



Universidad
Nacional
de Loja

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio
Ambiente**

**DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E
INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS
CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE
LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 – 2016**

Tesis de grado para la obtención del
título de Ingeniero en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente

AUTOR

Jorge Jonathan Benítez Betancourt

DIRECTOR

Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca Mg. Sc

Loja, marzo – 2021

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS

Loja, 8 de septiembre de 2020

En calidad de director de tesis **CERTIFICO** que el Señor **Jorge Jonathan Benítez Betancourt**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1105722233, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, ha desarrollado la Tesis de Grado titulada “**DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 - 2016**”, la misma que ha sido debidamente dirigida y revisada cumpliendo con todas las normas reglamentarias vigentes y dentro del cronograma establecido.

Por tal razón, autorizo la presentación y publicación de la presente Tesis de Grado.

Atentamente,

OSCAR
LENIN JUELA
SIVISACA

Firmado digitalmente por OSCAR
LENIN JUELA SIVISACA
DN: c=ECOSCAR, LENIN JUELA
SIVISACA e=O.C@UNLJ.A
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2020.09.17 16:13:03.000

Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca Mg. Sc
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS

Loja, 25 de marzo de 2021

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis de Grado titulada “**DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 – 2016**” de autoría del Señor **Jorge Jonathan Benítez Betancourt** egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, **CERTIFICAN** que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros, por tal motivo se procede aprobar y calificar el trabajo de Tesis de Grado.

Por lo tanto, autorizamos al Señor egresado, su publicación y difusión.

Atentamente,

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo Mg. Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ph.D., Luis Gerardo Rodríguez
VOCAL DEL TRIBUNAL



Ph.D., Víctor Alonso Cartuche Paqui
VOCAL DEL TRIBUNAL



AUTORÍA

Loja, 25 de marzo de 2021

Yo, Jorge Jonathan Benítez Betancourt, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada **“DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 - 2016”**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

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

JORGE
JONATHAN
BENITEZ
BETANCOURT

Himado digitalmente por
JORGE JONATHAN
BENITEZ
BETANCOURT
Fecha: 2021.04.01
08:34:30 -05'00'

Jorge Jonathan Benítez Betancourt

C.I.: 1105722233

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Jorge Jonathan Benítez Betancourt**, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada **“DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 - 2016”** como requisito para optar al Grado de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI). Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 01 días del mes de abril del dos mil veintiuno, firma el autor.



JORGE
JONATHAN
BENITEZ
BETANCOURT

Himado
digitalmente por
JORGE JONATHAN
BENITEZ
BETANCOURT
Fecha: 2021/04/01
08:34:30 -05'00'

Autor: Jorge Jonathan Benítez Betancourt

Cédula de identidad: 1105722233

Dirección: Loja, barrio San Vicente bajo calle Manuel Rengel

Teléfono: 0959553604

Correo electrónico: jjbenitezb@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca Juela. Mg. Sc

Tribunal de grado: Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo Mg. Sc
Ph.D., Luis Gerardo Rodríguez
Ph.D., Víctor Alonso Cartuche Paqui

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, por la vida y permitirme cumplir este logro académico; a mis padres, esposa y demás familiares quienes con su apoyo infinito me han dado fuerzas para alcanzar mis metas.

Un agradecimiento al Ing. Oscar Juela quien fue director durante este proceso de investigación, y a toda la planta docente de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja por brindarme sus conocimientos y prepararme para la vida profesional.

Jorge Jonathan Benítez Betancourt

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres Jorge y Rosa por brindarme su apoyo incondicional y forjarme como la persona que soy.

A mi amada esposa Daniela Castillo quien fue mi soporte en los momentos difíciles y fortaleció mis ganas de superarme.

A mi querido hijo Daniel por ser el motivo e inspiración para salir adelante y deparar un mejor futuro.

A mis compañeros y amigos quienes compartieron conmigo alegrías y tristezas durante mi formación académica y todos aquellos que confiaron en mi para hacer realidad este sueño.

Jorge Jonathan Benítez Betancourt

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS.....	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
TÍTULO	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. DINÁMICA DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO	3
2.1.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS.....	4
2.1.2. IMPLICACIONES DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	7
2.2. SUBSISTEMA NATURAL Y SU IMPORTANCIA EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.....	8
2.2.1. PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	9
2.2.2. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL.....	10
2.3. CARTOGRAFÍA DE USOS DE SUELO POR TELEDETECCIÓN ESPACIAL PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	11
2.3.1. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES.....	12
2.3.2. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES SATELITALES	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	14

3.2. COBERTURA Y USOS DE SUELO	16
3.2.1. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS	16
3.2.2. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	17
3.2.3. VALIDACIÓN DE RESULTADOS	18
3.3. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL	20
3.3.1. TASA DE DEFORESTACIÓN	20
3.3.2. TASA DE CAMBIO EN VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO	21
3.3.3. RELACIÓN COBERTURA NATURAL/ COBERTURA ANTRÓPICA.....	22
3.3.4. EXTENSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA.....	23
3.3.5. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	24
3.4. LINEAMIENTOS DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA AMBIENTAL	25
4. RESULTADOS.....	25
4.1. COBERTURAS Y USOS DE SUELO	25
4.2. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL	33
4.3. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS	49
5. DISCUSIÓN.....	53
6. CONCLUSIONES.....	57
7. RECOMENDACIONES.....	58
8. REFERENCIAS	58
9. ANEXOS	65
9.1. MATRICES DE CONFUSIÓN DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES SATELITALES.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. -Leyenda temática de cobertura y uso del suelo.	5
Tabla 2. Coordenadas geográficas de las cabeceras cantonales del área de estudio.	15
Tabla 3. -Matriz de confusión.	19
Tabla 4. -Interpretación de los valores Kappa.....	19
Tabla 5. -Cobertura y usos de suelo del cantón Paltas entre el periodo 1986 - 2016.....	26
Tabla 6. -Cobertura y usos de suelo del cantón Olmedo entre el periodo 1986 - 2016.	27
Tabla 7. -Cobertura y usos de suelo del cantón Chaguarpamba entre el periodo 1986 – 2016..	28
Tabla 8. -Validación de la clasificación de imágenes.	28
Tabla 9. -Deforestación de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.	33
Tabla 10. -Tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Paltas	34
Tabla 11. -Tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Olmedo.	35
Tabla 12. -Tasa de cambio de vegetación y uso de suelo del cantón Chaguarpamba.....	35
Tabla 13. -Antropización de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba entre el periodo 1986 - 2016.....	39
Tabla 14. -Extensión de la frontera agrícola de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.	43
Tabla 15. -Área Naturales Protegidas de los cantones Paltas y Chaguarpamba.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. -Mapa de ubicación del área de estudio.....	15
Figura 2. -Proceso metodológico para el análisis multitemporal de cobertura y uso de suelo. 20	20
Figura 3. -Proceso metodológico del cálculo de la tasa de deforestación.....	21
Figura 4. -Proceso metodológico del cálculo de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo.	22
Figura 5. -Proceso metodológico del cálculo del índice de antropización.....	23
Figura 6. -Proceso metodológico del cálculo de la extensión de la frontera agrícola.....	24
Figura 7. -Proceso metodológico del cálculo del indicador áreas naturales protegidas.....	24
Figura 8. -Cobertura y uso de suelo del cantón Paltas de los años 1986, 1996, 2006, 2016. ..	30
Figura 9. -Cobertura y uso de suelo del cantón Olmedo de los años 1986, 1996, 2006, 2016.	31
Figura 10. - Cobertura y uso de suelo del cantón Chaguarpamba de los años 1986, 1996, 2006, 2016.....	32
Figura 11. -Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Paltas.....	36
Figura 12. -Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Olmedo.	37
Figura 13. -Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Chaguarpamba.....	38
Figura 14. -Grado de antropización del cantón Paltas.	40
Figura 15. -Grado de antropización del cantón Olmedo.....	41
Figura 16. -Grado de antropización del cantón Chaguarpamba.....	42
Figura 17. -Cobertura agropecuaria del cantón Paltas en los años 1996, 1996, 2006, 2016. ..	44
Figura 18. -Cobertura agropecuaria del cantón Olmedo en los años 1996, 1996, 2006, 2016.	45
Figura 19. -Cobertura agropecuaria del cantón Chaguarpamba en los años 1996, 1996, 2006, 2016.....	46
Figura 20. -Áreas Naturales Protegidas del cantón Paltas.	47

Figura 21.-Áreas Naturales Protegidas del cantón Chaguarpamba.....	48
---	-----------

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-Categorización de áreas de entrenamiento.....	17
Cuadro 2.-Lineamientos estratégicos para el cantón Paltas.....	50
Cuadro 3.-Lineamientos estratégicos para el cantón Olmedo.	51
Cuadro 4.-Lineamientos estratégicos para el cantón Chaguarpamba.	52

**DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL SUELO E
INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL DE LOS
CANTONES PALTAS, OLMEDO Y CHAGUARPAMBA DE
LA PROVINCIA DE LOJA EN EL PERIODO 1986 – 2016**

RESUMEN

Los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba se caracterizan por ser una importante área de producción agropecuaria, forestal y poseer múltiples ambientes naturales biodiversos; sin embargo, a lo largo del tiempo las manifestaciones naturales y antrópicas en gran mayoría han producido cambios en la superficie del suelo que repercute en la planificación y ordenamiento del territorio, por lo que, conocer la dinámica de la cobertura vegetal y uso de suelo es importante en estudios de planificación territorial. En este estudio, se desarrolló un análisis multitemporal de la cobertura vegetal entre el periodo 1986 – 2016 con imágenes satelitales Landsat. Se utilizó el método de clasificación supervisado en la que, además se calculó indicadores del subsistema natural para conocer las características generales del territorio y así definir lineamientos de planificación estratégica ambiental. En las clasificaciones de cada imagen satelital se identificaron las coberturas de bosque, pastizal, suelo descubierto, agua y poblados las cuales fueron validadas independientemente mediante una matriz de confusión y revisadas mediante el estadístico Kappa dando una precisión del 85% para el año 1986, 87% para el año 1996, 85% para el año 2006 y 84% para el 2016. Los indicadores del subsistema natural fueron calculados mediante la información del cambio de uso, dando como resultados que la tasa de deforestación muestra pérdidas de bosque en los periodos 1986 – 1996 y 2006 – 2016 mientras que en el periodo 1996 – 2006 se mostró recuperación de dicha cobertura. Además, la cobertura agrícola representó un incremento en los últimos 30 años de estudio, dando así que, para el cantón Paltas aumente un 19,29%; Olmedo un 32,55% y Chaguarpamba un 37,87%. Por otra parte, el mayor índice de antropización para el año 2016 resultó ser mayor en el cantón Chaguarpamba representando un 30,71% a diferencia de los cantones Paltas y Olmedo con un 21,25% y 22% respectivamente. Siendo evidente los cambios en la cobertura del suelo se sugirió lineamientos de planificación estratégica ambiental mismos que servirán a los GADs de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba en la toma de decisiones para el ordenamiento territorial, de manera que mejoren la conservación del bosque y sus recursos, la productividad del agro y el bienestar poblacional.

Palabras clave: uso de suelo, análisis multitemporal, clasificación supervisada, subsistema natural, ordenamiento territorial.

ABSTRACT

The cantons Paltas, Olmedo and Chaguarpamba are characterized by being an important area of agricultural and forestry production and have multiple biodiversity natural environments, nevertheless, over time the natural and anthropic manifestations in the vast majority have produced changes in the soil surface, which has an impact on the planning and planning of the territory, so knowing the dynamics of plant cover and land use is important in territorial planning studies. In this study, a multitemporal analysis of the vegetation cover between the period 1986 – 2016 with Landsat satellite images was developed, the supervised classification method was used in which indicators of the natural subsystem were also calculated to know the general characteristics of the territory and thus define guidelines for Strategic Environmental Planning. In the classifications of each satellite image, forest cover, grassland, uncovered soil, water and settlements were identified, which were independently validated by a confusion matrix and revised by the Kappa statistic giving an accuracy of 85% for 1986, 87% for 1996, 85% for 2006 and 84% for 2016. The indicators of the natural subsystem were calculated using the information of the change of use, giving as results that the deforestation rate shows forest losses in the periods 1986 – 1996 and 2006 – 2016 while in the period 1996 – 2006 it showed recovery of this coverage. In addition, agricultural coverage represented an increase in the last 30 years of study, thus giving the canton of Avocas an increase of 19.29%; Olmedo 32.55% and Chaguarpamba 37.87%. On the other hand, the highest rate of anthropization for 2016 turned out to be higher in the canton of Chaguarpamba representing 30.71% unlike the cantons Paltas and Olmedo with 21.25% and 22% respectively. The changes in land cover being evident, suggested strategic environmental planning guidelines that will serve the Gads of the cantons Paltas, Olmedo and Chaguarpamba in the decision-making for territorial planning, so as to improve the conservation of the forest and its resources, agricultural productivity and population well-being.

Keywords: land use, multitemporal analysis, supervised classification, natural subsystem, territorial planning.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cambio de uso de suelo surge hace más de 40 años cuando se dictó la ley de la reforma agraria, la cual no consideraba aspectos ambientales ni lineamientos de planificación territorial, lo que trajo consigo que la expropiación de terrenos incrementen la producción agrícola y se vean afectadas muchas áreas naturales (Maldonado, 1980), lo cual acarrió problemas como la fragmentación de hábitats, alteración del paisaje y contribución al cambio climático (Maroneze, Zepka, Vieira, Queiroz y Jacob, 2014).

En la provincia de Loja se evidencia la presión que ejercen las actividades antrópicas sobre el medio natural, puesto que un 43,4% de la superficie total se encuentra ocupada por el sector agrícola y pecuario mientras que un 36,19% está ocupado por bosques y páramos (GPL, 2014), provocando conflictos de uso de suelo.

Como ocurre en el cantón Paltas, donde el 15,5 % de la superficie total existen problemas de sobreutilización principalmente por zonas no aptas para actividades agrícolas, forestales y pecuarias lo que ha producido la degradación de la cobertura vegetal natural (Maita, 2015).

Asimismo, en el cantón Olmedo los matorrales han tomado mayor superficie representando el 49,22% produciendo la disminución de áreas de mosaico agropecuario y la pérdida de bosque en 1,33% (GAD/Olmedo, 2014); por otra parte, en el cantón Chaguarpamba las áreas antrópicas ocupan un mayor porcentaje frente a las coberturas naturales (Cueva, 2010), puesto que el uso pecuario-bovino es el más predominante representando un 67,08% seguido del uso para áreas de conservación y protección con un 29,24% (MAGAP, 2015).

Por tal motivo los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) buscan la manera de solucionar los problemas de planificación y mejorar la gestión de su territorio, para ello es importante determinar indicadores del subsistema natural mismos que ayudan a identificar las

amenazas, aptitudes y características naturales del territorio (INECC, 2017). Es por ello que, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo los indicadores del subsistema natural contribuyen en la planificación territorial de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba de la provincia de Loja?

La presente investigación tiene como objetivo general “Determinar la dinámica de la cobertura del suelo para el cálculo de indicadores del subsistema natural como aporte a la planificación y ordenamiento territorial de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba de la provincia de Loja.

Y como objetivos específicos:

- Determinar los cambios de uso de suelo y vegetación en los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba entre el periodo 1986 - 2016.
- Calcular los indicadores de tasa de deforestación, tasa de cambio en vegetación y uso del suelo, relación cobertura natural/cobertura antrópica, extensión de la frontera agrícola y áreas naturales protegidas.
- Sugerir lineamientos de planificación estratégica ambiental en base a los indicadores del subsistema natural que mayor cambio significativo presenten.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DINÁMICA DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

La cobertura del suelo es la superficie biofísica donde se desarrolla la vida, por ende, la dinámica espacio temporal del suelo sufre modificaciones que dan como lugar a lo que llamamos cambios de cobertura y usos del suelo que es la manera de cómo el suelo es ocupado por las actividades antrópicas a lo largo del tiempo (Volante, 2014). El conocimiento de la dinámica de la cobertura y uso del suelo constituyen aspectos fundamentales en el análisis biofísico como herramienta para la planificación y ordenamiento territorial tanto por su influencia en la evolución y formación del suelo como en la provisión de los bienes y servicios ambientales (Sepúlveda, Saavedra y Esse, 2019).

El exploración de la cobertura vegetal y uso del suelo ha sido de gran utilidad para estudios de conocimiento del estado de la vegetación especialmente en bosques y en sectores agrícolas de gran escala, además representan una metodología eficaz para la planificación y ordenamiento territorial (Meza y Armenteras, 2018). Según Skole, et. al (1994), la importancia de los estudios sobre la dinámica del suelo tiene tres enfoques de investigación:

- Mediciones de la tasa de cambio, la ubicación espacial y características temporales.
- Exploraciones de campo que reúnan información a escala sobre la dinámica de cambio de cobertura del suelo.
- Identificación amplia sobre los factores que inciden en los cambios y determinar la tendencia futura mediante proyección.

En la dinámica de la cobertura entre un tercio a un medio de la producción global de los ecosistemas está asociado a las actividades humanas (Foley et al., 2005), lo que ha provocado que se reduzca la calidad de la cobertura vegetal tanto en su estructura como en su composición; es decir que afecta a la cantidad, biodiversidad y a la forma de cómo se distribuyen (Chacón,

Harvey y Delgado, 2007) lo que pone en riesgo la conservación de la biodiversidad, disminuye la resiliencia de los ecosistemas y provoca una disminución de los bienes y servicios ambientales (Acharya K, Dangui y Acharya M, 2011). Además, la heterogeneidad de uso del suelo hace que la configuración espacial de los ecosistemas modifique la distribución de los recursos naturales haciendo que los ecosistemas sean más frágiles y los recursos menos accesibles (Galicia, García, Gómez y Ramírez, 2007).

2.1.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS

La diversidad y heterogeneidad del uso suelo generan complicados patrones espacio temporales por lo que cabe preciso establecer un sistema de clasificación para las coberturas, así, cada país tiene su diferente sistema de clasificación, en el caso de Ecuador el MAE - MAGAP (2014) clasifica las coberturas en niveles (**Tabla 1**) para su mejor comprensión y aplicación cartográfica.

El primer nivel de las coberturas y uso del suelo en el Ecuador corresponde a 6 clases determinadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC); el segundo nivel son 16 clases establecidas por varias entidades ecuatorianas como: el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), el Ministerio del Ambiente (MAE) y el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE); el tercer y cuarto nivel es realizado mediante el levantamiento de información en campo por el MAE y MAGAP (MAE, 2018).

Tabla 1.-Leyenda temática de cobertura y uso del suelo.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
Bosque	Bosque nativo		
	Plantación forestal		
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual	Cereales	Arroz, maíz duro y maíz suave
		Leguminosas	
		Raíces y tubérculos	Papa
		Hortalizas	
		Industriales	Tabaco
	Cultivo semipermanente	Medicinales	Chía
		Frutales	Banano
		Industriales	Caña de azúcar
	Cultivo permanente	Tallos comestibles	Palmito
		Fibra	Abacá
Frutales		Cacao, café	
Oleaginosas		Palma africana	
Fibra		Paja toquilla	
Mosaico agropecuario	Condimento	Pimienta	
	Misceláneo de cereales		
	Misceláneo de ciclo corto		
	Misceláneo de hortalizas		
		Misceláneo de flores	
		Misceláneo de frutales	

		Misceláneo de plantas aromáticas Misceláneo indiferenciado
	Pastizal	
	Otras tierras agrícolas	Tierras en transición
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva Vegetación herbácea Páramo	
Cuerpo de agua	Natural Artificial	
Zona antrópica	Área poblada Infraestructura	
Otras tierras	Área sin cobertura vegetal Glaciar	
Sin información	Sin información	

Fuente: MAE (2018).

2.1.2. IMPLICACIONES DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

La estrecha relación entre el ser humano y los procesos de desarrollo económico han provocado que los cambios de cobertura y uso del suelo sean reconocidos como uno de los principales causantes del deterioro ambiental global (González, Serrano, Lemus, y Flores, 2010), ya que su impacto negativo sobre los ecosistemas desencadena efectos como la degradación de los recursos naturales, alteraciones climatológicas y pérdida de la biodiversidad animal y vegetal; por lo que, tal impacto ha sido de mayor preocupación para investigadores que ha hecho que busquen mecanismos que ayuden a minimizar los daños medioambientales (Quichimbo et al., 2011).

Según Lambin (1997), considera tres problemas importantes en el contexto de que el cambio de uso de suelo sea un tema de preocupación; el primero constituye la deforestación, que para el año 2017 provocó la pérdida de aproximadamente 15.8 millones de bosque tropical traducido en una tasa de deforestación anual de 0,8% (Global Forest Watch, 2017); como segundo problema está el crecimiento demográfico ya que en la actualidad existen alrededor de 7700 millones de personas pudiendo llegar a los 9700 millones para el año 2050 y 11000 millones para el año 2100 (ONU 2019); y por último la sobreexplotación de los recursos que afecta directamente al suministro de alimentos.

El Ecuador a pesar de tener una superficie relativamente pequeña de 270 670 km² (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2012), aún se puede encontrar coberturas sin intervención humana tales como: vegetación arbustiva, arbórea y herbácea, cuerpos de agua, glaciares y áreas sin cobertura vegetal; sin embargo éstas se ven afectadas principalmente por la modificación que ejercen las actividades antrópicas especialmente la agricultura, ganadería y crecimiento de zonas urbanas (MAE, 2012).

Los impactos del cambio de uso de suelo en el Ecuador se ven reflejados en la deforestación que ha generado una pérdida de 70000 hectáreas del bosque natural al año (MAE, 2014) debido a que cerca del 95% de los bosques de la costa ecuatoriana ha sido utilizado por el incremento del 5 % del sector agropecuario (MAE, 2017). Además, el cambio de uso de suelo en el Ecuador tiene una estrecha relación con el crecimiento poblacional y la demanda de recursos naturales puesto que se ha perdido suelo entre 10, 50 y hasta 143 t/ha/año, lo que representa un 48% de suelos en proceso de degradación (MAE, 2013). En la actualidad la situación de los usos de suelo en el Ecuador se distribuye de la siguiente forma: los bosques, páramos y pastos naturales representan el 54,12 % de la superficie total, seguido del uso agropecuario con el 39,76%, mientras que otros usos representan el 6,12% (INEC, 2017).

2.2. SUBSISTEMA NATURAL Y SU IMPORTANCIA EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

El subsistema natural también llamado medio físico es aquel conformado por el territorio y sus recursos naturales, el cual involucra tanto factores ambientales como procesos relacionados con las actividades humanas (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2017) y cumple un papel importante en la planificación territorial y desarrollo sustentable conjuntamente con los subsistemas social y económico (Buitelaar, Echeverri, Silva y Riffo, 2015).

Según el INECC (2017), el diagnóstico y caracterización del subsistema natural en el marco de la planificación territorial tiene como objetivo:

- Conocer el funcionamiento estructural y organizado del territorio por medio de sus características naturales.
- Mejorar la utilización del territorio y sus recursos, mediante el descubrimiento potencialidades y posibles amenazas.

- Valorar el patrimonio natural para la conservación de la biodiversidad de la flora y fauna.
- Estimar las oportunidades que ofrece el territorio mediante sus recursos naturales en beneficio de la sociedad.
- Conocer los riesgos naturales para zonificar eficientemente las áreas de asentamientos humanos.
- Determinar la aptitud del territorio para los diferentes usos y ocupación.

La construcción de un sistema territorial se forma inexorablemente a través del tiempo mediante la interacción de las actividades que la sociedad ejerce sobre el subsistema natural y de esta forma define el estilo de desarrollo social y la funcionalidad del sistema (Gómez Orea y Gómez Villarino, 2014).

2.2.1. PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La planificación y ordenamiento territorial es un proceso político, técnico, administrativo para organizar, gestionar y planificar el uso y ocupación del territorio mediante el conocimiento exhaustivo de las características naturales, sociales y productivas que permitan aprovechar oportunidades, reducir riesgos y proteger los recursos a corto, mediano y largo plazo en beneficio de la sociedad y el ambiente (FAO, 2014).

Uno de los objetivos de la planificación territorial es plantear el uso adecuado de los recursos naturales y garantizar que estén disponibles tanto para las presentes y futuras generaciones (Navarro, Matteio y Barrios, 2012). Es por ello que los procesos de planificación utilizan como herramienta metodológica el estudio de la dinámica de cambio de la cobertura y uso del suelo para la construcción de escenarios alternativos que sirvan como guía en el ordenamiento territorial (Pinos, 2016).

2.2.2. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL

Los indicadores del subsistema natural reflejan las tendencias históricas del uso del suelo, las tasas de cambio superficial de los recursos y adopta elementos político administrativos con fines de planificación y ordenamiento territorial, es por ello que los indicadores tienen como finalidad el conocimiento del estado actual de un territorio para saber cómo se encuentra, cómo funcionan, qué potencialidades presenta y qué problemas le afectan, y consecuentemente, ponderar la oferta natural del territorio y poder usarlo en beneficio social, económico y ambiental (Palacio, Sanchez, Delgado, Propin y Casado, 2003).

Los indicadores del subsistema natural con fines de ordenamiento territorial que establece el INECC (2017) son:

- **Cambio de uso de suelo y vegetación:** permite la identificación espacio temporal de la dinámica de la cobertura del suelo y la cuantificación del cambio de uso, para conocer el impacto de la interacción de las actividades antrópicas sobre el medio natural.
- **Tasa de deforestación:** diagnostica el estado de los recursos forestales con respecto a otras variables ambientales (geología, hidrología, clima, entre otras) y socioeconómicas (demografía, actividades productivas, entre otras).
- **Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo:** mide los cambios producidos en la cobertura vegetal por acción antrópica, es considerado uno de los indicadores más importantes en la caracterización del paisaje.
- **Relación cobertura natural/cobertura antrópica:** permite tener una aproximación del impacto de la cobertura antrópica frente a la cobertura natural y así obtener el índice de antropización.
- **Extensión de frontera agrícola:** mide el crecimiento de la frontera agrícola en un periodo de tiempo y permite identificar la dinámica espacial de las áreas naturales

que reflejan cambio por acción de las actividades agropecuarias.

- **Áreas naturales protegidas:** cuantifica únicamente las áreas destinadas a la conservación con fines de restauración de las condiciones ecológicas y protección a los bienes y servicios ambientales en beneficio de las presentes y futuras generaciones.

2.3. CARTOGRAFÍA DE USOS DE SUELO POR TELEDETECCIÓN ESPACIAL PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La teledetección o percepción remota es una técnica que permite la adquisición y análisis de información de la superficie de la tierra sin entrar en contacto con ésta superficie mediante la utilización de la radiación electromagnética de los cuerpos (Chuvienco, 2008). Los procesos de adquisición de información involucran elementos como la fuente de energía y su propagación a través de la atmósfera, la interacción de la energía con la superficie terrestre y el sensor o plataforma espacial que genera la información gráfica digital. Como elementos dentro del análisis de información se utiliza varios medios digitales para compilarla como tablas de datos o como archivos que puedan ser analizados en cualquier software de procesamiento de imágenes y sistemas de información geográfica (SIG) (Medina, 2001).

La información que brindan los sensores remotos se ha convertido en una herramienta esencial en la identificación espacio temporal de la cobertura vegetal puesto que permite delinear los bordes de las unidades del suelo tanto a escala local como regional. Además, la velocidad y fiabilidad en la que esta información es accesible y con costos manejables ha hecho que sea la más útil en la planificación óptima del territorio mediante la generación de cartografía de la área de interés (Guillén, Murugan y Dávila, 2015).

Los estudios de Teledetección permiten afinar el análisis fisiográfico y la caracterización cartográfica del territorio para optimizar los recursos mediante la interpretación de la

información que brindan las imágenes satelitales, mismas que han sido utilizadas por organismos gubernamentales, civiles, industriales e investigadores de todo el mundo para fines de estudios agrícolas, geográfico, cartográficos, geológicos y oceanográficos (Martínez y Martín, 2010). Además permite la capacidad de monitorear los cambios de la cobertura del suelo a través del tiempo y definir sus diferentes usos (Lao y Peláez, 2018), para determinar los problemas ambientales que repercuten en la ecología y conservación de la biodiversidad (Sánchez, 2018) así como la gestión, ordenación y planificación del territorio (Bosque y García, 2000).

2.3.1. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

En Teledetección es muy usual la realización de clasificación de imágenes satelitales para la identificación de coberturas naturales y usos de suelo con la finalidad de diagnosticar el territorio y realizar su respectivo mapa cartográfico. La clasificación de imágenes permite categorizar automáticamente los píxeles de la imagen satelital en diversas clases de coberturas, en la que el patrón espectral de cada píxel se usa como base numérica para ser categorizada; existen dos tipos de clasificación: supervisada y no supervisada (Chuvieco, 2008).

El método de clasificación supervisado permite examinar las imágenes analógicas para identificar componentes paisajísticos a través de criterios visuales como color, tono y textura (Condori, Loza, Mamani y Solíz, 2018). Este método requiere un conocimiento previo del área de estudio para que el intérprete puede definir y delimitar las áreas de entrenamiento o áreas de interés que representarán a las coberturas presentes en la zona de estudio para posteriormente clasificar la imagen y que los diferentes píxeles se ubiquen en una de las categorías preestablecidas de acuerdo a su respuesta espectral (Chuvieco, 2008).

Según Chuvieco (2008), la clasificación de imágenes por el método supervisado se puede utilizar diferentes criterios de clasificación o programaciones matemáticas como:

- Mínima distancia (*minimum distance*)
- Paralelepípedos (*parallelepiped*)
- Máxima probabilidad (*maximum likelihood*)
- Ángulo espectral (*spectral angle mapper*)

El método de clasificación no supervisado no se sujeta a un estricto conocimiento de la zona de estudio, lo que facilita al analista la interpretación de los resultados (Rullán, Gama, Galindo y Olthof, 2011). Este método utiliza un tipo de clasificación de agrupamiento (*clustering*) que permite agrupar los píxeles que tengan valores digitales similares, cada agrupación para todas las bandas son llamadas clases espectrales que son definidas por las clases o coberturas presentes en el terreno (Chuvieco, 2008).

2.3.2. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES SATELITALES

Para comprender la dinámica de la cobertura de la tierra una de las técnicas más empleadas en teledetección es el análisis multitemporal (Maldonado, Parra y Aldana, 2011), que consiste en el procesamiento de imágenes satelitales para la obtención y actualización periódica de información cartográfica que permita identificar los cambios de cobertura y usos de suelo (Rogan y Chen, 2004). Uno de los propósitos de los estudios multitemporales es la detección de cambios, que es un proceso por el cual se identifican los diferentes estados de un fenómeno de la superficie observado en distintos tiempos (Azzouzi, 2019).

El análisis multitemporal se utiliza para cuantificar y monitorear los cambios de la cobertura vegetal e identificar los patrones de comportamiento de las unidades espaciales, entre dos imágenes satelitales de un mismo lugar y diferente fecha (Jumbo, 2019), lo que permite evaluar el cambio de las imágenes clasificadas y poder entender las condiciones del pasado y presente y tener una noción clara de un escenario futuro (Calvario, 2019).

Es así que, la utilidad del análisis multitemporal va permitir el mejoramiento del estudio de la dinámica del suelo que ligado a indicadores de planificación territorial permiten identificar problemas tanto ambientales como sociales que involucren un desequilibrio en el desarrollo sustentable para de esta forma tomar decisiones razonables por parte de la autoridad competente y proponer alternativas de solución.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se basa en un estudio descriptivo longitudinal, puesto que describe los cambios de uso de suelo que ocurrieron en los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba entre el periodo 1986 – 2016. Así mismo, es de carácter descriptivo analítico, puesto que la información obtenida describe las características de la zona de estudio que permitió comparar con los resultados de los diferentes años de análisis y lograr establecer lineamientos de la planificación estratégica ambiental en los sectores de mayor cambio significativo.

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio son los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba de la provincia de Loja (**Figura 1**), el cantón Paltas ubicado en el callejón interandino de la sierra ecuatoriana con una extensión de 1157,13 km², clima templado frío y un rango altitudinal de 800 a 2540 msnm (Maita, 2014); el cantón Olmedo con una extensión de 113,74 km², un clima mesotérmico semi-húmedo y rango altitudinal de 1200 – 2000 msnm (GAD Olmedo, 2014); y por último el cantón Chaguarpamba cuya extensión es de 317, 70 Km², clima tropical megatérmico seco y un rango altitudinal que va desde los 440 a los 2160 msnm (Córdova, 2015), dando así, una superficie total de estudio de 1588,57 Km², los cuales limitan al norte con la provincia del Oro; al sur por los cantones Sozoranga y Cariamanga; al este con el cantón Puyango y Celica; y al oeste por los cantones Catamayo y Gonzanamá. Se definió las coordenadas geográficas de cada cantón

tomando como referencia las coordenadas de las cabeceras cantonales (**Tabla 2**).

Tabla 2. Coordenadas geográficas de las cabeceras cantonales del área de estudio.

Cantón	Cabecera cantonal	Coordenada geográfica
Paltas	Catacocha	Latitud: 4° 2' 59.1" S Longitud: 79° 38' 58" O
Olmedo	Olmedo	Latitud: 3° 56' 6" S Longitud: 79° 39' 47" O
Chaguarpamba	Chaguarpamba	Latitud: 3° 52' 23" S Longitud: 79° 38' 27" O

Fuente: Elaboración propia.

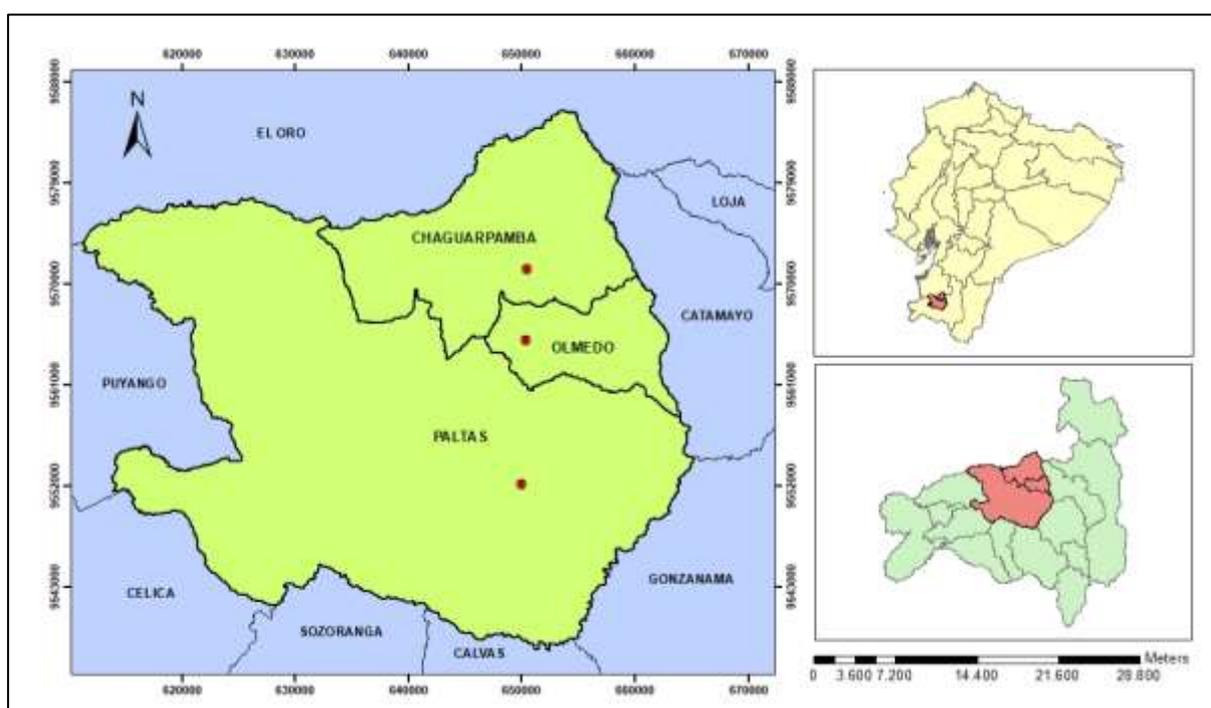


Figura 1.-Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las actividades de producción que los tres cantones comparten en común se destacan por una parte la agricultura con cultivos de caña de azúcar, frutales, café, guineo, maíz y maní y, por otra parte, la crianza de ganado bovino, caprino, porcino, equino y de aves de corral (Prefectura de Loja, 2018).

3.2. COBERTURA Y USOS DE SUELO

Para la determinación de la dinámica de la cobertura del suelo entre el período 1996 - 2016 de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba, se adoptó la metodología aplicada de Chuvieco (2008) sobre el análisis multitemporal de imágenes satelitales.

3.2.1. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS

Se utilizó imágenes satelitales Landsat de resolución 30m x 30m de los años 1986, 1996, 2006 y 2016 del repositorio gratuito del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), en la que se consideró que las imágenes tengan un máximo de nubosidad del 20% dentro del área de estudio y que correspondan al mismo periodo estacional entre ellas.

La información cartográfica secundaria se recopiló del Centro de Investigación Territorial (CIT) de la UNL, del repositorio del Sistema Nacional de Información (SIN) y el Instituto Geográfico Militar (IGM), mismos que fueron utilizados como complemento de referencia en el área de trabajo.

Obtenidas las imágenes se procedió a preparar la información que implica corregir las bandas y realzar los pixeles o niveles digitales. La corrección se realizó mediante el software de acceso libre GRASS GIS 7.8.1 donde se procedió a agregar las bandas de las imágenes para corregirlas radiométricamente y realizar una composición RGB (rojo, verde y azul), siendo las bandas 3, 2, 1 para el sensor TM Y ETM+ y, las bandas 4,3,2 para el sensor OLI – TIRS, mediante el uso del lenguaje de programación del Terminal del sistema operativo Ubuntu/Linux 16.04. Asimismo, para el realce de los niveles digitales (ND) se utilizó el software QGIS 3.4 donde además de la composición RGB de las imágenes también se procedió a determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), lo que facilitó la visualización de la cobertura vegetal, cuerpos de agua, infraestructura, etc.

3.2.2. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Una vez preparadas las imágenes se procedió a realizar la clasificación de las mismas mediante el software QGIS 3.4, en la que se digitalizaron las áreas de entrenamiento que consiste en trazar polígonos de cierta cobertura en particular de acuerdo al nivel reflectancia de los píxeles y tonalidades de las diferentes combinaciones de bandas. Dichas áreas de entrenamiento fueron categorizadas de acuerdo al nivel de trabajo (**Cuadro 1**) donde se tomó como referencia las coberturas de los niveles I y II establecidos por el MAE-MAGAP (2013). Además, se añadió una superficie de nubes por la presencia de nubosidad en algunas partes de las imágenes.

Cuadro 1.-Categorización de áreas de entrenamiento.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL DE TRABAJO
Bosque	Bosque nativo Plantación forestal	Bosque
Tierra Agropecuaria	Cultivo anual Cultivo semipermanente Cultivo permanente Mosaico agropecuario	Agrícola
	Pastizal	Pastizal
Vegetación Arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva Vegetación herbácea	Vegetación arbustiva y herbácea
	Páramo	Páramo
Cuerpo de agua	Natural Artificial	Agua
Zona antrópica	Área poblada Infraestructura	Poblados
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal	Suelo descubierto
---	---	Nubes

Fuente: Adaptado de MAE, (2018)

Mediante el software GRASS 7.8.1, se realizó un grupo y subgrupo de las bandas de cada imagen y se agregó las áreas de entrenamiento, en la que se utilizó dos métodos de clasificación; el método de máxima secuencialidad a posteriori y el método de máxima verosimilitud, mismos

que sirvieron para asociar los píxeles adyacentes a una de las categorías preestablecidas y optando por el método que mejor clasifique la imagen para cada año de estudio.

3.2.3. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Obtenidas las clasificaciones, se realizó la matriz de confusión para cada una de las imágenes con la finalidad de identificar las coincidencias entre las coberturas de la imagen real con respecto a las coberturas de la clasificación; para ello, se generó mediante el software QGIS un muestreo aleatorio simple de 100 puntos de control de cada imagen satelital, dichos puntos fueron analizados para identificar la cobertura que cada uno de ellos marcaba en la imagen real, luego se pasó a llenar la matriz de confusión relacionándolo con las coberturas de la clasificación. Adicionalmente, en la matriz de confusión (Tabla 3) se realizó el cálculo de la fiabilidad global que menciona Chuvieco, (2008) para cálculos de errores y exactitud en la que se determinó los siguientes parámetros:

- **Errores de omisión:** en donde se identificó los elementos que pudiesen pertenecer a una categoría específica, pero que se encuentren incluidos erróneamente en otra.
- **Errores de comisión:** en donde se determinó los elementos que no pertenecen a dicha categoría, pero que se encuentra en ella.
- **Exactitud del usuario:** Va en relación inversa a los errores de comisión.
- **Exactitud del productor:** Va en relación inversa a los errores de omisión.

Tabla 3.-Matriz de confusión.

CLASIFICADA \ REAL	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase n	Total	Exactitud usuario	Error comisión
	Clase 1	X ₁₁				X ₁₊	X ₁₁ / X ₁₊
Clase 2		X ₂₂			X ₂₊	X ₂₂ / X ₂₊	1-X ₂₂ /X ₂₊
Clase 3			X ₃₃		X ₃₊	X ₃₃ / X ₃₊	1-X ₃₃ /X ₃₊
Clase n				X _{nn}	X _{n+}	X _{nn} / X _{n+}	1-X _{nn} /X _{n+}
Total	X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	X _{+n}	Σ X _{ij}		
Exactitud productor	X ₁₁ / X ₊₁	X ₂₂ / X ₊₂	X ₃₃ / X ₊₃	X _{nn} /			
Error omisión	1-X ₁₁ / X ₊₁	1-X ₂₂ / X ₊₂	1-X ₃₃ / X ₊₃	1-X _{nn} / X _{+n}			

Fuente: Chuvieco (2008).

Finalmente, se aplicó el estadístico Kappa (K) para cada imagen clasificada, donde se agregan los valores de la imagen clasificada y la imagen real para determinar la exactitud o nivel de concordancia entre ellas; siendo el rango definido entre 0,81 a 1 una fuerza de concordancia excelente (**Tabla 4**). Luego se elaboró los mapas de cobertura del suelo para los años 1986, 1996, 2006 y 2016 de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba, así como también se determinó la superficie y porcentaje de cada cobertura para analizar el cambio de uso existente en dicho periodo.

Tabla 4.-Interpretación de los valores Kappa.

Estadística KAPPA (K)	Nivel de concordancia
< 0	Mala
0 – 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Aceptable
0,61 – 0,80	Bueno
0,81 – 1	Excelente

Fuente: Perea, Merono y Aguilera (2009).



Figura 2.-Proceso metodológico para el análisis multitemporal de cobertura y uso de suelo.

Fuente: Adaptado de Chuvieco (2008).

3.3. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL

Para el cálculo de los indicadores del subsistema natural se adaptó la metodología establecida por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2017) de México la cual fue aplicada en nuestra región de estudio utilizando la información obtenida de las coberturas y usos del suelo de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba de los años 1986, 1996, 2006 y 2016 mediante el uso del software QGIS 3.4.

3.3.1. TASA DE DEFORESTACIÓN

Se utilizó la información de la superficie de bosque de cada año en estudio y se calculó su dinámica de cambio mediante un modelo algorítmico denominado tasa de deforestación, en la que se determinó dicha tasa por periodos de estudio utilizando la ecuación 1 y expresada en porcentaje. Además, mediante cálculos algorítmicos (**Figura 3**) en el álgebra de mapas del software QGIS se elaboró los mapas de pérdida, ganancia y bosque sin cambio para cada

periodo de cada uno de los cantones en estudio.

$$dn = \left(\sqrt[n]{\frac{S_2}{S_1}} - 1 \right) * 100$$

Donde:

(Ec 1)

dn = tasa de cambio

S1 = superficie “Bosque” en la fecha 1,

S2 = superficie “Bosque” en la fecha 2,

n = número de años entre las dos fechas.

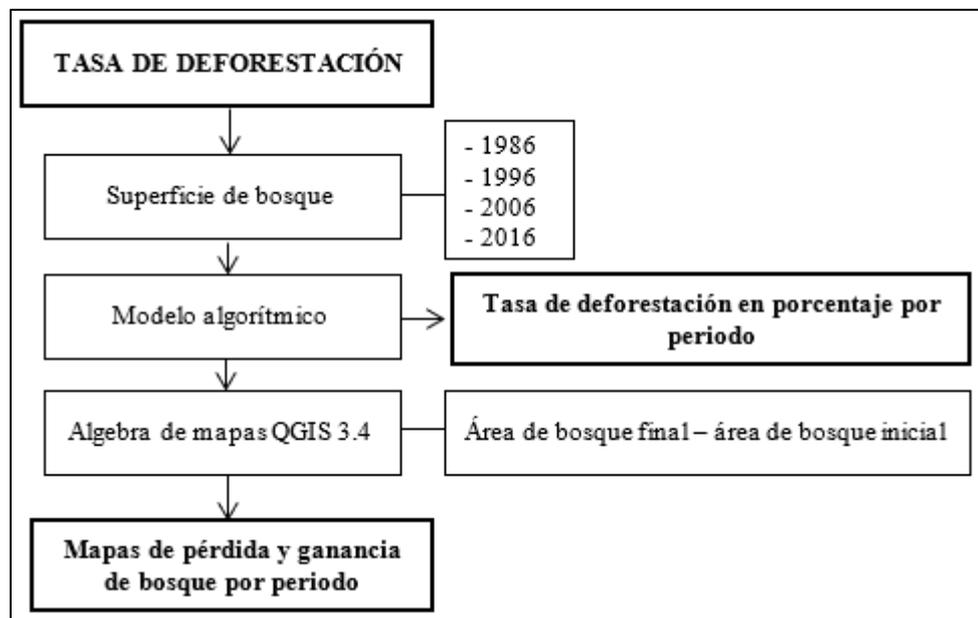


Figura 3.-Proceso metodológico del cálculo de la tasa de deforestación.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. TASA DE CAMBIO EN VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO

Se utilizó la sobreposición geométrica de cada una de las coberturas del suelo por cantón de los años de estudio y se procedió a calcular mediante la ecuación 2 la tasa de cambio por cobertura en periodos y expresado en porcentajes (**Figura 4**).

$$C = \left(\left(\sqrt[n]{\frac{T_2}{T_1}} \right) - 1 \right) * 100$$

Donde:

(Ec 2)

C= tasa de cambio

T1 = año de inicio,

T2 = año actual o más reciente

n = número de años entre T1 y T2

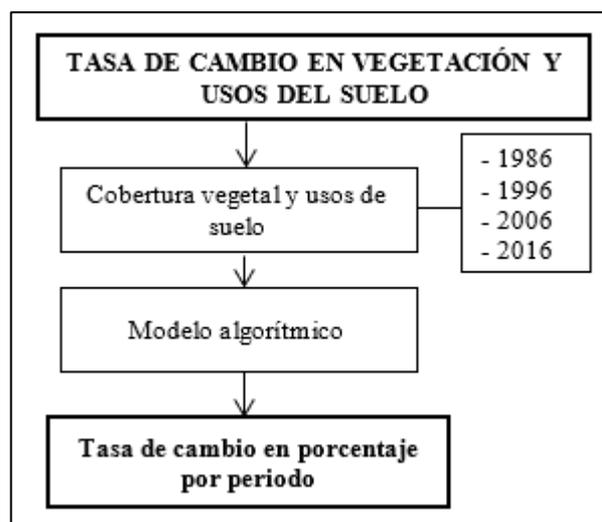


Figura 4.-Proceso metodológico del cálculo de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. RELACIÓN COBERTURA NATURAL/ COBERTURA ANTRÓPICA

Se utilizó las coberturas antrópicas de poblados y zonas agropecuarias de cada año de estudio, luego se procedió a encontrar el valor de cada unidad de análisis (UA), para ello mediante una herramienta del software QGIS 3.4 se creó una malla (fishnet) de 10000 x 10000 metros de la superficie de cada cantón y se procedió a valorar numéricamente de 0 a 1 según el grado de antropización, luego aplicando la ecuación 3 se calcula en porcentaje el índice de antropización (**Figura 5**) de cada uno de los cantones en los años 1986, 1996, 2006 y 2016.

$$IA = \frac{\sum UA}{n} * 100$$

Donde:

(Ec 3)

IA= índice de antropización

UA = valor de unidad de análisis,

n = número total de unidades de análisis

Además, se procedió a elaborar los mapas de antropización en los que se muestra las zonas de mayor y menor grado de antropización de cada año de los cantones en estudio.

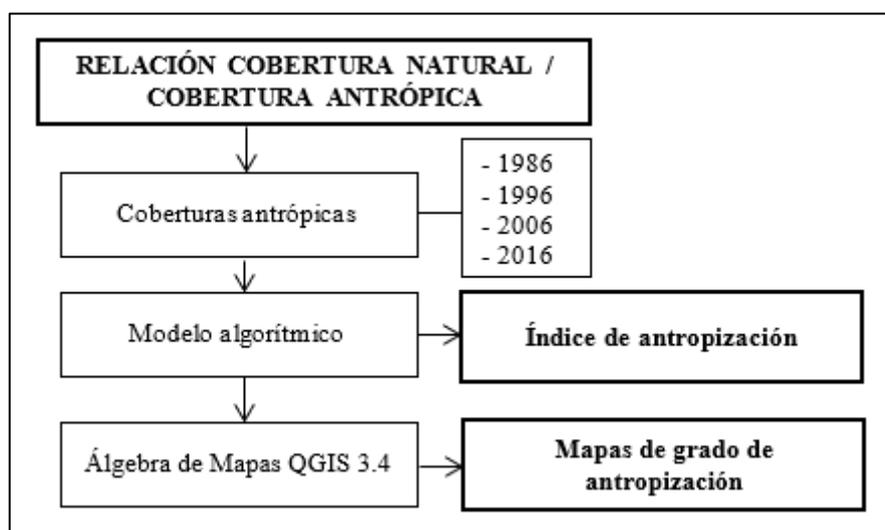


Figura 5.-Proceso metodológico del cálculo del índice de antropización

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. EXTENSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA

En este indicador se utilizó la información de la cobertura agrícola de los años de estudio de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba, en la que cuantificó el crecimiento agrícola de cada año de estudio y se generó los respectivos mapas (**Figura 6**).

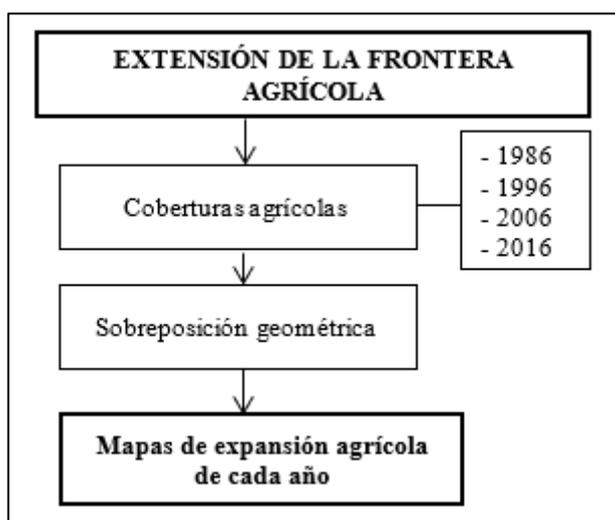


Figura 6.-Proceso metodológico del cálculo de la extensión de la frontera agrícola.

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Se utilizó la sobreposición de mapas de las coberturas asociadas a la conservación de nuestro nivel de trabajo de bosque del año 2016 frente a la información cartográfica secundaria de bosque protector, patrimonio forestal, áreas naturales protegidas, reserva de biósfera que se encuentre en los cantones de estudio para elaborar los mapas de Áreas Naturales Protegidas (ANP) de los cantones Paltas, Chaguarpamba (**Figura 7**), además se cuantificó la superficie ocupada por dichas ANP. En el caso del cantón Olmedo no se encontró áreas destinadas a conservación.

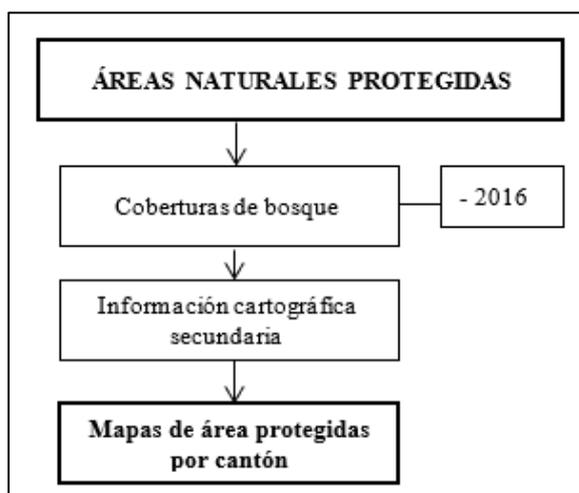


Figura 7.-Proceso metodológico del cálculo del indicador áreas naturales protegidas.

Fuente: Elaboración propia

3.4. LINEAMIENTOS DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA AMBIENTAL

Para el establecimiento de los lineamientos estratégicos se adoptó parte de la metodología del MAE (2016) acerca de la planificación estratégica ambiental, dicha metodología fue aplicada en sectores estratégicos de las islas Galápagos con fines de conservación y ordenamiento. Cabe recalcar que, por motivos de emergencia sanitaria mundial no se realizó el levantamiento de información en campo por lo que se optó por recopilar información secundaria basada en los PDOT de los cantones en estudio.

Se utilizaron los resultados del cambio de uso de suelo y los indicadores del subsistema natural para analizarlo con la información de los PDOT de cada cantón, en la que mediante una matriz se describió la o las coberturas de mayor cambio significativo para sugerir lineamientos que contribuyan a una mejor planificación territorial para cada uso mencionando además de las entidades ejecutoras.

Los lineamientos se establecieron en base del análisis del contexto político de la Constitución del Ecuador, los objetivos y metas de Plan Nacional de Desarrollo y reformas impulsadas por la Secretaría Técnica Planifica Ecuador con la finalidad de responder a los problemas de ordenamiento y usos de suelo.

4. RESULTADOS

4.1. COBERTURAS Y USOS DE SUELO

Se determinó la dinámica espacio temporal de la cobertura del suelo de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba en el periodo 1986 – 2016, dichas coberturas identificadas fueron cuantificadas por cada año de estudio en la que además se elaboró los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo a escala 1:300000, además por la presencia de nubosidad se incluyó una clase para las nubes mismas que fueron menores del 20% de la superficie total del área de estudio.

Los resultados de la cuantificación de la cobertura vegetal y uso de suelo en el cantón Paltas (**Tabla 5**), muestra que el bosque en el año 1986 representó un 27,54% de la superficie total del cantón; en el año 1996 un 22,92%; en el año 2006 un 25,47% y en el año 2016 un 20,18%; además, dicha cobertura muestra una disminución en su superficie en el año 1986 que empieza con 31802,45 ha y termina con 23267,03 ha en el 2016. La cobertura agrícola evidenció un cambio en su superficie puesto que, en el año 1986 empezó con 2309,65 ha representando el 2% de la superficie total y en el año 2016 fue de 24547,10 ha que representó el 21,29%. Los pastizales han cambiado su cobertura de 28298,24 ha (24,51%) en 1986 a 21298,59 ha 18,47 en 2016. El suelo descubierto correspondiente a áreas sin cobertura vegetal es la cobertura con mayor extensión que inicia 52586,47 ha (45,54%) en el año 1986 y 44306,53 ha (38,43%) en el año 2016 lo que refleja una disminución entre el año 1986 y 2016 siendo ésta ocupada por coberturas agrícolas, pastizales y poblados. Las coberturas de agua y poblados son las que en menor porcentaje representan dentro de la superficie del cantón desde el periodo 1986 – 2016.

Tabla 5.-Cobertura y usos de suelo del cantón Paltas entre el periodo 1986 - 2016.

Coberturas	Año 1986		Año 1996		Año 2006		Año 2016	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Bosque	31802,45	27,54	26464,29	22,92	29403,01	25,47	23267,03	20,18
Agrícola	2309,65	2,00	8942,53	7,74	14841,65	12,85	24547,10	21,29
Pastizal	28298,24	24,51	34926,48	30,25	30790,93	26,67	21298,59	18,47
Suelo descubierto	52586,47	45,54	44618,15	38,64	37377,29	32,37	44306,53	38,43
Agua	99,99	0,09	198,77	0,17	386,20	0,33	560,17	0,49
Poblados	82,85	0,07	235,45	0,20	863,62	0,75	874,63	0,76
Total	115179,64		115385,68		113662,71		114854,04	
Nubosidad	283,70	0,25	77,66	0,07	1800,63	1,56	609,30	0,53
TOTAL	115463,34		115463,34	100	115463,34	100	115463,34	100

Fuente: Elaboración propia

En el cantón Olmedo el cambio de uso de suelo (**Tabla 6**) muestra que la cobertura de bosque en el año 1986 fue de 3487,09 ha (2,85%); en el año 1996 de 2612,51 ha (23,22%); en el 2006 de 3120,35 ha (27,74%) y en el año 2016 de 2259,61 ha (20,09%). La cobertura agrícola

representó la menor extensión en el año 1986 con un valor de 320,52 ha (2,85%) y para el año 2016 representa una mayor extensión de 3981,92 ha (35,40%). Por otro parte la cobertura de mayor predominancia en el cantón son los pastizales representando el 38,39% de la superficie total del cantón en el año 2016 seguido de la cobertura agrícola y bosque.

Tabla 6.-Cobertura y usos de suelo del cantón Olmedo entre el periodo 1986 - 2016.

Coberturas	Año 1986		Año 1996		Año 2006		Año 2016	
	Superficie (ha)	%						
Bosque	3487,09	31,00	2612,51	23,22	3120,35	27,74	2259,61	20,09
Agrícola	320,52	2,85	2123,57	18,88	2400,46	21,34	3981,92	35,40
Pastizal	5983,67	53,19	6046,85	53,76	4824,27	42,89	4318,27	38,39
Suelo descubierto	1431,62	12,73	450,72	4,01	371,22	3,30	496,59	4,41
Agua	0,00	0,00	0,090	0,001	23,76	0,21	16,666	0,15
Poblados	19,65	0,17	14,89	0,13	53,67	0,48	170,87	1,52
Total	11242,54		11248,64		10793,73		11243,94	
Nubosidad	6,33	0,06	0,23	0,002	455,14	4,05	4,93	0,04
TOTAL	11248,87	100	11248,87	100	11248,87	100	11248,87	100

Fuente: Elaboración propia

En el cantón Chaguarpamba (**Tabla 7**), muestra que la cobertura de bosque en el año 1986 fue de 11649 ha (37,24%) y para el año 2016 de 5942,74 ha (19%); la cobertura agrícola va desde 712,58 ha en 1986; 8657,58 ha en el año 1996; 4777,16 ha en el 2006 y 12552,74 ha en el 2016 representando la mayor cobertura ocupada para el último año. Los pastizales también representaron un mayor porcentaje en este cantón así pues para el año 1986 representó 48,60% y en el año 2016 un 33,03%.

Tabla 7.-Cobertura y usos de suelo del cantón Chaguarpamba entre el periodo 1986 - 2016.

Coberturas	Año 1986		Año 1996		Año 2006		Año 2016	
	Superficie (ha)	%						
Bosque	11649,95	37,24	7377,92	23,59	8374,49	26,77	5942,74	19,00
Agrícola	712,58	2,28	8657,58	27,68	4777,16	15,27	12552,74	40,13
Pastizal	15201,46	48,60	12309,44	39,35	14950,48	47,79	10333,02	33,03
Suelo descubierto	3449,58	11,03	2816,28	9,00	887,20	2,84	2086,70	6,67
Agua	32,57	0,10	84,90	0,27	203,95	0,65	121,27	0,39
Poblados	26,80	0,09	35,91	0,11	93,07	0,30	201,51	0,14
Total	31072,93		31282,03		29286,35		31080,52	
Nubosidad	209,10	0,67	0,00	0,00	1995,68	6,38	44,04	0,64
TOTAL	31282,03	100	31282,03	100	31282,03	100	31282,03	100

Fuente: Elaboración propia

En la cuantificación de las coberturas la nubosidad fue un obstáculo puesto que interfiere en la definición de la superficie ocupada, así pues, la mayor superficie ocupada por la nubosidad es en el año 2006 en el área de estudio. Cabe destacar que para el año 2006 los cantones presentan un aumento un tanto significativo en su superficie de bosque y que además en otros casos como en el cantón Chaguarpamba se nota una disminución del sector agrícola.

Los resultados de las clasificaciones del área de estudio, fueron validadas por la matriz de confusión para cada año de estudio (**Anexo 1**). Los puntos de control mostraron altos valores de exactitud tanto de usuario y productor y valores bajos de errores de omisión y comisión, lo que demuestra que el nivel de concordancia entre la imagen real y la imagen clasificada sea excelente debido a los altos valores de la precisión global y el estadístico Kappa (**Tabla 8**).

Tabla 8.-Validación de la clasificación de imágenes.

Años	Precisión global	Kappa	Nivel de concordancia
1986	0,89	0,85	Excelente
1996	0,90	0,87	Excelente
2006	0,88	0,85	Excelente
2016	0,87	0,84	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Como producto final de las clasificaciones se obtuvo los mapas que definen las coberturas y usos de suelo, en la que se observa la variación espacio temporal de la cobertura de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba en periodos de diez años desde 1986 al 2016 mostrados a continuación:

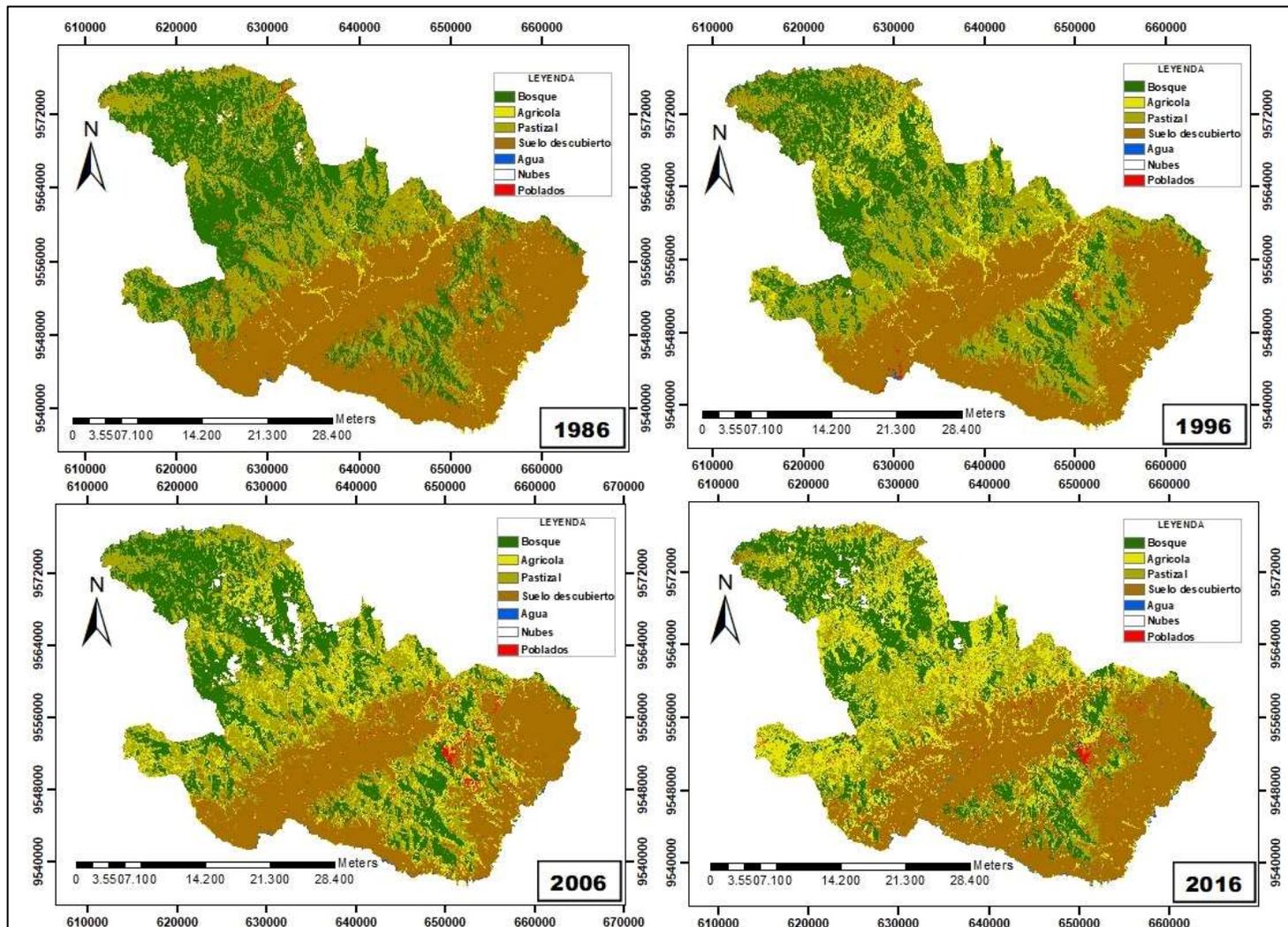


Figura 8.-Cobertura y uso de suelo del cantón Paltas de los años 1986, 1996, 2006, 2016.

Fuente: Elaboración propia

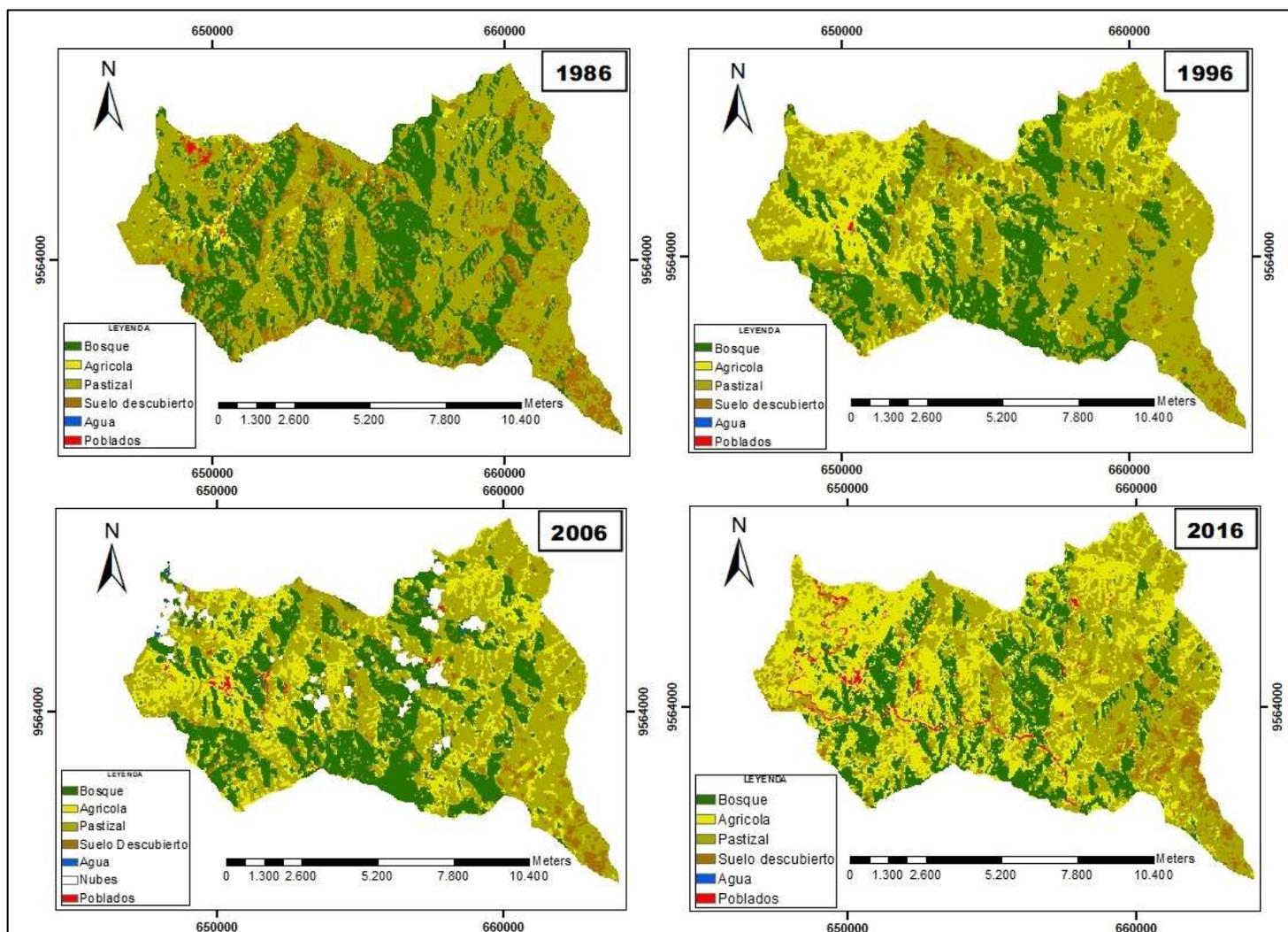


Figura 9.-Cobertura y uso de suelo del cantón Olmedo de los años 1986, 1996, 2006, 2016.

Fuente: Elaboración propia

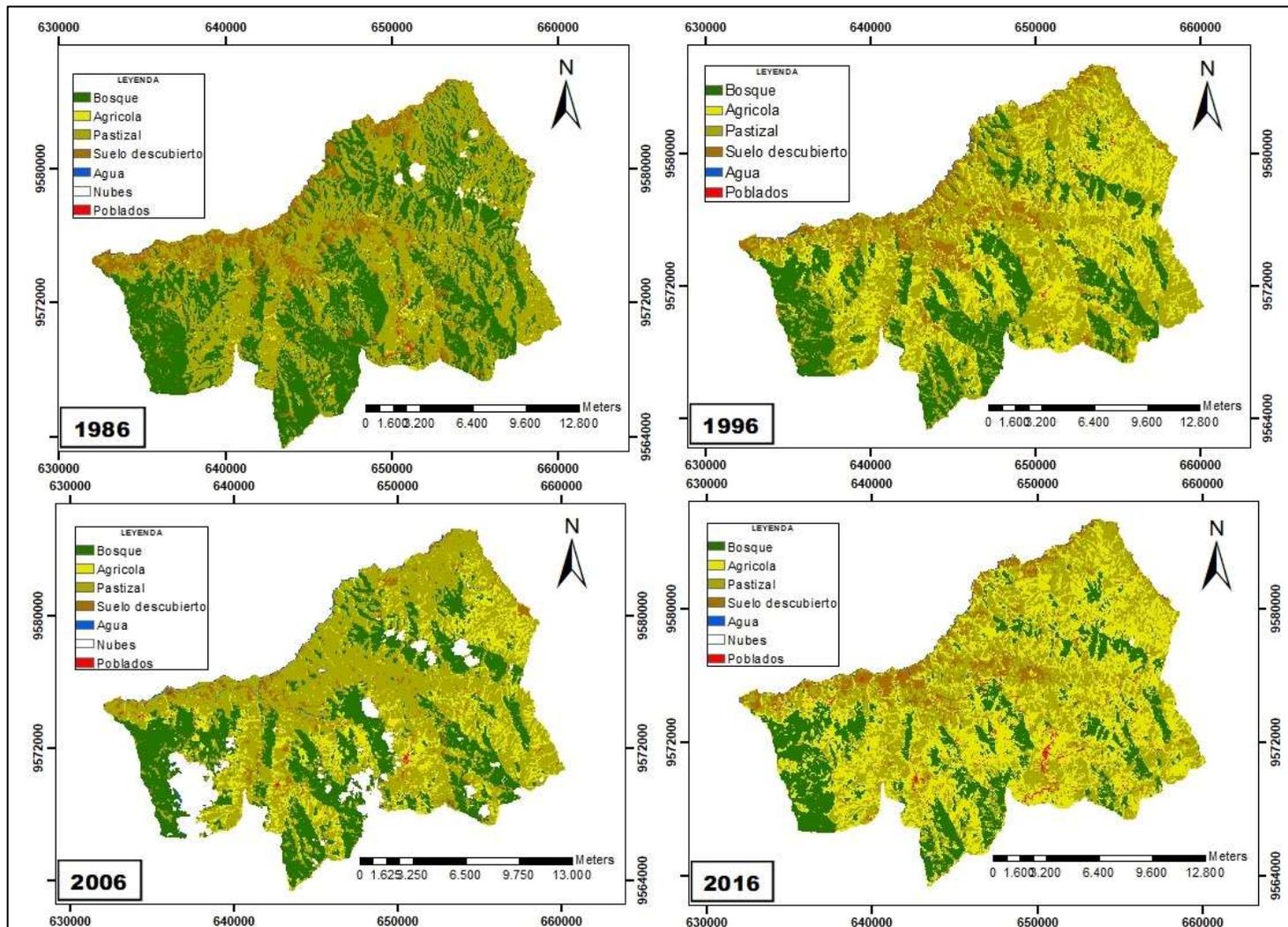


Figura 10.- Cobertura y uso de suelo del cantón Chaguarpamba de los años 1986, 1996, 2006, 2016.
Fuente: Elaboración propia

4.2. INDICADORES DEL SUBSISTEMA NATURAL

Los resultados de los indicadores del subsistema natural permitieron tener un mejor enfoque de la dinámica espacio temporal de las diferentes coberturas y usos del suelo y así, comprender el estado actual del territorio con la finalidad de entender los procesos de cambio y analizar los impactos de los usos del suelo, para establecer medidas que contribuyan a la planificación y ordenamiento de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.

A continuación, se muestran los valores de la tasa de deforestación (**Tabla 9**), cabe recalcar, que los valores positivos representan ganancias mientras que los negativos significan pérdidas de la cobertura en análisis; así pues la tasa de deforestación para los periodos 1986 – 1996; 2006 – 2016 resultó ser la mayor tasa en el cantón Chaguarpamba con un 5,79% y 4,09 % de bosque deforestado al año respectivamente, sin embargo, entre el periodo 1996 – 2006 la cobertura de bosque presenta una ganancia en la que el cantón Olmedo tiene la mayor tasa de reforestación con un 1,63 %.

Tabla 9.-Deforestación de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.

CANTONES	TASA DE DEFORESTACIÓN (%)			
	PERIODO			
	1986 -1996	1996 -2006	2006 - 2016	1986 - 2016
Paltas	-2,02	1,00	-2,64	-1,22
Olmedo	-3,35	1,63	-3,81	-1,81
Chaguarpamba	-5,79	1,19	-4,09	-3,20

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 11**, se observa la disposición geográfica de ganancia y pérdida de bosque además de la cobertura de bosque sin cambio del cantón Paltas en la que se observa la mayor pérdida para el periodo 2006 – 2016 y la ganancia de bosque entre el periodo 1996 – 2006 lo que se corrobora lo descrito en la **Tabla 9**, al igual que en el cantón Olmedo (**Figura 12**). Sin embargo, no es lo mismo para el cantón Chaguarpamba (**Figura 13**), ya que la mayor pérdida de bosque

ocurre entre el periodo 1986 – 1996 debido a que su tasa de deforestación es mayor en dicho periodo.

La deforestación entre el periodo de 1986 – 2016 en el cantón Paltas (**Figura 11**), registró una mayor pérdida de superficie de bosque en la parroquia Orianga y los sectores noreste de las parroquias Guachanamá y Lauro Guerrero.

Asimismo, la deforestación entre el periodo de 1986 – 2016 del cantón Olmedo (**Figura 12**) muestra pérdidas distribuidas proporcionalmente en las parroquias Olmedo y La Tingue.

En el cantón Chaguarpamba las parroquias El Rosario, Chaguarpamba, Amarillos y Buena vista presentaron pérdida de bosque en los 30 años de estudio (**Figura 13**).

La tasa de cambio en vegetación y uso de suelo de las coberturas del cantón Paltas (**Tabla 10**) muestra que la cobertura agrícola y poblados presentaron una mayor tasa de cambio, lo que significa un incremento en dichas coberturas para el periodo 1986 – 1996, mientras que para el periodo 2006 – 2016 el pastizal tiene una tasa de cambio negativa de 4,46% que representa una pérdida del mismo.

Tabla 10.-Tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Paltas

PALTAS	TASA DE CAMBIO (%)			
	PERIODO			
Coberturas	1986 -1996	1996 -2006	2006 - 2016	1986 - 2016
Bosque	-2,02	1,00	-2,64	-1,22
Agrícola	7,42	3,97	3,95	3,02
Pastizal	1,90	-1,34	-4,46	-1,10
Suelo descubierto	-1,79	-1,94	1,56	-0,62
Agua	4,97	4,85	3,11	2,74
Poblados	6,48	7,24	0,13	3,02

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Olmedo (**Tabla 11**) resultó que la cobertura agrícola represente la mayor tasa de cambio positivo representando una ganancia para

el periodo 1986 – 1996, por el contrario, la cobertura de suelo descubierto representó un 21.76% de pérdida de superficie para el mismo periodo.

Tabla 11.-Tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Olmedo.

OLMEDO	TASA DE CAMBIO (%)			
	PERIODO			
Coberturas	1986 -1996	1996 -2006	2006 - 2016	1986 - 2016
Bosque	-3,35	1,63	-3,81	-1,81
Agrícola	8,49	1,15	3,97	3,07
Pastizal	0,10	-2,53	-1,17	-1,29
Suelo descubierto	-21,76	-2,14	2,52	-6,28
Agua	10,00	9,96	-4,26	3,33
Poblados	-3,20	7,23	6,86	2,95

Fuente: Elaboración propia.

El cantón Chaguarpamba muestra al igual que en los otros cantones la mayor tasa de cambio positivo es para la cobertura agrícola entre el periodo 1986 – 1996, mientras que la tasa de cambio negativa que indica una mayor disminución de la superficie es el suelo descubierto con un 21,74% de pérdida para el periodo 1996 – 2006 (**Tabla 12**).

Tabla 12.-Tasa de cambio de vegetación y uso de suelo del cantón Chaguarpamba

CHAGUARPAMBA	TASA DE CAMBIO (%)			
	PERIODO			
Coberturas	1986 -1996	1996 -2006	2006 - 2016	1986 - 2016
Bosque	-5,79	1,19	-4,09	-3,20
Agrícola	9,18	-8,12	6,19	3,14
Pastizal	-2,35	1,77	-4,47	-1,57
Suelo descubierto	-2,25	-21,74	5,75	-2,18
Agua	6,16	5,84	-6,82	2,44
Poblados	2,54	6,14	-11,13	1,30

Fuente: Elaboración propia.

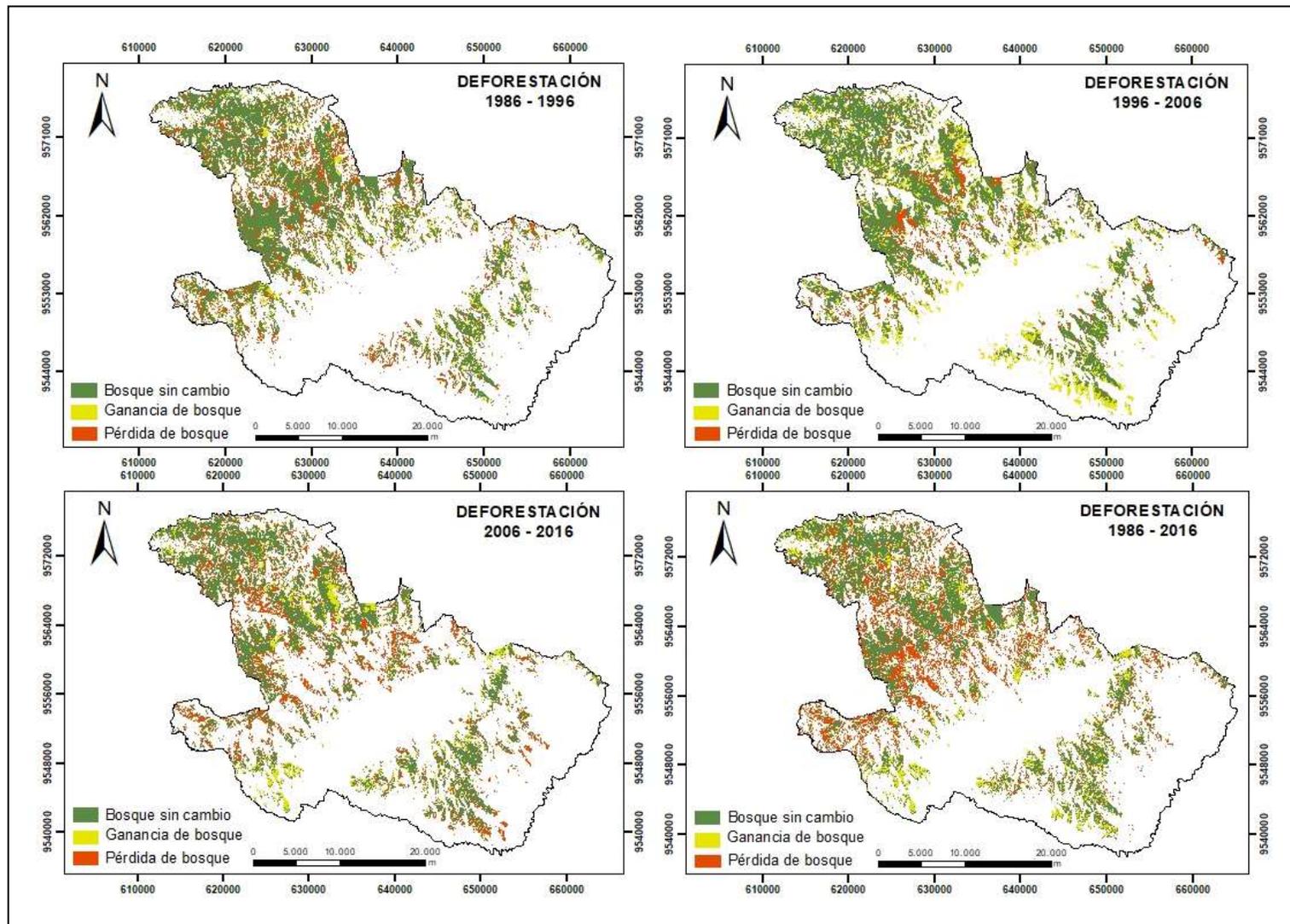


Figura 11.- Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Paltas.
Fuente: Elaboración propia.

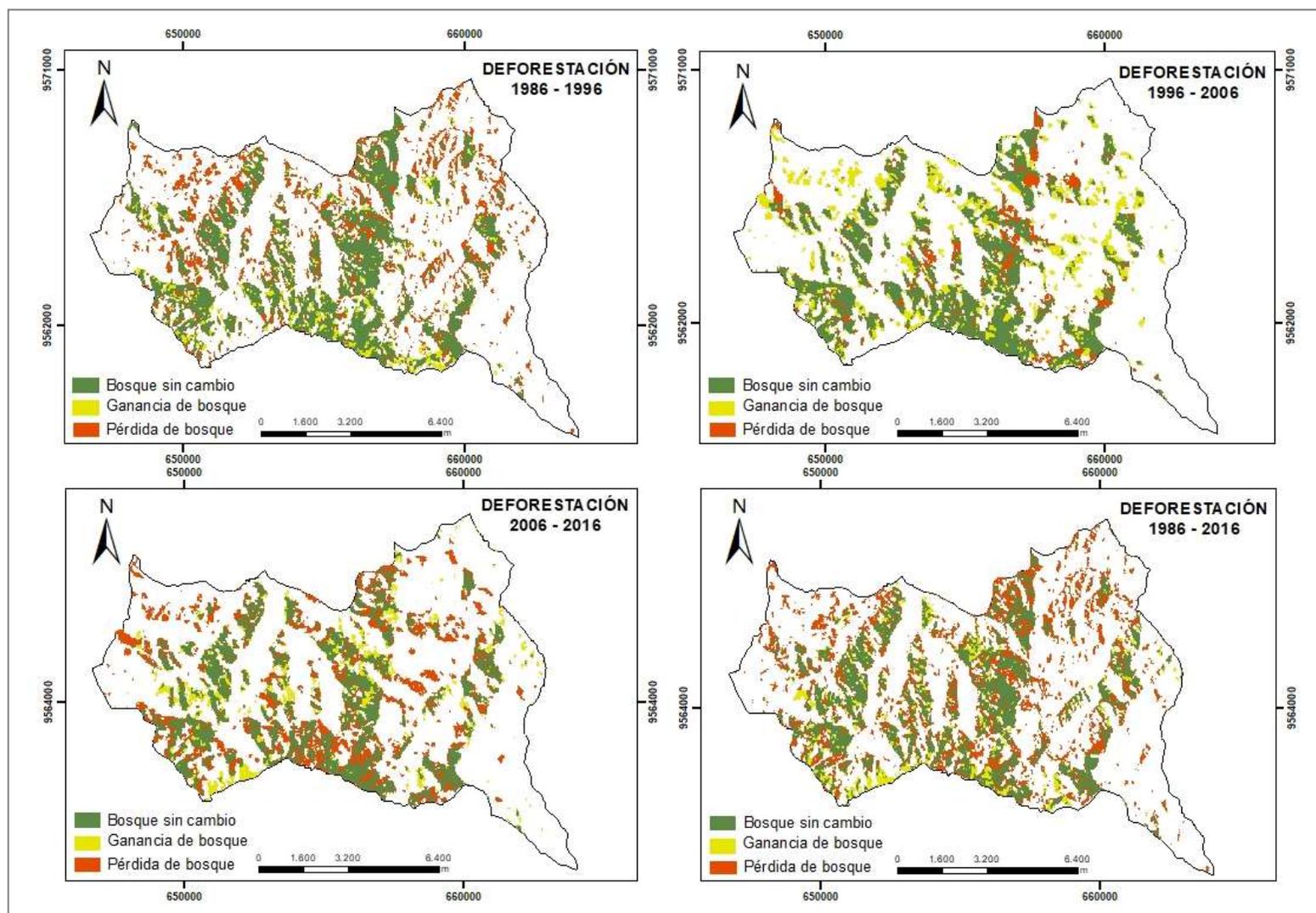


Figura 12.- Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Olmedo.
Fuente: Elaboración propia.

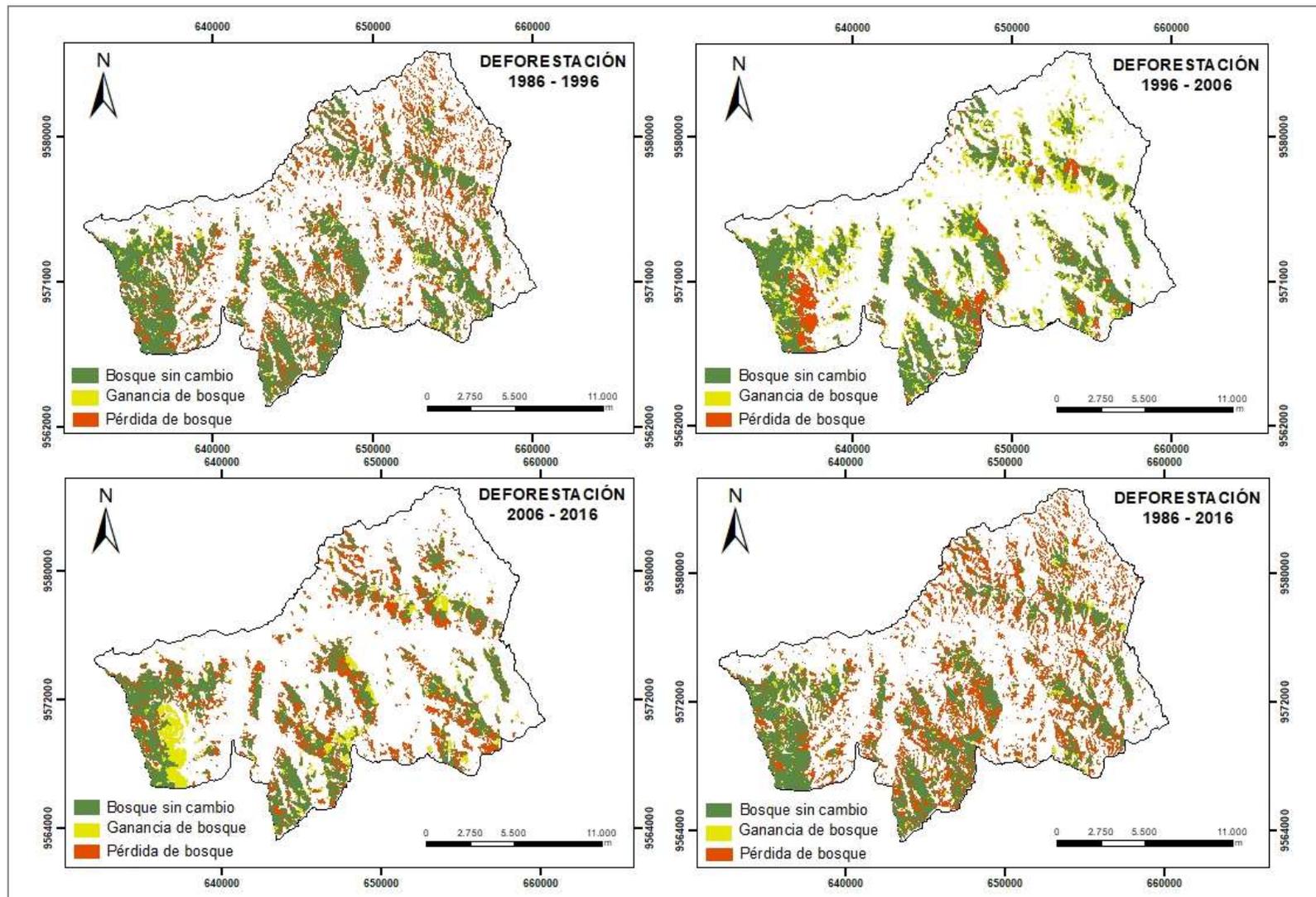


Figura 13.- Evolución de la ganancia y pérdida de bosque de cantón Chaguarpamba.
Fuente: Elaboración propia.

La relación cobertura natural/ cobertura antrópica de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba fue representada por el índice de antropización que para el cantón Paltas y Olmedo este índice representó un 21,25% y 22% respectivamente para el año 2016 mientras que para el cantón Chaguarpamba representó un 30,71% siendo el cantón con mayor índice de antropización para mismo año en comparación (**Tabla 13**).

Tabla 13.-Antropización de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba entre el periodo 1986 - 2016.

CANTONES	INDICE DE ANTROPIZACIÓN (%)			
	PERIODO			
	1986	1996	2006	2016
Paltas	9,95	13,70	18,05	21,25
Olmedo	8,20	13,00	19,00	22,00
Chaguarpamba	2,57	13,85	17,71	30,71

Fuente: Elaboración propia.

En el cantón Paltas la zona urbana de la parroquia Catacocha representa el mayor valor de antropización, seguido de las parroquias Cangonamá, Guachanamá, Lauro Guerrero y Orianga siendo zonas rurales antropizadas por el sector agropecuario. (**Figura 14**).

Por su parte el cantón Olmedo se encuentra con mayor grado de antropización, la parroquia urbana Olmedo seguido de los sectores agropecuarios, mientras que la parroquia La Tingue se muestra con menor valor de antropización por la presencia abundante de coberturas como bosque, páramo, vegetación arbustiva y herbáceo y pastizales naturales (**Figura 15**).

Por último, el cantón Chaguarpamba muestra el mayor valor de antropización la zona urbana de la parroquia Chaguarpamba, aunque también su alto índice de antropización es reflejado el sector agropecuario de las parroquias El Rosario, Chaguarpamba, Amarillos y Buenavista (**Figura 16**).

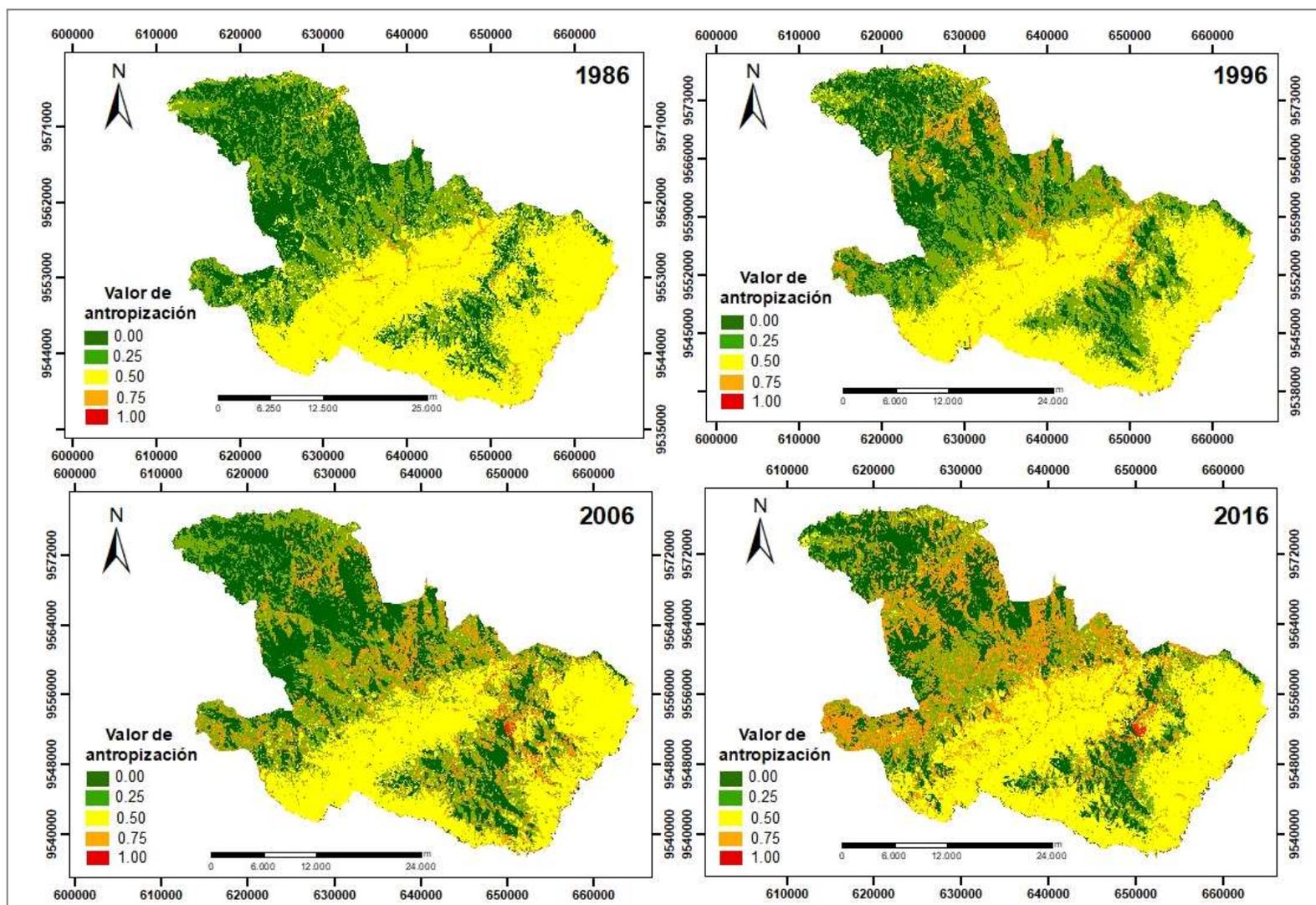


Figura 14.-Grado de antropización del cantón Paltas.
Fuente: Elaboración propia.

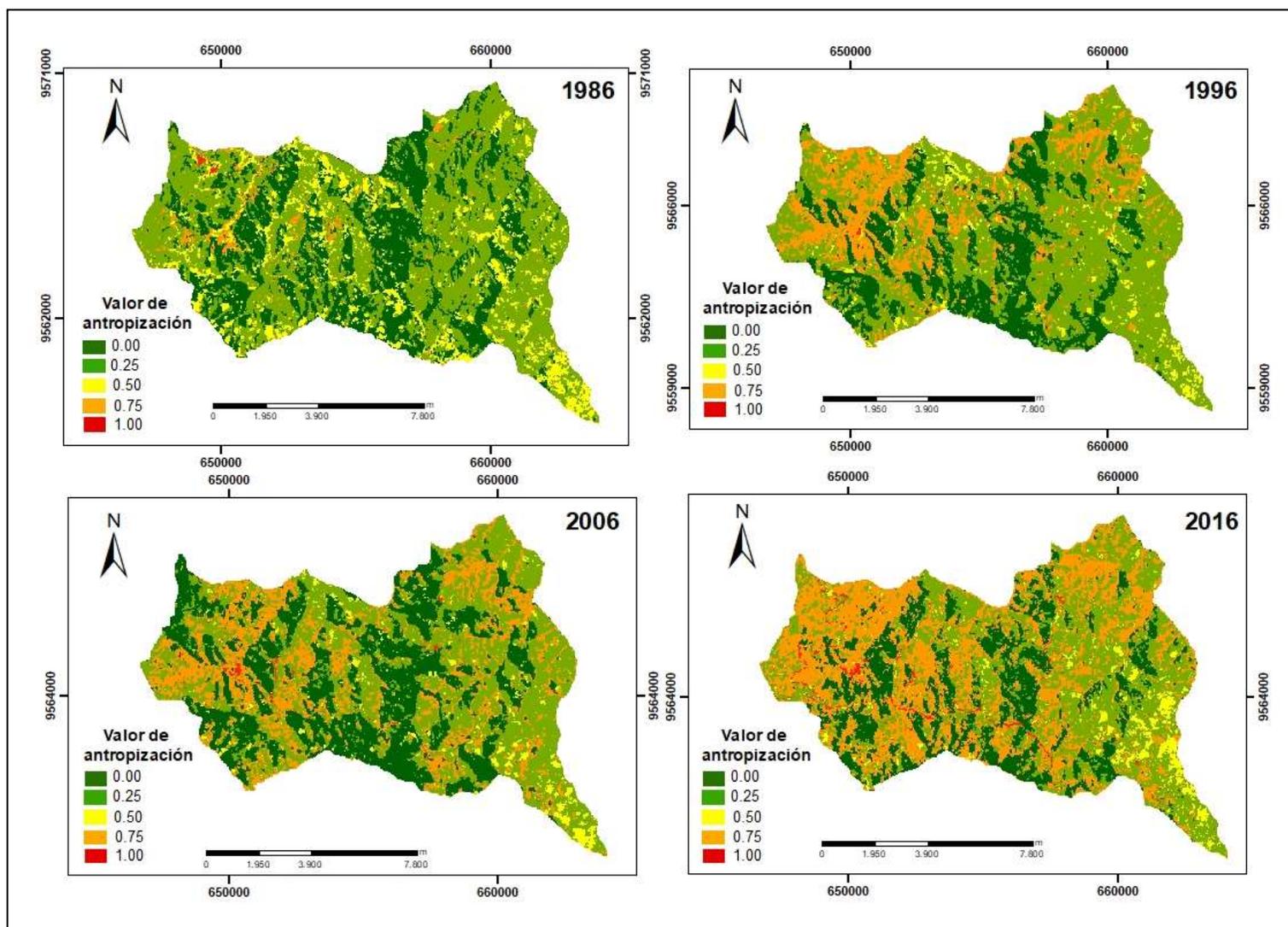


Figura 15.-Grado de antropización del cantón Olmedo.
Fuente: Elaboración propia.

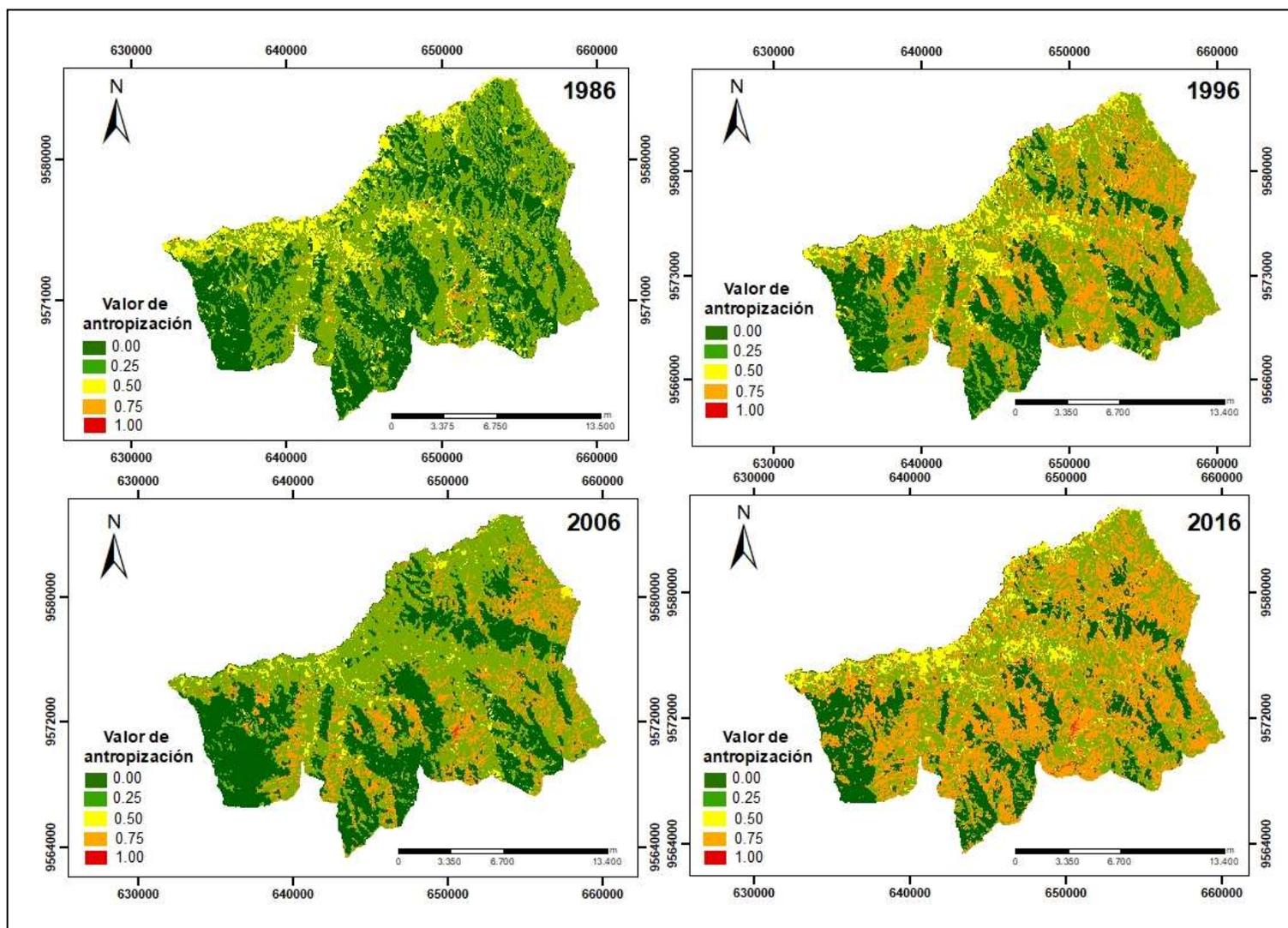


Figura 16.-Grado de antropización del cantón Chaguarpamba.
Fuente: Elaboración propia.

La extensión de la frontera agrícola para los cantones en estudio muestran un incremento conforme al tiempo (**Tabla 14**), es así que, en los 30 años de estudio el cantón Paltas extendió su frontera agrícola en un 19,29 %; Olmedo en 32,55 % y Chaguarpamba 37,85 %.

Tabla 14.-Extensión de la frontera agrícola de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.

CANTONES	EXTENSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA (ha)					
	1986	1996	2006	2016	Extensión agrícola	
					1986 – 2016	
					ha	%
Paltas	2309,65	8942,53	14841,65	24547,10	22237,45	19,29
Olmedo	320,52	2123,57	2400,46	3981,92	3661,40	32,55
Chaguarpamba	712,58	8657,58	4777,16	12552,74	11840,16	37,85

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17, 18 y 19 se muestra la dinámica espacial de la extensión agrícola de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba en los años 1986, 1996, 2006, 2016 respectivamente.

Se identificó las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (**Tabla 15**), que corresponden al programa Socio Bosque tanto del cantón Paltas como Chaguarpamba (**Figura 20**) (**Figura 21**), mientras que para el cantón Olmedo no existe superficie de ANP considerada en su territorio.

Tabla 15.-Área Naturales Protegidas de los cantones Paltas y Chaguarpamba.

CANTONES	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS			
	Superficie de bosque año 2016		Superficie de ANP	
	(ha)	%	(ha)	%
Paltas	23267,03	20,18	1157,15	1
Chaguarpamba	5942,74	19	1000,14	3,20

Fuente: Elaboración propia.

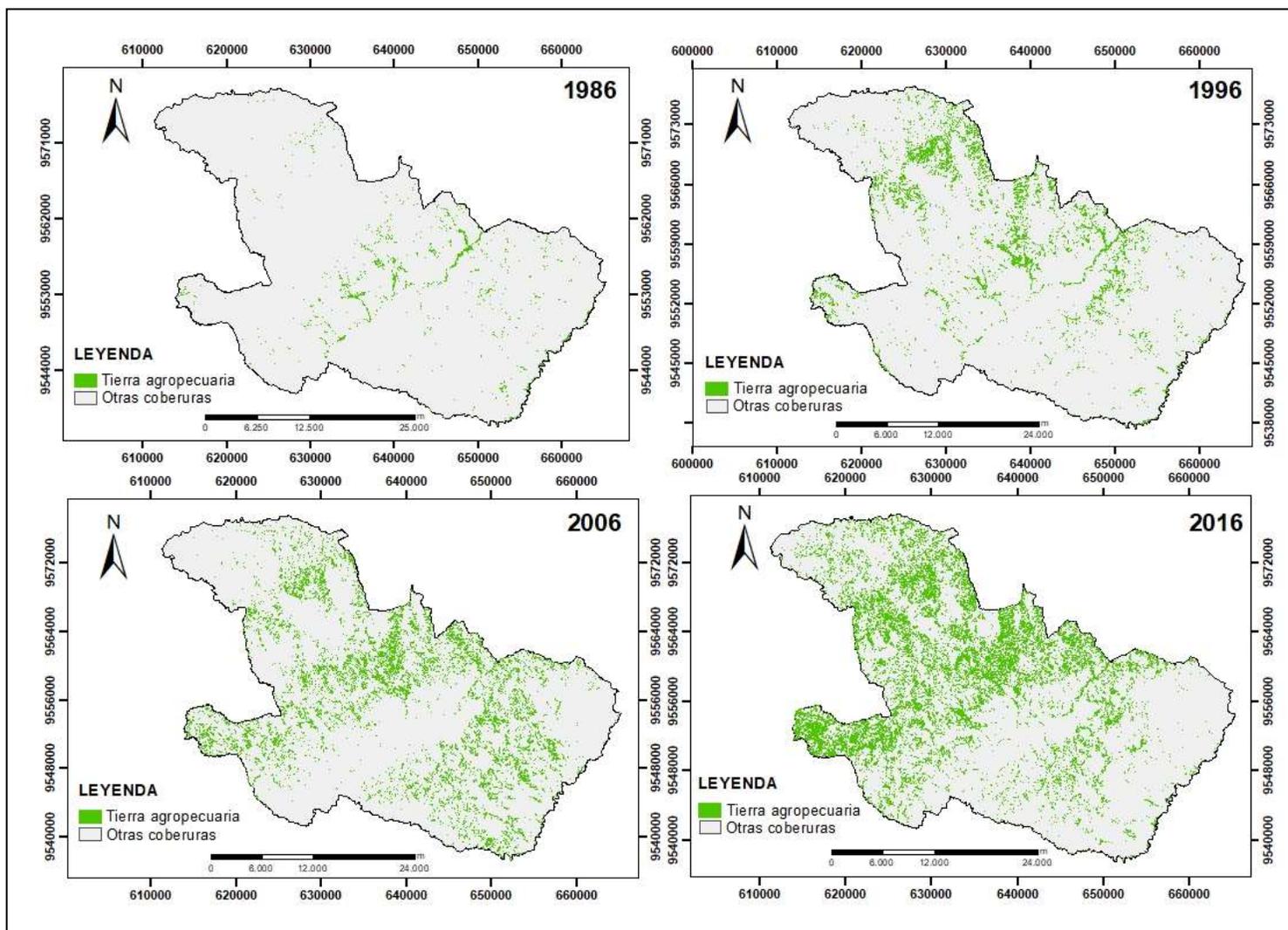


Figura 17.-Cobertura agropecuaria del cantón Paltas en los años 1996, 1996, 2006, 2016.

Fuente: Elaboración propia.

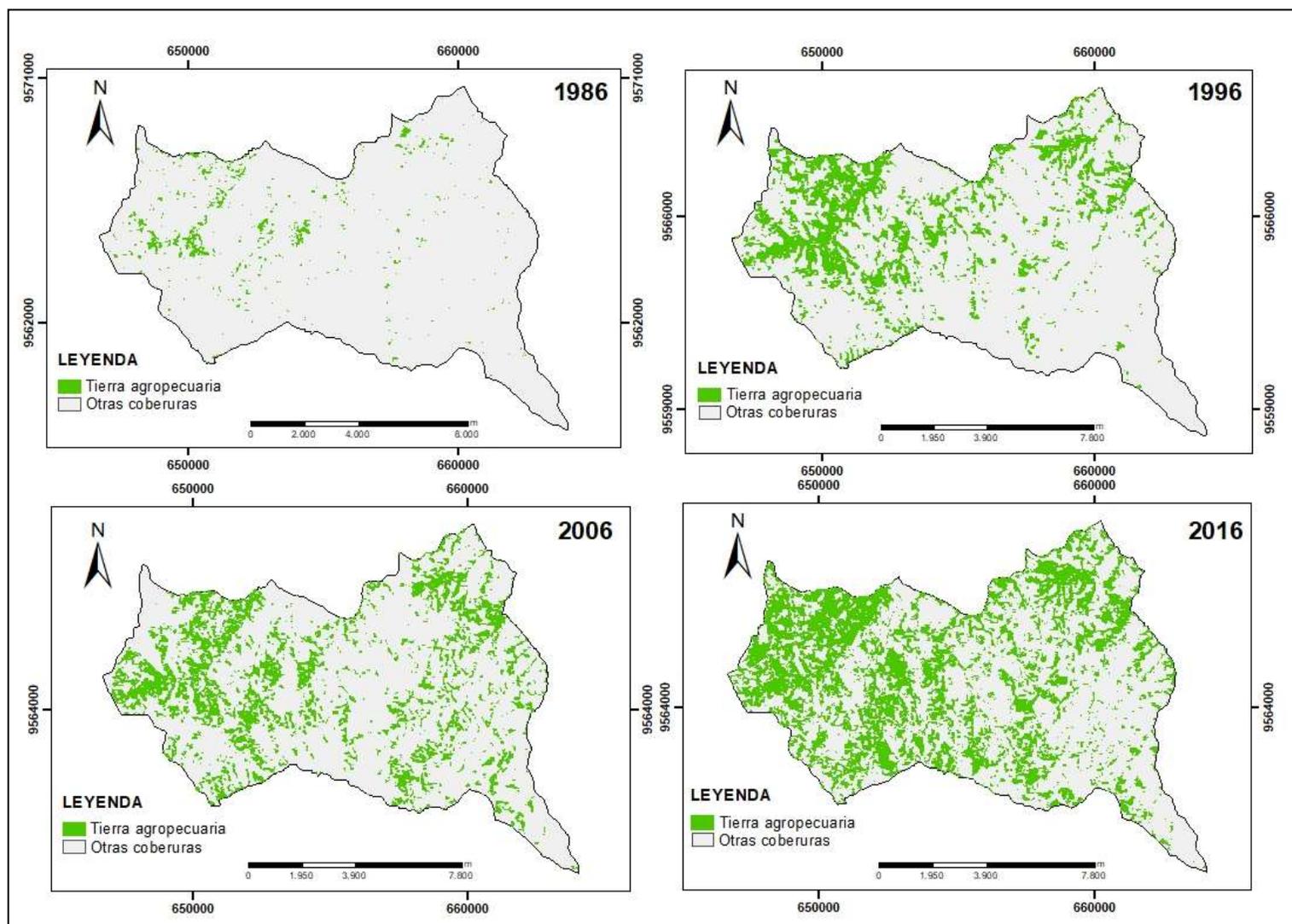


Figura 18.-Cobertura agropecuaria del cantón Olmedo en los años 1996, 1996, 2006, 2016.

Fuente: Elaboración propia

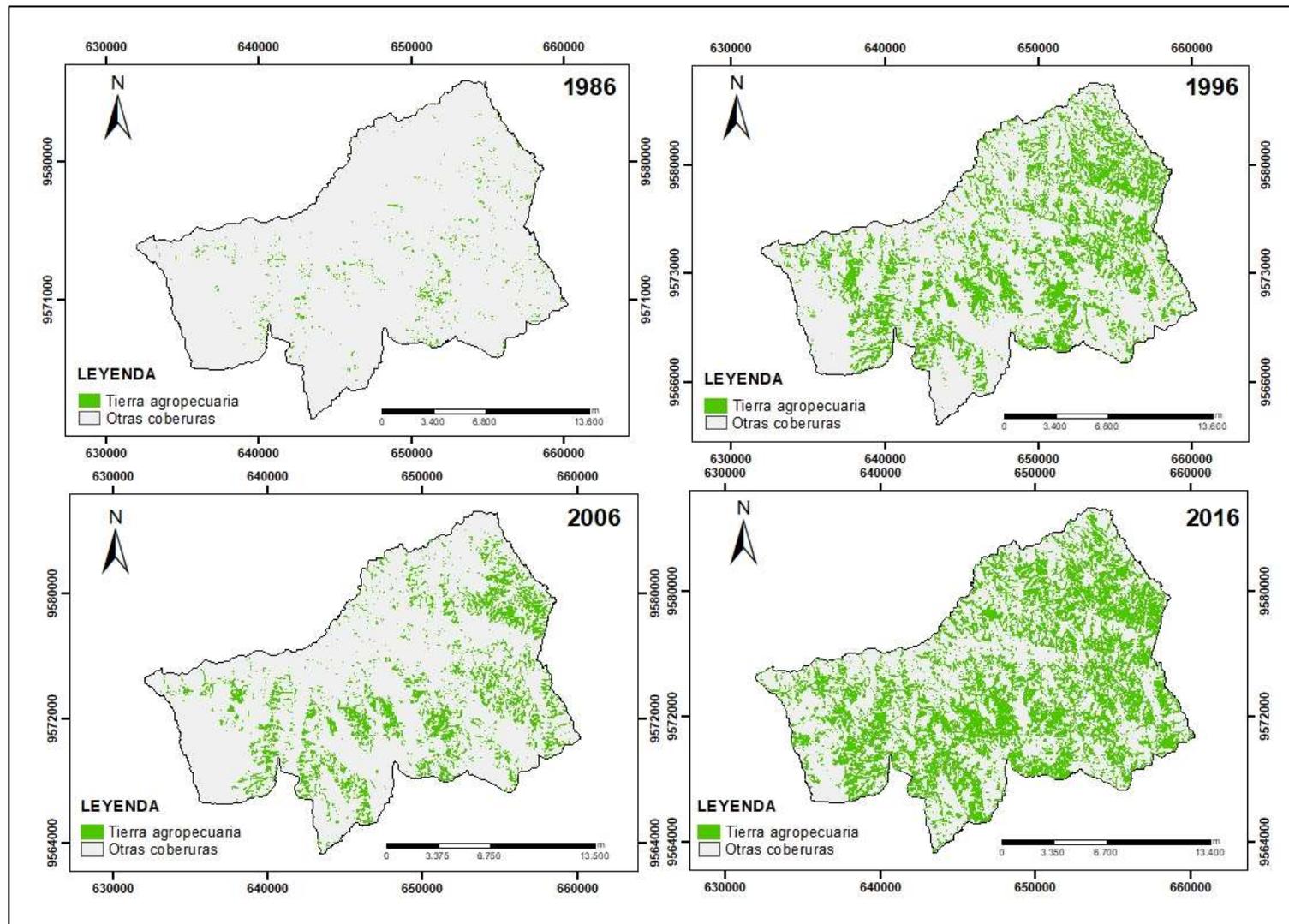


Figura 19.-Cobertura agropecuaria del cantón Chaguarpamba en los años 1996, 1996, 2006, 2016.

Fuente: Elaboración propia

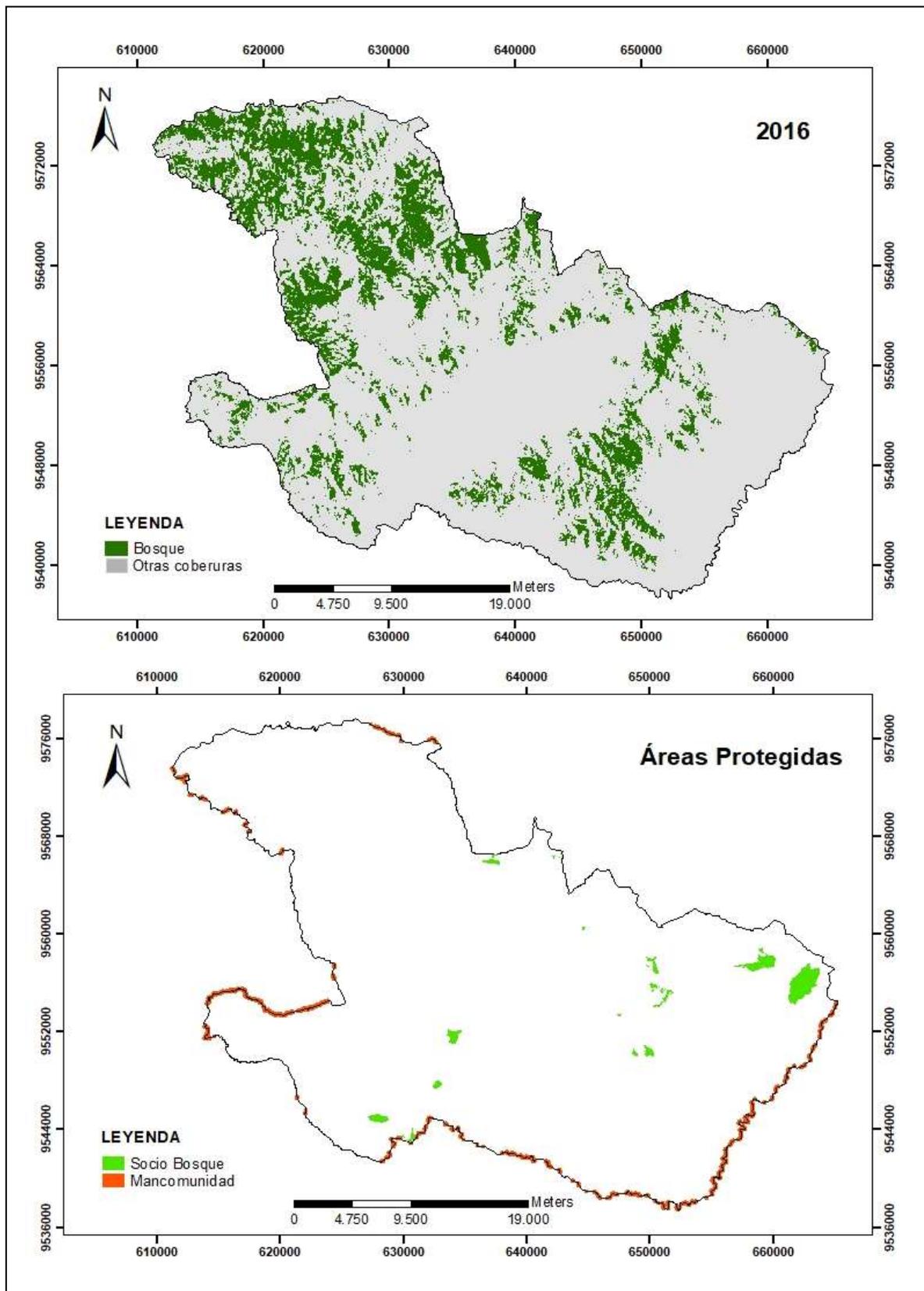


Figura 20.-Áreas Naturales Protegidas del cantón Paltas.

Fuente: Elaboración propia.

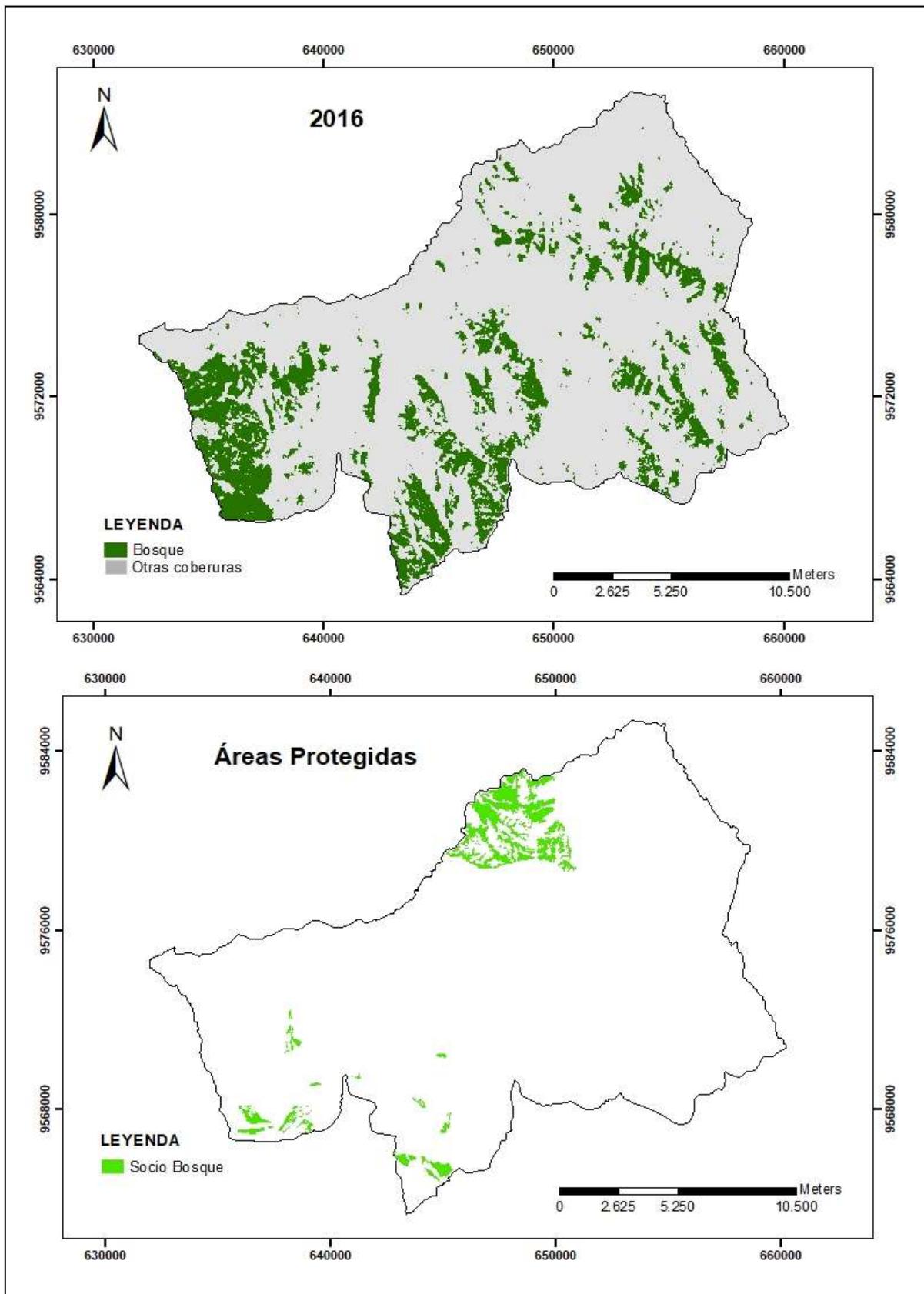


Figura 21.-Áreas Naturales Protegidas del cantón Chaguarpamba.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS

Con la finalidad de garantizar el ordenamiento territorial de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba para un mejor uso y manejo del suelo se sugirieron los lineamientos de planificación estratégica ambiental por cada cantón señalando los cambios significativos (hallazgos) encontrados en los indicadores del subsistema natural, y mencionando las entidades influyentes para la ejecución de dichos lineamientos.

Cuadro 2.-Lineamientos estratégicos para el cantón Paltas.

Hallazgo	Lineamientos de planificación estratégica ambiental	Entidades ejecutoras
<p>BOSQUE En el año 1986 la cobertura de bosque representó 27,54% de la superficie total del cantón, lo que para el año 2016 disminuyó a 20,18% representando una pérdida 8535,42 ha en los últimos 30 años, además entre el periodo 2006 – 2016 tuvo una tasa de deforestación de 2,64% producto del pastoreo extensivo e incremento del sector agrícola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conservar patrimonio natural mediante la delimitación de áreas de bosque seco y zonas de mayor importancia ecológica a fin de estar consideradas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el cantón Paltas. ▪ Realizar programas de manejo ambiental de cuencas hidrográficas que permitan la restauración del bosque especialmente en zonas de recargas hídricas y establecer una nueva zonificación de áreas de bosque para ser incluidas dentro del programa Socio Bosque del MAE. ▪ Capacitar a las pequeñas comunidades de la microcuenca San Pedro Mártir, acerca del programa de Ganadería Sostenible y Manejo Ambiental para evitar el pastoreo extensivo y promover la importancia de la preservación del bosque, la biodiversidad y el cuidado del agua. ▪ Realizar proyectos de forestación y reforestación con especies nativas en todas las áreas degradadas y bosques perdidos. ▪ Promover la gestión sostenible del bosque mediante la creación de políticas públicas por parte del GAD cantonal que permitan normalizar el uso adecuado del bosque y sus recursos, evitando acciones que generen conflictos tales como: la sobreexplotación, caza indiscriminada y contaminación ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Paltas ▪ GPL ▪ MAE ▪ MAG
<p>AGRÍCOLA La cobertura agrícola en el año 1986 representaba tan solo un 2% de la cobertura total del cantón, pero para el año 2016 incrementó a 21.29% esto significa que entre el periodo 1986 – 2016 el crecimiento agrícola fue de 22237,45; es decir un 19,29%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitación de las zonas aptas para la producción agrícola y pecuaria mediante una zonificación técnica dado por los organismos competentes con la finalidad de no poner en riesgo zonas aptas para otros usos. ▪ Maximizar la productividad a corto plazo del suelo agrícola mediante el uso de abonos orgánicos, riego tecnificado y rotación de cultivos para conservar las propiedades del suelo y mantener un periodo de descanso entre siembra y cosecha. ▪ Realizar talleres anuales por parte del MAG con los agricultores del cantón para tratar temas sobre el uso de agroquímicos y su impacto sobre el medio ambiente, además, incentivar sobre el uso de prácticas agrícolas sustentables y controlar el crecimiento desmedido del sector agropecuario. ▪ Garantizar la producción agropecuaria mediante la gestión de seguros para los agricultores y ganaderos con la finalidad de proteger su inversión y evitar pérdidas económicas por fenómenos externos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Paltas ▪ MAG ▪ IESS
<p>SUELO DESCUBIERTO Entre el periodo 1986 – 2016 el suelo descubierto sufre una pérdida de 8279,94 ha; lo que para el año 1986 representaba un 45,54% de dicha cobertura sobre el cantón para año 2016 se reduce a 38,43%, siendo ocupada por las coberturas agrícolas y pastizales entre el periodo 1996 – 2006.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitar zonas de preservación de bosque seco con el objetivo de recuperar áreas degradadas mediante programas de reforestación. ▪ Enfatizar la cultura ambiental en la comunidad fomentando la prevención de incendios forestales y expansión de la frontera agrícola. ▪ Promover la siembra de cultivos agroforestales en terrenos desocupados con la finalidad de optimizar la productividad agrícola, regenerar el suelo y conservar la biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Paltas ▪ MAE ▪ MAG

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.-Lineamientos estratégicos para el cantón Olmedo.

Hallazgo	Lineamientos de planificación estratégica ambiental	Entidades ejecutoras
<p>BOSQUE</p> <p>Entre el periodo 1986 – 2016 se perdió 1227,48 ha de bosque, reduciéndose de 31% a 20.09% de la superficie total del cantón, con una tasa de deforestación de 3,81% en el año 2016 debido al incremento de la cobertura agrícola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitar las zonas de protección de bosque para ser incluidas dentro del programa de Socio Bosque del MAE, además, preservar áreas que brinden un importante aporte hídrico al cantón mediante una zonificación de las microcuencas y estableciendo mediante ordenanzas restricciones de actividades antrópicas en dichas áreas. ▪ Realizar proyectos de forestación y reforestación con especies nativas en todas las áreas degradadas y bosques perdidos ▪ Realizar charlas de educación ambiental a la comunidad acerca de los beneficios del bosque, con el objetivo de incentivar la protección del bosque y reducir las actividades de origen antrópico que pudieren poner en riesgo el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Olmedo ▪ GPL ▪ MAE ▪ MAG
<p>AGRÍCOLA - PAZTIZAL</p> <p>Incremento de 3661,4 ha de cobertura agrícola representando un 32,55% entre el periodo 1986 – 2016 provocando pérdida de cerca de 1000 ha de suelo descubierto y 1500 ha de pastizales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitación de las zonas aptas para la producción agrícola y pecuaria mediante una zonificación técnica dado por los organismos competentes con la finalidad de no poner en riesgo zonas aptas para otros usos. ▪ Mejorar la realización de siembra en pendientes mediante la construcción de terrazas que permiten optimizar el riego y disminuir la erosión. ▪ Maximizar la productividad a corto plazo del suelo agrícola mediante el uso de abonos orgánicos, riego tecnificado y rotación de cultivos para conservar las propiedades del suelo y mantener un periodo de descanso entre siembra y cosecha. ▪ Gestionar proyectos agro comerciales que involucre potencializar el sector cafetalero, mediante una producción orgánica de café que garantice a la economía de los agricultores. ▪ Utilizar técnicas silvopastoriles que disminuyan la erosión del suelo debido a la compactación provocada por el pastoreo. ▪ Adoptar nuevas formas de alimentación ganadera tales como los forrajes hidropónicos (maíz, cebada, trigo, etc.), los cuales además de disminuir la expansión de suelo para uso pecuario son excelentes en mejorar la producción de leche y carne en menor tiempo que el forraje tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Olmedo ▪ MAG
<p>SUELO DESCUBIERTO</p> <p>La cobertura de suelo descubierto representando el 12.73% de la cobertura total del cantón en el año 1986 disminuye a 4,41% para el año 2016 debido al crecimiento agrícola que provocó una tasa de decrecimiento de 21,76% entre el periodo 1986 – 1996.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitar zonas de preservación de bosque seco con el objetivo de recuperar áreas degradadas mediante programas de reforestación. ▪ Enfatizar la cultura ambiental en la comunidad fomentando la prevención de incendios forestales y expansión de la frontera agrícola. ▪ Promover la siembra de cultivos agroforestales en terrenos desocupados con la finalidad de optimizar la productividad agrícola, regenerar el suelo y conservar la biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Olmedo ▪ GPL

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.-Lineamientos estratégicos para el cantón Chaguarpamba.

Hallazgo	Lineamientos de planificación estratégica ambiental	Entidades ejecutoras
<p>BOSQUE Pérdida de 5707,21 ha de bosque y una tasa de deforestación de 1,22% entre el periodo 1986 – 2016 producto del incremento de 4,09% del sector agropecuario en el año 2016.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conservar patrimonio natural mediante la delimitación de áreas de bosque seco y zonas de mayor importancia ecológica a fin de estar consideradas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el cantón Chaguarpamba. ▪ Establecer una nueva zonificación de áreas de bosque para ser incluidas dentro del programa Socio Bosque del MAE. ▪ Realizar proyectos de forestación y reforestación con especies nativas en todas las áreas degradadas y bosques perdidos. ▪ Promover la gestión sostenible del bosque mediante la creación de políticas públicas por parte del GAD cantonal que permitan normalizar el uso adecuado del bosque y sus recursos, evitando acciones que generen conflictos tales como: la sobreexplotación, caza indiscriminada y contaminación ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Chaguarpamba ▪ GPL ▪ MAE ▪ MAG
<p>AGRÍCOLA - PASTIZAL Incremento de 3661,4 ha de cobertura agrícola representando un 32,55% entre el periodo 1986 – 2016 provocando pérdida de cerca de 1000 ha de suelo descubierto y 1500 ha de pastizales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitación de las zonas aptas para la producción agrícola y pecuaria mediante una zonificación técnica dado por los organismos competentes con la finalidad de no poner en riesgo zonas aptas para otros usos. ▪ Maximizar la productividad a corto plazo del suelo agrícola mediante el uso de abonos orgánicos, riego tecnificado y rotación de cultivos para conservar las propiedades del suelo y mantener un periodo de descanso entre siembra y cosecha. ▪ Gestionar proyectos agrocomerciales que involucre potencializar el sector cafetalero, mediante una producción orgánica de café que garantice a la economía de los agricultores. ▪ Utilizar técnicas silvopastoriles que disminuyan la erosión del suelo debido a la compactación provocada por el pastoreo. ▪ Adoptar nuevas formas de alimentación ganadera tales como los forrajes hidropónicos (maíz, cebada, trigo, etc.), los cuales además de disminuir la expansión de suelo para uso pecuario son excelentes en mejorar la producción de leche y carne en menor tiempo que el forraje tradicional. ▪ Promover un sistema agrosilvopastoril que involucre la combinación de especies forestales o frutales con ganadería y cultivos en el mismo sitio, lo que mejora las interacciones ecológicas y económicas para los agricultores y ganaderos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Chaguarpamba ▪ MAG
<p>POBLADOS Crecimiento de los centros poblados representando una tasa de 3.02% entre el periodo 1986 - 2016.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regular el uso y ocupación de suelo mediante ordenanzas municipales para mejorar el ornato tanto de la cabecera cantonal como de todas las áreas urbanas y rurales. ▪ Mejorar el abastecimiento de servicios básicos y cobertura de alcantarillado a sectores estratégicos que lo requieran, además, de realizar un estructuramiento de las calzadas, ampliación de aceras y adecuación de áreas verdes. ▪ Evaluar la movilidad e integración de todas las áreas rurales con objetivo de mejorar el ordenamiento territorial del cantón. ▪ Gestionar un programa de vivienda dirigido a un estrato social de escasos recursos económicos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y el ordenamiento del cantón. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GAD Chaguarpamba ▪ GPL

Fuente: Elaboración propia.

5. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en la presente investigación sobre los cambios de uso de suelo en los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba entre el periodo 1986 – 2016, se muestra una variación de la cobertura de bosque y suelo descubierto que han sido sustituidas en gran medida por el sector agropecuario seguido de pastizales antrópicos y centros poblados. En el caso del cantón Paltas la dinámica de la cobertura vegetal entre el periodo 1986 – 2016 muestran una pérdida del bosque de aproximadamente 9000 ha y una tasa de deforestación de un 2.64% entre periodo de 2006 – 2016 lo cual se relaciona con un estudio de Maita (2015) quien determina que las coberturas naturales tales como: bosque seco y húmedo; matorral seco y húmedo y páramo en el año 2014 representaban un 62, 88 % de la superficie total del cantón pero que con el pasar del tiempo éstas han sido alteradas y reducidas debido al crecimiento de las actividades antrópicas principalmente el pastoreo extensivo en épocas de verano, la expansión agrícola y crecimiento rural. No obstante, entre el periodo 1996 – 2006 se evidencia una recuperación de la cobertura de bosque de casi 3000 ha, puesto que el Ministerio del Ambiente (MAE, 2013), desde su fundación en 1996 ha venido trabajando en proyectos de recuperación de bosque y protección de áreas naturales protegidas, que en la actualidad muchas de éstas áreas naturales son definidas por la provisión de recursos como la Microcuenca San Pedro Mártir, la Reserva Pisaca y el Bosque Protector Suquinda. Sin embargo dentro del programa Socio Bosque en el cantón Paltas tan solo se ha considerado el 1% (1157,15 ha) del total áreas de bosque, mientras que, cerca de 24000 ha siguen en constante presión de las actividades antrópicas lo que las hace vuelven vulnerables a sufrir consecuencias como la deforestación, fragmentación de hábitats y pérdida de biodiversidad (Quichimbo et al., 2011).

Por otra parte, el crecimiento en la cobertura agrícola que se determinó en esta investigación representó un incremento de aproximadamente 22200 ha (19,29%), debido a que el 51,27% de la población económicamente activa (PEA) se dedica a actividades agropecuarias tales como: cultivos de café, maíz, caña de azúcar, cultivos de ciclo corto plantaciones forestales y explotaciones pecuarias (PDOT/Paltas, 2014). Asimismo, la presencia en gran mayoría de suelo descubierto se debe a que parte del cantón Paltas pertenece a la Reserva de Biosfera “Bosque Seco” (MAE, 2013) pero que el crecimiento de las actividades antrópicas han hecho que ésta cobertura se vea amenazada y representa tan solo 1,03 % (1190,92 ha) en el año 2016, lo que en ésta investigación se determinó un índice antropización del 21,85% con un crecimiento aproximado de 800 ha de superficie destinada a centros poblados.

Olmedo es uno de los cantones en el cual la variación del cambio de uso de suelo se identifica más en el sector agropecuario ya que según el PDOT de Olmedo (2014), parte de los pastizales naturales y bosques se ven convertidos en mosaicos agropecuarios representando un incremento del sector agrícola del 32,55%; aproximadamente 4000 ha entre el periodo 1986 – 2016 descritos en esta investigación, así también, lo demuestra un estudio de Cueva, (2010) quien que menciona que la producción agrícola representa un 2,04% por encima de las coberturas naturales y que gran parte de éste porcentaje es debido a la producción extensiva del cultivo de café. Por otra parte, aunque la cobertura de bosque se ha visto disminuida en casi 1500 ha hasta el año 2016; entre el periodo 1996 y 2006 se evidenció un ligero incremento de más de 500 ha de bosque que según el PDOT del Gobierno Provincial de Loja (GPL), (2011), el cantón contaba con aproximadamente 5300 ha de coberturas naturales aunque gran parte de ellas se encontraban intervenidas. La disminución del suelo descubierto en el cantón por una parte se debe al crecimiento de la superficie de asentamientos humanos en casi 200 ha entre el periodo 1986 – 2016 y también por el índice de antropización de 22% reflejado en el incremento de la

cobertura agrícola, como lo menciona el fascículo de censos del (INEC, 2001) el 89,1% de su población reside en el área rural y se dedica a labores agropecuarias; además se menciona en el PDOT cantonal que la concentración de asentamientos humanos requiere una atención especial en la planificación y ordenamiento territorial especialmente en el área urbana que para el periodo 2006 – 2016 su tasa de incremento fue del 6,86% (GAD/Olmedo, 2014).

La variación de la cobertura vegetal y uso de suelo del cantón Chaguarpamba se define por el incremento de actividades antrópicas como el crecimiento del sector agropecuario que entre el periodo 1986 – 2016 la expansión de la frontera agrícola representó 37,85%; es decir cerca de 12000 ha, así lo corrobora Córdova, (2015) puesto que menciona que el uso actual del suelo en el cantón Chaguarpamba se ve influenciado principalmente por la expansión de cultivos en especial de: café, caña de azúcar, maíz, frejol, arroz y maní que representan un 14,33% en el año 2016. Asimismo, el crecimiento de aproximadamente 200 ha de la cobertura de centros poblados como menciona el INEC, UNPA y AME, (2001) representó un ritmo de crecimiento promedio anual del 2% concentrándose la mayor población en el área rural.

Las áreas naturales protegidas en el cantón se ven definidas por el programa Socio Bosque ya que más de 1000 ha fueron incorporadas; no obstante, cerca de 6000 ha siguen fuera de protección y se encuentran vulnerables a cualquier acción humana. Un aspecto importante a mencionar es que al igual que los resultados de los cantones anteriores sobre la cobertura de bosque entre el periodo 1996 – 2006, el cantón Chaguarpamba también muestra un incremento en el bosque, en este caso incrementó cerca de las 1000 ha dado que la cobertura agrícola para este periodo disminuyó cerca de 3900 ha. Pero cabe recalcar que la variación de la dinámica del bosque entre el periodo 1986 – 2016 se ha visto marcado por una disminución aproximada de 6000 ha, lo que implica que su tasa de deforestación sea de 3,20 % significando el valor más alto en deforestación con respecto a los demás cantones en estudio; esto debido a que la mayor

parte del cantón es ocupado principalmente por la cobertura agrícola seguido de los pastizales intervenidos que en su mayoría son convertidos en pastos cultivados o de producción ganadera como afirma el MAG, (2019) que en el año 2018 la producción agropecuario alcanzó el 38% de la superficie total del cantón y que en éste investigación resultó cerca del 36% en el año 2016 lo que indica que el cantón Chaguarpamba muestre un índice de antropización de 30,71%.

Con respecto a la protección del bosque en el cantón Chaguarpamba el MAE, (2013), define 1000,14 ha que representa el 3.20% de la superficie total de la cobertura de bosque que forman parte del programa Socio Bosque.

En los PDOT de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba, los programas y proyectos descritos influyen directamente en el ordenamiento territorial y van orientados a la recuperación y protección áreas naturales, así como de medidas para mantener una producción agropecuaria sostenible para garantizar el bienestar y economía de sus habitantes, asimismo, Ortega, (2018) propone un instrumento metodológico de planificación territorial para generar nuevas oportunidades en el cambio de la matriz productiva que mejore la calidad de vida de la población; es así que en este contexto la investigación propuesta sugirió lineamientos de planificación estratégica ambiental para mejorar la situación territorial interviniendo en las decisiones de los GADs de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.

Los lineamientos estratégicos van dirigidos a mejorar la planificación territorial en los bosques, sector agrícola, suelos descubiertos y centros poblados debido a que son las coberturas de mayor cambio significativo, en este caso tanto los PDOT cantonales y MAE, (2016) mencionan propuestas y proyectos de planificación enfocados a la conservación y producción agropecuaria en un contexto general , lo que a diferencia de ésta investigación en la que se integró el cálculo de los indicadores del subsistema natural para analizar más a fondo sobre la dinámica de los cambios en las coberturas como menciona el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

(2017), y respondiendo a la pregunta de investigación, dichos indicadores ayudan a conocer, valorar, estimar y mejorar las condiciones territoriales y permitan mitigar problemas ambientales, sociales y económico.

6. CONCLUSIONES

- Los cambios de uso de suelo determinados entre el periodo 1986 - 2016 muestran una estrecha relación entre los cantones en estudio puesto que las coberturas de bosque y suelo descubierto son las más afectados ya que se reduce cerca del 10% de la cobertura de bosque y 13 % de suelo descubierto de la superficie total del área de estudio.
- Las coberturas que representan un mayor crecimiento entre el periodo 1986 – 2016 de los cantones en estudio son la cobertura agrícola representando un 26% seguido de los pastizales intervenidos con un 22.75% de la superficie total del área de estudio.
- El cálculo de los indicadores del subsistema natural entre el periodo 1986 – 2016 indican que las mayores variaciones se producen en el cantón Chaguarpamba representando la tasa más alta de deforestación 3.20%, seguido del cantón Olmedo con 1.81% y Paltas con 1.22%; además el cantón Chaguarpamba mantiene un alto índice de antropización (30,71%) influenciado principalmente por el crecimiento de 11840,16 ha de cobertura agrícola.
- Los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba comparten características similares con respecto a los cambios significativos suscitados; es por ello que los lineamientos estratégicos estuvieron enfocados en revertir la pérdida de bosque y suelo descubierto además de establecer medidas para controlar el crecimiento agropecuario con el objetivo de mejorar el ordenamiento y planificación territorial.

7. RECOMENDACIONES

- Que se realicen estudios multitemporales que aporten con información para mejorar la planificación de sectores locales y que promuevan el establecimiento de estrategias para garantizar un desarrollo sustentable.
- Que se enfatizen los proyectos de planificación territorial en base a un análisis del subsistema natural y sus componentes para valorar de mejor manera el territorio y conocer los principales problemas que pertenecen a cada cantón.
- Que los Gobiernos Autónomos Descentralizados tomen en consideración los lineamientos establecidos en esta investigación puesto que mejorarían en gran parte el ordenamiento territorial de los cantones Paltas, Olmedo y Chaguarpamba.

8. REFERENCIAS

- Acharya, K. P., Dangui, R. B., y Acharya, M. (2011). *Análisis de la degradación del bosque en Nepal*. 62, 31–38. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2006450701>
- Azzouzi, S. A. (2019). *Técnicas de detección de cambios mediante teledetección para el desarrollo sostenible y la desertificación*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bosque Sendra, J., y García, R. (2000). El Uso De Los Sistemas De Información Geográfica En La Planificación Territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 49–67. Recuperado de http://download.tuxfamily.org/tuxgis/geodescargas/SIG_PlanificacionTerritorial.pdf
- Buitelaar, R. M., Echeverri Perico, R., Silva Lira, I., y Riffo Pérez, L. (2015). Estrategias y políticas nacionales para la cohesión territorial Estudios de caso latinoamericanos. *Publicación de las Naciones Unidas*, 62. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37849/1/S1420715_es.pdf
- Calvario Sánchez, G. (2019). *Paradigmas de Aprendizaje Automático Aplicados a la Teledetección: Imágenes RGB e Imágenes Multiespectrales* (Universidad del País Vasco; Vol. 56). Recuperado de

- <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347743079003/html/index.html>
- Chacón, M., Harvey, C. A., y Delgado, D. (2007). Diversidad arbórea y almacenamiento de carbono en un paisaje fragmentado del bosque húmedo de la zona atlántica de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, 51–52(51), 19–32. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lah&AN=20083121220&site=ehost-live%5CnHTTP://www.catie.ac.cr%5Cnemail:mchacon@catie.ac.cr%5Ccharvey@catie.ac.cr%5Cddelgado@catie.ac.cr>
- Chuvieco Salinero, E. (2008). Chuvieco (2008) Teledeteccion Ambiental.pdf. En *La observación de la tierra desde el espacio* (Ariel, S., p. 62). España.
- Condori Luna, I. J., Loza Murguía, M. G., Mamani Pati, F., y Solíz Valdivia, H. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014. *Selva Andina Research Society*, 44.
- Córdova, L. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160836120001_diagnostico PDyOT actual Chaguarpamba nuevo_13-04-2016_18-24-32.pdf
- Cueva, J. (2010). *Elaboración y análisis del estado de la cobertura vegetal de la provincia de Loja - Ecuador*.
- FAO. (2014). Ordenamiento Territorial Rural: Conceptos, Métodos y Experiencias. En J. Paruelo, E. Jobbágy, P. Litter, H. Dieguez, A. Panizza, & A. García (Eds.), *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4004.4320>
- Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., y Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- GAD/Olmedo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, PDOT 2014*. (193), 2022. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160008140001_116000814001 PDyOT Olmedo_14-03-2015_12-20-37.pdf
- Galicia, L., García, A., Gómez, L., y Ramírez, M. I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ine; Semarnat; Unam*, (March), 50–60. Recuperado de

- <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores?task=view&id=135>
- Global Forest Watch/GFW. (2017). Monitoreo forestal diseñado para la acción | Global Forest Watch. Recuperado 23 de diciembre de 2019, de Foro de Bosques Tropicales de Oslo website: <https://www.globalforestwatch.org/>
- Gómez Orea, D., y Gómez Villarino, M. (2014). Marco conceptual para la ordenación territorial y reflexiones sobre el proceso ecuatoriano en la materia. *IX Simposio nacional de desarrollo urbano y planificación territorial*, 21. Recuperado de <http://sndu.org/web/ix-simposio/ponencias/>
- González, N., Serrano, B., Lemus, C., y Flores, M. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. *Biociencias*, 1(1), 19–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.15741/revbio.01.01.03>
- GPL), (Gobierno Provincial de Loja/. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja*.
- GPL. (2014). Análisis de uso de suelo en la provincia de Loja. Recuperado 6 de julio de 2019, de Gobierno Provincial de Loja website: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=51b52486135946088a6bd772bc63cb57>
- Guillén, C., Murugan, V., y Dávila, M. (2015). Aplicación de teledetección y SIG para el levantamiento cartográfico de los suelos de la cuenca Solani, India. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(2), 185–204. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347743079003/html/index.html>
- INEC. (2001). *Pirámide de población. Censo 2001*.
- INEC. (2017). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC. En *Agro Sur* (Vol. 2). <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>
- INEC, UNPA, y AME. (2001). *Cantón Chaguarpamba*. 3–6.
- INECC/ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2017). *Indicadores del subsistema natural*. 21–39. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/434/indic1.pdf>
- Instituto Oceanográfico de la Armada [INOCAR]. (2012). Información General de la República del Ecuador. *Fuerzas Armadas*, 13–24. Recuperado de https://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_I.pdf

- Jumbo, B. (2019). *Análisis multitemporal de la superficie ocupada por el cultivo de caña en el cantón Catamayo provincia de LOJA-ECUADOR* (Universidad Nacional de Loja). <https://doi.org/192.188.49.17>
- Lambin, E. F. (1997). Modelado y monitoreo de procesos de cambio de cobertura de la tierra en regiones tropicales. *Progreso en Geografía Física: una revisión internacional del trabajo geográfico en las ciencias naturales y ambientales*, 21(3), 375–393. <https://doi.org/10.1177/030913339702100303>
- Lao Ramos, B., y Peláez Hernández, D. (2018). La teledetección y los Sistemas de Información Geográfica para el manejo de las tierras. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 54–65.
- MAE/MAGAP. (2014). *Temporalidad : 2013-2014 Cobertura y Uso*. 2013–2014. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal SNI 2014/uso de la tierra/04-presentacion_mapa uso y cobertura de la tierra -2013-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/uso%20de%20la%20tierra/04-presentacion_mapa%20uso%20y%20cobertura%20de%20la%20tierra%20-2013-2014.pdf)
- MAE/Ministerio del Ambiente. (2016). *Planificación estratégica 2012 – 2016*. Recuperado de http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/plan_estrategico_institucional_dpng.pdf
- MAE. (2012). *Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional*. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242984/1.+Contabilidad+Ambiental.pdf/e69f5a26-46e3-4462-b71d-1738c92f2eb1;jsessionid=SNfkbt04pBems-A53sPXbi2H?version=1.0>
- MAE. (2013). Línea base de deforestación del Ecuador continental. En *Programa Socio Bosque*. Recuperado de [http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto mapa-parte1.pdf](http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf)
- MAE. (2017). *Sistema nacional de control forestal*. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>
- MAE. (2018). *Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental, escala 1:100.000*. 1–49. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal SNI 2014/uso de la tierra/01-metodologia_mapa_cobertura_uso.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/uso%20de%20la%20tierra/01-metodologia_mapa_cobertura_uso.pdf)
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2014). Evaluación nacional forestal resultados. *Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y el Proyecto “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático (MFSCC)” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).*, 316. Recuperado de

- http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185860/Evaluación+Nacional+Forestal_NREFD+1.pdf/955aaa38-34b6-4b4d-9278-8fe915df893f
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería /. (2019). Chaguarpamba, un cantón cafetalero de la provincia de Loja – Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado 14 de septiembre de 2020, de <https://www.agricultura.gob.ec/chaguarpamba-un-canton-cafetalero-de-la-provincia-de-loja/>
- MAGAP. (2015). *Levantamiento de cartografía temática, escala 1:25.000, Lote 2.*
- Maita, R. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Paltas.* 268 p. Recuperado de <https://www.alcaldiadepaltas.gob.ec/inicio.html>
- Maita, R. (2015). *GADC-Paltas Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del GADC PALTAS.* Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160000910001_PDyOT_Cantón_Paltas_Diagnostico_05-03-2015_10-49-08.pdf
- Maldonado, H., Parra, A., y Aldana, A. (2011). La Deforestación en la Reserva Forestal Caparó-Venezuela Períodos 1987-1994 , 1994-2007 y 1987-2007 . (Aplicación de la Teledetección y los SIG). *Revista Forestal Latinoamericana*, 26(2), 107–132.
- Maldonado Lince, G. (1980). La reforma agraria en el Ecuador. *Cahiers du monde hispanique et luso-brésilien*, 34(1), 33–56. <https://doi.org/10.3406/carav.1980.1501>
- Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., y Jacob-Lopes, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Martínez, J., y Martín, M. P. (2010). *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente* (Ciencias H). Recuperado de http://www.aet.org.es/files/guia_teledeteccion_medio-ambiente_pliego.pdf
- Medina, J. (2001). *Evaluación de metodologías de detección de cambios del uso del suelo a través del análisis digital multitemporal de imágenes satelitales Landsat TM en la IX Región , Chile .* 1–72.
- Nathan, A. J., y Scobell, A. (2012). Cómo China ve a América. *Foreign Affairs*, Vol. 91, pp. 205–223. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Navarro, F., Matteio, H., y Barrios, R. (2012). *Dinámica de la Cobertura y Uso del Suelo Provincias Misiones y Corrientes Provincia de Corrientes.* 13.
- ONU. (2019). Informe de la ONU. En *Perspectivas de la Población Mundial 2019* (Vol. 2050).

- Recuperado de https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_ES.pdf
- Ortega, M. (2018). *El patrimonio Cultural Tangible e Intangible articulado a la Ordenación Territorial - Aplicado al caso del cantón Paltas provincia de Loja*.
- Palacio, J., Sanchez, M., Delgado, J., Propin, E., y Casado, J. (2003). *El diseño y uso de indicadores en las fases de caracterización y diagnóstico para la elaboración de los Planes Estatales de Ordenamiento Territorial . Una propuesta para el caso de México .* 1–8. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/33666/1/secme-16709.pdf>
- Perea, A. J., Merono, J. E., y Aguilera, M. J. (2009). Clasificación orientada a objetos en fotografías aéreas digitales para la discriminación de usos del suelo. *Interciencia*, 34(9), 612–616. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000900005
- Pinos Arévalo, N. (2016). Uso prospectivo del suelo y cobertura vegetal en la ordenación territorial - Caso cantón Cuenca. *Estoa*, 5(9), 7–19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Paltas. (2014). *PDOT/Paltas*, 268 p.
- Prefectura de Loja. (2018). Prefectura de Loja. Recuperado 18 de noviembre de 2019, de <https://www.prefectura Loja.gob.ec/>
- Quichimbo, P., Cárdenas, I., Tenorio, G., Crespo, P., Borja, P., y Célleri, R. (2011). *Efecto del cambio de cobertura vegetal sobre las propiedades hidrofísicas del suelo en un área de páramo , sur del Ecuador*. (October 2016), 255–265. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/270215830>
- Rogan, J., y Chen, D. (2004). Tecnología de teledetección para cartografiar y monitorear la cobertura del suelo y el cambio de uso de suelo. *Elsevier*, 61(July 2003), 301–325. [https://doi.org/10.1016/S0305-9006\(03\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0305-9006(03)00066-7)
- Rullán Silva, C., Gama Campillo, L., Galindo Alcántara, A., y Olthof, A. (2011). Clasificación no supervisada de la cobertura de suelo de la región sierra de Tabasco mediante imágenes landsat etm + Non-supervised classification of soil cover in the Mountain Region of Tabasco through ETM + Landsat images. *Universidad y Ciencia*, 27(1), 33–41. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v27n1/v27n1a3.pdf>
- Sánchez Díaz, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la

conservación de la biodiversidad: una revisión. *Revista Científica*, 33(3), 243–253.
<https://doi.org/10.14483/23448350.13370>

Sepúlveda Varas, A., Saavedra Briones, P., y Esse, C. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2019(72), 9–25.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000100009>

Skole, D. L., Chomentowski, W. H., Salas, W. A., y Nobre, A. D. (1994). Dimensiones físicas y humanas de la deforestación en la Amazonía. *BioScience*, 44(5), 314–322.
<https://doi.org/10.2307/1312381>

Volante, J. (2014). *Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semi-Árido*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12123/1517>

9. ANEXOS

9.1. MATRICES DE CONFUSIÓN DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Año 1986														
IMAGEN	CLASIFICACIÓN								Total	Exactitud de Usuario	Error de Comisión			
		Bosque	Agrícola	Pastizal	Suelo descubierto	Agua	Nubes	Urbano						
	Bosque	28	2	1								31	0,90	0,10
	Agrícola	1	7	2								10	0,70	0,30
	Pastizal	2		21	3							26	0,81	0,19
	Suelo descubierto				30							30	1,00	0,00
	Agua					1						1	1	0
	Nubes						1					1	1	0
	Poblad							1				1	1	0
	Total	31	9	24	33	1	1	1				100		
Exactitud del Productor	0,90	0,78	0,88	0,91	1	1	1							
Error de Omisión	0,10	0,22	0,13	0,09	0	0	0							

Año 1996														
IMAGEN	CLASIFICACIÓN								Total	Exactitud de Usuario	Error de Comisión			
		Bosque	Agrícola	Pastizal	Suelo descubierto	Agua	Nubes	Urbano						
	Bosque	15	1									16	0,94	0,06
	Agrícola	2	17	2								21	0,81	0,19
	Pastizal		1	21	2							24	0,88	0,13
	Suelo descubierto			2	33							35	0,94	0,06
	Agua					1						1	1,00	0,00
	Nubes						2					2	1,00	0,00
	Urbano							1				1	1,00	0,00
	Total	17	19	25	35	1	2	1				100		
Exactitud del Productor	0,88	0,89	0,84	0,94	1,00	1	1							
Error de Omisión	0,12	0,11	0,16	0,06	0,00	0	0							

Año 2006											
CLASIFICACIÓN											
IMAGEN		Bosque	Agrícola	Pastizal	Suelo descubierto	Agua	Nubes	Urbano	Total	Exactitud de Usuario	Error de Comisión
	Bosque	20	1						21	0,95	0,05
	Agrícola	3	14						17	0,82	0,18
	Pastizal	2		24	1				27	0,89	0,11
	Suelo descubierto			2	16			1	19	0,84	0,16
	Agua					3			3	1	0
	Nubes						8		8	1	0
	Urbano				2			3	5	0,6	0,4
	Total	25	15	26	19	3	8	4	100		
	Exactitud del Productor	0,80	0,93	0,92	0,84	1	1	0,75			
Error de Omisión	0,20	0,07	0,08	0,16	0	0	0,25				

Año 2016											
CLASIFICACIÓN											
IMAGEN		Bosque	Agrícola	Pastizal	Suelo descubierto	Agua	Nubes	Urbano	Total	Exactitud de Usuario	Error de Comisión
	Bosque	18	2						20	0,90	0,10
	Agrícola	2	19						21	0,90	0,10
	Pastizal	1		20	1				22	0,91	0,09
	Suelo descubierto			2	21			2	25	0,84	0,16
	Agua					2			2	1	0
	Nubes					1	1		2	0,5	0,5
	Urbano				2			6	8	0,75	0,25
	Total	21	21	22	24	3	1	8	100		
	Exactitud del Productor	0,86	0,90	0,91	0,88	0,67	1	0,75			
Error de Omisión	0,14	0,10	0,09	0,13	0,33	0	0,25				