

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE ÍNDICES DE
DEFORESTACIÓN EN EL DISTRITO DE
YAMBRASBAMBA, BONGARÁ, AMAZONAS**

Autor: Bach. Erick Martin Chuquibala Castro

Asesor: Ing. Rolando Salas López

Registro:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi familia, mis padres y mis hermanas por el apoyo dentro del transcurso de mi formación profesional.

En especial a mi madre por su apoyo incondicional, su trabajo y esfuerzo para permitirme culminar esta carrera.

A Blancas y Fiorina por la alegría y la felicidad en todo este proceso.

Erick Martin

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, el Ing. Rolando Salas López, por los consejos y sugerencias que me brindó para la realización de esta tesis. Por su apoyo, amistad y tiempo que me ha permitido desarrollar esta investigación.

A mi Alma Mater la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), quien me acogió en sus aulas, me permitió realizar mis estudios y disfrutar de una etapa maravillosa de mi vida.

A los diferentes docentes y personas que, en el transcurso de mi carrera, me transmitieron conocimiento y aportaron a mi formación profesional.

AUTORIDADES DE LA UNTRM

Dr. Policarpio Chauca Valqui
RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
VICERRECTOR ACADEMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada “**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE ÍNDICES DE DEFORESTACIÓN EN EL DISTRITO DE YAMBRASBAMBA, BONGARÁ, AMAZONAS**”, del tesista egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental:

Bach. Erick Martin Chuquibala Castro

El suscrito da el visto bueno a la mencionada tesis dando pase para que sea sometida a revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen para su posterior sustentación.



Ing. Rolando Salas López

JURADO EVALUADOR



Dra. Martha Steffany Calderón Rios

PRESIDENTE



M.Sc. Eli Pariente Mondragón

SECRETARIO



Ing. Nilton Beltrán Rojas Briceño

VOCAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-M

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo, ERICK MARTIN CHUQUIBALA CASTRO, con D.N.I. N° 71924458,
domiciliado en JR TRIUNFO #220 - CHACHAPOYAS, estudiante del _____ ciclo de
estudios/egresado (X) de la Escuela Profesional de INGENIERIA AMBIENTAL
de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
con correo electrónico institucional erickmartin@gmail.com

Declaro Bajo Juramento

Que:

1. Soy autor de la Tesis titulada:

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE ÍNDICES DE DEFORESTACIÓN EN
EL DISTRITO DE YAMERASBANBA, BONGARÁ, AMAZONAS

que presento para obtener el Título Profesional de: INGENIERO AMBIENTAL

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio o falsificación de la Tesis para obtener el Título Profesional; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 20 de SETIEMBRE del 2021


Firma del tesista





ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 26 de Octubre del año 2021, siendo las 05:30 PM horas, el aspirante: ERICK MARTIN CHUSUIBACA CASTRO, defiende en sesión pública presencial () / a distancia (X) la Tesis titulada:

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE ÍNDICES DE DEFORESTACIÓN, EN EL DISTRITO DE YAMBORASBAMBA, BONGARA, AMAZONAS, teniendo como asesor a ING. ROLANDO SALAS LOPEZ, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio

Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: DRA. MARTHA STEFFANY CALDERÓN RÍOS

Secretario: M.Sc. ELI PARIENTE MONDRAGÓN

Vocal: ING. NILTON BELTRÁN ROJAS BRICEÑO



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 07:45 PM horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO
M.Sc. Eli Pariente Mondragón

PRESIDENTE
Dra. Martha Steffany Calderón Rios

VOCAL
Ing. Nilton Beltrán Rojas Briceño

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	2
2.1 Área de estudio-----	2
2.2 Materiales equipos y software -----	4
2.3 Métodos -----	4
2.3.1 Obtención de cartografía base y material satelital.....	4
2.3.2 Preprocesamiento de material satelital	6
2.3.3 Combinación de bandas.....	8
2.3.4 Corrección geométrica.....	9
2.3.5 Clasificación de imágenes	10
2.4 Evaluación espectral -----	12
2.5 Interpretación visual interdependiente -----	13
2.6 Limpieza y corrección -----	13
2.7 Exactitud temática-----	14
2.7.1 Puntos de verificación	14
2.7.2 Coeficiente de Kappa	15
2.8 Tasa de cambio, índices y matrices de confusión -----	18
2.9 Plan de manejo forestal y biodiversidad -----	20
III. RESULTADOS.....	22
3.1 Exactitud temática-----	22
3.2 Mapas de cobertura y uso de suelo-----	23
3.3 Tasas de cambio y matrices-----	23
3.4 Evaluación de los cambios de cobertura y uso de suelo -----	28
3.5 Índices -----	31
3.6 Intensidad de Cambio -----	34

3.7 Dinámica espacio temporal	35
3.8 Propuesta de plan de manejo forestal y biodiversidad	36
3.8.1 Marco legal general de referencia del plan de manejo y biodiversidad	36
3.8.2 Problemática	37
3.8.3 Planteamiento de ejes programáticos:	41
3.8.4 Matriz de marco lógico.....	46
3.8.5 Cronograma de actividades	52
3.8.6 Presupuesto.....	54
3.8.7 Financiamiento	56
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	61
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
VII. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y software.	4
Tabla 2. Datos espaciales.	5
Tabla 3. Datos espaciales de Modelo de Elevación Digital (DEM).	7
Tabla 4. Clasificación Corine Land Cover (CLC) adaptada para este estudio	11
Tabla 5. Distancia de JM para las clases consideradas en el estudio.....	12
Tabla 6. Coeficiente de Kappa.	15
Tabla 7. Matriz de tabulación cruzada para el cálculo del coeficiente de Kappa.	17
Tabla 8. Matriz de tabulación cruzada para el análisis de cambio de uso de suelo	19
Tabla 9. Ejes programáticos.....	21
Tabla 10. Matriz de confusión para la evaluación de la exactitud temática	22
Tabla 11. Matriz de tabulación cruzada, tasas e índices de cambios de la CUS del distrito de Yambrasbamba 1987 – 2001.	27
Tabla 12. Matriz de tabulación cruzada, tasas e índices de cambios de la CUS del distrito de Yambrasbamba 2001 – 2019.	27
Tabla 13. Cálculo de los índices para el periodo 1987 - 2001	31
Tabla 14. Cálculo de los índices para el periodo 2001 – 2019.	32
Tabla 15. Investigación aplicada a la conservación de bosques, ecosistema y especies en el distrito de Yambrasbamba.....	41
Tabla 16. Plan de monitoreo y control de los recursos forestales.....	42
Tabla 17. Plan de restauración ambiental	43
Tabla 18. Manejo forestal comunitario en el distrito de Yambrasbamba	44
Tabla 19. Proyecto de fortalecimiento organizacional	45
Tabla 20. Matriz de marco lógico	46
Tabla 21. Cronograma de actividades.....	52
Tabla 22. Presupuesto	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Yambrasbamba, región Amazonas.	3
Figura 2. Flujo Metodológico	5
Figura 3. Corrección topográfica Minnaert Correction por Law & Nichol (2004).	8
Figura 4. Combinación de bandas utilizadas en este estudio.....	9
Figura 5. Puntos de control terrestre en el distrito de Yambrasbamba.	9
Figura 6. Clasificación supervisada	12
Figura 7. Puntos de verificación para la exactitud temática.	16
Figura 8. Metodología de elaboración del Plan de desarrollo forestal y biodiversidad del distrito de Yambrasbamba.	20
Figura 9. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, año 1987.	24
Figura 10. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, año 2001.	25
Figura 11. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, año 2019.	26
Figura 12. Mapa de cambio de uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, periodo 1987 – 2001.	29
Figura 13. Mapa de cambio de uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, periodo 2001 – 2019.	30
Figura 14. Cantidad de ganancia (Gj) y pérdida (Lj) en hectáreas (ha) para el periodo P1 (1987 – 2001).....	33
Figura 15. Cantidad de ganancia (Gj) y pérdida (Lj) en hectáreas (ha) para el periodo P1 (2001 – 2019).....	33
Figura 16. Intensidad de cambio P1 (Periodo 1987 - 2001).....	34
Figura 17. Intensidad de cambio P1 (Periodo 2001 - 2019).....	35
Figura 18. Dinámica espacio temporal de la CUS para el año 1987, 2001 y 2019	36
Figura 19. Esquema que muestra los problemas identificados en el distrito de Yambrasbamba.	38
Figura 20. Esquema que muestra los objetivos propuestos para mejorar la gestión ambiental en el distrito de Yambrasbamba.....	39
Figura 21. Esquema que muestra las alternativas de solución para mejorar la gestión ambiental en el distrito de Yambrasbamba.....	40

RESUMEN

Los estudios relacionados al cambio de uso y cobertura del suelo, han cobrado importancia en la investigación ambiental, porque nos permiten evaluar la dinámica multitemporal de diferentes procesos como la deforestación y la degradación ambiental. En ese contexto el objetivo de este trabajo fue evaluar los índices de deforestación ocurridos en el distrito de Yambrasbamba, entre 1987 y 2019, en dos periodos, P1 (1987-2001) y P2 (2001-2019), mediante técnicas de teledetección. Para este fin se utilizó material cartográfico, imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG), haciendo uso de una clasificación supervisada en la que se consideraron las siguientes clases: Áreas artificializadas (AA), pastos y cultivos (PC), tierra desnuda (TI), bosques (BO) y una clase adicional de nubes y sombras (NS). La efectividad de la clasificación fue evaluada con el coeficiente de Kappa, determinando el grado de concordancia que hubo entre los mapas temáticos y la realidad. Mediante matrices de error se evaluaron cambios de uso de suelo, índices de deforestación y las transiciones por cada clase. Los resultados mostraron que hubo aumento de extensión de las (AA y PC), producto de actividades antrópicas que originó una considerable disminución de la clase (BO), presentando un comportamiento similar tanto en el P1 como el P2. Adicionalmente, se elaboró una propuesta de un plan de manejo forestal y biodiversidad, enfocado principalmente en la conservación, aprovechamiento sostenible y la gestión adecuada de los recursos forestales del distrito.

Palabras clave: SIG, índices, clasificación supervisada, cambio de uso de suelo

ABSTRACT

Studies related to land use change have gained importance in environmental research, because they allow us to evaluate the multitemporal dynamics of different processes such as deforestation and environmental degradation. In this context, the objective of this work was to evaluate the deforestation rates that occurred in the Yambrasbamba district, between 1987 and 2019, in two periods, P1 (1987-2001) and P2 (2001-2019), using remote sensing techniques. For this, cartographic material, satellite images and Geographic Information Systems (GIS) were used, using supervised classification in which the following classes were considered: Artificial areas (AA), pastures and crops (PC), bare land (TI), forests (BO), and an additional class of clouds and shadows (NS). The effectiveness of the classification was evaluated with the Kappa coefficient in order to determine the degree of agreement between the thematic maps and reality. For each class, error matrices, changes in land use, deforestation indices, and transitions were evaluated. The results showed that there was an increase in extension of the (AA and PC), as a product of anthropic activities, that have caused a considerable decrease in the class (BO), in both studied periods (P1 and P2). Additionally, a proposal was prepared for a forest management and biodiversity plan, focused mainly on the conservation, sustainable use, and adequate management of the district's forest resources.

Keywords: GIS, indices, supervised classification, land use change

I. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una superficie aproximada de bosques de 73.3 millones de hectáreas, y ocupa el noveno lugar entre los países con la mayor superficie de bosques a nivel mundial (MINAM, 2014a). Además, es el cuarto país en superficie de bosques tropicales y el segundo con superficie de bosques amazónicos en el continente sudamericano (MINAM, 2014b). Sin embargo, el MINAM indica también que estas presiones sobre los bosques, han generado problemas de deforestación en la Amazonia, siendo la ganadería y la agricultura responsables del 75% del cambio de uso y cobertura del suelo, y que a esto se suman otras actividades, como la tala y la creación de nuevas vías de acceso, generando un incremento acelerado en la tendencia de la deforestación (MINAM, 2014b).

El distrito de Yambrasbamba, fue seleccionado como área de estudio, por estar ubicado en la ceja de selva, ser la entrada a la selva nor-oriental peruana y tener gran parte su territorio cubierto de bosques, los cuales vienen siendo amenazados por actividades antrópicas, como la agricultura, ganadería y tala (Shanee *et al.*, 2015).

En años recientes, tecnologías como la teledetección, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y algunas herramientas integradas con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), formaron la base de la Geo-informática, facilitando el análisis sinóptico, el monitoreo de la dinámica del suelo y sus patrones de cambio a nivel local, regional y global a lo largo del tiempo (Trisurat *et al.*, 2011). En regiones inaccesibles, estas técnicas pueden ser quizás los mejores métodos para obtener los datos requeridos de una manera rentable y eficiente (Trisurat *et al.*, 2011). Los datos de teledetección y la utilización de SIG, permiten conocer la dinámica de los cambios de uso y cobertura del suelo en diferentes periodos, ayudan a entender cómo y por qué sucedieron estos cambios e incluso permiten, identificar áreas susceptibles. Por lo que es fundamental al momento de la toma de decisiones para la planificación de un territorio (Dzieszko, 2014).

A lo largo del mundo se han realizado variedad de estudios de análisis multitemporal, usando una clasificación supervisada de imágenes satelitales. En la región Amazonas, también se han realizado este tipo de estudios, como el realizado por Salas *et al.*, (2015), quienes estimaron una tasa de deforestación de 232.20 ha/ año, entre 1987 – 2000 y de 19.52 ha/año entre los años 2000 – 2013, en el distrito de Florida, en la provincia de Bongará.

De la misma manera, Rojas *et al.*, (2019), encontró que las principales causas de estos cambios de cobertura y uso de suelo en la provincia de Rodríguez de Mendoza, en los periodos 1987 – 2001 y 2001 – 2016 se debieron a la actividad agrícola, ganadera y la creación de nuevas vías de transporte.

Este estudio tiene como objetivo analizar los índices de deforestación en el distrito de Yambrasbamba, entre el año 1987 – 2019, en dos períodos P1(1987 - 2001) y P2 (2001 - 2019), el cual cobra importancia estableciendo un precedente, al identificar y cuantificar los índices de deforestación, que se han presentado en el distrito. Estos datos serán útiles en un futuro, para el establecimiento de políticas y planes que ayuden al distrito, en aprovechamiento sostenibles de sus recursos y la gestión adecuada de su territorio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se desarrolló en el distrito de Yambrasbamba (Figura 1), situado en las coordenadas 5°44'08.11''S 77°55'29.56 O, es uno de los 12 distritos de la provincia de Bongará, en la región Amazonas. Está ubicado en la ceja de selva y es la entrada hacia la selva nororiental del Perú. Según el censo poblacional 2017 cuenta con una población de 5577 habitantes (INEI, 2017). Las principales actividades económicas del distrito son la agricultura, la ganadería y la extracción maderera. Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región de Amazonas, su geomorfología está constituida por montañas altas calcáreas mesozoicas y montañas altas estructurales de la cordillera Ventilla – Quinguiza, propias de la cordillera subandina. Así mismo la ZEE indica que cuenta con tres tipos de clima super húmedo y semicálido, muy húmedo y templado cálido, ligeramente húmedo y templado cálido (GRA & IIAP, 2013) .

En décadas recientes la población y las actividades económicas se han incrementado. Por ello es importante realizar estudios que analicen los índices de deforestación y los cambios de uso de suelo originados en el distrito, estableciendo precedentes para la planificación y gestión sostenible de su territorio.

Sus límites del distrito son: Por el norte con la provincia de Condorcanqui, por el este con la región Loreto y región San Martín, por el sur con el distrito de Corosha y distrito de Florida. Y por el oeste con la provincia de Utcubamba.

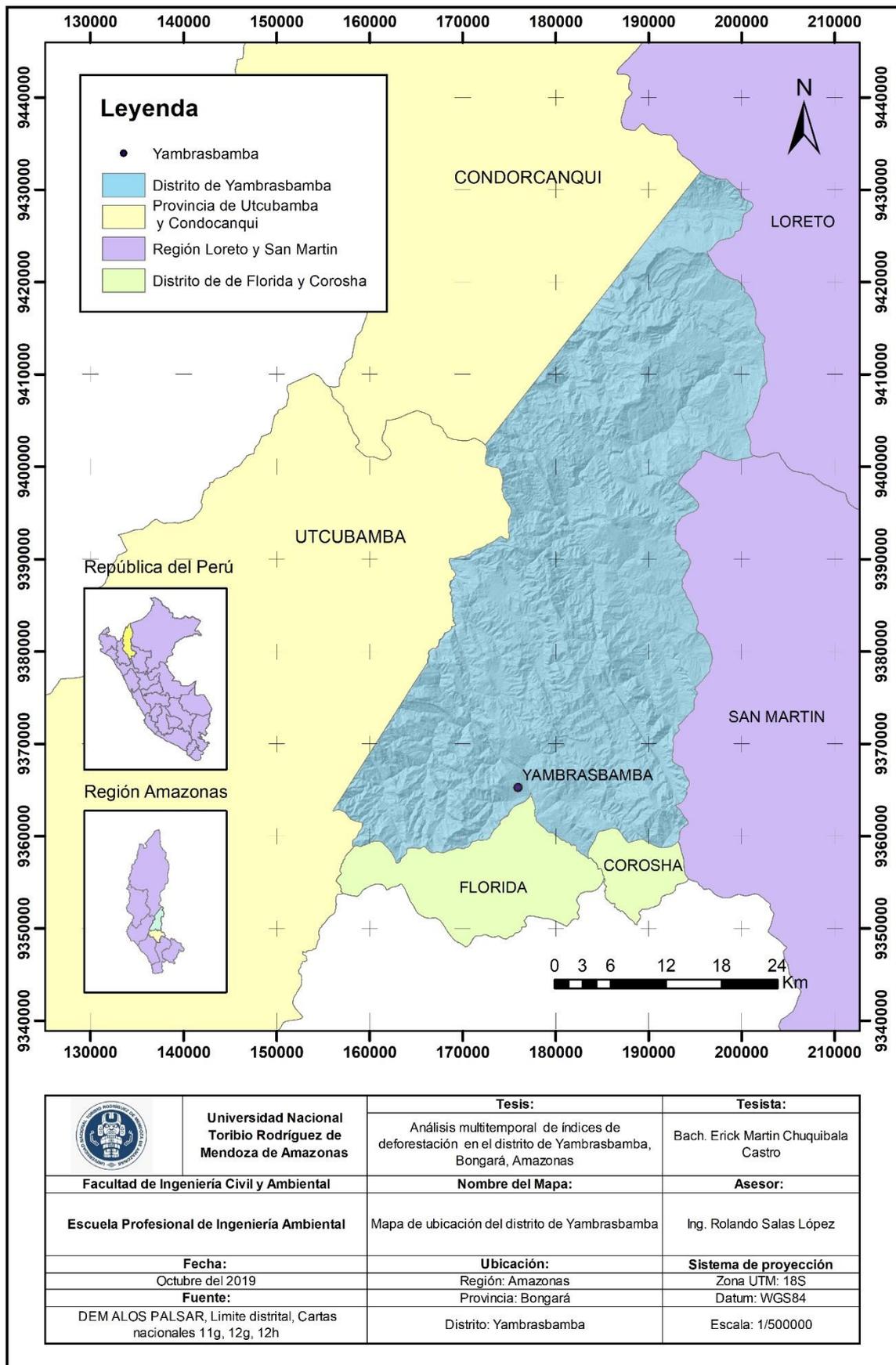


Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Yambrasbamba, región Amazonas.

2.2 Materiales equipos y software

Este apartado hace referencia a los materiales, equipos y software utilizados para este estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales, equipos y software.

Materiales y equipos	
- Imágenes de satélite	- Cámara fotográfica
- Modelo digital de Elevación (DEM)	- Libreta de apuntes
- Cartas nacionales cartográficas (Limite regional, provincial, distrital)	- Desktop Lenovo
- GPS Montana 680t	- Laptop HP
	- USB 16 GB y 32 GB

Software	
- ArcGIS 10.6	- Google Earth Pro 7.3.2.57.56
- ENVI 4.5	- Microsoft Office 2019
- QGIS 3.4.14 “Madeira”	
- SAS Planet 190707.10011	

2.3 Métodos

2.3.1 Obtención de cartografía base y material satelital

Se utilizaron las cartas nacionales 11h, 12g y 12h obtenidas del MINEDU, por medio del portal <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>. Los límites regionales, provinciales y distritales, fueron obtenidos por medio del Instituto Geográfico Nacional (IGN) <https://www.idep.gob.pe/#visor>. Se usaron también imágenes satelitales Landsat y Sentinel, obtenidas del portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) y la Agencia Espacial Europea (ESA) (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), respectivamente. También se revisaron otros portales para mejorar la búsqueda de imágenes como, Landsat viewer (<https://landlook.usgs.gov/landlook/viewer.html>), EOS Land viewer (<https://eos.com/landviewer>) y otros.

Los criterios para la seleccionar las imágenes satelitales fueron las siguientes: Mínimo de errores y distorsiones, bajo porcentaje de nubes y sombras, y por lo general que sean de la misma época del año (Chuvienco, 2016).

El detalle de las imágenes satelitales se presenta en la Tabla 2 y en la Figura 2 el flujo metodológico utilizado para realizar este estudio.

Tabla 2. Datos espaciales.

Satélite/ Sensor	Resolución Espacial	Path/Row	Fecha de adquisición	Bandas
Landsat 5/ TM	30 m	9/64	10/08/1987	1,2,3,4,5,6,7
Landsat 7/ ETM+	30 m	9/64	24/08/2001	1,2,3,4,5,6,7
Landsat 8/ OLI	30 m	9/64	02/08/2019	1,2,3,4,5,6,7
Sentinel 2A	10 m	17MRP	03/07/2019	2,3,4,8,11,12
Sentinel 2B	10 m	17MRQ	26/09/2019	2,3,4,8,11,12

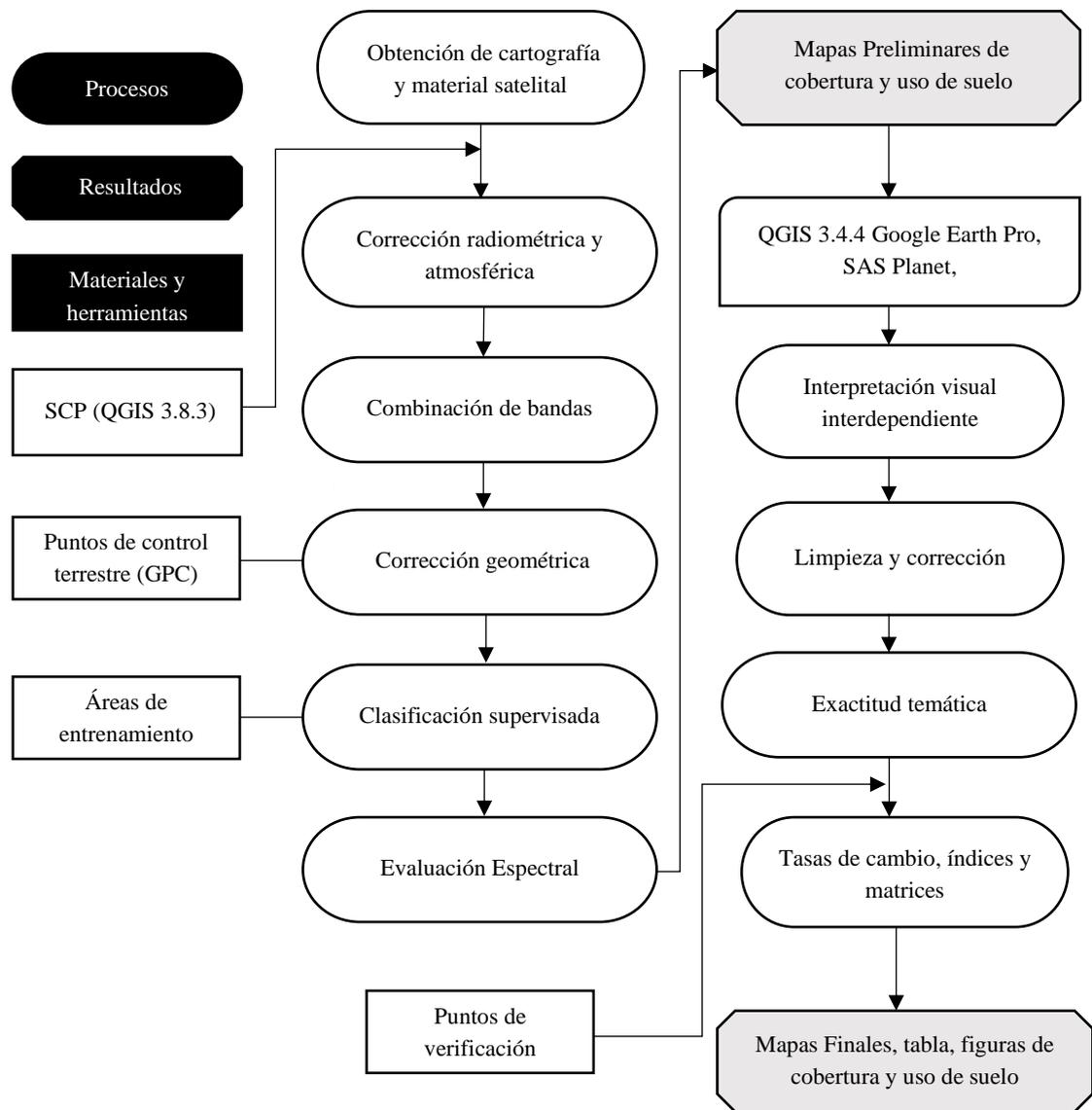


Figura 2. Flujo Metodológico

2.3.2 Preprocesamiento de material satelital

2.3.2.1 Corrección radiométrica

La corrección radiométrica comprende una serie de procesos destinados a mejorar las propiedades radiométricas de una imagen, permitiendo extraer información relevante, ya sea valores de reflectancia, temperatura y otros. Este proceso se realizó con el complemento Semi-automatic Classification Plugin (SCP) desarrollado por Congedo (2016) para el software QGIS, que convierte los datos de la imagen a reflectancia TOA, a partir de sus metadatos. Estas conversiones proveen de una base para poder realizar comparaciones de datos entre imágenes tomadas en diferente fecha y/o diferente sensor (Chander *et al.*, 2009).

2.3.2.2 Corrección atmosférica

El método de corrección atmosférica Substracción de Objeto Oscuro (DOS1, por sus siglas en inglés), según Sobrino *et al.*, (2004), fue desarrollando en principio por Chavez, (1996), y la ventaja principal que posee, es los datos necesarios para realizar la corrección se obtienen de la misma imagen. El método DOS1 está integrado en el complemento SCP para el software QGIS.

El método DOS1, detecta los objetos oscuros automáticamente cuando su reflectancia es igual o menor a 1.0% y asume que esos pixeles en la imagen no recibieron radiación solar (100% de sombra), debido al efecto de la topografía y el valor de las radiaciones registrados por el satélite para cada pixel (Chavez, 1996). De este modo, cuando encuentra un objeto oscuro en la imagen, asigna a dicho objeto el valor mínimo de reflectancia. Con esta premisa, es posible corregir toda la escena satelital por los efectos de la dispersión atmosférica.

2.3.2.3 Corrección topográfica

(Chuvieco, 2016), sostiene que la energía incidente sobre un terreno irregular tendrá variaciones y los valores de la reflectancia que se calculen, no serán los mismos sobre los que se calcularían en una superficie similar. También que las reflectancias derivan de las mismas características de la cobertura del suelo, por lo que, en pendientes desiguales los valores serán diferentes. Ocasionando problemas al realizar la clasificación de tipos de cobertura suelo.

Es por ello que se realizó la corrección topográfica. Para este propósito, se usó un Modelo de Elevación Digital (DEM, por sus siglas en inglés) (Tabla 3). El DEM es un producto de la teledetección usado para la colección de datos espaciales tridimensionales, que contienen una coordenada (Z), que representa la elevación del terreno (Lillesand *et al.*, 2015).

Tabla 3. Datos espaciales de Modelo de Elevación Digital (DEM).

Satélite/ Sensor	Path/Frame	Fecha de adquisición	Escena
ALOS/ Palsar	111/7070	10/20/10	ALPSRP252367070
ALOS/ Palsar	111/7070	10/20/10	ALPSRP252367060
ALOS/ Palsar	110/7080	10/03/10	ALPSRP249887080
ALOS/ Palsar	110/7070	10/03/10	ALPSRP249887070
ALOS/ Palsar	110/7060	08/12/08	ALPSRP135817060

Fuente: Los datos del Modelo de elevación digital (DEM), fueron obtenidos del sitio <https://search.asf.alaska.edu/#/>, facilitado por Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA, por sus siglas en inglés).

Existen diferentes métodos para realizar esta corrección, en este caso se utilizó, el método Minnaert Correction de Law & Nichol (2004) (Figura 3), utilizando de la herramienta Topographic Correction, integrado en el software SAGA GIS ejecutado en QGIS.



a) Sin corrección

b) Con corrección

Figura 3. Corrección topográfica Minnaert Correction por Law & Nichol (2004).

A la Izquierda: Se observa sombras por la topografía del terreno. Derecha: Se corrige estas sombras con la corrección Minnaert.

2.3.3 Combinación de bandas

Este proceso se realizó con la herramienta Band-set incluida en el complemento SCP, que consiste en combinar diferentes bandas de color de las imágenes satelitales. Donde las combinaciones de bandas ya definidas, nos permiten ver diferentes regiones, que pueden ser de agua, vegetación, suelo, entre otros (Campbell & Wynne, 2011).

Por lo general, las combinaciones de bandas, se colocan en un orden de rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés), y se coloca una sola banda por cada posición. Cada combinación tiene combinadas tres bandas a la misma vez. Sin embargo, Horning *et al.*, (2010) menciona que no hay una fórmula mágica para determinar una combinación de bandas ideal, ya que se puede hacer diferentes combinaciones de acuerdo a la cantidad de bandas que contenga una imagen y al estudio que se realice (Figura 4).

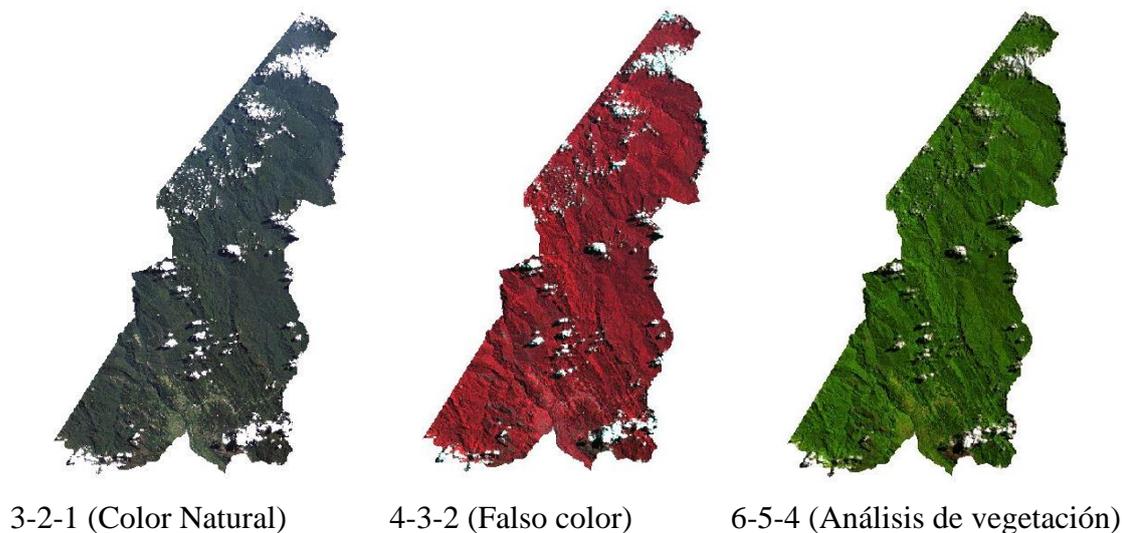


Figura 4. Combinación de bandas utilizadas en este estudio.

Derecha: la combinación RGB 3-2-1 muestra el color natural, Centro: combinación de las bandas RGB 4-3-2 muestra un falso color, Izquierda: combinación RGB 6-5-4 utilizada para análisis de vegetación.

2.3.4 Corrección geométrica

Para esto, se utilizaron los puntos de control terrestre (GPC, por sus siglas en inglés), los cuales fueron establecidos mediante receptor de Sistema de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés), que ayudaron a georreferenciar las imágenes satelitales. Los GPC se establecieron en cruces de carreteras, puentes y lugares que hayan conservado su posición dentro del periodo de estudio (Chuvienco, 2016). La georreferenciación se realizó con el complemento Georeferencer GDAL para el software QGIS y luego cada banda de las imágenes satelitales fue proyectada al sistema de coordenadas UTM (Figura 5).



a) Cruce carretero a Yambrashamba



b) Puente de Vilcaniza

Fuente: Imágenes Google Earth.

Figura 5. Puntos de control terrestre en el distrito de Yambrashamba.

2.3.5 Clasificación de imágenes

2.3.5.1 Identificación de clases de cobertura y uso de suelo (CUS)

Para el análisis de los cambios de CUS, se usó la leyenda Corine Land Cover (CLC) adaptada para Perú, que comprende una serie de niveles y subniveles, pero para propósitos de esta investigación, solo se seleccionaron los identificados dentro de nuestra área de estudio (Tabla 4), donde se determinaron las siguientes clases: AA, Áreas artificializadas, Pastos y cultivos (PC), Tierra desnuda (TI), y Bosque (BO). También se añadió la clase Nubes y Sombras (NS), para identificar la superficie de las imágenes cubierta por este fenómeno natural.

2.3.5.2 Áreas de entrenamiento

Con la ayuda de la herramienta Training Input incluido en el complemento SCP, se coleccionaron áreas de entrenamiento de acuerdo a las clases consideradas para este estudio. El propósito de las áreas de entrenamiento o regiones de interés (ROI), es recoger una muestra representativa de píxeles dentro del área de estudio. Teniendo en cuenta para esto visitas a campo, fotografías aéreas, fotografías terrestres y otras fuentes de información. Y como cualquier otro muestreo, se buscó obtener los mejores resultados con un tamaño de muestra mínima (Chuvieco, 2016) .

Un método común de selección de áreas de entrenamiento es delimitar con polígonos alrededor del área de interés dentro de la imagen satelital, donde el tamaño del polígono es aquel que capture las características espectrales de cada clase. Para el número de muestras es preferible seleccionar algunas áreas pequeñas distribuidas en diferentes ubicaciones, recomendándose como mínimo 5 o 10 polígonos por cada clase (Gao, 2009).

2.3.5.3 Clasificación supervisada

Una vez establecidas las áreas de entrenamiento se realizó la clasificación supervisada (Figura 6) usando el algoritmo de Clasificación Supervisada por Máxima Verosimilitud (MCL, por sus siglas en inglés), incluido en el complemento SCP. Éste es un proceso en donde se usa muestras de píxeles de identidad ya conocida (clases), para clasificar píxeles de identidad desconocida, es decir que no están asignados a ninguna clase (Campbell & Wynne, 2011).

Tabla 4. Clasificación Corine Land Cover (CLC) adaptada para este estudio

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Clase
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	AA
		1.1.2 Tejido urbano discontinuo	
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	PC
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.1 Herbazal/pajonal	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1 Bosques	3.3.4 Vegetación arbustiva/herbácea	BO
		3.1.1 Bosque denso bajo	
		3.1.2 Bosque abierto bajo	
		3.1.3 Bosque denso alto	
		3.1.4 Bosque abierto alto	
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.1.5 Bosque fragmentario	TI
		3.4.1 Áreas arenosas naturales	
		3.4.2 Afloramientos rocosos	
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	
		3.4.4 Áreas quemadas	

Fuente: Elaborado a partir del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal – Ministerio del Ambiente



Figura 6. Clasificación supervisada

Se observa en la figura el resultado de la clasificación. En amarillo (Pastos y cultivos), Naranja (Tierra desnuda), Verde (Bosques) y Gris (Nubes y sombras), donde se observan píxeles dispersos, que fueron corregidas en los siguientes procesos. Clasificación generada a partir de la imagen Landsat 5 TM – 1987.

2.4 Evaluación espectral

Se valoró la distancia espectral (Tabla 5) de las clases con la herramienta Spectral Signatures incluida en complemento SCP, mediante el método de Jeffries-Matusita (JM). El valor de JM, es asintótico y su valor se encuentra entre 0 - 2. Los valores que tienden a 0 expresan que las dos clases son idénticas y aquellos valores que tienden a 2, que las clases son diferentes entre sí. Mientras dos clases tengan un valor de JM que tiende a 2, estas se consideran para efectuar la clasificación (Richards & Jia, 2006).

Tabla 5. Distancia de JM para las clases consideradas en el estudio

Clase 1	Clase 2	Distancia de JM
AA	TI	1.99
AA	PC	1.99
AA	BO	1.99
PC	BO	1.99
PC	TI	2.00
TI	BO	2.00

2.5 Interpretación visual interdependiente

Horning *et al.*, (2010) indica que la evaluación visual interdependiente, es el proceso que posibilita observar directamente los resultados de clasificación, así estimar si la clasificación es fiable y consistente de acuerdo a imágenes de alta resolución, mapas previos y otras imágenes satelitales. Para este fin se usaron imágenes de alta resolución (Sentinel, Google Earth, SAS Planet).

2.6 Limpieza y corrección

Cuando se realizan clasificaciones, los resultados a menudo muestran una fragmentación excesiva. Los píxeles clasificados en una determinada clase o categoría pueden estar rodeados de píxeles de otras clases, que no están relacionados, presentando incoherencia geográfica en los mapas temáticos. Por lo general este fenómeno es llamado coloquialmente “Efecto sal y pimienta” (Chuvienco, 2016). Aunque esos píxeles dispersos, estén asignados correctamente, desde el punto de vista cartográfico, no tiene sentido mapear unidades espaciales, que estén por debajo del área mínima cartografiable (AMC).

Para resolver esto, se utilizó la herramienta Clasificación Sieve del complemento SCP, el cual toma los grupos píxeles pequeños dispersos y los adhiere a un grupo de píxeles grande más cercano. Posterior a esto, las clasificaciones se vectorizaron, donde se corrigieron aquellos polígonos que no cumplieron la AMC de 40 ha (Vargas, 1992).

2.7 Exactitud temática

Para demostrar la eficacia que ha logrado la clasificación, se compara los resultados de la clasificación con un estándar comúnmente aceptado. Un estándar de referencia útil, es la asignación aleatoria de valores de píxeles a las coberturas de suelo en el mapa de clasificación. Esa comparación de la clasificación con un estándar, indica la efectividad de la clasificación sobre la aleatoriedad (Gao, 2009).

Para esto se utilizó una matriz de tabulación cruzada (Tabla 7), también llamada matriz de confusión o matriz de consistencia, que compara categoría por categoría, la relación entre los datos de referencia y los resultados de nuestra clasificación. Básicamente, es un cuadro con cierto número de columnas y filas, de acuerdo al número categorías que se tenga en nuestra clasificación. Los datos de referencia son aquellos que nos muestran los datos de cobertura y uso de suelo real y se comparan con los datos de nuestra clasificación. Los resultados de la diagonal principal del cuadro, muestran los puntos correctamente clasificados por categoría (Lillesand *et al.*, 2015).

El error de clasificación, datos fuera de la diagonal principal en las filas es llamado (error de comisión) y en las columnas (error de omisión). Otros datos que se calcularon son también la i) Exactitud de usuario, que está dada por la división de los puntos correctamente clasificados ii) diagonal principal, entre total de los puntos evaluados, iii) Total en filas, iv) la Exactitud de productor es resultado de la división de los puntos correctamente clasificados entre el total de puntos evaluados, v) Total en columnas y vi) la Exactitud global, que resulta de la división de los puntos correctamente clasificados entre todos los puntos evaluados (Congalton, 1991; Lillesand *et al.*, 2015).

2.7.1 Puntos de verificación

El método para calcular la cantidad de puntos de verificación, se realizó mediante un muestreo aleatorio simple, con la siguiente ecuación (Gao, 2009):

$$n = \frac{z^2 pq}{L^2}$$

Donde:

p = porcentaje esperado de exactitud, $q = 100 - p$, L = Error permitido

Z = Valor obtenido a partir de tablas estadísticas de acuerdo al porcentaje de exactitud

Esto fue realizado con la ayuda extensión Random Points incluido en el software ArcGis 10.6:

$$n = \frac{z^2 pq}{L^2} = \frac{(1.645)^2 * 90 * 10}{3^2} = 1083$$

De los 1083 puntos, se obviaron puntos distribuidos sobre la clase NS, considerando solamente un total 911 puntos de verificación (Figura 7). De los cuales, sólo algunos se lograron verificar con visitas de campo, lo demás se verificaron con imágenes de satélite de alta resolución (Sentinel, Google Earth y SAS Planet).

2.7.2 Coeficiente de Kappa

El coeficiente de Kappa (K), se calcula con los datos de la matriz de tabulación cruzada, mediante la siguiente formula:

$$k = \frac{\sum_{i=1,n} X_{ii} - \sum_{i=1,n} X_{i+} X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1,n} X_{i+} X_{+i}}$$

Donde: n = Número de puntos evualuados, X_{ii} = Número de correctamente clasificados

$X_{i+} X_{+i}$ = Igual al producto, de la suma total de los puntos evualuados, tanto en las filas y columnas

Donde los valores de K están de -1 a 1. A continuación en la Tabla 6 se presenta el significado de los valores de acuerdo al grado de concordancia.

Tabla 6. Coeficiente de Kappa.

Coeficiente de Kappa	Grado de concordancia
< 0.00	Pobre
0.00 – 0.20	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecto

Fuente: Tabla recuperada de (Landis & Koch, 1977).

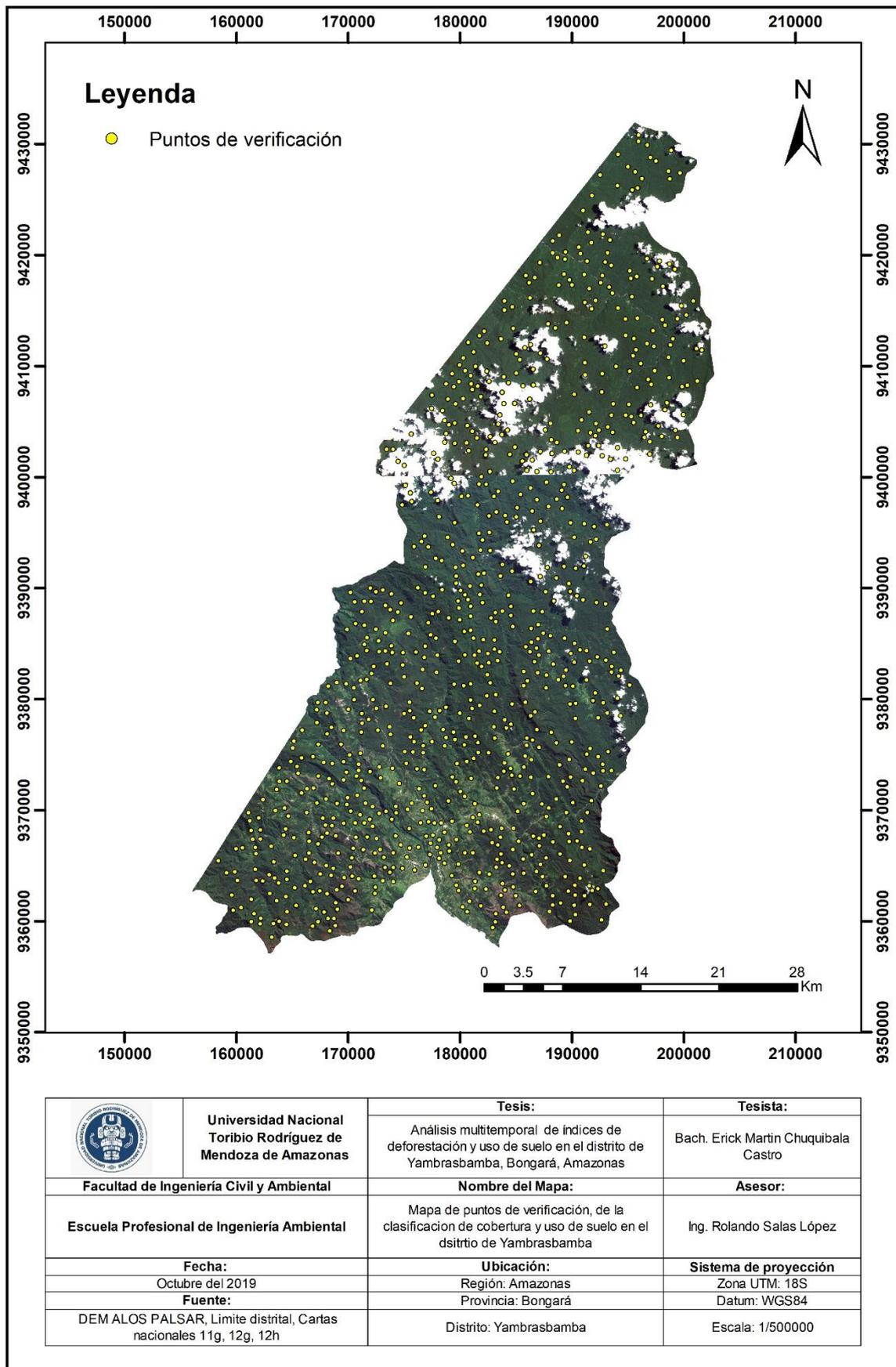


Figura 7. Puntos de verificación para la exactitud temática.

Tabla 7. Matriz de tabulación cruzada para el cálculo del coeficiente de Kappa.

		Resultados de referencia						
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase n	Total	Exactitud de usuario	Error de comisión
Resultados de clasificación	Clase 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1n}	X_{1+}	X_{11}/X_{1+}	$1 - X_{11}/X_{1+}$
	Clase 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2n}	X_{2+}	X_{22}/X_{2+}	$1 - X_{22}/X_{2+}$
	Clase 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3n}	X_{3+}	X_{33}/X_{3+}	$1 - X_{33}/X_{3+}$
	Clase n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	X_{nn}	X_{n+}	X_{nn}/X_{n+}	$1 - X_{nn}/X_{n+}$
	Total	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+n}	ΣX_{ij}		
	Exactitud de productor	X_{11}/X_{1+}	X_{22}/X_{2+}	X_{33}/X_{3+}	X_{nn}/X_{n+}			
	Error de omisión	$1 - X_{11}/X_{+1}$	$1 - X_{22}/X_{+2}$	$1 - X_{33}/X_{+3}$	$1 - X_{nn}/X_{+n}$			

Fuente: Recuperado de (Chuvieco, 2016)

2.8 Tasa de cambio, índices y matrices de confusión

Para analizar los cambios de uso y cobertura de suelo generados, se usaron matrices de tabulación cruzada (Tabla 8) (Pontius *et al.*, 2004), que resulta de cruzar los mapas temáticos de diferentes fechas. En la matriz de tabulación, las filas representan las categorías del mapa en el Tiempo 1 (T_1) y las columnas las categorías del mapa en el Tiempo 2 (T_2). La ganancia (G_{ij}), indica el aumento superficie que experimento cada categoría entre el T_1 y el T_2 , es decir, la diferencia entre la columna de totales y la diagonal principal. La pérdida bruta (L_{ij}), indica la pérdida de superficie que hubo en cada categoría entre el T_1 y el T_2 , es decir igual a la diferencia entre el Total T_1 y los valores la diagonal principal. Para entender mejor los cambios CUS, se calculó también el cambio neto (C_n) que está dado por la diferencia entre el Total en el T_2 y el Total en el T_1 para cada categoría ($D_j = |T_2 - T_1|$), el intercambio (Int) que indica la cantidad de superficie de intercambio que hubo entre clases y se calcula como el doble del valor mínimo de las ganancias o de las pérdidas, es decir que por cada unidad de ganancia de una categoría hay la misma cantidad de pérdida para otra ($S_j = 2 \times \text{MIN}(G_{ij}, L_{ij})$) y el cambio total (C_t) el cual es el resultado de la suma entre las ganancias y las pérdidas, es decir ($C_t = G_{ij} + L_{ij}$) (Vázquez & Rocha, 2009).

2.8.1.1 Tasa de cambio anual de deforestación

Para el cálculo de la tasa anual de deforestación se utilizó la siguiente ecuación (FAO, 1996; Puyravaud, 2003):

$$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dónde:

t = tasa de cambio, S_1 = Superficie en la fecha 1, S_2 = Superficie en la fecha 2, n = número de años entre las dos fechas

2.8.1.2 Índices

Para el cálculo de índices (Paéz, 2013), se utilizó la fórmula de índices simple, mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P_t}{P_0} \times 100$$

Donde: P_t = Magnitud en el periodo t P_0 = Magnitud en el periodo

Tabla 8. Matriz de tabulación cruzada para el análisis de cambio de uso de suelo

Tiempo 2										
Tiempo 1	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Total tiempo 1	Pérdida (L_{ij})	Tasa de cambio (S)	Cambio total (C_t)	Cambio Neto (C_n)	Intercambio (Int)
Clase 1	P_{11}	P_{12}	.....	P_{1n}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$		$L + G$	$C_t - Int$	$2*(L,G)$
Clase 2	P_{21}	P_{22}	.....	P_{2n}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$				
Clase 3	P_{31}	P_{32}	.....	P_{3n}	P_{3+}	$P_{3+} - P_{33}$				
.....				
Clase n	P_{n1}	P_{n2}	.....	P_{nn}	P_{n+}	$P_{n+} - P_{nn}$				
Total tiempo 2	P_{+1}	P_{+2}	.....	P_n	P					
Ganancia (G_{ij})	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	.....	$P_{+n} - P_{nn}$						

Fuente: Elaboración basada en (Pontius *et al.*, 2004)

2.9 Plan de manejo forestal y biodiversidad

Se realizó una propuesta de plan de manejo forestal y fauna biodiversidad (MAE *et al.*, 2012) (Kometer, 2014), teniendo en cuenta el marco legal nacional vigente, con la metodología presentada en la Figura 8, estableciendo los siguientes objetivos de manejo:

- Garantizar la protección y conservación de la biodiversidad e integridad biológica del distrito,
- Fortalecer la capacidad de los actores clave para prestar condiciones necesarias para la investigación y el monitoreo de los recursos forestales en el distrito.
- Implementar un sistema para un manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, reduciendo las actividades antrópicas y mejorando el nivel socioeconómico de la población del distrito.

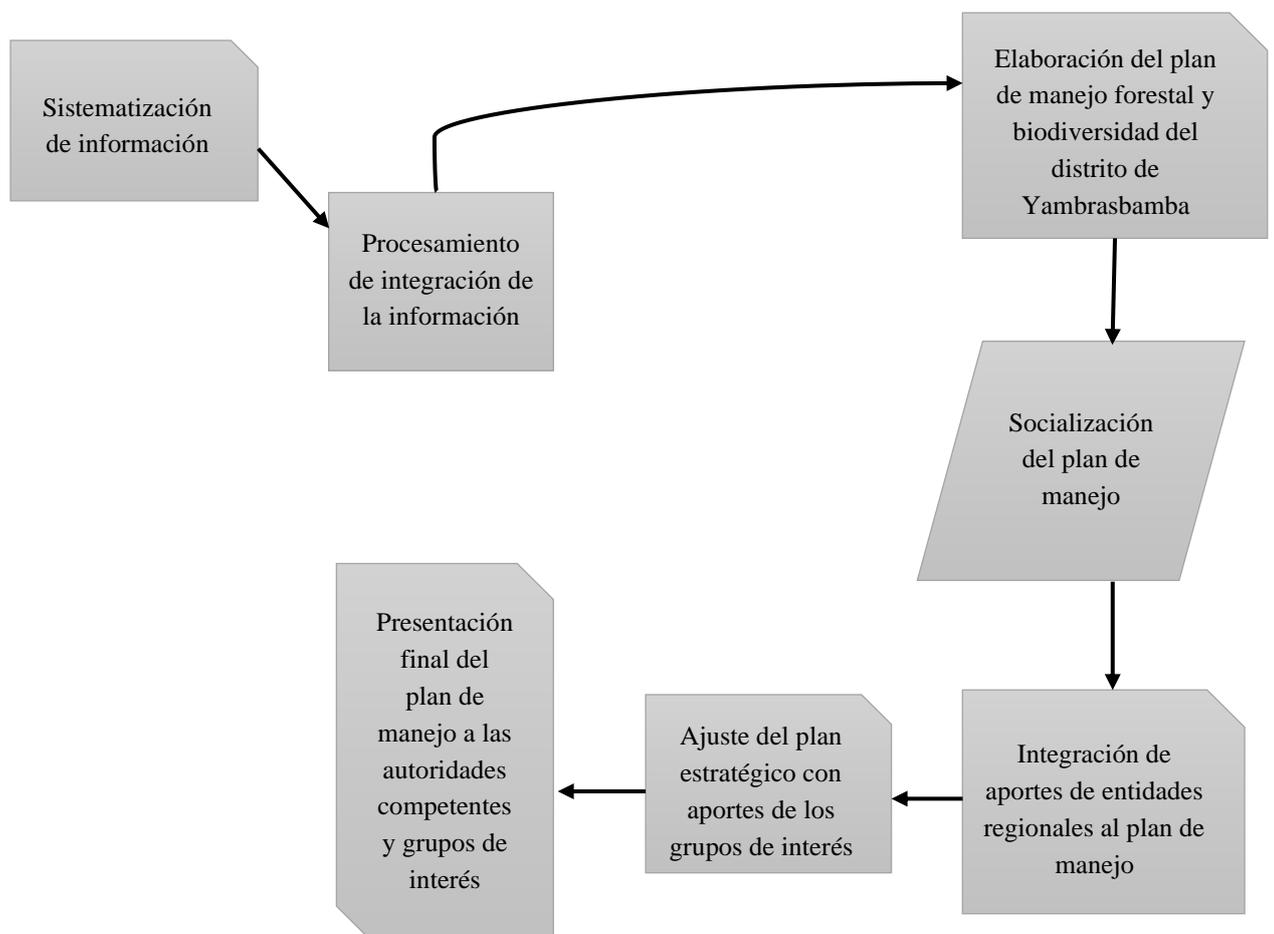


Figura 8. Metodología de elaboración del Plan de desarrollo forestal y biodiversidad del distrito de Yambrasbamba.

Este plan se elaboró en base tres ejes programáticos y la propuesta de proyectos, los mismos que fueron estructurados presupuestaria y cronológicamente (Tabla 9).

Tabla 9. Ejes programáticos

Ejes Programáticos	
Gestión del conocimiento	- Investigación
	- Monitoreo ambiental
Gestión ambiental	- Restauración ambiental
	- Manejo forestal
Gestión inter- institucional	- Fortalecimiento orgánico

Fuente: Ejes programáticos a partir de MAE *et al.*, (2012)

III. RESULTADOS

3.1 Exactitud temática

La exactitud temática (Tabla 10) muestra que la clase AA presentó un 100% de exactitud de usuario de los puntos muestreados. Para la clase PC, una exactitud de usuario 71% y un error de comisión de 29%, la clase TI, una exactitud de usuario de 65% y un error de comisión de 35%, por último, la clase BO, una exactitud de 97% y un error de comisión de 3%.

En cuanto a la exactitud de productor la clase AA, presentó una exactitud de productor de 100%, la clase PC, una exactitud de productor de 79% y un error de omisión de 21%, la clase TI, una exactitud de productor de 64% y un error de omisión 36%, la clase BO, una exactitud de productor de 96% y el error de omisión 4%.

Tabla 10. Matriz de confusión para la evaluación de la exactitud temática

		Resultados de referencia				Total de puntos referenciados	Exactitud del usuario	Error de comisión
		AA	PC	TI	BO			
Resultados de clasificación	AA	9	0	0	0	9	1.00	0.00
	PC	0	82	4	29	115	0.71	0.29
	TI	0	12	28	3	43	0.65	0.35
	BO	0	10	12	722	744	0.97	0.03
	Total de puntos clasificados	9	104	44	754	911		
	Exactitud de productor	1.00	0.79	0.64	0.96		Exactitud Global = 92%	
Error de omisión	0.00	0.21	0.36	0.04		Coefficiente de Kappa = 0.75		

Fuente: Exactitud Global a partir de (Chuvieco, 2016)

La exactitud global fue de 92% y el coeficiente de Kappa fue de 0.75 que, según el grado de concordancia entre la clasificación realizada y las imágenes de referencia, es considerable (Landis & Koch, 1977).

3.2 Mapas de cobertura y uso de suelo

La cobertura y uso de suelo de los años 1987, 2001 y 2019 están presentados en las Figuras 09, 10 y 11, respectivamente. Las clases definidas fueron AA (Áreas artificializadas), PC (Pastos y cultivos), TI (Tierra desnuda), BO (Bosque). Se incluyó también a la clasificación la clase NS (Nubes y sombras), que permitió trabajar con el área total del distrito, independiente al porcentaje de nubes sombras que presento cada imagen satelital, mejorando el análisis y presentación de los resultados. Es importante mencionar que, en adelante, no se discutirá la clase NS por no ser de interés relevante dentro del estudio, solo nos enfocaremos en las demás clases.

3.3 Tasas de cambio y matrices

La distribución de superficie de las clases, en cobertura y uso del suelo del distrito de Yambrasbamba en los años 1987 - 2001 (Tabla 11) y 2001 – 2019 (Tabla 12), muestran que se produjeron cambios considerables en la superficie del distrito.

En el periodo P1 (1987 – 2001) los principales cambios que se pueden observar, es que la clase AA presentó una tasa de cambio del 18.03%, la clase PC presentó una tasa de cambio de 5.01%, la clase TI, una tasa de cambio de 3.28%, por su parte la clase BO presentó una tasa de cambio de 0.37% y la clase NS, una tasa de -8.11%. Estos resultados indican que la clase AA, PC, TI y BO, presentaron un aumento en su cobertura y la clase NS sufrió una disminución.

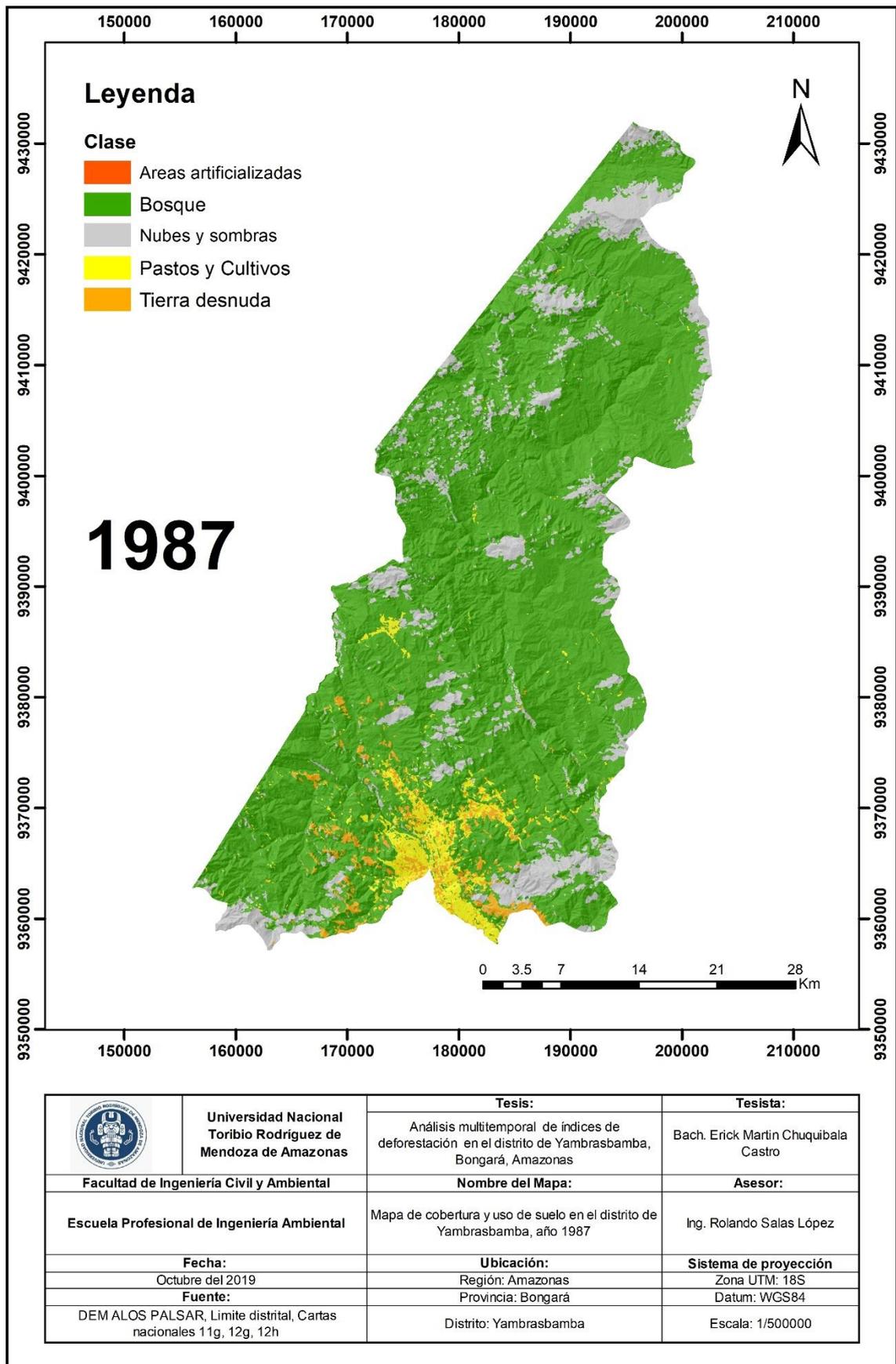


Figura 9. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba, año 1987.

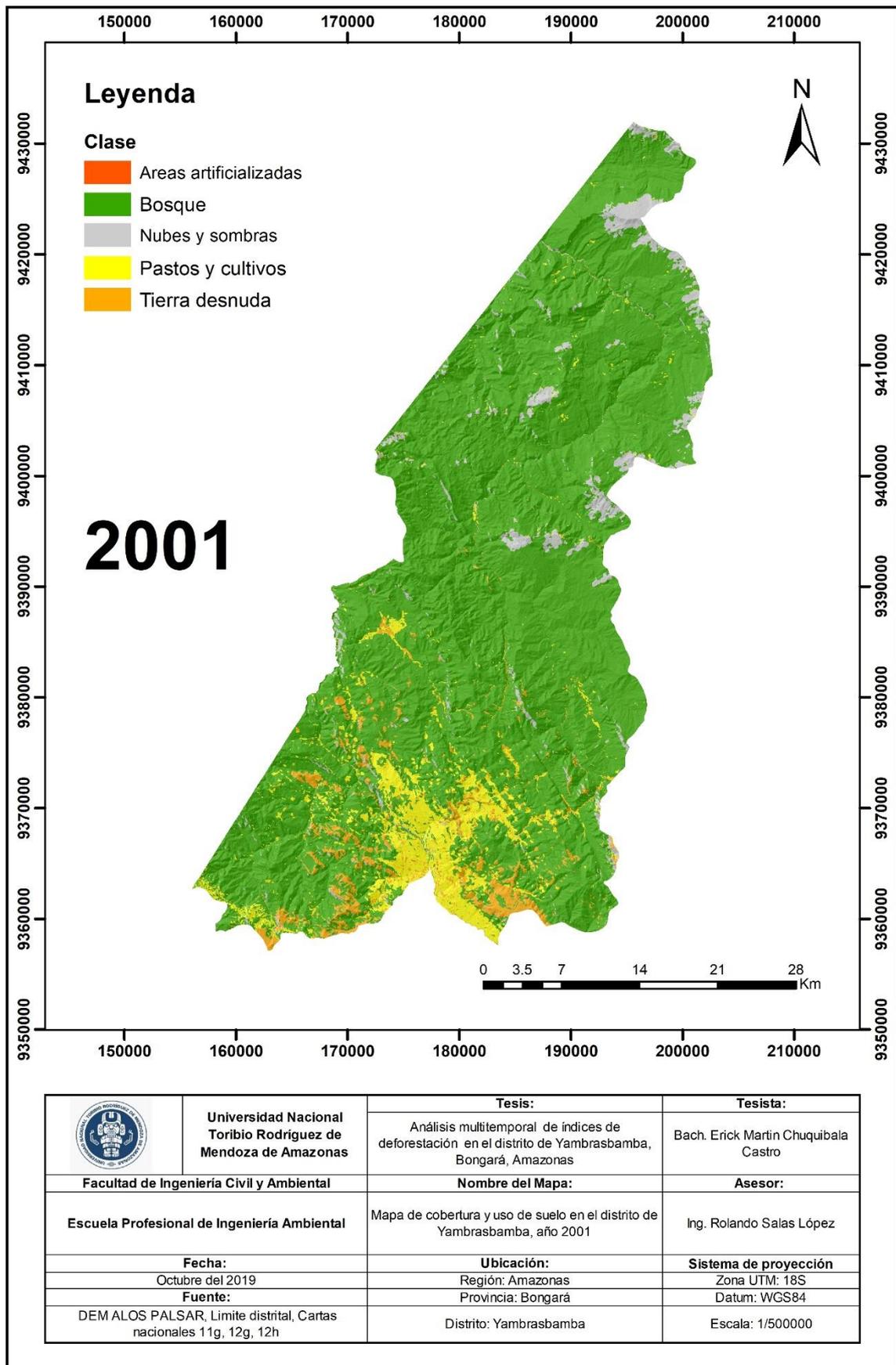


Figura 10. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambasbamba, año 2001.

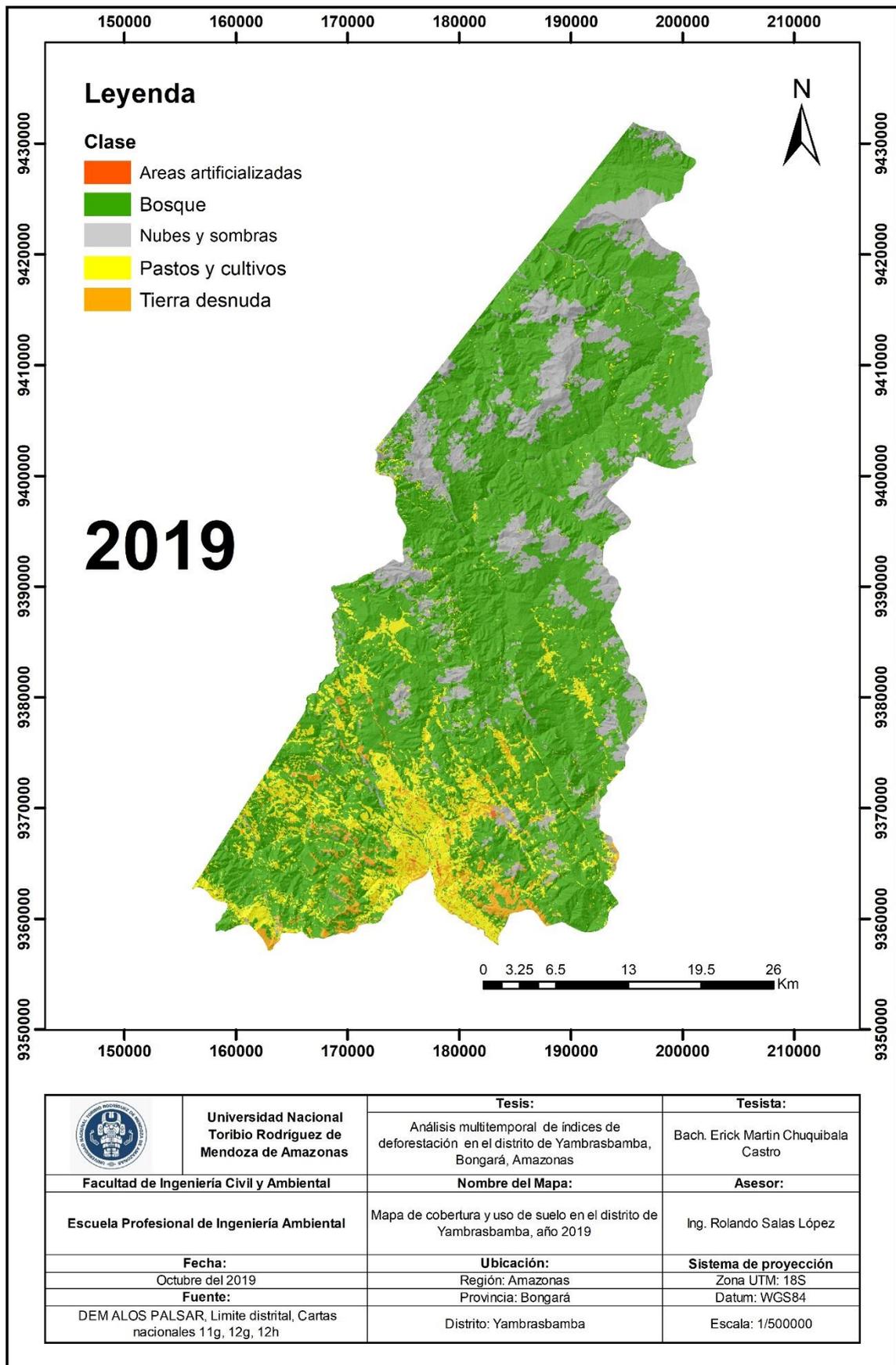


Figura 11. Mapa de cobertura y uso de suelo en el distrito de Yambasbamba, año 2019.

Tabla 11. Matriz de tabulación cruzada, tasas e índices de cambios de la CUS del distrito de Yambrasbamba 1987 – 2001.

Clase	2001					Total 1987	Perdida (L _i)	Tasa de cambio (S) - (%)	Índice (%)	Cambio total (C _i)	Cambio neto (C _n)	Intercambio (Int)
	AA	PC	TI	BO	NS							
AA	1,98	0	0	0	0	1,98	0	18,03	918,69	18,19	18,19	0
1 PC	4,78	4772,17	387,65	518,62	24,14	5707,36	935,19	5,01	98,25	7477,75	5607,37	1870,38
9 TI	13,14	1448,8	2313,59	295,09	83,07	4153,69	1840,1	3,28	57,20	6056,25	2376,05	3680,2
8 BO	0,27	4324,81	2666,35	126906,18	2421,51	136319,12	9412,94	0,37	5,34	26106,5	7280,62	18825,88
7 NS	0	768,95	1162,15	15879,85	4208,21	22019,16	17810,95	-8,11	-69,40	20339,67	15282,23	5057,44
Total 2001	20,17	11314,73	6529,74	143599,7	6736,93	168201,31						
Ganancia (G_j)	18,19	6542,56	4216,15	16693,56	2528,72							

Tabla 12. Matriz de tabulación cruzada, tasas e índices de cambios de la CUS del distrito de Yambrasbamba 2001 – 2019.

Clase	2019					Total 2001	Perdida (L _i)	Tasa de cambio (S) - (%)	Índice (%)	Cambio total (C _i)	Cambio neto (C _n)	Intercambio (Int)
	AA	PC	TI	BO	NS							
AA	21,79	0	0	0	0	21,79	0	7,77	284,81	62,06	62,06	0
2 PC	47,71	8038,8	1418,43	1406,66	432,67	11344,27	3305,47	2,70	61,53	13590,68	6979,74	6610,94
0 TI	12,82	1331,51	2862,29	2044,06	286,97	6537,65	3675,36	-1,10	-18,00	6174,1	1176,62	4997,48
0 BO	1,53	8817,84	988,57	112909,07	20841,03	143558,04	30648,97	-1,09	-17,94	35546,11	25751,83	9794,28
1 NS	0	135,86	91,74	1446,42	5065,54	6739,56	1674,02	7,93	295,07	23234,69	19886,65	3348,04
Total 2019	83,85	18324,01	5361,03	117806,21	26626,21	168201,31						
Ganancia (G_j)	62,06	10285,21	2498,74	4897,14	21560,67							

En el P2 (2001 - 2019), la clase AA presentó una tasa de cambio de 7.77%, la clase PC presentó una tasa de 2.70%, la clase TI presentó una tasa -1.10 %, la clase BO presentó una tasa de -1.09% y la clase NS presentó una tasa de cambio de 7.93%.

Se entiende, que en este periodo la clase AA y la clase PC aumentaron su superficie, mientras que la clase BO y TI redujeron su superficie. Se observó que la clase BO fue la que mayor reducción de superficie presentó, esto debido al aumento de la clase PC dentro del distrito.

3.4 Evaluación de los cambios de cobertura y uso de suelo

Los cambios de uso de suelo para el P1 y P2 se presenta en la Figura 12 y 13, respectivamente. La clase BO presento un Cn de 7280.62 ha y 25751.83 ha para el P1 y P2 respectivamente, obteniendo ganancias de 16693.56 ha en el P1 y 4897.94 ha en el P2, pero también pérdidas que fueron de 9412.94 ha para el P1 y 30648.97 ha para el P2.

La clase PC presento un Cn de 5607.37 ha para el P1 y 6979.74 ha para el P2. Las ganancias fueron de 6542.56 ha para el P1 y 10285.21 ha para el P2, con pérdidas de 935.19 ha para el P1 y 3305.47 ha para el P2.

La clase TI con un Cn de 2376.05 ha para el P1 y 1176.62 ha para el P2, con ganancias de 4216.15 ha para el P1 y 2498.74 ha para el P2, con pérdidas de 1840.10 ha y 3675.36 ha para el P1 y P2 respectivamente.

Por último, la clase AA presentó un Cn de 18.19 ha, y esta clase en particular solamente ganó superficie, fueron 18.19 ha para el P1 y 62.06 ha para el P2.

La permanencia de cobertura, hace referencia a la cobertura y uso de suelo que se mantuvo en ambos periodos de evaluación. El cambio antrópico se define como aquella área que cambio su cobertura y uso de suelo por actividades antrópicas (ganadería, agricultura, tala, etc.). El cambio natural aquella área que experimento cambios por fenómenos naturales como en este caso, áreas que dejaron de ser cubiertas por nubes y sombras.

Sin embargo, para la realización de la dinámica espacial de la superficie cubierta, además de los datos de ganancia (G_j) y pérdida (L_j), y Cambio neto (Cn). También se calcularon datos de Cambio total (C_i) e Intercambio (Int) para todas las clases.

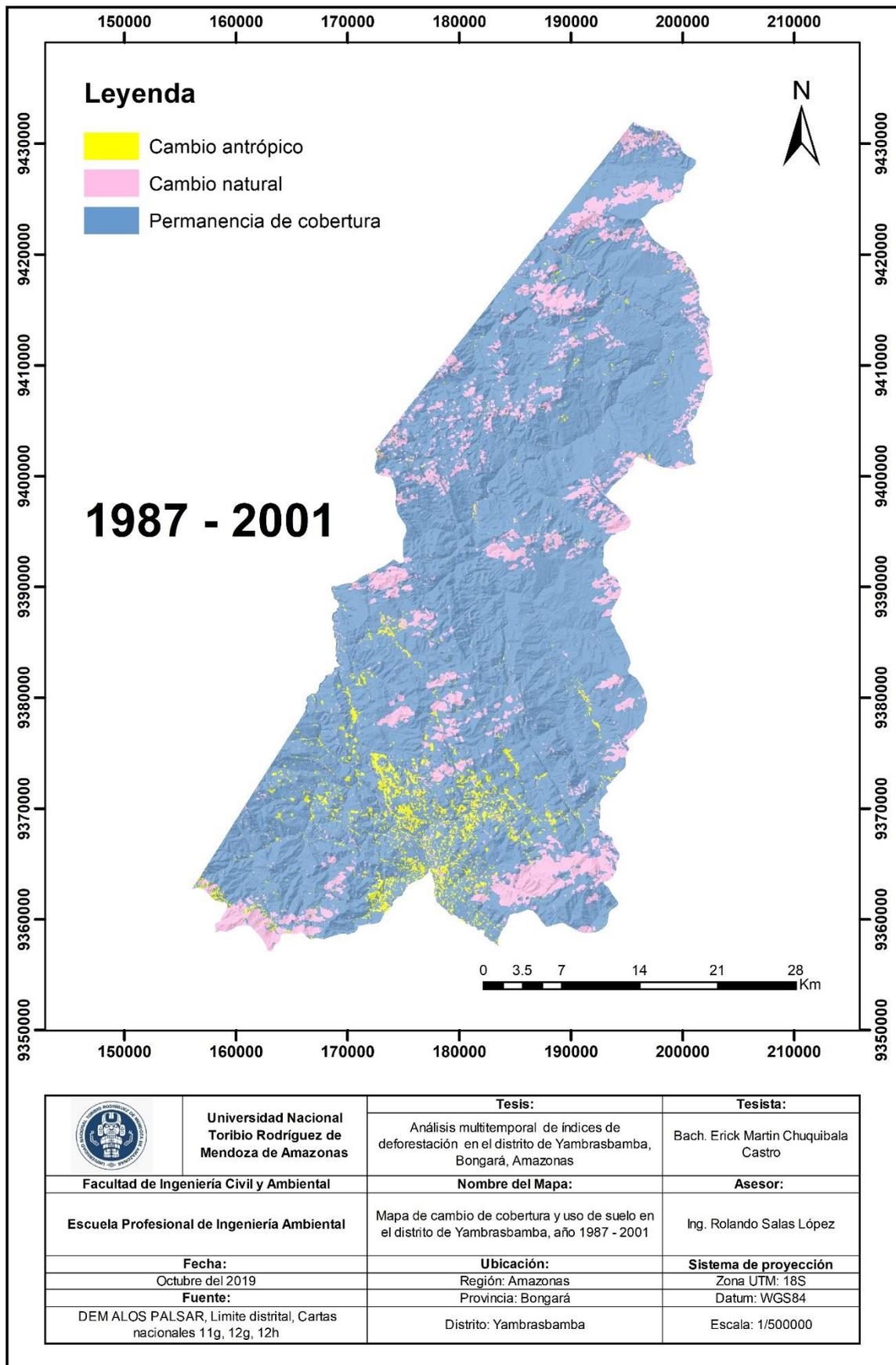


Figura 12. Mapa de cambio de uso de suelo en el distrito de Yambasbamba, periodo 1987 – 2001.

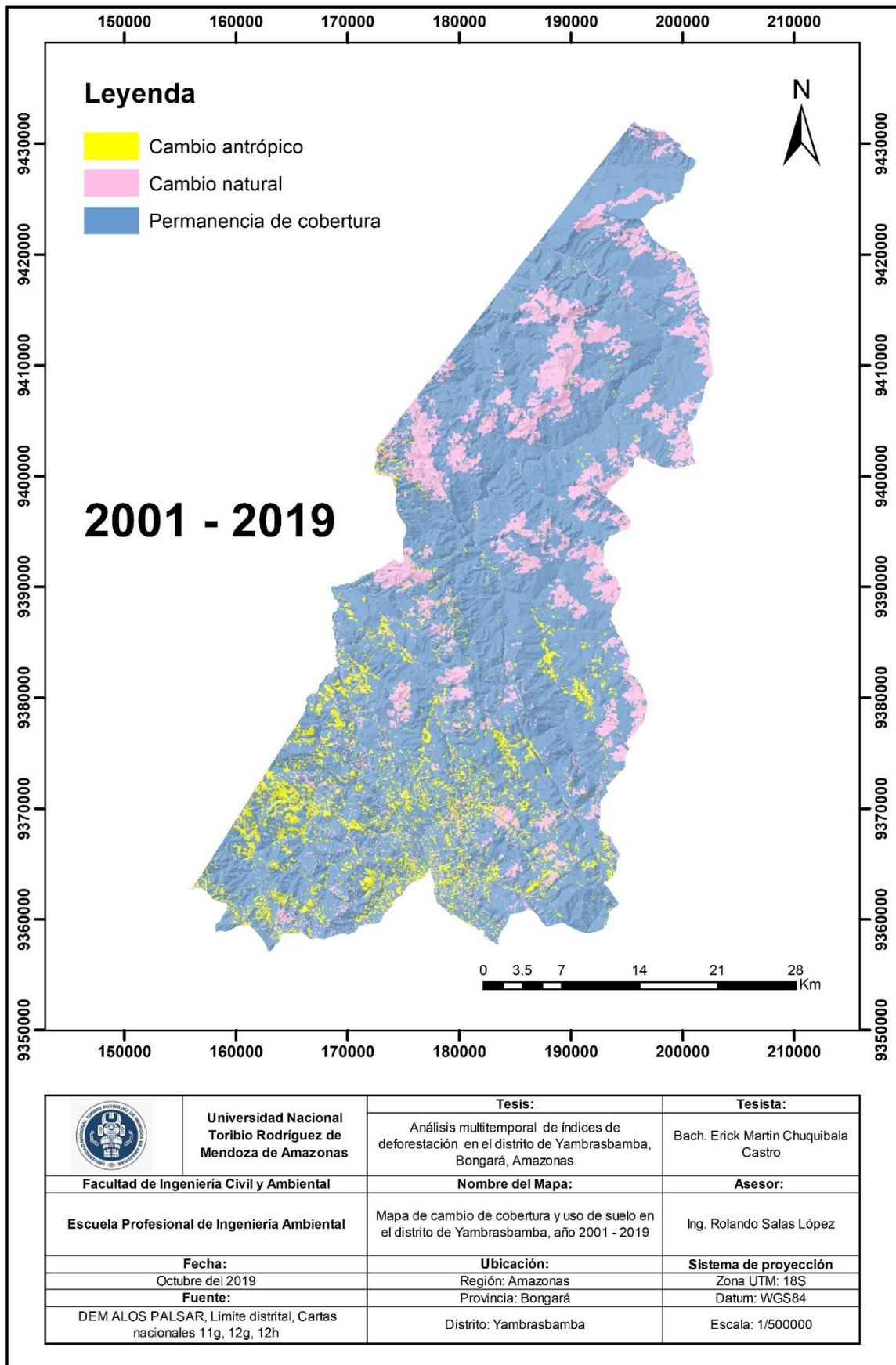


Figura 13. Mapa de cambio de uso de suelo en el distrito de Yambasbamba, periodo 2001 – 2019.

Por lo cual, para el P1, la clase que mayor Ct presentó, fue la clase BO con 26106.50 ha, seguido de la clase PC con 7477.75 ha, la clase TI con 6056.25 ha y, por último, la clase AA con un Ct de 18.19 ha.

Para el P2 fue similar, la clase que mayor Ct presentó fue la clase BO con 35546.11 ha, seguido de la clase PC con 13590.68 ha, la clase TI con 6174.10 ha y la clase AA con 62.06 ha.

En cuanto al intercambio (int) en el P1, la clase BO fue la que más intercambio presentó con 18825.88 ha, seguido de la clase de NS con 5057.44 ha, seguido de la clase TI con 3680.20 ha, la clase PC con 1870.38 ha y la clase AA que no presentó intercambio.

Para el P2, la clase que presentó mayor cantidad de intercambio fue la clase BO con 9794.28 ha, seguido de la clase PC con 6610.94 ha, la clase TI con 4997.28 ha, la clase NS con un intercambio de 3348.04 ha y la clase AA que no presente intercambio.

3.5 Índices

Los índices representan el cambio que sufrió una variable respecto a su año base. Para entender el cálculo y lo que representan estos cálculos, se realizó las Tablas 13 y 14.

Tabla 13. Cálculo de los índices para el periodo 1987 - 2001

Clase	1987	2001	Índice	Índice %	Ratio
AA	1.98	20,17	1018,69	918,69	9,19
PC	5707,36	11314,73	198,25	98,25	0,98
TI	4153,69	6529,74	157,20	57,20	0,57
BO	136319,12	143599,7	105,34	5,34	0,05
NS	22019,16	6736,93	30,60	-69,40	-0,69

En el P1, el índice para la clase AA fue de crecimiento, incrementando su superficie un 918.7%, que, de acuerdo con la ratio la clase AA aumentó su superficie en 9.19 veces más respecto a su superficie en su año base 1987.

Para la clase PC, el índice fue 98.2%, que, de acuerdo a la ratio, indica que la clase PC aumento en 0.98 veces su superficie respecto al año base 1987.

La clase TI también mostró un similar comportamiento de incremento de su superficie con un índice de 57.2%, que, de acuerdo a la ratio, la clase TI aumentó su superficie 0.57 veces su superficie, respecto al año base en 1987.

Para clase BO, el índice fue de 5.03%, que de acuerdo con la ratio aumento en 0.05 veces su superficie, respecto al año base en 1987.

Tabla 14. Cálculo de los índices para el periodo 2001 – 2019.

Clase	2001	2019	Índice	Índice %	Ratio
AA	21,79	83,85	384,81	284,81	2,85
PC	11344,27	18324,01	161,53	61,53	0,62
TI	6537,65	5361,03	82,00	-18,00	-0,18
BO	143558,04	117806,21	82,06	-17,94	-0,18
NS	6739,56	26626,21	395,07	295,07	2,95

En el P2, el año base para generar los índices fue el año 2001. Los índices en este periodo mostraron un comportamiento similar, la clase AA presentó una ratio que indica un aumento de su superficie en 2.85 veces respecto al año base, la clase PC una ratio de incremento de superficie de 0.62 veces su superficie respecto al año base. Por otro parte la clase TI, la clase BO y la clase NS presentaron valores de ratio negativos, es decir la clase TI redujo 0.18 veces su superficie respecto al año base. La clase BO de la misma manera, redujo su superficie aproximadamente en 0.18 veces y la clase NS redujo su extensión 2.95 veces respecto al año base.

A continuación, en las Figura 14 y 15 se presentan la cantidad de ganancia y perdida por cada periodo.

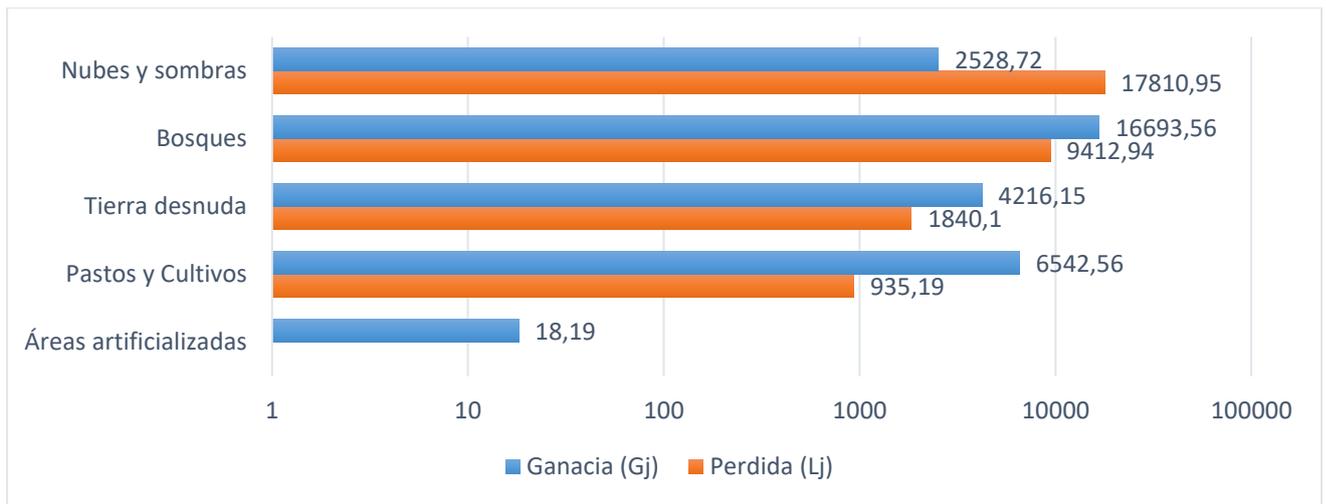


Figura 14. Cantidad de ganancia (Gj) y pérdida (Lj) en hectáreas (ha) para el periodo P1 (1987 – 2001).

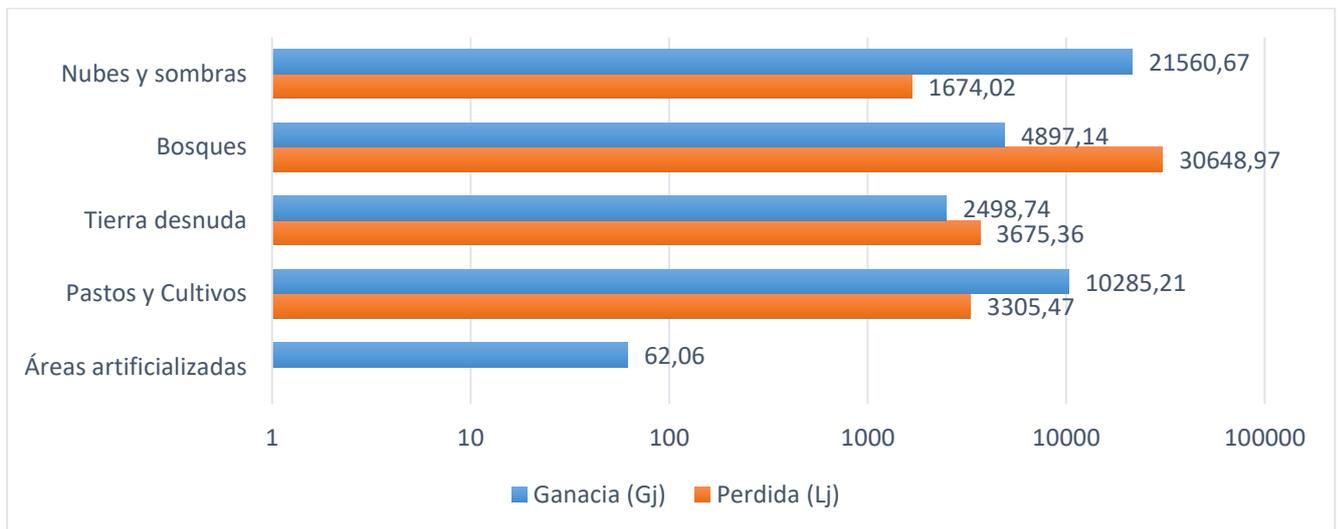


Figura 15. Cantidad de ganancia (Gj) y pérdida (Lj) en hectáreas (ha) para el periodo P1 (2001 – 2019)

3.6 Intensidad de Cambio

La intensidad de cambio, muestra las transiciones ocurridas entre clases. Los cuadros representan en el título la clase de origen y en las barras las clases de destino (Figura 16 y 17).

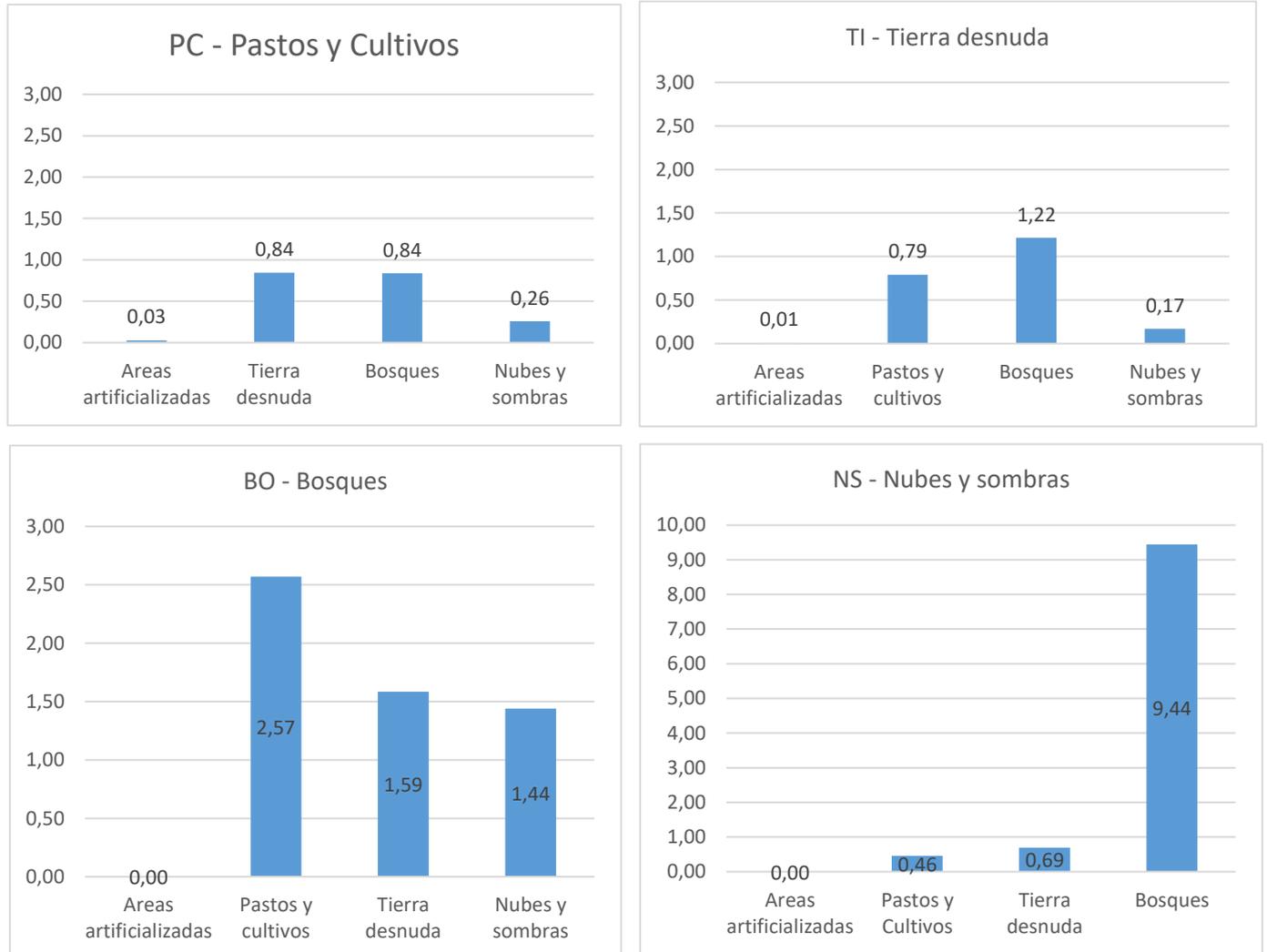


Figura 16. Intensidad de cambio P1 (Periodo 1987 - 2001)

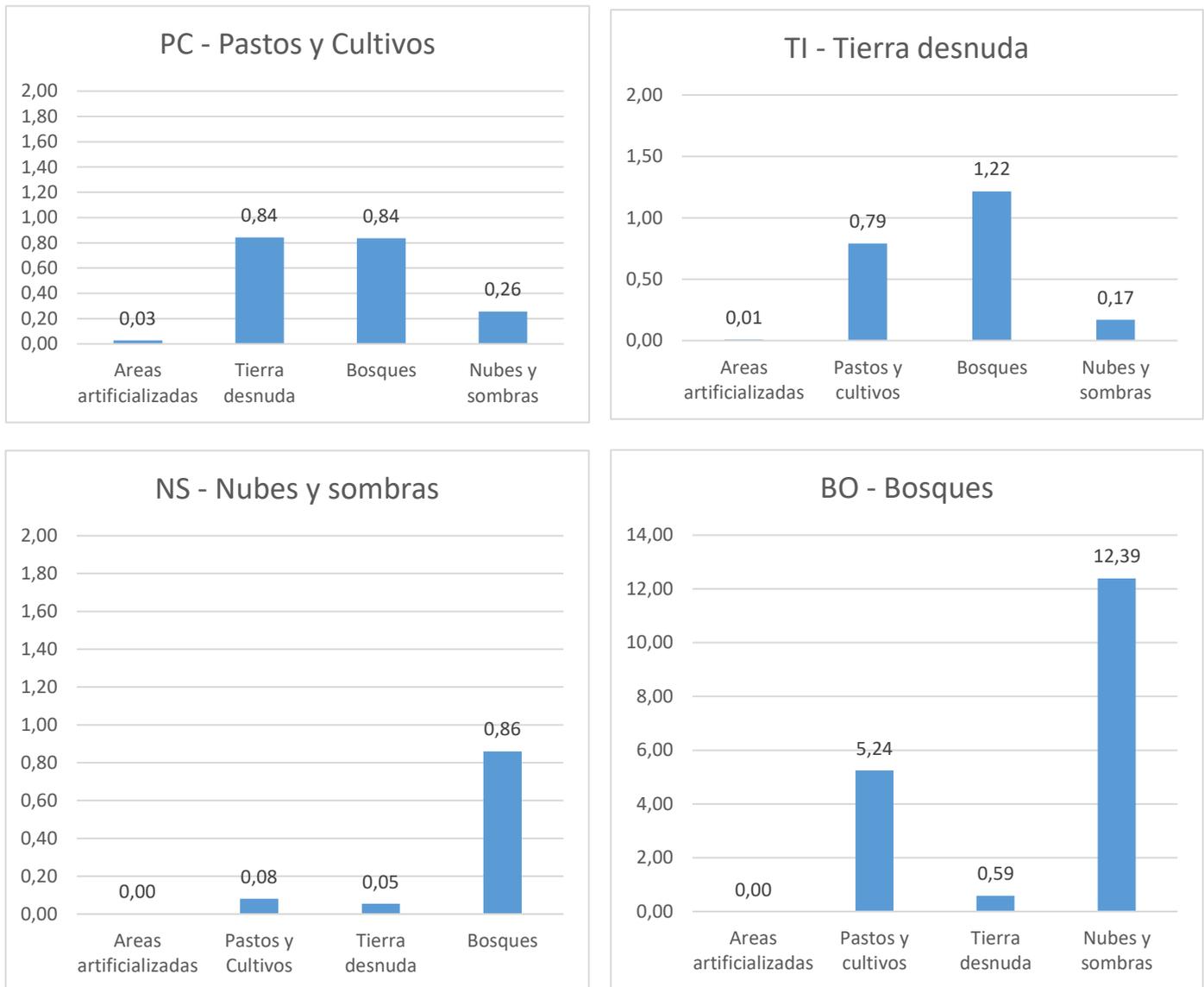


Figura 17. Intensidad de cambio P1 (Periodo 2001 - 2019)

3.7 Dinámica espacio temporal

Representa el proceso general de cambio de cobertura y uso de suelo en los tres años considerados para este estudio, donde se observa de manera clara la relación inversamente proporcional de las AA y los PC frente a la clase BO (Figura 18).

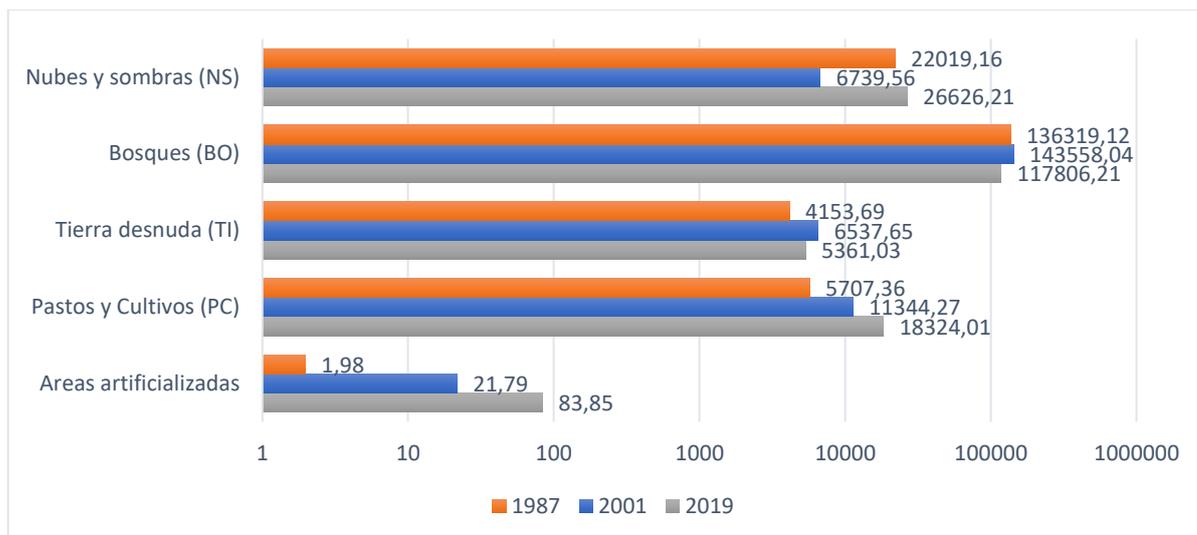


Figura 18. Dinámica espacio temporal de la CUS para el año 1987, 2001 y 2019

3.8 Propuesta de plan de manejo forestal y biodiversidad

3.8.1 Marco legal general de referencia del plan de manejo y biodiversidad

3.8.1.1 Contexto Nacional

- Constitución política del Perú
- Ley forestal y de fauna silvestre – Ley N°29763
- Convenio internacional sobre el comercio de especies amozadas de fauna y flora silvestre (CITES)

3.8.1.2 Contexto Internacional

- El convenio de diversidad biológica (CBD)
- Convenio número 169 sobre los pueblos indígenas y tribales 1989
- Declaración de las naciones unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas
- Ley de comunidades campesinas – Ley N° 24656
- Ley del derecho a la consulta previa a los pueblos indígenas u originarios, reconocido en el convenio 169 de la organización internacional del trabajo (OIT)

3.8.2 Problemática

El análisis multitemporal nos muestra que los niveles de deforestación en el distrito han aumentado, es así que para el planteo de soluciones se consideró como problema principal la “Gestión deficiente de los recursos forestales y biodiversidad del distrito de Yambrasbamba”, lo cual significa que no se hace un uso racional de los recursos forestales y la biodiversidad. No existiendo un manejo adecuado, que permita alcanzar un nivel de desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades reales de los usuarios.

Se establecieron cinco grupos de casusa de este problema (Figura 19), poca investigación sobre los recursos forestales del distrito, baja articulación entre actores principales en la gestión de los recursos forestales y biodiversidad, conversión de los bosques en pastos y cultivos, aprovechamiento excesivo de los recursos forestales, falta de monitoreo y control de los recursos forestales.

A partir de las causas se establecieron los objetivos (Figura 20), investigación aplicada a la conservación de bosques, ecosistemas y especies en el distrito de Yambrasbamba, alto nivel de articulación entre actores en la gestión de los recursos forestales, conservación de bosques y zonas intangibles, aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, mejor monitoreo de los recursos forestales.

Posteriormente se plantearon alternativas de solución (Figura 21), implementar un plan de investigación de los recursos forestales del distrito, desarrollo de un plan de fortalecimiento orgánico e institucional, desarrollo de un plan de restauración ambiental, desarrollo de un plan de manejo forestal, desarrollo de un plan de monitoreo y control de los recursos forestales del distrito.

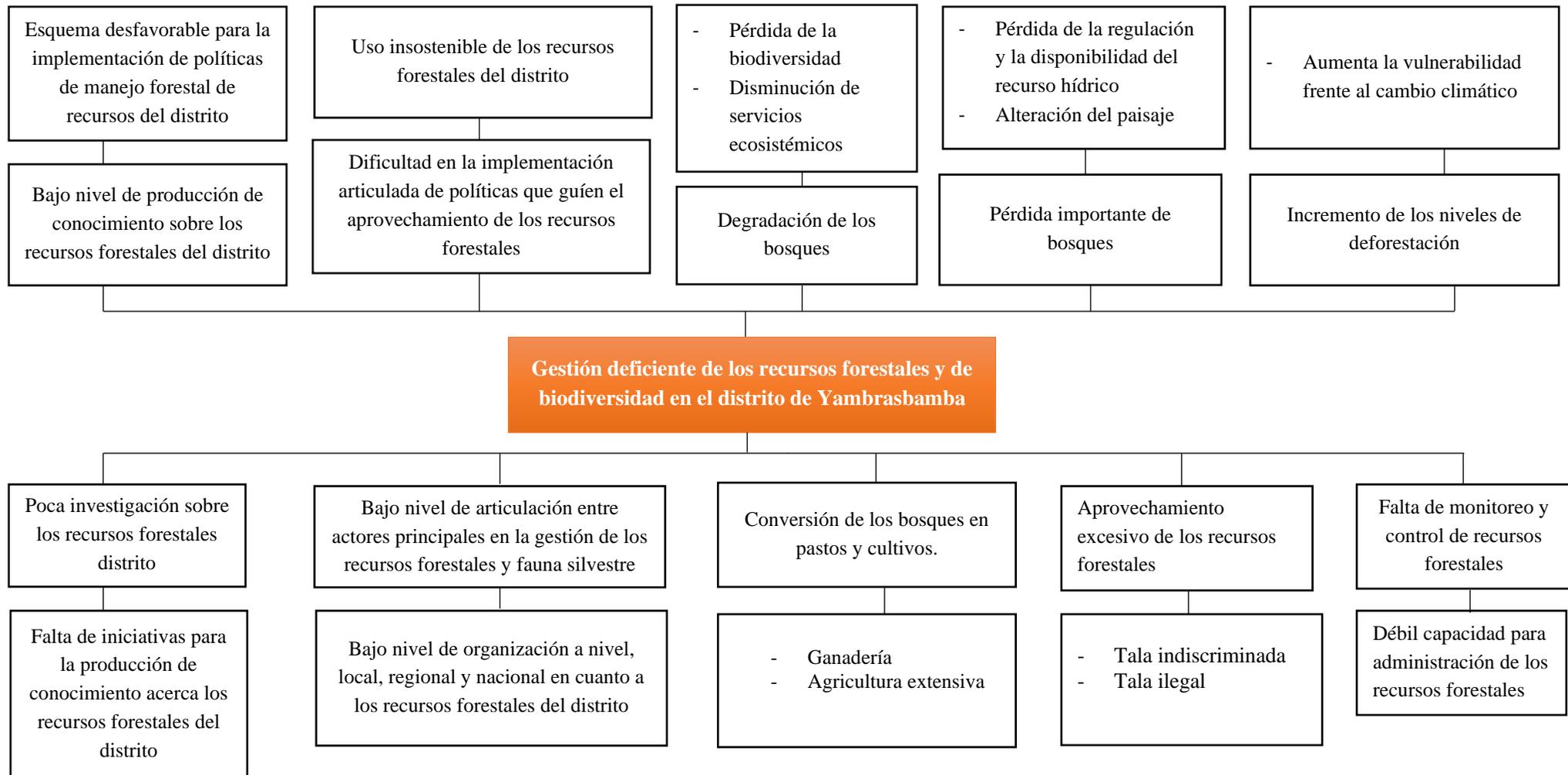


Figura 19. Esquema que muestra los problemas identificados en el distrito de Yambrasbamba.

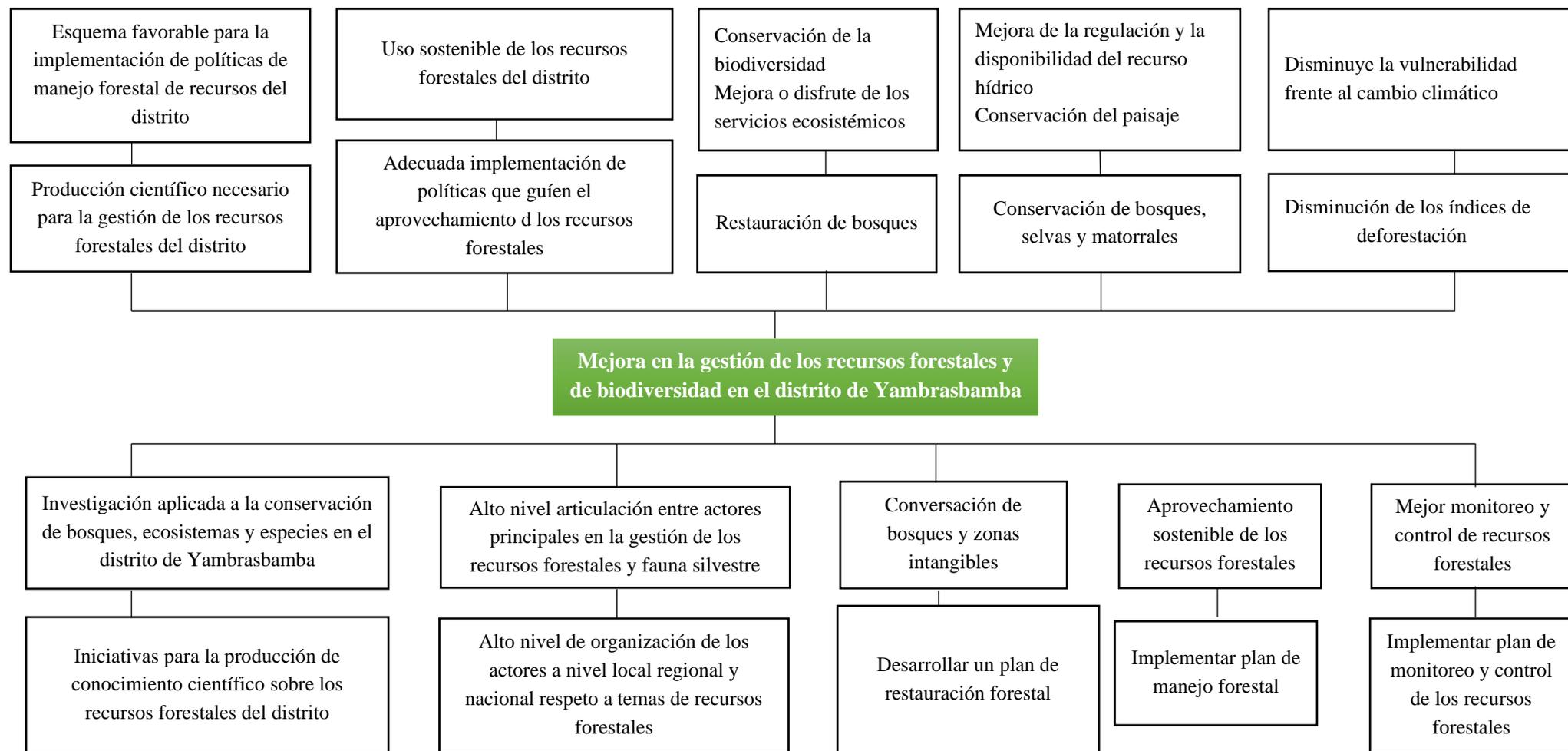


Figura 20. Esquema que muestra los objetivos propuestos para mejorar la gestión ambiental en el distrito de Yambrasbamba

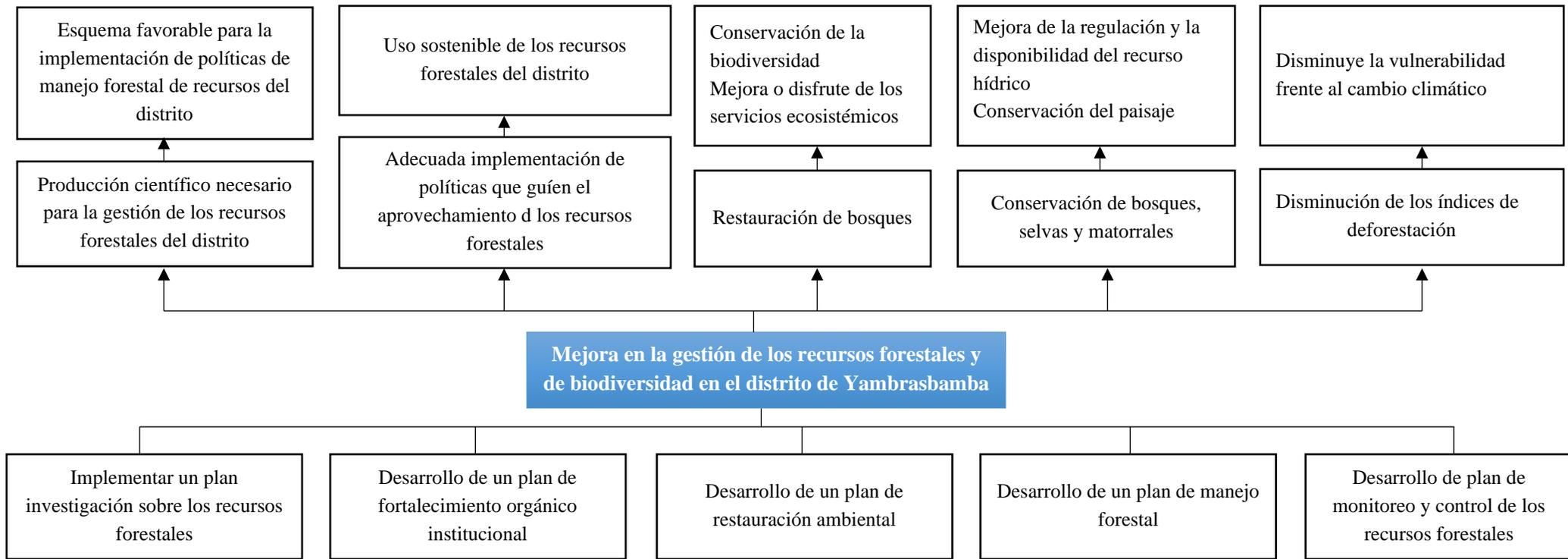


Figura 21. Esquema que muestra las alternativas de solución para mejorar la gestión ambiental en el distrito de Yambrasbamba

3.8.3 Planteamiento de ejes programáticos:

En los siguientes cuadros se presentan los proyectos establecidos dentro de cada eje programático

3.8.3.1 Gestión del conocimiento

Proyecto de investigación

Estará enfocado en actividades de investigación, que sirvan para el manejo, la conservación y el aprovechamiento de los recursos forestales del distrito. Las investigaciones podrán realizarse en diferentes temas, como, por ejemplo: deforestación, cambio de uso de suelo, biológicos, capacidad de carga, concentración de pérdida forestal, especies forestales entre otros. Sin embargo, también son importantes aquellas investigaciones que permitan conocer a cerca de la biodiversidad que existe en el distrito (Tabla 15).

Tabla 15. Investigación aplicada a la conservación de bosques, ecosistema y especies en el distrito de Yambrasbamba

Proyecto	Investigación aplicada a la conservación de bosques, ecosistemas y especies en el distrito de Yambrasbamba
Eje programático	Gestión del conocimiento
Duración	5 años
Ámbito	Distrito de Yambrasbamba
Objetivos	Facilitar el desarrollo de investigaciones sobre recursos forestales y biodiversidad, así como aquellas que aporten en el manejo y su conservación. <ul style="list-style-type: none">- Documento de plan de investigaciones para el distrito
Indicadores	<ul style="list-style-type: none">- Cantidad de investigaciones desarrolladas por año- Cantidad de convenios logrados
	Actividades
	<ul style="list-style-type: none">- Reunión para elaborar el plan de investigaciones para el distrito- Establecimiento de convenios y/o acuerdos institucionales- Creación y formalización del comité técnico interinstitucional de investigación forestal y de biodiversidad- Seguimiento y evaluación del plan de investigaciones
Costo estimado	1150000

Fuente de financiamiento	Gobierno Regional Amazonas, Municipalidad distrital de Yambrasbamba, ONG's, Cooperación internacional
---------------------------------	---

Plan de monitoreo y control del recurso forestal y biodiversidad del distrito de Yambrasbamba

Con el monitoreo ambiental se busca establecer un sistema de información que provea; indicadores acerca de la conservación de la biodiversidad en el área, así como la magnitud y efectos de impactos ambientales. La evaluación o monitoreo periódico del estado de los indicadores, servirá para evaluar la eficacia de las acciones y actividades desarrolladas e incluso de las propuestas del plan de manejo forestal, así como la readecuación o validación de las acciones (Tabla 16).

Tabla 16. Plan de monitoreo y control de los recursos forestales

Proyecto	Plan de monitoreo y control de los recursos forestales
Eje programático	Gestión ambiental
Duración	5 años
Ámbito	Distrito de Yambrasbamba
Objetivos	Fortalecimiento de las organizaciones y la institucionalidad <ul style="list-style-type: none"> - Numero de estudios multitemporales sobre cobertura y uso de suelo
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Numero de reportes trimestrales sobre la deforestación y otros impactos ambientales
	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> - Sistematización de información existente, dando preferencia a las más recientes - Análisis de imágenes de satélite y delimitaciones de las áreas con mayor deforestación - Priorización participativa de las actividades económicas que mitigan la deforestación. (Relacionadas con el aprovechamiento de otros productos del bosque) - Apoyo a la implementación de las actividades económicas priorizadas - Concurso para premiar a las empresas o familias con mayor éxito en la implementación de las actividades alternativas priorizadas
Costo estimado	1070000

Fuente de financiamiento	Gobierno Regional Amazonas, Municipalidad distrital de Yambrasbamba, ONG's, Cooperación internacional
---------------------------------	---

3.8.3.2 Gestión ambiental

Plan de restauración ambiental

Implica la realización de acciones enfocadas en corregir y mitigar los impactos ambientales, generados por actividades que crean impactos negativos en el distrito de Yambrasbamba, mediante técnicas de restauración en las que se priorizará zonas deforestadas, zonas de reserva y zonas de amortiguamiento (Tabla 17).

Tabla 17. Plan de restauración ambiental

Proyecto	Restauración de zonas de bosques degradados en el distrito en Yambrasbamba
Eje programático	Gestión ambiental
Duración	5 años
Ámbito	Distrito de Yambrasbamba
Objetivos	Mitigar los impactos de las actividades antrópicas sobre los bosques
Indicadores	- Cantidad de hectáreas de bosques restaurados
	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> - Sistematización de información existente - Definición de criterios de priorización de áreas de bosques degradados para restauración - Determinación de métodos de restauración de áreas degradadas - Restauración de áreas degradadas - Seguimiento a las actividades de restauración
Costo estimado	1350000
Fuente de financiamiento	Gobierno Regional Amazonas, Municipalidad distrital de Yambrasbamba, ONG's, Cooperación internacional

Plan de manejo forestal

Alrededor del 70% del distrito de Yambrasbamba es cubierta por bosque y es parte fundamental para la región y para el país. El manejo forestal se desarrollará en base a la ley forestal y de fauna silvestre, la que nos provee los lineamientos para poder aprovechar los recursos forestales y velar por su conservación y manejo sostenible (Tabla 18).

Tabla 18. Manejo forestal comunitario en el distrito de Yambrasbamba

Proyecto	Manejo forestal comunitario en el distrito de Yambrasbamba
Eje programático	Gestión ambiental
Duración	5 años
Ámbito	Distrito de Yambrasbamba
Objetivos	Comunidades nativas y campesinas y aprovechan legalmente los bosques comunales y locales <ul style="list-style-type: none">- Numero de talleres sobre manejo forestal comunitario- Numero de informes del cumplimiento de los planes de aprovechamiento forestal
Indicadores	<ul style="list-style-type: none">- Número de casos de manejo forestal comunitario comercializando los productos del bosque
	Actividades
	<ul style="list-style-type: none">- Taller de fortalecimiento de capacidades sobre manejo forestal comunitario- Acuerdos para el manejo de bosques a nivel comunal- Evaluación del potencial de los recursos forestales y de biodiversidad- Formulación de planes de manejo- Gestión de planes de manejo- Gestión, coordinación y apoyo en la formulación de planes de negocio- Organización para el comercio de productos del bosque
Costo estimado	1880000
Fuente de financiamiento	Gobierno Regional Amazonas, Municipalidad distrital de Yambrasbamba, ONG's, Cooperación internacional

3.8.3.3 Gestión del interinstitucional

Proyecto de Fortalecimiento organizacional

Se busca mejorar el trabajo articulado entre los diferentes niveles de gobierno. Para mejorar la gestión y administración de los recursos forestales del distrito de Yambrasbamba (Tabla 19).

Tabla 19. Proyecto de fortalecimiento organizacional

Proyecto	Fortalecimiento de la organización y la institucionalidad en el distrito de Yambrasbamba
Eje programático	Gestión interinstitucional
Duración	5 años
Ámbito	Distrito de Yambrasbamba
Objetivos	Reducir la deforestación y generación ingresos económicos a las poblaciones a partir de los bosques <ul style="list-style-type: none">- Número de talleres sobre sensibilización y educación ambiental
Indicadores	<ul style="list-style-type: none">- Numero de capacitaciones para los líderes y autoridades
Actividades	
	<ul style="list-style-type: none">- Programa de sensibilización y educación ambiental- Formación y capacitaciones para líderes y autoridades- Asistencias técnicas en organización y planificación comunal- Capacitaciones sobre la planificación de zonas de protección y aprovechamiento y la planificación, acceso y uso de los bosques- Capacitación sobre manejo sostenible, certificación orgánica y comercio justo- Asistencia técnica en la formulación de planes de manejo de bosques- Apoyo a comunidades e implementación de acciones de manejo y productos del bosque
Costo estimado	2180000
Fuente de financiamiento	Gobierno Regional Amazonas, Municipalidad distrital de Yambrasbamba, ONG's, Cooperación internacional

3.8.4 Matriz de marco lógico

A continuación, en la Tabla 20, se presenta la matriz de marco lógico para el Plan de manejo forestal y biodiversidad del distrito de Yambrasbamba que nos permitirá monitorear la evaluación del progreso y desempeño de los proyectos para el alcance de objetivos.

Tabla 20. Matriz de marco lógico

RESUMEN EJECUTIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
F.1 Reducir los índices de deforestación y cambios de uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba	F.1.1 Reducir los índices de deforestación en 60% para el quinto año de finalizado el proyecto.	Registros de investigaciones sobre el cambio de uso de suelo del distrito	
P.1 Mejora en la gestión, aprovechamiento y manejo de los recursos forestales del distrito de Yambrasbamba	P.1.1 Al finalizar el proyecto se ha producido 25 artículos científicos sobre los recursos forestales del distrito.	Registros del número de investigaciones	Los actores locales facilitan el desarrollo del plan de manejo de los recursos forestales y biodiversidad, adaptándose a un uso y aprovechamiento sostenible para la reducción de los índices deforestación.
	P.1.2 Al finalizar el proyecto se reducido la índice deforestación del distrito en un 30%	Registro de índices de deforestación	
	P.1.3 Al finalizar el proyecto se ha restaurado 500 ha de bosques	Registro de hectáreas reforestadas	
	P.1.4 Al finalizar el proyecto se han desarrollado planes de manejo forestal en por las principales comunidades del distrito	Informe técnico	
	P.1.5 Al finalizar el proyecto se han incrementado los niveles de participación de los actores e instituciones en un 45%	Registro de asistencia de participación	

C.1 Plan de investigaciones sobre los recursos forestales establecido	C.1.1 Plan de investigaciones definido con un mínimo de tres investigaciones por año, durante los cinco años que dura el proyecto	Registro del número de investigaciones	S. Participación activa
	C.1.2 Convenios institucionales establecidos en el primer año para el desarrollo de proyecto	Registro de convenios establecidos	
C.2 Plan de Monitoreo y control de los recursos forestales	C.2.1 Al término del proyecto se ha realizado actividades de seguimiento a los planes de monitoreo y control de los recursos forestales	Informe técnico	
	C.2.2 Al término del proyecto se ha realizado por lo menos tres estudios multitemporales de cobertura y cambio de uso de suelo en el distrito de Yambrasbamba	Informe técnico	
	C.2.3 Al término del proyecto se han realizado cuatro reportes trimestrales por año, sobre la deforestación y otros impactos ambientales durante la duración del proyecto. (Reportes de alerta temprana, para dar aviso y así mitigar los impactos sobre los bosques que en su mayoría están alejadas de las zonas urbanas)	Informe técnico	S. Participación activa
C.3 Plan de restauración ambiental establecido	C.3.1 Al finalizar el primer semestre se ha definido los criterios de priorización de áreas degradadas	Informe técnico	S. Participación activa

	C.3.3 Al finalizar el primer año se ha definido los métodos para efectuar la restauración	Informe técnico	
	C.3.1 Al término del proyecto se han restaurado como mínimo 500 ha de bosques	Registro de número de hectáreas restauradas	
C.4 Plan de manejo forestal establecido	C.4.1 Al término del proyecto se ha desarrollado al menos 15 talleres sobre manejo forestal comunitario	Lista de asistencia de talleres Memoria de talleres	S. Participación activa
	C.4.3 Al término del proyecto se ha identificado, al menos 5 casos de manejo forestal comunitario, comercializando los productos del bosque	Informe técnico	
C.5 Fortalecida la organización y la institucionalidad en el distrito de Yambrasbamba	C.5.1 Al término del proyecto se han realizado al menos 25 talleres sobre sensibilización ambiental y educación ambiental	Informe técnico	S. Participación activa
	C.5.2 Al término del proyecto se ha capacitado a 15 líderes y autoridades del distrito	Informe técnico	
	C.5.3 Al término del proyecto se ha realizado 20 talleres sobre planificación de protección y aprovechamiento, acceso y uso de los bosques	Informe técnico	
	C.5.5 Al termino se ha desarrollado 15 capacitaciones sobre el manejo sostenible	Informe técnico	

	C.5.6 Al finalizar el cuarto mes del proyecto se ha desarrollado al menos 10 talleres de capacitación sobre organización comunitaria	Informe técnico	
	C.5.7 Al término del proyecto se ha dictado al menos 10 talleres sobre derechos y responsabilidades a los actores involucrados dentro del proyecto	Informe técnico	
A.1.1 Reunión para elaborar el plan de investigaciones para el distrito.	S/.350000	Proforma presupuestaria, registros contables, Kardex e inventarios, informes financieros	Licitaciones de las actividades, según los planes de ejecución del proyecto: plazos, calidad, cantidad.
A.1.2 Establecimiento de convenios y/o acuerdos institucionales.	S/.250000		
A.1.3 Creación y formalización del comité técnico interinstitucional de investigación forestal y de fauna silvestre	S/.250000		
A.1.4 Seguimiento y evaluación del plan de investigaciones	S/.300000		
A.2.1 Sistematización de información existente., dando preferencia a las más recientes	S/.150000		
A.2.2 Análisis de imágenes de satélite y delimitaciones de las áreas con mayor deforestación	S/.170000		
A.2.3 Priorización de áreas para el desarrollo de actividades económicas que mitigan la deforestación	S/.250000		
A.2.4 Apoyo a la implementación de las actividades priorizadas	S/.400000		

A.2.5 Concurso para premiar a las empresas o familias con mayor éxito de la implementación de las actividades alternativas priorizadas	S/.100000		
A.3.1 Sistematización de información existente	S/. 150000		
A.3.2 Definición de criterios de priorización de áreas de bosques degradados para restauración	S/. 200000		
A.3.3 Determinación de métodos de restauración de áreas degradadas	S/.200000		
A.3.4 Restauración de áreas degradadas	S/. 600000		
A.3.5 Seguimiento a las actividades de restauración	S/. 200000		
A.4.1 Taller de fortalecimiento de capacidades sobre manejo forestal	S/. 250000		
A.4.2 Acuerdos para el manejo de bosques a nivel comunal	S/.180000		
A.4.3 Evaluación del potencial de los recursos forestales y biodiversidad	S/. 200000		
A.4.4 Formulación de planes de manejo	S/. 200000		
A.4.5 Gestión de planes de manejo	S/.200000		
A.4.6 Gestión, coordinación y apoyo en la formulación de planes de negocio	S/. 350000		
A.4.7 Organización para el comercio de productos del bosque	S/.500000		
A.5.1 Programa de sensibilización y educación ambiental	S/.350000		

A.5.2 Formación y capacitaciones para líderes y autoridades	S/.300000		
A.5.3 Asistencia técnica en organización y planificación comunal	S/.400000		
A.5.4 Capacitación sobre planificación de zonas de protección aprovechamiento, acceso y uso de los bosques	S/.200000		
A.5.5 Capacitación sobre manejo sostenible, certificación orgánica y comercio justo	S/. 230000		
A.5.6 Asistencia técnica en la formulación de planes de manejo de bosques	S/.350000		
A.5.7 Asistencia para el comercio ventajoso de los productos en forma asociativa	S/. 350000		

3.8.5 Cronograma de actividades

El cronograma esta dividido por compóñentes que incluyen actividades, especificando la meta fisica a lograr, y el tiempo necesario para el desarrollo de estas actividades. A continuacion en la Tabla 21 se presenta los detalles del cronograma.

Tabla 21. Cronograma de actividades

Componentes / Actividades (C/A)	Meta física	2020	2021	2022	2023	2024
C.1 Plan de investigación es sobre los recursos forestales del distrito						
A.1.1 Reunión para elaborar el plan de investigaciones para el distrito.	5	20%	20%	20%	20%	20%
A.1.2 Establecimiento de convenios y/o acuerdos institucionales.	12	33,33%	33,33%	33,33%		
A.1.3 Creación y formalización del comité técnico interinstitucional de investigación forestal y de fauna silvestre	1	100%				
A.1.4 Seguimiento y evaluación del plan de investigaciones	10	20%	20%	20%	20%	20%
C.2 Plan de monitoreo y control de los recursos forestales						
A.2.1 Sistematización de información existente, dando preferencia a las más recientes	1	100%				
A.2.2 Análisis de imágenes de satélite y delimitaciones de las áreas con mayor deforestación	10	20%	20%	20%	20%	20%
A.2.3 Priorización de áreas, para el desarrollo de actividades de restauración	5	20%	20%	20%	20%	20%
A.2.4 Apoyo a la implementación de las actividades económicas priorizadas	5	20%	20%	20%	20%	20%
A.2.5 Concurso para premiar a las empresas o familias con mayor éxito de la implementación de las actividades alternativas priorizadas	3			33,33%	33,33%	33,33%
C.3 Plan de restauración ambiental						
A.3.1 Sistematización de información existente	1	100%				
A.3.2 Definición de criterios de priorización de áreas de bosques degradados para restauración	1	100%				
A.3.3 Determinación de métodos de restauración de áreas degradadas	1		100%			
A.3.4 Restauración de áreas degradadas	1		100%			
A.3.5 Seguimiento a las actividades de restauración	6		25,00%	25,00%	25,00%	25,00%
C.4 Plan de manejo forestal						

A.4.1 Taller de fortalecimiento de capacidades sobre manejo forestal	15	20%	20%	20%	20%	20%
A.4.2 Acuerdos para el manejo de bosques a nivel comunal	2	50%	50%			
A.4.3 Evaluación del potencial de los recursos forestales y de fauna silvestre	4	50%	50%			
A.4.4 Formulación de planes de manejo	8	50%	50%			
A.4.5 Gestión de planes de manejo	9			33,33%	33,33%	33,33%
A.4.6 Gestión, coordinación y apoyo en la formulación de planes de negocio	6	50%	50%			
A.4.7 Organización para el comercio de productos del bosque	20	20%	20%	20%	20%	20%
C.5 Plan de fortalecimiento orgánico institucional						
A.5.1 Programa de sensibilización y educación ambiental	20	20%	20%	20%	20%	20%
A.5.2 Formación y capacitaciones para líderes y autoridades	9	33,33%	33,33%	33,33%		
A.5.3 Asistencia técnica en organización y planificación comunal	20	20%	20%	20%	20%	20%
A.5.4 Capacitación sobre planificación de zonas de protección y aprovechamiento y la planificación, acceso y uso de los bosques	20	20%	20%	20%	20%	20%
A.5.5 Capacitación sobre manejo sostenible, certificación orgánica y comercio justo	9			33,33%	33,33%	33,33%
A.5.6 Asistencia técnica en la formulación de planes de manejo de bosques	15	33,33%	33,33%	33,33%		
A.5.7 Asistencia para el comercio ventajoso de los productos en forma asociativa	12	33,33%	33,33%	33,33%		

3.8.6 Presupuesto

El presupuesto esta establecido de acuerdo a los acciones que se ejecutaran para lograr lo objetivos del plan, el monto presupuestado asciende a un total de S/.7630000 de soles. En la Tabla 22 se detalla las inversiones a realizar.

Tabla 22. Presupuesto

Componentes / Actividades (C/A)	Monto S/.	UM (Unidad de medida)	Cantidad (Meta física)	2020	2021	2022	2023	2024
C.1 Plan de investigación sobre los recursos forestales del distrito	1150000							
A.1.1 Reunión para elaborar el plan de investigaciones para el distrito.	350000	Plan	5	1	1	1	1	1
A.1.2 Establecimiento de convenios y/o acuerdos institucionales.	250000	Convenio	12	4	4	4		
A.1.3 Creación y formalización del comité técnico interinstitucional de investigación forestal y de fauna silvestre	250000	Documento	2	2				
A.1.4 Seguimiento y evaluación del plan de investigaciones	300000	Informe	10	2	2	2	2	2
C.2 Plan de monitoreo y control de los recursos forestales	1070000							
A.2.1 Sistematización de información existente, dando preferencia a las más recientes	150000	Plan	1	1				
A.2.2 Análisis de imágenes de satélite y delimitaciones de las áreas con mayor deforestación	170000	Estudio	10	2	2	2	2	2
A.2.3 Priorización de áreas, para el desarrollo de actividades económicas que mitigan la deforestación	250000	Estudio	5	1	1	1	1	1
A.2.4 Apoyo a la implementación de las actividades económicas priorizadas	400000	Plan	5	1	1	1	1	1
A.2.5 Concurso para premiar a las empresas o familias con mayor éxito de la implementación de las actividades alternativas	100000	Evento	3			1	1	1
C.3 Plan de restauración ambiental	1350000							
A.3.1 Sistematización de información existente	150000	Informe	1	1				

A.3.2 Definición de criterios de priorización de áreas de bosques degradados para restauración	200000	Informe	1	1				
A.3.3 Determinación de métodos de restauración de áreas degradadas	200000	Estudio	1		1			
A.3.4 Restauración de áreas degradadas	600000	Informe	1		1			
A.3.5 Seguimiento a las actividades de restauración	200000	Informe	6		2	2	2	
C.4 Plan de manejo forestal	1880000							
A.4.1 Taller de fortalecimiento de capacidades sobre manejo forestal	250000	Taller	15	3	3	3	3	3
A.4.2 Acuerdos para el manejo de bosques a nivel comunal	180000	Documento	2	1	1			
A.4.3 Evaluación del potencial de los recursos forestales y de fauna silvestre	200000	Estudio	4	2	2			
A.4.4 Formulación de planes de manejo	200000	Documento	8	4	4			
A.4.5 Gestión de planes de manejo	200000	Documento	9			3	3	3
A.4.6 Gestión, coordinación y apoyo en la formulación de planes de negocio	350000	Plan	6	3	3			
A.4.7 Organización para el comercio de productos del bosque	500000	Documento	20	3	4	4	4	4
C.5 Plan de fortalecimiento orgánico institucional	2180000							
A.5.1 Programa de sensibilización y educación ambiental	350000	Plan	20	4	4	4	4	4
A.5.2 Formación y capacitaciones para líderes y autoridades	300000	Estudio	9	3	3	3		
A.5.3 Asistencia técnica en organización y planificación comunal	400000	Taller	20	4	4	4	4	4
A.5.4 Capacitación sobre planificación de zonas de protección y aprovechamiento y la planificación, acceso y uso de los bosques	200000	Taller	20	4	4	4	4	4
A.5.5 Capacitación sobre manejo sostenible, certificación orgánica y comercio justo	230000	Taller	9			3	3	3
A.5.6 Asistencia técnica en la formulación de planes de manejo de bosques	350000	Taller	15	5	5	5		
A.5.7 Asistencia para el comercio ventajoso de los productos en forma asociativa	350000	Taller	12	4	4	4		

3.8.7 Financiamiento

Las fuentes de financiamiento pueden provenir de recursos asignados por el Gobierno Regional Amazonas, la Municipalidad provincial de Bongará y la Municipalidad distrital de Yamborasbamba. Además, se pueden incorporar otras fuentes de financiamiento provenientes de la cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales (ONG), fundaciones, programas y agencias internacionales, entre otras entidades.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que en el período P1 (1987 - 2001) hubo pérdidas de bosques, esto debido al aumento de los pastos y cultivos dentro del distrito, así como también de la tierra desnuda. Según la FAO (2016), unas de las principales causas de deforestación son la agricultura, la ganadería y el desarrollo urbano. El aumento de zonas urbanas se adjudica al asentamiento de nuevas poblaciones que llegaron al distrito, por un proceso de migración de otras regiones del país, principalmente, de aquellas regiones limítrofes al este de la región Amazonas (INEI, 1995). En este periodo, la creación de la carretera Fernando Belaunde Terry o Marginal de la selva, jugó un aspecto clave, puesto que es la vía principal que conecta la costa con la selva nororiental del Perú (MINAM, 2009), y parte de esta se encuentra dentro del distrito Yambrasbamba. Este factor favoreció la creación de nuevos pueblos al borde de esta importante vía, cuyas actividades económicas principales se centraron en la agricultura, la ganadería, la comercialización de madera y otros.

En el periodo P2 (2001 - 2019), el comportamiento también es similar, sin embargo, en este periodo las pérdidas de bosques fueron mayores debido a que las zonas urbanas tuvieron un mayor aumento. Se crearon nuevas vías de acceso para conectar nuevos pueblos asentados en el interior del distrito, que tuvieron como principales actividades económicas la agricultura y ganadería.

Los resultados de este estudio concuerdan con el comportamiento de cambios de cobertura y uso de suelo obtenidos, por Rojas *et al.* (2019) en la misma región, en la provincia de Rodríguez de Mendoza, donde la dinámica temporal determinó una reducción considerable de bosques debido a al incremento de las zonas urbanas y a la creación de nuevas vías de acceso. Sin embargo, los resultados de tasas de cambio difieren con los obtenidos por Rojas *et al.* (2019), en particular, en lo observado en la clase bosque, -0.65 y -1.66 en el periodo (1987 – 2001) y (2001 – 2016) (Rojas *et al.*, 2019) y una tasa de cambio positiva de 0.37 para P1 y una tasa negativa de -1.09 para el P2, en este trabajo. Esta diferencia se debe principalmente por la presencia de nubes y sombras en las imágenes, que fueron de 13.09%, 4.01% y 15.83%, en el año 1987, 2001 y 2019 respectivamente. Es importante mencionar que éstas fueron las imágenes con la menor presencia de nubes, que se lograron conseguir para realizar este estudio.

Eso produjo que la tasa de cambio sea positiva en el P1, debido a la ganancia de bosques que fue 16693.56 ha y la pérdida 9412.94 ha, es decir la ganancia fue mayor a la pérdida.

Y gran parte de esa ganancia deriva de las 15879.85 ha, que en la imagen del año 1987 estaban cubierta por nubes y sombras, y que en la imagen del año 2001 pasaron a ser superficie cubierta por bosques.

Para el P2, aunque la imagen de 2019 también presentó nubes y sombras, la tasa fue negativa. Es decir, los bosques perdieron superficie, ya que parte de esta área que en la imagen de 2001 fue bosques, en la imagen de 2019 pasó ser superficie cubierta por nubes.

Respecto a los datos obtenidos para los pastos y cultivos en el distrito, en el P1 los pastos y cultivos pasaron de ser 5707.36 ha a 11314.73 ha, es decir, presentaron un aumento del 114% de extensión, mientras que en el P2 se experimentó un aumento de 90.66%, pasando de 11344.27 ha a 18324.01 ha de extensión. Este aumento se explica en gran parte por la reducción de bosques.

Salas *et al.* (2015), realizaron una investigación en el distrito de Florida, en la provincia de Bongará y, al igual que los resultados obtenidos en este estudio, determinan que la migración es un factor que ayuda a la deforestación de los bosques. En este trabajo las áreas artificializadas, que incluyen el tejido urbano y no urbano, fue la clase que más creció, particularmente fue la clase que sólo aumentó su extensión, sin obtener pérdidas, presentando índices de 918.09% para el P1 y de 284% en el P2. Esto significa que la clase de áreas artificializadas en el P1, multiplicó por 9 su extensión inicial que tenía en 1987, y en el P2 duplicó su extensión respecto a la que tenía en el año 2001.

Si bien la tasa de cambio, permitió observar el comportamiento de los cambios cobertura y uso de suelo, la matriz de Pontius *et al.* (2004), también nos permitió calcular valores de cambio neto, cambio total e intercambió que ayudaron al análisis e interpretación de los datos obtenidos.

El cambio total, se calculó mediante la suma de la ganancia y la pérdida, para los bosques en el P1, fue de 26106.50 ha y resulta ser mayor al cambio neto, que fue de 7280.62 ha. Esto se debe a que el cambio neto se calcula a partir de la diferencia de extensión entre el total en el año 1987 y 2001 (Vázquez & Rocha, 2009). El cambio total fue mayor al cambio neto lo cual demuestra que la superficie se mantuvo en ambas fechas.

En el período P1, el intercambio de la clase bosques con las otras clases fue de 18825 ha de superficie, lo que fue derivado de las ganancias y pérdidas y que determinó la variación de superficie. En el P2, sucedió lo mismo, pero el área de intercambio para los bosques fue menor con un área de 9724.28 ha.

Respecto a los índices, estos mostraron la magnitud del crecimiento o reducción de las superficies de las clases, en ambos periodos. El comportamiento fue similar a los datos obtenidos en la tasa anual de cambio, las áreas artificializadas fueron la clase que mayor crecimiento presento, seguido de los pastos y cultivos. Por otro lado, la clase nubes y sombras fueron la que mayor cambio de índice entre periodos presentó, afectando a los bosques, esto se debe como lo mencionemos anteriormente, al diferente porcentaje de nubes que presentaron las imágenes utilizadas para realizar el estudio.

Frente a la tendencia de pérdida de bosque que se viene dando en el distrito de Yambrasbamba, se consideró la elaboración de una propuesta de plan de manejo forestal, y biodiversidad para el distrito. Tomando como base el manejo forestal comunitario, el cual se define como todas las actividades forestales planificadas que realizan los actores locales, como indígenas, comunidades campesinas o tradicionales, centros poblados o pequeños agricultores (Cossío *et al.*, 2014).

En el año 2001 se promulgó la nueva ley forestal N° 27308, el cual dio inicio a un nuevo régimen forestal, estableciendo la obligatoriedad de los planes de manejo para cualquier modalidad de acceso al recurso. Además de los cambios dictados por la nueva ley, varios factores han contribuido a la implementación del manejo forestal, entre ellos el activismo de gremios de la sociedad civil, ONG's, sector privado, universidades, centros de investigación y también el propio estado, que apoyaron la formulación de políticas, la capacitación y la asistencia técnica para el manejo forestal en bosques de comunidades nativas y pequeños productores (Melgarego *et al.*, 2007).

El manejo forestal permite la comercialización legal y sostenible de los productos obtenidos de los bosques como madera, recursos no maderables, entre otros. Pero esta estrategia no solo beneficia a los actores locales, sino también a la población mundial, por sus implicancias en el secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad (Sabogal, 2008).

No todos los planes de manejo forestal comunitario realizados en el Perú, han tenido éxito, debido a factores como: la falta de capacidades organizativas (técnicas y gerenciales) que normalmente requieren del desarrollo de un plan de manejo forestal (Cossío *et al.*, 2014).

Según datos de SERNANP, el distrito de Yambrasbamba, cuenta con 10 áreas naturales protegidas (ANP) (Anexo 1), de las cuales 36118.48 ha están categorizadas como áreas de zonas reservada, 8779.00 ha como de áreas de conservación privada y 39295,35 ha como áreas de concesiones forestales (Anexo 2).

Esta propuesta de plan de forestal y conservación de la biodiversidad, elaborado bajo el marco legal vigente (Ley forestal y de fauna silvestre N° 29763), busca realizar un trabajo conjunto, que ayude a articular a los actores involucrados para lograr un manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales del distrito.

V. CONCLUSIONES

- El análisis multitemporal de la deforestación y uso de suelo del distrito de Yambrasbamba, encontró que se desarrollaron cambios considerables en su territorio, en los dos periodos de evaluación P1 (1987 - 2001) y P2 (2001 - 2019).
- En el P1, la tasa de cambio de uso de suelo, para las áreas artificializadas fue de 18.03%, para las tierras desnudas una tasa de 5.01% y la tasa de cambio para las nubes y sombras fue de -8.11%. En el P2, la tasa de cambio de uso de suelo, para las áreas artificializadas, fue de 7.77%, para los pastos y cultivos fue de 2.70%, para las tierras desnudas fue de -1.1% y para las nubes y sombras fue 7.93%.
- La tasa de deforestación (pérdida de bosque) para el P1 fue de 0.37% y para el P2 de -1.09 resultando un cambio total, para el P1 de 26106.5 ha y 35546.11 ha para el P2.
- Los índices mostraron la magnitud de crecimiento y reducción de superficie de las clases respecto a los años base de cada periodo. Para el P1, el índice para la clase AA (Áreas artificializadas) fue de 1018.69, para la clase PC (Pasto y cultivos) de 198.25. para la clase TI (Tierra desnuda) de 157.20, para la clase BO (Bosques) de 105.34 y para la clase NS (Nubes y sombras) de 30.60. Para el P2, el índice para la clase AA fue de 384.81, para la clase PC de 161.53, para la clase TI de 82.00, para la clase BO también fue 82.00 y para la clase NS fue de 395.07.
- La propuesta de plan de manejo forestal y conservación de la biodiversidad, presentado en este estudio, busca la participación de los actores involucrados y el apoyo de las entidades de gobierno, locales, regionales, nacionales encargadas de la protección y conservación de bosques, para el desarrollo de proyectos que mejoren la gestión, el aprovechamiento y el manejo sostenible de los recursos del distrito.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing* (5th ed). Guilford Press, 115 - 117.
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- Chavez, J. P. (1996). Image-Based Atmospheric Corrections—Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 1025-1036.
- Chuvieco, E. (2016). *Fundamentals of satellite remote sensing: An environmental approach* (Second edition). CRC Press, Taylor & Francis Group, 140 - 141.
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35-46.
[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Congedo, L. (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 6.0.1.1*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Cossío, R., Menton, M., Menton, P., & Larson, A. M. (2014). *Manejo forestal comunitario en la Amazonía peruana: Una revisión bibliográfica*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/004539>
- Dzieszko, P. (2014). Land-cover modelling using Corine Land Cover data and multilayer perceptron. *Quaestiones Geographicae*, 33(1), 5-22.
<https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0004>
- FAO. (1996). *Forest resources assessment 1990: Survey of tropical forest cover and study of change processes*. FAO.
- FAO. (2016). *Bosques y cambio climático en el Perú*. FAO, 40-41.

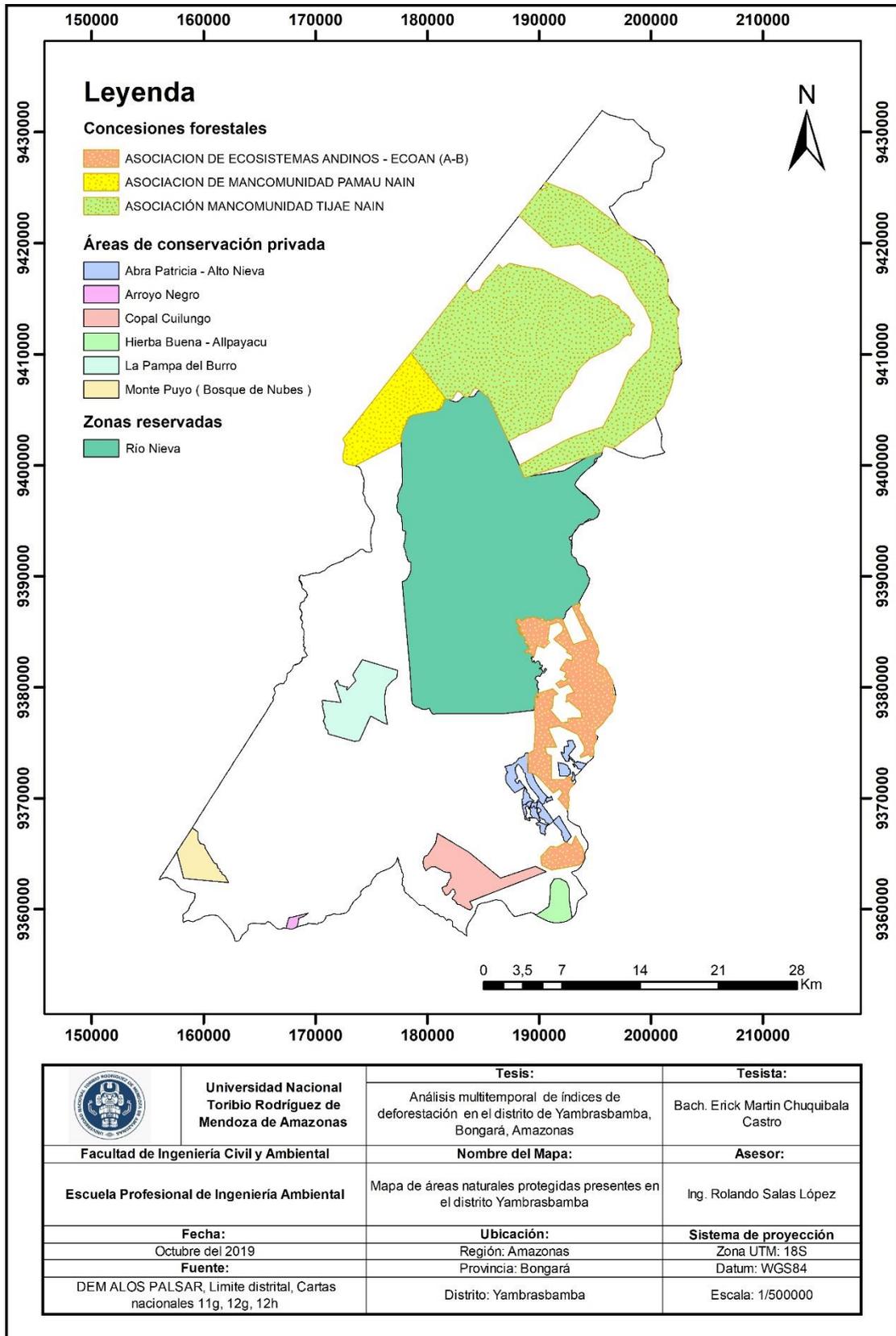
- Gao, J. (2009). *Digital analysis of remotely sensed imagery*. McGraw Hill, 270-271.
- GRA, & IIAP. (2013). *Zonificación Ecológica, Económica del departamento de Amazonas (ZEE)*, 9 - 10.
- Horning, N., Robinson, J. A., Sterling, E. J., Turner, W., & Spector, S. (2010). *Remote sensing for ecology and conservation: A handbook of techniques*. Oxford University Press, 40 - 41.
- INEI. (1995). *Migraciones internas en el Perú*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, 11-12.
- INEI. (2017). *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017—Amazonas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, 212.
- Kometer, R. (2014). *Plan estratégico de desarrollo forestal y de fauna silvestre al 2021 de la región Loreto*. Proyecto PeruBosques, Gobierno Regional Loreto, Asociación BioModus Tropical.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Law, K. H., & Nichol, J. (2004). *Topographic correction for differential illumination effects on Ikonos satellite imagery*, 1-2.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation* (Seventh edition). John Wiley & Sons, Inc. 37.
- MAE, Unión Europea, & Tinker Fundación. (2012). *Plan de manejo actualizado y priorizado del Bosque protector Kutuku-Shaimi 2012-2017*.
- Melgarejo, O., Ríos, F., Colán, V., & Sabogal, C. (2007). Situación del manejo forestal sostenible en la amazonia peruana: tendencias y perspectivas. *Recursos Naturales y Ambiente*, 49-40 :31-37.
- MINAM. (2009). *Mapa de la deforestación peruana 2000*, 82-86.

- MINAM. (2014a). *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012—2013*, 19 - 20.
- MINAM. (2014b). *Perú: Reino de los bosques*, 19-25.
- Páez S., Gustavo A. (2013). Diferencias entre las relaciones matemáticas más usadas en demografía y geografía de la población. *Revista Geográfica Venezolana*, 54(2),303-316.
- Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2-3), 251-268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Puyravaud, J.-P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1-3), 593-596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote sensing digital image analysis: An introduction* (4th ed). Springer, 273.
- Rojas, N. B., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Oliva Cruz, S. M., & Salas López, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Sabogal, C. (2008). *Manejo forestal comunitario en América Latina experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro*. CIFOR: CATIE, 37 - 54.
- Salas, R., Barboza Castillo, E., & Oliva Cruz, S. M. (2015). Dinámica Multitemporal de índices de deforestación del Distrito de Florida, Departamento de Amazonas, Perú. *INDES - Revista de investigación para el desarrollo sustentable*, 2(1): 18-27.

- Shanee, N., Shanee, S., & Horwich, R. H. (2015). Effectiveness of locally run conservation initiatives in north-east Peru. *Oryx*, 49(2), 239-247.
<https://doi.org/10.1017/S0030605313001002>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Trisurat, Y., Shrestha, R. P., & Alkemade, R. (2011). *Land use, climate change and biodiversity modeling: Perspectives and applications*. Information Science Reference. 52 - 77.
- Vargas, G., E. (1992). *Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes*. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), 113.
- Vázquez, V. H. L., & Rocha, W. P. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones geográficas*, (68), (85-101).

VII. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de áreas naturales protegidas presentes en el distrito de Yamborasbamba.



Anexo 2. Extensión de áreas naturales protegidas dentro del distrito de Yambrasbamba

Concesiones forestales	
Asociación ECOAN	6528.13 ha
Asociación PAMAU NAIN	4043.30 ha
Asociación TIJA NAIM	28723,91 ha
Total	39295.35 ha
Áreas de conservación privada	
Abra Patricia – Alto Nieva	1406.20 ha
Arroyo Negro	111.80 ha
Copal Cilungo	2573.07 ha
Hierba buena – Alpayacu	755.21 ha
La pampa del burro	2776.95 ha
Monte puyo	1155.74 ha
Total	8779.00 ha
Zona reservada	
Rio Nieva	36118.48 ha
Total	36118.48 ha

Anexo 3. Panel Fotográfico



Fotografía 1. Punto de control terrestre, cruce carretera centro poblado Miraflores - La florida



Fotografía 2. Tejido urbano centro poblado La Florida



Fotografía 3. Pastos y cultivos centro poblado La Florida



Fotografía 4. Pastos y cultivos carretera a la Perla del Imaza



Fotografía 5. Tierra desnuda carretera hacia la Perla del Imaza.



Fotografía 6. Extracción de madera carretera hacia el centro poblado la Perla del Imaza



Fotografía 7. Tala de árboles en centro poblado la Perla del Imaza.



Fotografía 8. Tejido urbano centro poblado Perla del Imaza.



Fotografía 9. Vía de acceso (carretera) hacia el centro poblado la Perla del Imaza, cruce con la carretera Fernando Belaunde Terry.



Fotografía 10. Bosques centro poblado Perla del Imaza.



Fotografía 11. Bosques, pastos y cultivos en sector Oso Perdido.



Fotografía 12. Tejido urbano, bosques, pastos cultivos centro poblado El Progreso.



Fotografía 13. Actividad ganadera sector la Esperanza.



Fotografía 14. Pastos y cultivos centro poblado El Progreso.



Fotografía 15. Pastos y cultivos, tejido urbano centro poblado Agua dulce.



Fotografía 16. Bosques, pastos y cultivos sector la Esperanza.



Fotografía 17. Bosques, pastos y cultivos sector San Isidro.



Fotografía 18. Bosques, pastos y cultivos sector Canjo.



Fotografía 19. Tejido urbano al borde de la carretera Fernando Belaunde Terry, centro poblado Buenos Aires.



Fotografía 20. Pastos y cultivos centro poblado Buenos Aires



Fotografía 21. Cultivos y tierra desnuda centro poblado Buenos Aires



Fotografía 22. Pastos y cultivos centro poblado Shucayacu.



Fotografía 23. Tejido urbano, centro poblado Yambasbamba.



Fotografía 24. Áreas sin vegetación, sector la mina - Yambasbamba



Fotografía 25. Bosques, carretera a la mina sector la mina – Yambrasbamba.



Fotografía 26. Pastos y cultivos sector Goca – Yambrasmba.



Fotografía 27. Áreas con poca vegetación - Yambrasbamba



Fotografía 28. Cruce, carretera a Yambrasbamba, con la carretera Fernando Belaunde Terry.



Fotografía 29. Puente de Vilcaniza, punto de control terrestre – Sector Puente de Vilcaniza.



Fotografía 30. Tejido urbano, bosques y pastos, centro poblado Yambrasmba.