

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLÓGICAS

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**PATRONES DE FRAGMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO
DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN,
PERÚ**

Tesis

Para optar el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

GLORIA CHAVEZ SAAVEDRA

Tingo María – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 011-2024-UPG-FRNR-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 05:00 p.m. del martes 29 de octubre de 2024, reunidos en la sala de Grados y Títulos del Paraninfo de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"PATRONES DE FRAGMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN, PERÚ"

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **CHAVEZ SAAVEDRA, GLORIA.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** Acto seguido, a horas **06:25 p.m** el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE
Presidente del Jurado

.....
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Miembro del Jurado



.....
Ing. M.Sc. MARCO ANTONIO DUEÑAS TUESTA
Miembro del Jurado

.....
Dr. RONALD HUGO PUERTA TUESTA
Asesor



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 371 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Gestión Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PATRONES DE FRAGMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN, PERÚ	GLORIA CHAVEZ SAAVEDRA	19 % Diecinueve

Tingo María, 27 de diciembre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

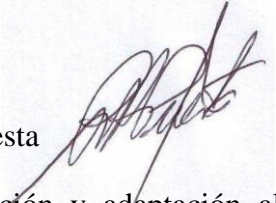
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLÓGICAS

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



PATRONES DE FRAGMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN, PERÚ

Autor	: Gloria Chavez Saavedra
Asesor (es)	: Dr. Ronald Hugo Puerta Tuesta 
Eje temático	: Monitoreo de la deforestación y adaptación al cambio climático
Programa de investigación	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología
Línea de investigación	: Manejo del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático
Eje temático	: Monitoreo de la deforestación y adaptación al cambio climático
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: S/ 3 517,92

Tingo María – Perú, 2024

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso que me dio la oportunidad de vivir, y me regaló una familia donde pueda apoyarme.

A mis queridos padres: JORGE y OLGA porque me han dado la vida y han estado conmigo en todo momento guiándome hacia la concepción de mis logros, aconsejándome e inculcándome valores y principios desde muy pequeña.

A mi querido hijo ENZO ADRIANO y a mi esposo HELI, que son el motor y motivo de mi existencia, gracias por su apoyo incondicional desde el inicio y hasta el término de este proceso.

A mi querida hermana OLGA AYDE, por ser mi modelo de superación para hacer realidad de este sueño.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos en cada proceso de aprendizaje, por ser mi guía y motivo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino e iluminándome en todo lo que realizo en mi convivir diario.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, por darme la oportunidad de hacer realidad uno de mis anhelos, el sueño de los estudios de Posgrado.

A mis profesores de la Maestría en Agroecología Mención Gestión Ambiental, por impartir sus conocimientos, dando formación con capacidad técnica, profesional y humanística.

Al Dr. Ronald Hugo Puerta Tuesta, asesor del presente trabajo de investigación, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución del trabajo.

Al Dr. Edilberto Chuquilín Bustamante, Dr. Ladislao Ruiz Rengifo y al Ing. MSc. Marco Antonio Dueñas Tuesta, por sus valiosos aportes como jurado del presente trabajo.

A mis compañeros de trabajo de la SUNASS Tarapoto, por su apoyo y por la paciencia que tuvieron conmigo.

Al Proyecto Especial Bajo Mayo y Huallaga Central, y a todas las personas que en forma directa e indirecta hicieron posible el término del presente trabajo de tesis.

Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, especial a las áreas naturales protegidas de San Martín (Bosque de Protección de Alto Mayo, Parque Nacional Cordillera Azul y Parque Nacional del Río Abiseo).

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Paisaje	3
2.1.2. Ecología del paisaje	3
2.1.3. Causas de la fragmentación	4
2.1.4. Superficie boscosa y pérdida de bosque en el Perú	4
2.1.5. Pérdida de bosque en la región San Martín	4
2.1.6. Información geoespacial ESRI Land Cover	5
2.1.7. Áreas Naturales Protegidas en el Perú	6
2.2. Estado del arte.....	11
2.2.1. Internacional	11
2.2.2. Nacional	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Lugar de ejecución.....	17
3.1.1. Altitud	17
3.1.2. Paisajes.....	18
3.1.3. Clima.....	18
3.2. Material y métodos	18
3.2.1. Materiales.....	18
3.2.2. Software	18
3.3. Generalidades de la investigación	19
3.3.1. Enfoque de investigación.....	19
3.3.2. Tipos de investigación	19
3.3.3. Nivel de investigación	19
3.3.4. Variables de estudio.....	19
3.3.5. Población	19
3.4. Metodología.....	19
3.4.1. Cuantificación de la cobertura y usos de la tierra en las ZA de las ANP de la región San Martín de los años 2017 y 2021 a partir de información geoespacial	19

3.4.2.	Estimación del cambio en las coberturas durante los años 2017 y 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín.....	21
3.4.3.	Cálculo de las métricas de fragmentación de las ZA en las ANP en la región San Martín.....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1.	Cobertura boscosa y otros usos de las tierras en las ZA de las ANP de la región San Martín de los años 2017 y 2021 a partir de información geoespacial.....	23
4.2.	Cambio en la cobertura boscosa durante los años 2017 y 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín	30
4.3.	Métricas de fragmentación en las ZA de las ANP ubicadas en la región San Martín, Perú	31
V.	CONCLUSIONES	34
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	35
VII.	REFERENCIAS.....	36
	ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Lista de Áreas Naturales Protegidas del Perú al 26 de abril del 2024.....	6
2. Parques nacionales dentro de la región San Martín.	7
3. Áreas de Conservación Regional dentro de la región San Martín.	9
4. Áreas de conservación privada dentro de la región San Martín.....	11
5. Insumos cartográficos y fuentes utilizadas.....	18
6. Variables de estudio.	19
7. Matriz de confusión.....	20
8. Métricas de fragmentación utilizadas.....	21
9. Matriz de confusión y métricas de exactitud temática calculadas para el 2021.	23
10. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra al 2017 en las ZA de las ANP en la región San Martín.	24
11. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra al 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín.	25
12. Tasa anual de cambio de bosque a otros usos de la tierra.	31
13. Métricas del paisaje calculadas para los años 2017 y 2021.	33
14. Puntos de validación de la cobertura encontradas al 2021.....	43
15. Concesiones de conservación en la región San Martín.	48
16. Concesiones forestales con fines maderables en la región San Martín.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Superficie deforestada anualmente (ha), periodo 2012 - 2022 en la región San Martín.	5
2. Ubicación política del área de estudio.....	17
3. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul en la región San Martín.....	26
4. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo en la región San Martín.....	28
5. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección Alto Mayo en la región San Martín.	29
6. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria en la región San Martín.	30
7. Revisión del proceso de obtención de las coberturas boscosas en las zonas de amortiguamiento.	51
8. Vegetación secundaria en la ZA del Bosque de Protección Alto Mayo.	51
9. Imágenes Planet utilizadas para la validación de las coberturas y otros usos de la tierra.	52
10. Diferencia de cobertura boscosa entre el ANP y su ZA ¡Error! Marcador no definido.	

RESUMEN

Actualmente, uno de los problemas ambientales más recurrentes en la Amazonía peruana es la fragmentación de los bosques como consecuencia de la deforestación. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivos cuantificar la cobertura del bosque y demás usos de la tierra, estimar el cambio de la cobertura boscosa y calcular las métricas de fragmentación en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas ubicadas en la región San Martín, Perú durante los años 2017 y 2021. Se utilizó como insumo cartográfico la información espacial de uso y cambio de uso de la tierra proporcionada por Esri Land Cover y la información espacial de bosques y pérdida de bosques de la plataforma Geobosque. Como resultado, se consiguió cuantificar la cobertura boscosa y otros usos de la tierra de las cuatro zonas de amortiguamiento que corresponde a los años 2017 y 2021 con una exactitud temática considerable, teniendo en cuenta que en las cuatro zonas de estudio la cobertura boscosa es la que presenta mayor superficie. En cuanto a la tasa de cambio de bosque a no bosque para la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo fue de -0,71; del Parque Nacional Cordillera Azul fue de -1,30; y para el Bosque de Protección Alto Mayo fue de -1,87; mientras que para la Reserva Nacional Pacaya Samiria la superficie cubierta por bosque se mantuvo constante. Finalmente, las métricas calculadas nos indican que los bosques de las zonas de amortiguamiento de la región San Martín se encuentran moderadamente fragmentados.

Palabras clave: Cambio de uso, cobertura boscosa, conservación, deforestación, Geobosques.

ABSTRACT

Currently, one of the most recurrent environmental problems in the Peruvian Amazon is forest fragmentation as a result of deforestation. In this context, the present research aimed to quantify forest cover and other land uses, estimate the change in forest cover, and calculate fragmentation metrics in the buffer zones of protected natural areas located in the San Martín region, Peru during the years 2017 and 2021. The spatial information on land use and change provided by Esri Land Cover and the spatial information on forests and forest loss from the Geobosque platform were used as cartographic input. As a result, it was possible to quantify forest cover and other land uses of the four buffer zones corresponding to the years 2017 and 2021 with considerable thematic accuracy, taking into account that in the four study areas forest cover is the most representative. Regarding the rate of change from forest to non-forest for the buffer zone of the Río Abiseo National Park, it was -0.71; for the Cordillera Azul National Park it was -1.30; and for the Alto Mayo Protection Forest it was -1.87; while for the Pacaya Samiria National Reserve, forest cover has remained constant. Finally, the calculated landscape metrics suggest that the forests in the buffer zones of the San Martín region are moderately fragmented.

Keywords: Change of use, conservation, deforestation, forest cover, Geobosques.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los paisajes fragmentados como consecuencia de la deforestación se han incrementado enormemente. En un último reporte sobre la situación de los bosques a nivel mundial se ha determinado que entre el 2000 y 2020 se ha perdido cerca de 47 millones de ha de bosques primarios, siendo la causa principal la expansión agrícola; que es responsable del 90% de la deforestación a nivel global (FAO, 2022).

A nivel nacional, el escenario es similar; 2 921 137 ha de bosque se han perdido entre el 2001 y 2022 (Minam, 2024), siendo San Martín un de las regiones más deforestada (Tafur-Anzualdo et al., 2024). Si bien la superficie anual de deforestación en esta región ha disminuido de 39 283 ha en el 2009 a 13 080 ha en el 2021; el ecosistema boscoso ha quedado fragmentado sobre todo en las provincias de Rioja, Moyobamba, Picota y Bellavista.

Una de las vías que ha resultado ser eficiente para conservar los bosques y la biodiversidad son las áreas naturales protegidas (Dwiyahreni et al., 2021). En ese sentido, el Estado peruano hace denodados esfuerzos para establecerlos. Es así que al 26 de abril del 2024 el Perú cuenta con una superficie total de 247 áreas naturales protegidas con una superficie de 29 732 029,51 ha lo que representa el 17,97% de la superficie terrestre y 7,76% de la superficie del mar peruano respectivamente (Sernanp, 2024a).

La región San Martín cuenta con diferentes áreas naturales protegidas (ANP) como parques nacionales: Cordillera Azul y Del Río Abiseo; Bosque de Protección Alto Mayo áreas de conservación regional (ACR): Cordillera Escalera y Bosques de Shunté y Mishollo así como ocho áreas de conservación privada. A excepción del PN Cordillera Azul que es compartida con otras tres regiones; todas las demás áreas se encuentran en su totalidad dentro de la zona de estudio.

No obstante, a pesar de la importancia de este ecosistema existe poca información referente a la variabilidad espacio temporal de la vegetación en las adyacentes a estas áreas de conservación, por lo que existe la necesidad de cuantificar en forma continua y sistemática el grado de fragmentación de los bosques de la región San Martín a nivel de las zonas adyacentes a las áreas naturales protegidas.

Finalmente, con el avance de la tecnología los sistemas de información geográfica y la teledetección actualmente constituyen importantes herramientas digitales que permiten evaluar el comportamiento y las variaciones que ocurren dentro del paisaje boscoso (Li et al., 2015).

En este contexto nos formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los patrones de fragmentación en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas en la región

San Martín, Perú? Asimismo, nos planteamos la siguiente hipótesis: Las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas dentro de la región San Martín se encuentran fuertemente fragmentadas. Por lo tanto, se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Analizar los patrones de fragmentación en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas en la región San Martín, Perú.

Objetivos específicos

- Cuantificar la cobertura boscosa y demás usos de las tierras en las ZA de las ANP de la región San Martín de los años 2017 y 2021 a partir de información geoespacial.
- Estimar el cambio en la cobertura boscosa durante los años 2017 y 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín.
- Calcular las métricas de fragmentación en las ZA de las ANP ubicadas en la región San Martín, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Paisaje

Podemos definir paisaje como una colección de unidades espaciales o ecológicas (geográficas y ecológicas, respectivamente) que ocupan superficies territoriales de gran escala (mesoescala) y se refrendan, se dispersan, interactúan entre sí y se convierten por componentes bióticos, abióticos y antropogénicos. Es así, que el paisaje es considerado como un complejo natural o también conocido como geocomplejo, que forma parte de la superficie terrestre ocasionada como consecuencia de la interacción de las condiciones climáticas, el relieve, la litología, el agua, el suelo y sobre todo organismo vivos, es una variable importante para el ordenamiento territorial e impacto ambiental (Martínez y Bollo, 2023).

2.1.2. Ecología del paisaje

Aunque la definición de ecología del paisaje se remonta a muchos años atrás, Troll (2003) lo redefine como el estudio de la asociación de seres vivos que interactúan con su entorno ambiental, los cuales interactúan en una parte dentro del paisaje. Sin embargo, con el pasar de los años la definición de ecología del paisaje ha ido evolucionando, por lo que involucra el estudio de los patrones espaciales de paisaje, las interacciones entre los elementos de cada patrón, y cómo éstos interactúan y se transforman en el tiempo. Además, La ecología del paisaje implica la aplicación de estos principios en la concepción y resolución de problema del mundo existente (McGarigal y Urban, 2001).

2.1.2.1. Fragmentación

La fragmentación actualmente es la amenaza más importante de la biodiversidad, y es un contexto más actual puede definirse como el proceso de cambio a nivel de paisaje y ocurre principalmente en el tiempo como disminución del tamaño de parches, aumento del número de parches así como el aumento de los bordes (perímetro) de los parches (Ma et al., 2023).

2.1.2.2. Conectividad

La conectividad está determinada por las relaciones espaciales de los elementos que componen un paisaje y define su funcionalidad para interconectarse y sustentar los procesos poblacionales y ecológicos. La conectividad física se define por estructuras y agregaciones, asociaciones y conexiones entre parches. Puede estar dado por las características estructurales de cada parche (conexiones intra-parche), la configuración espacial del conjunto de parches (conexiones entre parches), o ambos. La conectividad funcional se

define por la capacidad de ciertos elementos o procesos del paisaje para desarrollarse y sostenerse a sí mismos dada la conectividad física. Su definición depende de los elementos o procesos considerados por la evaluación, y las escalas espaciales y temporales en las que ocurren (Saura et al., 2017 y 2018).

2.1.3. Causas de la fragmentación

Las causas principales de la fragmentación se encuentran muy vinculadas a las diferentes actividades humanas que intervienen a los ecosistemas naturales. La fragmentación generalmente comienza cuando los ecosistemas se fragmentan por la construcción de caminos y carreteras. Luego, la gente que se asentó a lo largo del camino corta y quema gradualmente la vegetación natural para preparar la tierra para la agricultura y la construcción. Los ecosistemas naturales se están reduciendo a medida que se intensifica la actividad humana a pequeños parches aislados. Para muchas especies animales, especialmente reptiles, pequeños mamíferos y aves, los cultivos forman barreras imposibles de cruzar. Las plantas también se ven afectadas por la fragmentación del ecosistema porque conducen a una reducción en el tamaño de la población y problemas relacionados con la reproducción (Domic, 2011).

2.1.4. Superficie boscosa y pérdida de bosque en el Perú

Según la información geoespacial proporcionada por la plataforma Geobosques al 2022 existen un área de 67 786 339 ha correspondientes a los bosques amazónicos y 3 314 905 ha de bosques secos en todo el territorio nacional. Sin embargo; a pesar de la importancia de este ecosistema, el retroceso de la cobertura boscosa se da a pasos agigantados; es así que en el periodo comprendido entre 2012 al 2022 la deforestación anual promedio fue de 158 667,22 ha/año, alcanzando una cifra récord de 203 272 ha de bosques perdidos en el 2020; siendo las regiones San Martín, Ucayali y Madre de Dios donde se presentan la mayor concentración de pérdida de bosques en todo el Perú (Minam, 2024).

2.1.5. Pérdida de bosque en la región San Martín

En el periodo comprendido entre los años 2012 y 2022 la región San Martín presentó una deforestación anual promedio de 19 693,09 ha, si bien la superficie deforestada ha ido descendiendo en los últimos años, las cifras aún siguen siendo muy alta (Minam, 2024) (Figura 1).

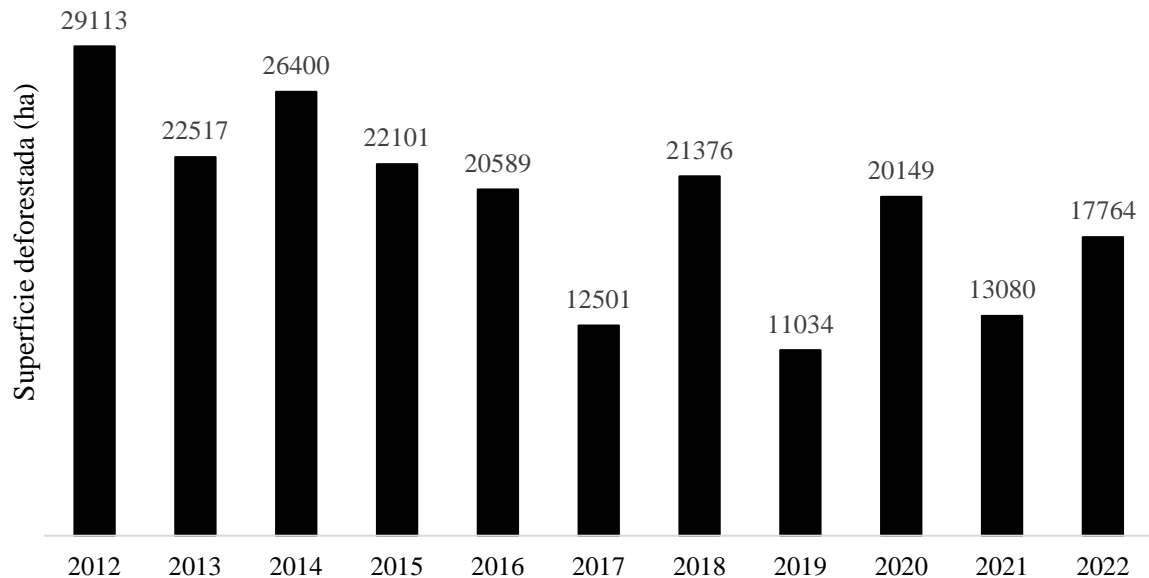


Figura 1. Superficie deforestada anualmente (ha), periodo 2012 - 2022 en la región San Martín. Minam (2024).

2.1.6. Información geoespacial ESRI Land Cover

Desde el 2021 la empresa ESRI propietaria del software ArcGIS ha puesto a disposición del público en forma gratuita información a nivel global del uso y cambio de uso de la tierra de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Esta información se encuentra en formato ráster procede de la clasificación de las imágenes Sentinel correspondiente a la Agencia Espacial Europea que fueron los que han sentado las bases para cartografiar la cobertura del suelo (LULC) con detalles sin precedentes a una resolución espacial de 10 m (Karra et al., 2021).

No obstante, ESRI no es la única institución en presentar información procedente de los satélites Sentinel, la plataforma DynamicWorld (DW) del gigante Google y World Cover de la misma ESA (WC) también presentan mapas LULC globales que muestran fuerte correspondencia espacial (es decir, estimaciones de áreas casi iguales) para el agua, el área construida, los árboles y los cultivos. Cuando se contrastó esta información LULC global a una unidad de mapeo mínima de 250 m², encontramos que ESRI tenía la exactitud general más alta (75%) frente a DW (72%) y WC (65%). En todos los mapas globales, el agua fue la clase mapeada con mayor exactitud (92%), seguida por área construida (83%), cobertura arbórea (81%) y cultivos (78%), particularmente en biomas caracterizados por bosques templados y boreales (Venter et al., 2022).

2.1.7. Áreas Naturales Protegidas en el Perú

De acuerdo a la legislación nacional vigente las ANP se definen como “los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país”. Las Áreas Naturales Protegidas constituyen patrimonio de la Nación (Ley N° 26834). Hasta el 26 de abril del 2024, el Perú poseía 247 áreas naturales que se encuentran protegidas por el Estado (Tabla 1), que abarcan un área de 29 652 219,49 ha, lo que se traduce en el 25,66% del territorio peruano (Sernanp, 2024a).

Tabla 1. Lista de Áreas Naturales Protegidas del Perú al 26 de abril del 2024 (Sernanp, 2024)

Categorías	Cantidad	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Parques Nacionales	15	10 394 644,34	9,00
Santuarios Nacionales	9	317 366,47	0,27
Santuarios Históricos	4	41 279,38	0,04
Reservas Nacionales	18	11 007 733,27	9,52
Refugio de Vida Silvestre	3	20 775,11	0,02
Reservas Paisajísticas	2	711 818,48	0,62
Reservas Comunales	10	2 166 588,44	1,87
Bosque de Protección	6	389 986,99	0,34
Cotos de Caza	2	124 735,00	0,11
Zonas Reservadas	8	588 302,67	0,51
Áreas de Conservación Regional	32	3 599 519,17	3,11
Áreas de Conservación Privada	138	395 777,08	0,34
Total	247	29 652 184,27	25,65

2.1.7.1. Parques Nacionales

Están definidas “como las áreas que constituyen muestras representativas de la diversidad natural del país y de sus grandes unidades ecológicas. En ellos se protege con carácter intangible la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de la flora y fauna silvestre y los procesos sucesionales y evolutivos, así como otras características, paisajísticas y culturales que resulten asociadas” (Ley N° 26834). La

región San Martín cuenta con dos parques nacionales, de las cuales PN del Río Abiseo se encuentra en su totalidad dentro de la región (**Tabla 2**).

Tabla 2. Parques nacionales dentro de la región San Martín (Sernanp, 2024).

Parque Nacional	Creación	Región	Superficie (ha)
del Río Abiseo	11.08.1983	San Martín	274 520,00
Cordillera Azul	21.05.2001	S. Martín, Huánuco, Loreto y Ucayali	1 353 190,85

Dentro de las áreas naturales protegidas que se ubican en el departamento San Martín, tenemos al parque nacional Cordillera Azul (PNCAZ) el cual se comparte con las regiones de Loreto, Ucayali y Huánuco. Su área abarca los bosques que cubren la cordillera del mismo nombre. Fue creado el 21 de mayo del 2001 y abarca una superficie total de 1 353 190,85 ha convirtiéndolo actualmente en el cuarto parque nacional de mayor extensión en el Perú. Entre sus objetivos se encuentra el de mantener las especies y sus hábitats y el conjunto de montañas que caracterizan esta importante cordillera, y de esta manera propiciar el bienestar de las poblaciones vecinas al parque. El PNCAZ es la única área natural protegida que se encuentra administrada en su totalidad por una organización no gubernamental denominada CIMA, con un contrato que le ha permitido administrar desde 2008 al 2028.

La zona amortiguamiento del PNCAZ abarca 23 000 km² de las cuales 927 508,04 ha se encuentra dentro la región San Martín. Esta zona de amortiguamiento se encuentra habitada por miles de personas en más de un centenar de centros poblados y asociaciones indígenas como Kichwa, Shipibo, Kakataibo y Yine. CIMA desde sus inicios viene trabajando con las poblaciones vecinas al área natural, con la finalidad de minimizar las actividades que contribuyen a la pérdida de bosques y sugerir usos de la tierra más sostenible que conllevar a preservar los ecosistemas boscosos (Sernanp, 2011).

Otra de las áreas naturales protegidas es el Parque Nacional del Río Abiseo (PNRA), el cual fue establecido el 11 de agosto de 1983, mediante DS N° 064-83-AG, y cuenta con una superficie total de 274 520 ha, políticamente pertenece al distrito Huicungo en la provincia Mariscal Cáceres. Entre sus objetivos se encuentra el de conservar las formaciones boscosas de neblina de la selva alta y conservar las especies de fauna silvestre que se encuentren amenazadas; del mismo modo preservar los elementos del complejo del Gran Pajatén y de Los Pinchudos. En 1990 la Unesco reconoce a este parque nacional como Patrimonio Cultural de la Humanidad, años más tarde como Sitio de Patrimonio Mundial Mixto por su aporte natural y cultural. Del mismo modo, constituye con otras unidades el Bosque

Modelo Río Huayabamba – Abiseo, instituida en el 2015; igualmente constituye Zona Núcleo de la Reserva de Biosfera Gran Pajatén, certificada por la Unesco con una superficie por encima de los dos millones y medio de hectáreas, abarcando ocho provincias de las regiones de Amazonas, La Libertad y San Martín, lo que hace que sea la reserva de biósfera de mayor extensión del Perú.

La Zona de Amortiguamiento del PNRA cuenta con una superficie total de 671 363,74 ha y se puede dividir en dos secciones: sector Oeste que se extiende en la parte sierra del departamento de La Libertad, específicamente en la provincia Pataz, donde hace mucho tiempo existe la fiebre del oro, por lo que empresas relacionadas a la minería viene extrayendo este mineral de manera legal e ilegal y el sector Este que corresponde a la región San Martín, con una superficie de 471 149,17 ha, correspondiendo la mayor parte a la zona de selva. Este sector cuenta con representantes de la empresa privada involucrados en programas orientado a la gestión ambiental, con el fin de conseguir el desarrollo sostenible de las poblaciones en base al aprovechamiento de los servicios ecosistémicos. Por ello, cuenta con diferentes iniciativas de conservación: concesiones destinadas a la conservación y el ecoturismo, áreas de conservación privadas (ACP), un área de conservación regional y otras actividades similares (Sernanp, 2023a).

2.1.7.2. Bosque de protección

Se define “como las áreas que se establecen con el objeto de garantizar la protección de las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua y en general, para proteger contra la erosión a las tierras frágiles que así lo requieran. En ellos se permite el uso de recursos y el desarrollo de aquellas actividades que no pongan en riesgo la cobertura vegetal del área” (Ley N° 26834). El Bosque de Protección Alto Mayo (BPAM), instaurado en el mes de julio del año 1987 con una superficie de 182 000 ha, con el objeto de proteger las cabeceras del río del mismo nombre, para brindar el servicio de suministro agua para el consumo de la población, uso agrícola e industrial para compensar las necesidades de las provincias adyacente de Chachapoyas, Bongará y Rodríguez de Mendoza en la región Amazonas; las provincias Moyobamba y Rioja en la región San Martín y del Datem del Marañón en el departamento Loreto (Sernanp, 2023b).

2.1.7.3. Reserva Nacional

Definida “como las áreas destinadas a la conservación de la flora y fauna silvestre, en beneficio de las poblaciones rurales vecinas. El uso y comercialización de recursos se hará bajo planes de manejo, aprobados y supervisados por la autoridad y conducidos por los mismos beneficiarios. Pueden ser establecidas sobre suelos de capacidad de uso mayor agrícola,

pecuario, forestal o de protección y sobre humedades” (Ley N° 26834). Si bien la Reserva Nacional Pacaya Samiria no se encuentra dentro de la región San Martín, pero sí parte de su zona de amortiguamiento (34 610,06 ha). Esta reserva se ubica entre las provincias: Loreto, Requena, Ucayali y Alto Amazonas de la región Loreto. En su área de influencia se hallan cientos de poblaciones descendientes a las comunidades indígenas cocama-cocamilla y urarinas. En su interior alberga muchas comunidades, ubicándose la mayoría al contorno del ANP. En la Zona de Amortiguamiento, se han registrado más 100 comunidades. Todas estas comunidades componen una población cerca de los 50 mil habitantes, cuyas actividades económicas están estrechamente vinculadas a la Reserva, aprovechando los recursos de manera sostenible para garantizar su subsistencia. Las actividades económicas en las poblaciones locales dentro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria están directamente ligadas al aprovechamiento sostenible del paiche (*Arapaima gigas*) y otros recursos naturales para desarrollar labores de: agricultura, pesca, artesanía y ecoturismo, comercio, crianza de animales menores y manejo de plantaciones agroforestales (Sernanp, 2024b).

2.1.7.4. Áreas de conservación regional

De acuerdo al Plan Director de la ANP (Sernanp, 2009), “las ACR se establecen principalmente para conservar la diversidad biológica de interés regional y local, y mantener la continuidad de los procesos ecológicos esenciales y la prestación de los servicios ambientales que de ellos deriven. Además, estos espacios pueden conservar valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, contribuyendo a fortalecer la identidad cultural del poblador en relación a su entorno, proteger zonas de agrobiodiversidad, promover actividades compatibles con los objetivos de conservación como la educación ambiental, la investigación aplicada y el turismo sostenible, entre otras”. La región San Martín cuenta con dos ACR que se detalla en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Áreas de Conservación Regional dentro de la región San Martín. Sernanp (2009).

Área de conservación regional	Creación	Superficie (ha)
Cordillera Escalera	22.12.2005	149 870,00
Bosques de Shunté y Mishollo	15.12.2018	191 405,53

En diciembre del 2005 se crea el Área de Conservación Regional Cordillera Escalera y es considerada la pionera de las áreas de conservación regional en el territorio nacional. Políticamente se encuentra en las provincias de Lamas y San Martín y entre sus ecosistemas se encuentran mayormente los bosques amazónicos de neblina, a partir del cual

se inician cinco cursos de agua que desembocan en los ríos Huallaga y Marañón. Estas cuencas hidrográficas abastecen de agua a poblaciones que se acercan a los 150 mil habitantes, principalmente para satisfacer necesidades humanas y es ahí donde encontramos a comunidades quechuas, lamas y chayahuitas, del mismo modo encontramos mestizos y colonos, que radican en diversos poblados y ciudades como Tarapoto y Lamas.

La importancia de esta área radica en que se encuentra colindante a dos áreas protegidas por el Estado peruano: el Bosque de Protección Alto Mayo y el Parque Nacional Cordillera Azul, lo que le convirtiéndose en un corredor natural para las especies con fines de conservación, considerando que San Martín es una de las regiones más intervenidas antrópicamente en la Amazonía peruana (GRSM, 2007).

Mientras que el Área de Conservación Regional Bosques de Shunte y Mishollo, fue establecido el 15 de diciembre de 2019 con Decreto Supremo N°016-2018-MINAM. Políticamente pertenece a los distritos Tocache, Uchiza, Shunté y Pólvora en la provincia Tocache; y los distritos Campanilla y Huicungo, provincia Mariscal Cáceres en la región San Martín; geográficamente se encuentra entre las cabeceras de cuenca de los ríos Tocache, Challhuayacu, Matallo y afluentes del río Mishollo. Cerca del 50% de su territorio ocupa la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Del Río Abiseo, y donde se conserva la diversidad biológica de los ecosistemas amazónicos como ceja de selva y los ecosistemas andinos como las jalcas, igualmente las múltiples funciones ecosistémicas que son revertidos a las poblaciones dentro y fuera de esta área protegida.

La importancia de esta área radica que dentro de su territorio se mantiene uno de los escasos bosques primarios que aún preserva la región San Martín, así como de suministrar el recurso hídrico para las poblaciones adyacentes y albergar una diversidad de flora y fauna silvestre. Por su ubicación estratégica forma parte de un corredor de conservación conformado por las concesiones de conservación, la Biósfera Gran Pajatén y el Parque Nacional Río Abiseo; asegurando los procesos ecológicos y se mantiene un gran paisaje andino amazónico que abarcan altitudes desde los 800 a 4 400 msnm (Goresm, 2020).

2.1.7.5. Áreas de conservación privada

Del mismo modo, el Plan Director de la ANP (Sernanp, 2009), “manifiesta que las ACP se establecen de modo voluntario a iniciativa de los propietarios, individuales o comunales, que desean destinar sus tierras a la conservación de la naturaleza. En tal sentido se entiende como posibles solicitantes a i) Comunidades nativas o campesinas debidamente tituladas, y ii) Propietarios privados naturales o jurídicos que cuenten con títulos

de propiedad del predio a reconocer”. En la región San Martín se han establecido ocho ACP con una superficie total de 556,15 ha (**Tabla 4**).

Tabla 4. Áreas de conservación privada dentro de la región San Martín. Sernanp (2009).

Área de conservación privada	Creación	Superficie (ha)
Tambo Ilusión	06.05.2010	14,29
Larga Vista I	21.01.2013	22,32
Larga Vista II	21.01.2013	22,50
Pucunucho	15.02.2013	23,50
Ronsoco Cocha	08.06.2015	363,68
Palmonte	23.06.2016	14,3
Las Naranjas	18.04.2018	30,00
Juninque	29.01.2022	65,56

2.1.7.6. Concesiones para conservación

Aunque no se encuentre dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sinanpe) es necesario mencionar a la Concesión para conservación Alto Huayabamba (CCAHA) que ha sido concedida a la organización Asociación Amazónicas por la Amazonía (AMPA) por un periodo de 40 años pudiendo ser renovables, ubicada en el distrito Huicungo provincia Mariscal Cáceres. Abarca una superficie 143 928,09 ha. Esta unidad se divide en dos grandes paisajes: la yunga que va de desde los 1 800 hasta los 3 500 msnm y la jalca que va desde 3 200 hasta los 4 600 msnm (Cruzado, 2010). La lista completa de las concesiones de conservación en la región San Martín se muestra en la Tabla 15.

2.2. Estado del arte

2.2.1. Internacional

En uno de los trabajos recientemente realizados a nivel global, se ha cartografiado la distribución espacial de los fragmentos de bosque en todo el mundo, así como sus cambios temporales ocurridos entre los años 2000 y 2020 utilizando información espacial de Global Land Cover and Land Use (GLCLU). Se ha encontrado que los paisajes forestales han experimentaron la fragmentación más severa en las últimas dos décadas. En contraste, la fragmentación de los bosques en la mayoría de las regiones templadas y subtropicales fragmentadas, principalmente en el norte de Eurasia y el sur de China, disminuyó entre 2000 y 2020. También se identificó ocho modos de fragmentación que indican diferentes estados de

recuperación o degradación. Nuestros hallazgos subrayan la necesidad de frenar la deforestación y aumentar la conectividad entre fragmentos de bosque, especialmente en áreas tropicales (Ma et al., 2023).

Del mismo modo, en una investigación realizada para conocer el destino final de los fragmentos del bosque tropical se ha vinculado una mayor probabilidad de pérdida de bosques tropicales con una disminución del tamaño de los fragmentos, particularmente en los bosques primarios. Los resultados sugieren que la relación se mantiene para las áreas protegidas, aunque con la mitad de tasa de pérdida en comparación con todos los fragmentos. El hecho de que la perturbación aumente a medida que disminuye el tamaño de los fragmentos de bosque primario refleja mayores presiones en el uso de la tierra y un mejor acceso para la extracción y/o conversión de recursos en fragmentos más pequeños. Grandes fragmentos de bosque remanentes se encuentran en las cuencas del Amazonas y del Congo y en el sudeste asiático insular, y la mayoría de los fragmentos de gran extensión y baja pérdida se encuentran en el Amazonas. Las áreas tropicales sin grandes fragmentos, incluidas América Central, África occidental y el sudeste asiático continental, tienen mayores pérdidas dentro y fuera de las áreas protegidas (Hansen et al., 2020).

Otro análisis a múltiples escalas utilizando estimaciones globales se llevó a cabo con los manglares, con la finalidad de mapear las relaciones entre la pérdida y la fragmentación del hábitat. Los resultados indican que la fragmentación de los manglares fue omnipresente; sin embargo, existen disparidades geográficas entre la pérdida y fragmentación de los manglares; algunas regiones, como Camboya y el sur del Caribe, sufrieron pérdidas relativamente pequeñas, pero sus bosques han quedado muy fragmentados. En el sudeste asiático, un punto crítico mundial de pérdida de manglares, la conversión de bosques a la acuicultura y las plantaciones de arroz fueron los mayores impulsores de la pérdida (>50%) y la fragmentación. Sorprendentemente, la conversión de bosques en plantaciones de palma aceitera, responsable de más del 15% de toda la deforestación en el Sudeste Asiático, estuvo sólo débilmente correlacionada con la fragmentación de los manglares. Por lo tanto, la gestión de diferentes factores de deforestación puede aumentar o disminuir la fragmentación. Los hallazgos en esta investigación sugieren que el monitoreo a gran escala de los bosques de manglares también debería considerar la fragmentación (Bryan-Brown et al., 2020).

Asimismo, se han analizado los cambios en la fragmentación de los bosques para todos los trópicos utilizando mapas de cubierta forestal de alta resolución y se encontró que el área del borde del bosque aumentó del 27 al 31% del área forestal total en sólo 10 años, con el mayor aumento en África. El número de fragmentos de bosque aumentó en 20

millones, con consecuencias para la conectividad de los paisajes tropicales. Las simulaciones sugieren que la deforestación en curso acelerará aún más la fragmentación de los bosques. Para el año 2100, el 50% del área de bosque tropical estará en el borde del bosque, lo que provocará emisiones de carbono adicionales de hasta 500 millones de toneladas anuales de carbono. Por lo tanto, los esfuerzos por limitar la fragmentación de los bosques tropicales del mundo son importantes para la mitigación del cambio climático (Fischer et al., 2021).

Culminando los trabajos a nivel global, se ha realizado el análisis de la fragmentación del bosque elaborando cartografía a profundidad de los bosques tropicales en los continentes de América, África, Asia-Australia. Se identificó aproximadamente 130 millones fragmentos de bosque en tres continentes que muestran sorprendentemente similar distribución de perímetro y tamaño, así como dimensiones fractales. Se han observado distribuciones en muchos fenómenos naturales como incendios forestales, deslizamientos de tierra y temblores. Los principios de la teoría de la percolación proporcionan una explicación para los patrones observados, sugieren que la fragmentación del bosque está cerca del punto crítico de filtración; el modelado de simulación también apoya esta hipótesis. Los patrones observados surgen no sólo de la deforestación aleatoria, que puede ser descrito por la teoría de la percolación, pero también de una amplia gama de deforestación y regímenes de recuperación forestal. Nuestros modelos predicen que la pérdida adicional de bosques resultará en un gran aumento en el número total de fragmentos de bosques. Las consecuencias podrían mitigarse en parte mediante la reforestación y la protección (Taubert et al., 2018).

Mientras en Sudamérica, Colombia es uno de los primeros países en la región en estimar la degradación forestal mediante un análisis de fragmentación. Desde hace algunos años el Gobierno Colombiano ha venido trabajando en la identificación y evaluación de metodologías para el monitoreo de la degradación de sus bosques, entendiéndose como degradación a la disminución del contenido de carbono en los bosques después de haber sufrido una perturbación. Dentro de estas metodologías establece el grado de fragmentación, las causas y los umbrales para definir el bosque natural. Finalmente, el estudio concluye que las emisiones totales procedentes de la degradación de bosques en Colombia fueron de 50,67 millones de MgCO₂e al año entre el periodo 2000 y 2015 (Ramírez-Delgado et al., 2018).

En otro estudio realizado en la región, se evaluó los cambios ocurridos desde la perspectiva espacio temporal de los ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en Ecuador. La evaluación que abarcó el periodo entre 1991 y 2017 utilizó imágenes satelitales Landsat y a partir de ello se calculó métricas de paisaje. Los resultados nos mostraron una pérdida de 9% de los ecosistemas boscosos nativos y se logró

estimar una tasa de deforestación de 0,57% al año siendo el responsable principalmente el incremento de los cultivos agrícolas. Los cambios en los patrones espaciales encontrados en el área de estudio manifestaron una severa fragmentación, lo que refleja la erosión de diversidad de ecosistemas en relación con la segmentación en los Andes tropicales (Rodríguez-Echeverry y Leiton, 2021).

Del mismo modo en Brasil, se realizó estudios dentro de un área natural protegida con la finalidad de determinar y priorizar fragmentos para la restauración del paisaje. Para ello se desarrolló un bosque índice de sostenibilidad (FSI) que representa el potencial del parche de bosque para facilitar el paisaje restauración en un espacio protegido y su entorno. Se usó como insumo principal un mapa de uso de la tierra y/o cobertura para calcular métricas de paisaje en dos niveles: paisaje y parche. Como resultado se encontró que el paisaje estudiado presenta un gran número de fragmentos siendo la mayoría de ellos de pequeño tamaño y formas irregulares. Las áreas de enfoque para la restauración forestal se ubican cerca de fragmentos de bosque con valores FSI más altos, debido que estos pueden facilitar la restauración natural y garantizar el mantenimiento de los procesos ecosistémicos (De Matos et al., 2021).

Para determinar las características y los efectos de la fragmentación de bosques en el estado de Mato Grosso en Brasil han utilizado imágenes Landsat en un entorno SIG, obteniendo como resultados que áreas que sufrieron expansión agrícola, los parches de bosque restantes adquirieron formas más complejas con bordes más largos y perdieron una gran cantidad de área central. Esto afecta negativamente a las especies que son altamente dispersivas o especializadas en el hábitat forestal central. En áreas que sufrieron deforestación impulsada por los productos de pan llevar, era más probable que los parches de bosque se volvieran menos agregados y cren áreas centrales separadas. Esto afecta negativamente a animales más pequeños y sedentarios que, por naturaleza, no viajan largas distancias (Slattery & Fenner 2021).

2.2.2. Nacional

En el Perú, se realizaron trabajos para calcular las tasas de deforestación, uno de los estudios más recientes se ejecutó utilizando información espacial de Global Forest Change, a partir de imágenes Landsat encontró que el Perú perdió 3,4 millones de hectáreas de bosque entre los años 2000 y 2020, principalmente en la región de Selva no inundada. Las tasas de deforestación a nivel nacional se aceleraron, mientras que dentro de las áreas protegidas las tasas mostraron un aumento muy pequeño. Las tasas de deforestación regionales siguieron el patrón nacional con una excepción: la región de la Costa. Los resultados evidencian el éxito de la estrategia nacional de conservación basada en el establecimiento de áreas naturales protegidas para evitar la deforestación en todas las regiones, excepto en la región Andina. Es

así, que el aumento de la tasa de deforestación está alineado con el crecimiento de la infraestructura vial; incrementos en las actividades antrópicas; y los eventos extremos naturales más frecuentes e intensos que varían según la región (Móstiga et al., 2024).

En otro trabajo similar, pero utilizando la base de datos de Geobosque que usa como insumo principal imágenes Landsat, se ha analizado la deforestación durante los años 2001 -2020. Encontrándose que las principales regiones donde se genera la mayor incidencia de deforestación es Loreto con 488 198 ha, le sigue la región Ucayali con 470 118 ha y finalmente San Martín con 467 696 ha. El año con una mayor pérdida de bosques durante el periodo de evaluación fue el año 2020 con 203 272 ha, con una pérdida forestal promedio anual de 134 346,94 ha, lo que representa un crecimiento de pérdidas del 21,35% anual. Teniendo en cuenta la pérdida media anual, se ha calculado que para el año 2030 serían 3 980 056 ha de bosques perdidos, esta es una situación muy crítica, que puede traer resultados similares a las del cambio climático (Samaniego et al., 2022).

En una investigación realizada en todo el Perú, se ha cuantificado la pérdida de cobertura boscosa en las Áreas naturales protegidas y sus áreas de amortiguamiento entre los años 2001 al 2019 usando para ello la plataforma de acceso gratuito Google Earth Engine, así como las zonas potenciales de riesgo de deforestación. El riesgo de deforestación fue identificado con un modelo de simulación basado en máxima entropía. Los resultados mostraron que las pérdidas de cubierta forestal dentro de las áreas naturales protegidas fueron de 114 463 ha y de 782 781 ha dentro de las zonas de amortiguamiento entre los años 2001 al 2019, y las zonas de riesgo muy frecuente de deforestación se encontraron distribuidas en las partes central y suroccidental de la Amazonía peruana, muy cerca de las zonas ribereñas de los ríos profundos. Se obtuvo una alta precisión de predicción (AUC 0,964) y la validamos aún más con imágenes PlanetScope que presentan resolución espacial muy buena (Sánchez et al., 2021).

En un trabajo más específico sobre áreas naturales protegidas, tuvo como finalidad examinar el cambio de la cobertura boscosa del Parque Nacional Tingo María y su zona de amortiguamiento empleando como bases técnicas de inteligencia artificial. Se usó como insumo cartográfico imágenes del satélite Sentinel-2 clasificándolas con el algoritmo de inteligencia artificial Random Forest. Como resultado, se calculó la tasa de cambio dentro del área natural, la cual se incrementó de -0,26 entre los años 2017 y 2019 a -1,24 para el periodo 2019 al 2021 como efecto de eventos naturales, mientras que la zona de amortiguamiento experimentó transiciones muy cambiantes, con tasas de -2,97 a -4,39 como consecuencia del incremento de la frontera agrícola. Asimismo, las métricas del paisaje calculadas sugieren que

los bosques del Parque Nacional Tingo María se encuentran moderadamente fraccionados y los de su zona de amortiguamiento se encuentran fuertemente fraccionados (Puerta y Iannacone, 2023).

En el extremo sur del país, se realizó trabajos usando principios de ecología del paisaje, procesando imágenes satelitales con software especializado. Además, se realizó trabajo de campo utilizando encuestas, para detallar la transición de la ecorregión puna en los años 1975, 2012 y 2050 con la finalidad de calcular indicadores de fragmentación. Los resultados sugieren que el 8,2% de la ecorregión de la Puna se convertirá en infraestructura para 2050, triplicando la cantidad de escombros, reduciendo severamente su área y forma y acrecienta la distancia entre ellos (bordes). Al nivel tipos, los pastizales de puna serán los más dispersos, seguidos de las zonas periglaciales, bosques y otros ecosistemas altoandinos, Impactos perjudiciales sobre la diversidad biológica que no se toman en cuenta en la legislación ambiental vigente (Navarro et al., 2021).

En otro estudio realizado en los Andes tropicales peruanos, se ha investigado de qué manera las condiciones de temperatura y precipitación y las características del terreno como altitud, pendiente, suelos, bosques y distancia a los cauces contribuyen o favorecen a la pérdida de bosques en esta parte del país. Se construyeron modelos randomizados de regresión forestal para todos los Andes tropicales peruanos, y se elaboró modelos apartados para algunos de los impulsores directos conocidos de la deforestación en la región (producción de coca, extracción minera y cambio de uso de la tierra por parte de comunidades indígenas y colonos). Al considerar la totalidad de los Andes tropicales peruanos, el tipo de suelo y la precipitación fueron identificados como los predictores más importantes de la deforestación, mientras que la distancia a los ríos se asoció con la deforestación por actividades mineras, y la altitud y la temperatura se asociaron con la deforestación en las regiones cocaleras. Se encontró que más del 80% de la zona boscosa considerada de alta probabilidad de intervención humana se sitúan externamente a las áreas protegidas actuales (Bax y Francesconi, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La región San Martín se localiza en la parte nor central del Perú con una superficie total de 5 134 455,69 ha. Cuenta con 10 provincias y en su territorio se han formado los valles del Alto y Bajo Mayo, así como del Bajo Huallaga y Huallaga Central. En esta región se puede distinguir fácilmente tres grandes paisajes: la cordillera oriental (27%), la cordillera subandina (64%) y la llanura amazónica (9%) (**Figura 2**).

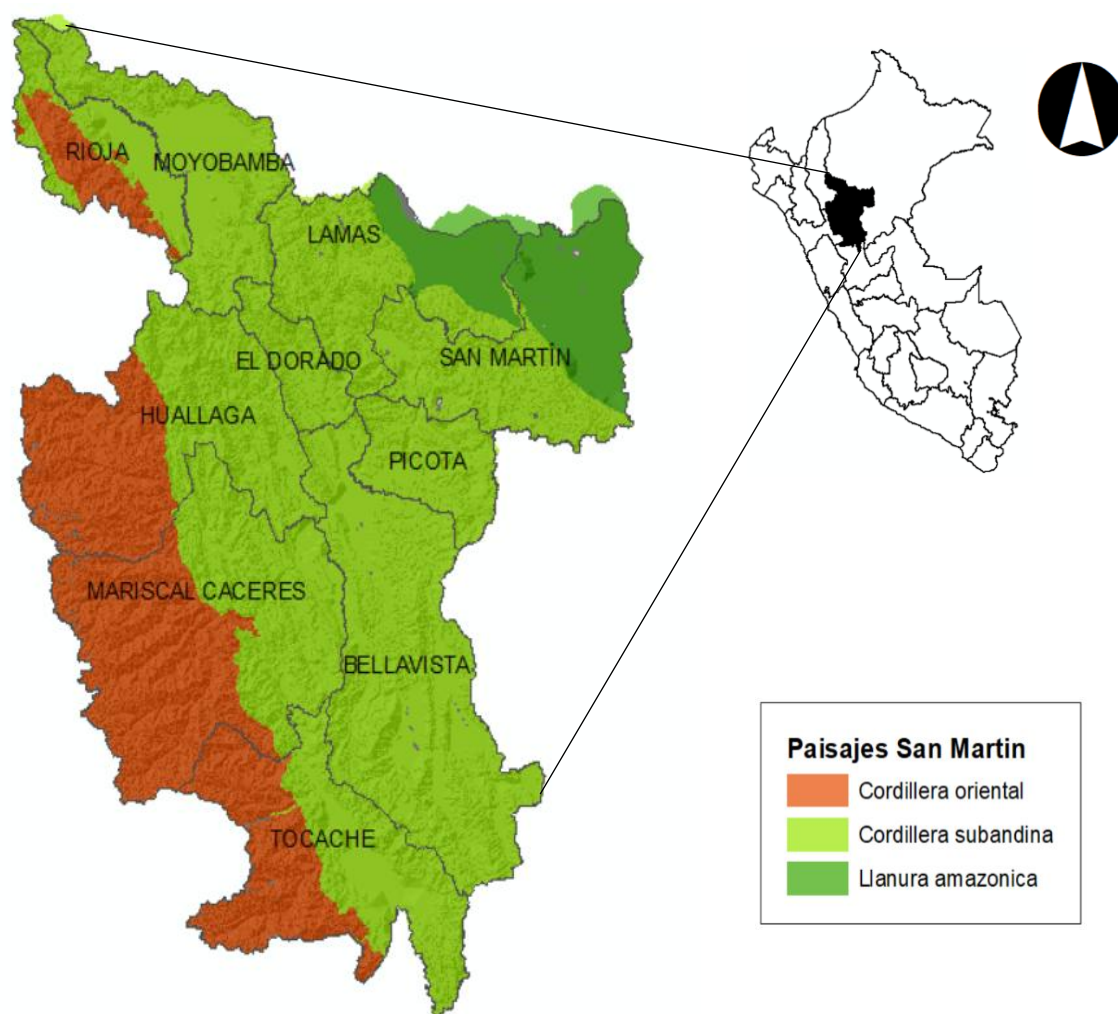


Figura 2. Ubicación política del área de estudio.

3.1.1. Altitud

De acuerdo a la Zonificación Ecológica Económica la región San Martín cuenta con diversos pisos altitudinales que van desde los 200 hasta los 4 500 msnm (GRSM, 2009).

3.1.2. Paisajes

Uno de los paisajes más imponentes con los que cuenta la región San Martín es la cordillera Oriental, constituida por cadenas de montañas que se elevan por encima de los 4 450 msnm. Se ubica en el borde occidental de la región. Seguidamente tenemos la cordillera subandina constituida por cadena de colinas y montañas que alcanzan los 1 800 msnm. Dentro de este paisaje se encuentran las planicies con relieves relativamente planos a ondulados. Ubicada en la parte central de la región y abarca zona como la cuenca media del río Huallaga. Finalmente, la llanura amazónica caracterizada por su relieve plano a ondulado, ubicada en la parte nor oriental de la región con altitudes de hasta 200 msnm (GRSM, 2009).

3.1.3. Clima

La zona de estudio se caracteriza debido a que presentan siete tipos de climas, siendo los más predominantes el clima tropical con lluvias durante todo el año, esto debido a la presencia de bosques y otros ecosistemas vegetales que se distribuyen ampliamente en todo el departamento (Senamhi, 2021).

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales

Los materiales cartográficos que se utilizaron para la obtención de los resultados se detallan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Insumos cartográficos y fuentes utilizadas.

Insumo cartográfico	Tipo	Fuente
Límite departamental	Vectorial	IGN Perú
Mapa Nacional de ecosistemas 2018	Vectorial	MINAM
Zonas de amortiguamiento de la ANP	Vectorial	SERNANP
Cobertura y/o uso de la Tierra 2021	Ráster	Esri
Cobertura y/o uso de la Tierra 2017	Ráster	Esri
Pérdida de bosques 2001 - 2017	Ráster	Geobosques MINAM
Pérdida de bosques 2001 - 2021	Ráster	Geobosques MINAM
Imágenes Planet 2021	Ráster	MIDAGRI

3.2.2. Software

Los programas o softwares que se utilizaron fueron: ArcGIS 10.8 y Qgis 3.22.

3.3. Generalidades de la investigación

3.3.1. Enfoque de investigación

El enfoque de la presente investigación fue cuantitativo, debido que implicó un proceso de colecta, manipulación y discusión de datos cuantitativos (Hernández-Sampieri et al., 2018).

3.3.2. Tipos de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque se propone posibles alternativas de solución a la deforestación y fragmentación de bosques de acuerdo a lo obtenido en la evaluación de las áreas adyacentes a las áreas naturales protegidas en la región San Martín (Hernández-Sampieri et al., 2018).

3.3.3. Nivel de investigación

Descriptivo, porque se cuantificó y analizó el grado de fragmentación en el ecosistema boscosa de la región San Martín, por lo que no existió manipulación de ninguna variable en el estudio. Además, se considera de tipo longitudinal considerando que se evaluó el mismo ecosistema en dos periodos: 2017 y 2021 (Hernández-Sampieri et al., 2018).

3.3.4. Variables de estudio

Tabla 6. Variables de estudio.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Fragmentación	Espacial	Cambio de cobertura	ha, %
	Temporal	Tasa de deforestación	ha/año, %/ha
	Grado de fragmentación	Métricas del paisaje	Varios

3.3.5. Población

Se evaluó la cobertura de las zonas de amortiguamiento de las ANP que se encuentran dentro de la región San Martín al 100%, es decir; el tamaño de la muestra es igual al tamaño de la población. Para el caso del ANP Cordillera Azul, sólo se analizó la parte de la ZA que se encuentra dentro de la región San Martín.

3.4. Metodología

3.4.1. Cuantificación de la cobertura y usos de la tierra en las ZA de las ANP de la región San Martín de los años 2017 y 2021 a partir de información geoespacial

a) Acceso y descarga de la información cartográfica

Para la elaboración del mapa de cobertura de las ZA de las ANP que se encuentran en la región San Martín se utilizó la información procedente de dos fuentes: la primera corresponde al mapa de cobertura y/o uso de la tierra de los años 2017 y 2021 proporcionada a nivel global por la empresa Esri (<https://www.arcgis.com>) (Karra et al., 2021) y la segunda corresponde a la información de pérdida de bosques desde 2001 al 2017 y del 2001 al 2021 procedente de la plataforma Geobosques (Minam, 2023).

b) Acondicionamiento de la información espacial

Debido que los datos espaciales se encuentran en formato ráster, se convirtió la información al formato vectorial (Shapefile), posteriormente se unirá ambas entidades y se calculará las áreas. Toda la información espacial estará acondicionada en la proyección UTM, zona 18 sur y Datum WGS 1984.

c) Validación con imágenes satelitales de resolución espacial alta

Para verificación la cobertura boscosa encontrada en los procedimientos anteriores, se realizó la validación utilizando las imágenes Planet que tienen una resolución espacial de 4 m x 4 m. Se realizará un muestreo sistemático en cuatro puntos más deforestados de la región (Hotspots), utilizando más de 49 puntos de validación por cada matriz de confusión que se ha calculado (Minam, 2014).

d) Exactitud temática de los mapas

En este procedimiento se elaboró una matriz de confusión o tabla de contingencia a partir de los datos obtenidos en la validación con las imágenes satelitales, calculando dos métricas: Índice de Kappa y la exactitud global. En esta tabla las filas celdas horizontales simbolizan las coberturas de referencia y las celdas verticales las coberturas del mapa clasificado. La diagonal de la matriz significa el número de lugares de verificación en los cuales existe coincidencia entre el mapa de coberturas y la imagen satelital, mientras los marginales indican errores de asignación (Minam, 2014) (**Tabla 7**).

Tabla 7. Matriz de confusión.

Cobertura y uso de la tierra	Imagen Planet						Total
	Bosque	Veg. Sec.	Cultivos	Jalca	Hidrografía	Poblaciones	
Bosque							
Veg. Sec.							
Cultivos							
Jalca							

Hidrografía
Poblaciones

3.4.2. Estimación del cambio en las coberturas durante los años 2017 y 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín

Para calcular los cambios temporales en las coberturas, se calculó las tasas de cambio entre las coberturas y usos de la tierra encontradas en el 2017 vs 2021, utilizando la siguiente fórmula (FAO, 1996):

$$TC = \left\{ \left[\frac{S2}{S1} \right]^{1/n} - 1 \right\} \times 100$$

Donde:

TC = tasa de cambio expresado en porcentaje

S1 = área en el momento inicial

S2 = área en el momento final

n = diferencia de años entre el momento inicial y final

3.4.3. Cálculo de las métricas de fragmentación de las ZA en las ANP en la región San Martín

Para poder analizar la fragmentación en el área de estudio se calculó métricas o índices que son ampliamente empleadas en la Ecología del Paisaje. Se han seleccionado seis métricas que son las más recomendable para examinar la fragmentación de clase o cobertura (Santos y Tellería, 2006). Las métricas se calcularon utilizando la herramienta Patch Analyst del software ArcGIS 10.8 (**Tabla 8**).

Tabla 8. Métricas de fragmentación utilizadas.

Métrica	Simbología	Descripción
Área de clase	CA	Es la superficie (ha) de cada clase.
Número de parches	NP	Cantidad de parches que posee una determinada clase, indica el grado de subdivisión de la clase.
Tamaño medio del parche	MPS	Es el área promedio de los parches en una determinada clase.
Borde total	TE	Es el perímetro total de los parches. $FCI = \ln (\Sigma A / \Sigma P)$
Índice de continuidad de Vogelmann	FCI	Donde: $\Sigma A =$ Área total de parches de bosque del paisaje, en metros cuadrados (m^2) y $\Sigma P =$ Perímetro total de parches de bosque del paisaje en metros (m).

Grado de fragmentación	F	$F = \text{Área de cobertura boscosa (ha)} / \text{Área total (ha)}$
------------------------	---	--

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cobertura boscosa y otros usos de las tierras en las ZA de las ANP de la región San Martín de los años 2017 y 2021 a partir de información geoespacial

Se muestra los resultados de la matriz de confusión a partir de la cual se obtuvo los valores del índice de Kappa y exactitud global para la cobertura del 2021; y de acuerdo a la clasificación propuesta por Landis y Koch (1997) son valores muy aceptables (**Tabla 9**).

Tabla 9. Matriz de confusión y métricas de exactitud temática calculadas para el 2021.

Cobertura y uso de la tierra	Imagen Planet						Total
	Bosque	Veg. Sec.	Cultivos	Jalca	Hidrografía	Poblaciones	
Bosque	40	9	0	0	0	0	49
Veg. Sec.	4	44	1	0	0	0	49
Cultivos	0	2	13	0	0	0	15
Jalca	0	0	0	15	0	0	15
Hidrografía	0	0	0	0	15	0	15
Poblaciones	0	0	0	0	0	15	15
Exactitud global = 89,8%			Índice de Kappa = 0,86				

Los mapas de cobertura y uso de la tierra con información proveniente de Esri alcanzan valores de exactitud temática bastante aceptable en comparación con otras bases de datos (Venter et al., 2022), el mismo autor menciona que el valor más alto de exactitud global fue del 75% cuando se evaluó a escala global, mientras que en evaluaciones a escala local alcanzó un valor de 78,97% (Chemchaoui et al., 2023).

En el presente trabajo tuvo una exactitud global de 89,8% considerando que la información de Esri fue combinada con información local procedente de la plataforma Geobosque que corresponde al Ministerio del Ambiente, esto se hizo con la finalidad de conseguir valores más cercanos a la realidad, considerando que los cartógrafos fusionan diferentes tipos de datos espacial para conseguir mayor fidelidad al momento de mapear la cobertura forestal (Puerta et al., 2023).

Respecto a la superficie estimada de la cobertura boscosa y otros usos de la tierra en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas de la región San Martín para el año 2017, se observa que los bosques cubren 1 235 167,86 ha lo que representa el área más

extensa en cada una de las cuatro zonas de amortiguamiento, siendo la ZA del PN Cordillera Azul la que presenta menor cantidad de bosque con tan solo 75,80% de su superficie que corresponde a la región San Martín, mientras que la ZA de la RN Pacaya Samiria se mantiene casi intacta con 99,74%. Seguidamente la cobertura más representativa en las zonas de amortiguamiento es la vegetación secundaria a excepción del PN Río Abiseo donde se observó la existencia del ecosistema altoandino jalca que se encuentra ubicada cerca de la cordillera oriental.

Asimismo, se muestra los otros usos como cultivos siendo el PN Cordillera Azul y BP Alto Mayo los que presentan mayor superficie de área cultivadas por zonas evidentemente agrícolas, mientras que la RN Pacaya Samiria no presenta zona de cultivos. Finalmente, la zonas con poblaciones asentadas, donde se observa a la ZA del BP Alto Mayo que viene liderando con 0,85% (**Tabla 10**).

Tabla 10. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra al 2017 en las ZA de las ANP en la región San Martín.

N°	Cobertura	PN Cordillera Azul		PN Río Abiseo		BP Alto Mayo		RN Pacaya Samiria	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	Bosque	703012,15	75,80	430702,92	91,42	66932,73	86,52	34520,06	99,74
2	Jalca	0,00	0,00	22452,05	4,77	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Veg. Sec.	181663,80	19,59	14494,48	3,08	7984,00	10,32	90,00	0,26
4	Cultivos	31040,40	3,35	98,00	0,02	1478,11	1,91	0,00	0,00
5	Hidrografía	7659,72	0,83	2801,85	0,59	308,72	0,40	0,00	0,00
6	Población	4131,97	0,45	599,88	0,13	657,40	0,85	0,00	0,00
Total		927508,04	100,0	471149,17	100,0	77360,96	100,0	34610,06	100,0

ha: hectárea (10 000 m²)

Para la segunda evaluación, la superficie estimada de la cobertura boscosa y otros usos de la tierra en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas de la región San Martín para el año 2021, se puede observar la disminución de la cobertura boscosa en el PNCAZ de 75,80% en el 2017 hasta los 71,93% en el año 2021; para el caso del PN Río Abiseo se observó que disminuyó el área desde los 91,42% hasta los 88,85% y en el caso del BP Alto Mayo se observa una disminución desde 86,52% hasta los 80,22%, mientras la zona de amortiguamiento de la RN Pacaya Samira mantuvo su cobertura boscosa. Asimismo, se puede observar que las áreas de hidrografía se han incrementado levemente en cada una de las zonas

de amortiguamiento, esto se puede deber que las fuentes de datos espaciales a las que se ha recurrido en la presente investigación, han ido mejorando sus insumos cartográficos para delimitar los lechos de ríos (**Tabla 11**).

Tabla 11. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra al 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín.

N°	Cobertura	PN Cordillera Azul		PN Río Abiseo		BP Alto Mayo		RN Pacaya Samiria	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	Bosque	667115,15	71,93	418624,49	88,85	62056,45	80,22	34515,16	99,73
2	Jalca	0,00	0,00	21613,85	4,59	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Veg. Sec.	207177,07	22,34	27075,91	5,75	11766,13	15,21	94,90	0,27
4	Cultivos	39768,19	4,29	148,54	0,03	2366,18	3,06	0,00	0,00
5	Hidrografía	8009,01	0,86	2901,63	0,62	316,31	0,41	0,00	0,00
6	Población	5438,42	0,59	784,74	0,17	855,88	1,11	0,00	0,00
Total		927507,84	100,00	471149,17	100,00	77360,96	100,00	34610,06	100,00

En la figura 3 se muestra la cobertura boscosa y otros usos de la tierra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul ubicada en la zona sureste de la región San Martín, en el cual la transición de bosque a vegetación secundaria en el año 2017 al 2021 es evidente; siendo visible la mayor concentración de superficie deforestada en los distritos: Tocache, Picota y San Rafael; este último está considerado por la plataforma Geobosque como uno de los lugares con mayor concentración de pérdida de bosques a nivel nacional.

Esta concentración de superficie fuertemente intervenida ocurre debido que la zona comprendida entre los distritos de San Rafael y Picota las tierras tienen un uso predominantemente agrícola, donde las grandes superficies con cultivo de arroz han reemplazado los bosques. Del mismo modo, pero en la parte sur de la región San Martín, en el distrito de Tocache las plantaciones de palma aceitera se han incrementado, fenómeno que viene ocurriendo desde la década pasada a nivel nacional considerando que la palma aceitera es uno de los cultivos que más ha contribuido con la deforestación en el Perú (Tafur-Anzualdo et al., 2022).

Si bien esta zona de amortiguamiento es la de mayor superficie en la región San Martín, también es la que presenta mayor superficie de áreas intervenidas, al encontrarse cerca del eje carretero lo ha vuelto vulnerable ante la ocupación e intervención humana. Las diferentes

investigaciones han señalado que uno de los motores directos de la deforestación en la selva peruana es la ejecución de proyectos de infraestructura vial (Dourojeanni, 2022; Tafur-Anzualdo et al., 2024) y la carretera Marginal hoy llamada Fernando Belaúnde Terry no es la excepción, que literalmente parte en dos a la región San Martín.

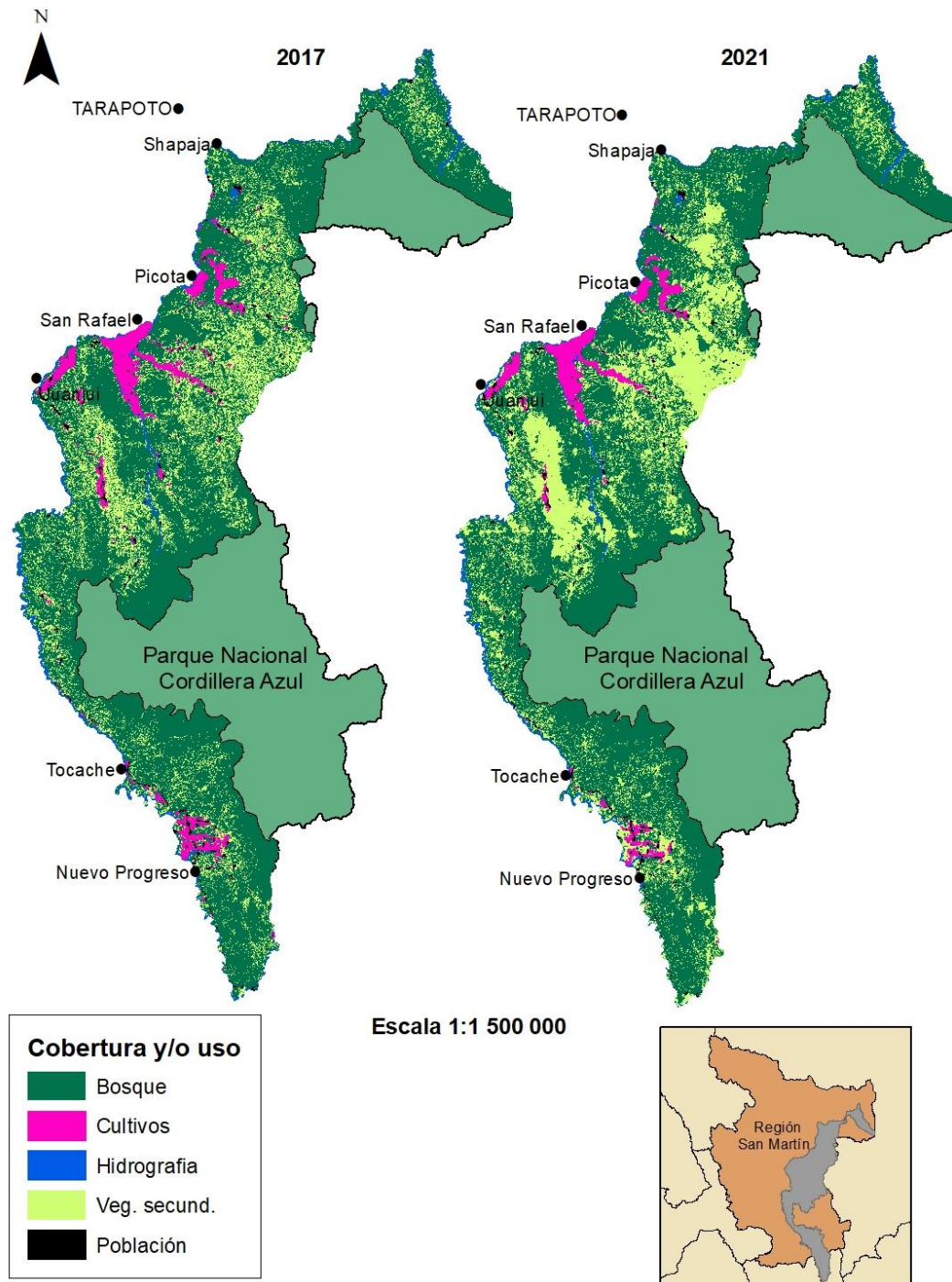


Figura 3. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul en la región San Martín.

En la **Figura 4** se muestra la Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo en la región San Martín de los años 2017 y 2021, se puede apreciar que es la única zona de amortiguamiento evaluada que cuenta con el ecosistema Jalca ubicada en la parte occidental de la región cerca de la cordillera Oriental; este ecosistema es propio de las zona altoandinas húmedas del Perú y se caracteriza por su vegetación tipo herbazal de hasta 1,5 m de altura entremezclados con arbustos (Minam, 2018).

Las zonas más intervenidas dentro de esta zona de amortiguamiento se encuentran cerca de las localidades de Pachiza, Huicungo y Campanilla por encontrarse próximo al eje carretero donde el cacao es el principal cultivo establecido como monocultivo o bajo sistema agroforestal en asociación con especies maderables. Sin embargo; las áreas próximas al parque han mantenido su cobertura boscosa como consecuencia de iniciativas privadas que han apostado por el establecimiento de concesiones de conservación en la parte norte de la ZA, entre las 42 concesiones destacan las de mayor extensión como: la Asociación de Amazónicos para la Amazonía (AMPA) con 143 928 ha, Asociación de Productores Agropecuarios Huicungo, Asociación de Protección de Bosques Comunales Dos de Mayo – Alto Huayabamba con 113 826 ha, Cooperativa Agraria Acopagro con 108 817 ha entre otros (**Tabla 15**).

Mientras en la parte sur de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo, el Gobierno Regional de San Martín ha realizado denodados esfuerzos para establecer el Área de Conservación Regional Bosques de Shunté y Mishollo, que se encuentran ubicada en las provincias Tocache y Mariscal Cáceres y su establecimiento tiene entre otros objetos el de conservar los últimos bosques primarios que aún se mantienen intactos en la región San Martín (Goresm, 2020).

Igualmente, en la parte suroriental de la ZA los bosques han sido poco intervenidos, esto se puede atribuir que en esta zona el Estado a través del Ministerio de Agricultura en décadas pasadas ha otorgado a empresas privadas por cuarenta años renovables bosques bajo la modalidad de concesiones forestales con fines maderables, que permite a terceros el aprovechamiento sostenible de especies maderables en tierras del Estado con superficies boscosa que van de los 5 000 hasta 40 000 ha, entre las principales empresas se puede mencionar a titulares como: Forestal Cayumba Sac, Robert Germán Gibson Frech, Consorcio Forestal Río Azul entre otros (**Tabla 16**).

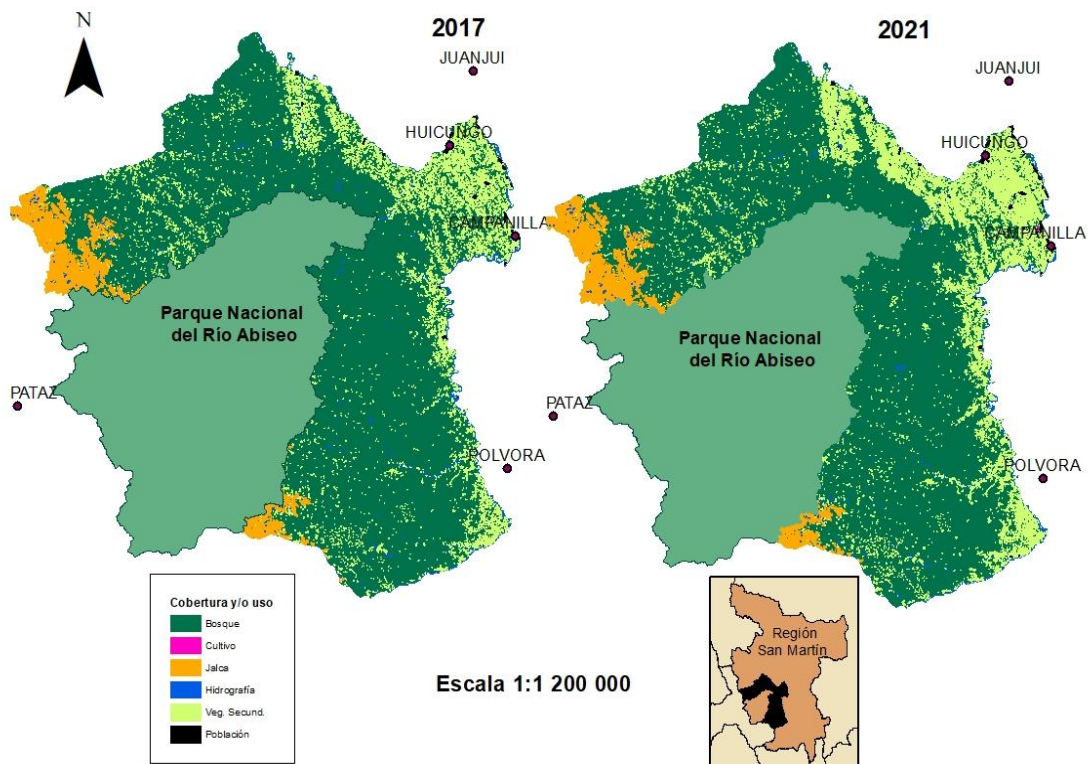


Figura 4. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo en la región San Martín.

En la **Figuras 5** se muestra la cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección Alto Mayo en la región San Martín calculadas para los años 2017 y 2021, al igual que la ZA del Parque Nacional Cordillera Azul, esta ZA se encuentra fuertemente intervenida, tal es así que el portal Geobosques considera el tramo de la carretera Fernando Belaude Terry entre Moyobamba y Naranjos una zona de alta concentración de pérdida de bosques. Desde el establecimiento de esta infraestructura vial, los bosques de esta zona han sido fragmentados, en consecuencia se produjeron asentamientos humanos, cacería ilegal y migración de fauna silvestre (Nuñez-Torres et al., 2023).

Las condiciones favorables como el relieve plano o poco ondulado han sido propicias para que en esta zona se concentre un numeroso grupo de empresarios agrícolas y puedan establecer de manera mecanizada grandes extensiones de arroz y maíz amarillo predominantemente. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú a nivel de la región San Martín, el arroz representa el principal cultivo, liderando con el 33% del total de la superficie agrícola, seguido del café y el cacao (Livia et al., 2021).

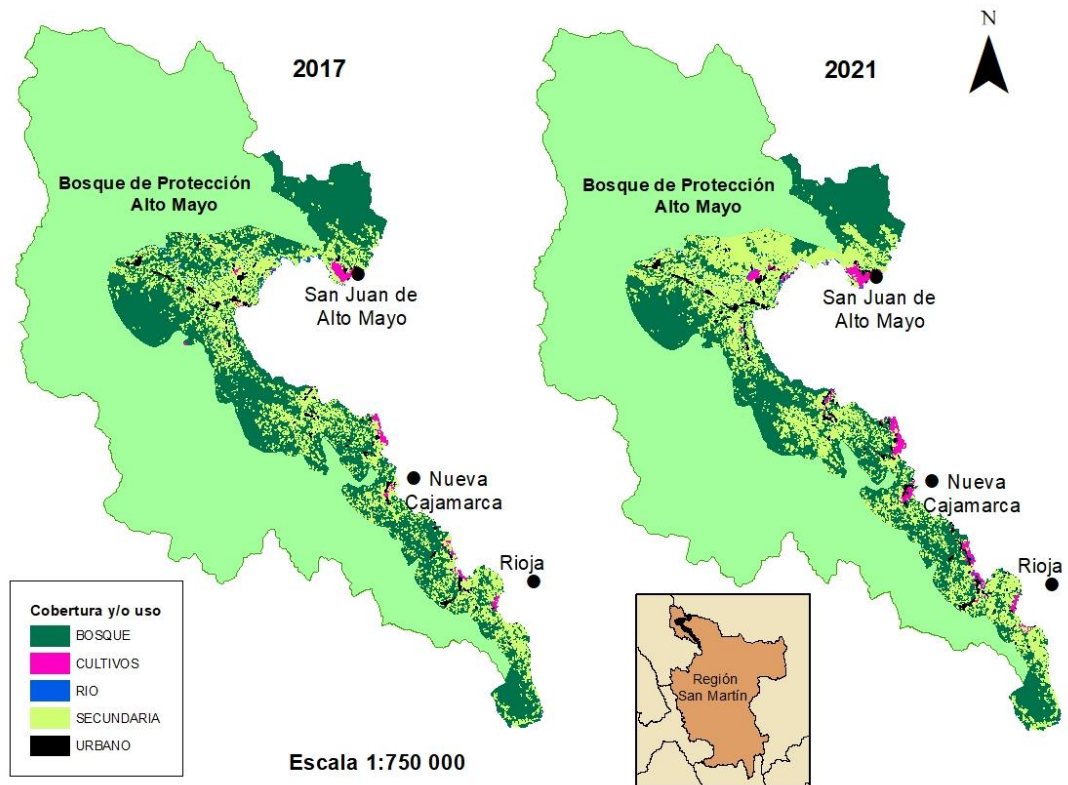


Figura 5. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección Alto Mayo en la región San Martín.

En la **Figura 6** se muestra la cobertura boscosa y la vegetación secundaria de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria perteneciente a la región San Martín evaluada para los años 2017 y 2021, como se puede apreciar la cobertura boscosa se ha mantenida casi intacta, esto debido que no existen vías de comunicación cercanas que permitan su accesibilidad, lo que hace que se encuentre distante de las poblaciones humanas.

Si bien la Reserva Nacional Pacaya Samiria se encuentra en la región Loreto, se ha podido establecer que la deforestación en esta área natural protegida ha disminuido considerablemente durante el periodo comprendido entre los años 2007 y 2018 en comparación a décadas pasadas y en comparación a otras áreas en el territorio nacional que presentan zonas pantanosas como los aguajales (Marcus et al., 2024). Esto pone de manifiesto que las grandes empresas agrícolas a demás del relieve plano prefieren zonas bien drenadas y sobre todo cerca a las vías de comunicación para establecer sus cultivos.

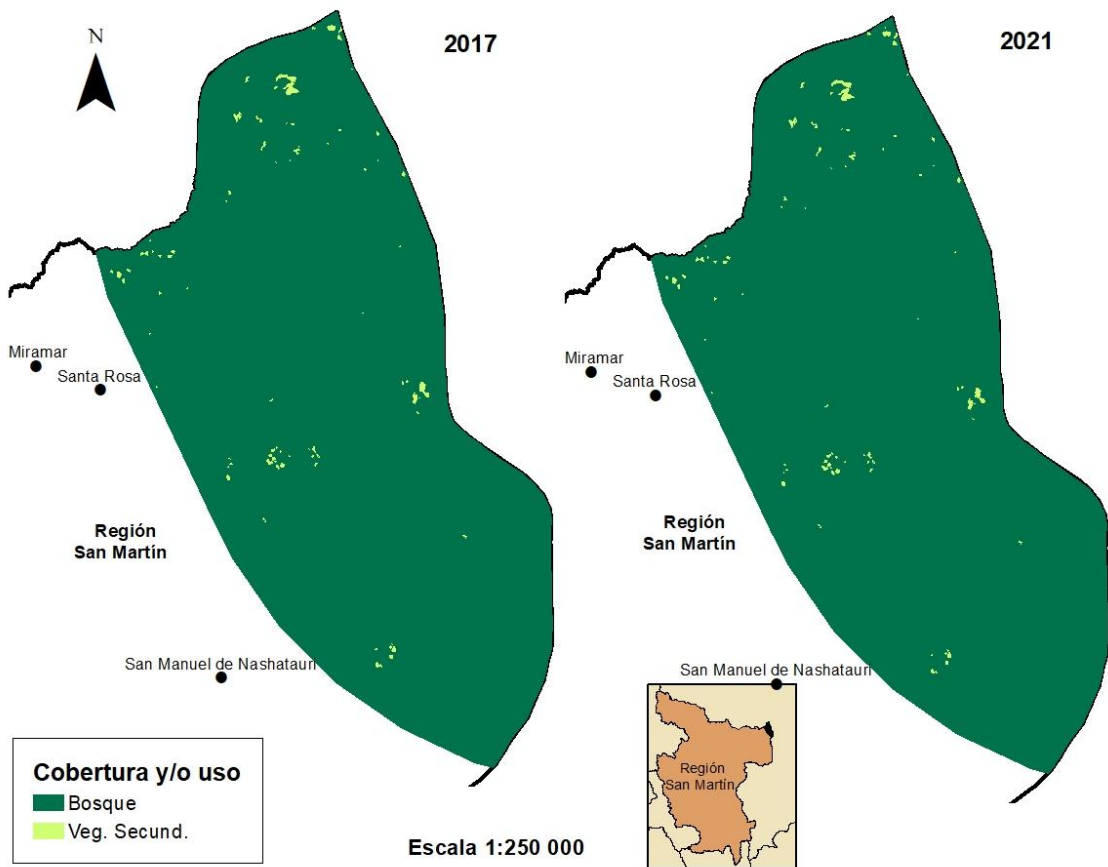


Figura 6. Cobertura boscosa y otros usos de la tierra de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria en la región San Martín.

4.2. Cambio en la cobertura boscosa durante los años 2017 y 2021 en las ZA de las ANP de la región San Martín

La dinámica de la cobertura boscosa a otro tipo de uso dentro de las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas dentro de la región San Martín, se puede apreciar que durante los años 2017 y 2021 fue bastante dinámico para el caso del Parque Nacional Cordillera Azul, con una tasa anual de cambio de -1,30%; es decir, que en los cuatro años de evaluación se han perdido cerca de 35 897 ha de bosques, mientras que para la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección Alto Mayo el cambio de la cobertura boscosa fue mayor con -1,87%.

Evidentemente, los valores estimados de las tasas de cambio en ambas zonas de amortiguamiento se aproximan a los valores encontrados por Bax y Francesconi (2018) quienes estimaron fuera de las áreas naturales protegidas cambios del -2%, mientras Puerta e Iannacone (2023) estimaron tasas de cambio de -2,97% en la zona de amortiguamiento del Parque

Nacional Tingo María, lo que sin duda confirma que las regiones San Martín, Huánuco y Junín son las afectadas por la deforestación (Bax y Francesconi, 2018).

Por el contrario, durante los años 2017 y 2021 los resultados demostraron que fue un periodo de poco cambiante para las zonas de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo y la Reserva Nacional Pacaya Samiria, con tasas de cambio de -0,7% y -0,003% respectivamente. Para el primer caso, se debe principalmente a diferentes iniciativas para la conservación de bosques como es el caso de establecimiento de concesiones de conservación en el Perú que han demostrado ser efectivas para reducir la deforestación y según algunos autores las tasas de deforestación dentro de estas áreas alcanzan solo hasta -1.53% (Giudice y Guariguata, 2023) (**Tabla 12**).

Tabla 12. Tasa anual de cambio de bosque a otros usos de la tierra.

N°	Zona de amortiguamiento	Cobertura boscosa (ha)		Tasa de cambio (%)
		2017	2021	
1	PN Cordillera Azul	703012,15	667115,15	-1,30
2	PN del Río Abiseo	430702,92	418624,49	-0,71
3	BP Alto Mayo	66932,73	62056,45	-1,87
4	RN Pacaya Samiria	34520,38	34515,16	-0,003

4.3. Métricas de fragmentación en las ZA de las ANP ubicadas en la región San Martín, Perú

Las métricas del paisaje calculadas a partir de las coberturas boscosas en las zonas de amortiguamiento ubicadas dentro de la región San Martín, en la que se puede apreciar que en la transición de los años 2017 y 2021 las zonas de estudios a excepción de la ZA de Pacaya Samiria han experimentado fragmentación. Las coberturas boscosas han sido divididas a fragmentos más pequeños conocidos como parches; si bien el número de parches durante el tiempo de evaluación se ha incrementado, pero respecto al tamaño han sido disminuidas; y esto es un patrón a nivel global, donde los fragmentos más pequeños del bosque tropical sufren mayor presión en el uso de la tierra y están destinados a convertirse en fragmentos más pequeños (Taubert et al., 2018; Hansen et al., 2020). El caso más asombroso es de la zona de amortiguamiento del PNCAZ donde el número de parches casi se ha quintuplicado, pasando de una superficie promedio de 102,16 ha por parche a 18,54 lo que definitivamente hace que los fragmentos de encuentren más insularizados o aislados, dificultando su conectividad espacial.

Respecto al borde de los bosques, se ha incrementado considerablemente para el año 2021 en todas las áreas a excepción de Pacaya Samiria, lo que es preocupante porque se estima que para el 2100 se habrá incrementado a 50% el borde de todo el bosque tropical (Fischer et al., 2021). El aumento del borde de los fragmentos del bosque pone en evidencia que más área del bosque se encuentra vulnerable a ser intervenido de alguna u otra forma.

Por otro lado, los valores del índice de continuidad de Vogelmann calculados para las tres primeras zonas de amortiguamiento se han reducido para el 2021, siendo la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul el que mayor cambio presentó; disminuyendo de un valor de 5,38 a 4,9; lo que hace deducir que los fragmentos de bosques se encuentran menos conectados espacialmente. La continuidad de los ecosistemas como los bosques se considera una pieza clave en la conservación, debido que garantiza en alguna forma la estabilidad y la recuperación del bosque frente a perturbaciones especialmente de tipo antrópico (Crooks y Sajayán, 2006).

Finalmente, considerando las cifras encontradas en el grado de fragmentación, las cuatro zonas de amortiguamiento evaluadas se encuentran dentro de la categoría de fragmentación moderada, sin embargo; la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul con un grado de fragmentación de 0,72 en el año 2021 se encuentra muy próxima a la categoría de altamente fragmentado. Estas cifras, ponen en clara evidencia que las zonas de amortiguamiento dentro del territorio nacional se encuentran muchas más vulnerables frente a la deforestación ocasionada por la agricultura en comparación con las áreas naturales protegidas (Rojas et al., 2021). Si bien el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado no tiene injerencia directa en las zona de amortiguamiento, se han establecido otras estrategias de conservación con organizaciones de régimen privado dentro de las áreas adyacentes a las áreas naturales protegidas como son las concesiones de conservación, concesiones forestales con fines maderables entre otros, lo que sin duda frena de alguna manera tal como se muestra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Río Abiseo, a diferencia de las zona de Parque Nacional Cordillera Azul y el Bosque de Protección Alto Mayo donde la agricultura ha arrasado indiscriminadamente con los bosques (**Tabla 13**).

Tabla 13. Métricas del paisaje calculadas para los años 2017 y 2021.

ZA	Métrica	2017	2021
Del PN Cordillera Azul	Superficie boscosa (ha)	703012,15	667115,15
	Número de parches	7618	35972
	Superficie promedio de parche (ha)	102,16	18,54
	Borde total (m)	32092012,50	49418403,07
	Índice de continuidad de Vogelmann	5,38	4,9
	Grado de fragmentación	0,76	0,72
Del PN del Río Abiseo	Superficie boscosa (ha)	430702,92	418624,49
	Número de parches	1653	5053
	Superficie promedio de parche (ha)	260,55	82,84
	Borde total (m)	7191599,27	9915146,13
	Índice de continuidad de Vogelmann	6,39	6,04
	Grado de fragmentación	0,92	0,89
Del BP Alto Mayo	Superficie boscosa (ha)	66932,73	62056,45
	Número de parches	803	1885
	Superficie promedio de parche (ha)	83,35	32,92
	Borde total (m)	3100564,26	4008013,07
	Índice de continuidad de Vogelmann	5,37	5,04
	Grado de fragmentación	0,87	0,81
De la RN Pacaya Samiria	Superficie boscosa (ha)	34520,06	34515,16
	Número de parches	1	1
	Superficie promedio de parche (ha)	34520,06	34515,16
	Borde total (m)	118337,43	110962,09
	Índice de continuidad de Vogelmann	7,97	8,04
	Grado de fragmentación	0,99	0,99

V. CONCLUSIONES

1. A partir de la información espacial proporcionada por Esri y Geobosques se ha conseguido cuantificar las coberturas y/o usos de la tierra en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas que se encuentran dentro de la región San Martín correspondiente a los años 2017 y 2021 logrando conseguir cartografía forestal con una exactitud global de 89,9%. Los resultados sugieren que la cobertura boscosa es de mayor superficie en las cuatro áreas de estudio, de las cuales todas superan el 70% de área boscosa en comparación con el área total evaluada.
2. Durante el lapso 2017 - 2021, el cambio de bosque a no bosque ha sido cambiante para las zonas de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul y el Bosque de Protección Alto Mayo, con tasas de cambio de -1,30 y -1,87 respectivamente. Mientras que los bosques de la ZA del Parque Nacional del Río Abiseo han sufrido cambios poco dinámicos con una tasa de -0,71 y en cuanto a los bosques de la Reserva Nacional Pacaya Samiria los cambios han sido mínimos con una tasa de -0,003, esto como consecuencia del reemplazo de bosques para convertir en tierras agrícolas.
3. Las métricas del paisaje calculadas para las coberturas boscosas en el 2017 sugieren que las cuatro zonas de amortiguamiento se encuentran moderadamente fragmentadas y a pesar del cambio dinámico de bosque a no bosque en algunas zonas, para el 2021 todas continúan siendo moderadamente fragmentadas. Si bien las actividades agrícolas se desarrollan en las zonas de amortiguamientos, se considera una amenaza en el futuro contra la seguridad de las áreas naturales protegidas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Continuar con el análisis sistemático y continuo de los patrones de fragmentación en la región San Martín en los próximos años utilizando imágenes de alta resolución espacial como insumo principal, tal es el caso de imágenes Planet que deberán ser clasificadas utilizando algoritmos de inteligencia artificial como Random Forest y Redes Neuronales artificiales.
2. Ampliar el análisis de fragmentación de los bosques dentro de las áreas naturales protegidas y otras áreas de conservación de la región San Martín como áreas de conservación regional, concesiones forestales con fines maderables y en las áreas de cesión en uso para sistemas agroforestales que fueron recientemente otorgadas.
3. Validar los mapas temáticos de cobertura y/o uso de las tierras provenientes de plataformas de iniciativa global utilizando fotografías aéreas tomadas desde vehículos RPAS a fin de garantizar la exactitud temática de la cartografía de bosques.
4. Considerar los resultados de la presente investigación para la toma de decisiones en aras de conservar la cobertura boscosa de las zonas de amortiguamiento a partir de iniciativas legislativas de la autoridad regional ambiental o de gobiernos locales.

VII. REFERENCIAS

- Bax, V., & Francesconi, W. (2018). Environmental predictors of forest change: An analysis of natural predisposition to deforestation in the tropical Andes region, Peru. *Applied geography*, 91, 99-110.
- Bryan-Brown, D. N., Connolly, R. M., Richards, D. R., Adame, F., Friess, D. A., & Brown, C. J. (2020). Global trends in mangrove forest fragmentation. *Scientific reports*, 10(1), 7117.
- Chemchaoui, A., Brhadda, N., Alaoui, HI y Rabea, Z. (2023). Evaluación de la precisión y la incertidumbre de los mapas de cobertura del suelo con resolución de 10 metros de 2020 a escala local. Caso: parque nacional de talassemtane, Marruecos.
- Congalton, R. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35-46.
- Cover changes in Indonesia's terrestrial national parks between 2012 and 2017. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3), 1235-1242.
- Crooks, K., Sajayán, M. (2006). *Connectivity conservation*. Cambridge University Press. New York.
- Cruzado, L. A. (2010). *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de los bosques altoandinos de la concesión para conservación alto Huayabamba-San Martín*.
- De Matos, T., De Matos, V., De Mello, K., & Valente, R. (2021). Protected areas and forest fragmentation: sustainability index for prioritizing fragments for landscape restoration. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 5(1), 19-31.
- Domic, A. I. (2011). Capítulo 7 Pérdida y Degradación de Ecosistemas: Deforestación, Fragmentación y Desertificación. *Biodiversidad y Conservación: Una Guía Informativa*, 102.
- Dourojeanni, M. (2022). «¿Es posible detener la deforestación en la Amazonia Peruana?». En A. Castro y M. I. Merino-Gómez (Eds.) *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana*. Lima: INTE-PUCP, pp. 247-285. <https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.013>.
- Dwiyahreni, A., Fuad, H., Sunaryo, Soesilo, T., Margules, C., & Supriatna, J. (2021). Forest ESRI -Environmental Systems Research Institute (2023). Información geoespacial ESRI Land Cover. <https://www.arcgis.com/apps/instant/media/index.html?appid=fc92d38533d440078f17678ebc20e8e2>.

- FAO - Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. <http://www.fao.org/3/w0015e/w0015e00.htm>.
- FAO - Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>.
- Fischer, R., Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Lehmann, S., Wiegand, T., & Huth, A. (2021). Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. *Science advances*, 7(37), eabg7012.
- Giudice R y Guariguata M. (2023). *Las iniciativas de conservación de bosques en el Perú: Un análisis retrospectivo de su efectividad y una mirada al futuro*. Documentos Ocasionales 240. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- GORESM - Gobierno Regional de San Martín (2020). *Plan Maestro Área De Conservación Regional Bosques De Shunte Y Mishollo 2020 – 2024*. <https://es.scribd.com/document/534014826/Plan-Maestro-Area-de-Conservacion-Regional-Bosques-de-Shunte-y-Mishollo-Para-Revision>.
- GRSM – Gobierno Regional San Martín (2009). *Las potencialidades y limitaciones del Departamento de San Martín: Propuesta de Zonificación Ecológica y Económica como base para el Ordenamiento Territorial*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
- GRSM – Gobierno Regional San Martín (2007). *Plan Maestro 2007 – 2011. Área de Conservación Regional Cordillera Escalera*. Tarapoto, 114 p.
- Hansen, M. C., Wang, L., Song, X. P., Tyukavina, A., Turubanova, S., Potapov, P. V., & Stehman, S. V. (2020). The fate of tropical forest fragments. *Science Advances*, 6(11), eaax8574.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana editores.
- IGN – Instituto Geográfico Nacional. (2023). *Geoportal del IGN*: <http://www.idep.gob.pe>.
- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M., & Brumby, S. P. (2021, July). Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning. In *2021 IEEE international geoscience and remote sensing symposium IGARSS* (pp. 4704-4707). IEEE.

- Landis, J., & Koch, G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159- 174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Ley N° 26834. Ley de Áreas Naturales Protegidas. Ministerio del Ambiente. 30 de junio de 1997. Perú. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26834.pdf>.
- Li, S., & Yang, B. (2015). Introducing a new method for assessing spatially explicit processes of landscape fragmentation. *Ecological Indicators*, 56, 116-124.
- Livia, L., Sánchez, R., Galiano Uscapi, A., Cajas Ardiles, J., Arévalo Chong, E., & Rosas Quispe, E. (2021). Atlas de la superficie agrícola del Perú. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima 60 p.
- Ma, J., Li, J., Wu, W., & Liu, J. (2023). Global forest fragmentation change from 2000 to 2020. *Nature communications*, 14(1), 3752.
- McGarigal, K., & Urban, D. (2001). Introduction to landscape ecology. *Landscape Ecology course notes, Duke University*.
- Martínez, A., Bollo, M. (2023). El paisaje. Una mirada a través del análisis espacial. Universidad Nacional Autónoma de México.
- MIDAGRI – Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2023). Herramientas tecnológicas satelitales del Midagri. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. https://siea.midagri.gob.pe/portal/gee/index.html?fbclid=IwAR0YqE_L0bLpHScPpO9DGNXWbFIVcCuzlW9EBCVgrn6p5DxB5fqSA50_Kxk.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2009). SERNANP: Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas (Estrategia Nacional). Lima, Perú. 232 p.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2009). SERNANP: Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas (Estrategia Nacional). Lima, Perú. 232 p.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2014). Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. Dirección General de Ordenamiento Territorial - Lima: *Ministerio del Ambiente*. Primera Edición. Lima, Perú. 13-32p. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2498-evaluacion-de-la-exactitud-tematica-del-mapa-de-deforestacion>.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2018). Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú. Lima, Perú. 110 p.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2024). Geobosques: Monitoreo de la pérdida de bosques amazónicos en el año 2022 dentro del territorio peruano. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>.

- Marcus, M. S., Hergoualc'h, K., Coronado, E. N. H., & Gutiérrez-Vélez, V. H. (2024). Spatial distribution of degradation and deforestation of palm swamp peatlands and associated carbon emissions in the Peruvian Amazon. *Journal of Environmental Management*, 351, 119665.
- Móstiga, M., Armenteras, D., Vayreda, J., & Retana, J. (2024). Two decades of accelerated deforestation in Peruvian forests: a national and regional analysis (2000–2020). *Regional Environmental Change*, 24(2), 42.
- Navarro, M., Pezo, M., Riveros, G., & Frisancho, S. (2021). Fragmentación Antropogénica de los ecosistemas de Puna en el extremo sur del Perú. *Estudios geográficos*, 82(290), e058-e058.
- Núñez-Torres, A., Arones-Huarcaya, A., & Yarasca-Aybar, C. (2023). Strategies for territorial tourism planning in natural protected areas (NPAs): Alto Mayo Protected Forest (BPAM), Peru. *City, Territory and Architecture*, 10(1), 15.
- Puerta, R. & Iannacone, J. (2023). Análisis de la cobertura forestal en el Parque Nacional Tingo María (Perú) mediante el algoritmo forestal aleatorio. *Scientia Agropecuaria*, 14 (3).
- Ramírez-Delgado J.P., Galindo G.A., Yepes A.P., Cabrera E. (2018). Estimación de la degradación de bosques de Colombia a través de un análisis de fragmentación. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, Programa ONU-REDD Colombia. Bogotá.
- Rodríguez-Echeverry, J., & Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92.
- Rojas, E., Zutta, B. R., Velazco, Y. K., Montoya-Zumaeta, J. G., & Salvà-Catarineu, M. (2021). Deforestation risk in the Peruvian Amazon basin. *Environmental Conservation*, 48(4), 310-319.
- Samaniego, A. C., Ponce, M. G. A., & Hinojosa, S. D. C. (2022, September). Analysis of the Deforestation Process of Amazon from During 2001 to 2020 in Peru. In *International Conference on Environment Science and Engineering* (pp. 94-102). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Sánchez, A. C., Bandopadhyay, S., Briceno, N. B. R., Banerjee, P., Guzmán, C. T., & Oliva, M. (2021). Peruvian Amazon disappearing: Transformation of protected areas during the last two decades (2001–2019) and potential future deforestation modelling using cloud computing and MaxEnt approach. *Journal for Nature Conservation*, 64, 126081.

- Santos, T. y Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Ecosistemas*, 15(2), 3-12. Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>
- Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they?. *Ecological indicators*, 76, 144-158
- SEMAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2021). Climas del Perú. Mapa de clasificación climática nacional.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2009). Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas (Estrategia Nacional). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-director-las-areas-naturales-protegidas-estrategia-nacional>.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2024a). Lista Oficial de las Áreas Naturales Protegidas en el Perú actualizado al 26.04.2024. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/2560580-listado-oficial-de-las-areas-naturales-protegidas>.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2024b). Plan Maestro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria 2024 – 2028. Lima – Perú, 114 p.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2023a). Plan Maestro Parque Nacional Del Río Abiseo 2023 – 2027. Lima – Perú, 109 p.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2023b). Plan Maestro Bosque de Protección Alto Mayo periodo 2023 – 2027. Lima – Perú, 138 p.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2017). Plan Maestro Parque Nacional Cordillera Azul 2017 – 2021. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Lima – Perú, 68 p.
- Slattery, Z., & Fenner, R. (2021). Spatial analysis of the drivers, characteristics, and effects of forest fragmentation. *Sustainability*, 13(6), 3246.
- Tafur-Anzualdo, V., Chavez, F. A., Vega-Guevara, M., Esenarro, D., & Cairo, J. V. (2024). Causes and Effects of Climate Change 2001 to 2021, Peru. *Sustainability*, 16(7), 1-22.
- Tafur-Anzualdo, V., Esenarro, D., & Medina, C. (2022). Reflections on the deforestation of the peruvian amazonian forest for agricultural land use, period 2001-2018. *J. Mech. Eng.*, 7(2), 1345-1355.
- Taubert, F., Fischer, R., Groeneveld, J., Lehmann, S., Müller, M. S., Rödiger, E., Wiegand, T., & Huth, A. (2018). Global patterns of tropical forest fragmentation. *Nature*, 554(7693), 519-522.

Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 71-84.

Venter, Z., Barton, D., Chakraborty, T., Simensen, T., & Singh, G. (2022). Global 10 m Land Use Land Cover Datasets: A Comparison of Dynamic World, World Cover and Esri Land Cover. *Remote Sensing*, 14(16), 4101.

ANEXOS

Anexo A.

Tabla 14. Puntos de validación de la cobertura encontradas al 2021.

N°	Cobertura en el mapa	Cobertura en la imagen	Verificación	Este (m)	Norte (m)
1	Bosque	Bosque	Verdadero	364070	9042255
2	Bosque	Bosque	Verdadero	336200	9094958
3	Bosque	Bosque	Verdadero	319088	9130176
4	Bosque	Bosque	Verdadero	292013	9102712
5	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	250213	9328480
6	Bosque	Bosque	Verdadero	282176	9108789
7	Bosque	Bosque	Verdadero	348111	9229928
8	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	301398	9141882
9	Bosque	Bosque	Verdadero	358949	9083633
10	Bosque	Bosque	Verdadero	324784	9109451
11	Bosque	Bosque	Verdadero	391540	9270331
12	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	382459	9227651
13	Bosque	Bosque	Verdadero	299123	9172945
14	Bosque	Bosque	Verdadero	336256	9145184
15	Bosque	Bosque	Verdadero	213670	9374391
16	Bosque	Bosque	Verdadero	322794	9199630
17	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	305853	9192742
18	Bosque	Bosque	Verdadero	368914	9065758
19	Bosque	Bosque	Verdadero	315012	9124069
20	Bosque	Bosque	Verdadero	280272	9126181
21	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	255923	9311956
22	Bosque	Bosque	Verdadero	433131	9325930
23	Bosque	Bosque	Verdadero	367854	9217980
24	Bosque	Bosque	Verdadero	361600	9162841
25	Bosque	Bosque	Verdadero	238845	9339457
26	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	214080	9367312
27	Bosque	Bosque	Verdadero	304663	9113398
28	Bosque	Bosque	Verdadero	352873	9164427
29	Bosque	Bosque	Verdadero	259284	9183243

N°	Cobertura en el mapa	Cobertura en la imagen	Verificación	Este (m)	Norte (m)
30	Bosque	Bosque	Verdadero	435390	9317441
31	Bosque	Bosque	Verdadero	332871	9176318
32	Bosque	Bosque	Verdadero	322481	9156607
33	Bosque	Bosque	Verdadero	260182	9191859
34	Bosque	Bosque	Verdadero	357231	9233197
35	Bosque	Bosque	Verdadero	438651	9313704
36	Bosque	Bosque	Verdadero	344449	9138471
37	Bosque	Bosque	Verdadero	338731	9201838
38	Bosque	Bosque	Verdadero	293016	9132384
39	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	305194	9186490
40	Bosque	Bosque	Verdadero	312718	9146025
41	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	262470	9208624
42	Bosque	Bosque	Verdadero	356234	9199314
43	Bosque	Bosque	Verdadero	280530	9141992
44	Bosque	Bosque	Verdadero	363525	9176900
45	Bosque	Bosque	Verdadero	386663	9262761
46	Bosque	Bosque	Verdadero	369630	9038549
47	Bosque	Bosque	Verdadero	422470	9264463
48	Bosque	Veg. Secundaria	Falso	362818	9249330
49	Bosque	Bosque	Verdadero	290499	9165494
50	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	373568	9219340
51	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	364138	9076223
52	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	331084	9205954
53	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	357758	9065488
54	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	374532	9215516
55	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	313959	9117282
56	Veg. Secundaria	Bosque	Falso	366073	9166747
57	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	361464	9244446
58	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	351153	9212140
59	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	345895	9162585
60	Veg. Secundaria	Cultivos	Falso	382223	9242428
61	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	376969	9044360

N°	Cobertura en el mapa	Cobertura en la imagen	Verificación	Este (m)	Norte (m)
62	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	370221	9231397
63	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	322937	9212342
64	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	429064	9265163
65	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	370871	9247969
66	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	418521	9279928
67	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	431033	9325969
68	Veg. Secundaria	Bosque	Falso	326211	9188223
69	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	367600	9189031
70	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	366365	9210391
71	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	348707	9092705
72	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	335294	9098402
73	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	434068	9316770
74	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	233302	9185747
75	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	296087	9164942
76	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	246255	9170348
77	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	307675	9124808
78	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	276243	9125848
79	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	282153	9156480
80	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	277081	9194587
81	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	270154	9202481
82	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	248626	9195631
83	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	290310	9184723
84	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	312322	9119825
85	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	255460	9196649
86	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	305310	9137889
87	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	234357	9183817
88	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	281924	9103312
89	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	218101	9367761
90	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	218849	9370588
91	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	228945	9372448
92	Veg. Secundaria	Bosque	Falso	214843	9368559
93	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	247072	9328989

N°	Cobertura en el mapa	Cobertura en la imagen	Verificación	Este (m)	Norte (m)
94	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	214000	9371566
95	Veg. Secundaria	Bosque	Falso	227068	9354630
96	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	241511	9337421
97	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	222891	9371683
98	Veg. Secundaria	Veg. Secundaria	Verdadero	308863	9186974
99	Cultivos	Cultivos	Verdadero	315415	9125069
100	Cultivos	Cultivos	Verdadero	355111	9227070
101	Cultivos	Cultivos	Verdadero	352985	9078385
102	Cultivos	Veg. Secundaria	Falso	358709	9072104
103	Cultivos	Cultivos	Verdadero	344516	9178731
104	Cultivos	Cultivos	Verdadero	326523	9174096
105	Cultivos	Cultivos	Verdadero	248887	9334703
106	Cultivos	Cultivos	Verdadero	254893	9326324
107	Cultivos	Cultivos	Verdadero	334633	9096068
108	Cultivos	Cultivos	Verdadero	225425	9369527
109	Cultivos	Cultivos	Verdadero	338864	9212382
110	Cultivos	Veg. Secundaria	Falso	337599	9200547
111	Cultivos	Cultivos	Verdadero	241383	9341725
112	Cultivos	Cultivos	Verdadero	321109	9200599
113	Cultivos	Cultivos	Verdadero	239519	9350591
114	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	355064	9249495
115	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	425604	9267231
116	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	344552	9159489
117	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	339072	9087251
118	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	216081	9368409
119	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	245974	9170568
120	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	311139	9123604
121	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	250000	9189449
122	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	242014	9168154
123	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	302214	9151911
124	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	269316	9191599
125	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	291419	9176615

N°	Cobertura en el mapa	Cobertura en la imagen	Verificación	Este (m)	Norte (m)
126	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	296346	9182548
127	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	337659	9195468
128	Hidrografía	Hidrografía	Verdadero	309908	9195302
129	Población	Población	Verdadero	358060	9212565
130	Población	Población	Verdadero	317863	9211642
131	Población	Población	Verdadero	383867	9214787
132	Población	Población	Verdadero	220928	9370577
133	Población	Población	Verdadero	360646	9249612
134	Población	Población	Verdadero	220305	9360557
135	Población	Población	Verdadero	334960	9094438
136	Población	Población	Verdadero	335558	9149575
137	Población	Población	Verdadero	250260	9329832
138	Población	Población	Verdadero	237160	9370192
139	Población	Población	Verdadero	415435	9290580
140	Población	Población	Verdadero	312656	9166738
141	Población	Población	Verdadero	272189	9205410
142	Población	Población	Verdadero	326983	9190214
143	Población	Población	Verdadero	334984	9208024
144	Jalca	Jalca	Verdadero	266356	9112601
145	Jalca	Jalca	Verdadero	273385	9111470
146	Jalca	Jalca	Verdadero	270660	9111762
147	Jalca	Jalca	Verdadero	219293	9181184
148	Jalca	Jalca	Verdadero	222717	9180538
149	Jalca	Jalca	Verdadero	231999	9168922
150	Jalca	Jalca	Verdadero	231142	9170636
151	Jalca	Jalca	Verdadero	228549	9171451
152	Jalca	Jalca	Verdadero	233386	9175007
153	Jalca	Jalca	Verdadero	234783	9172880
154	Jalca	Jalca	Verdadero	232338	9173325
155	Jalca	Jalca	Verdadero	224823	9177366
156	Jalca	Jalca	Verdadero	227203	9171247
157	Jalca	Jalca	Verdadero	239428	9161850
158	Jalca	Jalca	Verdadero	273487	9119098

Tabla 15. Concesiones de conservación en la región San Martín.

Titular	Superf. (ha)	Provincia
Asociación Amazónicas por la Amazonia - AMPA	143928	Mariscal Cáceres
El Breo - Asociación de Protección de Bosques Comunales Dos de Mayo, Alto Huayabamba (APROBOC)	113826	Mariscal Cáceres
Cooperativa Agraria Acopagro Ltda	108817	Mariscal Cáceres
Asociación de Productores Agropecuarios de Huicungo-APAUI	82622	Mariscal Cáceres
Asociación de Agricultores para la Conservación del Gran Simacache	41795	Mariscal Cáceres
Asociación de Protección Ambiental del Bosque El Quinillal - APABOQUI - El Quinillal	10726	Bellavista
Federación de Pueblos Indígenas Kechwas de la Region San Martín - Fepikresam - Bosque de Angaiza	8173	Moyobamba
Ronda Campesina del Caserío Gran Pajaten	7941	Mariscal Cáceres
Asociación Agricultores Monte del Sinaí - Bosques del Sinaí	7680	Tocache
Asociación de Agricultores Agropecuarios La Primavera	7174	Mariscal Cáceres
Asociación de Productores Agropecuarios Forestal de Conservación Solopach	7060	Mariscal Cáceres
Asociación El Paraiso de Yurilamas	6966	Lamas
Asociación Agro Bio Forestal El Provenir / Pelejo-ABIOFORP	6889	San Martín
Asociación de Conservación y Protección Ecológica Valle del Biavo	6799	Bellavista
Asociación Comunidad Conservando Los Bosques de Mana Hermoso Sub Cuenca Río Challuayacu Río	5520	Tocache
Asociación de Conservación de Los Bosques del Yanayacu y Yarau	4989	Moyobamba
Agroindustrial A.B.I.S.A.C.	4895	Picota
Asociación Agro Bio-Forestal Yakukawsanapa	4812	San Martín
Asociación de Área de Protección y Conservación Las Tres Quebradas	4176	Mariscal Cáceres
Asoc. de Productores de Ranas Venenosas Progreso	3861	San Martín
Asociación Campesina de Caficultores Alianza Ambiental	3285	El dorado
Asociación Territorio Ancestral Kichwa Nuevo Barranquita - Ishichiwi	3220	Huallaga
Asociación de Conservación Aguajales y Renacales del Alto Mayo - ADECARA	2867	Moyobamba

Titular	Superf. (ha)	Provincia
Asociación Ecológica Sacha Runa - Sauce	2537	San Martín
Asociación de Conservación y Manejo de Bosques Esperanza Verde	2507	Picota
Asociación Agricultores El Mirador del Huallaga-Bosques Mirador del Huallaga	2445	Tocache
Asociación de Productores Agropecuarios Miguel Grau J&E - APAMIGRA	2393	Rioja
Asociación Bosques del Futuro Ojos de Agua-ABOFOA	2357	Picota
Federación Kichwa Huallaga - Ampinakuna Sacha	2356	Picota
Asociación de Productores Apícolas del Valle del Biavo	1956	Bellavista
Asociación de Conservación y Desarrollo Pumasapa - Nueva Esperanza (ACODEPUNE)	1668	Mariscal Cáceres
Asociación de Desarrollo Sostenible y Conservación Ricardo Palma	1591	Mariscal Cáceres
Asociación Agraria de Cafetaleros y Protección Medio Ambiente El Tunki - Reserva El Tunki	1456	Tocache
Asociación de Agricultores para la Conservación de la Microcuenca Pacota - Acompa-Bosques de Pacota	1324	Tocache
Asociación de Conservación Del Aguajal y Renacal - Rio Romero (ACARR)	1235	Rioja
James Arsenio Carranza Rivera - Pucawicsa	817	Rioja
Asociación de Conservación y Protección Ecológica Oxígeno Puro	773	Picota
Asociación Montaraces y Técnicos Unidos Por La Biodiversidad de la Amazonia - Montubia	758	San Martín
Asociación de Conservación Ecológica Comunal los Bosques de Pailayco	705	Picota
Asociación de Conservación de Bosques del Medio Ambiente El Sangapillal	444	Picota
Rondas Campesinas de Marona - Bosques de Marona	427	Moyobamba
Asociación Agroforestal Ecoturismo y Protectora de Bosques El Rebalse de Tununtunumba Eco Bosques	144	San Martín

Tabla 16. Concesiones forestales con fines maderables en la región San Martín.

Titular	Superf. (ha)	Provincia
Compañía Peruana Forestal S.A.	47 614	Huallaga
Biavo S.A.C.	39 997	Bellavista
Aserradero Victoria S.A.C	30 647	Mariscal Cáceres
Agrupacion Maderera Alto Biavo SAC	29 690	Bellavista
Aserradero Victoria S.R.L.	23 200	Bellavista
Empresa Maderera Rivas Hnos S.R.L (EMARI SRL)	21 238	Huallaga
Eisen Paredes Grandez	21 171	Bellavista
Timberland SAC - C	19 476	San Martín
Carlos Augusto Poppe Hague	18 397	Mariscal Cáceres
Consorcio Forestal Rio Azul - C	18 300	Bellavista
Roberto German Gibson Frech	18 254	Mariscal Cáceres
Aserradero Tarapoto S.A.C	18 191	Mariscal Cáceres
Industria Forestal Ruffner SRL (INFOR SRL)	17 507	Tocache
Consorcio Forestal Río Azul - B	16 765	Bellavista
Timberland SAC - A	16 283	San Martín
Industrial Picota SAC	15 312	Bellavista
Forestal Alto Saposoa SAC	14 762	Huallaga
Consorcio Forestal Rio Azul - A	13 797	Picota
Percy Rafael Gibson Frech	13 581	Tocache
Extractora Huallaga EIRL	13 427	Tocache
Maderas Cerro Azul SAC	13 094	Tocache
Gervi Romel Ruffner Heidinger	12 070	Tocache
Samuel Amilcar Quispe Ruffner	11 275	Tocache
General Products CO SA - A	10 982	Mariscal Cáceres
Forestal Cayumba SAC (FORCAY SAC)	10 845	Mariscal Cáceres
Empresa Maderera Rivas Hnos SRL (EMARI)	10 435	Mariscal Cáceres
Empresa Maderera Rivas Hnos SRL (EMARI)	8 971	Huallaga
Aserradero Tarapoto S.A.C	8 841	Mariscal Cáceres
Agrupación Maderera El Progreso SAC	7 169	Mariscal Cáceres
Industria Forestal Tocache S.A.C	6 966	Mariscal Cáceres
Triplay Iquitos SAC - A	5 902	Bellavista
Fidel Alegría Gonzales	5 558	Tocache
General Products CO SA - B	5 282	Mariscal Cáceres
Javier Delgado Diaz	5 217	Huallaga
Triplay Iquitos SAC - B	5 102	San Martín
Maderas Tocache SAC	5 087	Tocache
Jhon Jhetlin EIRL	5 013	Mariscal Cáceres
Lope Mercedes Carrión Camacho	5 006	Mariscal Cáceres
Timberland SAC - B	4 944	San Martín
Timberland SAC - B	4 944	San Martín
Industrial Maderera Amazónica S.C.R.L.	4 146	Mariscal Cáceres
Ernulfo Gilberto Ruffner Heidinger	1 986	Tocache

Anexo B. Panel Fotográfico

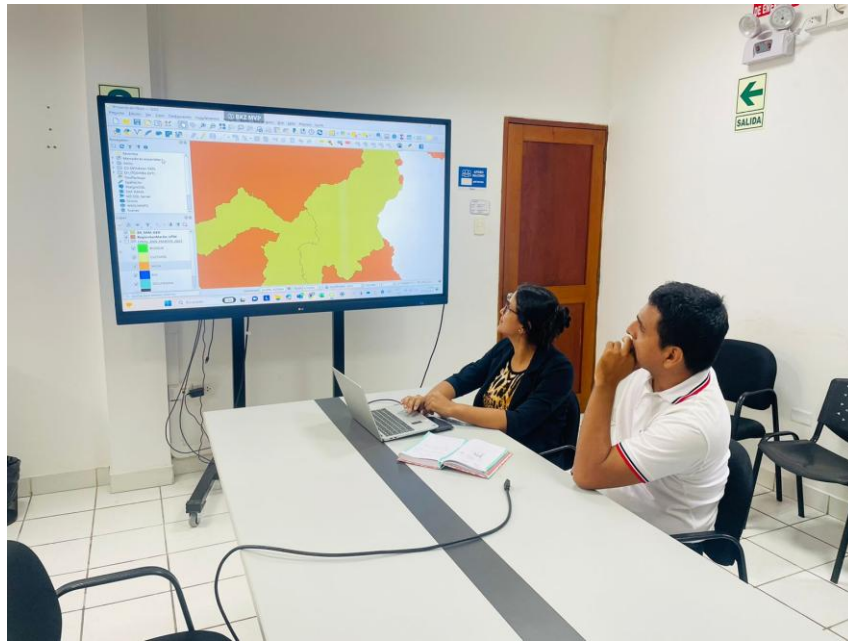


Figura 7. Revisión del proceso de obtención de las coberturas boscosas en las zonas de amortiguamiento.



Figura 8. Vegetación secundaria en la ZA del Bosque de Protección Alto Mayo.

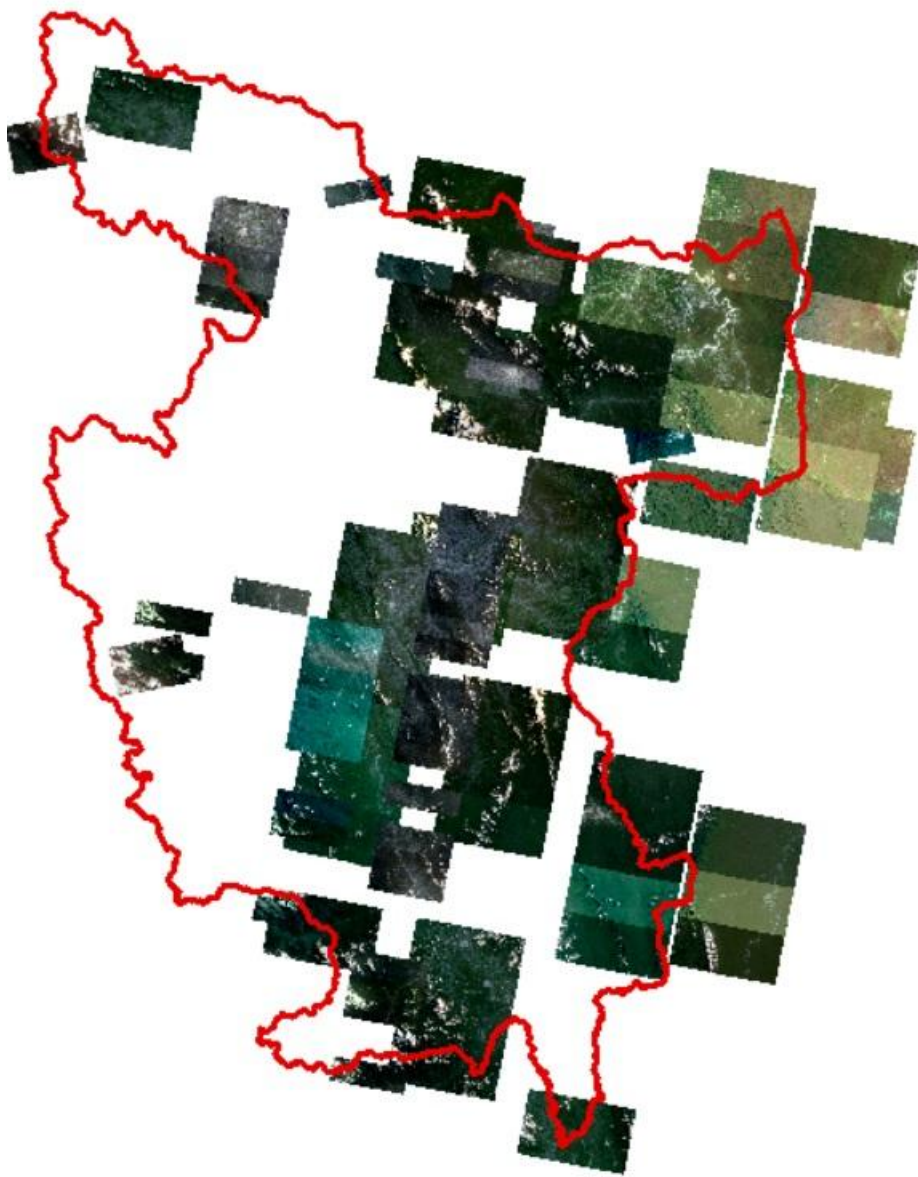


Figura 9. Imágenes Planet utilizadas para la validación de las coberturas y otros usos de la tierra.

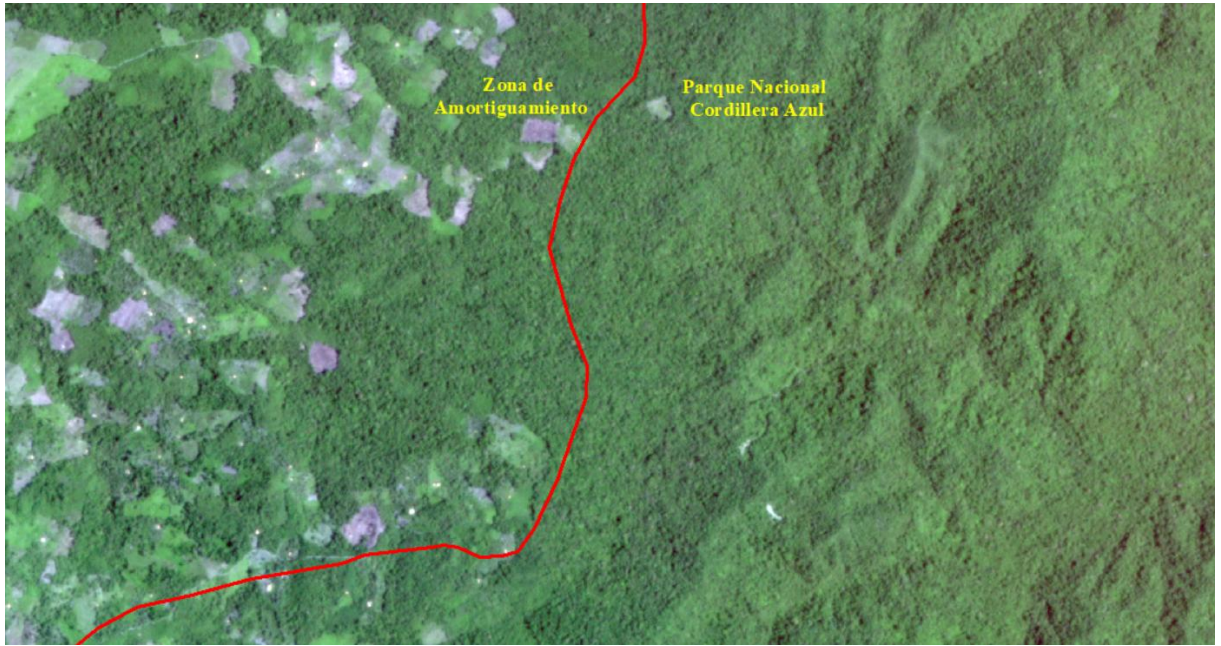


Figura 10. Diferencia de la cobertura boscosa entre el ANP y su ZA



Figura 11. Comunidad de Ledoy en la provincia Bellavista dentro de la ZA del PNCAZ