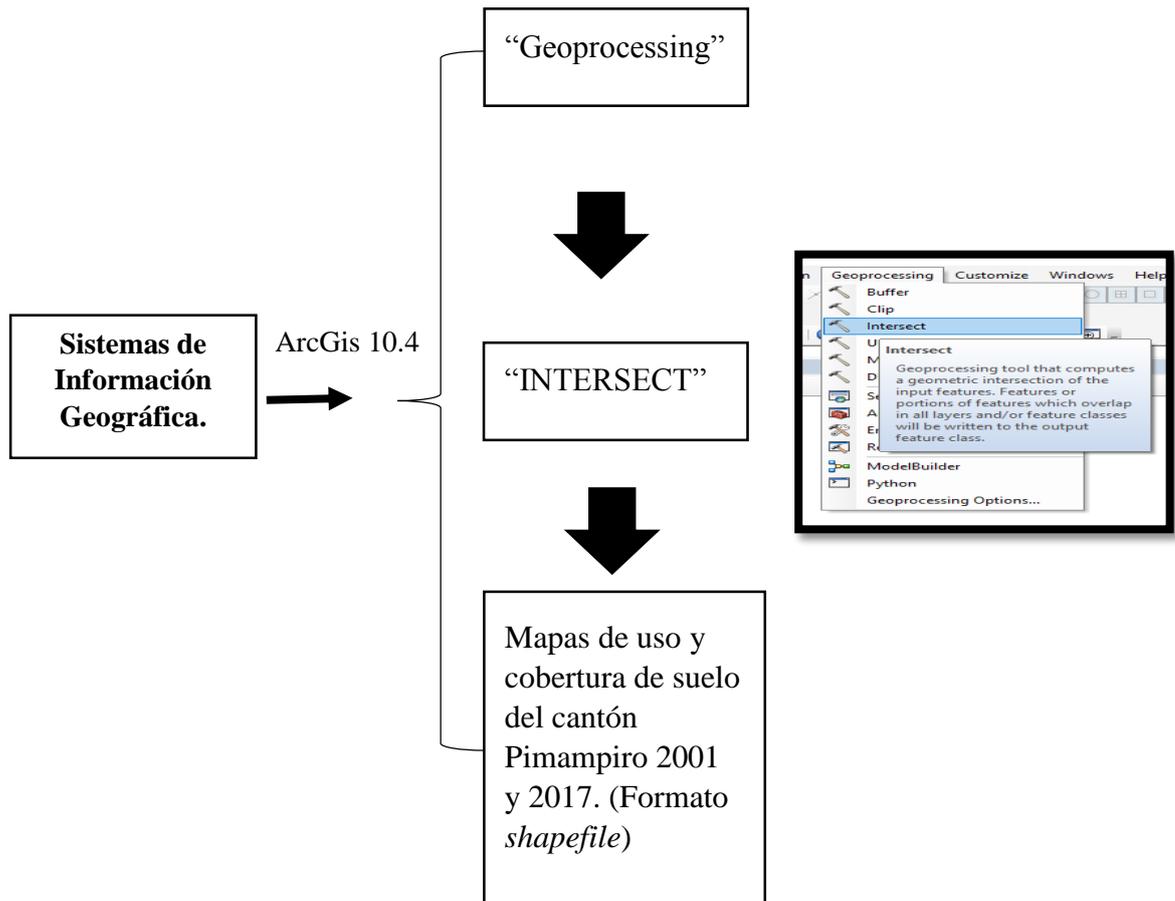
<b>Tipo de Métrica</b>	<b>Índices</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Rango de variación.</b>	<b>Fórmula</b>
<b>Área/ Borde/ densidad.</b>	Número de parches	Es igual al número de parches del tipo de parche correspondiente (clase).	Ninguna	$NP \geq 1$ , sin límite.	$NP = n_i$
	Densidad de parches	Es igual al número de parches del tipo de parche correspondiente dividido por el total área de paisaje	Numero por 100 hectáreas.	$PD > 0$	$PD = \left(\frac{N1}{A}\right)(10.000)(100)$
<b>Área núcleo.</b>	Área núcleo.	Área núcleo de cada cobertura, especificada para la profundidad de borde.	Hectáreas	$CORE \geq 0$ , y sin límite.	$CORE = a_{ij}^c \left(\frac{1}{10000}\right)$
<b>Aislamiento/ proximidad</b>	Índice de proximidad	Proximidad de todos los parches de una misma clase.	Ninguna	$PROX \geq 0$ .	$\sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$
	Distancia media al vecino más cercano.	Cuantifica el aislamiento del parche	Metros	$ENN > 0$ y sin límite.	$ENN = h_{ij}$

**Fuente y elaboración:** Adaptado de McGarigal, k. Marks, B. (1995)

### 3.2.3 Fase 3: Proponer categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso con el fin de incorporar al ordenamiento territorial del cantón.

#### 3.2.3.1 Aplicación de Sistemas de Información Geográfica (ArcGis).

Para determinar las categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso, fue necesaria la aplicación del software ArcGis 10.4 en el cual se ejecutó la herramienta “*intersect*” presente en el icono de “*Geoprocessing*” (Figura 17).



**Figura 13.** Diagrama de flujo de la aplicación de los SIG para el establecimiento de categorías de uso de suelo del cantón Pimampiro.

Posterior a la ejecución de la herramienta “*intersect*” del software ArcGis 10.4, se generó una nueva capa en la tabla de atributos, dónde se muestran las coberturas vegetales presentes en los respectivos mapas de uso y cobertura de suelo (Figura 18). La nueva capa generada en la tabla de atributos, indicó cual es el estado de las coberturas hasta el último año de estudio (2017) y cuál ha sido la variación con relación al primer año (2001).

### 3.2.3.2 Establecimiento de categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

Una vez generada la nueva tabla de atributos con los datos de la variación de las coberturas naturales entre 2001 y 2017 (Figura 18), se procedió a establecer las unidades de gestión territorial. Para la definición de estas unidades, se tomaron en cuenta aspectos del área de estudio como la elevación de pendientes y la superficie de cada categoría natural del año 2001 y 2017. Posteriormente se definieron cuatro categorías de uso de suelo con el fin de incorporar al Ordenamiento Territorial del cantón Pimampiro (Figura 18), de las cuales, tres categorías están enfocadas al bosque nativo del cantón, y la categoría restante está enfocada a actividades de aprovechamiento como la producción agrícola y urbana.

	PENDIENTES	ELEVACION	CATEGORI 1	PERDIDA	CLASS 01	CLASS 17
2	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Cultivos	Cultivo
2	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
2	PLANO	0 - 5%	EXTENSIÓN URB		Zona urbana	Zona urbana
3	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Cultivos	Cultivo
3	PLANO	0 - 5%	EXTENSIÓN URB		Zona urbana	Zona urbana
4	MONTAÑOSO	25 - 50%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
4	MONTAÑOSO	25 - 50%	EXTENSIÓN URB		Zona urbana	Zona urbana
5	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRESERVACIÓN	SIN PERDIDA	Vegetacion a	Vegetacion a
6	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRESERVACIÓN	SIN PERDIDA	Vegetacion a	Vegetacion a
6	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
7	ONDULADO	12 - 25%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
8	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
9	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
0	ONDULADO	12 - 25%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
1	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
2	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
3	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	CONSERVACIÓN	PERDIDA CV	Vegetacion a	Cultivo
3	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRESERVACIÓN	SIN PERDIDA	Vegetacion a	Vegetacion a
4	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Cultivos	Cultivo
5	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	EXTENSIÓN URB		Zona urbana	Zona urbana
5	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
6	PLANO	0 - 5%	EXTENSIÓN URB		Zona urbana	Zona urbana
7	PLANO	0 - 5%	CONSERVACIÓN	PERDIDA CV	Vegetacion a	Cultivo
7	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Cultivos	Cultivo
7	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
8	ONDULADO	12 - 25%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
9	LIGERAMENTE ONDULADO	5 - 12%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana
0	PLANO	0 - 5%	PRODUCCIÓN A		Vegetacion a	Zona urbana

Figura 14. Parte de Datos <intersect> 2001 y 2017 del cantón Pimampiro.

En total se definieron seis categorías de las cuales tres están enfocadas al bosque nativo del cantón Pimampiro (Tabla 19), las cuales fueron: *protección o preservación, conservación y restauración*. Las tres categorías de uso de suelo restantes fueron: *producción agrícola, producción urbana y producción agrícola/urbana*, para estas tres últimas se definió la categoría de *aprovechamiento*.

**Tabla 19.** Criterios para establecer categorías de conservación para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

Categoría	Criterio
<b>Protección o preservación</b>	Se propone para las zonas donde actualmente se cuenta con decreto de área de protección de flora y fauna natural. También se incluye aquellas áreas que dadas características como: formaciones geocológicas, endemismo de la flora y la fauna, diversidad biológica, tienen importancia en las funciones y servicios ambientales que proporcionan. Requieren que su uso sea racional, controlado y planificado para evitar su deterioro. El criterio fundamental de esta política es la de preservar los ambientes naturales con características relevantes, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos; así como salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres.
<b>Conservación</b>	Esta política aplica para las áreas donde el uso del suelo actual está representado por paisajes relativamente poco modificados y que actualmente están siendo utilizados racionalmente en algún grado, y poseen alto valor ecológico. Como criterio fundamental de estas políticas se considera no cambiar el uso actual del suelo, lo que permitirá mantener los hábitats de muchas especies de animales y plantas, prevenir la erosión inducida por la deforestación y asegurar la recarga de los acuíferos
<b>Restauración</b>	Está dirigida a las áreas con procesos acelerados de deterioro ambiental, se enfoca a revertir los problemas ambientales identificados o bien su mitigación, la recuperación de tierras no productivas y el mejoramiento en el ordenamiento ecológico territorial instrumento de política ambiental para la planeación del desarrollo local general con fines de aprovechamiento, protección y conservación.

**Fuente y Elaboración:** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003).

Para las categorías de uso de suelo que corresponden a actividades de aprovechamiento (Tabla 20) como producción agrícola y urbana se estableció de acuerdo al siguiente criterio.

**Tabla 20.** Criterios para establecer categorías de aprovechamiento de uso de suelo.

Categoría	Criterio
Aprovechamiento	En general se aplica cuando el uso del suelo es congruente con su vocación natural. Se refiere al uso de los recursos naturales desde la perspectiva de aprovechamiento y deberá proveer bienes y servicios ambientales que sean de utilidad para población del cantón y alrededores.

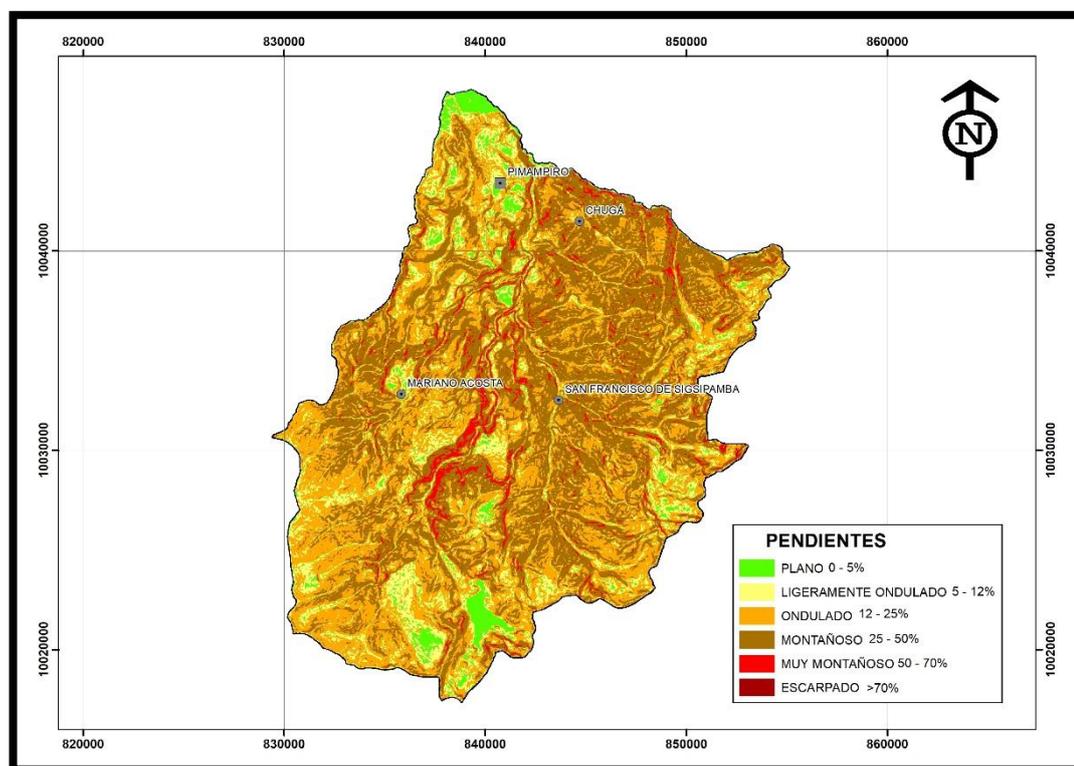
**Fuente y Elaboración:** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003)

Acorde a los criterios antes mencionados, para la cobertura boscosa del cantón Pimampiro dónde a lo largo del periodo de estudio no presenta variaciones a otras formaciones vegetales, es decir que del primer al último año de estudio la cobertura natural no ha cambiado se estableció la categoría de “*protección o preservación*” a esta categoría se incluyeron a las áreas de bosque y páramo coberturas con mayor importancia ambiental, cuyas características demandan ser mantenidas en toda su extensión y evitar el desarrollo de actividades antrópicas.

En la categoría de “*conservación*” se encuentran la cobertura boscosa cuyo paisaje ha sido poco modificado y que actualmente está siendo utilizado racionalmente en algún grado, aquí se incluyeron áreas de bosque las cuales con relación del primer año 2001 al último año 2017 pasaron a otras formación vegetales como páramos que al igual que el bosque representan alto valor ecológico.

En la categoría de “*restauración*” se incluyeron a las áreas de cobertura boscosa las cuales al último año cambiaron a otras categorías que no correspondían al uso de suelo, está dirigida a áreas con procesos de alto grado de deterioro ambiental, en esta categoría se encuentran las áreas de cobertura boscosa las cuales pasaron a otros usos de suelo como: cultivos, frutales, y zona urbana. En esta categoría se incluyeron a los suelos con pendientes fuertes o pronunciadas adecuados para soportar una vegetación permanente, para identificar estas áreas se elaboró el mapa

de pendientes del cantón Pimampiro (Figura 15) estas áreas deben permanecer bajo bosque bien sea natural o plantado. No son adecuados para ningún tipo de cultivo a causa de procesos erosivos severos y muy poca profundidad efectiva. Las pendientes suelen ser mayores del 25% (Cifuentes, 2010).



**Figura 15.** Mapa de pendientes del cantón Pimampiro.

### 3.3 Materiales y equipos.

A continuación se detallan los materiales empleados para el presente estudio.

**Tabla 21.** Materiales y equipos empleados

<b>Materiales y Equipos</b>	
<b>Equipo de campo</b>	Equipo GPS (Garmin)
	Cámara fotográfica (SONY)
	Libreta de campo
<b>Equipo de oficina</b>	Imágenes satelitales (LANDSAT 7 Y LANDSAT 8)
	Software ArcGis 10.4
	Software <i>FRAGSTATS 4.2</i>

**Fuente y Elaboración:** Elaboración propia.

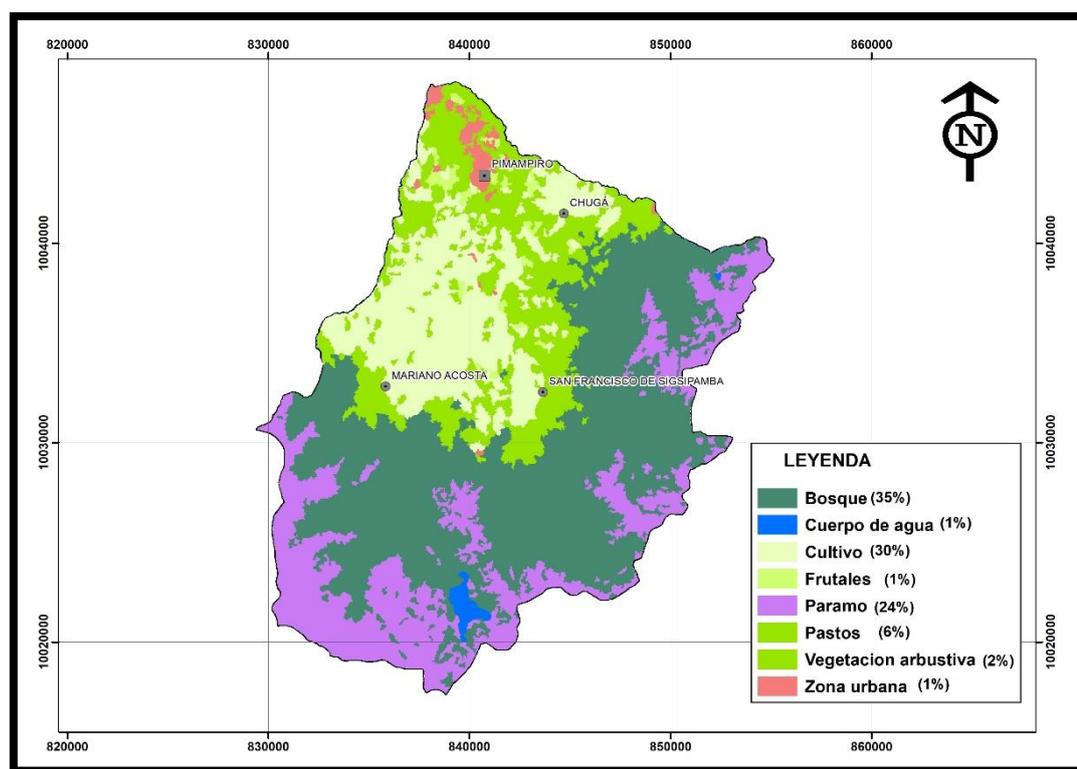
## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallan los resultados alcanzados para cada uno de los objetivos específicos planteados para esta investigación, luego de haber aplicado las respectivas metodologías. De igual manera, se realiza la discusión de los resultados en base a investigaciones o estudios similares al tema planteado, con el fin de comparar la información generada.

#### 4.1 Análisis de la variación de la composición del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

El bosque nativo del cantón representa el 35% del territorio, siendo la categoría natural de mayor extensión; seguida por los cultivos (30%) y el páramo con (24%) de extensión (Figura 20); éste ecosistema es de gran importancia por los servicios ecosistémicos que ofrece, a pesar de esto, es afectado por el cambio del uso de suelo para la producción de cultivos y pastizales.



**Figura 16.** Uso y cobertura de suelo del cantón Pimampiro 2017.

Para la investigación se clasificaron tres coberturas naturales: Páramo, vegetación arbustiva y bosque siendo esta última la más relevante para el estudio. En la

clasificación supervisada realizada para los años de estudio, se obtuvo un precisión general de 75% y *coeficiente Kappa* global de 72% para los años 2001, 2013 y 2017 que de acuerdo a la (Tabla 14) reflejó ser “Buena o aceptable” para el estudio, el año 2007 no fue sometido a análisis de precisión al no existir datos de referencia validados para este año.

Los resultados de los mapas de cobertura develaron que para el año 2001 las coberturas naturales: bosque, páramo y vegetación arbustiva ocuparon en el territorio el 41,5%, 18,7%, 13,4% respectivamente. Es evidente, que las coberturas naturales del cantón Pimampiro ocupaban alrededor del 75% del territorio (Tabla 22).

En el año 2007 se evidenció un aumento de la cobertura boscosa ocupando un 43,14% de extensión de territorio con cerca de 19774.3 ha, mostrando un incremento de 1,62% de extensión con respecto al año 2001. La cobertura boscosa en el año 2007 presentó el valor más óptimo con respecto al porcentaje de extensión a diferencia de los años 2001, 2013 y 2017 que mostraron una reducción de categoría de bosque (Tabla 22).

Para el año 2013 la cobertura de bosque se registró una pérdida de 1967 ha, lo que supone una disminución del 4,3% de cobertura, finalmente para el último año de estudio 2017, el bosque nativo reportó una pérdida de 2176 ha, reduciendo un 4,74 % de cobertura con respecto al año 2013.

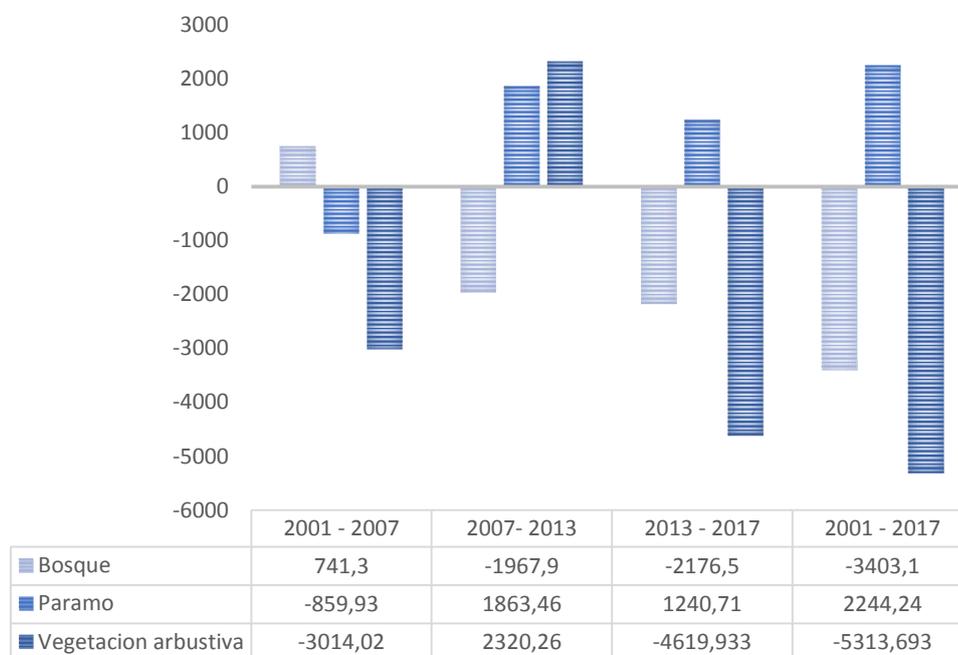
**Tabla 22.** Área y porcentaje de uso y cobertura de suelo del cantón Pimampiro para los años 2001, 2007, 2013 y 2017

Cobertura	2001		2007		2013		2017	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
						38,84%	15629,9	34,10%
Bosque	19033	41,52%	19774,3	43,14%	17806,4			
Páramo	8587	18,73%	7727,13	16,86%	9590,59	20,92%	10831,3	23,63%
Vegetación Arb	6124	13,36%	3110,69	6,79%	5430,95	11,85%	811,017	1,77%
TOTAL	44336	96,75%	45841,9	96,69%	45841,9	96,72%	45841,9	96,72%

**Fuente y Elaboración:** Elaboración propia.

Acorde a los datos obtenidos, se evidenció que el periodo que registró mayor pérdida en la cobertura de bosque es el periodo 2013 – 2017 (Figura 20) dónde se

perdieron cerca de 2176 ha, seguido por el periodo 2001 – 2017 donde se evidenció una pérdida de 3403 ha. Para el páramo el periodo más desfavorable se registró en 2007 – 2013 en el cual esta cobertura disminuyó en 1863ha.



**Figura 17.** Ganancia y pérdida de coberturas naturales del cantón Pimampiro.

#### 4.1.1 Análisis de la variación de las coberturas naturales del cantón Pimampiro por periodos.

- *Periodo 2001-2007*

Para el primer periodo comprendido entre los años 2001 y 2007 (Figuras 18- 19) los resultados son favorables para la cobertura boscosa del cantón Pimampiro, en este periodo se observó un incremento de 741 hectáreas, lo que supone un aumento de 1,62 % de cobertura boscosa (ha). Por el contrario, otras coberturas naturales del cantón Pimampiro como: páramo y vegetación arbustiva en este periodo registran pérdidas de (859 ha) y (3014) ha respectivamente, resaltando que el bosque nativo del cantón en este primer periodo ha mantenido mayor parte de superficie, lo que representa que entre 2001 – 2007 el paisaje natural estaba en mejores condiciones ambientales.

a)

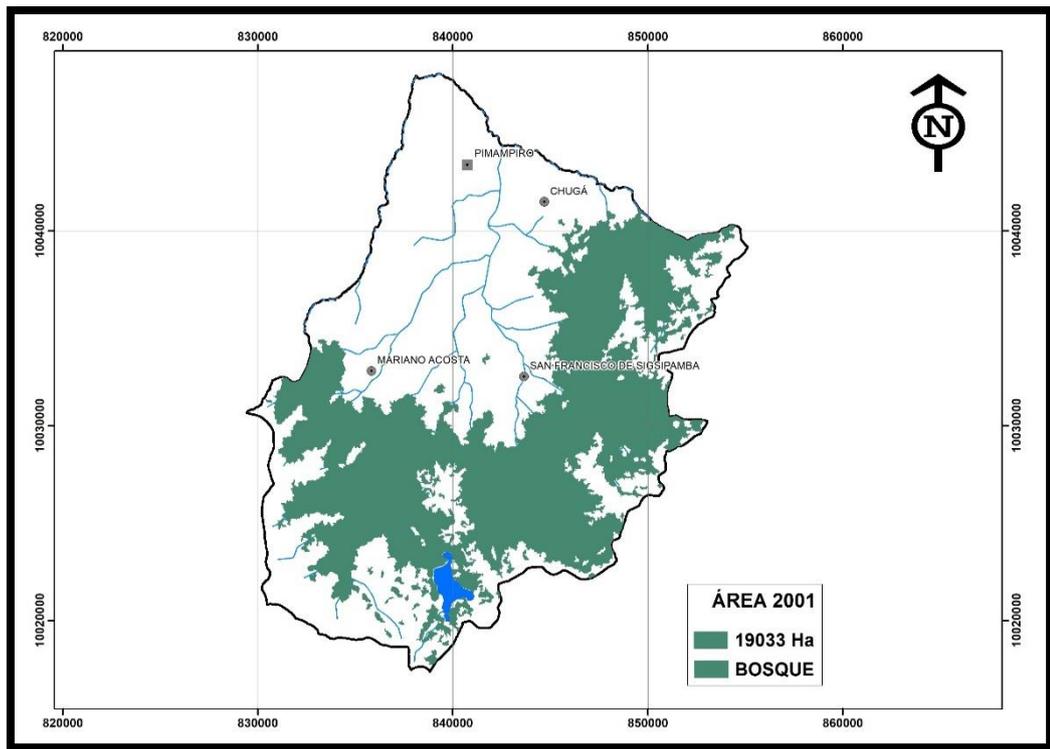


Figura 18. Área de bosque 2001

b)

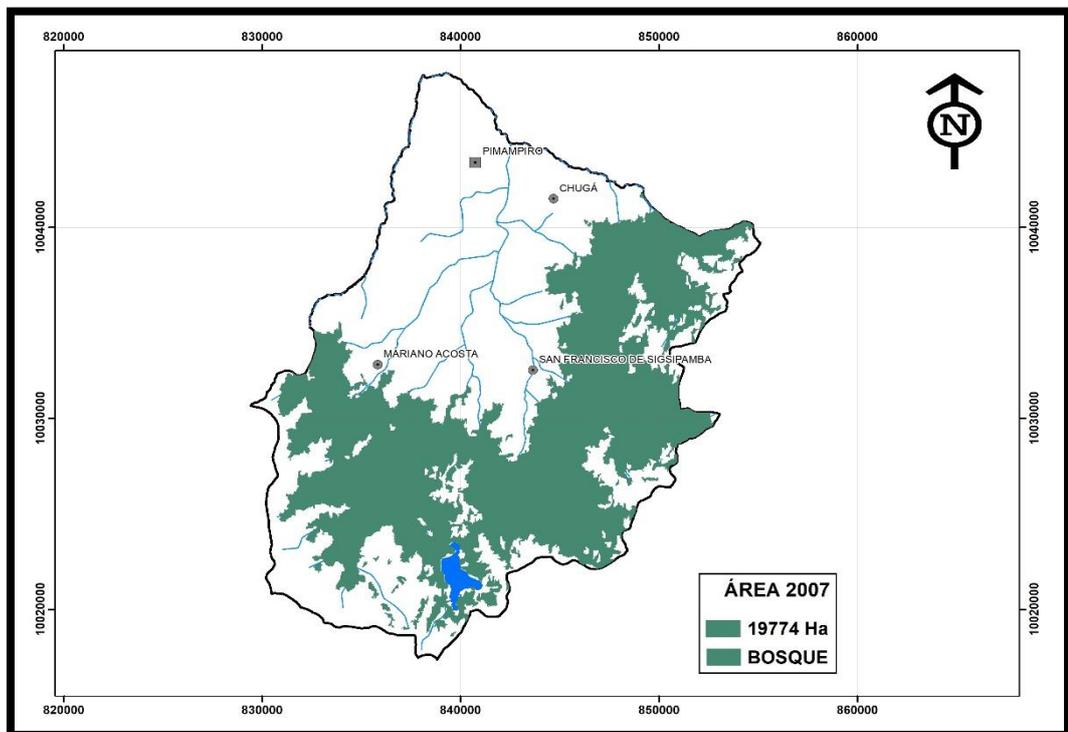
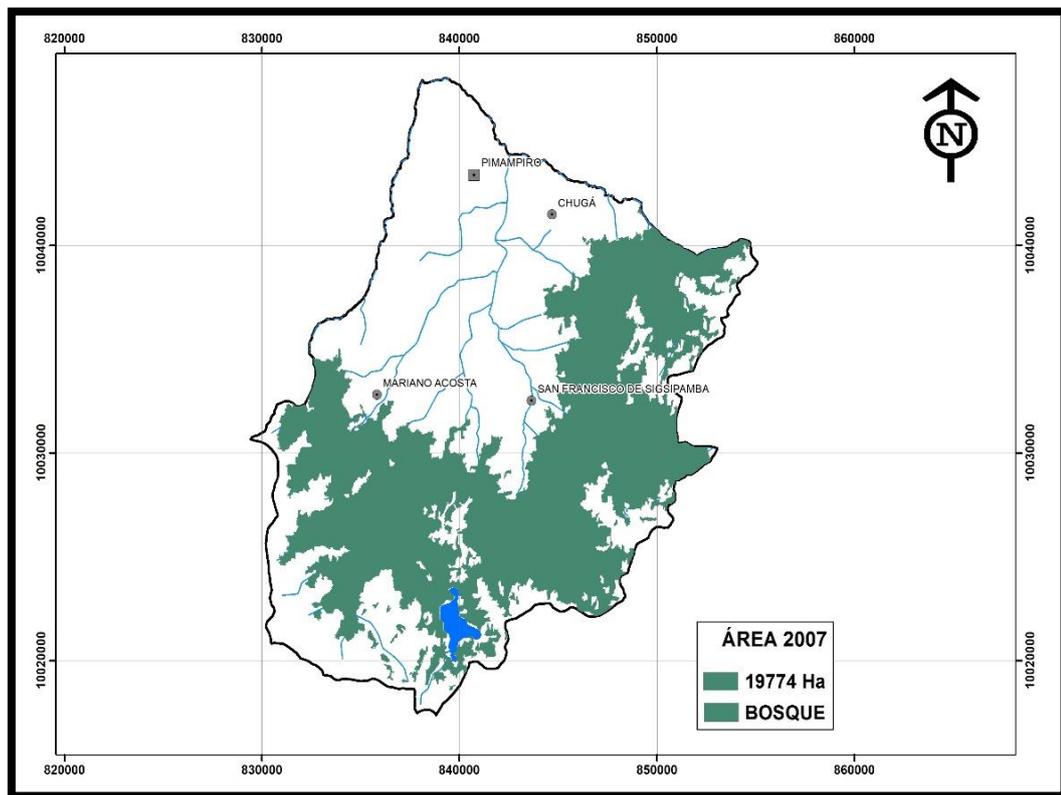


Figura 19. Área de bosque 2007

- *Periodo 2007 – 2013*

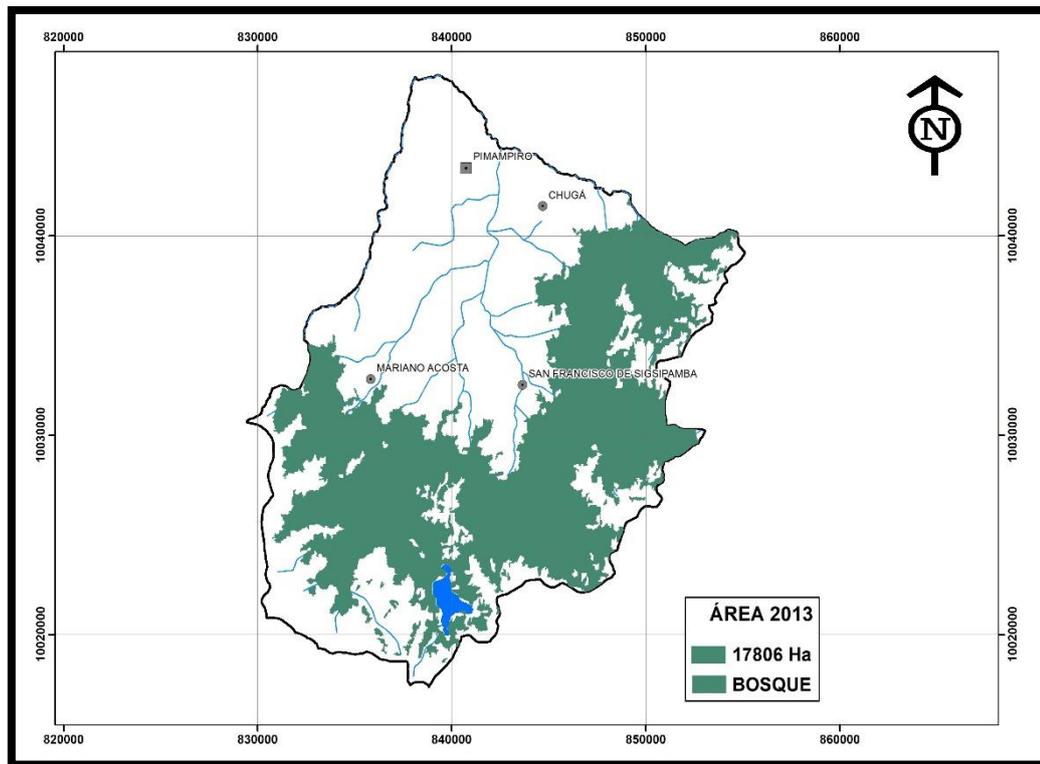
Para el siguiente periodo de estudio comprendido entre los años 2007 y 2013 (Figuras 19 – 20) se observó la pérdida de 1967 ha de bosque nativo, para este periodo de estudio de acuerdo a los datos registrados por Grijalva y Otalvoro, (2010) en el cantón se registró un incremento en las áreas cercanas al bosque nativo destinadas a actividades agrícolas como la formación de cultivos y/o la apertura de áreas para actividades pecuarias como el pastoreo de ganado, las parroquias Mariano Acosta y San Francisco de Sigsipamba fueron las que perdieron mayor extensión de bosque nativo debido a la cercanía con la zona poblada del cantón dónde se desarrollan actividades agrícolas.

a)



**Figura 19.** Área de bosque 2007.

b)



**Figura 20.** Área de bosque 2013

- *Periodo 2013 – 2017*

Se evidenció una pérdida de cobertura boscosa de 2176 ha aproximadamente 200 hectáreas más que el periodo anterior. En este periodo el bosque nativo registró el porcentaje más elevado en cuanto a la reducción de su cobertura, con una cifra de 4,74% de pérdida de extensión (Figuras 20 - 21). De acuerdo a los datos del GAD-2011 del cantón Pimampiro, la agricultura y ganadería siempre han supuesto un fuerte impacto ambiental; la destrucción y salinización del suelo, contaminación de plaguicidas y fertilizantes, deforestación, y la pérdida de diversidad genética son problemas importantes a los que el cantón tiene que hacer frente en materia ambiental para la recuperación de coberturas de principal interés ecológico, como bosques nativos y páramos.

En 2010, cerca de 556 ha fueron convertidas a pastos cultivados, de las cuales aproximadamente 120 ha pasaron a ser áreas destinadas a cultivos como: papa, cebada, trigo y maíz; al ser cultivos de zonas altas, estos cultivos son los que más amenazan los bosques y páramos.

a)

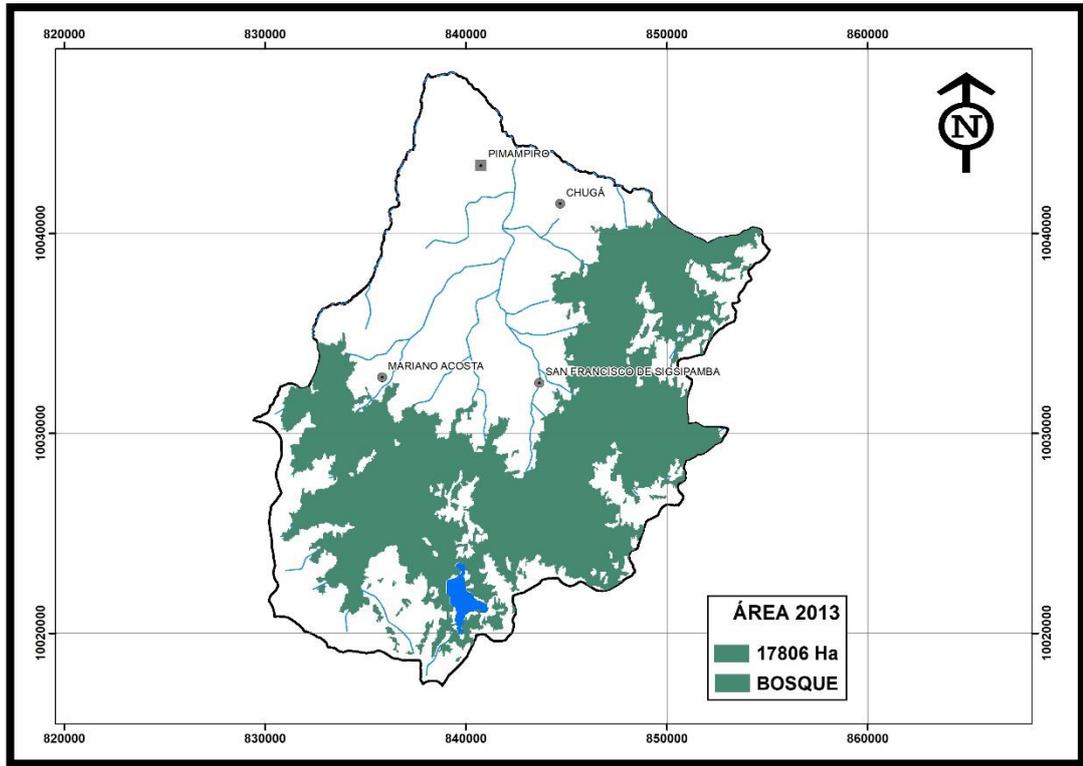


Figura 20. Área de bosque 2013

b)

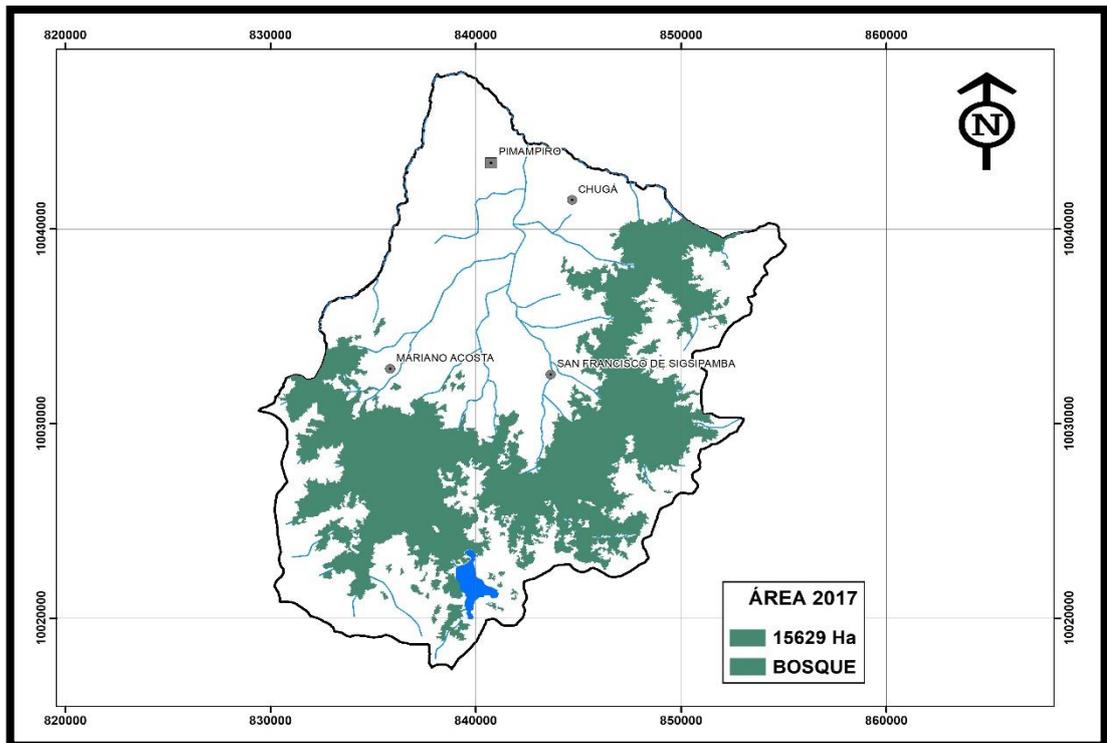


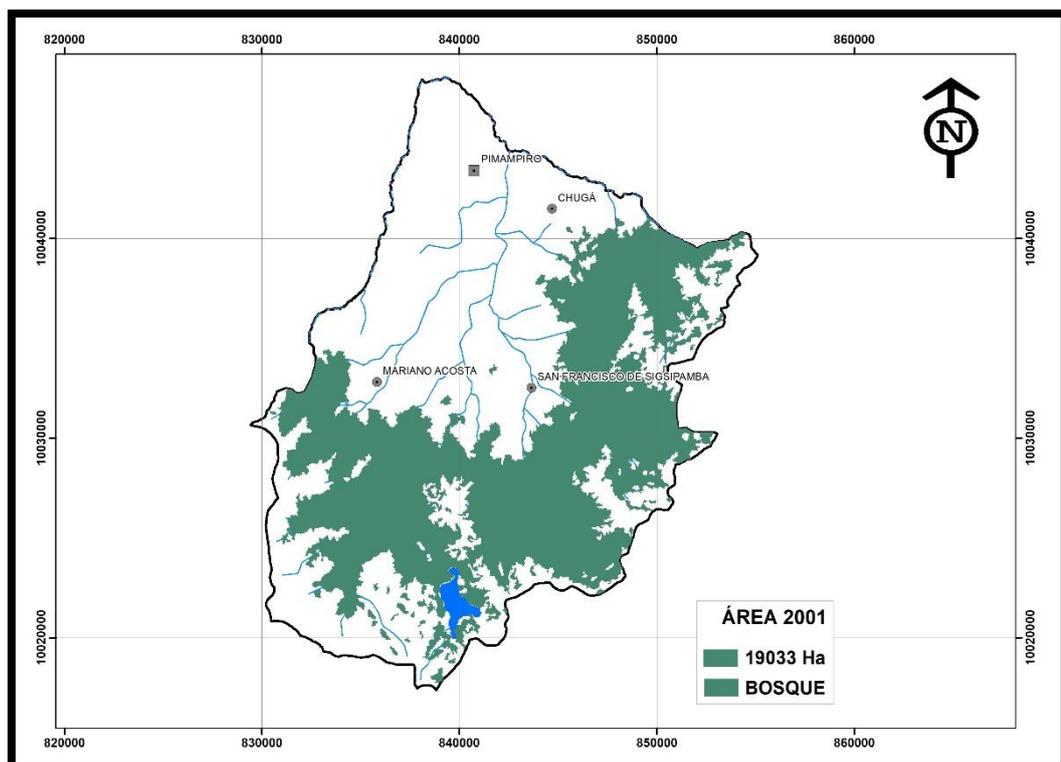
Figura 21. Área de bosque 2017

- *Periodo 2001 – 2017*

Finalmente se efectuó la comparación del primer y último año de estudio propuestos para la presente investigación, al existir 16 años de diferencia entre el primer y último año de estudio (2001 - 2017) (Figuras 18 - 21), era posible evidenciar que existiría una reducción del bosque nativo. Para este periodo el bosque nativo mostró una pérdida total de 3403 ha, lo que presenta una pérdida del 7,42% de cobertura natural.

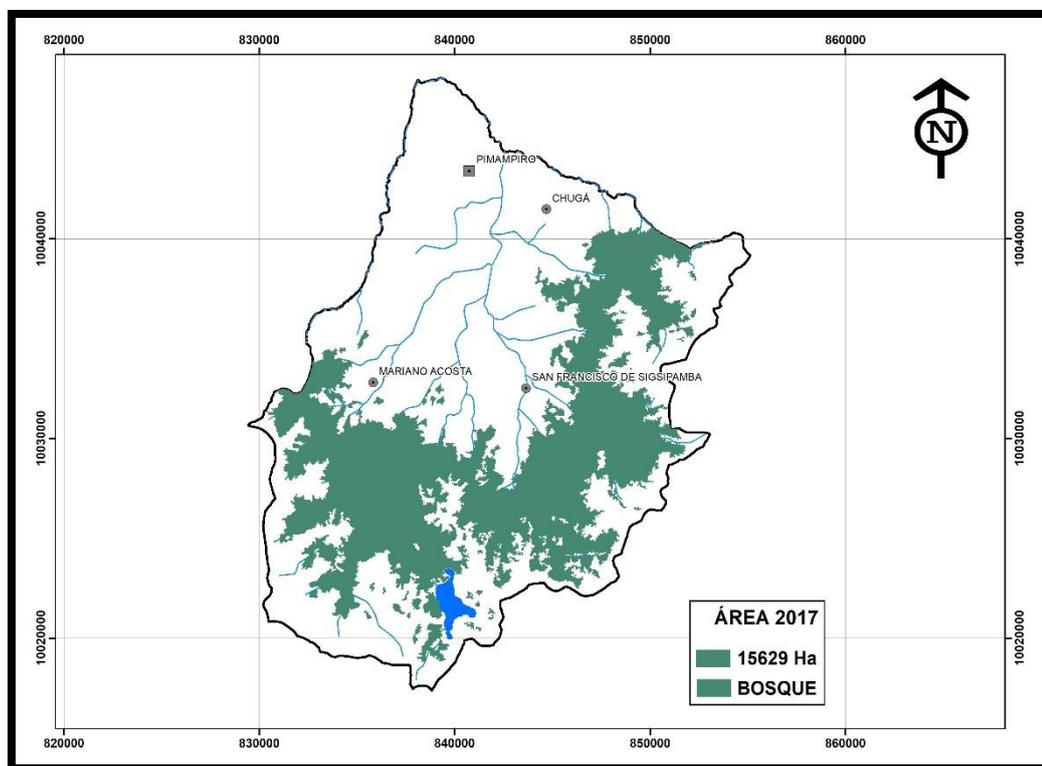
Acorde a los datos registrados por la investigación efectuada por Grijalva y Otalvoro, (2010) alrededor de 175 hectáreas de bosques nativos del cantón Pimampiro son deforestadas anualmente. En el territorio es posible observar que las tierras de cultivo cercanas a ecosistemas naturales, como bosques y páramos, donde se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas con poca tecnología y sin un manejo adecuado de los recursos, constituyen un límite abrupto en los bosques nativos, impidiendo el flujo genético con otros remanentes cercanos. Los resultados mostraron que a partir del año 2010 la situación ambiental no ha sido favorable para los bosques nativos del cantón Pimampiro, debido a que desde el año 2010 al 2017 se registró una pérdida de 2503 ha de bosque.

a) Área de bosque 2001



**Figura 18.** Área de bosque 2001

b) Área de bosque 2017



**Figura 21.** Área de bosque 2017

#### 4.2 Análisis de las métricas de composición de paisaje.

- **Número de parches (NP).**

Si bien, a mayor número de parches mayor fragmentación, este índice puede ser importante para los procesos ecológicos, aunque con frecuencia tiene un valor limitado interpretativo, dado que no contiene información acerca de área, distribución o densidad de los parches (McGarigal y Marks, 1995). El número de fragmentos de una clase determinada en este caso bosque, se calcula sumando el número de fragmentos en que está dividido un ecosistema en un área de interés. El indicador es 1 cuando el ecosistema o la clase determinada en un tiempo determinado no está fragmentado, y aumenta a medida que el ecosistema se fragmenta (Instituto A. Von Humboldt 2003).

Los resultados del número de parches (NP), develaron que en el año 2001 el cantón Pimampiro presentó un total de 246 parches a nivel de paisaje, es decir, en toda la

extensión del territorio, contando con otras categorías como: pastos, cultivos, frutales, zona urbana y cuerpos de agua, además de las categorías naturales de interés para el presente estudio como: bosques, páramo y vegetación arbustiva. Por lo tanto, el año 2001 se presentaron 246 parches distribuidos en ocho categorías tanto naturales, como de otras categorías de diferentes usos de suelo. Del total de parches para este año, a nivel de clase, 41 parches corresponden a la categoría de bosque.

El número de parches funciona como un importante indicador de varios procesos ecológicos, adicionalmente se emplea como índice de heterogeneidad del paisaje y como base para el cálculo de otras métricas. Para el año 2007, el número total de parches a nivel de paisaje fue de 267, de los cuales 25 corresponden a la categoría de bosque (Tabla 23).

En el año 2013 se observó una cifra de 279 parches a nivel de paisaje, de los cuales 30 corresponden a bosque (Tabla 23). Contrario a los años anteriores en el año 2017, se presenta la cifra más baja en el número de parches a nivel de paisaje con un total de 210 parches, de los cuales 32 pertenecen a bosque. (Tabla 23).

**Tabla 23.** Número de parches de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.

<b>NRO. DE PARCHES EN EL PAISAJE</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>AÑO</b>	<b>Nro. DE PARCHES (NP)</b>
246	Bosque	2001	41
267		2007	25
279		2013	30
210		2017	32

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

Es posible evidenciar la variación en el número de los parches en todos los años de estudio. En el primer año 2001, se registró el valor más elevado de (NP), con 41 parches, para el año 2007 el número de parches reduce a 25, en el siguiente año 2013, el número de parches aumenta a 30 y para el último de estudio 2017 la cifra aumenta a 32 parches de cobertura de bosque. Esta situación es similar a la registrada por Correa y Volante (2012) en un análisis de fragmentación y estructura del paisaje en bosques nativos del norte Argentino, donde las cifras indicaron un aumento y disminución en el número de parches (NP), en diferentes años de estudio; se observó que para el año 1976 la cifra de (NP) era de 290, para el siguiente año la cifra aumenta a 450 (NP) y para el 2011 la cifra decae nuevamente a 30 (NP), en

el estudio se concluyó que esta variación en el número de los parches puede atribuirse a varios procesos simultáneos como: el crecimiento de la superficie total del territorio y/o el aumento del tamaño relativo de los parches de bosque.

- **Densidad de parches (PD)**

El índice de densidad de parches, tiene la misma utilidad indicadora que la cantidad de fragmentos, pero es un valor relativo que permite comparar territorios de tamaños diferentes. La densidad de parches expresa el número de fragmentos por unidad de superficie y puede referirse al mosaico o a la categoría (Matteucci, 2004). Un mosaico o paisaje con mayor densidad de fragmentos es más heterogéneo; una clase con mayor densidad de fragmentos está más fragmentada (McGarigal, 2002).

El valor de la densidad de parches aumenta cuando el número de parches aumenta, es decir que la densidad de parches es directamente proporcional al número de parches o fragmentos. El índice de densidad de parches, expresa el número de fragmentos por tipo de cobertura cada 100ha, valores altos en la densidad de parches se esperarían encontrar en áreas intervenidas y/o muy fragmentadas.

Los resultados muestran que el valor más alto de la densidad de parches para la cobertura boscosa del cantón Pimampiro se registró en el año 2001 con una cifra de 0.9/ ha (Tabla 24), esto concuerda con el índice de número de parches donde en este año se evidencio mayor cantidad de parches de bosque (41NP) (Tabla 23). Por el contrario, la cifra con menor densidad de parches se registró en el año 2017 con un cifra de 0.5/ha (17NP) (Tabla 24).

**Tabla 24.** Densidad de parches de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.

<b>COBERTURA</b>	<b>AÑO</b>	<b>DENSIDAD DE PARCHES (PD)</b>
Bosque	2001	0.9
	2007	0.7
	2013	0.8
	2017	0.5

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

#### **4.2 Análisis la variación de la configuración espacial del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.**

- **Área núcleo.**

El Área Núcleo es la superficie interior del parche que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones

exteriores (Figura 22). La métrica de área núcleo indica el área del hábitat interior de cada categoría definida por un ancho definido de amortiguación del borde.



**Figura 22.** Representación de borde y área núcleo en el paisaje.  
**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Murcia y Aguilar (2016).

Para el cálculo del área núcleo se definió un ancho de borde de 100 metros. El bosque nativo del cantón Pimampiro presentó un alto valor de índice de área núcleo en el 2007 con un total de 598 ha sin perturbación (Tabla 25), dónde el ecosistema boscoso contaba con adecuadas condiciones ambientales a diferencia de los demás años de estudio analizados dónde el escenario es completamente diferente, ya que para el año 2001, 2013 y 2017 el área núcleo fue de 325 ha, 401 ha y 208 ha respectivamente (Tabla 22), develando que el año 2007 el bosque nativo se encontraba en mejor estado ambiental en relación con los otros años, el aumento del área núcleo del bosque nativo se reflejó en los valores de los mapas de uso y cobertura de suelo del cantón (Tabla 22), dónde para el 2007 el bosque nativo representaba el 43% del territorio, siendo el valor más alto de extensión en comparación con los otros años de estudio. Por el contrario, el valor más bajo de área núcleo del bosque nativo se evidencio en el año 2017, dónde el área núcleo fue de 208 ha, es decir, que desde 2007 al 2017, en un período de diferencia de 10 años, se perdieron cerca de 400ha de área núcleo, estos valores se también se reflejan en los mapas de uso y cobertura de suelo, dónde para este año se evidencia una considerable reducción de la cobertura boscosa en un 9,04% (Tabla 22) gran parte de la pérdida de extensión, se debe a actividades agrícolas y pecuarias que se desarrollan en áreas cercanas al bosque nativo como la producción de cultivos de zonas altas y la apertura de áreas para pastoreo de ganado.

**Tabla 25.** Área núcleo de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.

<b>COBERTURA</b>	<b>AÑO</b>	<b>AREA NUCLEO (CORE)</b>
Bosque	2001	325,80 ha
	2007	598 ha
	2013	401 ha
	2017	208 ha

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

- **Índice de proximidad**

El índice de proximidad es adimensional, y se usa como un índice comparativo, este índice equivale a la suma de las áreas en m<sup>2</sup> de los parches o fragmentos de un uso en particular existentes a una distancia dada del fragmento inicial (200 metros para el presente caso de estudio) dividida entre la suma de las distancias mínimas al cuadrado. Según el índice de proximidad, el bosque nativo presentó el valor más alto en 2007 con una cifra de 10317 (Tabla 26), lo que indica que en un radio de búsqueda de 200m se pueden encontrar más parches de la misma clase, indicando una mayor vecindad o contigüidad en esta cobertura, esto concuerda con los registros de los mapas de uso y cobertura de suelo (Tabla 22) dónde se evidenció que en el año 2007 la cobertura de bosque presentó mayores cifras de área de extensión en comparación con los otros años de estudio. Por otra parte, en el último año de estudio 2017 el bosque nativo presentó un índice de proximidad de 4564, una cifra que indicó que el índice ha disminuido, revelando algún grado de fragmentación ya que para este año la cobertura presentó un aumento en el número de parches (32NP) (Tabla 23).

**Tabla 26.** Índice de proximidad de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.

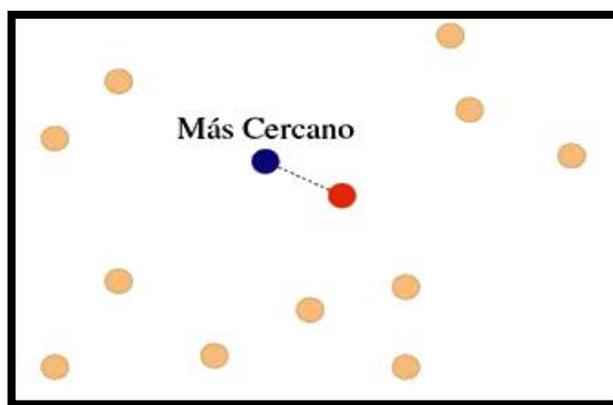
<b>COBERTURA</b>	<b>AÑO</b>	<b>ÍNDICE DE PROXIMIDAD (Sin unidad de medida)</b>
Bosque	2001	8779
	2007	10317
	2013	2589
	2017	4564

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

- **Distancia media al vecino más cercano**

El índice de la distancia media al vecino más cercano permite identificar el grado de continuidad y cercanía de los parches de una misma categoría (Matteucci, 2004).

La distancia media al vecino más cercano se mide de borde a borde y se define como la distancia más corta en línea recta entre el parche focal y su vecino más cercano de igual categoría (Figura 23). El indicador se aproxima a 0 cuando todos los fragmentos en que está dividido un ecosistema en un áreas de interés en un tiempo determinado están cercanos unos de otros y aumenta cuando dichos fragmentos se encuentran separados (Humboldt, 2003). El índice de la distancia media al vecino más cercano puede indicar el nivel de aislamiento que se puede presentar entre fragmentos de la misma clase. Sin embargo, Sánchez Pardo (2008) menciona que hay que tener en cuenta que el valor de este índice puede ser engañoso si no se posee cierta exhaustividad en los datos, y que la distancia media no siempre refleja la situación general de la mayoría de los datos.



**Figura 23.** Representación del Índice de la distancia media al vecino más cercano.

**Fuente y Elaboración:** Adaptado de Altamirano (2012)

Según este índice, el bosque nativo presentó el valor más alto en 2001 con una distancia media al vecino más cercano de 248m (Tabla 27), esto indica que los parches de bosque en 2001 se encontraban más dispersos, indicando una distribución espacial heterogénea de los parches, esto concuerda con el índice de número de parches que para 2001 presentó el valor más alto con un total de 41 fragmentos (Tabla 23); en el periodo siguiente (2007 y 2013) el bosque nativo varió de 208m a 239m respectivamente, mostrando una condición favorable para esta categoría en el año 2007, señalando que los parches para este año se encontraban menos aislados; este resultado es concordante con el número de parches que para ese año reportó el valor más bajo con 25 fragmentos (25NP) (Tabla 23). Para el último año de estudio 2017 el índice de la distancia media al vecino más cercano

develó un valor de 244 m (Tabla 24), suponiendo un aumento en este índice en comparación con el año anterior (2013).

**Tabla 27.** Índice de la distancia media al vecino más cercano de la cobertura boscosa del cantón Pimampiro.

<b>COBERTURA</b>	<b>AÑO</b>	<b>DISTANCIA MEDIA AL VECINO MÁS CERCANO (m)</b>
Bosque	2001	248 m
	2007	208 m
	2013	239 m
	2017	244 m

**Fuente y Elaboración:** Elaboración Propia.

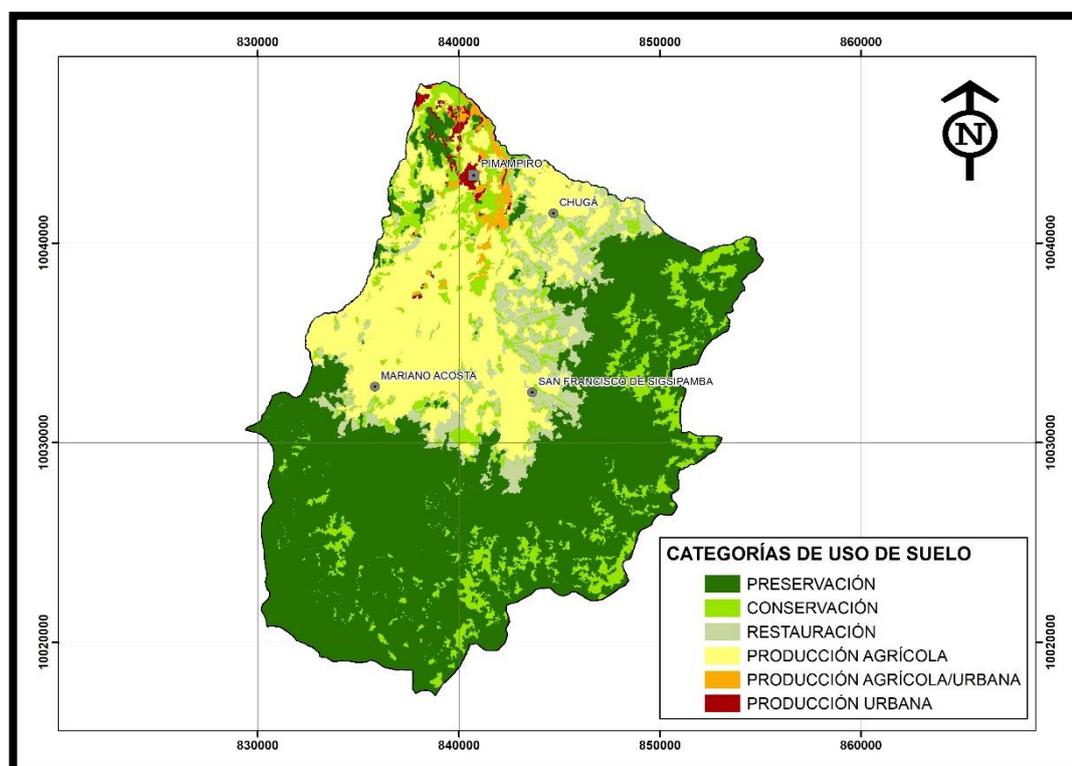
Estas variaciones en el índice de la distancia media al vecino más cercano en la cobertura boscosa, son similares a las registradas por Ortega (2010) en un análisis de la estructura del paisaje forestal en una región de Chile, dónde la distancia media la vecino más cercano reportó variaciones en distintos años, para el 2000 el índice fue de 762m, para el 2005 la cifra se redujo a 369m y en 2009 la cifra aumentó a 526m, en el estudio se concluyó que el resultado de estos valores tienen implicancias negativas en el paisaje, como la inhibición de migración de especies vegetales (sobre todo herbáceas), y consecuentemente invariabilidad genética de especies entre los parches del ecosistema forestal, por esta razón, conocer el grado de cercanía de los parches juega un papel importante en la distribución de especies forestales (Wulf, 2003). Por lo que resulta de gran importancia la conservación de áreas boscosas.

#### **4.3 Identificación de categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso con el fin de incorporar al ordenamiento territorial del cantón.**

Se establecieron seis categorías de uso de suelo en toda la extensión del cantón Pimampiro, (Figura 24) de las cuales tres están enfocadas al paisaje boscoso como: protección o preservación, conservación y restauración, y las otras tres categorías se establecieron para las áreas de aprovechamiento como: producción agrícola y urbana.

Se establecieron tres categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro, las cuales fueron: Conservación, Preservación y Restauración. Para el establecimiento de las categorías fue necesario conocer el estado actual del paisaje

boscoso del cantón, el cual para el último año de estudio 2017 reportó una extensión de 15629 ha, representando el 35,1% del territorio total del cantón (Tabla 22).

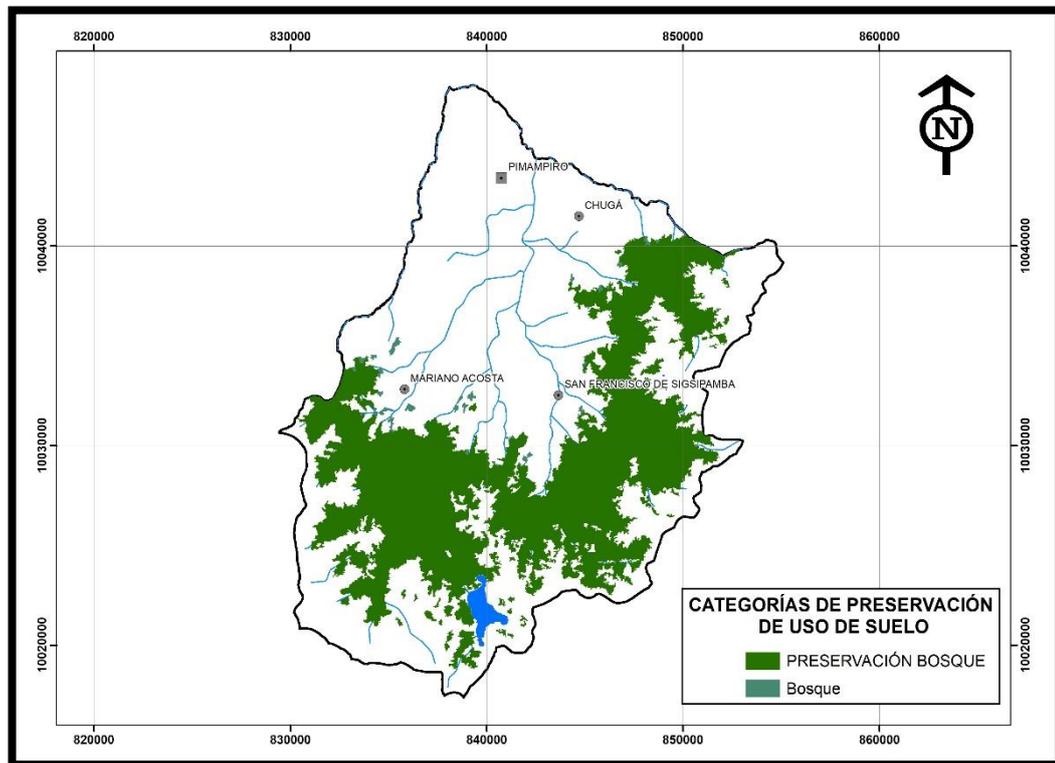


**Figura 24.** Categorías de uso de suelo para el paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

#### 4.3.1 Categoría de preservación de uso de suelo.

Los resultados mostraron que desde el año 2001 al 2017 cerca de 15126,97 ha de bosque se han mantenido a lo largo de un periodo de dieciséis años. Para la cobertura de páramo se registra un área de 7945 ha en categoría de preservación, dando un total de aproximadamente de 23074 ha en preservación las cuales representan el 52,7% del territorio del cantón (Figura 25). En la categoría de preservación se incluyen las 208 hectáreas las cuales no han sufrido perturbaciones exteriores y se mantienen en buen estado ecológico, debido a que las áreas o zonas núcleo son las porciones del territorio con mayor grado de conservación, de acuerdo con (Valdés, 2014) en las zonas o áreas núcleo existen ecosistemas u ocurren fenómenos naturales importantes o habitan especies de flora y fauna que, requieren de una protección total para propósitos científicos o de regulación ambiental.

La zona núcleo debe dar una protección a largo plazo a los paisajes, ecosistemas y especies que alberga y debe ser suficientemente grande para cumplir sus objetivos. Por lo general, en una zona núcleo no se realizan actividades humanas salvo la investigación y la conservación, las áreas núcleo se incluyen en esta categoría ya que en esta categoría de deben controlar las actividades antrópicas para mantener en optimo estado las áreas con gran importancia ecológica.

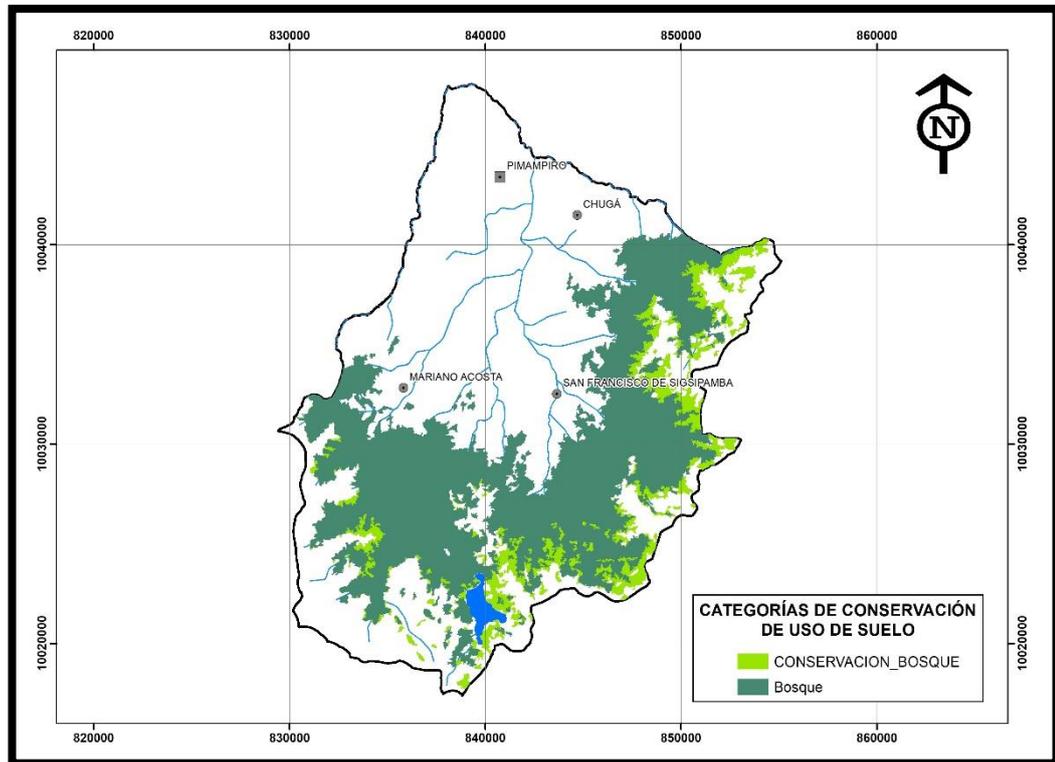


**Figura 25.** Áreas de preservación de bosque y páramo del cantón Pimampiro

#### 4.3.2 Categoría de conservación de uso de suelo.

Los resultados obtenidos reportaron que desde el primer al último año de estudio (2001-2017) aproximadamente 2731,92 ha de bosque fueron catalogadas en *conservación* (Figura 26), debido a que se observó que en este periodo algunas áreas de bosque nativo pasaron a otras formaciones vegetales, principalmente a páramo. Aproximadamente el 6,16% del territorio del cantón pertenece a esta categoría. Se evidenció que algunas áreas en categoría de conservación indican un efecto de borde que amenaza al bosque nativo, afectando la continuidad del paisaje boscoso. El efecto de borde observado podría suponer fases iniciales de fragmentación, que deterioran el bosque nativo debido a la existencia de

perturbaciones en el hábitat como la aparición de nuevas especies acopladas a las perturbaciones, en la mayoría de los casos estas especies son invasoras las cuales establecen una zona y son capaces de naturalizarse (es decir, son capaces de reproducirse y de mantener una población estable) y así, competir con el resto de especies por los recursos.



**Figura 26.** Áreas de conservación del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

Mayor parte de las áreas en categoría de conservación se encontraron cerca del área poblada del cantón, lo cual indica que, en estas áreas podrían desarrollarse actividades agrícolas y pecuarias que contribuyan con el efecto de borde observado. Para estas áreas se propuso implementar sistemas silvopastoriles (SSP) los cuáles contribuyen a aspectos tanto ambientales, sociales y económicos, debido a que estos sistemas constituyen una modalidad de uso de la tierra donde coexisten el componente arbóreo, forrajero, ganadero, edáfico y humano y dónde se generan interacciones ambientales, económicas y sociales, bajo un manejo integrado en el tiempo y en el espacio.

Autores como Muhammad, (2006) en un estudio de análisis de conservación de la biodiversidad señala que la aplicación de sistemas silvopastoriles es una manera de manejar aspectos sociales y económicos manteniendo los recursos naturales, el

autor enfatiza que los SSP tienden a conservar una mayor diversidad, que las áreas extensivas de pastos que usualmente albergan menor diversidad que los sistemas naturales. Muhammad menciona que se han identificado vacíos claves en la comprensión de como diseñar un sistema silvopastoril para la conservación de la biodiversidad y la producción sustentable.

#### 4.3.3 Categoría de restauración de uso de suelo.

Los resultados evidenciaron que desde al primer al último año de estudio (2001 - 2017) 640 ha de bosque nativo fueron transformadas a cultivos, y 758 ha pasaron a pastos, dando un total de 1453 ha en categoría de restauración (Figura 27), lo que representa el 3,28% del territorio eso indicó que estas áreas presentan procesos de deterioro ambiental, y que el cambio de uso de suelo está incipiente en el cantón Pimampiro. Fue posible observar que las áreas que cambiaron de categoría bosque a cultivos, se encuentran cerca de la zona poblada del cantón, lo que indica que en estas áreas se ha ido degradando el ecosistema forestal para el desarrollo de prácticas agrícolas y pecuarias, lo cual indica que estas áreas han modificado completamente el uso del suelo afectando al paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

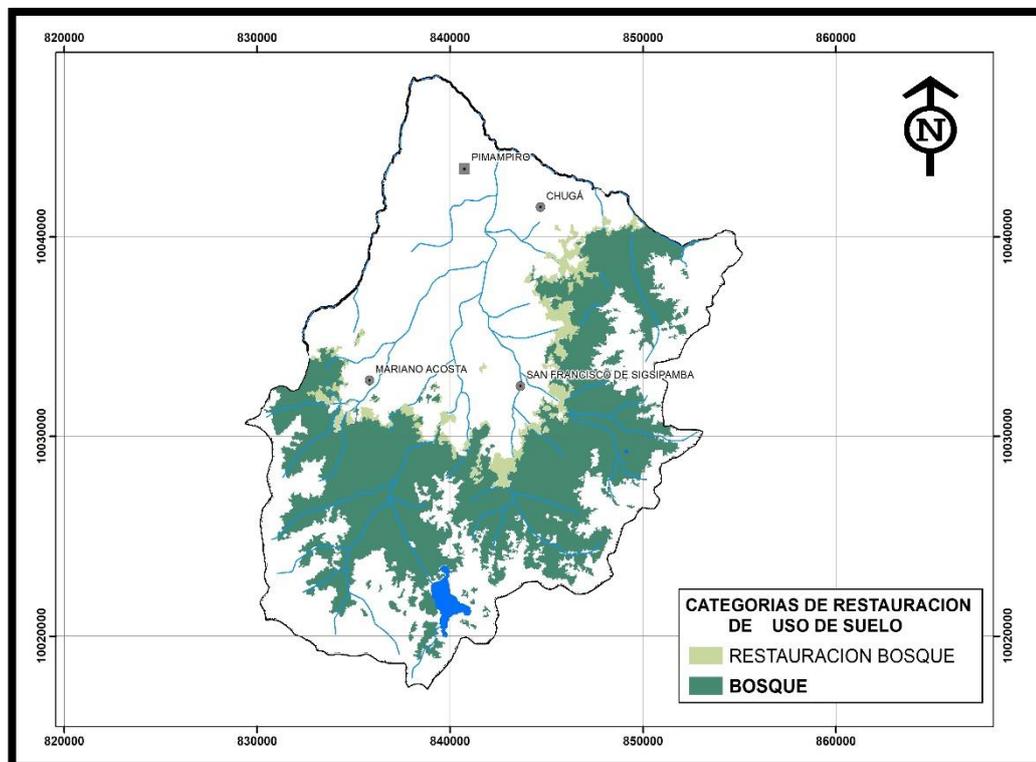


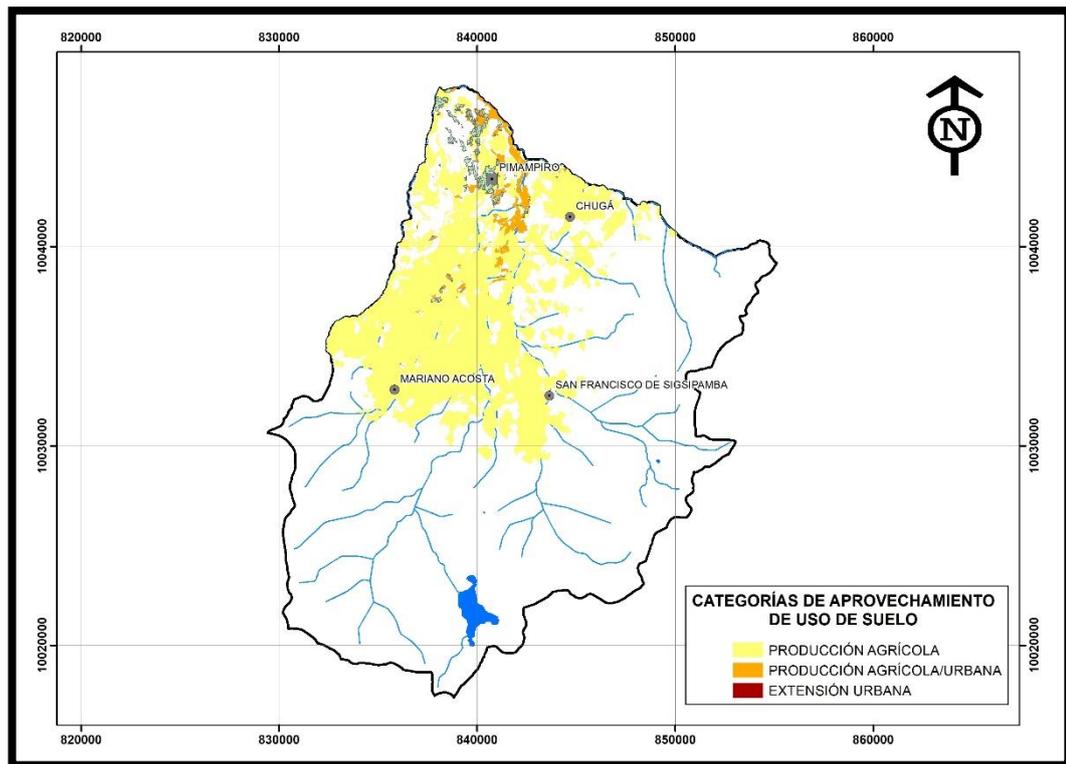
Figura 27. Áreas de restauración del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

Para esta categoría se ha propuesto la aplicación de sistemas agroforestales (SAF) (Figura 3) que son un conjunto de tecnologías de manejo de suelo, agua, nutrientes y vegetación. En los SAF intervienen diversas variables tanto: económicas, sociales y ambientales; los aspectos sociales y económicos de los sistemas agroforestales están enfocados en la producción de cultivos lo cuales generan aportes económicos al productor. En materia ambiental la aplicación de sistemas silvopastoriles suponen una oportunidad para el mejoramiento de paisajes debido a que estos sistemas aportan aspectos como: regular y mejorar las condiciones climáticas, favorecer la fertilidad del suelo, retención de agua, disminuir factores de erosión de suelo, reduce incidencia de plagas (Nair, 2010). Autores como Villa (2015), definen a la agroforestería como un tipo de manejo de bosque, también es conocida como un modelo de agricultura climática inteligente, porque puede contribuir a incrementar la productividad agrícola basada en la biodiversidad, generando medios de vida sustentables en la misma medida que se controla la deforestación y degradación forestal, como las dos principales actividades para reducir las emisiones de carbono a la atmósfera (REDD).

#### **4.3.4 Categoría de aprovechamiento**

En esta categoría se incluyen a todas las áreas del territorio destinadas al aprovechamiento, tanto agrícola y urbano debido a que son zonas donde existen usos productivos actuales o potenciales, así como las áreas con características adecuadas para el desarrollo urbano, las áreas en aprovechamiento deben proveer bienes y servicios ambientales que sean de utilidad para la población del cantón (Figura 28).

En la categoría de aprovechamiento se encuentran aproximadamente 16,778 ha lo que corresponde a un 37,9% estas áreas están destinadas a la producción de agrícola, como el áreas para el pastoreo de ganados y para la creación de cultivos, tanto permanentes y transitorio además de actividades que favorecen en desarrollo urbano del cantón Pimampiro.



**Figura 28.** Áreas de aprovechamiento del paisaje boscoso del cantón Pimampiro.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones.

Al analizar el primer y último año de estudio (2001 - 2017) se registró que el paisaje boscoso ha perdido 3403 ha, lo que representa un pérdida de 7,4% de superficie, dando un total de 212 ha, deforestadas por año. Los índices de composición de paisaje como él (NP) para el último año de estudio registraron un aumento a (32NP), señalando que el paisaje boscoso del cantón Pimampiro podría presentar fases iniciales de fragmentación.

Los índices de configuración de paisaje indicaron que, el paisaje boscoso del cantón Pimampiro presentó condiciones ambientales favorables en 2007, dónde los índices revelan que para este año el bosque nativo se encontró menos fragmentado, presentando un área núcleo de 598ha. Para el último año de estudio, los índices de configuración revelan a un paisaje boscoso con mayor grado de fragmentación, debido a la reducción del índice de área núcleo a (208 ha) además de presentar mayor aislamiento en los parches (ENN: 244m), para el último año se evidencia un efecto de borde para el paisaje boscoso, principalmente en las parroquias San Francisco de Sigsipamba y Mariano Acosta, indicando que la configuración del paisaje boscoso del cantón Pimampiro es cada vez más heterogénea.

Se concluyó que el 52,72% de la superficie del cantón corresponde a la categoría de preservación, categoría para la cual solo se plantean actividades de aporte científico para mantener las áreas de bosque en estado natural sin ninguna perturbación antrópica. El 6% del territorio esta catalogado en “conservación” aquí se incluyen áreas de bosque nativo que pasaron a formaciones vegetales principalmente a páramo. Para estas categorías se propone la aplicación de sistemas silvopastoriles

Finalmente, para la categoría de “Restauración” se registró que el 3,28% del territorio fue afectado por el cambio de uso de suelo para la creación de cultivos y pastos, áreas para las que se recomienda la aplicación de sistemas agroforestales, los cuales permiten el mejoramiento y recuperación de los paisajes forestales debido a que estos sistemas aportan beneficios como: regulación y mejora de las condiciones climáticas, favorecer la fertilidad del suelo, retención de agua,

disminución de factores de erosión de suelo, reduce incidencia de plagas, entre las más importantes.

## **5.2 Recomendaciones**

- Fomentar el desarrollo de charlas o programas educativos en los cuales se informe a la población acerca de los beneficios de la implementación de los sistemas agroforestales en áreas cercanas al bosque nativo del cantón Pimampiro, para así mantener un equilibrio ecológico, social y económico que beneficie a la población y represente una oportunidad de mantener los bosques nativos.
- En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, el cantón Pimampiro demanda ser atendido por diferentes actores y sectores sociales como: el Gobierno Autónomo del cantón, comunidades, e instituciones públicas y privadas para el desarrollo de planes de manejo enfocados el bosque nativo, además de impulsar actividades de restauración de paisaje y mantenimiento de zonas boscosas degradadas por el cambio de uso de suelo.
- Desarrollar proyectos de investigaciones utilizando las métricas de diversidad de paisaje para medir la riqueza y abundancia de la biodiversidad presente en las áreas boscosas del cantón Pimampiro y conocer las especies vegetales y animales que habitan el paisaje boscoso.
- Elaborar programas de educación ambiental que involucren a la población para el mantenimiento y mejoramiento de paisajes forestales, especialmente en las parroquias Mariano Acosta y San Francisco de Sigsipamba, con el fin de elaborar actividades de limpieza, cuidado y restauración del bosque nativo.

## REFERENCIAS

- Acevedo, M. (2008). Models of natural and human dynamics in forest landscapes: cross-site and cross-cultural synthesis. *Restoration Ecology* 39 (2) 46-66.
- Aguirre, J. R. (2006). Peasant emigration and land-use change at the water-shed level: Agis-based approach in central México. *The Ecologist* 20 (4) 62-78.
- Andrén, H. (1997). Population response to landscape changes depends on specialization to different landscape elements. *Revista Ecosistemas* (80) 193–196.
- Angelsen, A. y Kaimowitz, D. (1999). Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. World Bank Res. *Restoration Ecology* 25 (4) 73-98.
- Arango, M., Branch, J. y Botero, V. (2005). *Clasificación No Supervisada de Coberturas Vegetales sobre imágenes digitales de Sensores remotos: "Landsat-ETM"*. Universidad Pontificia Bolivariana (Tesis de Grado), Medellín, Colombia.
- Asamblea Nacional Constituyente (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro oficial 449 de 20-oct-2008. Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente (2010). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Registro oficial 303 de 19-oct-2010. Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente (2017). Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial 983 de 12-abr-2017. Ecuador.
- Asner, G. (2004). Grazing Systems, Ecosystems responses, and Global Change. *Annual review of environmental and resources* 32 (4) 261-299.
- Atlas Geográfico de la República del Ecuador (2013).
- Balnera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. (14) (3) 62-75.
- Barrett, G.W. (1994) Conservation of woodland birds in a fragmented rural landscape. *Pacific Conservation Biology* 17 (1) 245–256.
- Bender, D.J. (1998) Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Restoration Ecology* 19 (4) 517–529.
- Bennett, A.F. (1990) Land use, forest fragmentation and the mammalian fauna at Naringal, south-western Victoria. *Wildlife Research* 31 (5) 325–347.
- Bennett, A. (1999). Dearden Why local people do not support conservation: community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Ecological Applications* 20 (5) 180-201.

- Bennett, A. (2006) Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agricultural environments. *Landscape Ecology* 40 (5) 250-264.
- Berry, M. (1996). The Land-Use Change and Analysis System for Evaluating Landscape Management Decisions, Computational Science y Engineering. *The Ecologist* (1) 24-35.
- Bizama, G., y Torrejon, F. (2010). Pérdida y fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén. *Revista de Geografía* 32 (2) 20-35.
- Bocco, O. R. (2001). *La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (29) 18-38.
- Botequilha, A. (2006). Measuring landscapes a planner's handbook washington: island press. *Science of the Landscape* (20) 25-65.
- Bürgi, M. y Hersperger, A.M. (2004). Driving forces of landscape change current and new directions. *Landscape Ecology*. 25 (4) 24-32.
- Bonfil, P. (1996). Las familias rurales ante las transformaciones socioeconómicas recientes. *Revista Iberoamericana de Educación* 31 (5) 64-78.
- Braimoh, A. K. (2006). Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana. *Ecosystems and Environment* (25) 65-99.
- Brondizio, E. y Morán, E. (2012). Relationships between forest stand parameters and Landsat TM spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Landscape Ecology* (10) 140-160.
- Camacho H. L. 1992. Mediciones del Componente Arbóreo: Cercas Vivas y Cortinas Rompevientos.
- Campos, J. (2006). Ambiente, sociedad, cultura y educación ambiental en el Estado de México. *Revista Iberoamericana de Educación* 25 (4) 1-10.
- Cármaro, A. & Rejas, J. (2015). Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987-2011. *Revista Ecosistemas* 14 (8) 2-12.
- Castro, M. y Sierra, R. (2013). Zonas de Procesos Homogéneos de Deforestación del Ecuador. Factores promotores y tendencias al 2020. Programa GESOREN-GIZ y Ministerio de Ambiente, Quito –Ecuador.
- Chávez, E. (2005). La Geografía y el Ordenamiento Territorial en Cuba. *La Gaceta Ecológica* 76. Instituto Nacional de Ecología. México 18 (2) 35-51.
- Chuvieco, E. (2002). Teledetección ambiental Barcelona: Ediciones Ariel. fao (Food and Agriculture Organization) (1996). *Restoration Ecology* (130) 152-160.

- Cohen J, A. (1960). Coeficiente de concordancia para escalas nominales. *Educ Psychol Meas* 19 (2) 58-62.
- Conrad, C. (2011). Corrientes de vida silvestre como un problema de subgrafo conectado. *Revista de Economía Ambiental y Gestión* 40 (6) 11-18.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial, 449 (20 de octubre de 2008). Quito: Autor.
- Conway, T. (2005). Modeling the ecological consequences of land-use policies in an urbanizing region. *Environmental Management* 32 (3) 278–29.
- Correa, AP. 2000. *Evaluación y diseño de un paisaje fragmentado para la conservación de la biodiversidad* (Tesis de Maestría). Universidad de Ciencias Agrónomas, Costa Rica.
- Cooper, C.B. y Walters, J.R. (2002) Experimental evidence of disrupted dispersal causing decline of an Australian passerine in fragmented habitat. *Conservation Biology* 36 (6) 471–478.
- Delgado, LA. (2017). y Matteucci, S. (2004). *Diversidad de Especies Arbóreas en Paisajes Boscosos Fragmentados en el Sur de Venezuela* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Experimental de Guayana, Venezuela.
- De la Torre, S. (2012). *Efectos de la deforestación y la fragmentación sobre la fauna de mamíferos terrestres y primates en los bosques de varzea de la Amazonía del Norte del Ecuador* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Echeverría, C. Bolados, G, Rodríguez, J. Aguayo, M. y Premoli, A. (2015). Ecología de paisajes forestales.
- Etter, A. (1991). Introducción a la ecología del paisaje. Un marco de integración para el levantamiento ecológico. *Landscape Ecology* 32 (3) 25-56.
- Etter, A. y Wilson, K. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Environment International* (114) 369-386.
- Fallas, J. (2002). *Normas y Estándares para datos geoespaciales. Laboratorios de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Escuela de Ciencias Ambientales y Programas Regional en Manejo de Vida Silvestre (Tesis doctoral)*. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- Fernández, N. y Prados, M. J. (2010). Cambios en las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Guadalfeo. Andalucía, España. *Revista Ecosistemas* 37 (5) 52-70.
- Fearnside, PM. (1985). Environmental change and deforestation in the Brazilian Amazon. Change in the Amazon Basin: Man's Impact on Forests and Rivers. *Restoration Ecology* (50) 70-89.

- Folley, J. (2005). Global Consequences of Land Use. *The Ecologist* 42 (5) 16-22.
- Forman, R. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology Cambridge* 24 (4) 133-142.
- Forman, R. y Godron, M. (1986). Quantifying landscape spatial pattern. *Landscape Ecology* (5) 89-92.
- Godron, M. (1986). Ecología del paisaje y las métricas para su cuantificación. *Environment International* 32 (6) 60-78.
- Geist, H. y Lambin, E. (2001). What Drives Tropical Deforestation? *Wildlife Research* 51 (2) 52 - 60.
- Gigord, L. (1999). Effects of habitat fragmentation on *Dombeya acutangula* (Sterculiaceae), a native tree on La Réunion (Indian Ocean). *Journal of Environmental Management* 26 (3) 87-102.
- Green, R. E. 2005. La agricultura y el destino de la naturaleza salvaje. *Revista Ecosistemas* 38 (5) 77-51.
- Gurrutxaga, M. (2010). Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats en Lurralde. *Revista de Geografía* 27 (3) 147-158.
- Guzmán, O. (2007). *Principios Físicos de Teledetección*. Bogotá, Colombia: Editorial: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.
- Grijalva, T. y Otalvaro, J. (2010). *Zonificación ecológica-ambiental y propuesta de manejo del Cantón Pimampiro – Provincia de Imbabura*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Grimble, R. (2002) “Biodiversity management in rural development” Natural Resources Institute. Chatham, UK.
- Herold, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Landscape Ecology* 18 (4) 48-51.
- Hernandez, R. (2009). Woodland restoration in Scotland, history, culture, politics and change. *Journal of Environmental Management* 41 (4) 285-289.
- Hobbs, R.J. (2003) Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany* 32 (5) 471-488.
- Instituto Nacional de Estadística Y Censos (2010).
- Kaimowitz, D. y A, Angelsen. (1998). Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The world bank research observer* 51 (4) 73-98.
- Kapos, V. (2000). Assessing Forest Integrity and Naturalness in Relation to Biodiversity. Forest Resources Assessment Programme, Food and Agriculture Organization. *Environment International* (65), 25-40.

- Kershaw, (1985). *Quantitative and dynamic plant ecology. 3rd Edition*. Victoria, Canadá 45 (2) 23-28.
- Kraemer, H. C. (2002). Coeficientes kappa en la investigación médica. *Estadística en medicina* 32 (1) 212-219.
- King, AW. (2002). Dispersal success on spatially structured landscapes: When do spatial pattern and dispersal behavior really matter? *Environment International* 37 (1) 23-39.
- Kitron, U. (1998). Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: tools for spatial analysis. *The Ecologist* 36 (3) 45-50.
- Koleff, P. (2012). La informática de la biodiversidad: una herramienta para la toma de decisiones. *CONABIO* (13) 56-72.
- Krishnamurthy L., Ávila M., 1999, “Agroforestería básica”, México D.F., México, PNUD, FAO, RED DE FORMACION AMBIENTAL, 340 Pág.
- Krummel, JR. (1987). Landscape patterns in a disturbed environment. *Journal of Environmental Management* 48 (4) 321-24.
- Lambin, E. (1999). Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography. (Restoration Ecology)* 18 (3) 375-393.
- Lambin, E. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 25 (2) 260-265.
- Lundberg, J. (2003). Mobile link organisms and ecosystem functioning: implications for ecosystem resilience and management. *Restoration Ecology* (6) 87-98.
- Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (2016)
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (2004).
- Lindenmayer, D.B. (1999). The response of arboreal marsupials to landscape context: a largescale fragmentation study. *Landscape Ecology* (9) 594-611.
- Lindenmayer, D.B y Fischer, P. (2006). Sound recording of bird vocalisations in forests. II. Longitudinal profiles in vocal activity. *Wildlife Research* (31) 209–217.
- Liu, J. (2002). Integrating Landscape Ecology into Natural Resource Management. *Biological Conservation* (480) 50-63.
- MAE. (2001). Ministerio del Ambiente. *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Quito: MAE.
- Malcolm, J.R. (1994). Edge effects in central Amazonian forest fragments. *Restoration Ecology* (75) 243–247.

- Maldonado, P. (2005). *Demografía, conceptos y técnicas fundamentales*. México, Distrito Federal: Editorial Plaza y Valdés 16 (4) 89-120.
- Malthus, Thomas (1998). *Ensayo sobre el principio de la población*, México, Fondo de Cultura Económica [traducción de la última edición del ensayo], UNAM.
- Marcucci, D.J. (2000). Landscape history as a planning tool, *Landscape and Urban Planning. Journal of Environmental Management* 41 (4) 67–81.
- Matlack, G.R. (1993). Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation* 36 (6) 185–19.
- Matteucci, SD y Buzai, G. (1995). La ecología de paisaje una herramienta importante para el análisis de los datos espaciales. *Landscape Ecology* 42 (6) 56-80.
- Matteucci, SD. (1998). La cuestión del patrón y la escala en la ecología del paisaje y de la región. *Landscape Ecology Cambridge* 63 (12) 219-248
- Matteucci, SD. (2004). *Mosaicos de paisaje y conservación regional: el Alto Paraná Encajonado argentino-paraguayo*. Buenos Aires, AR, Universidad de Buenos Aires. Editorial de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.
- Matteucci, SD. (2005). *Metodología para el estudio del paisaje*. Washington, D. C., Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, EEU.UU. (85), 168-200.
- Mas, R. (2011). *Tutorial (nivel básico), para la elaboración de mapas con ArcGis*. Madrid, España. Editorial: Universidad Autónoma de Madrid.
- McGarigal, k. Marks, B. (1995). Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure (unpublished computer program user manual and guide). Oregon State University, Cornallis.
- McGarigal, K. (1998). “Quantifying Landscape Spatial Pattern: What is the State of the Art?” *The Ecologist* 25 (1) 143-156.
- McGarigal, K. (1995) y Cushman, A. (2005). The Gradient Concept of Landscape Structure. Department of natural resources conservation. *Restoration Ecology* 32 (6) 31–68.
- McCracken, SD. (1999). Remote sensing and GIS at farm property level: Demography and deforestation in the Brazilian Amazon. *Environment International* 65 (5) 13-22.
- Miller, JR., y Turner, MG., y Smithwick, Dent. (2004). Spatial extrapolation: the science of predicting ecological patterns and processes. *BioScience* 32(4) 10-20.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Propuesta de Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Ecuador 2011-2020.

- Moody, A. (1995) The influence of scale and the spatial characteristics of landscapes on land-cover mapping using remote sensing. *Landscape Ecology* 25 (6) 363-379.
- Mogroviejo, P. (2017). *Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático*. (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador.
- Moilanen, A. y Hanski, I. (2001). On the use of connectivity measures in spatial ecology. *Journal of Environmental Management* 39 (5) 147–151.
- Montserrat, P. (1996). Uso de suelo y frontera agrícola en el sudeste de Nicaragua. Ejemplo de Integración de los Sistemas de Posicionamiento Global y la Teledetección. *Revista de Geografía* 14 (3) 143-164.
- Morales, L. (2017). *Fragmentación del paisaje en el Municipio de Tenancingo, Estado de México*. (Tesis de Grado). Toluca, México.
- Murcia, C. 1995. Efectos límite en bosques fragmentados: implicaciones para la conservación. *Wildlife Research* 25 (10) 58-62.
- Negrete, G. y G. Bocco (2003) “El ordenamiento ecológico comunitario: una alternativa de planeación y participación en el contexto de la política ambiental de México” *Gaceta Ecológica*. 68, INE, México. pp. 9-22.
- Newton, A. (2007). *Biodiversity loss and conservation in fragmented forest landscapes: the forests of montane Mexico and temperate South America*. Wallingford, Oxford UK. Editorial: School of Conservation Sciences
- Orozco, H. (2004). *Cuantificación de cuadernos de investigación*. En Atlas Agrario Ejidal del Estado de México, Toluca, México: Editorial UAEM.
- Pearson, SM. (1999). Landscape change and habitat availability in the southern Appalachian highlands and the Olympic Peninsula. *Landscape Ecology* 41 (12) 56- 70.
- Perera, A. (2000). Ecology of a Managed Terrestrial Landscape: Patterns and Processes of Forest Wcapes in Ontario. *The Ecologist* 15 (5) 52-60.
- Petitbas, R. (2010). *Cambios en los Patrones Espaciales del Paisaje: Caso de Estudio en un Valle Pre-Cordillerano de la IX Región de Araucanía, Chile*. (Tesis de grado). Universidad Católica de Chile, Chile.
- Pontius, R. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence, Agriculture, Ecosystems & Environment. *Environmental International* 22 (3) 251-268.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantón Pimampiro. (2014)
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantón Pimampiro. (2011 - 2031)

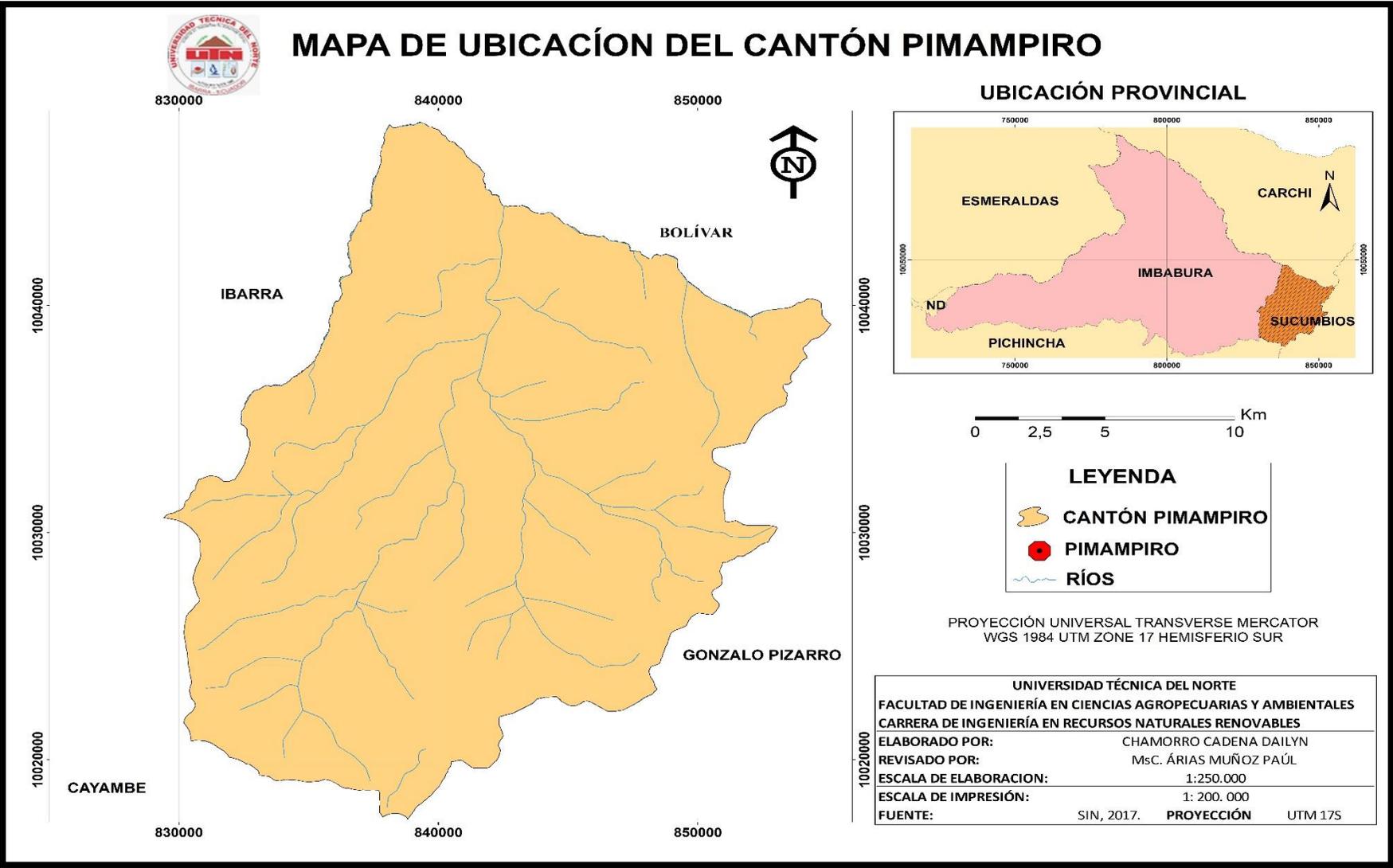
- Plan Nacional de Desarrollo (2017 - 2021).
- Pielou, E. (1977). *Mathematical Ecology*. New York, EE.UU. *Landscape Ecology* (22) 380- 385.
- Pickett, ST. Y Cadernasso, ML. (1995). Spatial heterogeneity in ecological systems. *Science direct* (52)185-200.
- Radford, J.Q. (2005) Landscape level thresholds of habitat cover for Woodland dependent birds. *Biological Conservation* 7 (14) 317–337.
- Ramankutty, N. Y Foley, J.A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical* 45(13) 97-102.
- Reddy, C. y Dadhwal, S. (2013). National assessment of forest fragmentation in India: landscape indices as measures of the effects of fragmentation and forest cover change. *Ecological Engineering* (60) 453-464.
- Rocchini, D. y Chiarucci, A. 2010). Landscape change and the dynamics of open formations in a natural reserve. *Science direct* 45 (6) 85-96.
- Rodríguez, J. (2007). “La geoecología del paisaje, como fundamento para el análisis ambiental”. *Revista Electrónica PRODEMA*, Universidad Federal do Ceará, Fortaleza 23 (1) 77-98.
- Rodríguez, O. 2012. *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del municipio del distrito central de Honduras en los años 1987 y 2006* (Tesis de grado). Universidad Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.
- Rosete, F. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 41 (4) 21-36.
- Salinas, E. (2005). “*La geografía física y el ordenamiento territorial: una introducción necesaria*”, Gaceta Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, México.
- Sánchez, A. y González (2003) *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. México, Semarnat.
- Santander, Á. (2008). Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes, Semarnat-INE y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, México. 26 (5) 89-102.
- Sarria, F. y Palazón, A. (2008). *Herramientas de la teledetección aplicadas a la gestión de los recursos hídricos*. Murcia, España: Editorial Universidad de Murcia.
- Sedesol (2005) *Términos de referencia para la elaboración de programas municipales de ordenamiento ecológico y territorial*. Agenda de transversalidad. México, Semarnat-INE-Sedesol.

- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000). Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Publicada el 7 de julio de 2013 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente. SEMARNAT.
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). Ordenamiento Ecológico Territorial conceptos y experiencias. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada 7 de junio de 2011. SEMARNAT
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación (DOF). Distrito Federal. Última reforma publicada septiembre de 2003. SEMARNAT.
- Sierra, R. 2013. *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. Conservación Internacional Edit: Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador.
- Sistema Nacional de Información. (2010). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón San Pedro de Pimampiro 2014-2019. Quito, Ecuador.
- Steininger, M. (2001). Clearance and fragmentation of tropical deciduous forest in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology* 27 (7) 856-866.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA 2017)
- Troll, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung, Erdkunde Berlin. *Journal of Enviromental Management* 51 (18) 241-298.
- Troitiño, M. A. (2006) “Ordenación del territorio y desarrollo territorial: la construcción de la geografía del futuro” en Geocalli. Cuadernos de Geografía. Año 7, número 14, Desarrollo territorial y paisaje. Septiembre 2006, pp. 17-68.
- Turner, M. (1989). Landscape Ecology: the effect of pattern on process. *Ecology and Systematics* 78 (15) 171-197.
- Turner, B. y Meyer, W. (1994). Changes in land use and land cover: a global perspective. *Enronmental International* 48 (4) 63-70.
- Tuner, M. (2001). Landrcape Ecology in Theory and Practice. New York: Springer-Verlag. *Restoration Ecologyc* (8) 95-105.
- Turner, M. (2005). Landscape ecology in North America: past, present and future. Ecology, In press. *Ecology and Systematics* (45) 181-197.
- Turner, M. (2006). Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the southern Appalachian Mountains (USA). *Landscape Ecologyc* (18) 49-64.

- Uribe, L. F. (2002). *Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en un ecosistema de alta montaña en el oriente de Antioquia en los años 1992-2000*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Urquijo, P. (2011), "Los estudios de paisaje y su importancia en México, 1970-2010", *Journal of Latin American Geography*, Conference of Latin Americanist Geographers (CLAG) and distributed by the University of Texas Press, Texas. (10) 37-63.
- Vila, J. y Varga, D. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Revista de Geografía* 23 (5) 50-72.
- Vitousek, P. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Biological Sciences* 18 (5) 32-60.
- Volgemann, JE. 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conservation Biology* 17 (2) 439-449.
- Ward, JV. (2002). Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landscape Ecology* 36 (7), 35-45.
- Wiens J. (2002). Central concepts and issues of landscape ecology. *Applying landscape ecology in biological conservation* 23 (3) 3-21.
- Wiens J. (2005). Niche Conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. *Journal of Environmental Management* (7) 8-19.
- Williams, G. (1991). "Los bordes de selvas y bosques". *Ciencia y desarrollo*. Bogotá, Colombia. 25 (4) 65-71.
- Wilkes, H. R. 2006. Guía Metodológica para la instalación y el manejo de sistemas agroforestales. IIAB- DED.
- Wilson, E. (1997). *Biodiversity II: understanding and protecting our biological resources*. Washington, D.C, EE.UU: Editorial Henry Press. (10), 22-25.
- Wood, R., y Handley, J. (2001). Landscape dynamics and the management of change. *Restoration Ecology* 32 (8) 56-70.
- Wu, J. y Hobbs, R. (2002). Key Issues and Research Priorities in Landscape Ecology. *Landscape Ecology* 25 (5) 121-138.
- Young, A. 1987. Soil productivity, soil conservation and land evaluation. *Agroforestry Systems*, 5:277-291.

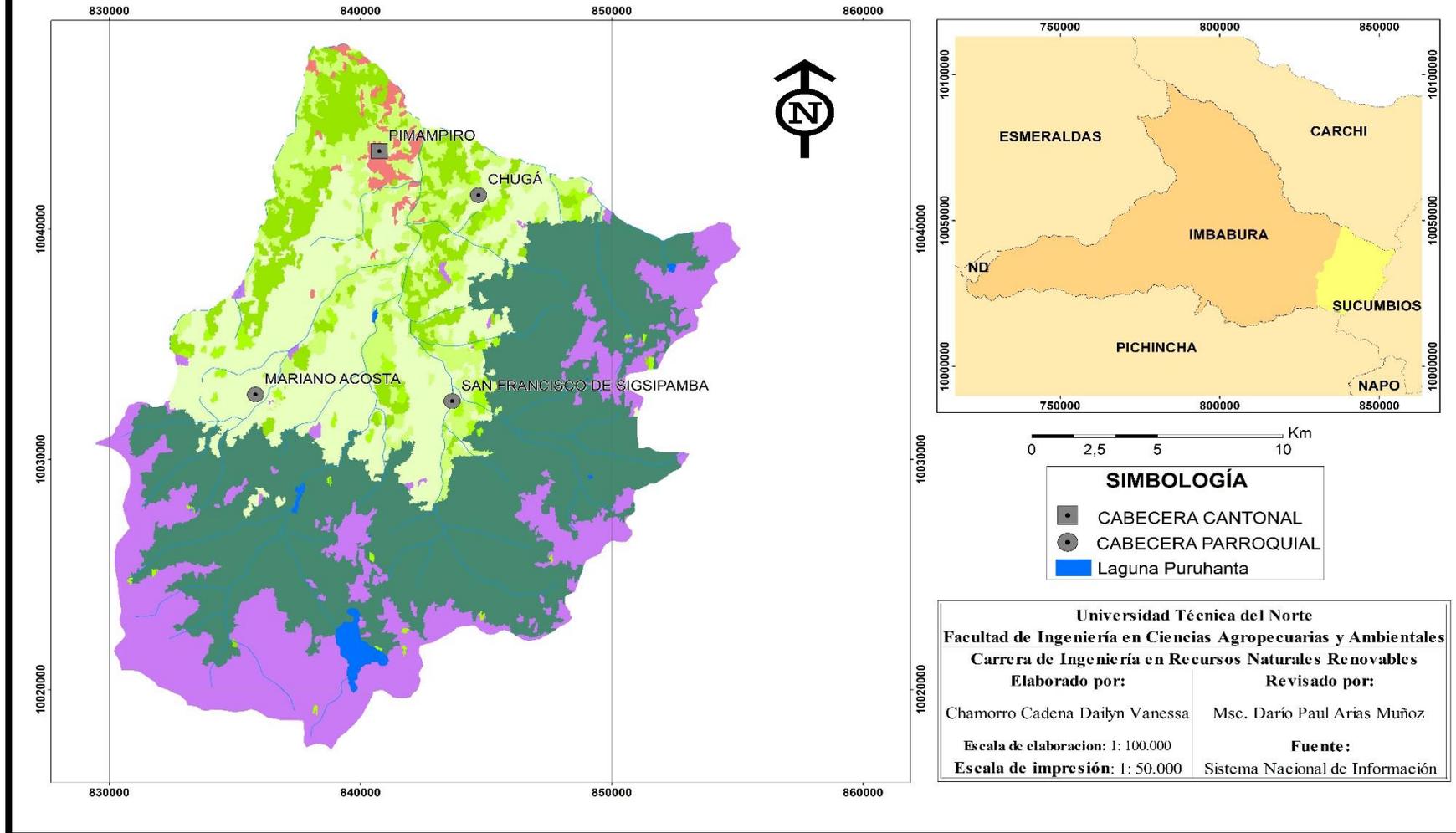
# ANEXOS

Anexo 1a. Mapa de ubicación del cantón Pimampiro.





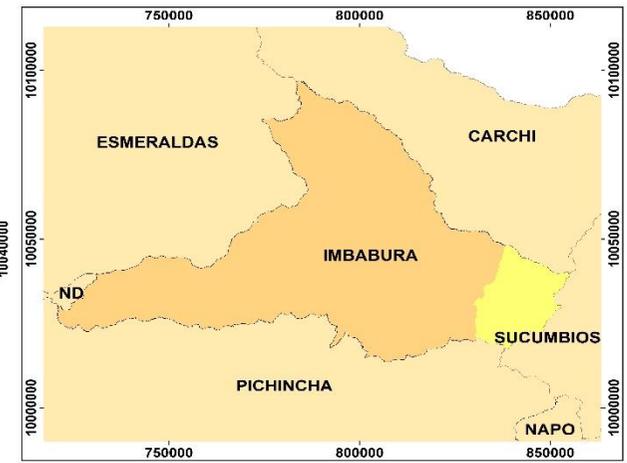
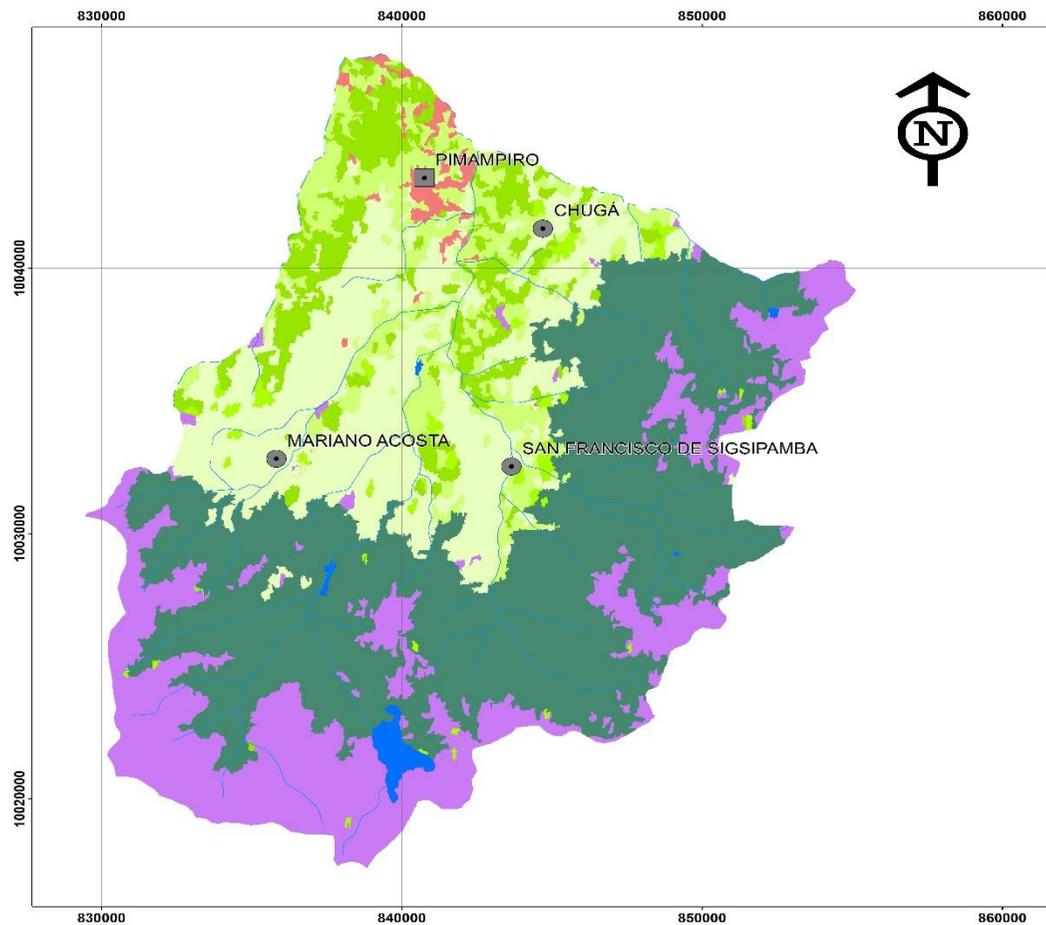
## MAPA DE USO Y COBERTURA DE SUELO DEL CANTON PIMAMPIRO 2001



Anexo 1b: Mapa de uso y cobertura del suelo del Cantón Pimampiro año 2001



# MAPA DE USO Y COBERTURA DE SUELO DEL CANTON PIMAMPIRO 2007



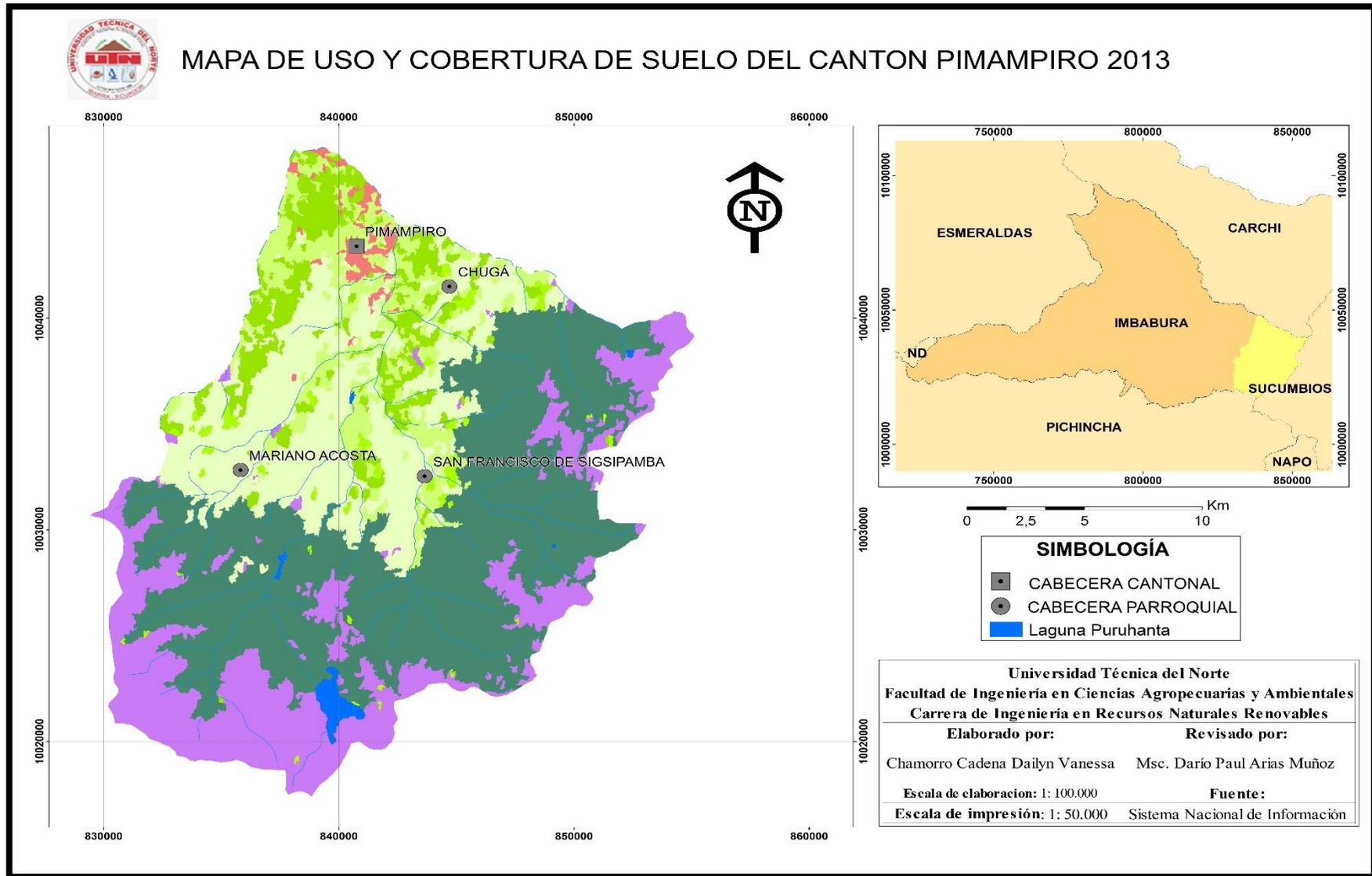
SIMBOLOGÍA	
■	CABECERA CANTONAL
●	CABECERA PARROQUIAL
■	Laguna Puruhanta

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Elaborado por:	Revisado por:
Chamorro Cadena Dailyn Vanessa	Msc. Darío Paul Arias Muñoz

Escala de elaboración: 1: 100.000  
Escala de impresión: 1: 50.000 Fuente: Sistema Nacional de Información

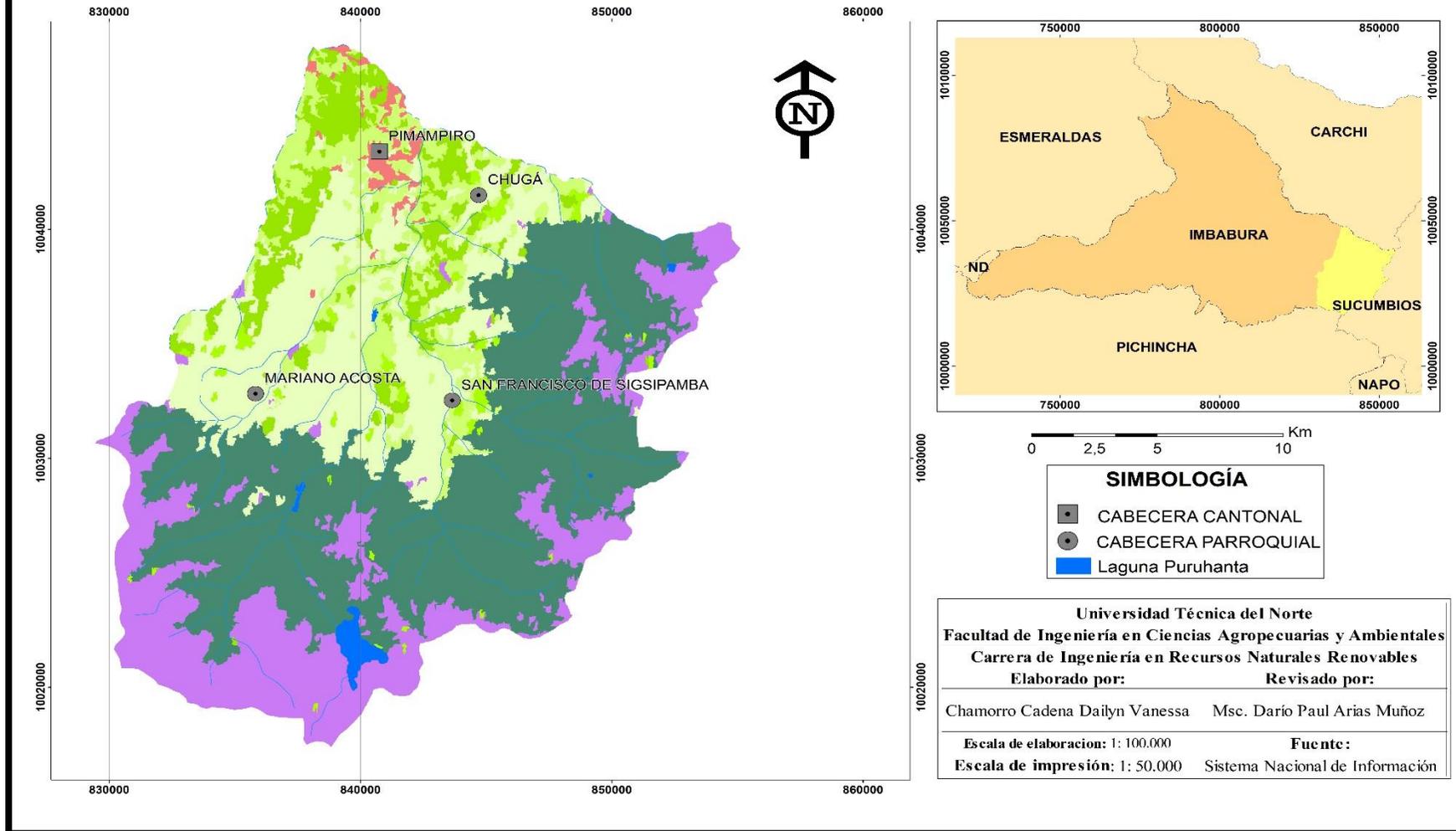
Anexo 1c. Mapa de uso y cobertura del suelo del Cantón Pimampiro año 2007



Anexo 1d. Mapa de uso y cobertura del suelo del Cantón Pimampiro año 2013



## MAPA DE USO Y COBERTURA DE SUELO DEL CANTON PIMAMPIRO 2017



Anexo 1e. Mapa de uso y cobertura del suelo del Cantón Pimampiro año 201