

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS

NATURALES RENOVABLES



**ANÁLISIS DE LA COBERTURA BOSCOSA EN LA CONCESIÓN FORESTAL
SERVICIOS AMBIENTALES AMAZÓNICOS – CODO DE POZUZO – HUÁNUCO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PRESENTADO POR:

GREGORIO MANUEL DOROTEO CAMARA

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 124-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de agosto de 2025, a horas 7:00 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para calificar la tesis titulada:

**“ANÁLISIS DE LA COBERTURA BOSCOSEA EN LA CONCESIÓN FORESTAL
SERVICIOS AMBIENTALES AMAZÓNICOS - CODO DE POZUZO- HUÁNUCO”**

Presentado por el Bachiller: **DOROTEO CAMARA, GREGORIO MANUEL** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “BUENA”.


En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 13 de noviembre de 2025


Dr. RONALD HUGO PUERTA TUESTA
PRESIDENTE


Ing. MSc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA
MIEMBRO


Ing. MSc. ANDY WILLIAMS VELA ZEVALLOS
MIEMBRO


Dr. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE
ASESOR


Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR





UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 411 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
ANÁLISIS DE LA COBERTURA BOSCOsa EN LA CONCESIÓN FORESTAL SERVICIOS AMBIENTALES AMAZÓNICOS – CODO DE POZUZO – HUÁNUCO	GREGORIO MANUEL DOROTEO CAMARA	13% Trece	Menor a 20 %

Tingo María, 10 de diciembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES



ANÁLISIS DE LA COBERTURA BOSCOSA EN LA CONCESIÓN FORESTAL
SERVICIOS AMBIENTALES AMAZÓNICOS – CODO DE POZUZO – HUÁNUCO

Autor	: Doroteo Camara, Gregorio Manuel
Asesor	: Dr. Aguirre Escalante, Casiano. : Ing. M.sc. Rengifo Trigozo, Juan P.
Programa de investigación	: Tecnología y energía renovable
Línea de investigación	: Monitoreo satelital de la cobertura boscosa y adaptaciones al cambio climático
Eje temático	: Impacto en la cobertura boscosa
Lugar de ejecución	: Concesión Forestal Servicios Ambientales Amazónicos
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: 4 163,50 soles
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú

2025

DEDICATORIA

A Dios: por darme la vida, salud, sabiduría y fuerzas para seguir avanzando en mi formación profesional

A mis queridos padres Fidel Doroteo Salgado y Celina Camara Angel, por el amor incondicional que siempre me han dado y por sus grandes esfuerzos que hicieron profesional.

A mis hermanos Braulio, Valentín, Wilson, Elías, Susana, Aurelia, Fortunata y Marcela su apoyo y palabras de aliento, a mis sobrinos pequeños de casa quien me inspira a seguir avanzando

A Ariana y Verónica mi compañera de siempre, por su incondicional apoyo y compañía en los momentos buenos y difíciles

A mis tíos (as), primos (as) y demás familiares por su apoyo constante en mi niñez

AGRADECIMIENTOS

Durante mi formación profesional, personal y elaboración del presente trabajo he recibido el valioso consejo y apoyo incondicional de varias personas a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y a la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables que contribuyeron sobre mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en especial a los docentes de la especialidad de Recursos Naturales Renovables quienes entregaron todos sus conocimientos y experiencias en bien de formar buenos profesionales.

Al Dr. Casiano Aguirre Escalante y al Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo por su apoyo desinteresado e invaluable como amigo y asesor para realizar este trabajo de investigación. Muchas gracias por su paciencia, confianza y dedicación.

A mis amigos Nino Bravo, Frits Palomino, Leodan Toribio, Bruce Serrano, Miguel Aranda, Rosa Hidalgo, junior Soza, Diego Grandez, Julio Mendoza, Renzo Terrones, Nashly Tuesta y todos mis amigos quienes comparten conmigo una amistad genuina, fueron mi apoyo durante la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
<small>Contenido</small>	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Cobertura boscosa.....	3
2.1.2. Normativa Forestal y de Fauna Silvestre – Ley N° 29763.....	4
2.1.3. Proyecto Corine Land Cover adaptada para el Perú.....	5
2.1.4. Imágenes satelitales	9
2.1.5. Métodos para la clasificación de la cobertura y uso del suelo.....	10
2.1.6. Tasas de cambio de cobertura y uso del suelo	11
2.1.7. Las concesiones forestales	12
2.2. Estado del arte.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Descripción de la zona de estudio	20
3.1.1. Ubicación política.....	20
3.1.2. Características ecológicas.....	20
3.1.3. Clima.....	21
3.1.4. Suelo	22
3.1.5. Fisiografía	22
3.2. Material y métodos	23
3.2.1. Materiales y equipos	23
3.2.2. Metodología.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Cálculo de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos	34
4.2. Estimación de la tasa de cambio de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos	52
V. CONCLUSIONES	56
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	57
VII. REFERENCIAS.....	58
Anexos	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Valores de kappa.	12
2. Zona de vida.	21
3. Fisiografía del área de influencia.	23
4. Variables, dimensiones e indicadores que intervienen en el estudio.	32
5. Imágenes seleccionadas para el análisis de la cobertura boscosa.	25
6. Valores de clasificación del Índice de Kappa.....	29
7. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2022 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.	34
8. Tasa de cambio de la cobertura boscosa estimado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	54
9. Matriz de consistencia.	63
10. Leyenda metodológica Corine Land Cover adaptada para el Perú.	64
11. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2003.	67
12. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2004.	67
13. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2005.	68
14. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2006.	68
15. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2007.	69
16. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2008.	69
17. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2010.	70
18. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2011.	70
19. Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2012.	71

20.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2013.	71
21.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2014.	72
22.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2015.	72
23.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2016.	73
24.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2017.	73
25.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2018.	74
26.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2019.	74
27.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2020.	75
28.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2021.	75
29.	Matriz de confusión para la imagen de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos del año 2022.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de la Concesión Forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	20
2. Comportamiento de la temperatura y precipitación en la provincia de Puerto Inca.....	22
3. Área de cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	35
4. Área de la pérdida de cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	35
5. Comportamiento de la cobertura y pérdida de bosque en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	36
6. Cobertura y pérdida de bosque al año 2003 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	37
7. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2004 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	38
8. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2005 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	38
9. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2006 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	39
10. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2007 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	39
11. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2008 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	40
12. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2010 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	41
13. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2011 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	41
14. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2012 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	42
15. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2013 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	42

16.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2014 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	43
17.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2015 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	44
18.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2016 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	45
19.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2017 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	46
20.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2018 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	47
21.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2019 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	48
22.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2020 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	49
23.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2021 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	50
24.	Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2022 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	51
25.	Comportamiento de la tasa de cambio estimado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	55
26.	Verificación de un árbol talado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	77
27.	Verificación de un área talada en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	77
28.	Verificación de pastizales posterior a la tala en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	78
29.	Verificación y registro de ganado vacuno en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	78
30.	Denuncia formulada por uso de carretera por transportistas con productos forestales maderables que no corresponden al área de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	79
31.	Denuncia formulada por tala ilegal, invasión y deforestación de bosques en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	80

32.	Denuncia la creación de caseríos dentro de las concesiones forestales.	81
33.	Denuncia formulada por retiro de placas de identificación de los árboles en condición aprovechables y semilleros dentro de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	82
34.	Denuncia formulada por tala de árboles en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	83
35.	Denuncia formulada por chucleo o rozo del dosel interior en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.....	84

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo analizar la cobertura boscosa anual en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos – Codo de Pozuzo, Huánuco, durante el periodo 2003–2022. La investigación se desarrolló en un área de aproximadamente 7 700 ha, ubicada a 33 km de Aguaytía, empleando imágenes satelitales Landsat Level 2, Collection 2, Tier 1, obtenidas gratuitamente desde Google Earth Engine con Python. Se seleccionaron imágenes con mínima nubosidad correspondientes a la época seca. La clasificación de coberturas se realizó según la metodología del MINAM (2014), mediante una clasificación supervisada con algoritmo Random Forest, estableciendo sitios de entrenamiento y utilizando firmas espectrales para identificar clases de cobertura. Asimismo, se estimó la tasa de cambio de cobertura boscosa expresado en porcentajes. Los resultados evidenciaron una reducción continua y creciente de la cobertura boscosa, con pérdidas anuales variables entre 7,47 ha y 351,83 ha, registrando picos significativos en 2016, 2019 y 2022. El análisis reflejó fluctuaciones asociadas a ciclos de intervención intensiva seguidos de periodos de menor actividad, sugiriendo la influencia de eventos o actividades específicas que incrementaron la deforestación en determinados años. La tasa de cambio de cobertura para todo el periodo fue de -2,07%, confirmando acciones permanentes de degradación forestal. Se concluye que la concesión ha experimentado una transformación significativa en su cobertura, lo que demanda la implementación urgente de medidas de manejo forestal más estrictas, acciones de restauración ecológica y mecanismos eficientes de monitoreo y control para garantizar la sostenibilidad de los remanentes boscosos y los servicios ecosistémicos asociados.

Palabras clave: Deforestación, manejo forestal, monitoreo satelital, sostenibilidad, tala ilegal.

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the annual forest cover within the Amazon environmental services forest concession in Codo de Pozuzo, Huánuco, [Peru], during the 2003 – 2022 period. The research was carried out within an area of approximately 7,700 acres, located at 33 km from Aguaytia, using Landsat Level 2, collection 2, tier 1 satellite images, obtained for free from the Google Earth engine with Python. Images with minimum cloudiness were selected that corresponded to the dry season. The classification of the [forest] cover was done according to the MINAM (2014) methodology (acronym in Spanish), through a supervised classification with the Random Forest algorithm, establishing training sites and utilizing spectral signature in order to identify the classes of [forest] cover. At the same time, the rate of the change in forest cover was expressed in percentages. The results evidenced a continual and growing reduction in the forest cover, with annual losses that varied between 7.47 ac and 351.83 ac, registering significant peaks in 2016, 2019 and 2022. The analysis reflected fluctuations associated with cycles of intensive intervention, followed by periods of lower activity, suggesting the influence of specific events or activities that increased the deforestation during certain years. The rate of change of the [forest] coverage for all of the period was - 2.07%, confirming permanent actions of forest degradation. It was concluded that the concession experimented a significant transformation in its [forest] cover, which demands the urgent implementation of more strict forest management measures, ecological restoration actions, and efficient monitoring and control mechanisms in order to guarantee the sustainability of the remaining forests and the associated ecosystemic services.

Keywords: deforestation, forest management, satellite monitoring, sustainability, illegal felling

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, la pérdida de cobertura boscosa constituye una de las principales amenazas para la estabilidad ambiental del planeta. La deforestación, impulsada por actividades como la expansión agrícola, la extracción maderera y el desarrollo de infraestructuras, ocasiona una reducción drástica de la biodiversidad y compromete los servicios ecosistémicos que los bosques proveen, como la regulación del ciclo hidrológico y la captura de carbono. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), entre 1990 y 2020 se perdieron aproximadamente 420 millones de hectáreas de bosques en el mundo, lo que contribuye de manera significativa al cambio climático global. Este fenómeno no solo afecta el equilibrio ecológico, sino también a las poblaciones que dependen directamente de los recursos forestales para su subsistencia.

En el Perú, la deforestación representa uno de los problemas ambientales más críticos, especialmente en la Amazonía, que concentra más del 60 % del territorio nacional y es considerada uno de los principales reservorios de biodiversidad a nivel mundial. Entre las principales causas de la pérdida de bosques se encuentran la agricultura migratoria, la ganadería extensiva, la minería ilegal y la tala no planificada, que generan cambios significativos en el uso y cobertura del suelo. Datos del Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Programa Bosques (2021) señalan que, entre los años 2001 y 2020, el país perdió más de 2,5 millones de hectáreas de bosques amazónicos. Esta situación no solo compromete la diversidad biológica y los servicios ambientales, sino también el cumplimiento de compromisos internacionales del Perú en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En la provincia de Puerto Inca y distritos aledaños como Codo de Pozuzo, en Huánuco, reflejan de manera particular la presión que enfrentan los bosques amazónicos debido a las actividades humanas. La concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos es un espacio estratégico para la conservación, pero al mismo tiempo vulnerable por la expansión de la frontera agrícola, cultivos ilícitos, la tala ilegal y el desarrollo de actividades extractivas. Entre 2003 y 2022, la zona ha experimentado transformaciones en su cobertura boscosa que ponen en riesgo los servicios ecosistémicos esenciales, como proteger cuencas, capturar carbono y mantener la biodiversidad local; estas dinámicas afectan directamente a las comunidades que dependen de los recursos forestales, generando conflictos sociales y ambientales.

Además, por el incremento de la población, muchas concesiones forestales vienen siendo presionadas comprometiendo áreas que son desboscadas, lo cual según el Gobierno Regional de Ucayali (2022), entre las categorías que han sufrido mayor pérdida de cobertura

boscosa en el periodo 2021, se encuentran los bosques de producción permanente, como la concesión forestal Eco Forestal Ucayali ubicada en el distrito de Nueva Requena, con 1 830,8 ha y los territorios comunales, como la reserva comunal El Sira con 513,28 ha, seguida del área de conservación regional Imiria con 183,26 hectáreas. Dentro de la zona de estudio no se tiene un estudio relacionado, debido a ello nos lleva a formular la siguiente interrogante de investigación ¿Cuál es la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos – Codo de Pozuzo – Huánuco?

Bajo esta perspectiva, el monitoreo de la cobertura boscosa mediante herramientas satelitales y sistemas de información geográfica se convierte en una estrategia fundamental para la gestión sostenible de los recursos naturales y la mitigación de impactos ambientales debido a que se tiene la capacidad de desarrollar estudios que incorporan la variable temporal, como los análisis multitemporales, los cuales utilizan imágenes obtenidas en distintas fechas (Sacristán, 2006). Con la investigación se pretende generar información que sirva de base para el diseño y construcción de un instrumento de gestión territorial en la Concesión Forestal Servicios Ambientales Amazónicos y que logre contribuir al proceso de elaboración del plan de ordenamiento territorial que es inexistente en esta concesión Forestal.

La investigación adquiere relevancia en el área de estudio, debido a que existe una limitada disponibilidad de trabajos relacionados con la cobertura de la tierra y, en menor medida, con aspectos de ordenamiento territorial como la zonificación ecológica económica; este último constituye un instrumento esencial para la gestión territorial y la toma de decisiones.

Existen nuevas tecnologías como el uso de imágenes satelitales para determinar los cambios de cobertura vegetal y cuantificar los usos del suelo en diferentes periodos a través de observaciones de las características biofísicas de los suelos.

Objetivo general

Analizar la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos – Codo de Pozuzo – Huánuco.

Objetivos específicos

- Calcular la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos.
- Estimar la tasa de cambio de la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Cobertura boscosa

2.1.1.1. Bosque

Se considera bosque a las áreas de tierra mayores a 0,5 hectáreas que poseen árboles con una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa mayor al 10 %, o que cuenten con especies arbóreas con capacidad de alcanzar dicha altura en condiciones naturales. Esta definición excluye las tierras cuyo uso predominante es agrícola o urbano, aun cuando presenten presencia de árboles. El criterio busca diferenciar los ecosistemas forestales de otros sistemas productivos o asentamientos humanos, priorizando su identificación y gestión para fines de conservación y manejo sostenible (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

2.1.1.2. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal puede definirse como el resultado de la interacción entre factores bióticos y abióticos en un espacio geográfico determinado, formando unidades con estructura y función propias a lo largo del tiempo. Su dinámica, junto con los cambios en el uso del suelo, puede amenazar la diversidad biológica, contribuir al cambio climático, degradar el suelo y modificar el funcionamiento de los ecosistemas. Estos procesos alteran la provisión de servicios ecosistémicos y aumentan la vulnerabilidad tanto de los propios ecosistemas como de las poblaciones humanas que dependen de ellos (Cortez y Rubio, 2016).

La cobertura del suelo hace referencia a los elementos naturales o artificiales que se encuentran sobre su superficie. Esta puede originarse de procesos naturales derivados de la sucesión ecológica, como bosques, sabanas, lagunas u otros ecosistemas. Del mismo modo, puede responder a la acción humana mediante la creación y mantenimiento de ambientes artificiales, tales como cultivos, represas o áreas urbanas. En ese sentido, la cobertura constituye un indicador clave para comprender la dinámica del territorio (FAO, 2000).

2.1.1.3. Uso del suelo

El término “uso del suelo” suele hacer referencia a las actividades humanas que se desarrollan sobre un espacio natural, incluyendo asentamientos poblacionales, zonas destinadas a la agricultura, áreas de conservación, entre otras. Las decisiones sobre el uso asignado al suelo generan transformaciones significativas en el paisaje, los ecosistemas y el entorno ambiental. Algunos usos, como el crecimiento urbano, implican la reducción o eliminación de la cobertura vegetal, frecuentemente a costa de áreas productivas.

Este concepto permite comprender cómo la intervención antrópica modifica la estructura y función del territorio (Miliarium, 2004).

El uso del suelo se refiere a la clasificación de las distintas ocupaciones de un territorio según su función y relación con el ciclo hídrico, ya que el tipo de actividad influye en la interacción entre agua, suelo y vegetación, así como en la demanda de estos recursos. Puede analizarse desde un enfoque funcional (forestal, agrícola, urbano, protegido), formal (ocupación observada mediante rasgos visuales como color, textura o forma) o multifuncional (combinación de ambos). La diferencia entre uso y ocupación radica en si se alude a la actividad humana o a los elementos presentes. Herramientas como la teledetección y los SIG facilitan su estudio (Milán, 2002).

2.1.2. Normativa Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 29763)

Artículo 3. Actividades forestales y de fauna silvestre y conexas

Para los efectos de esta Ley, son considerados como actividad forestal y de fauna silvestre, lo siguiente:

- a. Administrar, investigar, conservar, proteger, monitorear, restaurar, evaluar, manejar, aprovechar, poblar, repoblar y mejorar el patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.
- b. Forestar y reforestar.
- c. Manejar la fauna y flora silvestre in situ y ex situ.
- d. Cada actividad agroforestal y silvopastoril en tierras de capacidad de uso mayor forestal o de protección.
- e. Coadyuvar a la provisión de los servicios de cada ecosistema forestal y demás sistema de vegetación silvestre.
- f. El aprovechamiento económico no consuntivo de cada paisaje del ecosistema forestal y demás ecosistema de vegetación silvestre.

Se tiene otras actividades conexas de cada actividad de fauna y forestal silvestre, siendo estos:

- a. Educar y fortalecer capacidades.
- b. Lo derivado de usar, disfrutar, conocer, aprovechar comercialmente, transformar, almacenar, transportar y distribuir cada recurso forestal y de fauna silvestre.

Artículo 44. Lineamientos generales de manejo forestal

El manejo forestal comprende acciones de caracterización, evaluación, investigación, planificación, uso, regeneración, reposición, enriquecimiento, protección y control de los bosques y otros ecosistemas de vegetación silvestre. Estas actividades buscan

garantizar la producción sostenible de bienes, el suministro continuo de servicios y la conservación de la biodiversidad y del ambiente, promoviendo un equilibrio entre el aprovechamiento responsable de los recursos y la preservación ecológica (Decreto Legislativo N.º 635).

El manejo forestal se orienta bajo un enfoque ecosistémico, por lo que todo uso comercial o industrial de los recursos y servicios de los bosques y otros ecosistemas de vegetación silvestre debe sustentarse en un plan de manejo aprobado por la autoridad regional forestal y de fauna silvestre. Dicho plan incorpora el estudio de impacto ambiental según la escala e intensidad de las operaciones. El SERFOR establece lineamientos técnicos ajustados a cada región y ecosistema, aplicados de manera progresiva y flexible, que guían la elaboración de planes de manejo a corto y largo plazo, incluyendo prácticas silviculturales. En el caso de plantaciones forestales en predios comunales y privados, no se requiere la aprobación de dichos planes por parte de la autoridad forestal (Decreto Legislativo N.º 635).

2.1.3. Proyecto Corine Land Cover adaptada para el Perú

El Proyecto Corine Land Cover (CLC) adaptado al Perú constituye una iniciativa experimental orientada a recopilar, coordinar y estandarizar información vinculada al estado del medio ambiente y de los recursos naturales en el territorio. Su origen se remonta al programa CORINE (*Coordination of Information on the Environment*), establecido el 27 de junio de 1985 mediante la decisión CE/338/85 del Consejo de Ministros de la Unión Europea. Dentro de este marco se creó el componente Corine Land Cover, cuya responsabilidad pasó, a partir de 1995, a la Agencia Europea de Medio Ambiente. El objetivo central de este proyecto es la generación de una base de datos europea sobre ocupación del suelo a escala 1:100 000, que permita el análisis detallado de la dinámica territorial, así como el diseño y evaluación de políticas ambientales y de ordenamiento en el ámbito europeo. Su adaptación al Perú busca replicar dicha metodología para la gestión sostenible del territorio.

El IIAP (2015) señala que, para la clasificación de las categorías de uso y cobertura de la tierra, es necesario establecer un esquema ordenado que permita derivar las unidades de cobertura a partir de criterios fisonómicos, principalmente de altura y densidad de la vegetación. Estos criterios deben estar claramente definidos y ser aplicables a todas las unidades que conforman un mismo grupo de cobertura. Este enfoque metodológico asegura la posibilidad de incorporar nuevas unidades o de establecer niveles adicionales en caso de estudios más específicos. Así, se facilita tanto la ubicación como la definición rápida de las unidades de cobertura, garantizando un sistema flexible y coherente para el análisis y la gestión del territorio.

2.1.3.1. Áreas artificializadas

Las áreas artificializadas incluyen a las ciudades, poblaciones y sectores periféricos que progresivamente se integran a la dinámica urbana. Este proceso se da a través de la urbanización o del cambio del uso del suelo, orientado hacia actividades comerciales, industriales, de servicios o recreativas. Dichas transformaciones reflejan la expansión urbana y la modificación del territorio en función de nuevas demandas socioeconómicas y de infraestructura (IDEAM, 2010).

Las zonas urbanizadas, comprenden áreas ocupadas por infraestructura urbana, junto con los espacios verdes, vías y demás elementos de comunicación que forman parte de su estructura territorial. Estas zonas conforman un entramado urbano que refleja la organización y funcionalidad del espacio construido. Dentro de esta categoría se distinguen dos unidades principales: el tejido urbano continuo, caracterizado por la concentración compacta de edificaciones, y el tejido urbano discontinuo, donde las construcciones se presentan de manera fragmentada o dispersa.

2.1.3.2. Áreas agrícolas

Las áreas agrícolas corresponden a terrenos destinados principalmente a la producción de alimentos, fibras y materias primas de uso industrial. En estos espacios se incluyen cultivos de diferente tipo, pastos, suelos en descanso o barbecho, así como áreas en rotación. También abarca tanto cultivos permanentes como transitorios y zonas agrícolas heterogéneas. Dentro de estas últimas, además de la actividad agrícola, se desarrollan prácticas pecuarias complementarias. Este tipo de coberturas refleja la interacción entre las condiciones naturales del suelo y el uso productivo, representando uno de los principales componentes en la transformación del paisaje rural (IDEAM, 2010).

Los cultivos transitorios, son aquellos cuyo ciclo vegetativo no supera el año, y en algunos casos puede durar apenas unos meses. Entre ellos se encuentran cereales como maíz, trigo, cebada y arroz; tubérculos como papa y yuca; oleaginosas como algodón y ajonjolí; así como diversas hortalizas y flores cultivadas a cielo abierto. Su característica esencial es la necesidad de resembrar después de cada cosecha para mantener la producción, lo que genera un uso intensivo del suelo. Estas áreas reflejan prácticas agrícolas de corto plazo que aportan de manera significativa a la seguridad alimentaria.

Los cultivos permanentes, son aquellos cuyo ciclo vegetativo se prolonga por más de un año, permitiendo la producción de varias cosechas sin necesidad de nuevas siembras. En esta categoría se incluyen cultivos herbáceos como la caña de azúcar y la caña panelera, arbustivos como café y cacao, y arbóreos como palma africana y frutales

diversos. Su permanencia en el tiempo genera paisajes estables con un manejo agrícola sostenido. Estas coberturas cumplen un rol clave en la economía regional y nacional, debido a su aporte tanto al consumo interno como a la exportación de productos agrícolas de alta demanda.

Los pastos, corresponden a tierras cubiertas por vegetación herbácea, especialmente especies de la familia Poaceae, que se utilizan para el pastoreo continuo por períodos superiores a dos años. Algunas de estas áreas pueden presentar condiciones de anegamiento temporal o permanente, en especial cuando se ubican en zonas bajas. Una característica importante es que su existencia se debe, en gran medida, a la intervención humana, ya sea por la plantación de especies foráneas o por el manejo ganadero. Estas superficies representan un uso estratégico del suelo vinculado principalmente a la ganadería y la producción de carne y leche (IDEAM, 2010).

Las áreas agrícolas heterogéneas, son unidades de paisaje que integran dos o más tipos de coberturas agrícolas y naturales. Se presentan en patrones complejos o en mosaicos geométricos difíciles de separar en categorías individuales. Estas configuraciones responden a factores como el tamaño reducido de las parcelas, las características edáficas, las formas locales de manejo y las condiciones de tenencia de la tierra. La diversidad de cultivos y usos que coexisten en estas áreas hace que resulten dinámicas y representen un desafío para su cartografía, además de ser un reflejo de la agricultura familiar y de subsistencia (IDEAM, 2010).

El mosaico de cultivos, incluye territorios ocupados por cultivos anuales, transitorios o permanentes en parcelas pequeñas, generalmente menores a 25 hectáreas. Su disposición espacial forma patrones muy intrincados que dificultan su representación cartográfica de manera separada. Estas áreas muestran arreglos geométricos característicos, con variaciones de color y tono derivadas de los estados fenológicos de los cultivos y las prácticas de manejo aplicadas. Sin embargo, pueden confundirse con mosaicos de pastos y cultivos, por lo que se requiere complementar su análisis con información secundaria, como fotografías aéreas, cartografía temática y verificación en campo para su correcta identificación.

2.1.3.3. Bosques y áreas seminaturales

Los bosques y áreas seminaturales abarcan superficies naturales o parcialmente intervenidas, conformadas principalmente por árboles de especies nativas o introducidas. Estos árboles se caracterizan por ser plantas leñosas, perennes, con un tronco principal y una copa definida. Según la FAO (2001), esta categoría incluye tanto bosques

naturales como plantaciones forestales (IDEAM, 2010). Se trata de una cobertura vegetal donde predomina la presencia de árboles que conforman un dosel continuo o semiconsolidado. Dicho estrato arbóreo ocupa más del 70% del área de la unidad y alcanza en promedio alturas superiores a los 15 metros, lo que resalta su importancia estructural y ecológica.

Se subdividen de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se encuentran los bosques, de la siguiente manera: bosques densos altos no inundables y bosques densos altos inundables.

Las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, abarcan coberturas naturales o derivadas de procesos de sucesión, caracterizadas por el predominio de especies de porte bajo y arbustivo. Estas se desarrollan en distintos sustratos y pisos altitudinales, presentando escasa o nula intervención humana. En la clasificación Corine Land Cover, esta categoría incluye superficies dominadas por vegetación arbustiva con dosel poco uniforme, acompañada de arbustos, palmas, enredaderas y otras plantas de bajo crecimiento. Se trata de formaciones vegetales heterogéneas que cumplen un papel importante en la dinámica ecológica y estructural de los ecosistemas donde se desarrollan.

- Vegetación secundaria o en transición

Corresponde a coberturas originadas por procesos sucesionales tras la alteración o eliminación de la vegetación primaria. Estas formaciones aparecen en áreas desmontadas para distintos usos, terrenos agrícolas abandonados o lugares donde eventos naturales provocaron la desaparición de la cobertura original. Su dinámica se orienta hacia la recuperación y regeneración del estado primario, sin la presencia de especies introducidas de manera intencional por el ser humano. Representa un estadio intermedio en el proceso de restauración ecológica, con potencial para recuperar funciones y características propias de la vegetación natural previa.

Áreas abiertas, sin o con poca vegetación.

- Tierras desnudas y degradadas

Comprenden superficies con ausencia o mínima cobertura vegetal, resultado de procesos naturales o antrópicos vinculados a la erosión, la degradación severa del suelo y, en algunos casos, a condiciones climáticas extremas. Dentro de esta categoría se consideran áreas afectadas por salinización, procesos de desertificación o erosión intensa, que generan un deterioro significativo de la capacidad productiva del suelo. En situaciones avanzadas, estos procesos pueden ocasionar la formación de cárcavas y otras formas de degradación severa, evidenciando un paisaje con limitada resiliencia ecológica y escasa posibilidad de recuperación natural a corto plazo.

2.1.3.4. Superficies de agua

Las superficies de agua comprenden cuerpos y cauces hídricos de carácter permanente, intermitente o estacional, presentes tanto en el interior de los continentes como en zonas costeras. Se incluyen también aquellos fondos marinos cuya profundidad no exceda los 12 metros, por considerarse parte del sistema superficial. Esta categoría incorpora tanto masas de agua dulce como salada, agrupadas en dos grandes unidades: aguas continentales y aguas marinas o costeras, según su ubicación y características físicas (IDEAM, 2010).

Las aguas continentales, abarcan cuerpos hídricos permanentes, intermitentes y estacionales que se encuentran en el interior del territorio continental. En esta categoría se incluyen lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques de agua dulce, ya sean naturales o contruidos artificialmente. También forman parte de esta unidad los embalses, así como los cursos de agua en movimiento, como ríos y canales, los cuales cumplen un papel fundamental en la dinámica hidrológica y en el abastecimiento de recursos hídricos para distintas actividades humanas.

– Ríos

Un río se define como una corriente natural de agua que fluye de manera continua a lo largo de un cauce definido. Generalmente, posee un caudal significativo y su recorrido concluye desembocando en otro cuerpo hídrico, ya sea un mar, un lago o un río de mayor tamaño. Los ríos constituyen elementos esenciales dentro del ciclo hidrológico, pues permiten la conexión entre diferentes ecosistemas acuáticos y desempeñan un rol vital en la regulación ambiental y en el desarrollo humano.

2.1.4. Imágenes satelitales

Los satélites equipados con sensores pasivos registran la energía solar reflejada por la superficie terrestre mientras avanzan en su órbita, cubriendo progresivamente grandes extensiones del planeta. Esta radiación reflejada se organiza en diferentes rangos conocidos como bandas espectrales, las cuales permiten discriminar características específicas del suelo, la vegetación y el agua. La información captada por los sensores se procesa y codifica en matrices digitales compuestas por píxeles (del inglés *Picture x element*), que representan la mínima unidad de una imagen. La integración de estos píxeles genera lo que se conoce como imagen satelital o “raster”, un formato fundamental en la teledetección y el análisis espacial. En el procesamiento de imágenes, los valores de cada píxel son identificados como Niveles Digitales (ND), que expresan la intensidad de la radiación registrada en cada banda espectral, constituyendo así la base para su interpretación y análisis científico (Labrador et al., 2012).

Los datos en formato ráster presentan una resolución (R) determinada por las características técnicas del sensor satelital que los genera. Esta resolución depende de diversos factores: i) la periodicidad con la que el satélite sobrevuela el mismo punto de la superficie terrestre, conocida como resolución temporal; ii) la capacidad del sensor para registrar distintas longitudes de onda o bandas espectrales, denominada resolución espectral; iii) el tamaño del área del terreno representada por cada píxel, definida como resolución espacial; y iv) la cantidad de niveles digitales que el sensor puede discriminar, lo que constituye la resolución radiométrica (Chuvieco, 2002).

2.1.5. Métodos para la clasificación de la cobertura y uso del suelo

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), en el informe final del proyecto “*Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina*”, presenta diversos enfoques metodológicos aplicables a la identificación y clasificación de los distintos tipos de cobertura y uso del suelo. Dichas metodologías permiten establecer categorías claras y comparables, adaptables a diferentes contextos geográficos. Entre los procedimientos propuestos destacan los métodos de clasificación no supervisada, que agrupan los datos en clases según sus similitudes espectrales; los métodos supervisados, que emplean áreas de entrenamiento previamente definidas para guiar la clasificación; y la interpretación visual de imágenes, que se basa en el análisis experto de patrones espaciales, texturas y colores para diferenciar coberturas específicas.

2.1.5.1. Clasificación supervisada

La clasificación supervisada integra el conocimiento del analista en la definición de las clases que se representarán en un mapa. Se trata de un procedimiento en el cual los píxeles de una imagen multispectral son agrupados automáticamente en categorías, de acuerdo con las similitudes presentes en sus valores numéricos o niveles digitales. Estas clases son previamente establecidas por el usuario como parte de la leyenda. El resultado del proceso es un archivo ráster temático de una sola banda, en el que cada valor numérico representa una categoría temática específica, previamente definida o en proceso de definición según el análisis.

Este procedimiento exige contar con conocimientos previos sobre el área de estudio, lo cual permite identificar zonas representativas de cada categoría que se desea distinguir. Dichas zonas se denominan áreas de entrenamiento, ya que proporcionan información al sistema para reconocer los diferentes tipos de cobertura. A partir de estas áreas seleccionadas, el ordenador calcula parámetros estadísticos relacionados con los niveles digitales que caracterizan a cada clase. Posteriormente, esos parámetros se aplican para

clasificar el resto de los píxeles de la imagen, asignándolos a una categoría determinada de acuerdo con la similitud de sus valores digitales obtenidos.

Las áreas de entrenamiento para la clasificación supervisada se definen con el apoyo de la información secundaria disponible para el área de estudio.

2.1.5.2. Clasificación no supervisada

Los métodos de clasificación no supervisada tienen como objetivo extraer la información inherente a la imagen. Para ello, se basan en criterios de separabilidad que permiten identificar patrones o agrupaciones presentes en los datos, los cuales posteriormente son interpretados y analizados por el especialista para definir las clases correspondientes.

2.1.5.3. Interpretación visual

La interpretación visual consiste en que el especialista utilice su conocimiento y experiencia para realizar el proceso de mapeo (Arnillas et al., 2012). Según el comité técnico conformado por el MINAM, la UNALM y la Fundación para el Desarrollo Agrario, entre otros colaboradores, existe una preferencia por los sistemas de clasificación supervisada, ya que estos permiten potenciar la capacidad de aprendizaje del sistema. Dicho “sistema” se entiende como la interacción entre personas, saberes y equipos digitales encargados de llevar a cabo la interpretación y análisis de las escenas satelitales (Arnillas et al., 2012). Teniendo en cuenta la leyenda previamente definida, las características del área de estudio y la información disponible se recomienda usar un método mixto de clasificación; (1) clasificación supervisada, y (2) reclasificación y edición visual.

2.1.6. Tasas de cambio de cobertura y uso del suelo

La FAO (2005) señala que la tasa de cambio constituye un indicador de presión fundamental para identificar la magnitud y rapidez con que ocurre un proceso de transformación, siendo clave su evaluación para comprender tanto la dinámica como los efectos del cambio. Este análisis permite dimensionar la intensidad del fenómeno en un territorio específico. La manera más adecuada de cuantificarlo es a través del estudio de la dinámica de la cobertura vegetal, estableciendo su relación con el espacio y el tiempo. En este sentido, la FAO (1996) plantea una fórmula que mide el cambio en porcentaje respecto a la superficie inicial.

$$TC(\%) = \left(\left(\frac{S1}{S2} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

Tc = tasa de cambio (en %) $S1$ = Área del año inicial

$S2 = \text{Área del año final}$

$n = \text{Periodo de años desde el año inicial hasta el final}$

2.1.6.1. Validación de resultados

La validación de resultados mediante métodos de verificación estadística ha adquirido gran relevancia en los últimos años y resulta esencial en cualquier estudio, ya que brinda la posibilidad de evaluar qué tan representativo es el mapa respecto a la realidad observada. Una estrategia habitual consiste en utilizar áreas de prueba o *áreas test*, que proporcionan una referencia independiente para medir la correspondencia entre el mapa generado y las condiciones reales del terreno. Para ello, es necesario realizar un muestreo en campo de las zonas clasificadas, con el fin de obtener datos que permitan comprobar la precisión de los resultados (Chuvieco, 1996).

2.1.6.2. Matriz de confusión e Índice Kappa

Posterior al muestreo y la clasificación se pudiera formar una matriz nominada de confusión debido a que va recoger los conflictos entre 24 categorías y verdad de los terrenos. El índice Kappa es obtenida de las marginales de la clasificación (Chuvieco, 1996).

Tabla 1. Valores de kappa.

Valores	Grado de concordancia
Menos de 0,20	Mala
0,21 a 0,40	Ligera
0,41 a 0,60	Moderada
0,61 a 0,80	Buena
0,81 a 1,00	Excelente

Fuente: Chuvieco (1996).

2.1.7. Las concesiones forestales

Los factores que influyen en la tala ilegal de recursos forestales maderables en las concesiones forestales de la región Ucayali están relacionados principalmente con deficiencias institucionales y de gestión por parte de las autoridades competentes. Si bien se ha establecido que la falta de conocimiento por parte de los concesionarios no constituye un factor determinante en la comisión de actividades ilegales, sí se ha identificado que la ausencia de acciones efectivas por parte de las entidades responsables del control forestal tiene un impacto directo en el aumento de estas prácticas. En ese sentido, la carencia de vigilancia y monitoreo constante por parte de las autoridades propicia un ambiente de impunidad, donde los

actores que operan en las concesiones forestales se ven poco disuadidos de infringir las normas (Alvarado, 2019).

Asimismo, el limitado nivel de operatividad de los organismos de control impide una supervisión eficiente y oportuna, dificultando la identificación y sanción de actividades ilegales. Por otro lado, la ineficacia de las políticas de protección forestal implementadas en la región contribuye significativamente al debilitamiento de la gobernanza ambiental, ya que no se generan mecanismos sólidos ni estrategias sostenibles para frenar la deforestación y el aprovechamiento ilícito de los recursos. Aunque se señala que la falta de un sistema de información de línea en la Autoridad Regional Forestal no tiene incidencia directa en la tala ilegal, su ausencia podría limitar la capacidad de respuesta y coordinación entre entidades. En conjunto, estos factores institucionales favorecen la persistencia de la tala ilegal en Ucayali (Alvarado, 2019).

En el contexto peruano, las concesiones forestales enfrentan constantes amenazas debido a la presencia de agricultores informales, cazadores y pescadores ilegales, así como mineros y taladores que operan al margen de la ley. Estos actores invaden los territorios concesionados, generando conflictos y deterioro ambiental. Sin embargo, quienes poseen las concesiones no cuentan con el respaldo efectivo del Estado para hacer frente a estas problemáticas, lo que debilita su capacidad de control y gestión. Esta falta de apoyo institucional agrava la inseguridad jurídica y compromete la sostenibilidad de los esfuerzos de manejo responsable en dichos espacios forestales (Dourojeanni, 2022).

En el Perú, la extracción de madera desde bosques naturales, en la mayoría de casos, no responde a un enfoque de manejo forestal sostenible. Esta práctica ha provocado un deterioro progresivo de los ecosistemas forestales y la pérdida significativa de los servicios ambientales que estos proveen, tales como la captura de carbono, la conservación del suelo y la biodiversidad (Dourojeanni, 2021). Uno de los principales factores de esta problemática ha sido la transferencia de la responsabilidad del manejo forestal al sector privado, a través del sistema de concesiones. En el contexto socioeconómico actual, los concesionarios no logran implementar un manejo que sea sostenible desde el punto de vista ecológico y, al mismo tiempo, rentable. Ante esta situación, se ha planteado una nueva política forestal orientada a la conservación de los servicios ecosistémicos, en la cual se propone que el Estado, junto con las comunidades locales, asuma progresivamente el control del manejo forestal, sin excluir al sector privado de los procesos de extracción, transformación y comercialización (CNF, 2022). La implementación de esta propuesta se basaría en la creación de unidades de gestión forestal (UGF) a nivel local, con autonomía administrativa y financiera, mediante mecanismos como la

subasta pública de árboles en pie. Esta política se sustenta en tres ejes: responsabilizar directamente al Estado del manejo forestal con apoyo comunitario; adecuar la gestión a las condiciones locales delimitando UGFs; y democratizar el manejo forestal, promoviendo la participación activa y equitativa de actores locales como comunidades nativas, gobiernos, academia y sociedad civil (Dourojeanni, 2022).

2.2. Estado del arte

En la región de Madre de Dios, Valle-Basto et al. (2023) llevaron a cabo un análisis sobre la deforestación ocurrida entre los años 2000 y 2020 en concesiones forestales situadas en la provincia de Tambopata. Para ello, emplearon herramientas de datos abiertos como Earth Map y Geobosques. A través de estas plataformas, lograron estimar que se ha perdido una superficie de 32 115,36 hectáreas de cobertura boscosa en dicha provincia, lo cual equivale al 20,96 % del total de la deforestación registrada en toda la región Madre de Dios durante el periodo de estudio. Durante esos veinte años, la legislación forestal en el Perú sufrió al menos tres modificaciones sustanciales, lo que ha dificultado la implementación de políticas de gestión forestal sostenibles y de largo plazo. Además, se identificó que diversas concesiones destinadas inicialmente a reforestación, ecoturismo o aprovechamiento de productos no maderables han sido utilizadas en la práctica para la extracción de madera. Posteriormente, estas áreas son transformadas en terrenos agrícolas, zonas de pastoreo o espacios dedicados a la minería. Esta situación revela una falta de control efectivo sobre el uso real del suelo y pone en evidencia que, bajo el actual marco normativo e institucional, las concesiones forestales en Madre de Dios no aseguran la protección de los bosques frente a la deforestación. En consecuencia, estas unidades de manejo forestal no están cumpliendo su función de conservación ni frenando el avance de la pérdida de cobertura forestal amazónica.

Puerta e Iannacone (2023) evaluaron la dinámica de la cobertura boscosa en el Parque Nacional Tingo María (PNTM) y su zona de amortiguamiento (ZA), ubicados en la selva alta de Huánuco, Perú. El estudio empleó imágenes Sentinel-2 clasificadas mediante el algoritmo Random Forest, generando mapas de cobertura correspondientes a los años 2017, 2019, 2021 y 2023 con una exactitud temática aceptable. Los resultados mostraron que, en el PNTM, las tasas de cambio de bosque a no bosque fueron reducidas: -0,26% (2017–2019), -1,24% (2019–2021) y -0,02% (2021–2023). En contraste, la ZA presentó una mayor dinámica de transformación, con tasas de -2,97%, -4,39% y -1,15%, vinculadas principalmente al cambio de uso de la tierra. Asimismo, el análisis de métricas del paisaje evidenció que los bosques del PNTM presentan un nivel de fragmentación moderado, mientras que los de la ZA muestran una

fuerte fragmentación, confirmando que el área protegida contribuye a conservar la cobertura vegetal.

Sist et al. (2021), en 2006, el Servicio Forestal Brasileño inició un programa de concesiones forestales para promover la producción sostenible de madera en la Amazonía. Las áreas que abarcaba en millones de hectáreas fue 1,6 Mha, pero el potencial es de 35 Mha. Mediante un modelo de dinámica de volúmenes calibrado con datos de 3 500 ha monitoreadas por 30 años, se evaluaron 27 escenarios combinando volumen comercial inicial, intensidad de tala y ciclos de corte. Con las reglas actuales (15–20 m³/ha, ciclo de 35 años, 20 % de volumen comercial inicial), la producción solo se mantiene un ciclo. El único escenario sostenible fue 10 m³/ha cada 60 años con 90 % de especies comerciales, produciendo 159 000 m³/año en el área actual, menos del 2 % de la demanda. Con 35 Mha, la producción sostenible sería 3,4 Mm³/año. Los resultados indican que el sistema actual no puede cubrir la demanda sin reformas profundas y proponen diversificar el abastecimiento mediante plantaciones y programas de restauración forestal.

En Ecuador, Rosero (2021) analizó los cambios en la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Ambi durante el periodo 1991–2017, así como la tasa de deforestación y la proyección de transformaciones al año 2050. El estudio, de enfoque cuantitativo, empleó análisis espacial con imágenes satelitales Landsat TM (1991), Aster L1T (2001) y Sentinel 2B (2017), clasificadas mediante el método supervisado. Se identificaron firmas espectrales de vegetación boscosa y arbustiva, páramo, pastos, cultivos, cuerpos de agua y zonas pobladas. Los resultados señalaron que la agricultura y la ganadería fueron los principales motores de cambio, con un aumento del 15,87% en áreas ganaderas y una reducción del 9,77% en cultivos, además de un crecimiento urbano del 1,45%. La tasa de deforestación estimada fue de -0,63%, equivalente a 340,41 ha anuales. Las proyecciones al 2050 anticipan que el 54,69% del territorio corresponderá a zonas antrópicas, intensificando la fragmentación de ecosistemas naturales.

Yupanqui (2021) analizó los cambios en la cobertura boscosa y el uso de la tierra entre 1984 y 2015, así como sus repercusiones en la sostenibilidad de las comunidades nativas de Cushiviani, Shabashipango e Ipokiari, ubicadas en el distrito de Río Negro, Satipo. La investigación, de tipo aplicada y descriptiva, utilizó imágenes satelitales y encuestas, aplicando un análisis espacial multitemporal. Los resultados muestran que las comunidades han perdido más del 60% de sus bosques primarios, con tasas de deforestación de hasta 10,29% anual, acompañadas de una marcada fragmentación del paisaje. Se observa incremento de bosques secundarios, cultivos y suelos desnudos, con un 68,66% del territorio transformado. En lo económico, los pobladores dependen de la agricultura familiar con baja productividad y

parcelación de tierras; en lo social, los centros urbanos crecen con servicios básicos precarios y pérdida cultural; mientras que, en lo ambiental, destacan la reducción de recursos forestales y la disminución del caudal de las fuentes hídricas.

Ramos et al. (2019) estudiaron los cambios de cobertura en los ecosistemas de Huimanguillo, Tabasco, empleando el Land Change Modeler para el periodo 2000–2010 y proyectando escenarios al 2030 mediante Cadenas de Markov y Autómatas Celulares. Entre 2000 y 2010 se identificaron incrementos significativos en humedales (39 236 ha) y vegetación arbórea (24 773 ha), lo que favorece la provisión de servicios ecosistémicos. No obstante, también se observó un aumento en la superficie urbana (1 266 ha) y una reducción en el uso agropecuario (53 639 ha), que pese a la disminución, continúa siendo la cobertura dominante. La comparación entre 2010 y la proyección para 2030 reveló la continuidad de estas tendencias: crecimiento de humedales (7 197 ha), vegetación arbórea (9 937 ha) y áreas urbanas (1 498 ha), junto con una reducción adicional de la superficie agropecuaria (16 433 ha). Estos resultados evidencian un proceso de transformación territorial con implicaciones para la gestión ambiental y el ordenamiento ecológico.

Obando (2019) llevó a cabo un análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de la tierra en 7 288,65 ha correspondientes a 78 Áreas Bajo Conservación en la zona de Intag, Ecuador, considerando los años 2010, 2015 y 2018. En 2010 se registraron 7 288,65 ha bajo conservación, disminuyendo a 7 163,06 ha en 2015 y a 7 150,34 ha en 2018. La tasa media anual de deforestación fue de 25,12 ha/año entre 2010–2015, mientras que para 2015–2018 se redujo a 4,23 ha/año; en el periodo extendido 2010–2018 alcanzó 17,29 ha/año. Estos resultados evidencian un proceso de pérdida progresiva de cobertura forestal, aunque con una desaceleración reciente. Frente a esta situación, los beneficiarios del Programa Socio Bosque en Intag han impulsado estrategias de conservación, como la participación en programas de incentivos por servicios ambientales y la adopción de planes integrales de manejo de fincas, orientados a fortalecer la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

Ricaurte (2019) analizó los cambios en la extensión de los bosques en la Subzona Hidrográfica del río Pauto, región de la Orinoquia colombiana, reconocida por su alta biodiversidad. El estudio tuvo como objetivo identificar el estado actual del recurso boscoso y validar las transformaciones de cobertura entre 1972 y 2017. Se recopilieron 174 levantamientos florísticos procedentes de líneas base de licenciamiento ambiental y estudios de investigación, registrándose 135 especies, entre las más representativas: *Attalea butyracea*, *Guazuma ulmifolia*, *Mauritia flexuosa*, *Cochlospermum vitifolium*, *Spondias mombin*, *Connarus cf. ruber*, *Vitex orinocensis*, *Guarea guidonia*, *Sapium marmieri* y *Jacaranda lasiogyne*. De las

783 285 ha evaluadas, solo el 12,4% permanece como bosque. El análisis multitemporal evidenció la pérdida de 38 946,92 ha de cobertura boscosa, con una tasa de deforestación de 865 ha/año. Asimismo, se determinó que 44 010 ha fueron destinadas a la agricultura, principalmente arroz, palma de aceite y cultivos de subsistencia, con un incremento del 13% en el periodo analizado.

Rojas et al. (2019) analizaron los cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS) en la provincia de Rodríguez de Mendoza mediante clasificación supervisada de máxima probabilidad e interpretación visual interdependiente de imágenes Landsat, correspondientes a los periodos 1987–2001 y 2001–2016. Se elaboraron matrices de tabulación cruzada y se calcularon tasas e índices anuales de cambio. Los resultados evidenciaron una pérdida acumulada de 918,59 km² de cobertura boscosa. La mayor intensidad de transformación y deforestación se registró en el segundo periodo, con una reducción del 22,19% y una tasa anual de -1,66%. Asimismo, se identificó que las zonas de mayor pérdida se concentraron en áreas cercanas a la red vial e hídrica, lo que revela la influencia de la accesibilidad. Las principales causas de deforestación fueron la ganadería y la expansión agrícola migratoria de pequeña escala, procesos estrechamente vinculados al desarrollo de infraestructura de transporte que facilita el avance de las actividades antrópicas.

Alvarado (2019) investigó los factores que influyen en la tala ilegal de recursos forestales maderables en concesiones forestales de la región Ucayali durante el período 2014-2015. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo básica y con un nivel descriptivo-explicativo, empleando un diseño no experimental con orientación hermenéutica. La población estuvo compuesta por 110 concesiones forestales, y la muestra incluyó 30 concesionarios que fueron sancionados durante el periodo estudiado. Esta muestra se determinó mediante un muestreo no probabilístico aleatorio simple, seleccionado también con base en el criterio de la investigadora. Para la recolección de datos, se aplicó una encuesta estructurada a través de un cuestionario de 17 preguntas cerradas. La validez y confiabilidad del instrumento fueron establecidas mediante juicio de expertos. Los resultados permitieron identificar que la inexistencia de un Sistema de Información de Línea en la Autoridad Regional Forestal del Gobierno Regional de Ucayali, la escasa presencia de las autoridades encargadas del control forestal, su bajo nivel operativo y la ausencia de políticas efectivas de protección ambiental son los principales factores que inciden directamente en la ocurrencia de tala ilegal dentro de las concesiones forestales. En conjunto, estos elementos reflejan una débil institucionalidad y una limitada capacidad de gestión que favorecen la persistencia de prácticas ilegales, comprometiendo la sostenibilidad del aprovechamiento forestal en la región.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2017) evaluó la dinámica de cambio de cobertura y uso de la tierra (CCUT) en el distrito de Padre Abad, Ucayali, durante el periodo 2010–2016, con el propósito de proyectar un escenario al 2022. El estudio recopiló información satelital de cobertura y uso de la tierra al 2016, identificando los principales cambios y variables espaciales explicativas, las cuales permitieron modelar la transición potencial y simular escenarios futuros. Los resultados indicaron que, en 2016, predominaban el bosque denso alto (117 382 ha), bosque denso bajo (142 956 ha), áreas agrícolas heterogéneas (65 760 ha) y cultivos de plátano (26 674 ha). Los cambios más significativos correspondieron a la conversión de bosques densos hacia áreas agrícolas, cultivos de plátano y pastos para ganadería. La simulación al 2022 proyectó que aproximadamente 16 644 ha de bosques se transformarían en superficies agrícolas, evidenciando una tendencia creciente de deforestación vinculada a la expansión agropecuaria.

Meneses (2017) evaluó la cobertura boscosa, la tasa de deforestación anual y la exactitud temática del mapa de cobertura forestal en la cuenca Bolsón Cuchara, ubicada en la margen izquierda del río Huallaga, jurisdicción de los distritos de Rupa Rupa y José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. El análisis del cambio de bosque a no bosque se desarrolló para el periodo 2004–2014 mediante imágenes satelitales Spot 6, procesadas e interpretadas en ArcGIS v.10.3. Los resultados muestran que la cobertura boscosa pasó de 10 044,63 ha en 2004 a 9 294,68 ha en 2014, lo que equivale a 63,06% y 58,35% de la superficie de la cuenca, respectivamente. En dicho periodo se perdieron 749,95 ha de bosque, con una tasa de deforestación anual de 83,54 ha. La exactitud temática del mapa 2014, evaluada con el protocolo del MINAM, alcanzó un índice Kappa de 0,88 y 0,96 en la validación de campo, evidenciando concordancia excelente.

Toribio (2016) desarrolló un estudio de modelamiento espacial del cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) en el distrito de Nuevo Progreso, San Martín, con el objetivo de identificar las transformaciones ocurridas entre 2000 y 2015, calcular la tasa de cambio y proyectar escenarios al 2025 mediante el software DINAMICA EGO. Para ello, empleó mapas de uso del suelo de 2000, 2007 y 2015, elaborados a partir de imágenes Landsat, considerando variables como altitud, pendiente, áreas de conservación municipal y distancias a carreteras, ríos, centros poblados y zonas deforestadas. Se construyeron dos escenarios: tendencial, que mostró una expansión de actividades antrópicas y reducción de áreas naturales, y de conservación, en el que se proyecta la recuperación de la cobertura forestal. Este último escenario demanda la implementación de estrategias de manejo sostenible, tales como

proyectos de restauración, creación de nuevas áreas de conservación e incentivos para promover buenas prácticas agrícolas y frenar la deforestación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos a 33 km de la ciudad de Aguaytía, en un área aproximadamente de 7 700 ha, geográficamente se ubica con coordenadas UTM: 450246 Este, 8968740 Norte y altitud 354 m s. n. m., siendo un punto referencial entre Aguaytía - C.N. Puerto Azul.

3.1.1. Ubicación política

Departamento : Huánuco
Provincia : Puerto Inca
Distrito : Codo Pozuzo
Sector : Río Paro

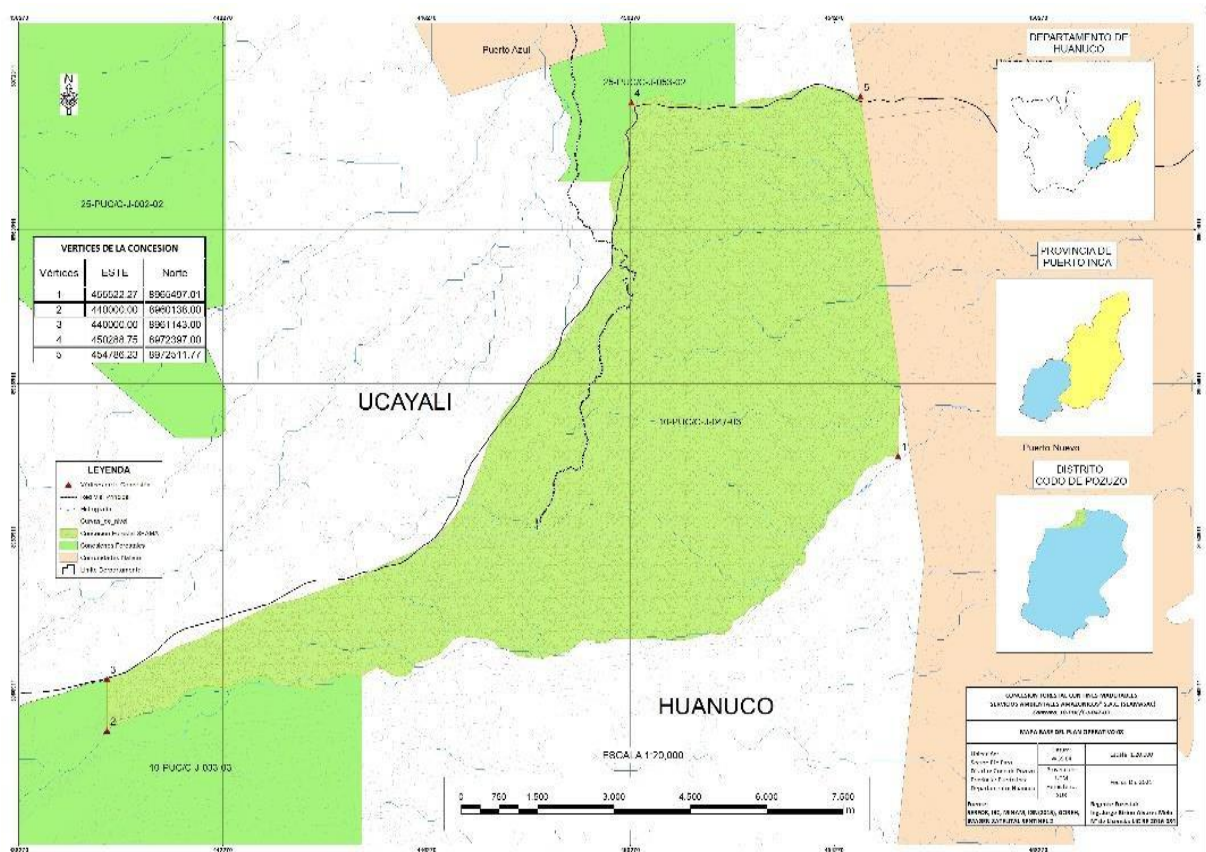


Figura 1. Mapa de ubicación de la Concesión Forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

3.1.2. Características ecológicas

Al visualizar el mapa ecológico del Perú, Puerto Inca se caracteriza por presentar cierta uniformidad ecológica, con variadas características del trópico. La provincia

posee predominancia de zonas de vida como: bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT), bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT).

Tabla 2. Zona de vida.

Distrito	Símbolo	Zonas de vida
Codo de Pozuzo	Bp-MBT, Bh-T, Bmh-PT	Bosque pluvial Montano Bajo Tropical, Bosque húmedo Tropical, Bosque muy húmedo Premontano Tropical

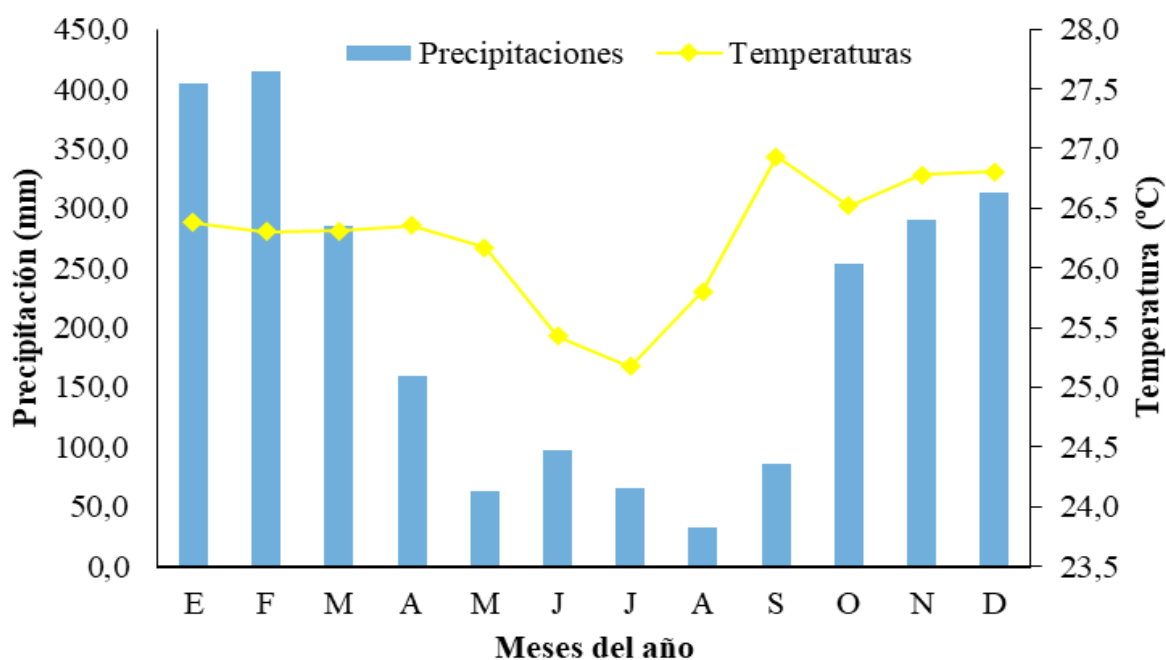
Fuente: Estudio Socioeconómico de la Sub Región Huánuco, 1997 – Región A.A. Cáceres

3.1.3. Clima

La provincia de Puerto Inca donde está localizado la concesión Forestal Servicios Ambientales Amazónicos, se caracteriza por tener su clima propio de Selva Baja, siendo cálido-húmedo, templado y muy tropical (RM N° 057-2015-MINAM).

En base a lo registrado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, en la provincia de Puerto Inca, su clima característico es de selva baja, con condiciones cálidas, húmedas y una marcada estacionalidad en las precipitaciones. La temperatura promedio del año es 26,25 °C, con ligeras variaciones a lo largo del año; el mes más fresco es julio, con la temperatura media igual a 25,18 °C, respecto al mes más cálido que es septiembre, con una media de 26,93 °C (**Figura 2**); estas oscilaciones térmicas moderadas reflejan un clima cálido constante, ideal para el desarrollo de cultivos tropicales y sistemas agroforestales (SENAMHI, 2020).

En cuanto a la humedad relativa, el promedio anual se sitúa en 85,83 %, evidenciando una atmósfera predominantemente húmeda durante casi todo el año; no obstante, agosto registra la humedad más baja con un promedio mensual de 77,00 %, mientras que febrero alcanza el valor más alto con una humedad media de 90,22 %, lo cual coincide con el periodo de lluvias más intensas. En relación con las precipitaciones, la provincia recibe una considerable cantidad de lluvia anual, alcanzando los 2 467,50 mm (**Figura 2**). Esta distribución pluviométrica no es uniforme, ya que agosto presenta la acumulación mensual más baja con solo 32,25 mm, mientras que en febrero se registra la mayor precipitación con un promedio de 415 mm (SENAMHI, 2020). Estas condiciones climáticas favorecen una alta productividad biológica y el desarrollo de diversos ecosistemas, aunque también exigen una planificación adecuada para el manejo sostenible del suelo y los recursos hídricos en los sistemas de uso de la tierra.



Fuente: SENAMHI (2020).

Figura 2. Comportamiento de la temperatura y precipitación en la provincia de Puerto Inca.

3.1.4. Suelo

El suelo presenta un horizonte B cámbico, el cual se caracteriza por ser un horizonte de alteración distinguible por una o varias características específicas. Entre ellas, se encuentra un incremento en el porcentaje de arcilla en comparación con el horizonte inmediatamente inferior. Además, se observa una coloración más rojiza o con un croma más intenso respecto al horizonte subyacente, lo que refleja procesos de transformación del material original. Otra evidencia de alteración es la presencia de lavado o eliminación de carbonatos. En los casos en que el material parental no contiene carbonatos, los signos de alteración se manifiestan principalmente a través del desarrollo de la estructura del suelo. Esta estructura implica que más del 50 % del volumen del horizonte carece de rasgos propios de roca, es decir, no conserva la estructura pétreo original. Estas características indican que el horizonte ha sido sometido a procesos edáficos que han modificado su composición física y química, diferenciándolo claramente de los horizontes subyacentes. En conjunto, estos cambios reflejan una evolución del perfil del suelo, producto de la intemperización y de los procesos pedogenéticos que determinan su morfología y propiedades actuales.

3.1.5. Fisiografía

Las principales unidades fisiográficas de la concesión forestal (**Tabla 3**) se clasifican de acuerdo la “Guía de Inventario de la Flora y Vegetación” (RM N° 057-2015-MINAM).

Tabla 3. Fisiografía del área de influencia.

Altitud		Pendiente		Fisiográfico	Área (ha)	Unidad (%)
Descripción	Rango	Valor	Clasificación			
Terraza alta	0-80	2%		Terraza alta ligeramente disectado	3 156,656	40,993
				Terraza alta moderadamente disectado	149,162	1,937
Colina baja	80-150	4%		Colina baja ligeramente disectado	820,473	10,655
		8%		Colina baja moderadamente disectado	826,192	10,729
Colina alta	150-300	15%		Colina alta ligeramente disectado	1 183,706	15,372
				Colina alta moderadamente disectado	1 041,269	13,522
		25%		Colina alta fuertemente disectado	461,160	5,989
Montaña	>300	50%		Montaña ligeramente disectado	31,031	0,403
		75%		Fuertemente	Montaña moderadamente disectado	30,751
Total					7 700,40	100

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Se emplearon imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, además de cartas nacionales y el mapa político del Perú. Como equipo principal, se utilizó una laptop ASUS AMD 8. Empleando el entorno de Jupyter Notebook - Google Earth Engine con Python. Asimismo, se utilizaron los softwares QGIS 3.22.5 y Microsoft Excel para el procesamiento, análisis y organización de la información obtenida.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Cálculo de la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos

a) Clasificación supervisada con el método RandomForest

Se aplicó el algoritmo Random Forest para la clasificación de cobertura boscosa siendo una herramienta en el campo de la clasificación de coberturas del suelo, ofreciendo una metodología robusta y eficiente para la identificación y categorización de diferentes tipos de superficies terrestres a partir de datos de imágenes satelitales.

El Algoritmo Random Forest puede identificar y distinguir entre diferentes tipos de cobertura del suelo, como vegetación, agua, suelo desnudo y áreas urbanizadas, con una precisión y eficiencia significativas. Se realizó la clasificación supervisada a cada imagen obtenida en el entorno de Jupyter Notebook interactivo con código de Google Earth Engine con Python usando el algoritmo Random Forest.

b) Adquisición de imágenes satelitales y datos geoespacial

Para que se adquiriera cada imagen satelital, se realizó la descarga gratuita de imágenes satelitales Landsat 5-7-8 de Level 2, Collection 2, Tier 1 desde el entorno de Jupyter Notebook interactuando con códigos de Google Earth Engine con Python; fueron descargadas solamente una imagen correspondiente a cada año que abarcaba el periodo de análisis para la zona en estudio (**Tabla 4**), siendo seleccionada la imagen que contenía la más baja proporción de cobertura nubosa y descartada las demás imágenes con ciertos defectos, estos fueron conseguidos en el periodo de época con menor presencia de lluvias para la zona estudiada.

Se descargó cada una de las imágenes satelitales Sentinel 2 a través de Google colab para la validación de la clasificación supervisada se realizó a través del método de Sentinel-2 Deep Resolution 3.0 (S2DR3) con 1 m de resolución espacial la cual es una imagen de Superresolución efectiva de imagen única de 12 bandas y 10x para Sentinel-2.

Para adquirir los datos geoespaciales, se consideró:

Datos de tipo vector. Se recolectó cada capa de información específicamente de la base fundamental, dentro de las cuales se tuvo a la carta nacional en formato shapefile que lo elaboró el Instituto Geográfico Nacional - IGN utilizando una escala de 1:100 000, dicha carta posee capas correspondientes a lagos, ríos y lagunas (línea y polígono), centros poblados (punto), curvas de nivel y cotas (línea y punto).

Datos de tipo ráster. Se recopiló los datos e información en formato ráster, se representa al mundo real mediante cada celda ordenada en fila y columna

denominada pixel, con la cual se determinó la información temática, que comprende una escena de imágenes del satélite Landsat 8-7-5 de los sensores OLI (Operational Land Imager), ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) y Thematic Mapper (TM) con una resolución espacial 30 m.

Estas escenas se adquirieron a través de la plataforma Google Earth Engine con Phyton.

Tabla 4. Imágenes seleccionadas para el análisis de la cobertura boscosa.

Satélite	Año de la información	ID de la imagen
LandSat 5 TM	2003	LT05_007066_20030925
LandSat 5 TM	2004	LT05_007066_20040131
LandSat 5 TM	2005	LT05_007066_20050829
LandSat 5 TM	2006	LT05_007066_20060528
LandSat 5 TM	2007	LT05_007066_20070616
LandSat 5 TM	2008	LT05_007066_20080704
LandSat 5 TM	2010	LT05_007066_20100811
LandSat 5 TM	2011	LT05_007066_20110814
LandSat 7 ETM+	2012	LE07_007066_20120723
LandSat 8 OLI	2013	LC08_007066_20130904
LandSat 8 OLI C2 L2	2014	LC08_007066_20140822
LandSat 8 OLI C2 L2	2015	LC08_007066_20150825
LandSat 8 OLI C2 L2	2016	LC08_007066_20160827
LandSat 8 OLI C2 L2	2017	LC08_007066_20170830
LandSat 8 OLI C2 L2	2018	LC08_007066_20180716
LandSat 8 OLI C2 L2	2019	LC08_007066_20190820
LandSat 8 OLI C2 L2	2020	LC08_007066_20200806
LandSat 8 OLI C2 L2	2021	LC08_007066_20210809
LandSat 8 OLI C2 L2	2022	LC08_007066_20220828

Generación de base de datos

Cada dato geoespacial se almacenó en carpeta y subcarpeta sistemática con la que se generó una geodatabase que se utilizó y actualizó en el tiempo basados en los estándares siguientes:

- Sistema de proyección cartográfica Universal Transversal Mercator.
- Datum World Geodetic System (WGS) correspondiente al año 1984.
- Cada archivo vectorial en formato modelo shapefile (SHP).
- Cada archivo ráster en formato Geo Tif o TIFF.
- Proyectos de documentos de mapas que se elaboran en formatos QGZ.
- Cada documento de mapas exportados en formato PDF y comprimido de imagen JPEG.

c) Cálculo de los índices espectrales

Cálculo del índice de vegetación diferencial normalizado

(NDVI). Este índice se obtuvo del cociente de cada uno de los píxeles entre dos bandas correspondiente a una misma imagen (Chuvienco, 2015) cuya finalidad fue que se discrimine entre las cubiertas vegetales del área estudiada teniendo como base su comportamiento reflectivo. Para ello se utilizó bandas rojas (0,636 a 0,673 μm) y bandas infrarrojas cercanas NIR (0,851 a 0,879 μm). El rango del índice varía desde -1,0 hasta +1,0. Se tiene previsto que los datos extremos del NDVI representen el comportamiento fenológico de las plantas del distrito de Codo Pozuzo. El procedimiento utilizado para determinar el NDVI (Chuvienco, 2015) fue realizado mediante Google Earth Engine con Python, Jupyter Notebook:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Donde:

NIR = Reflectividad en el píxel *i* para la banda infrarrojo cercano.

RED = Reflectividad en el píxel *i* para la banda roja.

Cálculo del índice Normalizado de Diferencia de Nieve

(NDSI). Se realizó con la finalidad de identificar la presencia de nieve o hielo en las imágenes satelitales; se delimitó las áreas nevadas para excluirlas o analizarlas, evitando confusión con nubes o suelo desnudo. La fórmula empleada fue:

$$\text{NDSI} = \frac{\text{Green} - \text{SWIR}}{\text{Green} + \text{SWIR}}$$

Donde:

SWIR = Reflectividad en el píxel *i* para la banda infrarrojo de onda corta.

Green = Reflectividad en el píxel *i* para la banda verde.

Cálculo del índice Normalizado de Áreas Quemadas (NBR o

NBRI). Fue ejecutado con fines de que se detecten áreas afectadas por incendios forestales o

quemadas, realizando la comparación de las imágenes pre y post incendio para cuantificar la severidad del daño; la fórmula proseguida fue:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Donde:

NIR = Reflectividad en el pixel i para la banda infrarrojo cercano.

SWIR = Reflectividad en el pixel i para la banda infrarrojo de onda corta.

Cálculo del índice de Diferencia Normalizada Agua (NDWI).

Fue ejecutado para que se delimitaran los cuerpos de agua o humedad superficial, con esto se separó el agua de la vegetación o suelo, siendo útil para humedales, ríos y lagos. La fórmula utilizada fue:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Donde:

NIR = Reflectividad en el pixel i para la banda infrarrojo cercano.

Green = Reflectividad en el pixel i para la banda verde.

Cálculo del índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI).

Fue ejecutado para que se mejore la estimación de vegetación en áreas con cobertura baja o suelo desnudo, con esto, se minimizó la influencia del suelo en zonas semiáridas o con vegetación dispersa; se prosiguió la fórmula:

$$SAVI = \frac{(NIR - Red) \times (1 + L)}{NIR + Red + L}$$

Donde:

NIR = Reflectividad en el pixel i para la banda infrarrojo cercano.

Red = Reflectividad en el pixel i para la banda roja.

L: factor de corrección del suelo (0,5 típico).

Determinación del índice de Vegetación Mejorada (EVI). Se realizó para mejorar la sensibilidad del NDVI en áreas de vegetación densa y se redujo el efecto de atmósfera y suelo. La fórmula a proseguir fue:

$$EVI = 2,5 \times \frac{NIR - Red}{NIR + 6. Red - 7,5. Blue + 1}$$

Donde:

NIR = Reflectividad en el pixel i para la banda infrarrojo cercano.

Red = Reflectividad en el pixel i para la banda roja.

Blue = Reflectividad en el pixel i para la banda azul.

Cálculo del análisis de Componentes Principales (ACP). Se ejecutó para reducir la dimensionalidad de múltiples bandas o variables correlacionadas en las imágenes, resaltando patrones importantes. Para esto, se tomaron todas las bandas espectrales, se calculó las combinaciones lineales (componentes principales) que concentran la mayor varianza y se usaron las primeras componentes para clasificación, detección de cambios o realce de patrones. Con estas acciones se destacaron diferencias de vegetación, suelo, agua o áreas quemadas; facilitando la clasificación supervisada.

d) Exactitud temática del mapa

Validación con imagen Sentinel 2. Se utilizó una imagen Sentinel 2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A (SR) con una resolución espacial de 10 m x 10 m, y se descargó de mediante Google colab que paso un proceso mejorar la resolución de la imagen con el método Sentinel-2 Deep Resolution 3.0 (S2DR3) para obtener imagen de 1 m de resolución espacial. para contrastar los resultados encontrados en el mapa versus la imagen de resolución espacial alta, para lo cual se creó una capa de puntos de verificación siguiendo los siguientes pasos:

- **Método de muestreo** Se utilizó el método de muestreo aleatorio estratificado no alienado, por ser uno de los más utilizados en trabajos de verificación.
- **Muestra**

De acuerdo al protocolo de Evaluación de la exactitud temática publicado por el MINAM (2014), para determinar la cantidad de puntos que fueron usados en este proceso se empleó la fórmula que fue establecida por Cochran, 1977, citado por MINAM (2014), dónde se establece que estadísticamente el número de puntos de verificación depende de tres variables:

S: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

p: indica el porcentaje de aciertos estimados (establecido por el área de la clase)

q: porcentaje de errores estimados ($q=1-p$)

E: nivel permitido de error

$$N = \frac{S^2 * p * q}{E^2}$$

Para calcular la cantidad de puntos de verificación para el presente estudio se tuvo en cuenta los siguientes criterios: Rango de confianza (S) de 95%, con un valor de 1.96, Porcentaje de aciertos (p) de 95% que corresponde al porcentaje que representa cada clase, Porcentaje de errores estimados (q) de 5% y el nivel permitido de error (E) de 5%

e) Análisis de datos

Matriz de confusión. Los datos se analizaron a través de una matriz de confusión, que determinó la exactitud global del mapa, exactitud del usuario y exactitud del productor. En esta matriz las filas representaron las clases del mapa y las columnas las clases de la imagen. La diagonal de la matriz expresó el número de verificaciones para los cuales hubo concordancia entre el mapa y la imagen, mientras los marginales indican la exactitud del productor y del usuario.

Métrica para evaluar la precisión del Mapa (Índice de Kappa). Al analizar la información de los puntos, fueron construidos métricas e instrumentos de evaluación, como la matriz de confusión que calificó al producto. La exactitud temática de los mapas de coberturas se midió mediante la comparación de coberturas que se visualizó en la imagen de alta resolución espacial Sentinel-2 Deep Resolution 3.0 (S2DR3) con 1 m de resolución espacial que se descargó de Google colab. Para determinar la exactitud del mapa, se utilizó la fórmula del índice de Kappa, que es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación y la exactitud de lograr una clasificación correcta con la imagen de alta resolución se utilizó la Fórmula:

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

Donde:

Po: Número de aciertos/ Número total de clases

Pe: se calcula desde la matriz de confusión.

Para la interpretación se verifico con los grados de concordancia del índice de kappa

Tabla 5. Valores de clasificación del Índice de Kappa.

Valor del índice	Grado de concordancia
Menores a 0,01	Mala
Entre 0,01 hasta 0,20	leve
Entre 0,21 hasta 0,40	Aceptable
Entre 0,41 hasta 0,60	Moderada
Entre 0,61 hasta 0,80	Considerable
Entre 0,81 hasta 1,00	Casi perfecta

Fuente: Valoración del coeficiente kappa (Cohen, 1960).

Validación en campo. Se realizó salidas al campo, que consistió en verificar 40 puntos (coordenadas) en el mismo lugar si las clases de coberturas correspondían a las descritas en el mapa. En este proceso se utilizó el método de muestreo sistemático estratificado no alienado para la dispersión de los puntos en campo, teniendo en cuenta su accesibilidad para disminuir costos.

Para el proceso de validación, del total de 278 puntos distribuidos en el área de estudio el 80% fue para la clasificación y un 20% fue para la validación, obteniendo 40 puntos de verificación para los diferentes tipos de coberturas clasificadas.

Cálculo de la cobertura boscosa

Para la clasificación de coberturas se prosiguió la metodología propuesta por el MINAM (2014), donde se realizó la clasificación supervisada de cada imagen satelital, definiendo primero la cobertura del año 2003 y luego progresivamente de los años siguientes. Para la clasificación de cada imagen se realizó sitios de entrenamiento con la que se identificó la clase de cobertura terrestre en la imagen entera.

La clasificación de la cobertura terrestre se basó con el algoritmo Random Forest y es un algoritmo de clasificación supervisada, por lo que necesita de la creación de muestras de entrenamiento para cada clase de cobertura a clasificar, para que el algoritmo identifique áreas similares en toda el área de estudio. Las muestras de entrenamiento fueron creadas de forma manual sobre las métricas y en base a la interpretación visual, como información auxiliar para la creación de áreas de entrenamiento se usó la imagen de alta resolución espacial Sentinel-2 Deep Resolution 3.0 (S2DR3) con 1 m de resolución espacial. y otros datos satelitales disponibles.

3.2.2.2. Estimación de la tasa de cambio de la cobertura boscosa

La tasa de cambio de cobertura boscosa se estimó mediante la fórmula (FAO, 1996):

$$TC(\%) = \left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

Siendo:

Tc = Tasa de cambio

$S1$ = Superficie en año inicial

$S2$ = superficie del año final

n = Diferencia de tiempo en años (final – inicial)

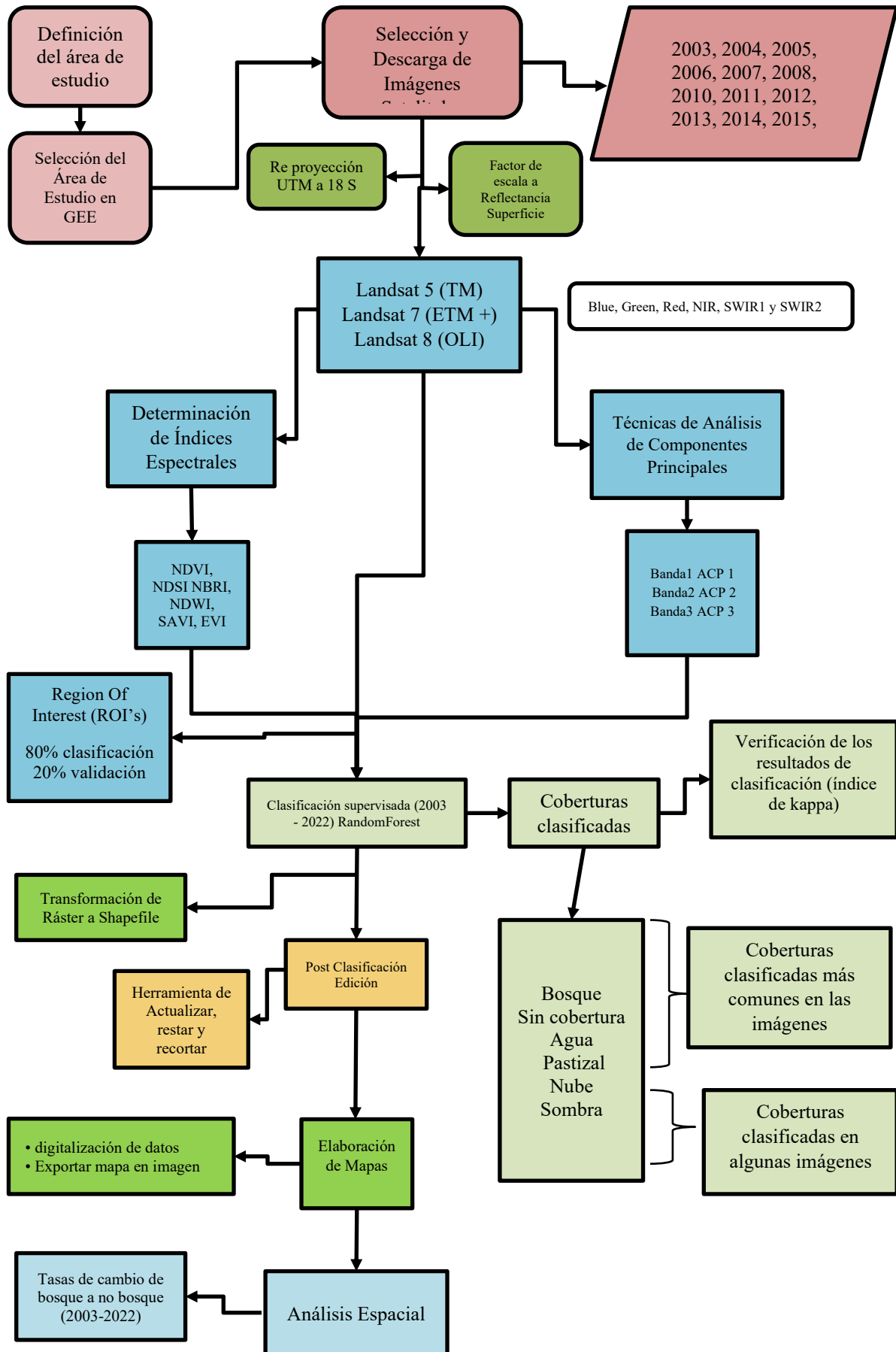


Figura 3. Organigrama secuencial para la obtención de los resultados.

3.2.2.3. Enfoque del estudio

El estudio estuvo enmarcado en un enfoque cuantitativo, debido a que se utilizó datos numéricos vinculados a las áreas de bosque y no bosque, además se hizo uso de la estadística (Hernández et al., 2014) para alcanzar las conclusiones.

3.2.2.4. Diseño del estudio

Se empleó un diseño longitudinal de tipo panel (Hernández et al., 2014), debido a que se utilizó la misma concesión para ser medido en todos los años durante el periodo desde el año 2003 al 2022.

La investigación se caracterizó por desarrollarse prosiguiendo un diseño no experimental de tipo longitudinal debido a que consistió en realizar observaciones anuales de los cambios ocurridos empleando un software con la que se vio el comportamiento de la variable en estudio por un periodo de tiempo prolongado. Asimismo, consistió en recopilar los datos por medio del procesamiento de cada imagen satelital en el entorno de Jupyter Notebook que interactúa Google Earth Engine con Python, así como el software QGIS 3.22.5, con la cual se analizó la deforestación a través del tiempo.

3.2.2.5. Tipo de estudio

El estudio fue de tipo aplicado (Vizcaíno et al., 2023), ya que se centró en la aplicación práctica del conocimiento científico para resolver problemas como en este caso fue poder conocer la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos – Codo de Pozuzo – Huánuco.

3.2.2.6. Nivel de estudio

La investigación fue de nivel descriptivo (Supo y Zacarías, 2020), debido a que se describió los cambios de cobertura teniendo en consideración circunstancia como lo temporal (2003 al 2022) y geográfica (concesión forestal en estudio).

3.2.2.7. Variable de estudio y operacionalización

Y: Cobertura boscosa

En la **Tabla 4**, se consigna la variable de estudio acompañada de cada dimensión e indicador, teniendo en consideración que es un estudio longitudinal.

Tabla 6. Variables, dimensiones e indicadores que intervienen en el estudio.

Variable	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Cobertura boscosa	Espacial	Superficie con vegetación	Hectárea	Cuantitativa continua
	Temporal	Tasa de cambio	Porcentaje	Cuantitativa continua

3.2.2.8. Población

Una población se caracteriza por ser un conjunto de la totalidad de casos concordantes a una determinada cantidad de especificaciones (Hernández et al., 2014). En la presente investigación, se consideró como población al área total de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos que abarcó una superficie de 7 700 ha. Debido a que el estudio abarcó la totalidad del área de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos, no se tuvo muestra ni muestreo en la presente investigación.

3.2.2.9. Técnicas, instrumentos y análisis de datos

La técnica de recolección de datos utilizada al ejecutar la presente investigación fue la observación de cada imagen satelital descargada entre los años 2003 al 2022 en el entorno de Jupyter Notebook con código de Google Earth Engine con Python.

El instrumento para recolectar los datos estuvo referido al entorno de Jupyter Notebook y Google Earth Engine con Python, el software QGIS 3.22.5, y Microsoft Excel donde se realizaron las tablas en que se anotaron el valor de áreas deforestadas. En esencia, Jupyter Notebook proporcionó el entorno donde se pudo escribir y ejecutar el código para interactuar con GEE, que es la fuente de los datos y el poder de procesamiento de los datos.

El análisis de los datos fue cuantitativos a través de la estadística descriptiva, donde hubo implicancia de cada punto de verificación dentro del campo de clasificación de la cobertura boscosa. Con fines de que se conozcan los resultados de dicho análisis se hizo uso del entorno de Jupyter Notebook de Google Earth Engine con Python y el QGIS 3.22.5 que son programas que permitieron que se realicen las tablas y figuras estadísticas sin que se conozca la mecánica para realizar el cálculo ni la sintaxis de cada comando del sistema, asimismo fue favorable en el momento de que se organizaron y analizaron los respectivos datos. Se obtuvo datos ordenados, cálculo de datos nuevos y se realizó distintos análisis estadísticos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculo de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos

La evolución anual de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos, muestra una tendencia sostenida de reducción del área de bosque entre los años 2003 y 2022. En el año 2003, se registró una cobertura boscosa de 7572,7 ha, mientras que para el año 2022 esta se redujo a 5201,0 ha, lo que representa una pérdida acumulada de 2371,7 ha a lo largo del periodo de análisis (**Tabla 7** y **Figuras 4** y **5**). Este comportamiento refleja una disminución progresiva de los recursos forestales, probablemente relacionada con presiones antrópicas y cambios en el uso del suelo.

Tabla 7. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2022 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Años	Cobertura de bosque (ha)	Pérdida de bosque (ha)	Pérdida (%)
2003	7572,7	15,95	0,21
2004	7552,7	19,95	0,26
2005	7533,8	18,94	0,25
2006	7526,3	7,47	0,10
2007	7496,1	30,18	0,40
2008	7481,6	14,49	0,19
2010	7352,2	129,47	1,73
2011	7213,2	138,94	1,89
2012	7132,8	80,43	1,12
2013	6952,8	179,99	2,52
2014	6801,6	151,17	2,17
2015	6677,8	123,85	1,82
2016	6402,1	275,66	4,13
2017	6241,7	160,47	2,51
2018	6147,1	94,59	1,52
2019	5869,6	277,44	4,51
2020	5740,9	128,69	2,19
2021	5552,8	188,13	3,28
2022	5201,0	351,83	6,34

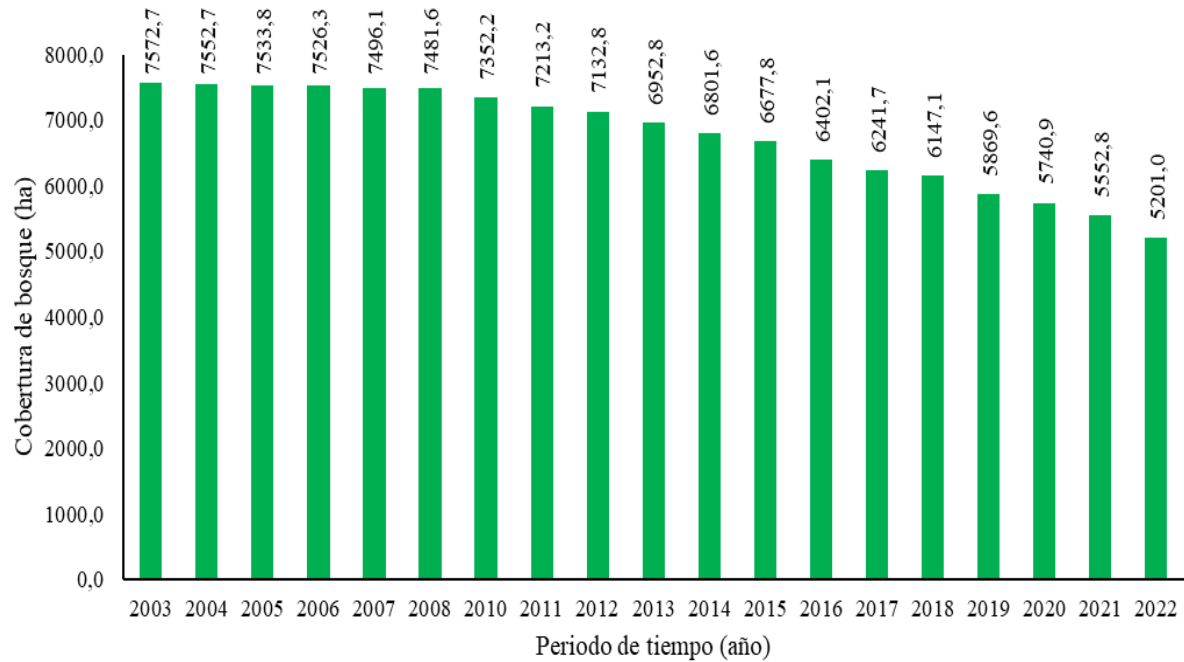


Figura 4. Cobertura boscosa (ha) en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

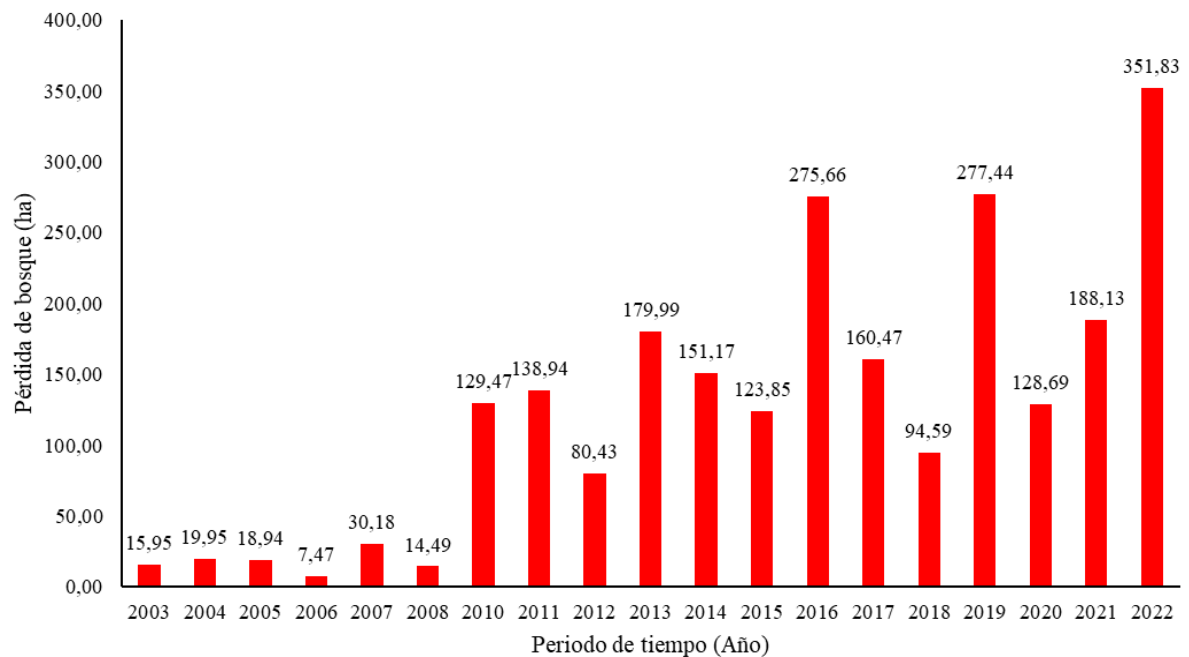


Figura 5. Pérdida de cobertura boscosa (ha) en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

El comportamiento en el territorio analizado, muestra la evolución del área de bosque y la pérdida acumulada de bosque en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos entre 2003 y 2022. La línea verde representa el área boscosa, que inicia cerca de

7 572,7 ha en 2003 y presenta una disminución constante a lo largo del periodo, alcanzando aproximadamente 5 201,0 ha en 2022. La línea roja indica la pérdida acumulada de bosque, comenzando con valores mínimos en 2003 y aumentando progresivamente, especialmente después de 2010, hasta superar las 2 387,63 ha en 2022. La tendencia refleja un proceso sostenido de deforestación, con aceleración visible en la segunda mitad del periodo (**Figura 6**). El patrón sugiere que la cobertura forestal ha sido reducida de forma continua, mientras que la pérdida acumulada ha crecido de manera casi exponencial en los últimos años.

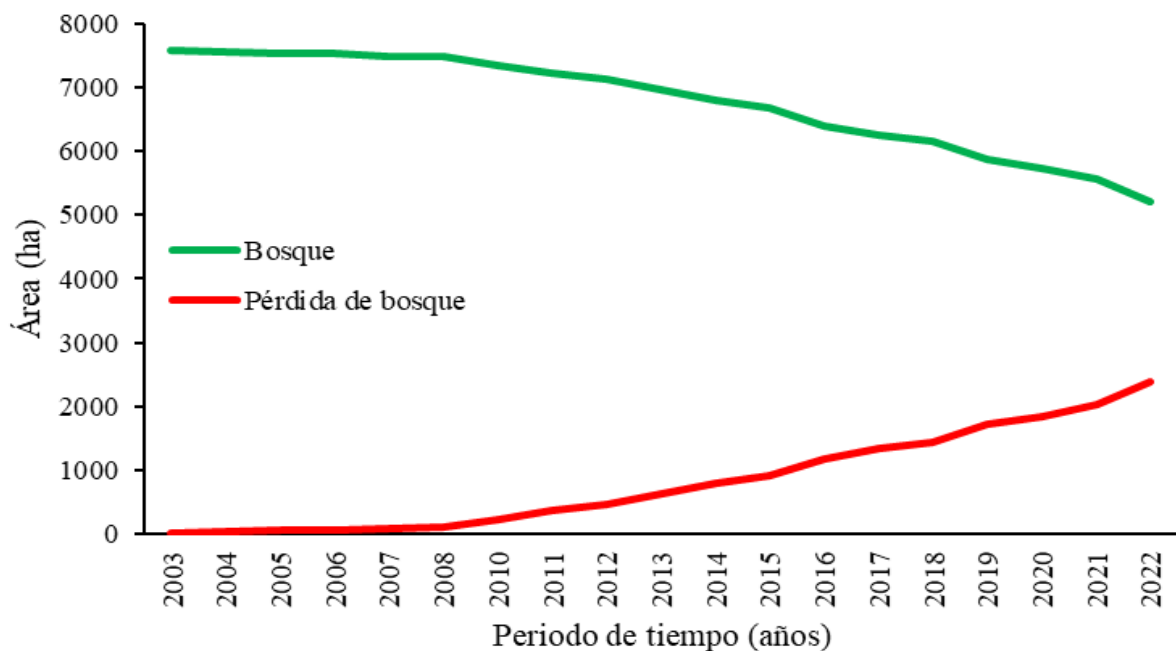


Figura 6. Comportamiento de la cobertura y pérdida de bosque en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

La tendencia observada en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos entre 2003 y 2022 (**Figura 6**), caracterizada por una disminución sostenida de la cobertura boscosa y un aumento progresivo de la pérdida acumulada, presenta similitudes con los patrones reportados por Valle-Basto et al. (2023) en la provincia de Tambopata, región Madre de Dios. En ambos casos, la deforestación no solo es constante, sino que se intensifica en determinados periodos, lo que sugiere la ocurrencia de eventos o actividades puntuales que aceleran la pérdida de bosque. Al igual que en Madre de Dios, donde las concesiones forestales no han garantizado la conservación del bosque debido a cambios de uso no autorizados y a un marco normativo debilitado, la situación en Codo de Pozuzo podría estar influenciada por factores similares. La falta de control y monitoreo efectivos puede permitir que las áreas

destinadas a servicios ambientales sean objeto de intervenciones para agricultura, pastoreo u otros fines, reduciendo su capacidad de conservación.

Este paralelismo evidencia que los problemas de deforestación en concesiones forestales no son casos aislados, sino que responden a una problemática estructural que combina debilidades normativas, insuficiente fiscalización y presiones económicas sobre el territorio. Por tanto, para revertir la tendencia observada en la concesión estudiada, es necesario fortalecer los mecanismos de gobernanza forestal, garantizar la aplicación efectiva de la normativa y promover estrategias integrales de manejo sostenible que permitan conservar la cobertura boscosa a largo plazo.

Durante los primeros cinco años del periodo (2003–2007), la pérdida de bosque se mantuvo en niveles relativamente bajos y estables, con valores anuales de pérdida entre 7,47 ha y 30,18 ha (**Tabla 7** y **Figuras 7 a 11**). Esto sugiere que, en esa etapa inicial, la presión sobre la cobertura boscosa fue moderada, permitiendo una conservación relativamente adecuada del ecosistema forestal.

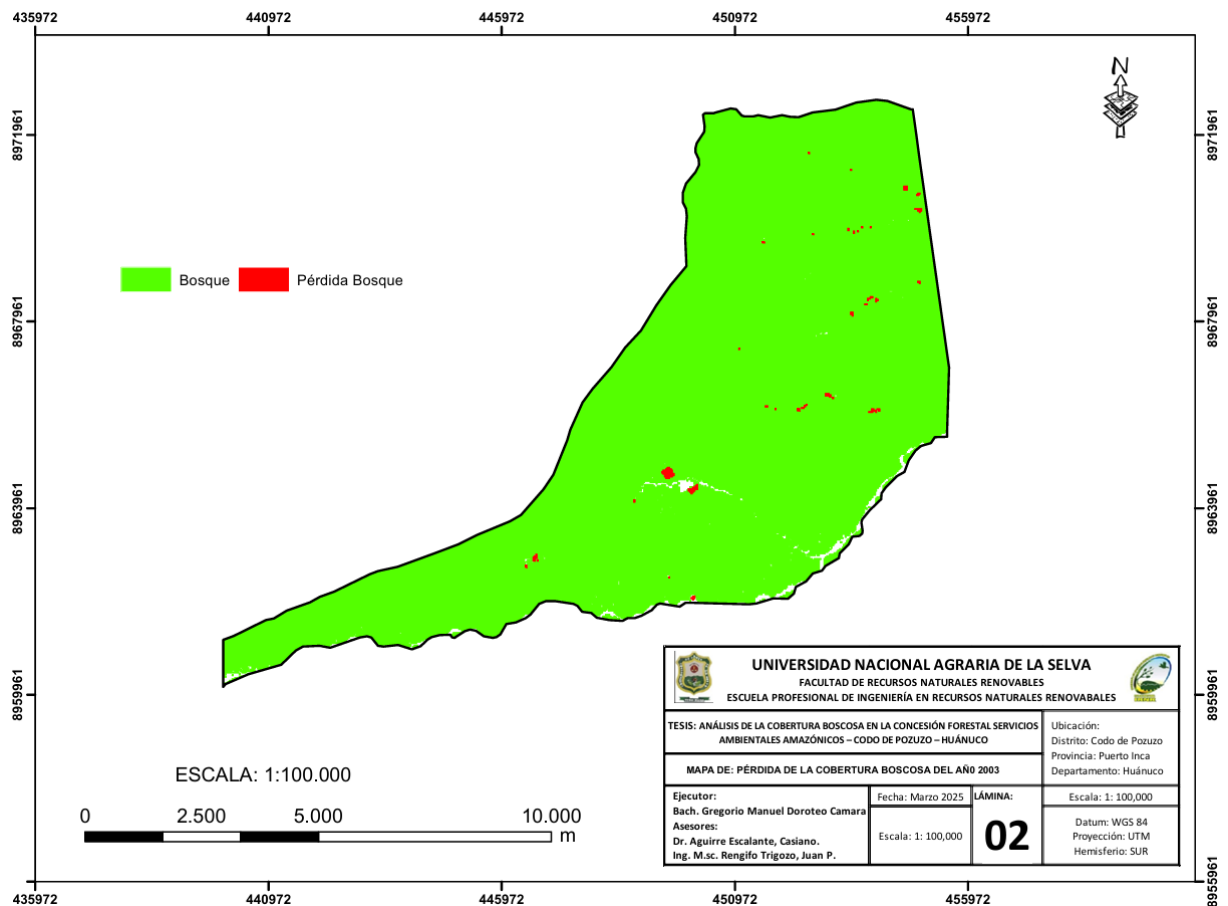


Figura 7. Cobertura y pérdida de bosque al año 2003 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

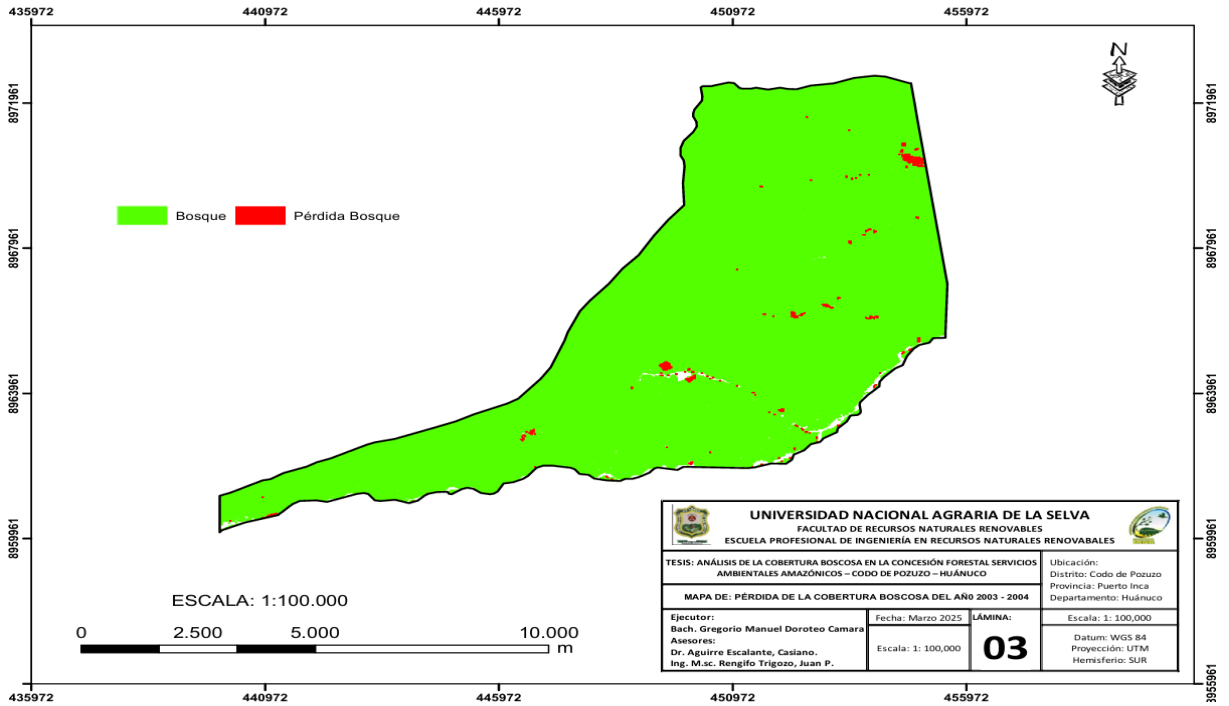


Figura 8. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2004 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

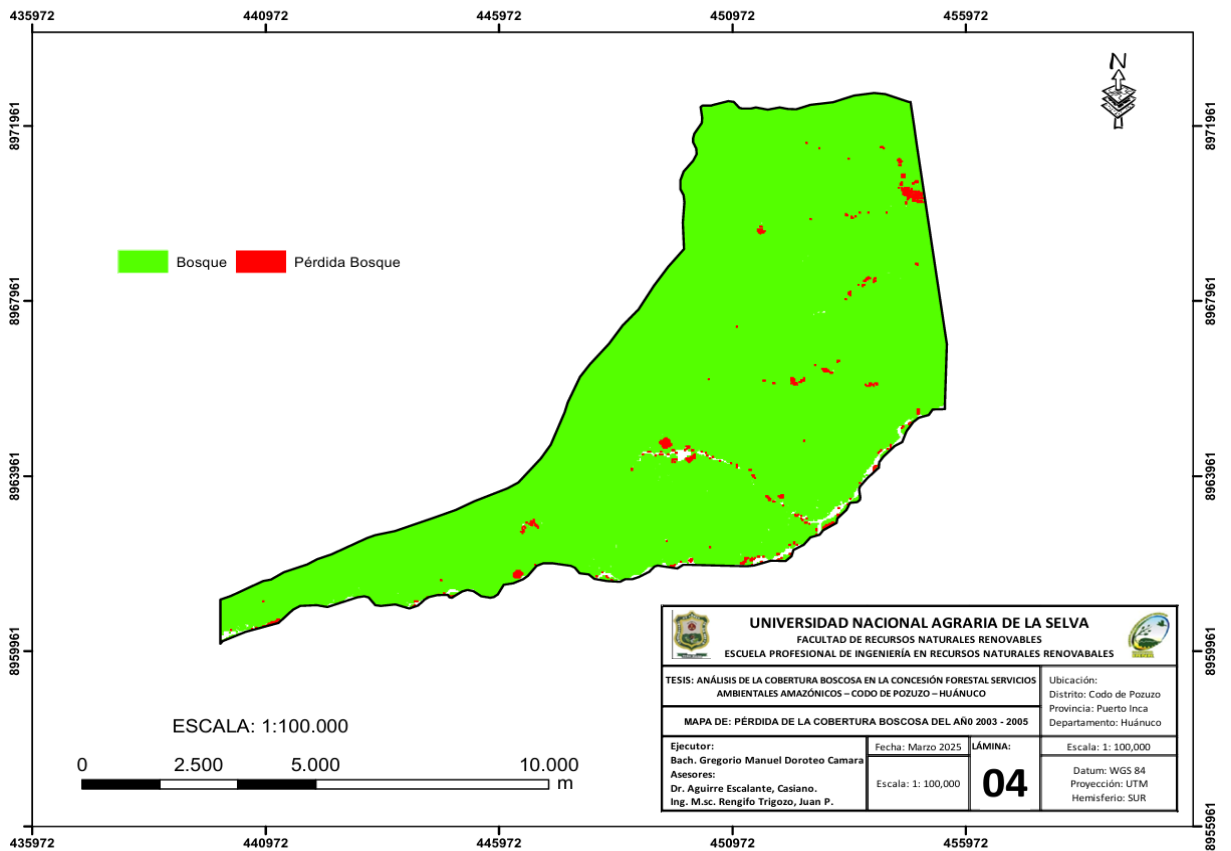


Figura 9. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2005 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

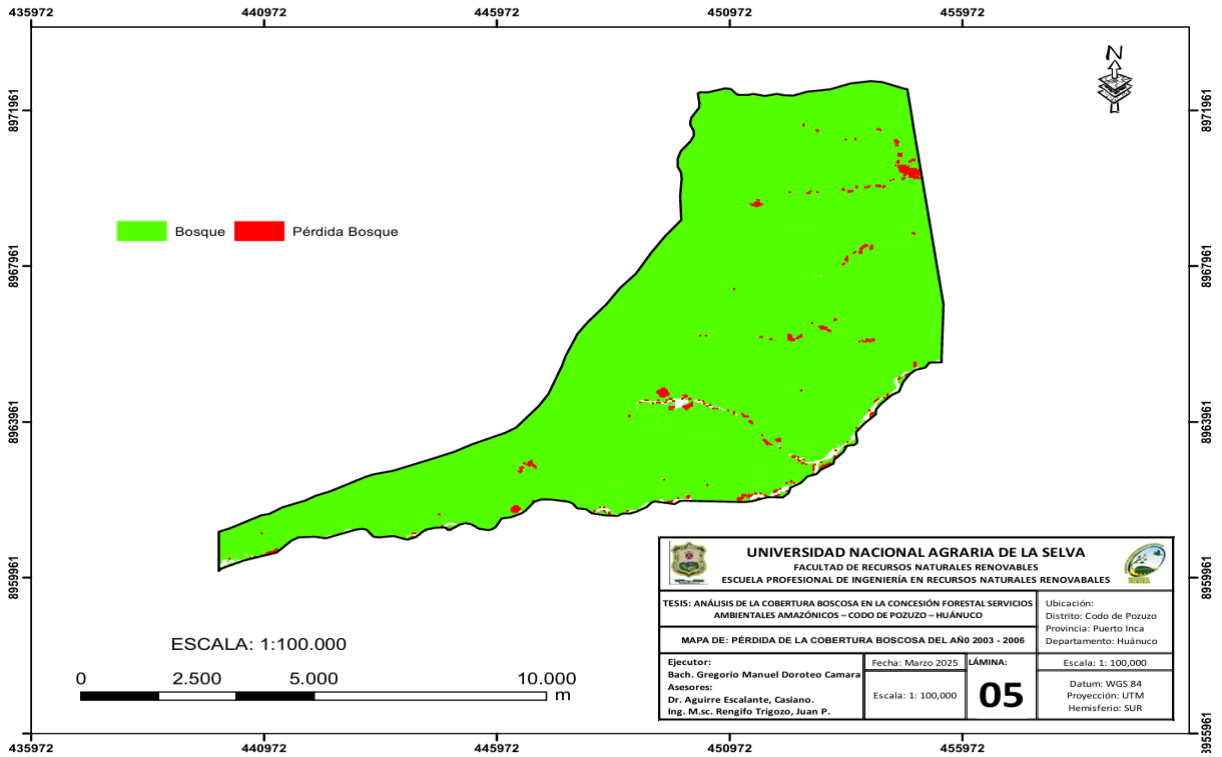


Figura 10. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2006 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

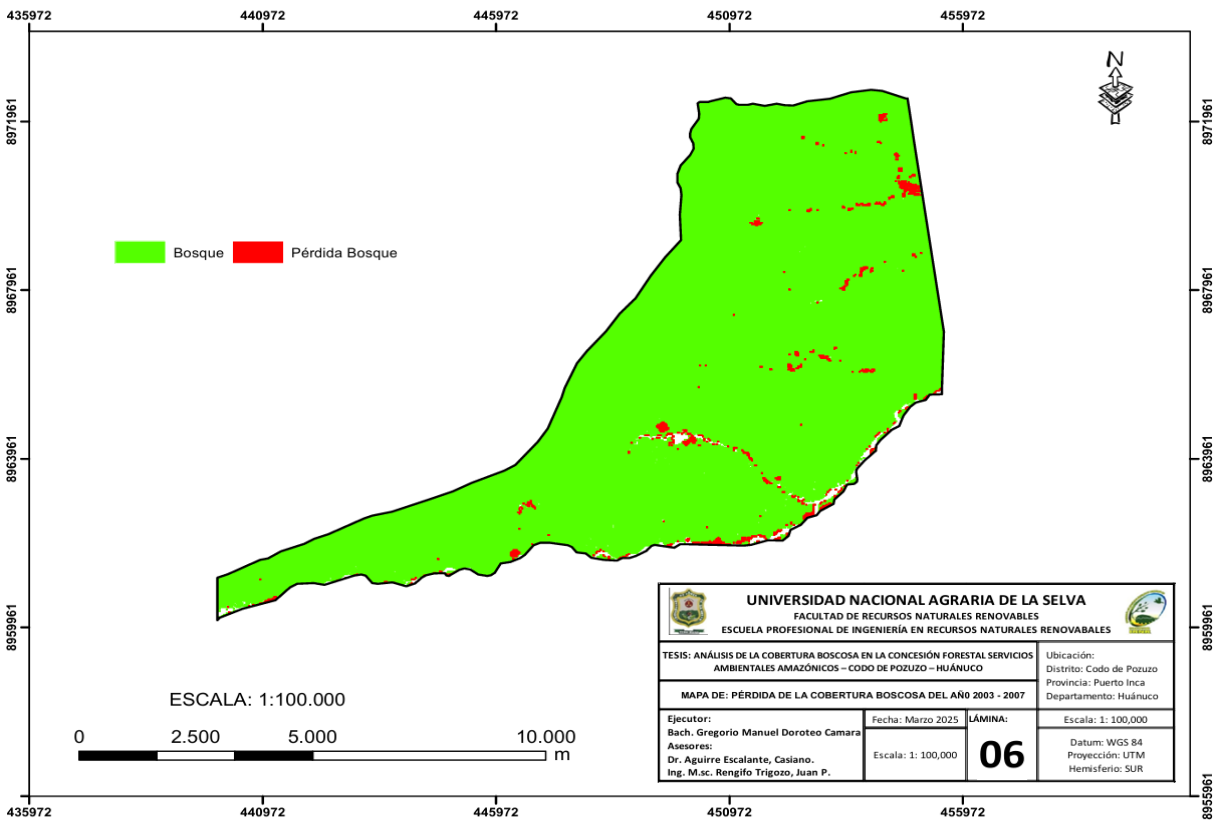


Figura 11. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2007 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

No obstante, a partir del año 2008 (Tabla 7 y Figura 12), se empiezan a observar variaciones más significativas, con incrementos graduales en la tasa de pérdida. Cabe señalar que en 2008 la pérdida fue de 14,49 ha, un valor bajo pero que precede a un cambio más drástico en los años siguientes.

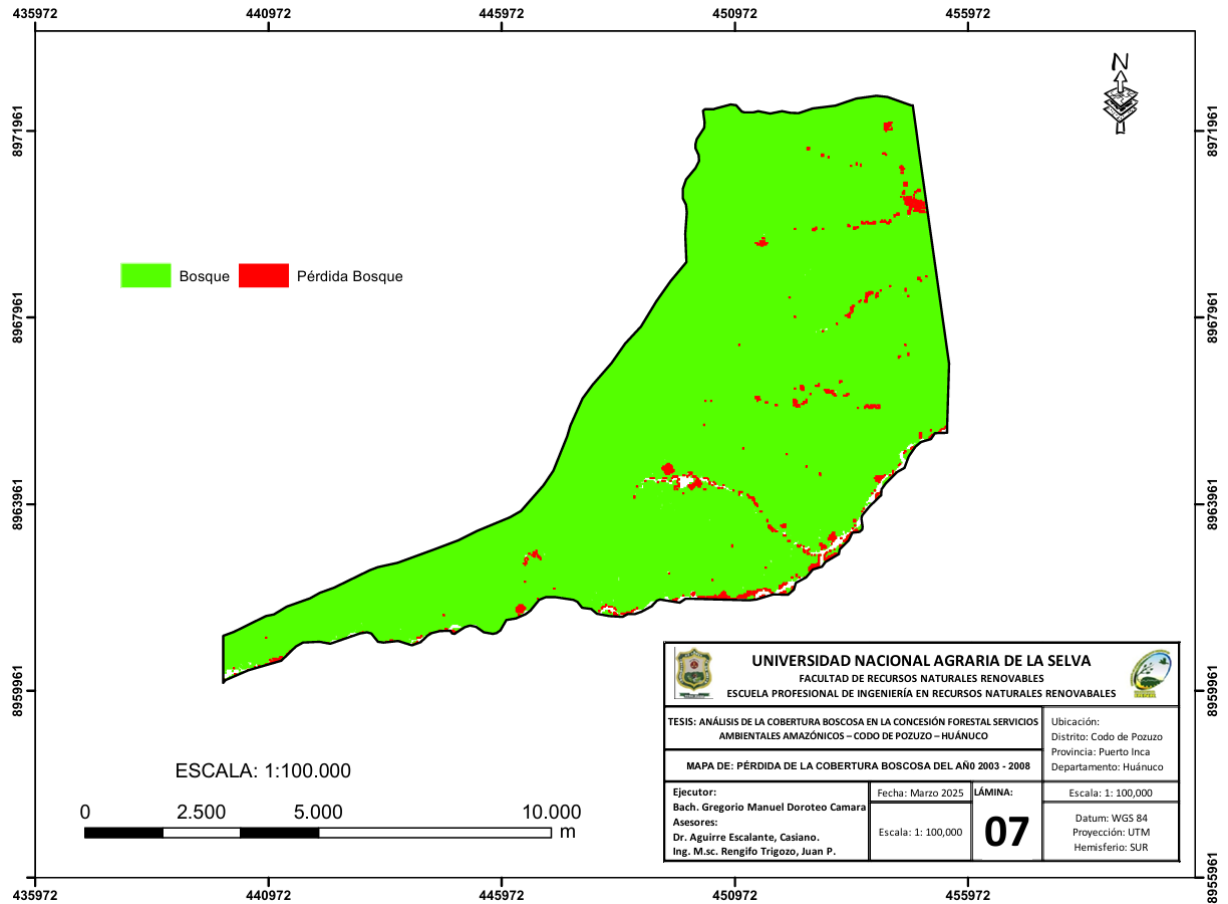


Figura 12. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2008 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

A partir del año 2010 se registra una etapa crítica de pérdida acelerada de cobertura forestal, iniciando con una deforestación de 129,47 ha, que continúa en ascenso en los años posteriores. En 2011, la pérdida aumentó a 138,94 ha, y en 2013 alcanzó los 179,99 ha (Tabla 7 y Figuras 13 al 16). Estos valores reflejan un incremento sostenido en la tasa de deforestación, indicando probablemente un mayor nivel de intervención humana dentro de la concesión, ya sea por actividades de tala, expansión agrícola o apertura de caminos. Esta tendencia se mantiene en los años siguientes, consolidando una etapa de deterioro progresivo del bosque.

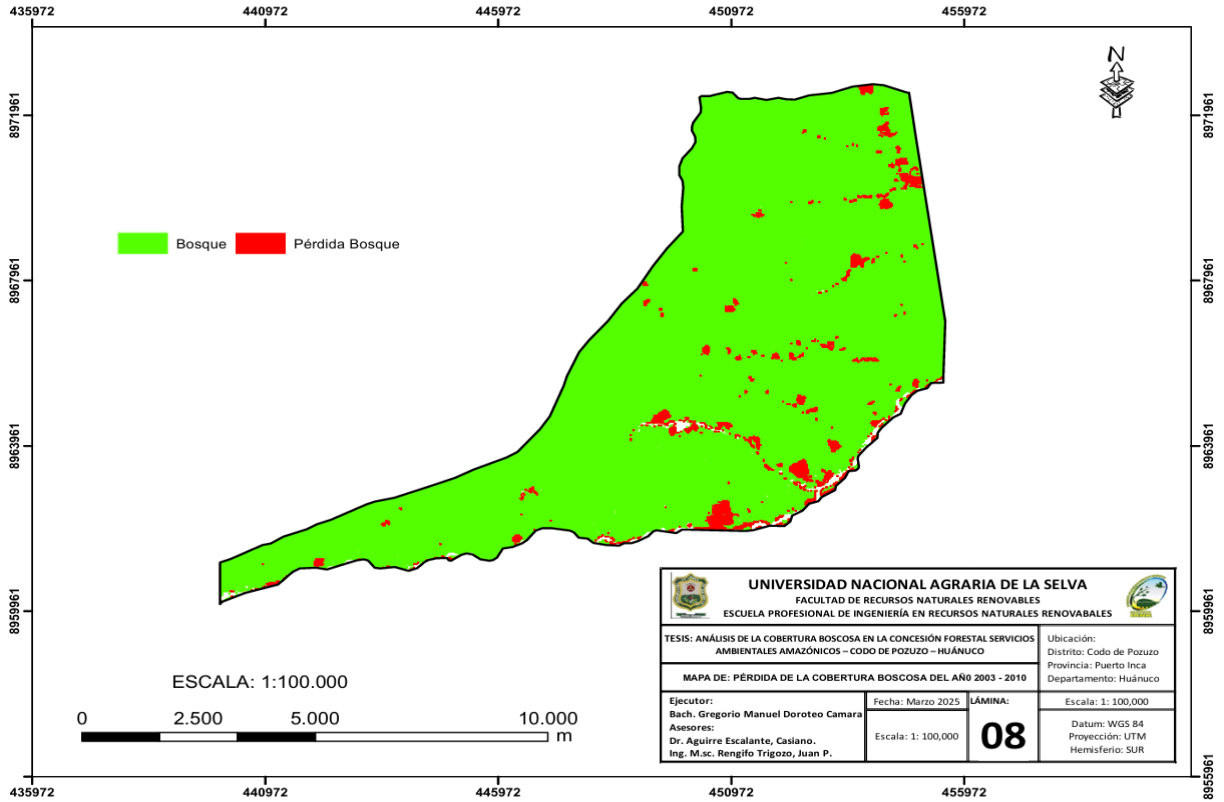


Figura 13. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2010 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

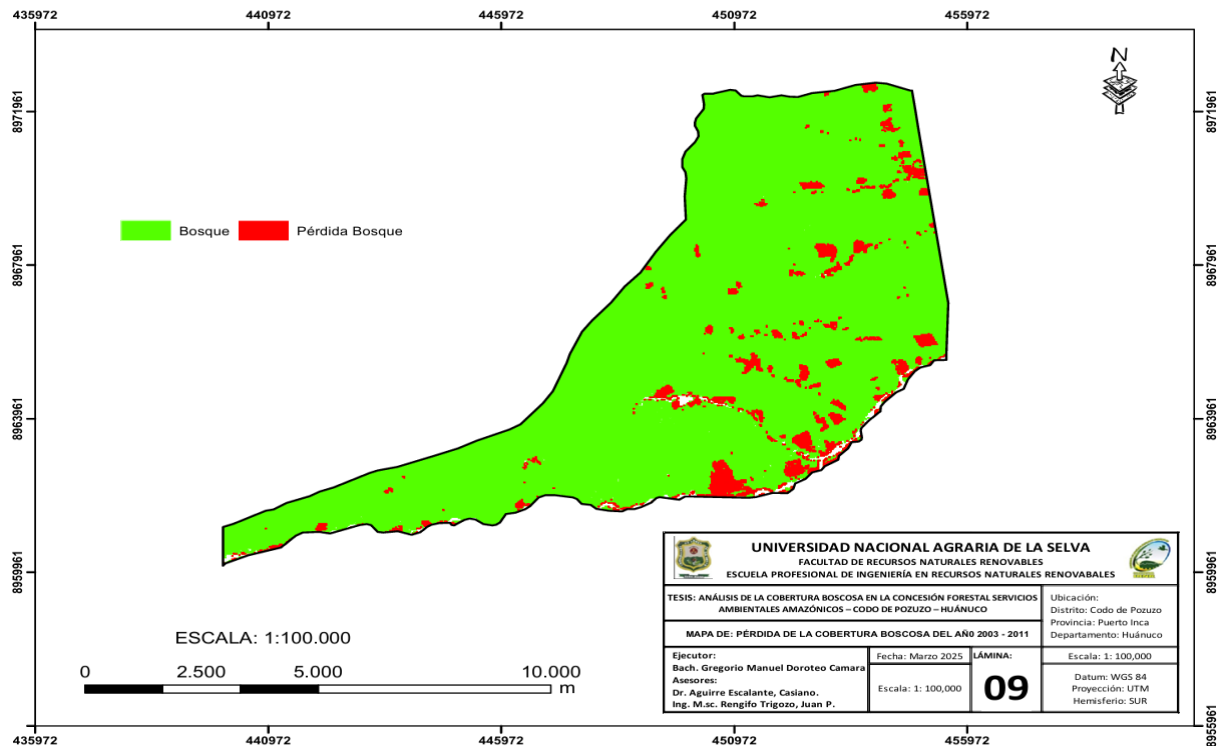


Figura 14. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2011 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

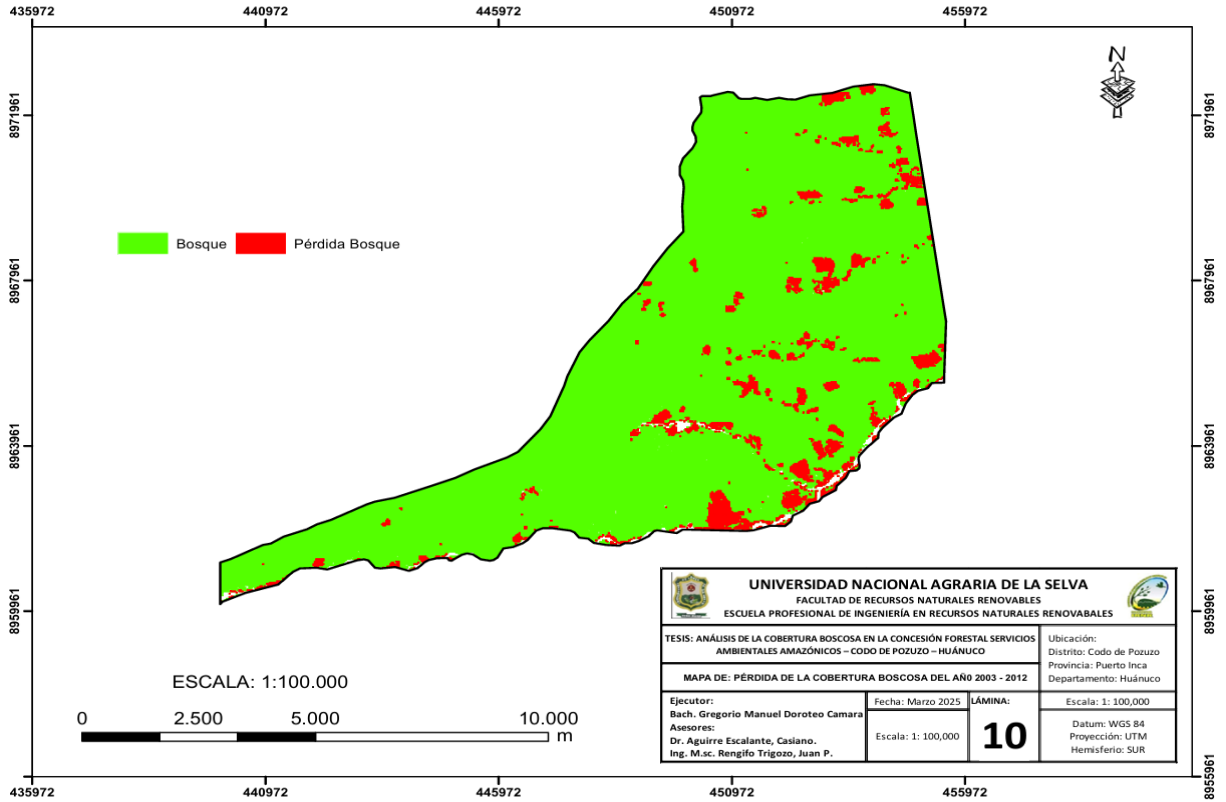


Figura 15. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2012 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

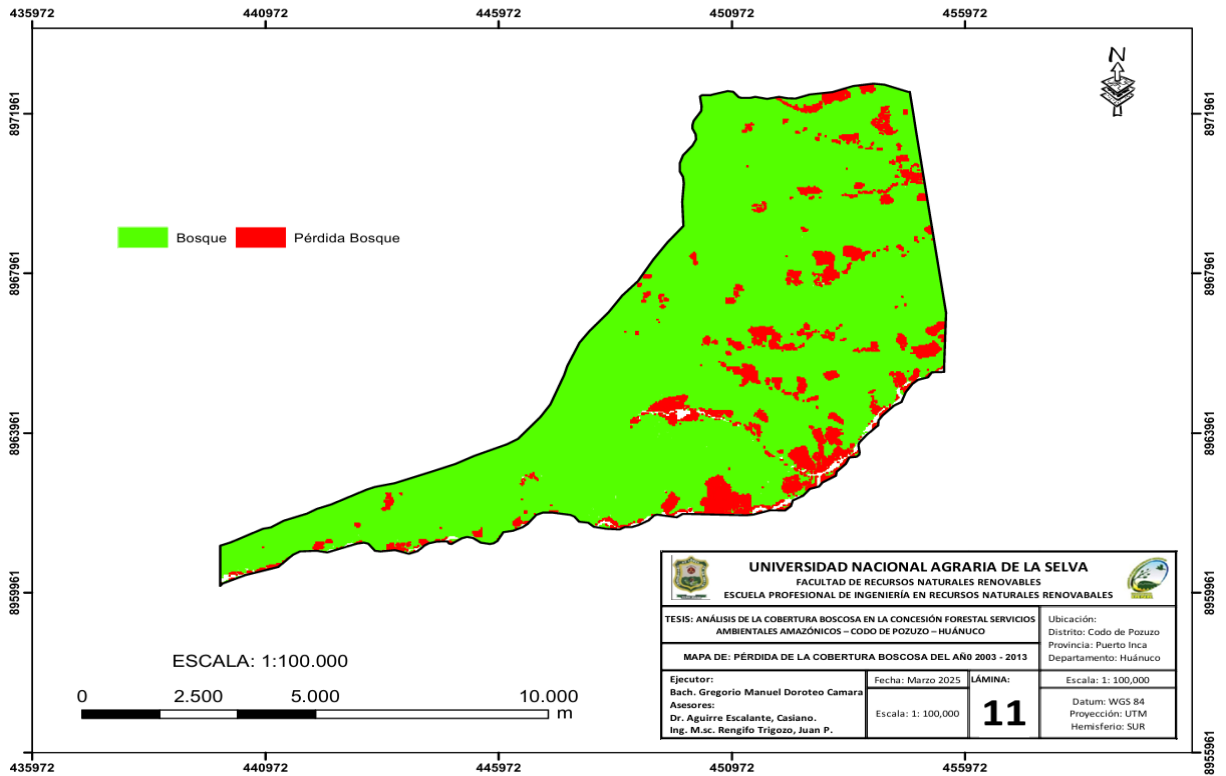


Figura 16. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2013 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

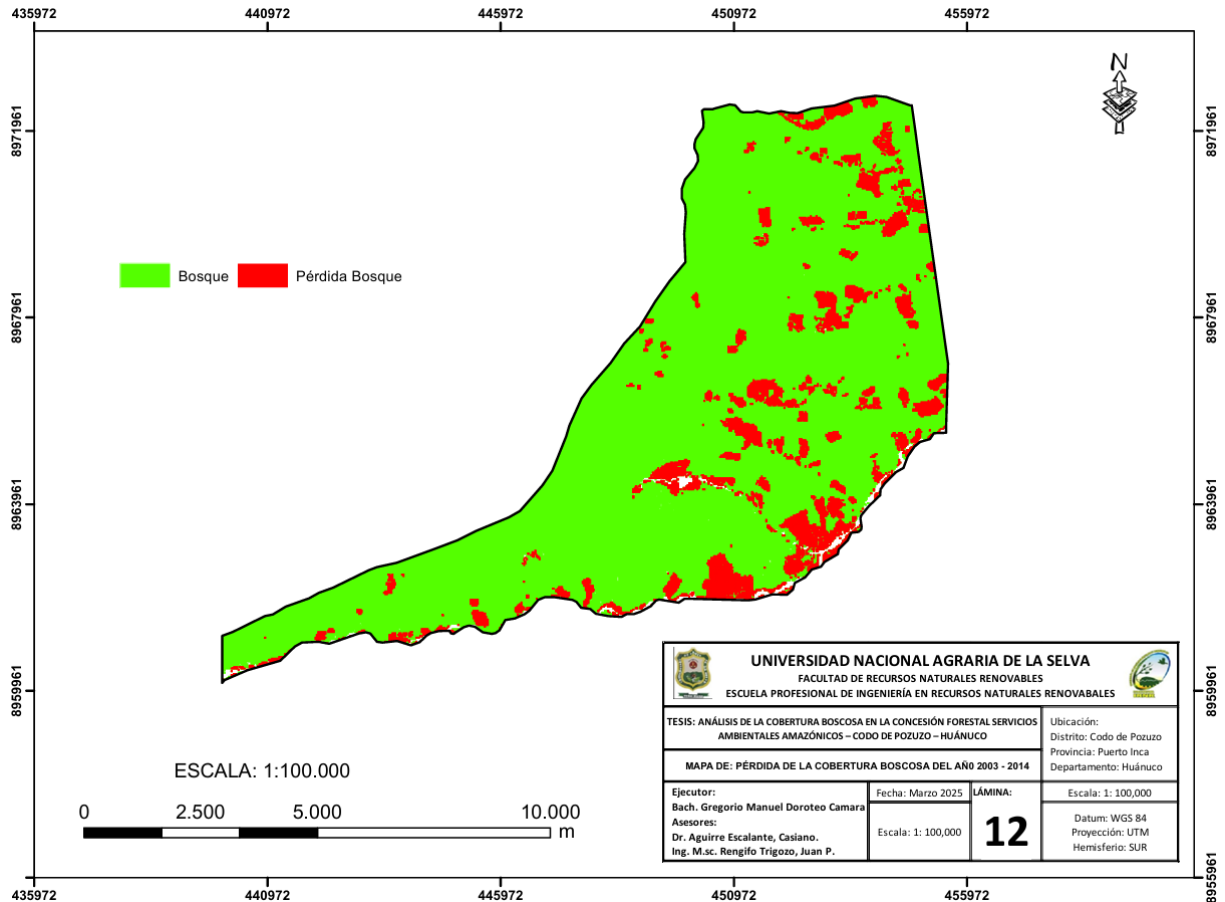


Figura 17. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2014 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

El registro de una pérdida de 123,85 ha de cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos durante el año 2015 (**Tabla 7** y **Figura 18**) podría estar vinculado a dinámicas similares a las identificadas por Alvarado (2019) en concesiones forestales de la región Ucayali para el mismo periodo. Dicho autor evidenció que la tala ilegal se ve favorecida por la ausencia de un sistema de información actualizado, la baja presencia y capacidad operativa de las autoridades de control forestal, así como la inexistencia de políticas efectivas de protección ambiental; como antecedente sobre la baja capacidad operativa de las autoridades se contrasta a lo ocurrido en la concesión en estudio, en donde se emitía cartas (**Figura 33** del Anexo) colocando como sumilla “Reitero y se pone en conocimiento la creación de caseríos dentro de las concesiones forestales”.

En este sentido, la pérdida significativa de bosque en la concesión analizada podría obedecer no solo a presiones productivas internas, sino también a un contexto institucional débil que limita la capacidad de fiscalización y seguimiento. Este escenario favorece la extracción no autorizada y el cambio de uso del suelo, comprometiendo la

sostenibilidad del recurso. Tal como advierte Alvarado (2019), mientras persistan deficiencias estructurales en la gobernanza forestal, será difícil revertir la tendencia de pérdida de cobertura, incluso en concesiones formalmente establecidas para un manejo sostenible.

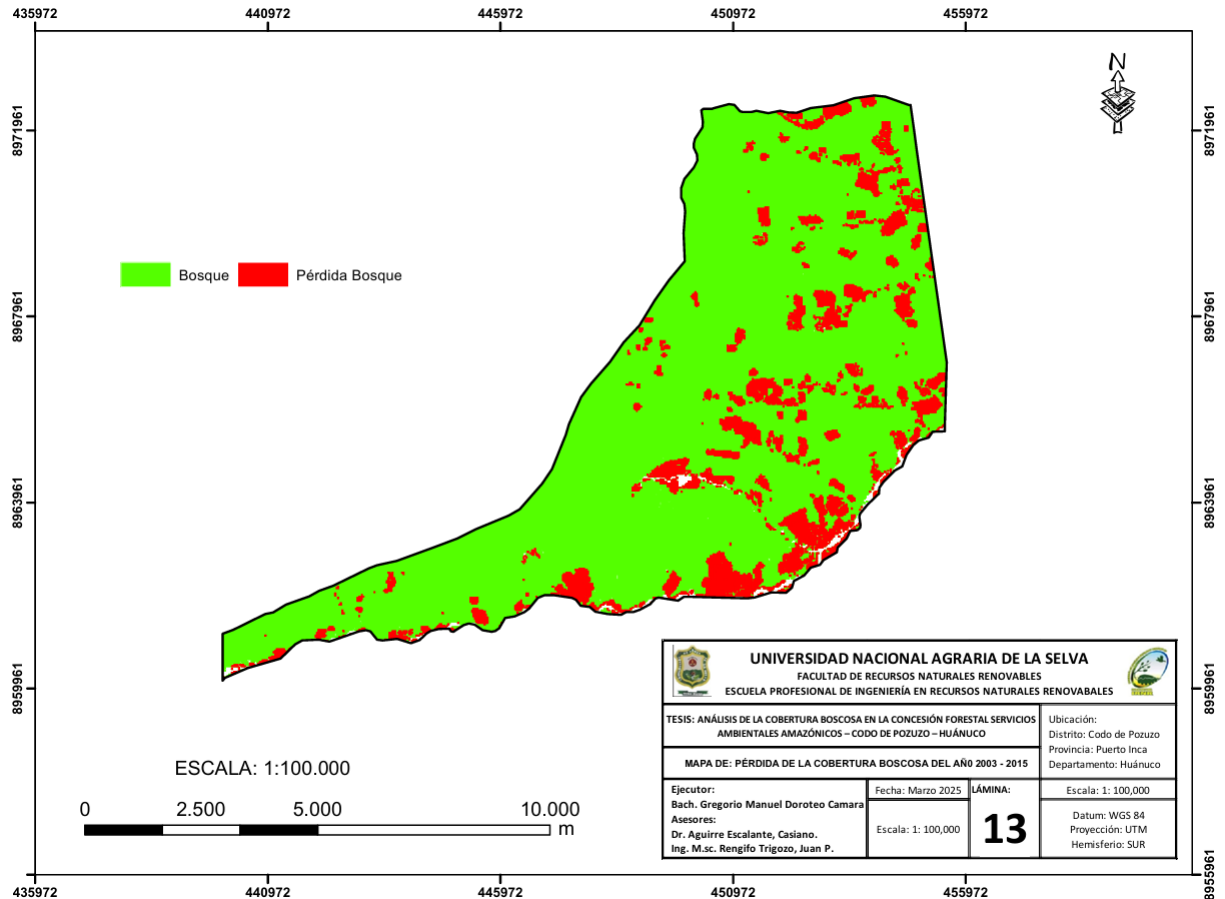


Figura 18. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2015 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Uno de los picos más altos en pérdida de bosque se registra en el año 2016 (**Tabla 7 y Figura 19**), con 275,66 ha deforestadas, seguido de valores significativos en 2017 (160,47 ha), 2019 (277,44 ha) y 2021 con 188,13 ha (**Tabla 7 y Figura 20, 22 y 24**). Sin embargo, el año con la mayor pérdida registrada en todo el periodo fue 2022, con 351,83 hectáreas de bosque perdidas (**Tabla 7 y Figura 25**), lo que marca una alarmante intensificación de la deforestación. Esta cifra es indicativa de una presión creciente sobre los recursos forestales en los últimos años, y podría estar asociada a un debilitamiento en la gestión y control del territorio o a una expansión no planificada de actividades productivas como la ganadería (**Figura 30** del Anexo). El patrón de pérdida de bosque registrado en la concesión, refleja una intensificación reciente de la deforestación que guarda similitudes con las tendencias observadas por Rosero

(2021) en la subcuenca del río Ambi en el Ecuador por contener medios similares como es la selva baja. En dicho estudio, las principales causas del cambio de cobertura fueron la expansión agrícola y ganadera, las cuales aumentaron la presión sobre los ecosistemas naturales, generando fragmentación y degradación del hábitat.

En la concesión analizada, la suposición de que la ganadería (**Figura 30** del Anexo) es un motor clave de la pérdida de bosque encuentra sustento al compararse con el incremento del 15,87 % de áreas ganaderas reportado por Rosero (2021) por tener ecosistemas similares. Además, la coincidencia en que estas actividades productivas se desarrollan sin una planificación territorial adecuada sugiere que la deforestación no responde únicamente a factores locales, sino a un patrón regional más amplio de uso ineficiente y no sostenible del suelo. Tal como advierte el caso ecuatoriano, de no fortalecerse la gestión territorial y el control de un determinado lugar como es una concesión o cuenca, es previsible que el avance de áreas antrópicas continúe fragmentando el bosque, reduciendo su capacidad para mantener biodiversidad y servicios ecosistémicos a largo plazo.

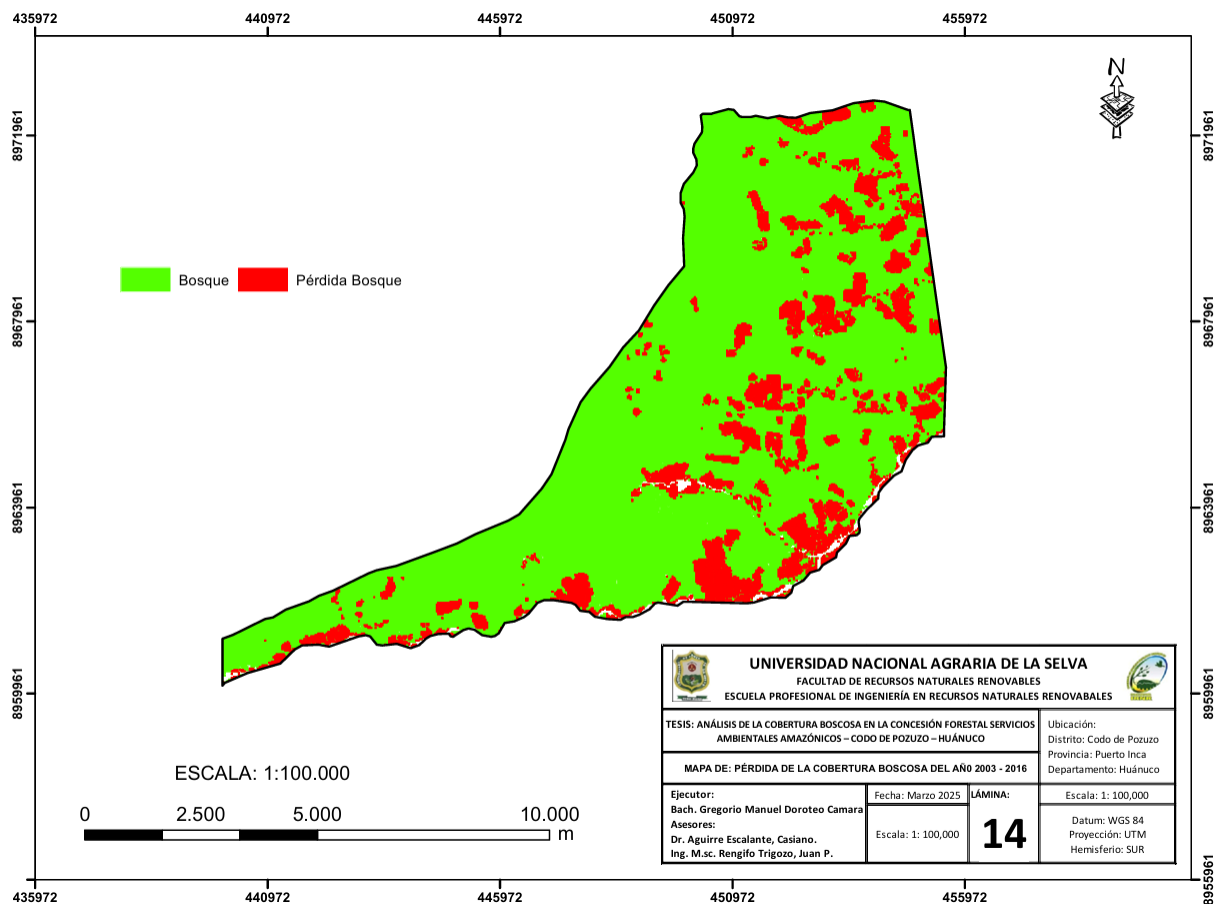


Figura 19. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2016 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Las evidencias de pérdida de bosques en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos se hicieron más evidentes cuando se reportó el transporte de madera por personas ajenas a la entidad concesionaria. Estos hechos, registrados en el año correspondiente, motivaron la presentación de denuncias ante las autoridades competentes. Entre los casos más relevantes destaca el uso indebido de la carretera por transportistas que movilizaban productos forestales maderables cuya procedencia no correspondía al área concesionada (**Figura 31** del Anexo). Este tipo de actividades ilícitas no solo afectan la legalidad del aprovechamiento forestal, sino que también reflejan la falta de control y vigilancia efectiva en el territorio concesionado.

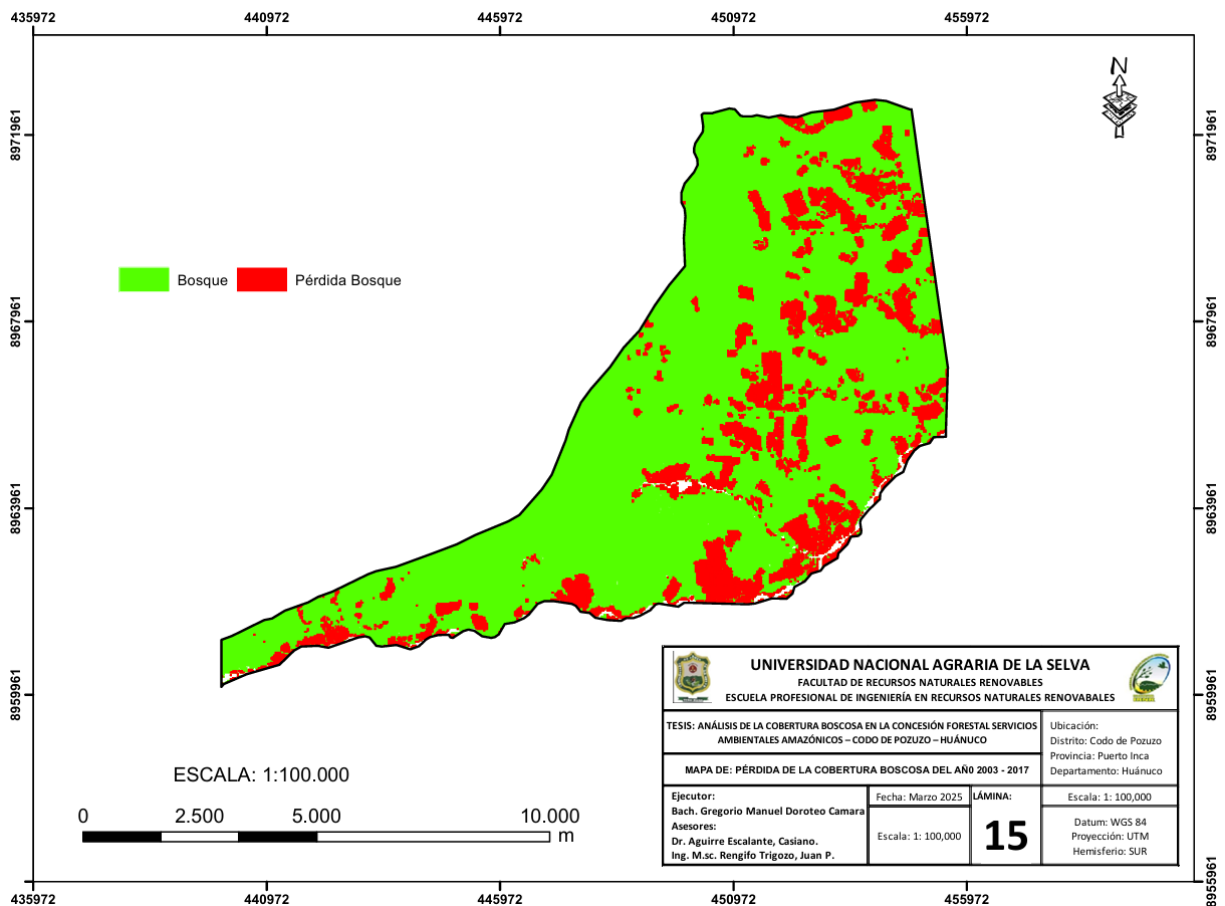


Figura 20. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2017 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Para el año 2018, los registros mostraron un incremento significativo en la superficie deforestada dentro de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos (**Figura 21**), superando los valores de años anteriores y evidenciando una presión creciente sobre los recursos forestales. Esta situación motivó la formulación de una denuncia formal ante

las autoridades competentes, sustentada en la comisión de actividades ilícitas tales como tala ilegal, invasión de terrenos y deforestación de bosques, en contravención a la normativa vigente (**Figura 32** del Anexo). La magnitud de la pérdida de cobertura boscosa y la naturaleza de las infracciones denunciadas ponen de relieve la vulnerabilidad del área concesionada frente a actividades no autorizadas, así como la limitada capacidad de control y fiscalización en el territorio. Este escenario no solo compromete la sostenibilidad del manejo forestal planificado, sino que también amenaza la integridad ecológica del ecosistema, al favorecer la fragmentación de hábitats y la pérdida de biodiversidad. La denuncia interpuesta constituye un paso relevante para visibilizar el problema y demandar acciones más efectivas de protección, vigilancia y gestión por parte de las instituciones responsables.

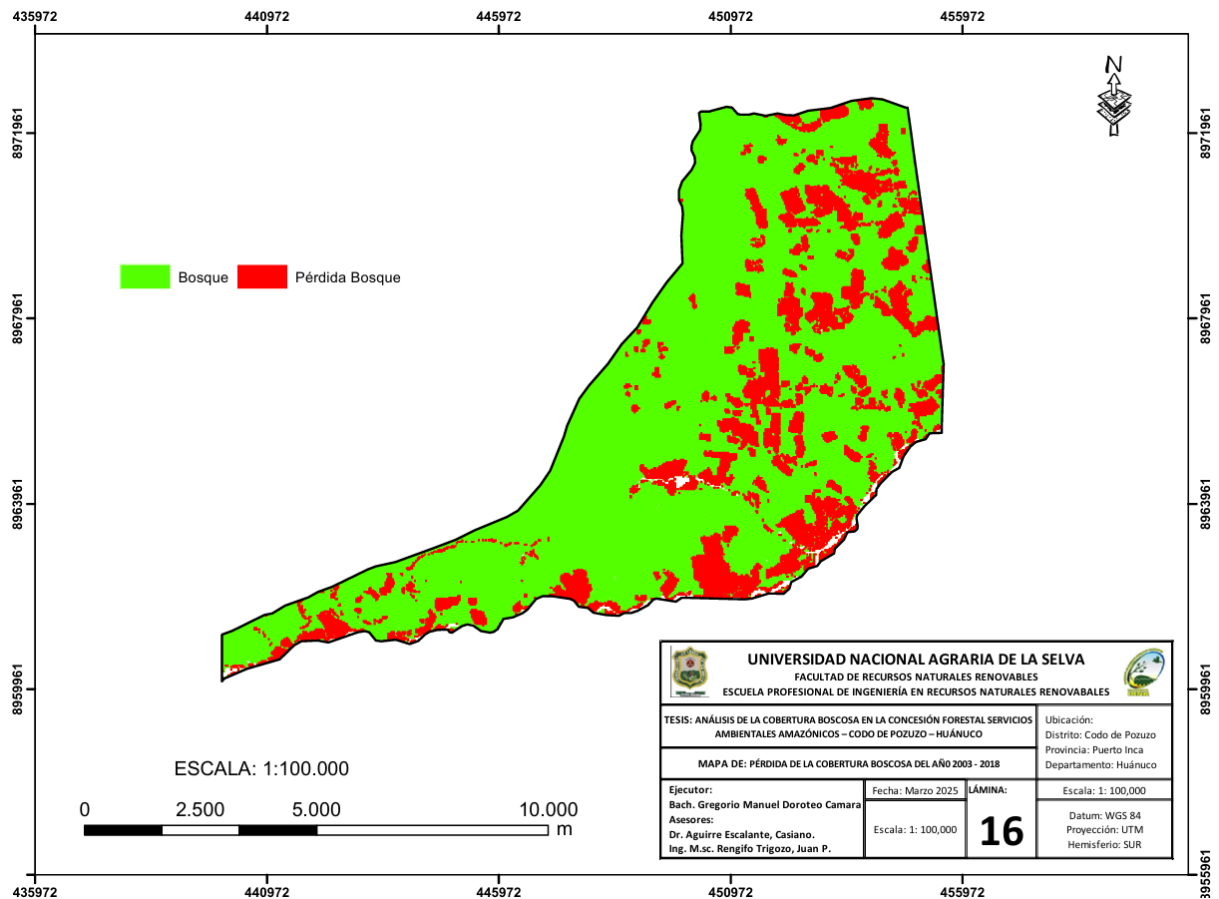


Figura 21. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2018 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

En el año 2019 se registró una denuncia (**Figura 34** del Anexo) por el retiro no autorizado de placas de identificación colocadas en árboles con condición de aprovechables y en ejemplares destinados como semilleros dentro de la concesión forestal Servicios

Ambientales Amazónicos. Este acto representa una infracción grave, ya que dichas placas cumplen un papel fundamental en el manejo forestal sostenible, permitiendo el control, seguimiento y trazabilidad de los recursos maderables. La remoción de las señales compromete la planificación de las actividades de aprovechamiento, dificulta la identificación de los árboles autorizados y abre la posibilidad de extracción ilegal la cual se encuentra sometido las concesiones por actividades antrópicas. Además, evidencia la vulnerabilidad de la concesión frente a actos de terceros que afectan la integridad y el ordenamiento de sus recursos forestales.

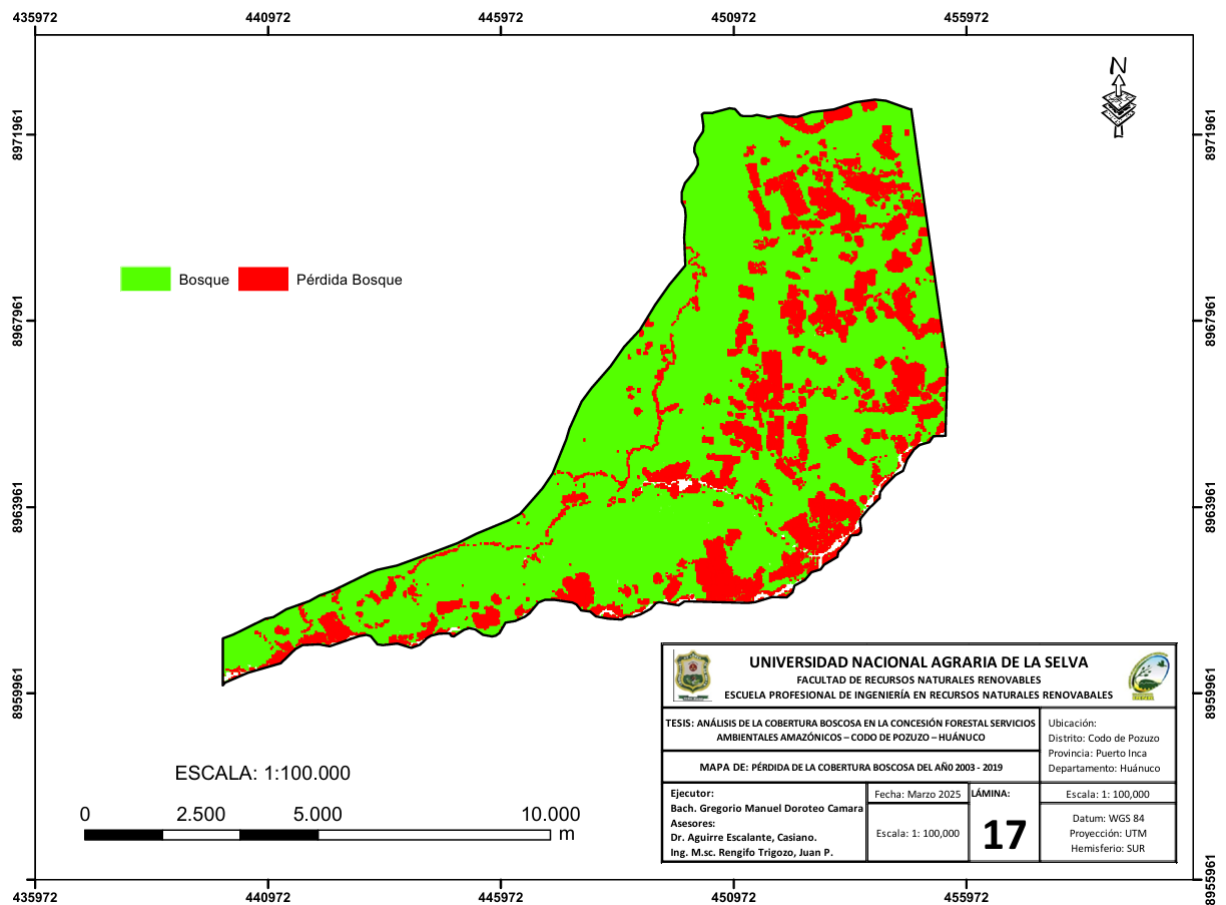


Figura 22. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2019 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

La pérdida de 128,69 ha registrada en 2020 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos, que suma un acumulado de 1 847,6 ha desde 2003 (Tabla 7 y Figura 6 y 23), refleja la persistencia de un proceso de degradación que no ha podido ser contenido bajo el actual esquema de manejo. Tal como señala el CNF (2022), uno de los factores clave detrás de esta problemática ha sido la transferencia de la responsabilidad del manejo forestal al sector privado mediante el sistema de concesiones. En el contexto socioeconómico vigente,

muchos concesionarios no logran equilibrar la sostenibilidad ecológica con la rentabilidad económica de estos ecosistemas boscosos, lo que limita la implementación de prácticas de conservación efectivas.

En este marco, la propuesta de política forestal planteada por el CNF (2022) y respaldada por Dourojeanni (2022) cobra relevancia, al priorizar la conservación de los servicios ecosistémicos mediante un modelo en el que el Estado, en coordinación con comunidades locales, asuma progresivamente el control del manejo forestal, sin excluir al sector privado en las etapas de extracción y comercialización. La creación de Unidades de Gestión Forestal (UGF) con autonomía administrativa y financiera permitiría adecuar la gestión a las condiciones locales, democratizando la toma de decisiones e incorporando a actores clave como comunidades nativas, gobiernos y academia. En un contexto como el de la concesión analizada en el presente estudio, la implementación de este modelo podría contribuir a que se revierta la tendencia de pérdida acumulada y se logre mejoras sobre la resiliencia de los ecosistemas forestales.

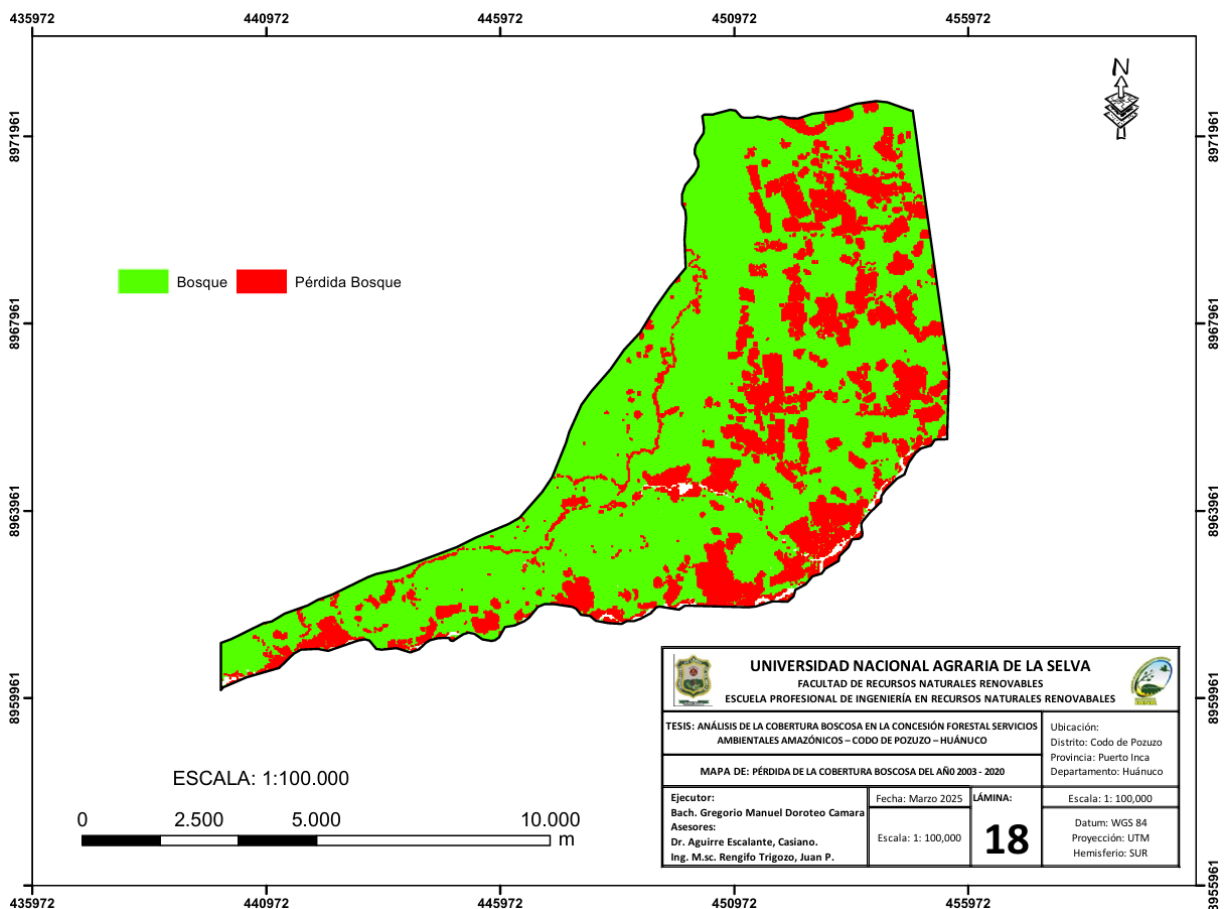


Figura 23. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2020 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Además, se registraron otras denuncias relevantes en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos. En el año 2021, se formuló una denuncia (**Figura 35** del Anexo) por la tala no autorizada de árboles dentro del área concesionada, actividad que vulnera directamente las disposiciones del plan de manejo forestal y representa una pérdida significativa de recursos maderables. Posteriormente, en el año 2022, se reportó otra denuncia (**Figura 36** del Anexo) por la práctica conocida como “chucleo” o rozo del dosel interior, consistente en la eliminación selectiva o indiscriminada de vegetación arbórea y arbustiva con el fin de abrir espacio en el bosque. Esta actividad altera la estructura y dinámica del ecosistema, afectando la regeneración natural y los hábitats de fauna asociada. Ambos hechos reflejan la persistencia de presiones antrópicas ilegales que comprometen la sostenibilidad del manejo forestal y evidencian la necesidad de reforzar la vigilancia y control en la concesión.

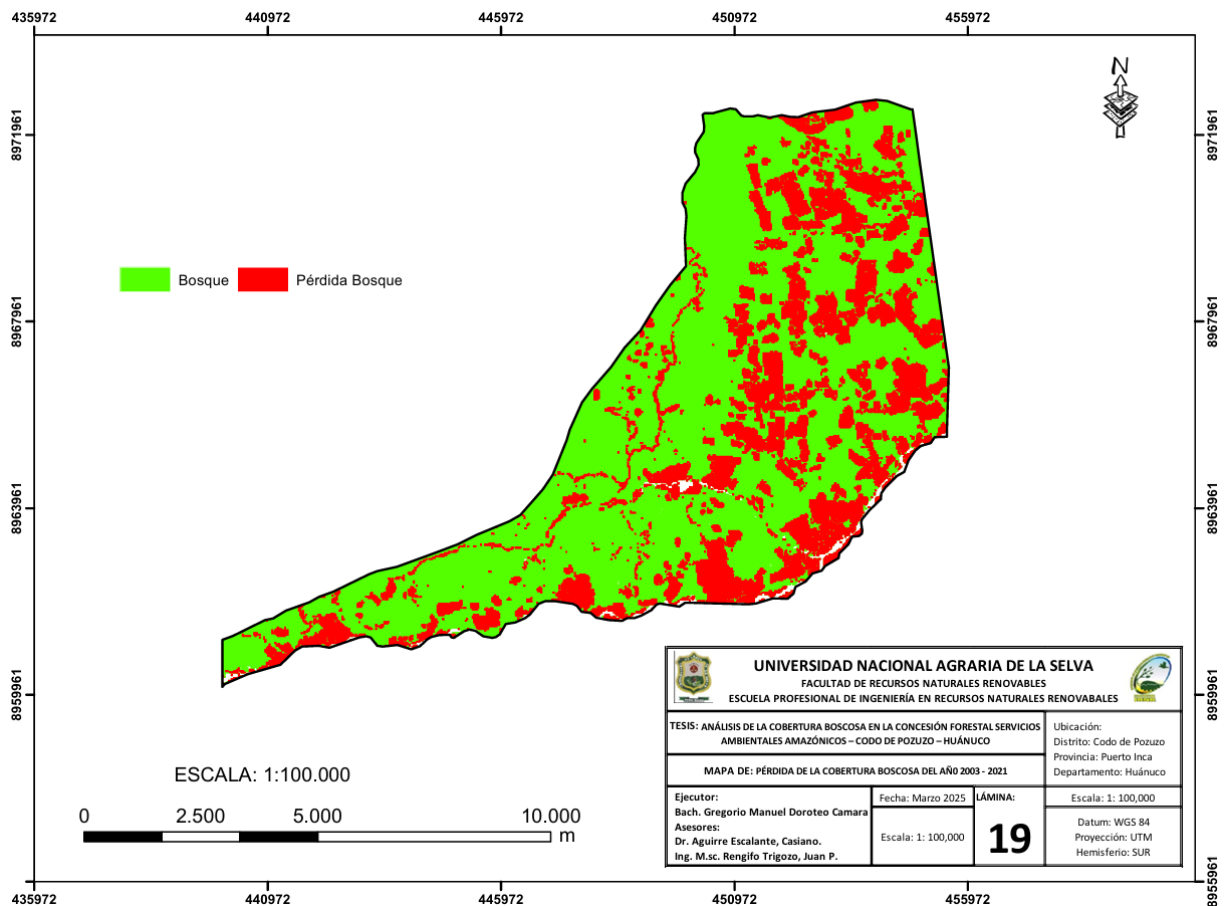


Figura 24. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2021 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

El hecho de que en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos se haya registrado en 2022 la mayor pérdida anual de cobertura boscosa siendo 351,83 ha (**Tabla**

7 y **Figura 25**) pone en evidencia que el manejo actual dista de ser sostenible, en concordancia con lo señalado por Sist et al. (2021) para el caso de las concesiones forestales en la Amazonía brasileña. Dichos autores demostraron que, bajo las reglas de extracción vigentes, la producción maderera solo se mantiene durante un ciclo, y que la sostenibilidad solo se alcanza bajo escenarios de muy baja intensidad de aprovechamiento donde la media sea de 10 m³/ha cada 60 años, los cuales resultan insuficientes para cubrir la demanda.

En el caso de la concesión analizada, la elevada deforestación observada en un solo año sugiere que la presión de uso del recurso supera la capacidad de regeneración natural del ecosistema, lo que compromete tanto la persistencia del bosque como los servicios ecosistémicos que provee. Tal como plantean Sist et al. (2021), la solución requiere una reforma profunda del modelo de manejo, que combine restricciones más estrictas en la extracción, diversificación de fuentes de madera mediante plantaciones, e implementación de programas de restauración forestal. Solo así sería posible revertir la tendencia observada y avanzar hacia una gestión forestal realmente sostenible.

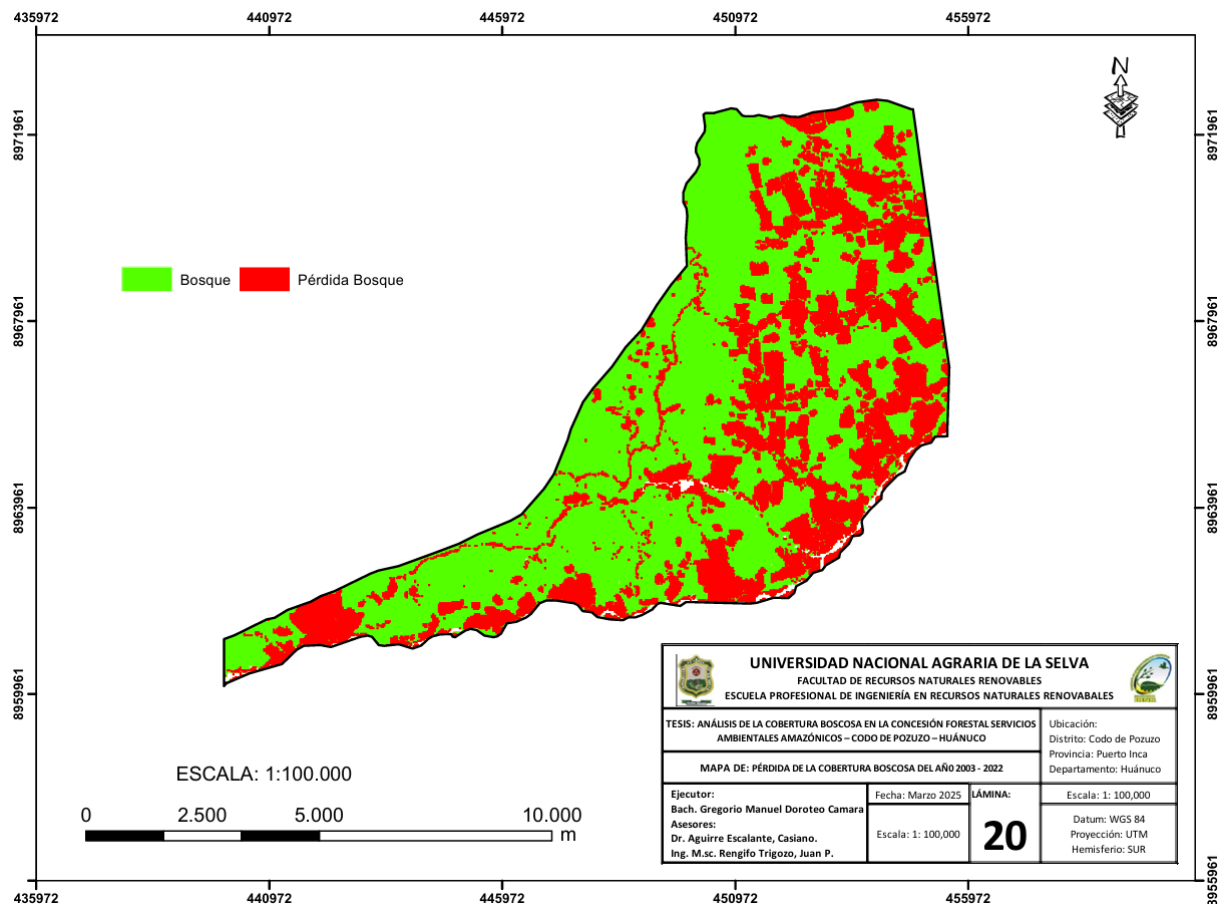


Figura 25. Cobertura y pérdida de bosque entre el año 2003 al 2022 en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

4.2. Estimación de la tasa de cambio de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos

Durante el periodo inicial (2003–2008), la tasa de deforestación se mantuvo en niveles relativamente bajos, con valores anuales que oscilaron entre los -0,10 % y -0,40 %. Estos datos reflejan una pérdida progresiva, aunque moderada, de la cobertura forestal en dicha concesión. Paralelamente, se registró un aumento en las áreas no boscosas, con tasas entre los 4,48 % y 17,34 % (**Tabla 8 y Figura 26**), lo cual sugiere una conversión constante del bosque a otros usos del suelo, posiblemente vinculados a actividades agrícolas o establecimiento de infraestructuras.

Se tiene que, el periodo comprendido entre los años 2008 y 2013 evidencia una intensificación de la deforestación. Se destacan tasas de cambio significativamente elevadas, como en los años 2008–2010 (-1,73 %) y 2010–2011 (-1,89 %), alcanzando un punto crítico en 2012–2013 con una tasa de -2,52 %. En estos mismos años, las tasas de aumento de cobertura no boscosa fueron también notoriamente altas, alcanzando hasta 59,18 % en 2008–2010 y un valor de 39,90 % en 2010–2011 (**Tabla 8 y Figura 26**). El incremento acelerado de la deforestación entre 2008 y 2013, con tasas críticas como la de 2012–2013 (-2,52 %) y aumentos notables de cobertura no boscosa (hasta 59,18 % en 2008–2010), refleja una presión creciente sobre los recursos forestales de la concesión. Este patrón coincide con lo descrito por Dourojeanni (2022), quien señala que las concesiones forestales en el Perú enfrentan amenazas persistentes por la presencia de actores ilegales como agricultores informales, mineros, taladores y cazadores, cuya invasión genera deterioro ambiental y conflictos territoriales.

La falta de respaldo estatal para los concesionarios dificulta la implementación de medidas efectivas de control, lo que facilita que estas presiones antrópicas se traduzcan en pérdidas aceleradas de cobertura boscosa (Dourojeanni, 2022). En el caso analizado, la magnitud de las tasas negativas y el rápido reemplazo del bosque por coberturas no forestales sugieren que las actividades productivas (probablemente informales y no reguladas) han avanzado sin restricciones efectivas. Esto no solo compromete la sostenibilidad ecológica, sino que también evidencia un vacío institucional que debilita la función de conservación esperada en las concesiones forestales.

Entre 2015 y 2019 se observa un comportamiento variable, pero con presencia de años críticos de pérdida forestal. En 2015–2016, la cobertura boscosa se redujo en un 4,13 %, mientras que en 2018–2019 se alcanzó una de las tasas más elevadas del periodo, con una pérdida del 4,51 % (**Tabla 8 y Figura 26**). Estos valores reflejan eventos de deforestación intensa, probablemente asociados a intervenciones puntuales, actividades ilegales o ausencia de

control efectivo del territorio. Las tasas de incremento del área no boscosa en estos años también fueron altas, reforzando la hipótesis de un proceso de conversión acelerada del uso del suelo.

En la etapa final del análisis (2020–2022), la pérdida de cobertura boscosa se agudiza de manera preocupante. La tasa más alta del periodo se registró en 2021–2022 con un -6,34 % (**Tabla 8 y Figura 26**), lo cual constituye un claro indicio de deterioro acelerado del ecosistema forestal. Este comportamiento puede estar asociado a una combinación de factores, como mayor expansión agrícola, debilitamiento de la gobernanza forestal o incluso impactos relacionados al contexto económico y social reciente. En paralelo, la cobertura no boscosa aumentó en un valor porcentual de 16,38 %, consolidando la tendencia de conversión del paisaje forestal.

En términos generales, el promedio anual de pérdida de cobertura boscosa durante todo el periodo de análisis (2003–2022) fue de -2,05 %, mientras que el incremento anual promedio de cobertura no boscosa fue de 18,63 %. La tasa acumulada de cambio de la cobertura boscosa desde 2003 hasta 2022 fue de -2,07 % (**Tabla 8 y Figura 26**), lo cual confirma una tendencia sostenida a la deforestación en la concesión forestal. Este resultado evidencia un proceso constante de transformación del ecosistema forestal, con implicancias ecológicas y socioambientales significativas, como la pérdida de biodiversidad, alteración de los servicios ecosistémicos, y mayores emisiones de carbono.

La tasa acumulada de cambio de cobertura boscosa de -2,07 % registrada en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos entre 2003 y 2022 contrasta significativamente con las menores tasas observadas en el Parque Nacional Tingo María (PNTM) reportadas por Puerta e Iannacone (2023), donde los valores oscilaron entre -0,02 % y -1,24 % en periodos recientes. Esta diferencia sugiere que la figura de área natural protegida, con un marco normativo y mecanismos de control más estrictos, contribuye a reducir la pérdida de bosque frente a contextos con menor protección legal. Sin embargo, la situación en la zona de amortiguamiento (ZA) del PNTM presenta tasas de cambio similares o incluso superiores a las de la concesión forestal (-2,97 % a -4,39 %), evidenciando que, fuera de los límites estrictos de protección, la presión por el cambio de uso de suelo sigue siendo intensa. Esto coincide con lo observado en la concesión, donde la transformación del bosque responde a factores como expansión agrícola, ganadería u otras actividades extractivas.

La comparación pone de manifiesto que, si bien las áreas naturales protegidas como el PNTM pueden cumplir su función de conservar la cobertura vegetal en su núcleo, las zonas sin protección estricta requieren de estrategias de gestión y fiscalización más efectivas. Para la concesión forestal estudiada, adoptar enfoques de conservación inspirados en las

prácticas de control del PNTM, junto con incentivos económicos y sociales para la protección del bosque, podría contribuir a mitigar la tendencia sostenida de deforestación.

Tabla 8. Tasa de cambio de la cobertura boscosa (%) estimado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

Años	Bosque (%)	No bosque (%)
2003	0,00	0,00
2003 a 2004	-0,26	15,62
2004 a 2005	-0,25	12,82
2005 a 2006	-0,10	4,48
2006 a 2007	-0,40	17,34
2007 a 2008	-0,19	7,10
2008 a 2010	-1,73	59,18
2010 a 2011	-1,89	39,90
2011 a 2012	-1,12	16,51
2012 a 2013	-2,52	31,71
2013 a 2014	-2,17	20,22
2014 a 2015	-1,82	13,78
2015 a 2016	-4,13	26,96
2016 a 2017	-2,51	12,36
2017 a 2018	-1,52	6,48
2018 a 2019	-4,51	17,86
2019 a 2020	-2,19	7,03
2020 a 2021	-3,28	9,60
2021 a 2022	-6,34	16,38
Promedio anual	-2,05	18,63
Tasa de cambio desde 2003 al 2022	-2,07	17,96

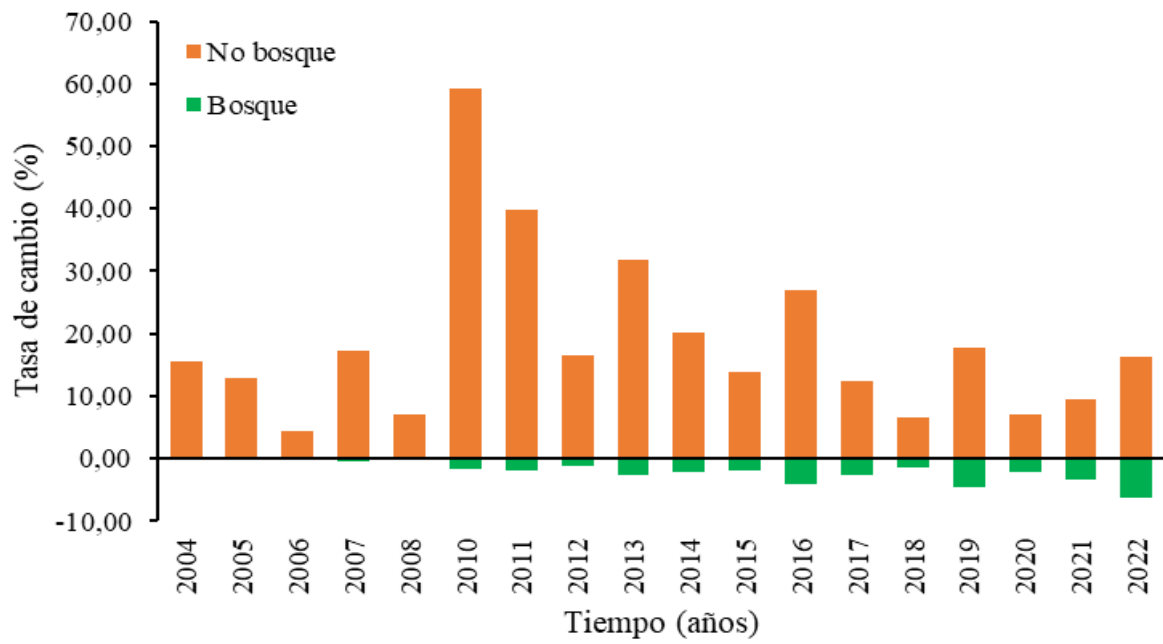


Figura 26. Comportamiento de la tasa de cambio estimado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

V. CONCLUSIONES

1. La reducción del área de bosque en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos fue continua y creciente, iniciando con 15,95 ha en el 2003 y culminando con 351,83 para el año 2022. Las fluctuaciones anuales en la pérdida de bosque reflejan posibles ciclos de intervención antrópica intensiva seguidos de breves periodos de menor actividad, incrementando significativamente la deforestación en determinados años.
2. Durante las últimas dos décadas se obtuvo una tasa de cambio de cobertura del -2,07% para el periodo de evaluación, revelando una deforestación progresiva para establecer ganadería, agricultura migratoria, cultivos ilícitos y extracción ilegal de la madera, con picos de alta intensidad en determinados años.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Investigar la fragmentación de hábitats y la conectividad entre parches de bosque en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos mediante índices paisajísticos, con el fin de evaluar el impacto sobre la biodiversidad y priorizar zonas para restauración.
2. Existe la necesidad urgente de implementar medidas de manejo forestal más estrictas, con estrategias de restauración ecológica y mecanismos eficaces de monitoreo y control para preservar los remanentes boscosos y garantizar la sostenibilidad del paisaje amazónico.
3. Aplicar modelos de simulación espacial para predecir escenarios futuros de cobertura boscosa bajo diferentes políticas de gestión y niveles de presión antrópica en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos.

VII. REFERENCIAS

- Alvarado, Y. (2019). *Factores que inciden en la tala ilegal de recursos forestales maderables en concesiones forestales de la región de Ucayali 2014 – 2015* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/7ccf9721-3ef6-439a-9b19-2e19a7a16b62>
- Arias, F., Mata, R., Alvarado, A., Serrano, E., y Laguna, J. (2010). Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las Llanuras aluviales del caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, (2), 177-195.
- Cámara Nacional Forestal [CNF]. (2022). *Una nueva política nacional para los bosques del Perú*. ITTO/CIP/Aider/Pronaturaleza. https://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=7094&no=1&disp=inline
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección ambiental*. RIALP.
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones RIALP, S.A.
- Chuvieco, E. (2002). *Fundamentos de teledetección espacial* (3 ed). Rialp, S.A.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cortez, C., y Rubio, D. (2016). *Comportamiento espacial de la cobertura vegetal del municipio de Chía Cundinamarca, entre los años 1980-2012 y su relación con la Conectividad Ecológica del Territorio* [Tesis de Maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio institucional UMANIZALES. <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/e4b411ef-e9fd-439c-9a0c-8ef304931836/content>
- Dirección General De Ordenamiento Territorial, MIMAN. (2014). *Informe final del proyecto: análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina*. Componente Nacional Perú – Primera Etapa. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM).
- Dourojeanni, M. (2022). Para democratizar y fortalecer el aprovechamiento forestal en el Perú. *Revista Kawsaypacha*, 10, 1-19. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.2022.02.010>
- Dourojeanni, M., Malleux, J., Sabogal, C., Lombardi, I., Tarazona, R., Rincón, C., Helmut, S., y Barriga, C. A. (2021). Fundamentos de una nueva política forestal para el Perú. *Revista Forestal del Perú*, 36(2), 118-179. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v36i2.1796>
- Figuroa, S., Amante, A., Cortés, H., Pimentel, J., Osuna, E., Rodríguez, J., y Morales, J. (1991). *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*. Secretaría de Agricultura y de Recursos Hidráulicos. Colegio de Postgraduados (CREZAS).

- Figuerola, S., y Morales F. (1992). *Manual de producción de cultivos con labranza de conservación*. Colegio de Postgraduados.
- Gobierno Regional de Ucayali. (2022). *Pérdida de cobertura boscosa en Ucayali el 2021 disminuyó en más de 15 mil hectáreas*. Gobierno Regional de Ucayali. <https://www.gob.pe/institucion/regionucayali/noticias/584044-perdida-de-cobertura-boscosa-en-ucayali-el-2021-disminuyo-en-mas-de-15-mil-hectareas>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed). McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodología%20Investigacion%20Científica%206ta%20ed.pdf>
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana [IIAP]. (2015). *Cobertura y uso de la tierra de las provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla, Iquitos Perú*. IIAP.
- Jardón, E. (2020). *Modelos para la proyección del crecimiento de la mancha urbana utilizando múltiples heurísticas* [Tesis de Posgrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional UAEMEX. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109936>
- Labrador, M., Évora, J., y Arbelo, M. (2012). *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. https://www.researchgate.net/publication/259230060_Satelites_de_teledeteccion_para_la_gestion_del_territorio
- Meneses, F. (2017). *Análisis del cambio de bosque a no bosque en la cuenca Bolsón Cuchara período 2004 – 2014* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2058?show=full>
- Milán, P. (2002). *Uso de suelo*. <http://www.ambiental.uaslp.mx>.
- Miliarium, E. (2004). *Suelos*. <http://www.miliarium.com>.
- Miliarium, E. (2004). *Degradación biológica del suelo*. Miliarium <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/DegradacionBiologica.htm>
- Ministerio del Ambiente [MINAM] y Programa Bosques. (2021). *Deforestación en el Perú 2001-2020*. Ministerio del Ambiente. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php>
- Obando, J. (2019). *Análisis multitemporal de las áreas bajo conservación del programa socio bosque en la zona de Intag* [Tesis de Posgrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9795>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2000). *Cambios en la cobertura forestal*. Programa de Evaluación de Recursos Forestales. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/items/d6f0df61-cb5d-4030-8814-0e466176d9a1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2024). *El estado de los bosques del mundo 2024: Innovaciones en el sector forestal para lograr un futuro más sostenible*.
- Puerta, R., y Iannacone, J. (2023). Análisis de la cobertura boscosa del Parque Nacional Tingo María (Perú) utilizando el algoritmo random forest. *Scientia Agropecuaria*, 14(3), 291-300. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.025>
- Quinteros V. (2004). *Plan Vial Provincial De Leoncio Prado – Huánuco*. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10857>
- Ramos, R., Palomeque, M., Núñez, J., y Sánchez, R. (2019). Análisis geomático espacial del cambio de uso del suelo en Huimanguillo, Tabasco (2000-2010-2030). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 118-139. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.555>
- Resolución Ministerial 057-2015-MINAM. (2015). *Guía de Inventario de la Fauna Silvestre*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/03/RM-Nº-057-2015-MINAM1.pdf>
- Ricaurte, H. (2019). *Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en la subzona hidrográfica Río Pauto, Casanare, Colombia* [Tesis de Posgrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3054>
- Rojas, N., Barboza, E., Maicelo, J., Oliva, S., y Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81(2538), 1-34. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Rosero, E. (2021). *Estudio multitemporal de uso del suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Ambi, provincia Imbabura, Ecuador* [Tesis de Posgrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10902>

- Sacristán, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Scripta Ethnologica*, 29, 13-41. <https://www.redalyc.org/pdf/148/14802905.pdf>
- Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., y Cook, S. (1980). *Métodos de investigación en las relaciones sociales, del Cap. 2: Selección y formulación de un problema de investigación*. Ediciones Rialp, S.A.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2020). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación: Puerto Inca*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sist, P., Piponiot, C., Kanashiro, M., Pena-Claros, M., Putz, F., Schulze, M., Verissimo, A., & Vidal, E. (2021). Sustainability of Brazilian forest concessions. *Forest Ecology and Management*, 496, 119440. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119440>
- Supo, J., Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación científica para ciencias de la salud, ciencias sociales y las ingenierías* (3 ed). Bioestadístico EEDU EIRL.
- Taboada L. (2011) *Cobertura Vegetal*. Practicas Agro-Culturales de conservación de suelos.
- Valle-Basto, D., Espinosa, T., y Limanche, D. (2023). Evaluación de la deforestación (2000-2020) en concesiones forestales peruanas en la provincia de Tambopata (Madre de Dios) usando plataformas de datos abiertos. *Revista Kawsaypacha*, 12, A-010. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.A010>
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., y Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Yupanqui, W. (2021). *Dinámica de cobertura y uso de tierras para sostenibilidad de tres comunidades Asháninkas, Río Negro* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7237>

Anexos

Tabla 9. Matriz de consistencia.

Título: Análisis de la cobertura boscosa en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos – Codo de Pozuzo – Huánuco.

Problema	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
Problema general	Objetivo general	Cobertura boscosa	Superficial	Área con vegetación	Enfoque
¿Cuál es el comportamiento de la cobertura boscosa anual en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos – codo de Pozuzo – Huánuco, desde el periodo 2003 al 2022?	Analizar la cobertura boscosa anual en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos – codo de Pozuzo – Huánuco, desde el periodo 2003 al 2022				Mixto
					Tipo
					Longitudinal
	Objetivos específicos				Calcular la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos.
			No experimental - Tipo panel		
	Estimar la tasa de cambio de la cobertura boscosa en la concesión forestal servicios ambientales amazónicos.			Nivel	
				Descriptivo	
				Técnica de recolección de datos	
				Observación y entrevista	
Instrumentos de recolección de datos					
		Algoritmo			
		Técnica de análisis de datos			
		Estadística descriptiva			
			Temporal	Tasa de cambio	

Tabla 10. Leyenda metodológica Corine Land Cover adaptada para el Perú.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo			
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales			
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados			
		1.2.3. Áreas portuarias			
		1.2.4. Aeropuertos			
		1.2.5. Obras hidráulicas			
		1.2.6. Infraestructura petrolera			
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos			
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas			
1.4.2. Instalaciones recreativas					
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios			
				2.1.2.1. Arroz	
				2.1.2.2. Maíz	
				2.1.2.3. Cebada	
			2.1.2.4. Trigo		
		2.1.2. Cereales			
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas			
		2.1.4. Hortalizas			
		2.1.5. Tubérculos			
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceas			
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos					
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos					
				2.2.3.2. Palma aceitera	
	2.2.4. Cultivos forestales				

		2.2.5. Cultivos confinados	
	2.3. Pastos		
		2.4.1. Mosaico de cultivos	
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo	3.1.1.1. Bosque denso bajo de 3.1.1.1.1. Bosque seco 3.1.1.1.2. Bosque nativo
			3.1.1.2. Bosque denso bajo inundable
		3.1.2. Bosque abierto bajo	3.1.2.1. Bosque abierto bajo tierra firme 3.1.2.2. Bosque abierto bajo inundable
		3.1.3. Bosque denso alto	3.1.3.1. Bosque denso alto de tierra firme 3.1.3.2. Bosque denso alto inundable 3.1.3.2.1. Aguajal
		3.1.4. Bosque abierto alto	3.1.4.1. Bosque abierto alto de tierra firme 3.1.4.2. Bosque abierto alto inundable
		3.1.5. Bosque fragmentado	3.1.5.1. Bosque fragmentado con vegetación secundaria
	3.2. Bosques plantados	3.1.6. Bosque ripario	3.1.6.1. Bosque ripario
		3.2.1. Plantación forestal	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea o arbustiva	3.3.1. Herbazal	3.3.1.1. Herbazal denso 3.3.1.2. Herbazal abierto
		3.3.2. Arbustal	3.3.2.1. Arbustal denso 3.3.2.2. Arbustal abierto
		3.3.3. Vegetación secundaria o en transición	
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	3.3.4.1. Vegetación arbustiva / herbácea densa

			3.3.4.2. Vegetación arbustiva / herbácea abierta
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.3.5. Arbustal / área intervenida 3.3.6. Herbazal / área intervenida 3.3.7. Arbustal-herbazal / área intervenida 3.4.1. Áreas arenosas naturales 3.4.2. Aforamientos rocosos 3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) 3.4.4. Áreas quemadas 3.4.5. Glaciares 3.4.6. Salares	
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas pantanosas 4.1.2. Tuberías y bofedales 4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4.1.1.1. Pantano arbóreo
	4.2. Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros 4.2.2. Salitral 4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50m) 5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes 5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales 5.1.4. Canales 5.1.5. Cuerpos de agua artificial	
	5.2. Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras 5.2.2. mares y océanos 5.2.3. Estanques para acuicultura marina	

Imágenes fotográficas



Figura 27. Verificación de un árbol talado en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.



Figura 28. Verificación de un área talada en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.



Figura 29. Verificación de pastizales posterior a la tala en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.



Figura 30. Verificación y registro de ganado vacuno en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

“Año del buen servicio al ciudadano”

Aguaytia, 31 de Julio del 2017

CARTA N° 020- 2017-EFASAC-HCO

Señor

Ing. Nilton Bazán Hoyos

Administrador Técnico- ATFFS. Puerto Inca.

Presente.-

ASUNTO:

Denuncia por uso de carretera por transportistas con productos FORESTALES MADERABLES QUE NO CORESPONDEN AL AREA DE LA CONCESION.



Yo, Héctor Huamán Ríos, con DNI N° 22522860, en calidad de Representante de la Empresa Forestal El Aguajal S.A.C. con domicilio en la Junta Vecinal 23 de Marzo Calle 8 Mz. 11 Lote. 11A, Padre Abad, Ucayali, titular del contrato de concesión forestal con fines maderables N° 10-PUC/C-J-047-03, ante usted con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Presento la presente Denuncia a su dependencia para comunicarle que terceras personas inescrupulosas vienen usando nuestra carretera, transportando con sus camiones tronqueros, productos forestales de dudosas procedencias, más aun usando nuestro Nombre de la Concesión Forestal en los Peajes de los Caseríos, controles de la Policía de Carreteras.

Delos cuales vulneran nuestros derechos y ponen en peligro a nuestras unidades de transportes con nuestros productos Forestales Maderables.

En consecuencia de acuerdo a la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 y su Reglamento N° 018-2015 Art.207.3 inciso E, I, también Tipificado en el Código Penal Capítulo II Art. 308.

Sirva comunicar a las demás Autoridades competentes de estas jurisdicciones, para sus respectivas intervenciones ya que están deteriorando nuestra carretera, perjudicando nuestro trabajo y realizamos continuos bacheos con los volquetes lo que nos ocasionan gastos en combustible, personal y maquinaria.

Esperando se actué a la brevedad posible en atención a las Normas legales citadas arriba, aprovechando la ocasión para renovarle las muestras de mi estima personal.

Atentamente

Héctor Ángel Huamán Ríos
Responsable de EFASAC.
DNI N° 22522860

Figura 31. Denuncia formulada por uso de carretera por transportistas con productos forestales maderables que no corresponden al área de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

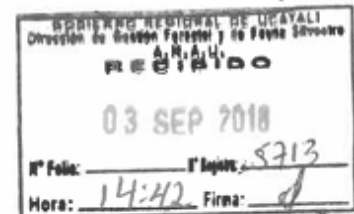
Aguaytía, 03 de Setiembre de 2018.

Carta N° 013-2018-CF-SEAMA SAC-PI

Señor:

Ing. JUAN MARTÍN CÓRDOVA CASTILLO

Director de la Dirección de Gestión Forestal y Fauna Silvestre - DGFFS
Pucallpa.-



Asunto: Denuncias por tala ilegal, invasión y deforestación de bosques, cultivos de Pasto, coca, tráfico de tierras, realizado por terceros dentro y en zonas aledañas de la Concesión Forestal con Contrato N° 10-PUC/C-J-047-03.

Es grato dirigirme a Usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez manifestarle lo siguiente:

1. Que, mediante Resolución Administrativa N° 021-2018-GR-DRA-HCO/ATFFS-PI, de fecha 15 de mayo de 2018, se aprueba la Cesión de Posición Contractual de la Empresa Servicios Ambientales Amazónicos SAC con RUC N° 20393706971, representado por el Sr. Héctor Ángel Huamán Ríos, con DNI N° 22522860, con domicilio en el Jr. Luis Vásquez Suyo N° 155 – Lt.14 – Pampa Yúrac, distrito y provincia de Padre Abad, región Ucayali; respecto del Contrato de Concesión para Manejo y Aprovechamiento Forestal con Fines Maderables N° 10-PUC/C-J-047-03.
2. Cabe mencionar que dicha Concesión Forestal se encuentra ubicada en el sector Paro, distrito Codo de Pozuzo, provincia Puerto Inca, región Huánuco, sin embargo, el ingreso a la mencionada Concesión se realiza por Aguaytía, cuyo recorrido es por dos frentes o rutas que se muestran en el Mapa adjunto.
Primera ruta: Pampa Yúrac - Comunidad Nativa Puerto Azul – Sector Alto Guayabal – Concesión Forestal.
Segunda ruta: Pampa Yúrac - Comunidad Nativa Puerto Azul – Concesión Forestal El Aguajal (actualmente caducada y ubicada en el ámbito de la provincia Padre Abad, Ucayali), se cruza el río Aguaytía – Concesión Forestal.
3. En este sentido y en base a mi experiencia y conocimiento de la zona donde vengo trabajando desde el año 2003, actualmente estoy realizando manejo y aprovechamiento forestal basado en la normatividad forestal vigente, cumpliendo las cláusulas de mi Contrato y en base a las herramientas de Gestión Forestal, como el Plan General de Manejo Forestal y los correspondientes Planes Operativos, pues apuesto por la formalización, ordenamiento y desarrollo del sector forestal de nuestra localidad, región y por ende de nuestro país.
4. No obstante, desde entonces paralelo a los trabajos de extracción de madera que estoy realizando, se han venido presentando de manera progresiva una serie de problemas socio ambientales, originado por terceros, quienes realizan tala y comercio ilegal de madera, invasión, deforestación y quema de bosques, tráfico de tierras e instalación de cultivos de coca, que está causando mucho malestar, pérdida de los recursos forestales y de la biodiversidad en conjunto. Ya se ha realizado las respectivas denuncias en su momento a las instancias y entidades correspondientes, cuyas copias de los cargos, se adjuntan al presente, para los fines del caso.

Figura 32. Denuncia formulada por tala ilegal, invasión y deforestación de bosques en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

CARGO

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Aguaytia, 15 de octubre del 2019.

Carta N° 050-2019-CF-SEAMA SAC-PI

Señor:
Ing. Joel Gamez Penadillo
Administrador Técnico ATFFS Puerto Inca
Presente.



Sumilla: **REITERO Y SE PONE EN CONOCIMIENTO LA CREACION DE CASERIOS DENTRO DE LAS CONCESIONES FORESTALES**

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted en calidad de Gerente General de la Concesión Forestal con fines maderables con contrato N°10-PUC/C-J-047-03, cuyo titular es la Empresa Servicios Ambientales Amazónicos SAC. y a la vez manifestarle lo siguiente:

1.- Reconocimiento de Caseríos en Bosque de Producción Permanente (BPP), Concesión Forestal y Comunidad Nativa.

Mediante Resolución de Alcaldía N° 001-2010-MDCP-ALC, de fecha 04 de Enero del 2010, se resuelve reconocer como Caserío a Nuevo Pozuzo de Rio Paro; mediante Resolución de Alcaldía N° 080-2010-MDCP-ALC, de fecha 20 de Diciembre del 2010, se resuelve reconocer como Caserío a Selva Rica de Paro, ambos ubicados en el Distrito de Codo de Pozuzo, Provincia de Puerto Inca, Región Huánuco.

¿Es posible que los gobiernos locales expidan resoluciones de alcaldía reconociendo a un caserío o anexo?

No. Se puede reconocer a su junta directiva, mediante resolución de alcaldía, pero no a un caserío o anexo.

Las categorizaciones de centros poblados constituyen acciones de normalización que están a cargo de los gobiernos regionales¹. Así, para que un centro poblado pueda ser categorizado y/o re categorizado como caserío, deberá contar con las características y requisitos mínimos siguientes:

¹ Artículo 8.- De los Gobiernos Regionales

[...] h) aprobar las categorizaciones y recategorizaciones de centros poblados, dentro de su circunscripción.

Figura 33. Denuncia la creación de caseríos dentro de las concesiones forestales.



10-PUC/C-J-047-03 "SERVICIOS AMBIENTALES AMAZONICOS S.A.C. – SEAMASAC"

CARGO

"Año la Universalización de la Salud"

Aguaytia, 26 de febrero del 2020

Carta N° 07-2020-CF-SEAMASAC

Señor

Ing. Joel Gámez Penadillo

Administrador Técnico

Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre Puerto Inca

26 FEB 2020

312
9:54

Asunto : DENUNCIO hechos suscitados y la actuación inmediata de su institución

Es grato dirigirme a usted en calidad de Gerente General de la Concesión Forestal con fines maderables con contrato N°10-PUC/C-J-047-03, cuyo titular es la Empresa **Servicios Ambientales Amazónicos S.A.C.**, y a la vez manifestarle lo siguiente:

Del patrullaje realizado por el personal de campo en el área de la concesión forestal, se encontró que sobre los PC N° 01 y 02, las personas asentadas sobre dichas áreas, vienen retirando las **PLACAS de identificación de los árboles en condición aprovechables y semilleros**, lo cual perjudica seriamente los trabajos de campo realizados con anterioridad, la misma que ocasionara retrasos en los trabajos de extracción.

Al mismo tiempo referirle que, sobre los recientes trabajos de censo forestal realizado en las PC N° 06 y 07 de igual forma las personas asentadas sobre dichas áreas están realizando el retiro de las placas de identificación de los árboles en condición aprovechables y semilleros, si bien es cierto los árboles se encuentran debidamente georeferenciados y que es factible encontrar la ubicación y determinar el código de las placas retiradas, sin embargo es preciso mencionar que genera costos adicionales y problemas sociales con las personas que mencionan tener derechos sobre el área.

Es preciso mencionar que, la Ley Forestal y Fauna Silvestre N° 29763 y su Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N°018-2015-MINAGRI, menciona las infracciones vinculadas a la gestión del patrimonio regulado en el reglamento y refiere en su artículo 207.1, inciso a. "Destruir, retirar o alterar los linderos, hitos u otras señales colocados por la ARFFS, el SERFOR o los titulares de títulos habilitantes".

Figura 34. Denuncia formulada por retiro de placas de identificación de los árboles en condición aprovechables y semilleros dentro de la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.

CARGO

10-PUC/C-J-047-03 "SERVICIOS AMBIENTALES AMAZONICOS S.A.C. – SEAMASAC"

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Aguaytia, 28 de Junio del 2021

Carta N° 38 -2021-CF-SEAMASAC

Señor
 Ing. Ray Steve Merino Rodríguez
 Administrador Técnico
 Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre Puerto Inca



Asunto : Formulo denuncia de tala de arboles

Es grato dirigirme a usted en calidad de Gerente General de la Empresa **Servicios Ambientales Amazónicos S.A.C.**, titular de la Concesión Forestal con fines maderables con **contrato N°10-PUC/C-J-047-03**, ubicado en el Distrito de Codo de Pozuzo, Provincia de Puerto Inca, Departamento de Huánuco, y a la vez manifestarle lo siguiente:

El día 27 de Junio del año 2021, el personal técnico de la concesión forestal, realizo un patrullaje en la Parcela de Corta N° 08, evidenciando tala ilegal; de conformidad a lo establecido en la Ley Forestal y Fauna Silvestre N°29763 y el contrato de Concesión Forestal con fines maderables N°10-PUC/C-J-047-03, formulo denuncia de tala ilegal del recurso forestal que forman parte del patrimonio forestal de la nación, dentro del Plan Operativo N° 07 – Parcela de Corta N° 08, la misma que fue aprobado mediante Resolución Administrativa N° 066-2020-GR-DRA-HCO/ATFFS-PI, detallando en el siguiente cuadro:

Cuadro N°01.- Coordenadas de áreas tumbados para su posterior quema.

N°	ESPECIE	CODIGO	COORDENADAS		DESCRIPCION
			ESTE	NORTE	
1	Moena amarilla	F31-713	451491	8963374	Árbol talado ilegalmente en condición aprovechable
2	Moena amarilla	F31-712	451501	8963388	

Según lo descrito en el cuadro N°01, se verifico dos árboles de la especie moena amarilla talado de manera ilegal con códigos F31-713 y F31-712, las mismas que fueron aserrados en el lugar de ubicación descritas en el presente cuadro.

Figura 35. Denuncia formulada por tala de árboles en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.



10-PUC/C-J-047-03 "SERVICIOS AMBIENTALES AMAZONICOS S.A.C. – SEAMASAC"

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CARGO

Aguaytía, 11 de julio del 2022

Carta N° 16 -2022-CF-SEAMASAC

Señor
Ing. Ray Steve Merino Rodríguez
Administrador Técnico
Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre Puerto Inca



Asunto : De conocimiento denuncia de chucleo (rozo del dosel inferior) en la PC N° 19.

Es grato dirigirme a usted en calidad de Gerente General de la Concesión Forestal con fines maderables con contrato N°10-PUC/C-J-047-03, cuyo titular es la Empresa **Servicios Ambientales Amazónicos S.A.C.**, y a la vez manifestarle lo siguiente:

En conformidad a lo establecido en la Ley Forestal y Fauna Silvestre N°29763 y el contrato de Concesión Forestal con fines maderables N°10-PUC/C-J-047-03, pongo de su conocimiento de chucleo (rozo del dosel inferior) del recurso forestal que forman parte del patrimonio forestal de la nación, dentro del área de la concesión, el mismo que explico a continuación:

1. Área del PC N° 19

Con fecha 6 de julio del 2022, durante las labores de patrullaje, el personal técnico de la concesión forestal registro información del chucleo (rozo del dosel inferior) dentro del área de la Parcela de Corta N° 19, en un área aproximada de 30 hectáreas, ubicado geográficamente con coordenadas WGS 84: 0452646E 8964393N

Cuadro N°01.- Coordenada del área en chucleo (rozo del dosel inferior)

N°	COORDENADAS		CONDICION
	ESTE	NORTE	
1	0452646	8964393	chucleo (rozo del dosel inferior)
2			

Figura 36. Denuncia formulada por chucleo o rozo del dosel interior en la concesión forestal Servicios Ambientales Amazónicos.