

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACUTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**



**SIMULACIÓN GEOESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO 2032 EN EL**  
**DISTRITO PADRE ABAD – UCAYALI**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**PRESENTADOS POR:**

**LUISA LORA ESCALANTE**

**Tingo María – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**Tingo María- Perú**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°024-2023-ERNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de marzo de 2023, a horas 07:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“SIMULACIÓN GEOESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO 2032  
EN EL DISTRITO PADRE ABAD – UCAYALI “**

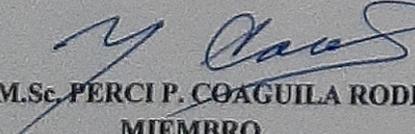
Presentado por el Bachiller: **LORA ESCALANTE, Luisa**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

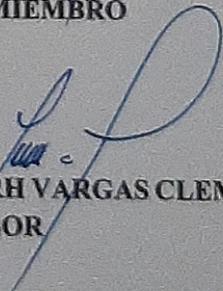
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

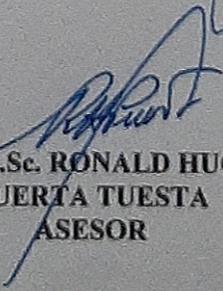
Tingo María, 04 de abril de 2023

  
Ing. M.Sc. **EDILBERTO DIAZ QUINTANA**  
**PRESIDENTE**

  
Ing. M.Sc. **JUAN PABLO RENCIFO TRIGOZO**  
**MIEMBRO**

  
Ing. M.Sc. **PERCI P. COAGUILA RODRIGUEZ**  
**MIEMBRO**

  
Dr. **YTA VCLERH VARGAS CLEMENTE**  
**ASESOR**

  
Ing. M.Sc. **RONALD HUGO  
PUERTA TUESTA**  
**ASESOR**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL**  
(RIDUNAS)

Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 094 - 2023 - CS-RIDUNAS**

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

**CERTIFICA QUE:**

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

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
SIMULACIÓN GEOESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO 2032 EN EL DISTRITO PADRE ABAD – UCAYALI	LUISA LORA ESCALANTE	<b>10%</b> <b>Diez</b>

Tingo María, 18 de abril de 2023

  
**Mg. Ing. García Villegas, Christian**  
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



#### SIMULACIÓN GEOESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO 2032 EN EL DISTRITO PADRE ABAD – UCAYALI

**Autor** : Lora Escalante Luisa  
**Asesores** : Dr. Ytavclerh Vargas Clemente  
MSc. Ronald Hugo Puerta Tuesta

**Programa de investigación** : Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología

**Línea de investigación** : Manejo del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático

**Eje temático** : Monitoreo de la deforestación y adaptación al cambio climático

**Lugar de ejecución** : Distrito Padre Abad – Ucayali

**Duración del trabajo** : 9 meses

**Financiamiento** : S/. 2 668,45 soles

**FEDU** : No

**Propio** : Si

**Otros** : No

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Bosque .....	3
2.1.2. Deforestación.....	3
2.1.3. Causas de la deforestación.....	4
2.1.4. Deforestación en Perú.....	4
2.1.5. Deforestación en Ucayali.....	5
2.1.6. Deforestación en el distrito Padre Abad .....	6
2.1.7. Cambio de cobertura boscosa .....	6
2.1.8. Teledetección .....	7
2.1.9. Percepción remota y SIG .....	7
2.1.10. Sensores .....	8
2.1.11. Imágenes satelitales .....	8
2.1.12. Programa Landsat .....	9
2.1.13. Tipos de clasificación de imágenes .....	9
2.1.14. Validación de resultados.....	10
2.1.15. Matriz de confusión y Índice de Kappa .....	10
2.1.16. Validación y verificación de los mapas .....	10
2.1.17. Programa de modelación en cambios de cobertura boscosa.....	11
2.1.18. Simulación en la cobertura boscosa.....	12
2.2. Estado del arte.....	12
2.2.1. Antecedentes internacionales.....	13
2.2.2. Antecedentes nacionales .....	14

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.1.1. Ubicación geográfica .....	16
3.1.2. Ubicación política .....	16
3.1.3. Altitud .....	17
3.1.4. Clima.....	17
3.1.5. Ecología .....	17
3.1.6. Fisiografía .....	17
3.1.7. Suelos.....	17
3.1.8. Vías de comunicación y transportes .....	18
3.2. Materiales y equipo.....	18
3.3. Criterios de la investigación .....	18
3.3.1. Enfoque de la investigación .....	18
3.3.2. Tipos de investigación .....	18
3.3.3. Nivel de investigación .....	18
3.3.4. Variable de estudio .....	18
3.4. Metodología.....	19
3.4.1. Cálculo de la cobertura boscosa del año 2000 al 2022 .....	19
3.4.2. Estimación de la tasa de deforestación del año 2000 – 2022.....	21
3.4.3. Simulación del cambio de cobertura boscosa al año 2032 .....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1. Cobertura boscosa en los años 2000 al 2022 .....	27
4.1.1. Cambios de cobertura del año 2000 al 2011 .....	31
4.1.2. Cambios de cobertura del año 2011 al 2022.....	32
4.1.3. Cambios de cobertura del año 2000 al 2022.....	33
4.2. Tasa de deforestación en los años 2000 – 2011 y 2011 – 2022.....	34

4.3.	Simulación el cambio de cobertura boscosa al año 2032 .....	37
4.3.1.	Matriz de transición del periodo 2000 al 2011 .....	37
4.3.2.	Matriz de transición del periodo 2011 al 2022 .....	37
4.3.3.	Matriz de transición 2000 al 2022 .....	38
4.3.4.	Transiciones de deforestación.....	39
4.3.5.	Simulación de la cobertura boscosa al año 2032 .....	39
4.3.6.	Tasa de cambio proyectadas en los años 2022 al 2032.....	42
V.	CONCLUSIONES.....	44
VI.	PROPUESTAS A FUTURO .....	45
VII.	REFERENCIA .....	46
	ANEXO .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Valores de Kappa .....	10
2. Variables e indicadores de estudio .....	19
3. Propiedades de las imágenes satelitales clasificadas.....	21
4. Matriz de transición de pérdidas y ganancias.....	22
5. Cobertura de los años 2000 al 2022 .....	27
6. Cambio del primer periodo de tiempo (2000 – 2011).....	31
7. Cambio del segundo periodo de tiempo (2011 – 2022) .....	32
8. Cambio del tercer periodo de tiempo (2000 – 2022).....	33
9. Tasa de deforestación de los periodos 2000 – 2022.....	35
10. Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2000 – 2011.....	37
11. Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2011 – 2022.....	38
12. Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2000 – 2022.....	38
13. Matriz de probabilidad de transición anual en el periodo 2000 al 2022 .....	39
14. Transiciones de deforestación .....	39
15. Simulación del cambio de cobertura al año 2032.....	40
16. Tasas de cambios proyectadas en el periodo 2022 al 2032.....	42
17. Proceso de validación con datos de campo .....	55
18. Puntos de verificación y tipo de cobertura en campo en coordenada UTM.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
19. Deforestación (ha) en el periodo 2001-2019 a nivel nacional.....	5
20. Ubicación del área en estudio .....	16
21. Organigrama para la selección de variables .....	24
22. Esquema del proceso de modelamiento.....	26
23. Mapa de cobertura boscosa del año 2000.....	28
24. Mapa de cobertura boscosa del año 2011 .....	29
25. Mapa de cobertura boscosa del año 2022.....	30
26. Cambio del primer periodo de tiempo (2000 – 2011) en ha.....	31
27. Cambio del segundo periodo de tiempo (2011 – 2022) en ha.....	32
28. Cambio del tercer periodo de tiempo (2000 – 2022) en ha. ....	33
29. Tasa de deforestación anual en porcentajes (%) .....	35
30. Simulación del cambio de cobertura al año 2032.....	40
31. Mapa de simulación de la cobertura boscosa al año 2032.....	41
32. Tasas de cambios proyectadas en porcentajes en el periodo 2022 al 2032.....	42
33. Limite inicial de la provincia Padre Abad (zona la Divisoria).....	58
34. Área deforestada.....	58
35. Área con zonas urbanas (plaza de la Divisoria).....	59
36. Deforestación para lotización (zona Mariela) .....	59
37. Área agrícola con palma aceitera.....	60
38. Área agrícola con plátano.....	60
39. Área con cobertura de pasto.....	61
40. Área agrícola agroforestal .....	61
41. Áreas con aguajales.....	62

42.	Área con vegetación secundaria .....	62
43.	Área con cobertura de bosque.....	63
44.	Centro poblado Shambillo.....	63
45.	Área de zonas urbanas (palma aceitera Olpasa).....	64
46.	Distrito de Huipoca .....	64
47.	Limite final de la provincia Padre Abad.....	65

## DEDICATORIA

La Tesis la dedico a:

- En primer lugar, a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.
- A mi querida madre, Melina Escalante Paucar por ser la mejor mamá, por estar siempre conmigo brindándome su amor, comprensión, apoyo y sacrificio, gracias a ti estoy aquí y soy quien soy, te voy a amar siempre.
- A mis hermanas, Sheyla Obregón Escalante y Greysi Lora Escalante por brindarme su cariño, consejos, alentarme, cuidarme y por los momentos únicos y felices, gracias por estar a mi lado incondicionalmente.
- A Leodan Toribio Dueñas por acompañarme en los buenos y malos momentos, gracias a tu apoyo estoy aquí, cumpliendo un sueño más.
- A todos aquellos que me apoyaron e hicieron que mi trabajo fuera un éxito, especialmente a aquellos que se acercaron a mí y me abrieron las puertas para compartir conocimientos conmigo cuando lo necesitaba.

## **AGRADECIMIENTO**

- En primer lugar, gracias a Dios por las grandes bendiciones de las decisiones y proyectos que he emprendido durante este tiempo de mi vida, gracias por permitirme vivir, tener y poder disfrutar de mis seres queridos. Asimismo, hay que decir que no ha sido un viaje fácil, pero gracias a mi madre y hermanas por su dedicación, por su amor, por su tremenda amabilidad y apoyo; las complejidades de hacer que esto suceda y permitirme cumplir mis sueños. Les agradezco y les expreso mi más profundo afecto, mi preciosa familia.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y docentes de mi escuela de RNR que se esforzaron por brindarme sus conocimientos y experiencias, gracias al Dr. Ytavclerh Vargas Clemente y. MSc. Ronald Hugo Puerta Tuesta; por ofrecerme su invaluable asesoramiento en la presente investigación y permitirme cumplir con el desarrollo de la tesis. Gracias por creer en mí y hacer todo lo posible por este trabajo anhelado.

Asimismo, quiero agradecer a mis abuelas, tías y primas. Que me apoyaron, aconsejado y guiado en cada etapa de mi vida.

- Finalmente, quiero agradecer a todos mis amigas y compañeras de la universidad por bríndame muchos ánimos, alegría, acompañarme en los buenos y malos momentos, gracias por siempre estar ahí con palabras de apoyo.

## RESUMEN

La medición multitemporal de la deforestación en la Amazonia se utiliza ampliamente para comprender las acciones antrópicas que generan desequilibrio en el ambiente. Para ello, los modelos predictivos constituyen una muy buena herramienta de análisis, evaluando la dinámica de cobertura boscosa y anticipar los escenarios a futuro, en este contexto, la presente investigación que tiene como objetivos calcular el cambio de cobertura boscosa, la tasa de cambios entre los años 2000 al 2022 y emplear un modelo de simulación a través de la herramienta Dinámica EGO para tener posibles escenarios a futuros al año 2032 en el distrito Padre Abad. Para ello se utilizó imágenes satelitales Sentinel y Landsat clasificándolas en el sistema de información geográfica – SIG, dando como resultado los mapas de deforestación de los años 2000, 2011 y 2022 asimismo las variables: pendiente, altitud, ANP y distancia a ríos, carreteras y centros poblados, lo cual los datos se cargaron en el software Dinámica EGO procediendo a calcular la matriz de transición, pesos de evidencia y la correlación entre los mapas, luego se realizó la simulación al año 2032 donde muestra los resultados con pérdida de 28 223,43 ha de bosque y el aumento de no bosque (deforestación) con 28 124,30 ha respectivamente, lo que indica el aumento de las áreas con actividades antropogénica y la disminución de áreas naturales.

**Palabras claves:** antrópicas, Dinámica EGO, escenarios futuros, simulación, SIG.

## **ABSTRACT**

Multitemporal measurement of deforestation in the Amazon is widely used to understand the anthropic actions that generate environmental imbalance. For this, predictive models are a very good tool for analysis, evaluating the dynamics of forest cover and anticipating future scenarios. In this context, the present research aims to calculate the change in forest cover, the rate of change between 2000 and 2022 and use a simulation model through the EGO Dynamics tool to have possible future scenarios for the year 2032 in the Padre Abad district. For this purpose, Sentinel and Landsat satellite images were used, classifying them in the geographic information system - GIS, resulting in deforestation maps for the years 2000, 2011 and 2022, as well as the variables: slope, altitude, ANP and distance to rivers, roads and populated centers, which data were loaded into the EGO Dynamics software proceeding to calculate the transition matrix, weights of evidence and the correlation between the map, then the simulation was performed to the year 2032 where it shows the results with loss of 28 223.43 ha of forest and the increase of non-forest (deforestation) with 28 124.30 ha respectively, indicating the increase of areas with anthropogenic activities and the decrease of natural areas.

Key words: anthropogenic, EGO dynamics, future scenarios, simulation, GIS.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de los modelos predictivos para la generación de escenarios futuros de cambios de cobertura, empleando sistemas de información geográfica (SIG) y percepción remota, los modelos de crecimiento urbano, tanto en el contexto de planificación territorial como en la evaluación del impacto ambiental que produce estos cambios en el territorio, constituye un método de prevenir, anticipar y mitigar dinámicas de proyección de la actual forma de expansión de las áreas de estudio (Henríquez y Azocar. 2007).

Los resultados y análisis de la pérdida de bosque a nivel nacional. En el 2019, el bosque húmedo amazónico perdió 148 426 hectáreas, lo cual representa el 4.1 % en comparación con las 154 766 hectáreas reportadas en el 2018. Esto indica que la pérdida de bosque sigue aproximadamente las 150 000 hectárea. En ese mismo lapso, Ucayali registró la pérdida de 38 377 hectáreas de bosque húmedo amazónico esto es un 47.6 % superior al dato reportado en el año 2018 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021).

Asimismo, en la provincia Padre Abad se están estableciendo cientos de hectáreas de cultivos como palma aceitera, cacao y el plátano, lo que es bien recibido por los pobladores del campo que ven en ello un cambio de sus actividades ilícitas por ahora lícitas, las actividades que ahora realizan crean una economía estable para sus familias.

La palma aceitera, cacao y el plátano, si bien cambian la vida socioeconómica de las personas, las mismas actividades también provocan conflictos ambientales, por el mal uso de las tierras, estas actividades negativas en la naturaleza se deben a que: para instalar estas áreas de cultivo, los agricultores deforestan miles de hectáreas de bosque, lo cual fueron reemplazadas posteriormente por la palma aceitera, cacao, plátano, etc. Estas áreas solían ser grandes ecosistemas forestales. El ecosistema actual cambia las condiciones de vida de las plantas y animales existentes.

Por lo tanto, es de suma importancia conocer el cambio de cobertura boscosa que se encuentra experimentando cambios fuertes. En este contexto nos formulamos la siguiente interrogante: ¿Cuánto será la tasa de deforestación al año 2032 en el distrito Padre Abad – Ucayali estimado mediante simulación geoespacial?

En este sentido se propone la siguiente hipótesis: La tasa de deforestación simulado al año 2032, será mucho mayor en comparación a la actualidad en el distrito Padre Abad –Ucayali, por lo que se propone los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo general**

- Simular geoespacialmente la deforestación al año 2032 en el distrito Padre Abad – Ucayali.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Calcular la cobertura boscosa y los cambios en los años 2000, 2011 y 2022 en el distrito Padre Abad – Ucayali.
- Estimar la tasa de deforestación en los años 2000 – 2011 y 2011 – 2022 en el distrito Padre Abad – Ucayali.
- Simular el cambio de cobertura boscosa al año 2032 en el distrito Padre Abad – Ucayali.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Marco teórico**

#### **2.1.1. Bosque**

Según, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2005), estas tierras tienen más de 0,5 hectáreas con árboles de más a 5 m de altura y una cobertura de dosel superior de 10 %, capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra utilizada principalmente para fines agrícolas o urbanas. De manera similar, la Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción, CNUCC (2000) menciona que un bosque es la superficie terrestre más pequeña entre 0,5 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de dosel (o una densidad de población equivalente) de más del 10% al 30% y árboles que pueden alcanzar una mínima altura de 2 a 5 metros (m) cuando llegan a su madurez in situ.

Este llega a hacer un ecosistema natural complejo de organismos, microorganismo, plantas y animales, que son simultáneamente relacionados, conectados y subordinados al ambiente dominante de los árboles, a más de 0,5 hectáreas con árboles de más de 2 m de altura capaces de alcanzar esta altura in situ, y una cubierta que supera de 10% (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014)

#### **2.1.2. Deforestación**

Es un cambio en el bosque, un uso heterogéneo del suelo o una reducción de la densidad del dosel de los árboles menor del 10%. Por lo tanto, el término debe entenderse como “cambios a largo plazo en la cobertura forestal o metamorfosis del bosque a diferentes etapas, esto requiere dedicarlo a diferentes actividades tales como: ganadería, agricultura, cultivos ilícitos u otras que impliquen la disminución continua de bosques, lo que conlleva al desequilibrio de su estado remanente o natural”.

Las superficies se encuentran en un proceso de restauración, así como aquellas que albergan árboles sobrevivientes o áreas donde se aplica el manejo forestal, no se considera en este concepto, y generalmente se utiliza para cualquier actividad que prolongue la presencia de cobertura arbolea (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2005). Además, estas han sido descritas como la destrucción del dosel

arbóreo de los bosques debido a la intervención humana o diferentes fuerzas de la naturaleza (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2015).

### **2.1.3. Causas de la deforestación**

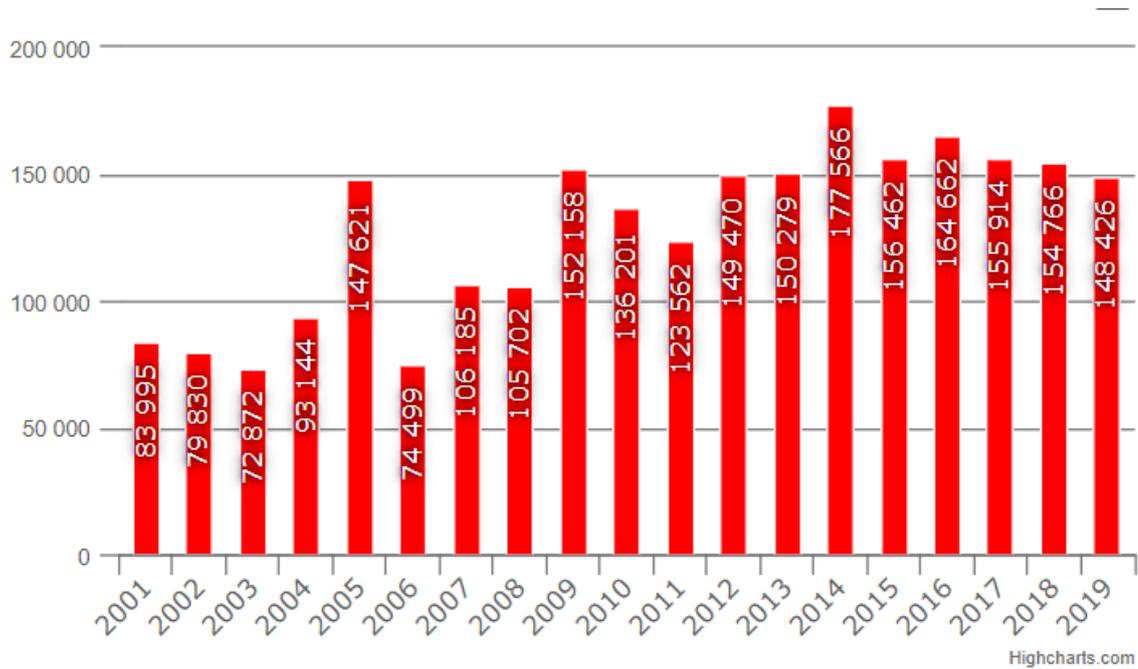
Varios factores contribuyen a la realización de la deforestación en bosque natural, así mismo, los factores se pueden agrupar en cuatro categorías:

- Factores institucionales y políticos relacionados con demandas políticas, ausencia de coordinación entre agencias y departamentos, falta de proyectos y planes de uso del suelo, sistemas de tenencia del suelo, marcos regulatorios y políticas forestales obsoletas, ineficiencia, y la desigualdad de las leyes ejecutadas por parte del departamento administrativo, calidad y accesibilidad de la información pública y escaso compromiso cívico.
- Factores económicos relacionados con la limitada necesidad económica y fuentes de ingreso de los hogares, la distribución desigual de las riquezas, la demanda interna e internacional de la madera y la inversión pública limitada en los grupos forestales y tan bien agrícolas.
- Factores tecnológicos conectados con la falta de desarrollo de tecnología agrícola, descenso de probabilidad, limitada asistencia técnica para el desarrollo agrícola sostenible, la falta de capacitación, difusión e investigación.
- Factores sociodemográficos, culturales y conciencia ecológica relacionados con la migración rural-urbana (Magbma y las Organizaciones de las Naciones Unidas para le Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

### **2.1.4. Deforestación en Perú**

El país tiene 72 millones de hectáreas de bosque, lo que representa más del 56 % de la superficie terrestre del país, en el año 2019 la selva amazónica perdió 148 426 hectáreas que es representada por el 4,1 % siendo menor con respecto al 2018 (154 766 hectáreas). Esto indica que la pérdida de bosque sigue rondando las 150 000 hectáreas. A 2019, el área remanente de bosque húmedo amazónico era de 68 274,16 millones de hectáreas, lo que representa el 53,1 % del área total del país (Figura 1). En promedio, la pérdida de bosque amazónico entre 2001 y 2019 fue de 128 069 hectáreas. Entre 2001 y 2019 se registraron

pérdidas totales de 2 433,314 hectáreas (Ministerio de Agricultura y Riesgo [MINAGRI], 2019).



Fuente: MINAM (2019)

**Figura 1.** Deforestación (ha) en el periodo 2001-2019 a nivel nacional

### 2.1.5. Deforestación en Ucayali

En el 2019, Ucayali presentó un aumentó en la pérdida de los bosques, seguido de Madre de Dios y Loreto (MINAM, 2020). Al 2019, Ucayali ha registrado la pérdida de 38 377 hectáreas. Esto es un 47,6 % superior al dato reportado en el 2018 (25 991 hectáreas) (MINAM, 2021). Se puede decir que, en una escala aproximadamente, la pérdida anual entre 2001-2009 fue de 22 255 hectáreas. Lo más importante es que se concentra en las sigues provincias: “Coronel Portillo (17 869 hectáreas), Padre Abad (10 365 hectáreas) y Atalaya (10 063 hectáreas)” (MINAM, 2021).

Del 4 del mes enero al 16 de septiembre del 2020 se identificaron un total de 28 284,57 hectáreas de deforestación en la región de Ucayali, siendo la mayor deforestación en áreas de concesión (silvicultura maderable, protección, conservación y ecoturismo) con 9 225,28 hectáreas, bosque de producción permanente con 6 533,13 hectáreas, lo que representa 55;72% del área deforestada en total.

Por último, se encuentran las comunidades indígenas con 5 499,56 hectáreas de deforestación (Gerencia Regional Forestal y de Fauna Silvestre [GERFFS], 2020).

### **2.1.6. Deforestación en el distrito Padre Abad**

El territorio de la provincia Padre Abad tiene un total de 8 822,50 Km<sup>2</sup> que es el 8,61% de la superficie perteneciente a la región. La densidad poblacional es de 7,14 Hab/Km<sup>2</sup>. Consta de 5 distritos, 6 centros poblados, 189 localidades y/o caseríos incluyendo 7 comunidades indígenas (Gobierno Regional Ucayali [GRU], 2005).

La deforestación en la zona Padre Abad se debe a: incendios forestales, deforestación, tala clandestina y cambios de cobertura, que provoca aumentos del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el aire, lo cual es necesario que los árboles vivos almacenen estos compuestos en sus fibras, pero cuando se cortan el carbón, se libera de nuevo en la atmósfera. El dióxido de carbono es uno de los gases principales de efecto invernadero, por lo tanto, la tala de los árboles aumenta los peligros del cambio climático. Los bosques producen vapor de agua al evaporar el exceso de agua de la vegetación, lo cual vuelve a la atmósfera y genera lluvia nuevamente. La deforestación en la región conducirá inevitablemente a una reducción de la evaporación y las precipitaciones (Meza y Díaz, 2011).

### **2.1.7. Cambio de cobertura boscosa**

Muestra cambios en la superficie terrestre en la tierra causadas por las perturbaciones y actividades humanas al paso del tiempo. Los humanos han transformado entre un tercio y la mitad de la superficie de la tierra, ningún ecosistema en la tierra es inmune a las influencias humanas y el cambio de cobertura, para producir bienes y servicios muestran el aumento del cambio y alteración de los humanos en un sistema terrestre que define lugares y los vulnera (Espinoza y Mendoza, 2016).

El cambio de cobertura es un tema unificador de diferentes dimensiones de la alteración ambiental global. Su investigación necesita ser interdisciplinaria por que se utilizan conceptos, información y métodos de distintos campos del conocimiento. En esencia es uno de los temas que ha sido liderados o abordado por geógrafos (Rosete, 2008).

Las actividades humanas se consideran la principal fuerza que cambia la biosfera y la principal causa de los cambios en el paisaje contemporáneo. Los ecosistemas terrestres sufren cambios causados por el mantenimiento o las intensificaciones del uso de la tierra y la subsiguiente degradación de las tierras para la producción de cultivos y la mecanización

excesiva se encuentra entre las principales causas que afectan la transición del uso de la tierra (Rosete,2008).

### **2.1.8. Teledetección**

La teledetección o precipitación remota (“Remote Sensing”) es una disciplina científica integrada a una amplia gama de conocimiento y tecnología utilizada para poder observar, analizar e interpretar fenómenos atmosféricos y terrestres. Las principales bases de información son las mediciones e imágenes conseguidas con ayuda de las plataformas espaciales y aéreas (Eugenio et al., 2013).

### **2.1.9. Percepción remota y SIG**

Sistema de información geográfica (SIG), es una herramienta muy general con una amplia gama de campos aplicativos, a través de un conjunto de programas en base a bases no graficas o descriptivas de objetos con representaciones realistas. Tiene una representación gráfica y factible medir cualquier tamaño y dimensiones relativas a la tierra. Toda la información que es medible y tiene ubicación se considera como geográfica (Chuvieco, 2002).

La teledetección es un sistema que permite la adquisición de imágenes de la superficie terrestre a partir de sensores montados en plataformas espaciales, asumiendo que existe una interacción energética entre la tierra y el sensor, ya sea a través de reflejos solares o energía artificial, esto incluye no solo el proceso de adquisición de imágenes, sino también el procesamiento posterior de convertir imágenes en productos de información. En etapas posteriores de procesamientos, entra la función SIG, donde la información de los sensores se vacía para poder ser manipulada; GIS puede definirse en términos generales como el software, el hardware y os programas cuidadosamente diseñados para facilitar la adquisición, manipulación, gestión, modelado, análisis, presentación y salida de datos espacialmente referenciados.

Esto demuestra la estrecha relación entre SIG y teledetección, desde la obtención de información de sensores remotos hasta la obtención de insumos finales en formas de cartografías, estadísticas, etc. El objetivo final es solucionar problemas complejos de gestión y planificación (Chuvieco, 2002)

### **2.1.10. Sensores**

Es un instrumento que se localiza en plataformas satelitales capaz de adquirir energía de la cubierta terrestre (Puerta et al., 2013). Asimismo, da a conocer la resolución del sistema de sensor como su capacidad de distinguir informaciones detallada, depende de los efectos combinados de todos los componentes de los sistemas físicos: espectral, resolución espacial, radiométrica temporal.

#### **2.1.10.1. Sensores pasivos**

Son los que se limitan a adquirir energía de fotos externas, es decir; este sensor capta energía electromagnética de la cubierta terrestre, la cual se refleja por los rayos solares o emitida por su propia temperatura (Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático [IIAP],2004)

#### **2.1.10.2. Sensores activos**

La radiación electromagnética en la parte de las microondas se utiliza para la detección remota, para adquirir información de la atmosfera, el océano y las tierras. Un sistema de radar manda pulsos de microondas y reconoce las señales reflejadas en la superficie de la tierra. La altura de la superficie terrestre se puede medir por el tiempo que tarden las señales remotas (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IIAP], 2004)

### **2.1.11. Imágenes satelitales**

A medida que los satélites con sensores pasivos avanzan en sus órbitas, “barren”. La superficie terrestre, capturando la energía solar que se refleja en diferentes longitudes de las ondas. Estos se agrupan en diferentes rangos llamados “bandas espectrales” y el sensor genera una verdadera matriz digital de pixeles al codificar las informaciones en cada banda, en un formato que se pueda interpretar elementos gráficos (del inglés, element x picture) todo ellos establecen una imagen o también conocido como un “ráster”. En los lenguajes de procesamientos de imágenes se denomina ND (Nivel Digital) (NASA, 2004).

Los ráster tienen una resolución acorde al sensor satelital del cual fueron adquiridas. Estará basado en:

- La frecuencia de tiempo en la que el satélite pasa por mismo punto de la tierra dentro de su órbita (R. Temporal).
- La banda espectral permite captar al sensor (R. Espectral).
- El número de niveles digitales (ND) que simboliza un píxel en la superficie (R. Espacial) pueden captar el sensor (R. Radiométrico) (Chuvieco, 2002).

### **2.1.12. Programa Landsat**

A fines de la década de 1960, la NASA (National Aeronautics and Space Administration), diseñó el primer proyecto para mapear y evaluar los recursos naturales del suelo utilizando satélites del espacio, llamado Landsat. Uno de los primeros satélites de las series ETRS (Earth Resources Technology Satellite) fue puesto en órbita el 23 de junio de 1972 (Chuvieco, 2002). Sin duda el programa satelital más beneficioso hasta la fecha, su séptima versión mantiene su vigencia actual, la más reciente enviada el 15 de abril de 1999 – Landsat 7 (NASA,2004).

La serie de plataformas Landsat era originalmente 7, cuya sexta versión se extravió poco después del lanzamiento, por lo cual nunca se usó. El éxito de este programa se debe principalmente a la alta resolución de representación de imágenes de carácter global como periodo de adquisición de información. Solo en 1980, los usuarios adquirieron aproximadamente 385 000 imágenes y las estaciones terrestres de todo el mundo recibiendo 550 000 imágenes (Chuvieco, 2002). Actualmente está en órbita el Landsat 9 que fue lanzando el 27 de septiembre de 2021, continuando fundamentalmente el papel del programa en el seguimiento, las gestiones de los recursos terrestres necesarios para seguir con la humanidad y comprensión.

### **2.1.13. Tipos de clasificación de imágenes**

La clasificación digital implica clasificar imágenes multibanda. Estadísticamente, esto significa disminuir la escala de medición de una variable continua (ND) a una escala categórica o nominal (Chuvieco, 1996). Se clasifica en dos tipos: la clasificación supervisada y no supervisada, la primera implica obtener algún conociendo del área de estudio (a través del trabajo de campo), seleccionar muestras (zonas de entrenamiento), asignar al cálculo, y la segunda no se conoce nada de la zona, su búsqueda de homogeneidad es automática (Alva y Chávez, 2004).

### 2.1.13.1. Método mínimo de distancia

Uno de los criterios más simple para clasificar un píxel en una clase es incluirlos en la que está más cercanas a él, el que minimiza la distancia entre el píxel y el centróide de la clase. Esta distancia no es una de las distancias geográficas, sino una distancia espectral, que es el resultado de comparar el ND de cada píxel con los del centro de las diferentes clases, para todas las bandas involucradas en los análisis (Chuvieco, 1996).

### 2.1.14. Validación de resultados

Los métodos de validación estadística se han desarrollado en los últimos años y debe incluirse en cualquier estudio, permitiendo a los usuarios del mapa evaluar su extensión en función de las condiciones reales. Una de las medidas de confiabilidad incluye contar con áreas de prueba, que permite mediciones independientes de concordancia entre el mapa y el terreno real. Esto pasa por muestreo de terreno clasificados para que se tomen las medidas necesarias para comprobar los resultados (Chuvieco, 1996).

### 2.1.15. Matriz de confusión y Índice de Kappa

Consecuencia de la clasificación y el muestreo, se puede conformar una matriz, denominada matriz de confusión, porque contiene conflictos entre las clases y el terreno real. El Índice de Kappa se consigue a partir de las clasificaciones marginales (Chuvieco, 1996).

**Tabla 1.** Valores de Kappa

<b>Kappa</b>	<b>Fuerzas de conformidades</b>
< 0,2	Nula
0,21 – 0,40	Suave
0,41 – 0,60	Aceptable
0,61 – 0,80	Buena
0,80 – 1,00	Perfecta

Fuente: CHAVEZ (2007)

### 2.1.16. Validación y verificación de los mapas

Al final de la interpretación digital de las imágenes satelitales, se verifica la calidad para verificar la validez del método y el producto resultante. Chuvieco (2008)

argumenta que dicha verificación debe ser verificada como el paso final de la clasificación de dígitos, interpretación visual de imágenes, detección de cambios, etc.

El proceso de verificación requiere aplicar técnicas de muestreo para estimar el error contenido en los resultados de la forma más precisa y al menor costo posible. Por lo tanto, intenta estimar el error seleccionando una muestra representativa de las condiciones del terreno, para encontrar la relación entre la realidad y los resultados. Según Chuvieco (2008), la verificación de los resultados debe incluir los siguientes pasos.

- Diseño de muestreo
- Recolección de datos de referencia
- Análisis de resultados
- Ajustes finales

#### **2.1.17. Programa de modelación en cambios de cobertura boscosa**

En estas últimas décadas, se vienen desarrollar un gran número de modelos de cambio de cobertura, se puede modelar examinar las transformaciones que ha sufrido el paisaje en el pasado para desenrollar un modelo matemático evaluar probabilidades de cambio basada en un conjunto variables explicativas y permite mapear diferentes transiciones. Para evaluar los patrones y procedimientos de cambios, se compararon dos mapas de uso/cobertura de la tierra de dos fechas pasadas. El modelo espacial estadístico para cambio la cobertura boscosa surgió de la combinación y el uso de métodos cartográficos, modelos estadísticos multivariados y sistema de información geográfica

##### **2.1.17.1. Dinámica EGO**

Esta aplicado a estudios de modelación de deforestación y desarrollo urbano. Es muy flexible, permitiendo el desarrollo de modelos de cambio de cobertura complejos y el crecimiento de escenarios de cambio futuros. En Dinámica EGO solo no se puede realizar análisis de cambios multitemporales, sino también utilizar análisis multicriterio aplicados a evaluaciones de impactos ambientales, planificación urbana o regional, con indicaciones del paisaje o métricas del paisaje para poder ser evaluados la calidad de los hábitats cuando los inventarios de biodiversidad o cuando los datos ecológicos con limitados. También se puede desarrollar modelos econométricos de pronósticos para predecir las tasas de deforestación en

función de contexto socioeconómico de las ciudades, así como desarrollar modelos para monitorear las emisiones de carbono (Soares et al., 2009).

### **2.1.18. Simulación en la cobertura boscosa**

En los asuntos de simulación se realiza interacciones en base a variables para reflejar el paso del tiempo (Reyna et al., 2017). Asimismo, Dinámica EGO utilizan dos funciones completamente de autómatas celulares locales para la simulación. El primero se refiere a Patcher, que está diseñada para correlacionar la formación de nuevos parches. El otro se llama Expander, que simulan la conversión realizada por expansión por clases. Cabe mencionar que se define que se debe definir el porcentaje de transformación que se realizan en cada función, además de especificar los parámetros reflejados por tamaño, medida, isometría y varianza. Los isométricos van de 0 a 2, a mayor numero, mayor son las formas isométricas (Ramírez y Mejía et al., 2017). Los resultados de la simulación se reflejan en mapas delimitados, mostrando zonas proyectadas de trayectorias cambiantes según tendencias históricas.

## **2.2. Estado del arte**

La superficie terrestre o cubierta terrestre y sus cambios están en el centro de una serie de procesos biofísicos involucrados en el cambio global. La cobertura terrestre se define por varios atributos de la cubierta terrestre de la tierra y su superficie inmediata: incluida los suelos, la biota, las estructuras antropogénicas, las topografías, las aguas superficiales y subterráneas. La transformación de la superficie terrestre constituye el sustituir de un tipo de cobertura por otro y se mide por el cambio de un tipo de cobertura terrestre a otra, como la deforestación, los cambios en la variedad de la superficie terrestre y la expansión agrícola.

El modelamiento, se realiza de manera especialmente explícita, constituida (multidisciplinaria) y multi – escala, es un método muy importante para predecir escenarios futuros, realizar investigaciones que nos ayuden a comprender los procesos subyacentes del experimento de cambio y describir de este último como un aspecto cuantitativo. Los cambios de cobertura presentan la posibilidad de analizar sensibilidad de los patrones de cobertura a cambios en variables seleccionadas. Asimismo, permite el examen de la estabilidad relacionada con el medio ambiente y sistemas sociales mediante la formación de escenarios (Canedell y pataki et al., 2006).

### 2.2.1. Antecedentes internacionales

Palacios y Arellano (2021) realizaron una investigación de modelamiento predictiva de los cambios de cobertura forestal en el área de conservación municipal Quilamo – Morona, donde el objetivo del estudio fue realizar un modelo predictivo de cambio de cobertura forestal en el área de conservación municipal (AMB) Quilamo como contribuir a la toma de decisiones y formulación de políticas enfocadas a disminuir el impacto de la deforestación de áreas protegidas de la Amazonia ecuatoriana. Mediante la supervisión y clasificación de imágenes satelitales Landsat 8, Landsat 5 y Sentinel 2A se obtuvieron la cobertura terrestre del área protegida en los años 2011, 2016 y 2020, en lo cual se reclasifico en bosque y no bosque.

En lo cual, aplicaron el modelo de simulación conjunta de autómata celular y cadena de Markov, se utilizó la cobertura del 2011 y 2016 para simular la cobertura forestal al 2020 en la etapa de calibración y comparar los resultados con la cobertura real del 2020 en la etapa de verificación. Usando estadísticas ROC (estadística del área bajo de la curva – AUC de ROC) y el coeficiente Kappa, se obtuvo un valor de precisión de 0.898 en la validación del modelo, lo que asegura predicciones y predicciones confiables. El modelo de pronóstico de la cobertura forestal al 2025 de ACM Quilamo prevé una deforestación de 31,76 ha/año y -0,016% de la tasa deforestada en los periodos 2020 al 2025, también de un paisaje altamente fragmentado. El modelo resultante se informa como insumo en una herramienta de planificación regional, concentrándose en la aportación de la parte de mitigación del cambio climático.

Vallejo y Medina (2020) realizo un estudio basado en la generación de un modelo de predicción espacial de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor para el periodo 2017 – 2047 basado en mapas de cobertura y análisis de variables con Dinámica EGO, donde el propósito de este trabajo es proponer un modelo de pronóstico espacial del cambio de uso forestal basado en el análisis de agentes y drivers en la región del Piamonte y utilizando el software Dinamica EGO, el argumento de este trabajo es el siguiente, en la primera parte elaboran conceptos matemáticos, la segunda parte presenta el diseño metodológico en lo cual se basa en una propuesta desde diferentes enfoques correspondientes a los niveles territoriales y regionales.

Se planteo la deforestación desde este punto de vista llevo a la implementación de un modelo inicial basado en información históricas evaluadas estadísticamente, tales resultados se muestran en forma paralela al extenso estudio. Asimismo, se delimita los componentes y variables, se constituye el modelo de pronóstico final y se generan escenarios de paisajes futuros en los periodos 2019 – 2044, mostrado de manera comparativa, que pueden evidenciar las tendencias identificadas en la zona de estudio.

### **2.2.2. Antecedentes nacionales**

En el estudio: *Global Deforestation Patterns: Comparing Recent and Past Forest Loss Processes Through a Spatially Explicit Analysis*. Se estima que es una de las principales causas de la deforestación histórica y apenas se da la extensión agrícola. Los cultivos tienen la capacidad de asociarse fuertemente hacia la deforestación, mientras que las capacidades de los pastos no están correlacionadas. Asimismo, el estudio comparó las deforestaciones con el desarrollo económico (combinado los valores de PIB y su tasa de crecimiento en los trópicos contemporáneos, lo que resulto en una reproducción del patrón por las curvas de transiciones forestales. Se cree que las variables asociadas con la deforestación en estos estudios posean la capacidad de predecir modelos de deforestación futuros (Sandker et al., 2017).

Ministerio del ambiente, MINAM (2018) ha realizado el mapa de bosque y de no bosque al año 2017 con base en la categorización de imágenes satelitales Landsat 8 y Landsat 7, identifica las áreas más deforestadas en la provincia de Leoncio Prado, que perdió 2 249 hectáreas de bosque en 2017. Es Daniel Alomia Robles (402 hectáreas), seguido de José Crespo y Castillo (421 hectáreas) y Mariano Damaso Beraun (402 hectáreas). Otra investigación utilizando imágenes Landsat para el cambio de cobertura forestal se realizó en el distrito Florida, Sector de Amazonas, donde se estableció una tasa de deforestación de 232,2 ha/año del año 1987 a 2000 y de 2001 a 2013, la tasa es de 16,52 ha/año (Salas, et al 2016). Por otro lado, en la cuenca del bolsón Cucaracha, en la provincia de Leoncio Prado – Huanuco, haciendo uso de las imágenes spot de alta resolución espacial, se determinó una tasa de deforestación de 83,54 ha/año para los periodos 2004 - 2014 (Meneses, 2017).

En el artículo de investigación titulado: “Simulación Geoespacial de Tasas de Deforestación en Nueva Requena – Región Ucayali al 2030” el objetivo es determinar las tasas de deforestación en el distrito de Nueva Requena en el cual el modelo de modelación geoespacial de Dinámica EGO de autómatas celulares; considerando las siguientes variables:

distancia al suelo poblado, distancia de agua, distancia de caminos, concesiones forestales, porcentaje de pendiente y modelo de elevación digital. Por ello, primero se calcula el rango mediante un enfoque geoestadístico de pesos de evidencia para clasificar variables continuas para obtener las probabilidades de transición, que a su vez obtienen pesos para las variables que tienen un mayor impacto en el cambio.

En segundo lugar, se llevó a cabo el cálculo de correlación en la variable para verificar que la variable de entrada al modelamiento sea espacialmente independiente. En tercer lugar, se ejecutó una predicción previa al año 2020, comparándola con el mapa real del 2021 para mostrar si el modelo podía pronosticar cambios. Este último, alcanza un 75% de precisión. El cuarto es para realizar la simulación de la deforestación 2030 en el distrito Nueva Requena en Perú. Por último, se determinó que se deforestaron 35 112,24 hectáreas de bosque entre 2020 y 2030, lo que representa una tasa de deforestación de 3,08 %/año (Quispe, 2021).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

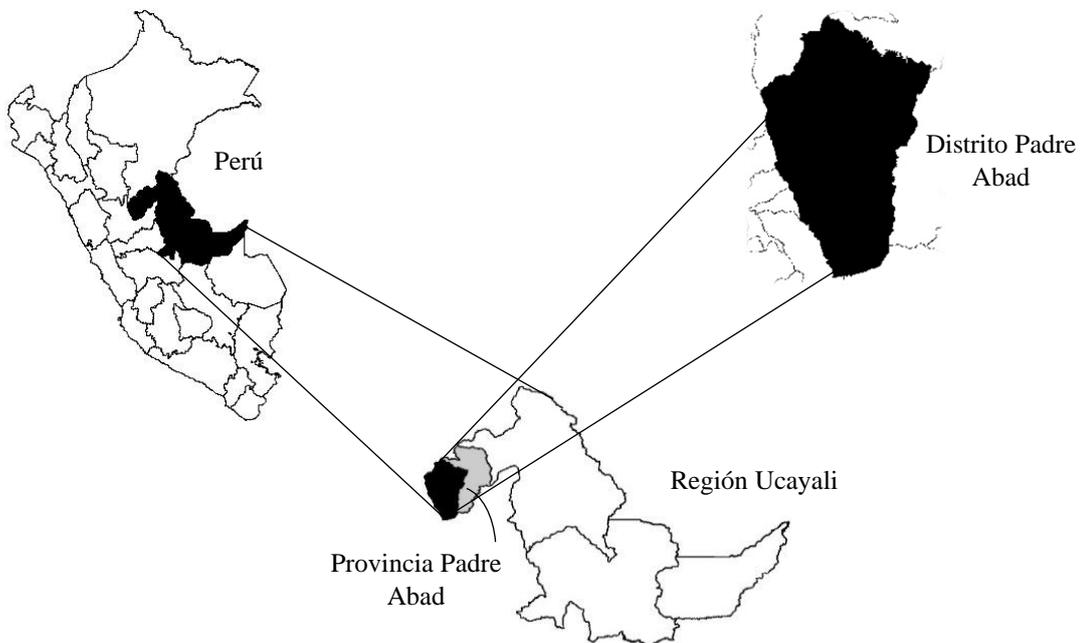
El trabajo de investigación se realizó en el distrito Padre Abad, con su capital Aguaytía y tiene una superficie terrestre de 4 663,66 km<sup>2</sup>, lo que representa el 52,89% de la superficie de la provincia ubicada como la región natural selva baja.

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

El distrito se localiza geográficamente en las siguientes coordenadas UTM: 445 010 Este y 8 999 760 Norte. En la zona 18 S proyectada en el datum WGS 1984.

##### 3.1.2. Ubicación política

Región	: Ucayali
Provincia	: Padre Abad
Distrito	: Padre Abad
Ciudad	: Aguaytía



**Figura 2:** Ubicación del área en estudio

### **3.1.3. Altitud**

El distrito se ubica a una altitud de 250 msnm.

### **3.1.4. Clima**

El Servicio Nacional de Meteorológico e Hidrología del Perú, SEMAMHI (2021) menciona que la ciudad de Aguaytía tiene un clima cálido, lluvioso y húmedo, y la zona de vida es un bosque tropical muy húmedo, lo cual es propicio para el crecimiento de abundantes árboles y arbustos. Según la meteorología de Aguaytía, la temperatura media anual máxima y mínima para el periodo 2017-2020 fue de 30,96°C y 22,32°C con temperatura media de 26,64°C.

### **3.1.5. Ecología**

Según Holdridge (1971), el área en estudio pertenece a la zona de vida de transiciones: bosque pluvial-Premontano Tropical (bp-PT) a bosque muy húmedo-Tropical (bmf-T).

### **3.1.6. Fisiografía**

Según Diaz et al., (2014), considera que desde el punto de vista fisiográfico el área de estudio presenta un paisaje de colinas altas y bajas, así como colinas ligeras y moderadamente empinadas e inclinadas, terrazas bajas a medianas.

### **3.1.7. Suelos**

En esta zona, las características de la edafológica sugieren que son suelos aluviales y aptos para cultivos temporales como; yuca, papaya, te, algodón, plátano, piña, caña de azúcar y otros cultivos.

Asimismo, también es adecuado para cultivos permanentes como palma aceitera, coco, cítricos, pijuayo, cacao y café, así como el cultivo de variedades con periodos de crecimiento de plantas más cortos, como maíz, sandía, frijol, caupi, maní, etc. Consta de terrazas planas y con suelos impermeables arcillosas (IIAP, 2017).

### **3.1.8. Vías de comunicación y transportes**

El área de estudio tiene como acceso vía terrestre, a través de la carretera Federico Basadre hasta la ciudad de Aguaytía, con aproximadamente 160 km desde la ciudad de Tingo María, con un recorrido de alrededor de 2 horas en automóvil. La situación de las vías ha estado mejorando a lo largo de los años, con carreteas de asfalto, dando acceso a varios centros poblados y comunidades del distrito.

### **3.2. Materiales y equipo**

Se consideró los materiales en campo y en el procesador de datos como: libreta de campo, botas, machete, GPS Garmin Map 62S, cámara fotográfica e imágenes satelitales Landsat y Sentinel-2. además, se hizo uso del software que son: ArcGis 10.5, Dinámica EGO, Base Can y Excel.

### **3.3. Criterios de la investigación**

#### **3.3.1. Enfoque de la investigación**

Según los indicadores que se consideró para la investigación, se encuentra dentro del enfoque cualitativo implicando un conjunto de procesos de recolección de datos, procesados y analizados en cuadros y gráficos (Hernández et al., 2015).

#### **3.3.2. Tipos de investigación**

De acuerdo con la intervención correspondiente es un estudio retrospectivo porque los datos tomados son del mismo lugar durante los años 2000, 2011 y 2022 (Supo, 2012).

#### **3.3.3. Nivel de investigación**

Según la presente investigación es descriptiva, lo cual consiste en evaluar y determinar la tasa de deforestación, es decir; no existe manipulación de ninguna variable en estudio (Hernández et al., 2014).

#### **3.3.4. Variable de estudio**

Según la variable que corresponde al área de estudio son las siguientes:

**Tabla 2.** Variables e indicadores de estudio

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
	Espacial	Cambio de cobertura	ha, %
Deforestación	Temporal	Tasa de deforestación	ha/año, %/ha
	Espacial	Simulación geoespacial	ha, %

**Población:** En la presente investigación se evaluó en provincia Padre Abad, distrito Padre Abad al 100%, es decir; el tamaño de la muestra es igual a toda la población.

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Cálculo de la cobertura boscosa del año 2000 al 2022

##### 3.4.1.1. Recopilación de información y datos cartográfica

Se inició recopilando toda la información cartográfica acerca del distrito Padre Abad, es decir; crear una base de datos que contengan información como vías, bosque de producciones permanente, ríos, zonas urbanas, centros poblados, áreas de conservación, límites políticos administrativos, etc.

##### 3.4.1.2. Descarga de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales de Landsat se descargaron del año 2000 y 2011 y de Sentinel del año 2022, desde la página <http://glovis.usgs.gov/>, las características principales para que se pueda elegir son: las coincidencias de los meses en la mayoría de las imágenes, y un bajo porcentaje de nubosidad. Todo el procedimiento se llevó a cabo de acuerdo con el protocolo de ortorectificación con niveles de reflectancia de las imágenes satelitales Landsat del Ministerio del Ambiente.

##### 3.4.1.3. Pre – procesamiento de las imágenes satelitales

En este paso se procedió a realizar las proyecciones del sistema de coordenadas pertenecientes a la zona de estudio, en otras palabras, ubicarlas en las mismas coordenadas. Se utilizaron las imágenes georreferenciadas (proyección UTM, zona 18 sur y

Datum WGS 1984) y ortorectificadas, colocando puntos de control (GCP`s) dispersado uniformemente en toda la imagen con un error cuadrático medio que es inferior a un pixel. Finalmente, en el transcurso se consideró que la matriz de variación utilizando el formato de polinomio de primer grado y el re – muestreo con elección del procedimiento “Vecino más Cercano”.

Posteriormente se realizó diferentes tratamientos combinados en bandas y procesamiento para el mejoramiento y realce de las imágenes. Donde se llevó a cabo las correcciones atmosféricas y radiométricas utilizando el software Qgis con la ayuda del “Plugin” Semi – Automatic Classification (PSC), que permitió una mejor apariencia, de tal manera que la interpretación visual y clasificación de la imagen pueda ser la más adecuada.

#### **3.4.1.4. Clasificación de las imágenes satelitales**

Se realizó el procesamiento de las imágenes satelitales, se usaron el programa Qgis con la ayuda de PSC y ArcMap. La continuación del trabajo comenzó con la significación y la unión de la banda 7 (infrarrojo medio) en rojo, banda 4 (infrarrojo cercano) en verde y banda 3 (rojo), consiguiendo un solo archivo por imagen.

Se determinó las regiones de entrenamiento para la clasificación supervisada. En este aspecto incluyó la selección de una muestra representativa de la zona de estudio, de tal forma la región específica de los píxeles asignadas por datos recolectados en campo y otros datos asignados al usuario con base al conocimiento que se tiene sobre la imagen y el área de estudio (MINAM, 2014).

Los criterios de clasificación son los siguientes: no bosque, bosque, zonas urbanas, y ríos. Luego se realizó la siguiente acción:

Mapa de deforestación: Se cambió la imagen final (clasificada) de las asignaciones de clases, lo cual será en formato a (Shapefile) para elaborar el mapa de deforestación para los años 2000,2011 y 2022 trabajando a una escala de 1/100,000, con una unidad cartográfica mínima de 16 hectáreas y proyectada en el Datum WGS 1984 y ubicado en la zona 18 S.

**Tabla 3.** Propiedades de las imágenes satelitales clasificadas

<b>Orden</b>	<b>Sensores</b>	<b>Fecha</b>	<b>Correlación atmosférica</b>	<b>Formato</b>
1	Landsat	10 de setiembre 2000	Si	Geo Tiff
2	Landsat	15 de julio 2011	Si	Geo Tiff
3	Sentinel	7 de agosto 2022	Si	Geo Tiff

#### **3.4.1.5. Validación y/o verificación en campo**

Se identificó las áreas o superficies de muestreos verificadas en campo teniendo en consideración el método aleatorio sistemático y la accesibilidad donde se utiliza las redes viales existente en toda el área de estudio.

Con el área identificada en el gabinete, se realizó la identificación en campo con la ayuda de los puntos de control GPS, de esa manera se corrigió y comprobó el área mediante la clasificación supervisada, seleccionando al que realice mejor discriminación de clases.

Posteriormente se realizó el post – clasificación utilizando el software Qgis y su PCS.

#### **3.4.2. Estimación de la tasa de deforestación en los años 2000 – 2011 y 2011 – 2022.**

Por ello, los análisis de las variaciones espaciales y temporales en la cobertura boscosa se utilizó el procedimiento planteado por Pontius et al, (2004) y Falcón (2014), denominado matriz de transición con ganancia y pérdida, que representa la transición de una cobertura a otra superficie de cobertura y porcentaje de pérdida, asimismo la superficie en área y porcentaje que permaneció en el mismo espacio determinando la cobertura y/o uso.

Falcón (2014) menciona que las matrices de transición son parte de un enfoque útil para reconocer los procesos de variación de cobertura boscosa, la matriz se obtuvo al añadir al menos dos mapas de la cobertura boscosa de diferentes fechas y al analizar los datos resultantes, identificado de modo eficiente a las variaciones entre las categorías, la matriz se distribuye de tal manera que en las filas se acomoda la categoría de la fecha inicial (t1) y la columna de la categoría de la fecha final (t2), con solo las diagonal de la matriz que representan

una fecha frente a la otra, la cantidad total de paisajes estables entre fechas, correspondiendo el resto a todas la combinaciones posibles de intercambios entre categorías.

**Tabla 4.**Matriz de transición de pérdidas y ganancias.

		<b>Matriz de transición de pérdidas y ganancias</b>					
		<b>Tiempo 2</b>					
<b>Tiempo 1</b>		Categorías 1	Categorías 2	Categorías 3	Categorías 4	El total de tiempo 2	Pérdidas
	Categorías 1	P11	P12	P13	P14	<i>P1+</i>	<i>P1+ - P11</i>
	Categorías 2	P21	P22	P23	P24	<i>P2+</i>	<i>P2+ - P22</i>
	Categorías 3	P31	P32	P33	P34	<i>P3+</i>	<i>P3+ - P33</i>
	Categorías 4	P41	P42	P43	P44	<i>P+</i>	<i>P4+ - P44</i>
	El total de tiempo 2	<i>P+1</i>	<i>P+2</i>	<i>P+3</i>	<i>P+4</i>	1	
Ganancias	<i>P+1 - P11</i>	<i>P+2 - P22</i>	<i>P+3 - P33</i>	<i>P+4 - P44</i>			

Fuente: PONTIUS et al, (2004)

Asimismo, los indicadores de variación propuesto por, Pontius et al, (2004) son los siguientes:

**La ganancia (G<sub>ij</sub>)**, que representa la fragmentación de los paisajes que experimentan un incremento de la fecha inicial (t1) seguido de la fecha final (t2), se calculó y se obtuvo la desigualdad de las columnas del total de tiempo 2 (*P+<sub>j</sub>*) y las persistencias (*P<sub>ij</sub>*):

$$G_{ij} = (P_{+j}) - (P_{jj})$$

**La pérdida (L<sub>ij</sub>)**, que representa la fragmentación de paisajes que disminuye en dos fechas, se obtienen del cálculo entre las diferencias de las filas del tiempo total 1(*P<sub>j+</sub>*) y las persistencias (*P<sub>jj</sub>*):

$$L_{ij} = (P_{j+}) - (P_{jj})$$

**El intercambio (S<sub>j</sub>)**, entre clases, un concepto que involucre tanto la ganancia como la pérdida de una clase ocupacional en el paisaje ocurre, aunque la ubicación de una clase

de ocupación varia en dos fechas, entre tanto sus superficies permanecen constantes, es decir; por cada concordancia de ganancia de una clase tiene igual cantidad de pérdida que la anterior clase, lo cual se logró medir el doble de la ganancia y la pérdida mínimas.

$$S_j = 2 \times \text{Min} (P_{j+}) - P_{jj} , P_j - P_{jj} \`$$

**La persistencia ( $P_{ij}$ )**, es la suma de diferentes clases de superficie que permanecen permanentes durante los distintos periodos de tiempo analizados (esto es fundamental cuando se analiza los cambios de cobertura, lo cual varios estudios muestran que es estable y que prevalecen en la naturaleza incluso en áreas dinámicas), donde se puede obtener de la diagonal fundamental de la matriz.

**El cambio total ( $DT_j$ )**, los cuales han sido la suma de todas las cantidades modificadas de los paisajes.

#### 3.4.2.1. Estimación de la tasa de cambio de cobertura

Este proceso se realizó para identificar áreas con mayor dinámica en el cambio de uso y la tasa de cambio entre 2000 – 2011 y 2011 – 2022. Durante este proceso se calculó las áreas de cada cobertura para cada año, además cambia entre periodos con base a la formula desarrollada por la FAO (1996).

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

En el cual:

$tc$  = tasa de variación del suelo

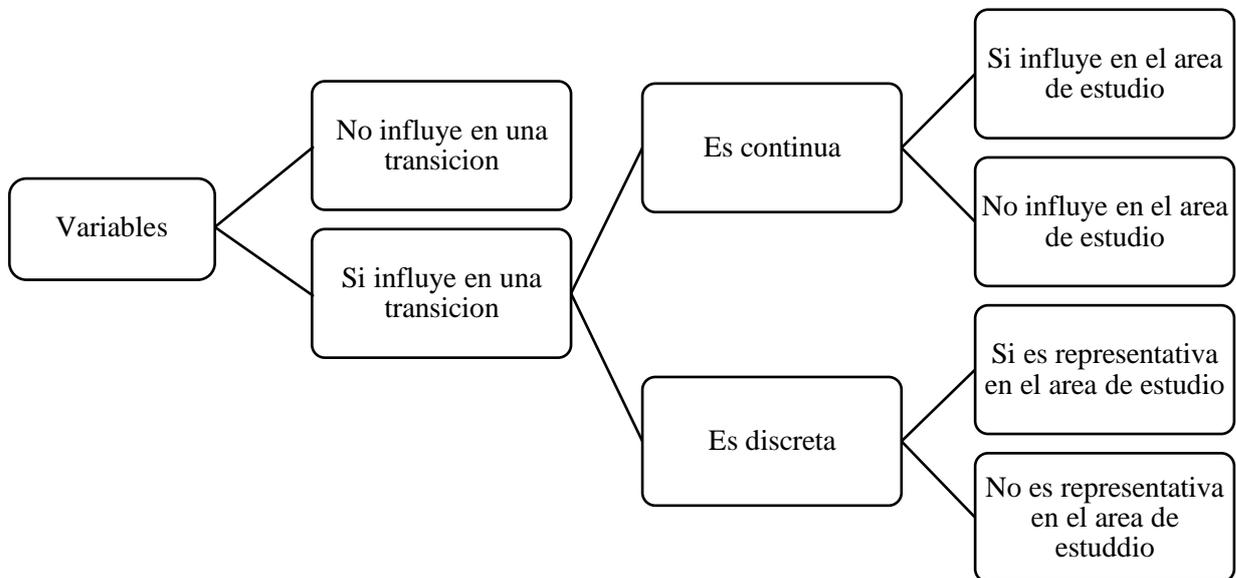
$S1$  = extensión del área de estudio en la fecha inicial

$S2$  = extensión del área de estudio con la fecha final

$n$  = disimilitud de años entre la fecha inicial y final

### 3.4.3. Simulación del cambio de cobertura boscosa al año 2032

Se realizó mediante el análisis de las proyecciones a futuro, utilizando el software Dinámica EGO y la metodología mencionada por Lejía, 2013, el modelo seleccionado o discriminado de las variables a tomarse en cuenta se presenta en la Figura 3.



**Figura 3.** Organigrama para la selección de variables

Las variables o insumos considerados en la investigación son los siguientes

- Presencia de ANP
- Distancia a centros poblados
- Distancias a carreteras
- Altitud msnm
- Distancia de hidrografías
- Pendiente en grados

Usando los mapas de cobertura boscosa que se produjeron en los periodos 2000, 2011 y 2022, se calculó con los siguientes pasos:

#### 3.4.3.1. Matriz de transición

Para las matrices de transición se realizaron para los tres periodos: 2000 al 2011, 2011 al 2022 y del periodo en total 2000 al 2022, para la simulación se tomó en

cuenta este último, ya que el objetivo es pronosticar la deforestación a 10 años para adelante, usando como base el mapa de cobertura del año 2022.

#### **3.4.3.2. Categorización de variables y cálculo de pesos de evidencias**

En este procedimiento se utilizaron el software ArcMap y Dinámica EGO, primero se utilizó el programa ArcMap para poder calcular la distancia y recategorizar en los mapas, ya que Dinámica EGO solo utiliza el método geoestadístico de peso de evidencia para variables categóricas, por tal razón se categorizan si son variables continuas. Estos mapas clasificados se introdujeron en el programa Dinámica EGO que asignó los pesos de evidencias a cada mapa y posteriormente con estas variables se creó un cubo ráster.

#### **3.4.3.3. Simulación de la cobertura al año 2022**

Para esta parte del modelo entra el mapa del año inicial, lo cual es el mapa de cobertura boscosa del año 2000, junto con las variables, la matriz de transición y los coeficientes de pesos de evidencias. Esto permitió establecer el número de interacciones que se ejecutaron, en este caso fueron 2, en otras palabras, la cantidad de años transcurridos entre la época inicial y final. Teniendo como resultados el mapa de simulación al año 2022.

#### **3.4.3.4. Validación de la simulación**

En este paso, el mapa simulado al 2022 se comparó con el mapa real del mismo año como resultado de la clasificación de imágenes satelitales, para analizar si el modelo puede o no predecir el cambio de cobertura boscosa lo más cerca posible de la realidad.

#### **3.4.3.5. Simulación de la cobertura al año 2032**

Por último, se propuso proyectar la deforestación al año 2032 en un hipotético caso de las tendencias históricas (2000 al 2022) de la deforestación y aumento de las actividades antrópicas continuarán siendo las mismas, debido al cual se tomó como año inicial el mapa de cobertura boscosa del año 2022, basada en la siguiente metodología propuesta por (Lejía, 2013).

Finalmente, el modelo se ejecutó en el software Dinámica ECO, y el proceso se observa en la Figura 4.

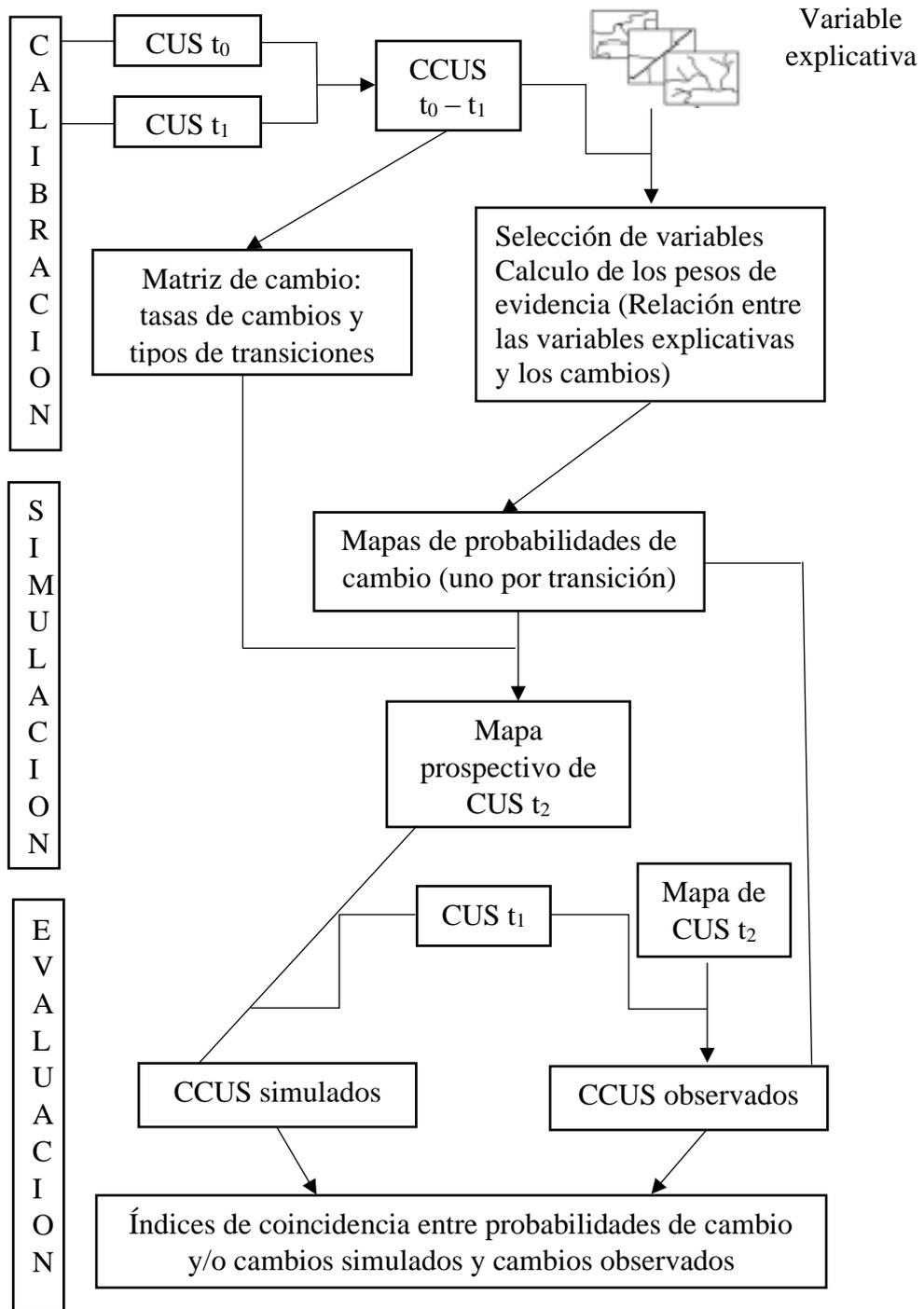


Figura 4. Esquema del proceso de modelamiento

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Cobertura boscosa en los años 2000 al 2022 en el distrito Padre Abad – Ucayali

En la tabla 5 se muestran las áreas en ha y porcentajes de la cobertura boscosa en los años 2000, 2011 y 2022 en el distrito Padre Abad. El área que mas predominan en la cobertura boscosa en los tres años son bosque y no bosque, asimismo la cobertura boscosa con menor porcentajes son ríos y zonas urbanas.

La selección y el procesamiento de las imágenes satelitales dieron como resultados los mapas de cobertura boscosa de los años 2000, 2011 y 2022 (Figura 5, 6 y 7)

**Tabla 5.** Cobertura de los años 2000 al 2022

ID	Descripción	Superficies					
		Cobertura del 2000		Cobertura del 2011		Cobertura del 2022	
		Áreas (ha)	%	Áreas (ha)	%	Áreas (ha)	%
1	Bosque	433 557,23	91,93	419 553,33	88,96	387 022,67	82,06
2	No Bosque	25 734,89	5,46	41 666,26	8,83	74 374,30	15,77
3	Ríos	11 701,79	2,48	9 484,85	2,01	9 265,02	1,96
4	Zonas Urbanas	633,19	0,13	922,67	0,20	965,10	0,20
<b>Total</b>		<b>471 627,10</b>	<b>100,00</b>	<b>471 627,10</b>	<b>100,00</b>	<b>471 627,10</b>	<b>100,00</b>

En la Figura 5, se observa el mapa de cobertura boscosa del año 2000, donde el distrito se caracteriza por tener el mayor porcentaje en bosque (91,93%) del total de áreas, seguido de no bosque con un porcentaje (5,46%) lo cual, representa el cambio de cobertura boscosa o deforestación y finalmente con una menor superficie las categorías de ríos y zonas urbanas.

En la figura 6, se observa el mapa de cobertura boscosa del año 2011, donde el distrito se caracteriza por tener el mayor porcentaje en bosque (88,96%) del total de áreas, en el cual se muestra la disminución de cobertura boscosa en comparación al año 2000 por la deforestación.

En la figura 7, se observa el mapa de cobertura boscosa del año 2022, donde el distrito se caracteriza por tener el mayor porcentaje en bosque (82,06%) del total de áreas, en el cual se muestra la disminución de cobertura boscosa en comparación al año 2011 por la deforestación.

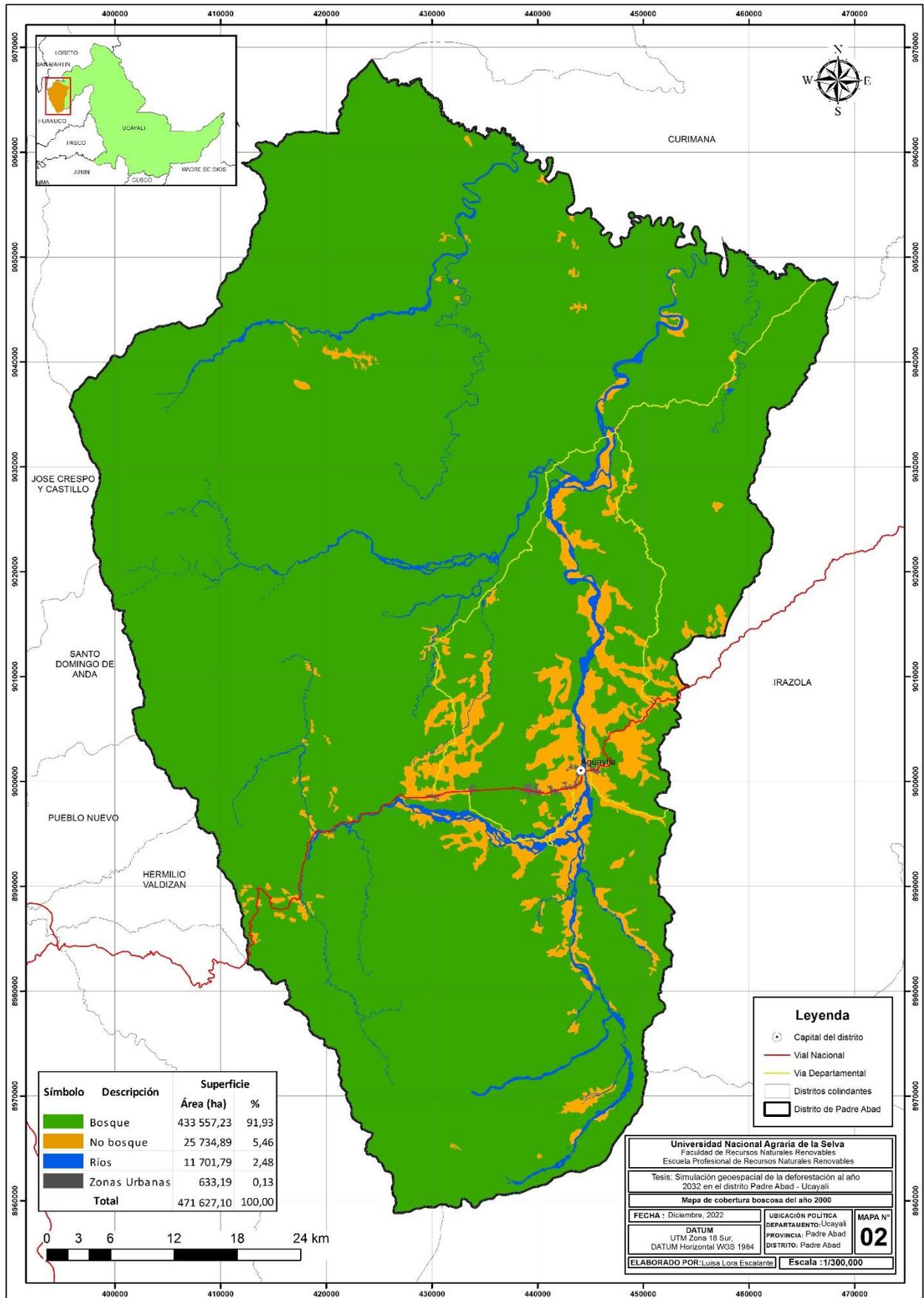


Figura 5. Mapa de cobertura boscosa del año 2000

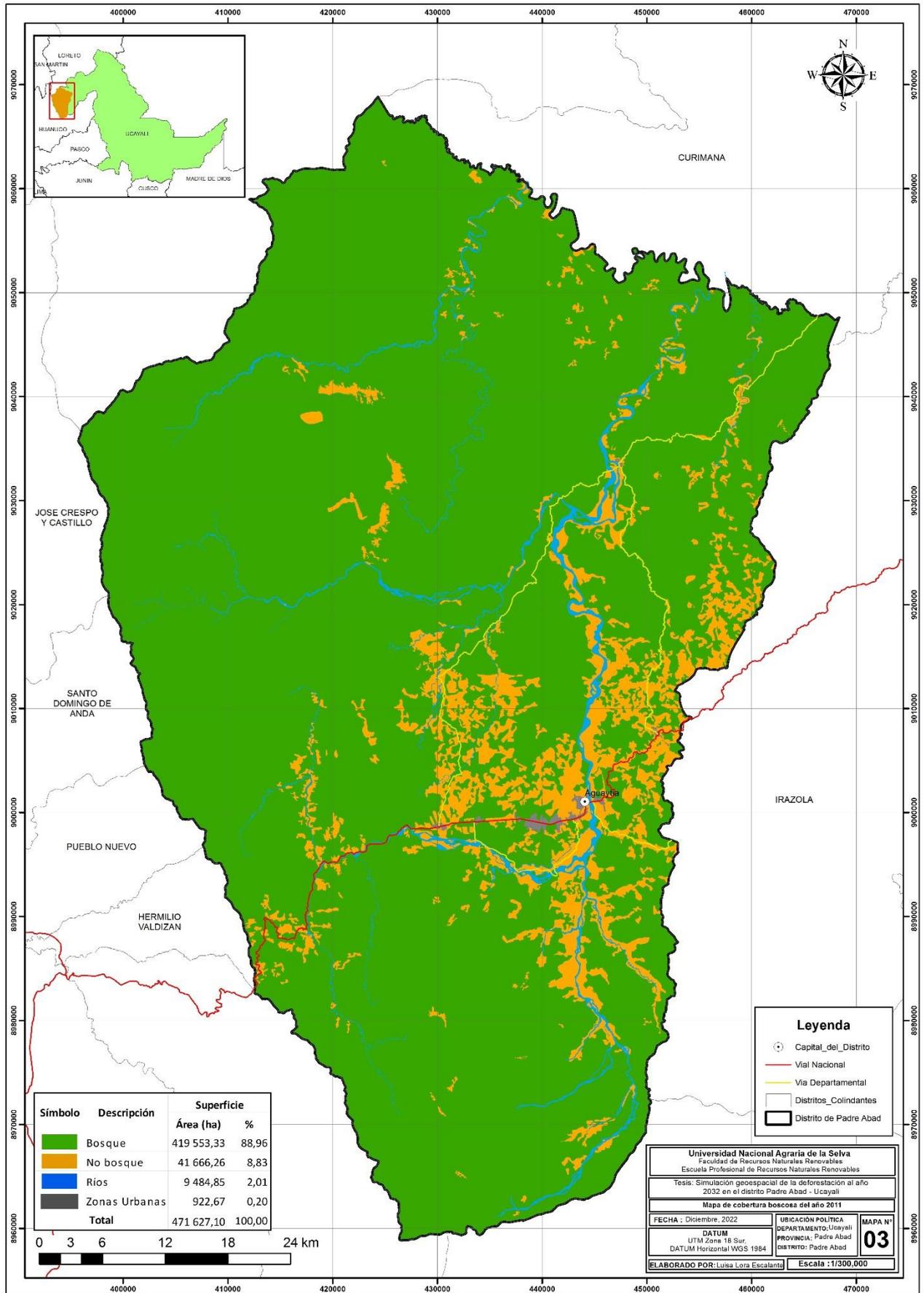


Figura 6. Mapa de cobertura boscosa del año 2011

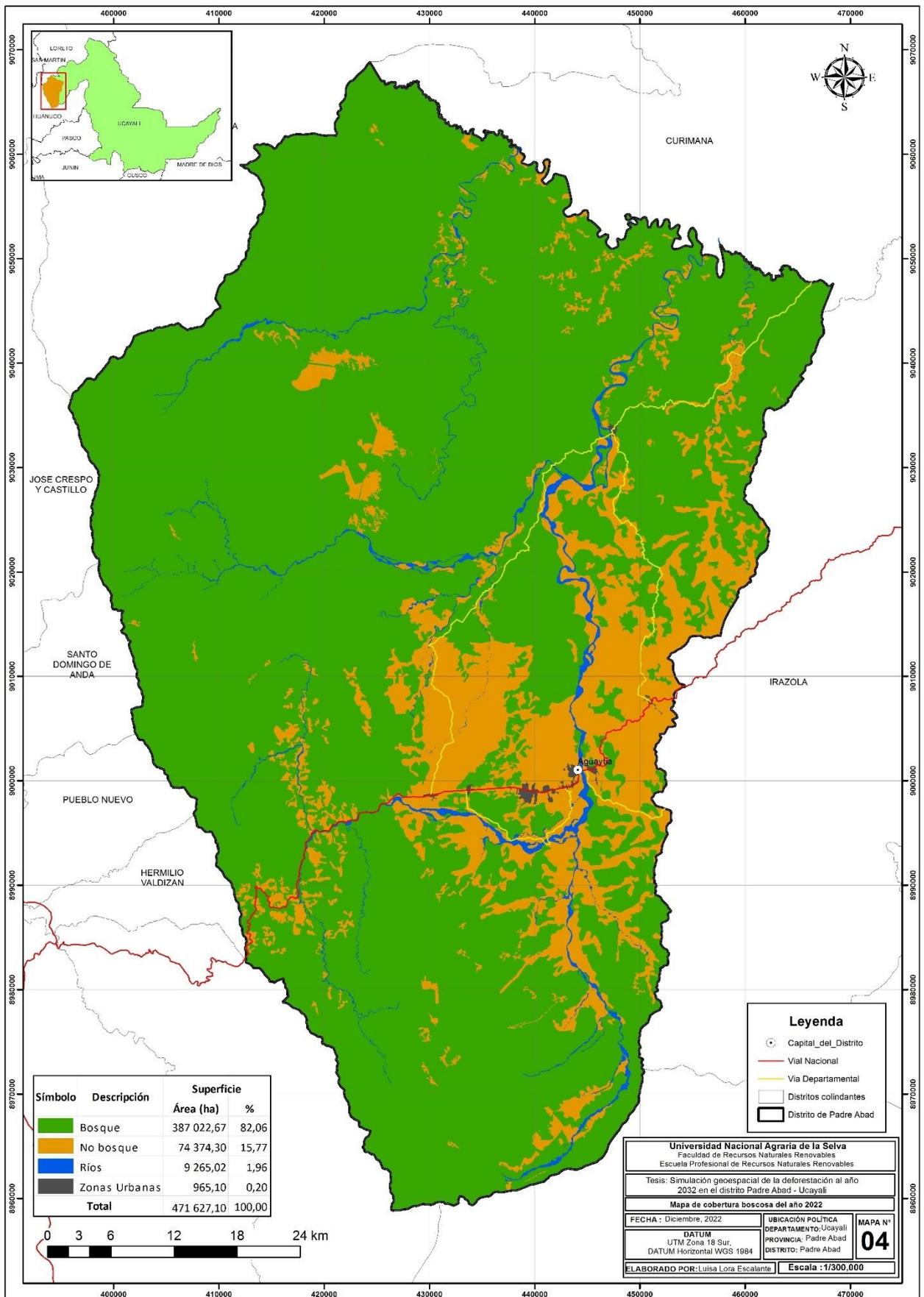


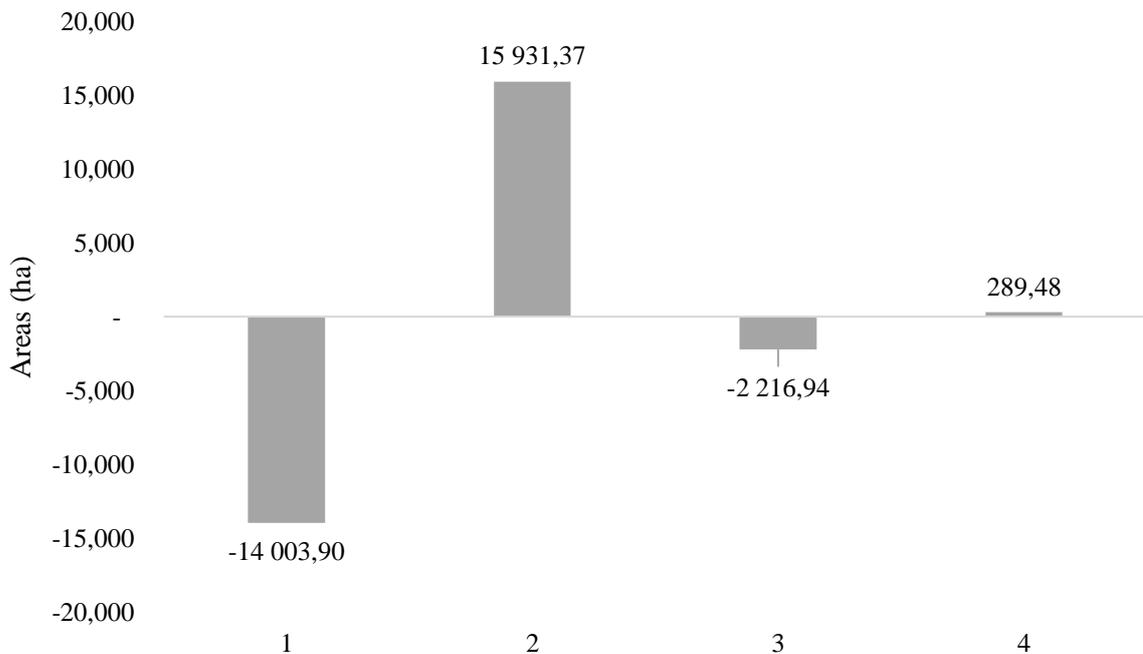
Figura 7. Mapa de cobertura boscosa del año 2022

#### 4.1.1. Cambios de cobertura del año 2000 al 2011

Se observa la comparación de los cambios de cobertura boscosa entre los años 2000 al 2011, los más resaltantes fueron de como aumentó 15 931,37 ha de no bosque, seguido de zonas urbanas con 289,48 ha, asimismo la cobertura boscosa disminuyó 14 003,37 ha de bosque al igual que ríos con 2 216,94 ha (Tabla 6) y (Figura 8).

**Tabla 6.** Cambio del primer periodo de tiempo (2000 – 2011)

N.º	Coberturas	Año 2000	Año 2011	Superficie de Cambio (ha) en 11 años	Descripción
		Áreas (ha)	Áreas (ha)		
1	Bosque	433 557,23	419 553,33	-14 003,90	Disminuyó
2	No Bosque	25 734,89	41 666,26	15 931,37	Aumentó
3	Ríos	11 701,79	10 484,85	-1 216,94	Disminuyó
4	Zonas Urbanas	633,19	922,67	289,48	Aumentó
<b>Total</b>		471 627,10	471 627,10		



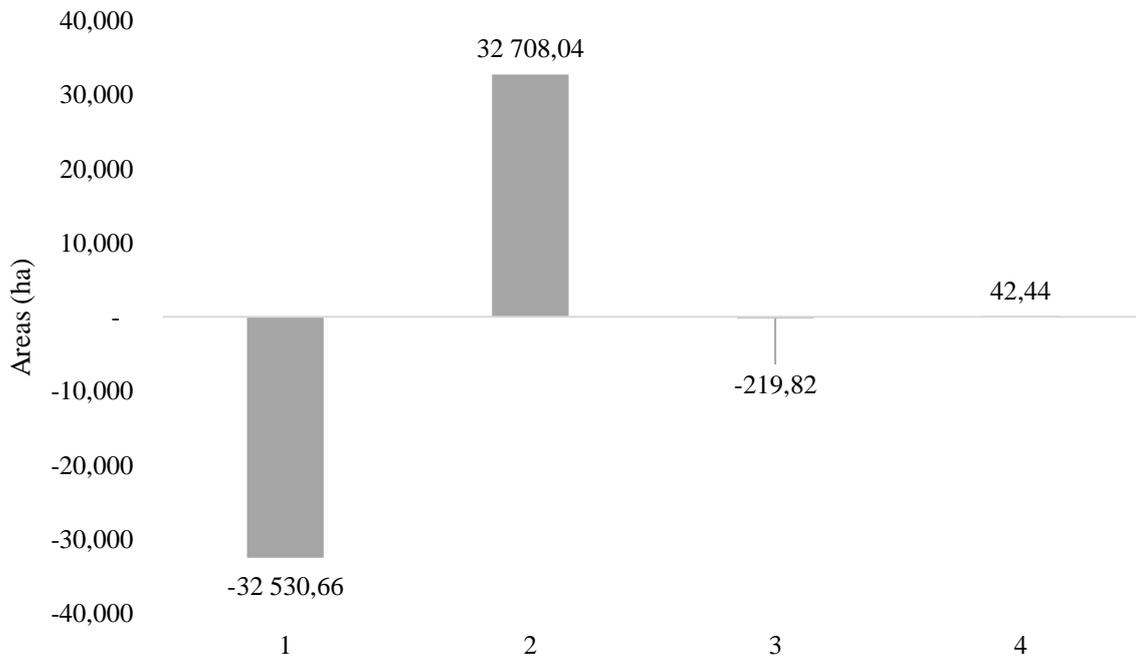
**Figura 8.** Cambio del primer periodo de tiempo (2000 – 2011) en ha.

#### 4.1.2. Cambios de cobertura del año 2011 al 2022

Se observa la comparación de los cambios de cobertura boscosa entre los años 2011 al 2022, los más resaltantes fueron de como aumentó 32 708,04 ha de no bosque, seguido de zonas urbanas con 42,44 ha, asimismo la cobertura boscosa disminuyó 32 530,66 ha de bosque al igual que ríos con 219,82 ha (Tabla 7) y (Figura 9).

**Tabla 7.** Cambio del segundo periodo de tiempo (2011 – 2022)

N.º	Coberturas	Año 2011	Año 2022	Superficie de Cambio (ha) en 11 años	Descripción
		Áreas (ha)	Áreas (ha)		
1	Bosque	419 553,33	387 022,67	-32 530,66	Disminuyó
2	No Bosque	41 666,26	74 374,30	32 708,04	Aumentó
3	Ríos	9 484,85	9 265,02	-219,82	Disminuyó
4	Zonas Urbanas	922,67	965,10	42,44	Aumentó
<b>Total</b>		471 627,10	471 627,10		



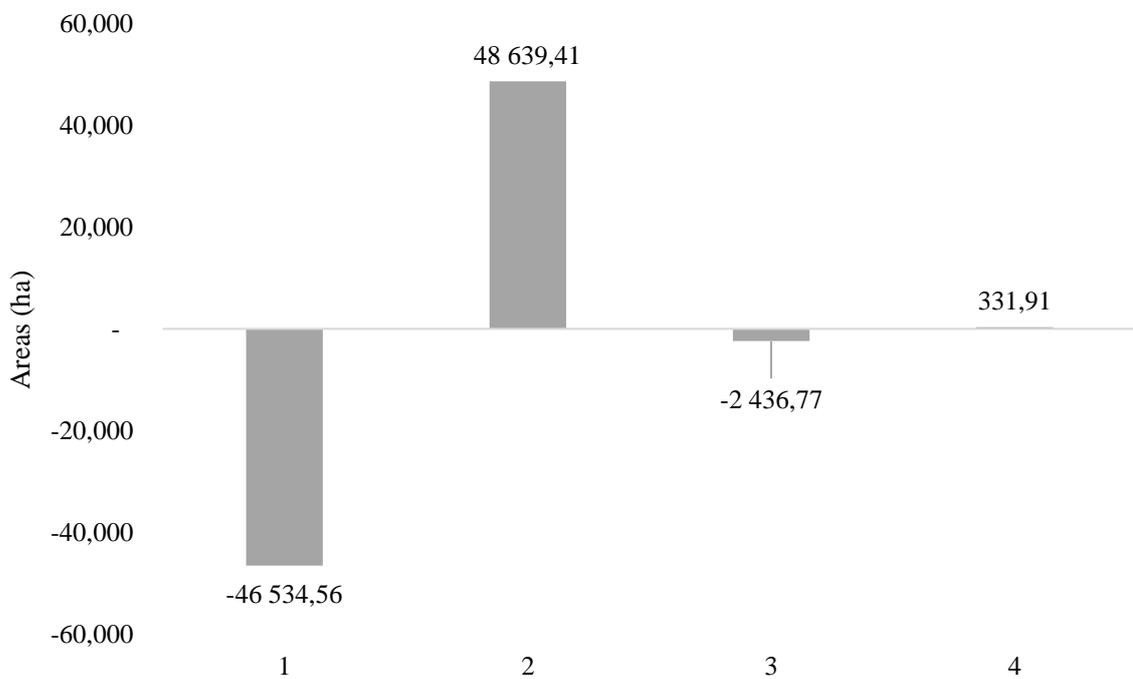
**Figura 9.** Cambio del segundo periodo de tiempo (2011 – 2022) en ha.

#### 4.1.3. Cambios de cobertura del año 2000 al 2022

Se observa la comparación de los cambios de cobertura boscosa entre los años 2000 al 2022, los más resaltantes fueron de como aumentó 48 639,41 ha de no bosque, seguido de zonas urbanas con 331,91 ha, asimismo la cobertura boscosa disminuyó 46 534,56 ha de bosque al igual que ríos con 2 436,77 ha (Tabla 8) y (Figura 10).

**Tabla 8.** Cambio del tercer periodo de tiempo (2000 – 2022)

N.º	Coberturas	Año 2000	Año 2022	Superficie de Cambios (ha) en 22 años	Descripción
		Áreas (ha)	Áreas (ha)		
1	Bosque	433 557,23	387 022,67	-46 534,56	Disminuyó
2	No Bosque	25 734,89	74 374,30	48 639,41	Aumentó
3	Ríos	11 701,79	9 265,02	-2 436,77	Disminuyó
4	Zonas Urbanas	633,19	965,10	331,91	Aumentó
<b>Total</b>		471 627,10	471 627,10		



**Figura 10.** Cambio del tercer periodo de tiempo (2000 – 2022) en ha.

Al respecto (MINAM, 2021) reportó al 2019, Ucayali ha registrado la pérdida de 38 377 hectáreas esto es un 47,6 % superior al dato reportado en el 2018 (25 991 hectáreas). Asimismo, se puede decir que la pérdida aproximada de bosque entre 2001-2021 fue de 52 192,00 hectáreas en el distrito Padre Abad. Este valor, relacionado con 74 374,30 ha de no bosque en el periodo 2000 al 2022 que se obtuvo en la presente investigación, las diferencias que se muestra se deben a la disimilitud de los años y a la metodología que se empleó, además al proceso de cambios que ocurrió en el transcurso de las fechas de obtención de las imágenes satelitales. También se debe a lo mencionado por Ministerio de Agricultura y Riesgo (MINAGRI, 2020), que utilizan la información primaria más reciente y la interpretan como áreas de plantación legal, ya sean áreas de palma aceitera en etapa temprana o recién establecidas, lo que dificultan las interpretaciones visuales y generan estas diferencias en los resultados.

Asimismo, tiene como referencia la investigación realizada por IIAP (2017) en donde se obtuvieron 15 clasificaciones categóricas al año 2016 en el distrito Padre Abad, en el cual se detalla la deforestación, predominando las áreas agrícolas homogéneas con 65 760 ha seguido de cultivos de plátanos 26 674,34 ha, asimismo el bosque denso bajo y alto con 142 956 y 177 382 ha respectivamente. Finalmente, Beltrán et al., (2019) informa sobre el tema de deforestación, como la degradación del suelo y la tala indiscriminada de los bosques, las cuales contribuyen a la llamada expansión de la agricultura desorganizada, asimismo condujo a las prácticas de las agriculturas migratorias, que se ve afectada principalmente, por la baja productividad del suelo. Lo que conduce a la fragmentación o división del medio ambiente.

#### **4.2. Tasa de deforestación en los años 2000 – 2011 y 2011 – 2022 en el distrito Padre Abad – Ucayali**

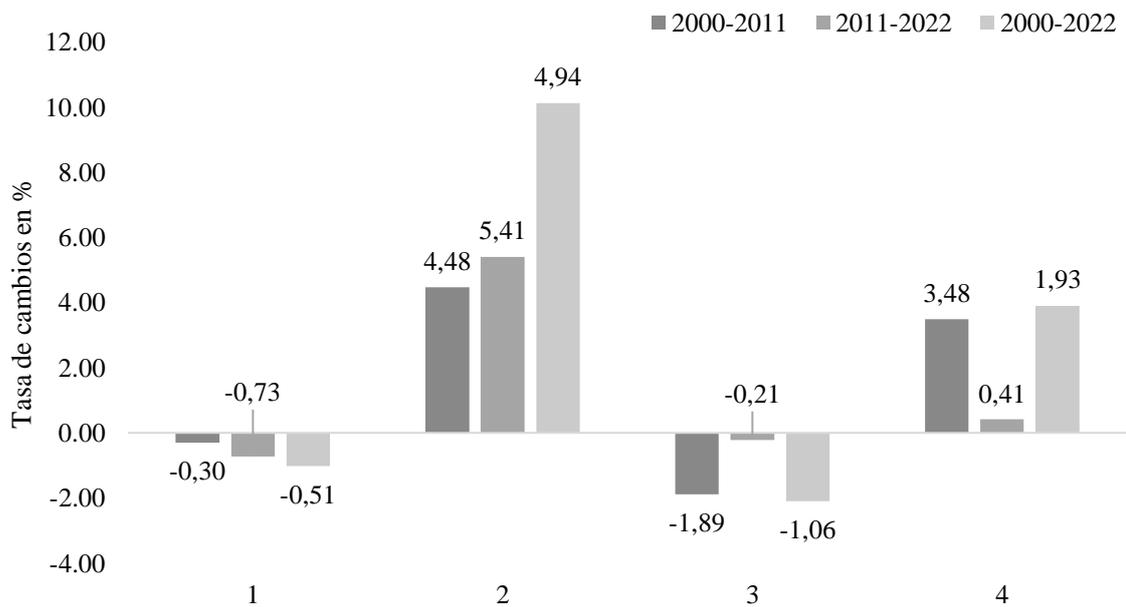
Al estimar la tasa de cambio en porcentaje y promedio anual en ha, nos muestran las hectáreas que cambian por periodo en las coberturas boscosas, en cual el valor negativo indica que se redujo la cobertura boscosa con respecto al año de inicio y asimismo un signo positivo significa que la cobertura está en aumento.

Las coberturas más resaltantes de la tasa de cambio para el primer periodo (2000 – 2011) fue no bosque aumentando un 4,48% equivalente a 1 448,31 ha/año, en el segundo periodo (2011 – 2022) el aumento siguió siendo el mismo con un 5,41% representado en 2 973,46 ha/año, analizando por completo el periodo final del 2000 al 2022, presenta una tasa

de 4.94% representando un aumento de 2 210,88 ha/año de no bosque, asimismo la cobertura de bosque disminuyó en una cantidad de 0.51 % equivalente a 2 115,21 ha/año. Analizando las coberturas boscosas en general se muestra que las tasas están en constante deforestación dado el aumento de la intervención humana (Tabla 8) y (Figura 11).

**Tabla 9.** Tasa de deforestación de los periodos 2000 – 2011, 2011 – 2022 y 2000 – 2022

N°	Coberturas	2000-2011		2011-2022		2000-2022	
		%/año	ha/año	%/año	ha/año	%/año	ha/año
1	Bosque	-0,30	-1 273,08	-0,73	-2 957,33	-0,51	-2 115,21
2	No Bosque	4,48	1 448,31	5,41	2 973,46	4,94	2 210,88
3	Ríos	-1,89	-201,54	-0,21	-19,98	-1,06	-110,76
4	Zonas Urbanas	3,48	26,32	0,41	3,91	1,93	15,09



**Figura 11.** Tasa de deforestación anual en porcentajes (%)

El incremento de la tasa de deforestación se debe a cuatro partes según Magbma y las Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2018) son los siguientes: Factores institucionales y políticos relacionadas, la ausencia de coordinación entre municipalidades y entidades, falta de proyectos y planes de uso del suelo, sistemas de

tenencia del suelo, marcos regulatorias y políticas forestales obsoletas, ineficiencia, y la desigualdad de las leyes ejecutadas por parte del departamento administrativo, calidad y accesibilidad de la información pública y escaso compromiso cívico.

Factores económicos relacionados con la limitada necesidad económica y fuentes de ingreso de los hogares, la distribución desigual de la riqueza, la demanda interna e internacional de la madera y la inversión pública limitada en los grupos forestales y tan bien agrícolas.

Factores tecnológicos conectados con la falta de desarrollo de tecnología agrícola, descenso de probabilidad, limitada asistencia técnica para el desarrollo agrícola sostenible, la falta de capacitación, difusión e investigación.

Factores sociodemográficos, culturales y conciencia ecológica relacionados con la migración rural-urbana.

Asimismo, esta investigación coincide con el estudio de Romero (2019) se refiere a la expansión agrícola, cabe mencionar la falta de gobernanza forestal, la mitigación, la pobreza, el aumento de los precios agrícolas y la necesidad de promover el desarrollo de cultivos, como la siembra palma aceitera, plátano, cacao, aguaje, etc. Seguido de, Burga (2018) menciona que la escala de deforestación está directamente relacionada con su ubicación geográfica, las organizaciones sociales y el número de habitantes de la zona, lo cual la mayoría de los niveles de deforestación se dan en las zonas que se ubican en el límite de las provincias, mientras que los niveles más bajos se dan en el interior de las provincias.

En ese sentido Rojas et al., (2019) reportan que la expansión agrícola desenfrenada es la principal causa de las pérdidas de bosques. La expansión agrícola se extiende a suelos claramente boscosas o protegidas, dando como resultado la fragmentación del ambiente forestal, como lo hizo Pedlowski et al., (2018) señalaron que las actividades principales de la deforestación en la amazonia son causadas por pequeños ganaderos, madereros, agricultores y sistemas agroforestales y por último Tafur et al., (2022) concluyeron en su estudio que la deforestación conduce la pérdida de área forestal debido a la invasión y adquisición ilegal de tierras por parte de los ganaderos, agricultores, madereros y mineros; lo que da como resultado el desplazamiento de poblaciones indígenas, conflictos sociales y pérdidas de valor intelectual y cultural.

### 4.3. Simulación el cambio de cobertura boscosa al año 2032 en el distrito Padre Abad – Ucayali

#### 4.3.1. Matriz de transición del periodo 2000 al 2011

Se muestra la matriz de transición en hectáreas del cambio de cobertura boscosa del año inicial 2000 con respecto al año final 2011, en lo cual se indica las ganancias y pérdidas de las coberturas boscosas, las áreas que se muestran en la diagonal de la matriz permanecieron sin cambio alguno en una determinada cobertura. Los que resaltan más en los cambios son 24 205,78 ha de bosque lo cual pasaron a ser no bosque, el área que más se perdió fue bosque con 26 575,29 ha seguido de no bosque disminuyéndose 10 458,30 ha en un total de 11 años. Asimismo, las ganancias lo obtienen no bosque con 26 389,67 ha y las zonas urbanas con 377,53 ha (Tabla 10).

**Tabla 10.** Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2000 – 2011

Coberturas del año 2000 -2011						Total (ha) Año 2000	Pérdidas (ha)
Cambios de: A:	B	NB	R	ZU			
Coberturas del año 2000	B	406 981,94	24 205,78	2 184,14	185,38	433 557,23	26 575,29
	NB	9 238,45	15 276,59	1 036,92	182,93	25 734,89	10 458,30
	R	3 289,85	2 138,92	6 263,79	9,23	11 701,79	5 438,00
	ZU	43,09	44,97		545,13	633,19	88,06
Total (ha) Año 2011		419 553,33	41 666,26	9 484,85	922,67	471 627,10	
Ganancias (Ha)		12 571,39	26 389,67	3 221,05	377,53		

#### 4.3.2. Matriz de transición del periodo 2011 al 2022

Se muestra la matriz de transición en (ha) del cambio de cobertura boscosa del año inicial 2011 con respecto al año final 2022, en el que se indica las ganancias y pérdidas de las coberturas boscosas. Los que resaltan más en los cambios son 34 090,67 ha de bosque lo cual pasaron a ser no bosque, el área que más pérdidas fue bosque con 35 861,58 ha seguido de no bosque disminuyéndose 3 003,54 ha en un total de 11 años. Asimismo, las ganancias lo obtienen no bosque con 35 711,58 ha y las zonas urbanas con 217,11 ha (Tabla 11).

**Tabla 11.** Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2011 – 2022

<b>Coberturas del año 2011 - 2022</b>						Total (ha)	Pérdidas	
<b>Cambios de:</b>		B	NB	R	ZU	Año 2011	(ha)	
<b>A:</b>								
Coberturas del año 2011	B	383 691,75	34 090,67	1 687,62	83,29	419 553,33	35 861,58	
	NB	1 680,02	38 662,72	1 189,70	133,82	41 666,26	3 003,54	
	R	1 642,50	1 461,37	6 380,98	-	9 484,85	3 103,87	
	ZU	8,40	159,54	6,73	747,99	922,67	174,67	
Total (ha)		387 022,67	74 374,30	9 265,02	965,10	471 627,10		
Año 2022							471 627,10	
Ganancias (Ha)		3 330,92	35 711,58	2 884,05	217,11			

**4.3.3. Matriz de transición 2000 al 2022**

Se muestra la matriz de transición en (ha) del cambio de cobertura boscosa del año inicial 2000 con respecto al año final 2022, en el que se indica las ganancias y pérdidas de las coberturas boscosas. Los que resaltan más en los cambios son 50 049,68 ha de bosque lo cual pasaron a ser no bosque seguido de 2 765,92 ha de ríos pasado a bosque, el área que más pérdidas tuvo fue bosque con 51 692,20 ha seguido de no bosque disminuyéndose 3 499,10 ha en un total de 20 años. Asimismo, las ganancias lo obtienen no bosque con 52 138,51 ha y las zonas urbanas con 332,62 ha (Tabla 12).

**Tabla 12.** Matriz de transición con ganancias y pérdidas en el periodo 2000 – 2022

<b>Coberturas del año 2000 - 2022</b>						Total (ha)	Pérdidas	
<b>Cambios de:</b>		B	NB	R	ZU	Año 2000	(ha)	
<b>A:</b>								
Coberturas del año 2000	B	381 865,03	50 049,68	1 427,48	215,04	433 557,23	51 692,20	
	NB	2 391,72	22 235,79	992,30	115,08	25 734,89	3 499,10	
	R	2 765,92	2 088,13	6 845,24	2,50	11 701,79	4 856,55	
	ZU	-	0,70	-	632,49	633,19	0,70	
Total (ha)		387 022,67	74 374,30	9 265,02	965,10	471 627,10		
Año 2022							471 627,10	
Ganancias (Ha)		5 157,64	52 138,51	2 419,78	332,62			

Se observa la matriz de transición anual en porcentajes, en el periodo 2000 al 2022 en el cual los resultados de las matrices son el promedio del primer periodo 2000 al 2011 y segundo 2011 al 2022, mostrando que el color anaranjado es la transición de deforestación (Tabla 13).

**Tabla 13.** Matriz de probabilidad de transición anual en el periodo 2000 al 2022

		<b>Coberturas del año 2022</b>				
Cambios de:		B	NB	R	ZU	
A:		B	NB	R	ZU	
Cobertura del año 2000	B	xxx	0,05	0,05	0,01	
	NB	5,52	xxx	0,27	0,03	
	R	1,50	1,86	xxx	0,01	
	ZU	0,42	1,90		xxx	

#### 4.3.4. Transiciones de deforestación

En este escenario se obtuvieron 2 transiciones donde se muestra cambios ocurridos de bosque a no bosque y de bosque a zonas urbanas, donde interviene la mano del hombre; considerando la cobertura asociada a la pérdida de bosque e incrementó de la tasa de cambio, degradando las áreas persistentes hasta el 2032 (Tabla 14).

**Tabla 14.** Transiciones de deforestación

<b>Tipos de transiciones</b>	<b>Transición</b>	<b>Descripción de la transición</b>	<b>Probabilidad de cambios de periodos (%)</b>
Transición de deforestación	1 a 2	De bosque a No bosque	0,5
	1 a 4	De bosque a Zonas urbanas	0,01

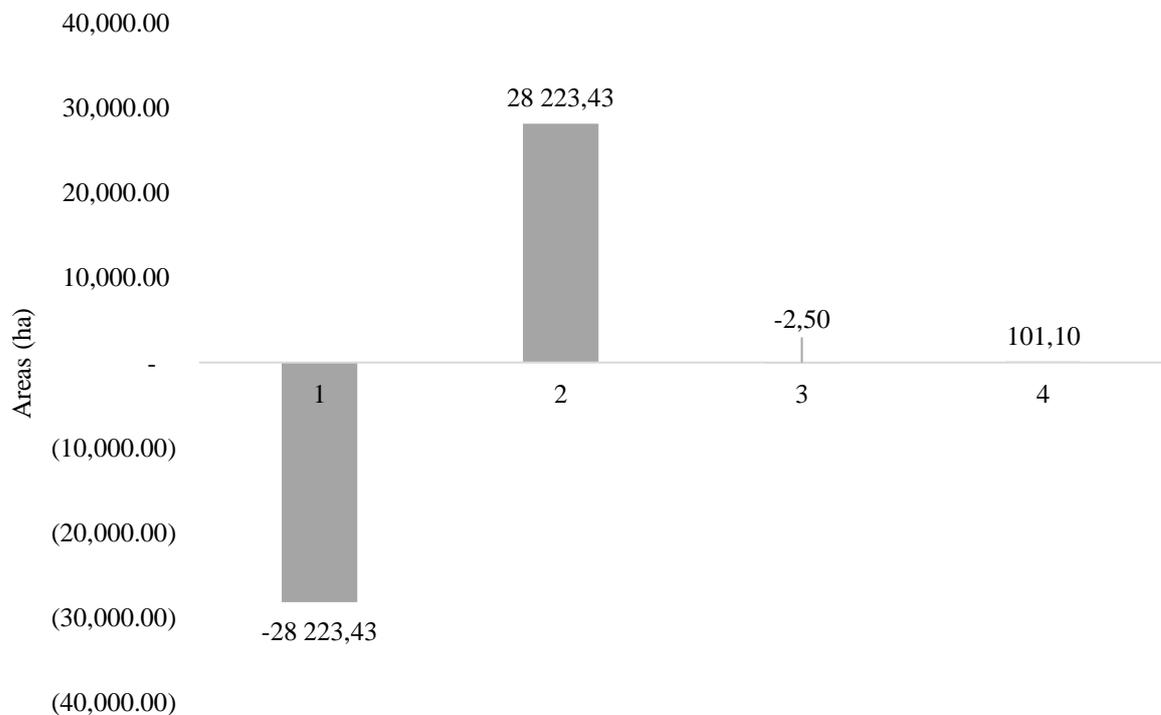
#### 4.3.5. Simulación de la cobertura boscosa al año 2032

Los resultados de la simulación para el año 2032 de la cobertura boscosa, donde posiblemente perderán 28 223,43 ha de bosque y 2,50 ha de ríos, asimismo tienen la posibilidad de aumentar 28 124,30 ha de no bosque y 101,10 ha de zonas urbanas, todo esto con respecto al año inicial 2022 (Tabla 15).

**Tabla 15.** Simulación del cambio de cobertura al año 2032

N°	Coberturas	Año 2022	Año 2032	Superficie de Cambio (ha) en 10 años	Descripción
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Bosque	387 022,67	358 799,24	-28 223,43	Disminuyó
2	No Bosque	74 374,30	102 498,60	28 124,30	Aumentó
3	Ríos	9 265,02	9 262,52	-2,50	Disminuyó
4	Zonas Urbanas	965,10	1 066,20	101,10	Aumentó
<b>Total</b>		471,627,10	471,627,10		

Figura 12, se observa la simulación del cambio de cobertura al año 2032, basados en los datos históricos del año 2000 al 2022, reconociendo que los cambios más significativos serán la deforestación y el aumento de zonas urbanas como también la disminución de bosques y ríos.

**Figura 12.** Simulación del cambio de cobertura al año 2032

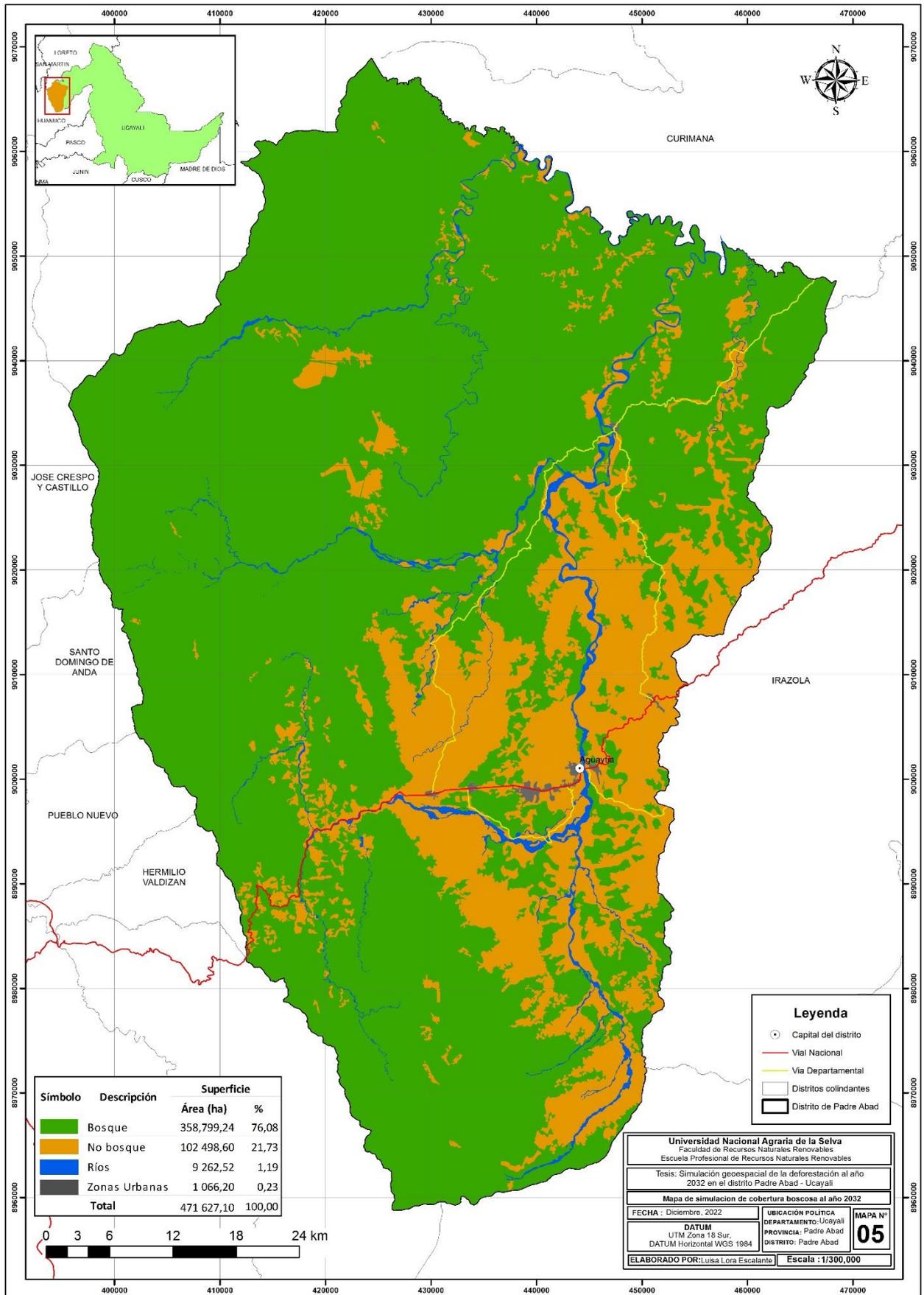


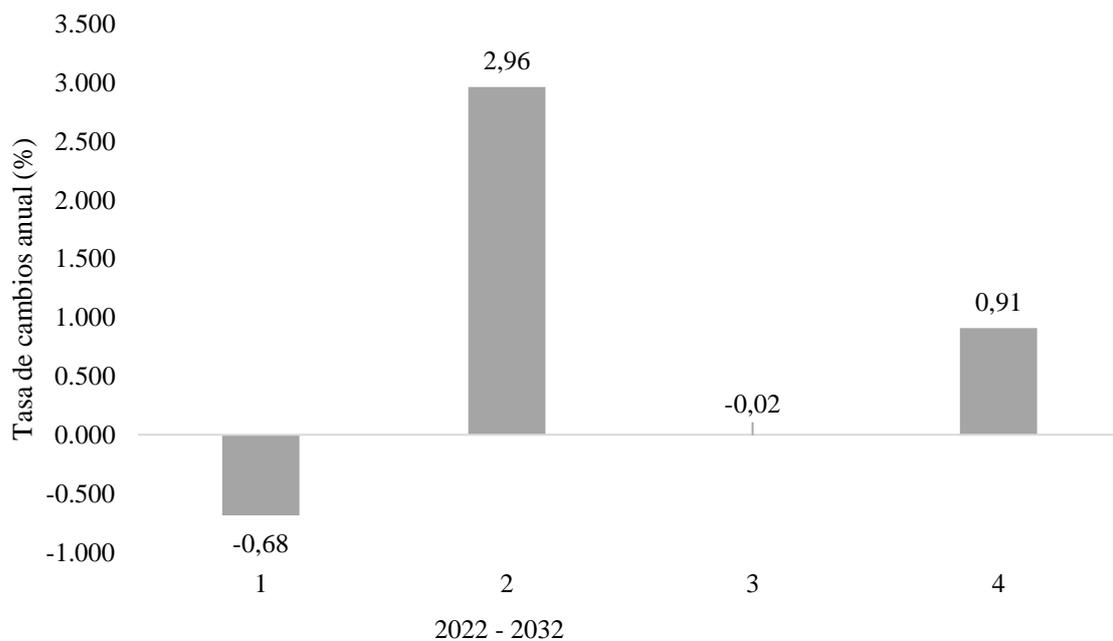
Figura 13. Mapa de simulación de la cobertura boscosa al año 2032

#### 4.3.6. Tasa de cambio proyectadas en los años 2022 al 2032

En base a la simulación realizada se presentan las posibles tasas de cambios, para el caso de bosque se reduciría en 0,69 % anual y los ríos en 0,02 % anual, seguido del aumentó de no bosque en 2,96 % anual y zonas urbanas en 0,91 % anual lo que indica la constante deforestación (Tabla 16).

**Tabla 16.** Tasas de cambios proyectadas en el periodo 2022 al 2032

N.º	Coberturas	2022 – 2032	
		%/año	ha/año
1	Bosque	-0,69	-2 566
2	No Bosque	2,96	2 557
3	Ríos	-0,02	-0,23
4	Zonas Urbanas	0,91	9,19



**Figura 14.** Tasas de cambios proyectadas en porcentajes en el periodo 2022 al 2032

De acuerdo con ENBCC y MINAM (2016) especifican la proyección del escenario tendencial de deforestación en el periodo 2015 al 2030, por región, lo cual muestra

que la región de Ucayali experimentará tasas aceleradas de pérdida de bosque con 727, 60 ha/año. Lo que tienen como consecuencias la disminución notable de la cubierta forestal.

En la presente investigación al año 2032, en el distrito Padre Abad se perderá 2 557 ha/año, teniendo concordancia con lo antes mencionado

Asimismo, tiene referencia con la investigación con IIAP (2017) donde se evaluó la dinámica de cobertura y uso del suelo en el distrito Padre Abad, por medio de un escenario tendencial de simulación al año 2022, teniendo como resultado la pérdida de alrededor de 16 643,88 ha de bosque la cual pasarían a áreas agrícolas.

Todo ello, se deben a que según Jara (2018) en su estudio sobre deforestación concluyo que el ser humano es la principal causa de la destrucción y pérdida de bosque, producto del mal manejo de los recursos forestales a nivel nacional y mundial. De igual forma Douglas et al., (2018) concluyeron que la deforestación se debe al mayor crecimiento de las poblaciones y la expansión agrícola, a largo plazo, a través de la de la extracción de madera para exportación y combustibles.

## V. CONCLUSIONES

1. La cobertura boscosa del distrito Padre Abad en el periodo 2000 al 2022, muestran la disminución del bosque con 46 535,56 ha y el aumento de no bosque (deforestación) con 48 639,41 ha, lo que indica que hay una mayor pérdida de bosques naturales y el aumento constante de actividades antropogénicas.
2. La tasa de deforestación ocurridos en el periodo 2000 al 2022, muestra el aumento de no bosque (deforestación) con 4,94% anual, lo cual indica el avance económico para la agricultura, la agricultura migratoria y urbanización, seguido de la disminución de bosque con 0,51% anual siendo un impacto negativo para la flora y fauna en el ecosistema boscosa.
3. La simulación geoespacial del cambio de cobertura en el distrito Padre Abad para el año 2032, sugiere que el bosque disminuiría a 28 223,43 ha, en comparación con el 2022, indicando un incremento constante de actividades agrícolas, y lo que posiblemente aumentarían es no bosque (deforestación) con 28 124,30 ha, dando una perspectiva para el 2032.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Debido al alto grado de deforestación en el distrito Padre Abad durante el periodo 2000 al 2022, se recomienda a la Gerencia Regional de Flora Silvestre de Ucayali implementar y ejecutar proyectos de protección, restauración y recuperación de los bosques naturales. Asimismo, a la municipalidad del distrito Padre Abad se sugiere apoyar en mayor medida a los agricultores en la agricultura sustentable, evitando la agricultura migratoria, por lo tanto, controlar el incremento de la deforestación y de esa manera crear un equilibrio entre la protección del medio ambiente y las actividades agrícolas.
2. De continuar con los estudios de cambio de cobertura boscosa emplear imágenes de mayor resolución y actualizadas como Planet, de esa manera se podrá acelerar los trabajos y representar una mayor precisión a las áreas pequeñas, a través de convenios institucionales y poder financiar proyectos de este tipo.
3. Se sugiere al Gobierno Regional de Ucayali considerar los resultados de esta investigación para formular proyectos de reforestación y recuperación, de las áreas deforestadas en el distrito Padre Abad, buscando el desarrollo sostenible

## VII. REFERENCIA

- Alva, W. y Chávez, T. (2004). *Manual: procesamiento digital de imágenes*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 40p.
- Beltrán, N. y Barboza, E. (2019). Deforestación en la Amazonia Peruana índices de cambio de cobertura y uso del suelo basado en SIG. Perú. <https://bit.ly/32Gomc5>
- Burga, R. (2018). Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la provincia alto amazonas del departamento de loreto, 2000-2014. <https://bit.ly/32NC9Oc>
- Canadell, J. y Pataki, D. (2006). *Terrestrial ecosystems in a changing world*. University Press, Cambridge. <http://www.igbp.net/researchprojects/igbpcoreprojectsphaseone/globalchangeandterrestrialecosystems.4.1b8ae20512db692f2a680009018.html>
- Chuvieco, E. (2002). Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ra edición. Rialp, S.A. Madrid, España.
- Chuvieco, E. (2008). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. 3 ed. edición. Rialp Barcelona, España. 162 p.
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Universidad de Alcalá. Madrid, Espana. Edición Rialp. S.A. 568 p.
- CNUCC – Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción (2002); *Informe de la Conferencia de las Partes 7mo Periodo de Sesiones celebrado en MarraKech en noviembre del 2001*, Adición sobre medidas adoptadas por la Conferencia; FCCC/CP/2001/13/Add.1
- Diaz, E., Mercado, G., y Muñoz, A. (2014). *Caracterización de las propiedades físicas de algunos suelos amazónicos degradados y no degradados con relación a la fisiografía en la provincia Padre Abad. Ucayali, Perú*. Repositorio Institucional de la UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4178>

- Douglas, A. y Barnes, F. (2018). *Las causas de la deforestación en los países en desarrollo*.  
<https://bit.ly/3Igh9zU>
- Eugenio, F., Marcello, J. y Marques, F. (2013). *Tutorial de Teledetección Espacial*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Pág. 8.
- Espinoza, V. (2016) *Impulsores de cambios en el uso y almacenamiento de carbono sobre un gradiente de modificación humana de paisajes en nicaragua* [ Tesis de maestría, CATIE, Turrialba de Costa Rica].  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8589/Impulsores\\_de\\_cambio\\_en\\_el\\_uso\\_de\\_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8589/Impulsores_de_cambio_en_el_uso_de_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Espinoza, V. (2016). DINAMICA EGO: es una herramienta gratuita para modelar y brindar soporte en el análisis de CCUS. Boletín del colegio de geógrafos del Perú.  
<https://cgp.org.pe/publicaciones/boletin3/B3.pdf>
- ENBCC – Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción y MINAM – Ministerio del Ambiente del Perú (2016). *Estrategia nacional sobre bosques y cambio climático*  
<http://www.bosques.gob.pe/archivo/enbcc-ds-007-2016-minam.pdf>
- Falcón, G. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de quintana roo – México* [ Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma De México]. Repositorio Institucional de la UNAM.  
<http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707773/Index.html>
- FAO – La organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (1996). *Forest resources assessment 1990*. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, 152 pp. Roma.  
<http://www.fao.org/3/w0015e/w0015e00.htm#TOC>
- FAO – La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2002). *Situación de los Bosques del Mundo 2001*. Roma: Departamento de Montes, 175 p.  
<http://www.fao.org/3/i2000s/i2000s.pdf>
- FAO – La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2002). *Estrategia Nacional Forestal. Versión Concertada con Instituciones y Actores*

*Forestales. Proyecto* FAO GCP/PER/035/NET. Apoyo a la Estrategia Nacional para el Desarrollo Forestal, 120 p.  
<https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/estrategiaforestal.PDF>

FAO – La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2005); *Informe de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005; términos y definiciones*. <http://www.fao.org/forestry/32171/es/>

Gobierno Regional de Ucayali (2005). Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de la Demarcación Territorial en la Provincia de Padre Abad. <http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/EDZ-Padre-Abad.pdf>

Hernández, J. y Montaner, D. (2009). *Patrones De Respuesta Espectral. Lab. Geomática y Ecología del Paisaje (GEP)* – Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.

Henríquez, C. y Azocar, G. (2007). Propuesta de modelo predictivos en la planificación territorial y evaluación de impactos ambientales. *Revista Electrónica de Geografía Ciencias Sociales*, 11(245). <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-24541.htm>

Hernández, R., Hernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. Printed in Mexico. 634 p. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacionsextaedicion.compressed.pdf>

Holdridge, L. (1971). *Ecología: Basado en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216 p.

IPCC – Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001): *informe de síntesis. Contribución de los Grupos I, II y III al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2001*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR\\_syrfull\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf)

IIAP – Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2004); *Manual para la elaboración de mosaicos de imágenes de satélite Landsat TM para la selva baja peruana*. Doc N° 03. Iquitos, Perú. 97 p.

- IIAP – Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2017); *Evaluación de la dinámica e la cobertura y uso de la tierra distrito de Padre Abad, departamento de Ucayali, Perú*. primera edición Iquitos, Perú, 24p.
- Jara, J. (2018). *La deforestación de los bosques protectores como un atentado al Derecho al Buen Vivir en la Legislación Ecuatoriana*. <https://bit.ly/3xsfZyc>
- Magbma y FAO (2018) *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosques y Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. República de Guinea Ecuatorial.
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2019). Monitoreo de la pérdida de bosques húmedos amazónicos en el año 2019. *Reporte de Geobosque*. Lima, 91p <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php>
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2018). Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos 2017. *Reporte de Geobosques*. Lima, 15 p. <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php>
- MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú (2014). Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. Dirección General de Ordenamiento Territorial - Lima: Ministerio del Ambiente. Primera Edición. Lima, Perú. 13-32p. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2498-evaluacion-de-la-exactitud-tematica-del-mapa-de-deforestacion>
- MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego (2020). Estadísticas de extensiones (ha.) de palma aceitera instalada y cosechada, para los años 2000 y 2019. Ministerio de Agricultura y Riego.
- MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego (2015). Cuantificación y análisis de la deforestación en la amazonia peruana en el periodo 2010-2011-2013-2014. *Dirección general de ordenamiento territorial*. Lima, Perú. [http://infobosques.com/porta/wpcontent/uploads/2017/03/Memoria\\_Descriptiva\\_Cambios\\_Cobertura\\_Bosque\\_2014.pdf](http://infobosques.com/porta/wpcontent/uploads/2017/03/Memoria_Descriptiva_Cambios_Cobertura_Bosque_2014.pdf)

- Meneses, F. (2017). *Análisis del cambio de bosque a no bosque en la cuenca Bolsón Cuchara periodo 2004 - 2014*. [ Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] .57 p.
- Meza, A, y Díaz, E, (2011). *Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales: provincia de Padre Abad, Perú revista de investigación sociales* vol.15, 121-131 p.  
<https://doi.org/10.15381/is.v15i27.7665>
- MINAM – Ministerio del Ambiente del Perú (2020). Monitoreo de la pérdida de bosque húmedos amazónicos en el año 2019. *Programa Nacional de Conservación de Bosque para la Mitigación de Cambio Climático (PNCBMCC)*. MINAN.
- MPPA – Municipalidad Provincial de Padre Abad (2008). *Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia Del Padre Abad. Informe Clima y Zonas de Vida. Aguaytía*. 379 p.  
<http://munipadreadad.gob.pe/phocadownload/DOCUMENTOSDEGESTION/pdc-2016.pdf>
- NASA – National aeronautics and space administration, (2013). *La radiación*. Recuperadode.[https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/radiation\\_resources\\_sp.html](https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/radiation_resources_sp.html)
- NASA – National aeronautics and space administration, (2004). [En línea]: (<http://WWW.nasa.gov/home/index.html>, 18 de junio 2016).
- Leija, E. (2013). *Cambios en la cubierta vegetal/uso del suelo y escenarios futuros en tres municipios de la región costera del Estado de Oaxaca, México* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.  
<http://comunidadpmpca.uaslp.mx/documento.aspx?idT=318>
- Quispe, M. (2021). *Simulación geoespacial de la tasa de deforestación al 2030 en el Distrito de Nueva Requena – Ucayali* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS.  
[https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1976/TS\\_MAQT\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1976/TS_MAQT_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Palacios, I. y Arellano, K. (2021). Modelo predictivo del cambio de cobertura forestal en el area de concervacion municipal Quilamo – Canton Morona. *Revista Geoespacial*, 18(1). <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v18i1.2201>
- Pontius, G., Shusas. E. y Mceachern, M. (2004). "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101p.
- Puerta, R., Rengifo, J. y Bravo, N. (2013). *Manual de Arcgis 10 Nivel Intermedio*. Universidad Nacional agraria de la selva. Facultad recursos naturales renovables. Tingo María – Perú. 117 pag:12-22
- Ramírez, D., Cuevas, G. y Mendoza, E. (2017). *Land Use and Cover Change Scenarios in the Mesoamerican Biological Corridor-Chiapas, México*. *Botanical Sciences*, 95(2), 221-234. doi:10.17129/botsoci.838
- Reyna, A., Reyna, J. y Vinces, C. (2017). *Escenarios de crecimiento urbano 2017 y 2022 de la ciudad de Portoviejo, Manabí-Ecuador, a partir de autómatas celulares*. *Revista San Gregorio*(19).<http://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/382/REYNA2pdf>
- Romero, J. (2019). Evaluación del diseño de un proyecto de conservación. Caso de estudio: proyecto “abordando las causas de la deforestación en Perú y Guyana”. Pucp <https://bit.ly/3G4czmb>
- 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>
- Rosete, A. (2008) *Modelos predictivos de cambio de uso de la tierra en la península de Baja California, México* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. [http://ru.atheneadigital.filos.unam.mx/jspui/handle/FFYL\\_UNAM/5044\\_TD158](http://ru.atheneadigital.filos.unam.mx/jspui/handle/FFYL_UNAM/5044_TD158)
- Pedlowski, M., Dale, V., Matricardi, E. y Pereira, E. (2018). Patrones e impactos de la deforestación. Rondonia, Brazil. <https://bit.ly/3E9nU45>

- Salas, R., Castillo, B., y Oliva, M. (2016). Dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito Florida, departamento de Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 18–27.
- Sandker, M., Finegold, Y., Dannunzio, R. y Linquist, E. (2017). Global deforestation patterns: comparing recent and past forest loss processes through a spatially explicit analysis. *International Forestry Review* Vol. 19(3), 2017.
- SEMAMHI – El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2021). <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=965>
- Supo, J. (2012). *Seminario de la Investigación Científica*. Sinopsis del libro. 1-3 p. <http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf>
- Soares, B. (2009). Modelamiento de dinámica ambiental con Dinámica EGO. Giudice, R. trad. Brasil, Centro de Sensoriamento Remoto/Universidad Federal de Minas Gerais. 119p. <https://docplayer.es/6392052-Modelamiento-de-dinamica-ambiental-con-dinamica-ego.html>
- Tafur, V., Esenarro, D., Guillen, R., y Reyna, S. (2022). Deforestation in Peru and strategic plan for its reduce Amazonian forests. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, Edición Especial, (febrero 2022), 97-111.* <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2022.specialissue9.97-111>
- Torres, M. (2019). *Determinación del periodo óptimo para el análisis de deforestación del Valle Pichis- Departamento de Pasco*. [Tesis de Grado, Universidad Agraria la Molina]. Repositorio Institucional la Molina <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4039/torres-llamosas-marybel-dorothy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vallejo, H. y Medina, J. (2020) *Generación de un modelo de predicción espacial de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor para el periodo 2017 – 2047 basado en mapas de cobertura y análisis de variables espaciales con DINAMICA EGO* [ Tesis de Maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://www.proquest.com/openview/d6c07bc38a56515851b7ca3e1ad97253/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>

Witting, N. (2019). *Cambio de cobertura y uso del suelo en diferentes períodos a partir del uso de imágenes satelitales en el distrito de codo del Pozuzo, Huánuco*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507>

## **ANEXO**

## Anexo 1. Tablas

Tabla 17. Proceso de validación con datos de campo

		Referencia Resultados					
Resultados de Clasificación	clase	Bosque	No bosque	Deforestación	Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Bosque	A1	A2	A3	(A1+A2+A3)=X	EU1	EC1
	No bosque	B1	B2	B3	(B1+B2+B3)=Y	EU2	EC2
	Deforestación	C1	C2	C3	(C1+C2+C3)=Z	EU3	EC3
	Total	(A1+B1+C1)=R	(A2+B2+C2)=S	(A3+B3+C3)=T	M		
	Exactitud Productor	EP1	EP2	EP3			
	Error Omisión	EO1	EO2	EO3			

Fuente: MIMAN (2014)

Tabla 18. Puntos de verificación y tipo de cobertura en campo en coordenadas UTM

Nº	Cobertura	Altitud	Este	Norte
1	No bosque (plátano)	350	450056	9005984
2	No bosque (pasto)	347	454003	9009193
3	No bosque (pasto)	300	452020	9007677
4	No bosque (pasto)	1056	414658	8988652
5	No bosque (palma aceitera)	361	430916	8998786
6	Zona urbana	350	430759	9001499
7	Zona urbana	349	444290	9001208
8	No bosque (purma)	350	435590	8999225
9	Zona urbana	300	451085	9007444
10	No bosque (cacao)	300	450366	9006294
11	Bosque	350	430704	9001035
12	Bosque	550	424566	8997005
13	No bosque (aguajal)	350	436330	8999286
14	No bosque (zona sin cobertura)	1055	414814	8988296
15	No bosque (zona sin cobertura)	1055	414717	8988444
16	No bosque (zona sin cobertura)	1056	414658	8988651
17	No bosque (vegetación secundaria)	1242	413363	8988261
18	Zona urbana	1242	413363	8988260
19	No bosque (vegetación secundaria)	300	450062	9010810
20	No bosque (zona sin cobertura)	300	450165	9010283

21	No bosque (plátano)	300	450479	9010261
22	No bosque (purma)	300	454313	9009054
23	No bosque (purma)	300	449926	9009082
24	No bosque (zona sin cobertura)	300	449861	9008828
25	No bosque (vegetación secundaria)	328	453516	9008719
26	No bosque (plátano)	300	449874	9008492
27	No Bosque (purma)	400	453057	9007895
28	No bosque (pasto)	300	451625	9007735
29	No bosque (pasto)	355	452593	9007754
30	No bosque (vegetación secundaria)	300	450327	9006567
31	No bosque (plátano)	385	449929	9005862
32	No bosque (palma aceitera)	305	432245	9006094
33	No bosque (pasto)	346	449512	9005773
34	No bosque (palma aceitera)	341	432030	9004933
35	No bosque (plátano)	326	448187	9004883
36	No bosque (purma)	333	447782	9004866
37	Zona urbana	300	446823	9004607
38	No bosque (pasto)	300	446743	9004362
39	No bosque (cacao)	300	446743	9004362
40	Bosque	300	446526	9003987
41	No bosque (palma aceitera)	350	432107	9004107
42	Bosque	300	446294	9003733
43	No bosque (palma aceitera)	350	431228	9002794
44	No bosque (vegetación secundaria)	350	446782	9002229
45	No bosque (cacao)	350	446973	9001897
46	No bosque (zona sin cobertura)	329	446245	9001576
47	No bosque (cacao)	310	446006	9001521
48	Zona urbana	300	445788	9001347
49	No bosque (plátano)	334	444778	9001064
50	Ríos	346	444420	9001009
51	No bosque (plátano)	329	445031	9000699
52	No bosque (palma aceitera)	366	430465	9000648
53	No bosque (zona sin cobertura)	300	445107	9000350
54	No bosque (vegetación secundaria)	300	445256	8999617
55	No bosque (zona sin cobertura)	350	431963	8999446
56	No Bosque (zona sin cobertura)	350	436578	8999276

57	No bosque (aguajal)	350	436117	8999282
58	No bosque (zona sin cobertura)	350	435897	8999263
59	No bosque (palma aceitera)	388	430263	8999423
60	No bosque (purma)	350	435438	8999190
61	No bosque (aguajal)	350	434537	8999178
62	No bosque (aguajal)	350	437953	8999408
63	No bosque (zona sin cobertura)	350	438385	8999324
64	No bosque (aguajal)	350	436848	8999296
65	No bosque (zona sin cobertura)	350	437301	8999364
66	No bosque (vegetación secundaria)	350	437108	8999354
67	No bosque (cacao)	350	431916	8999360
68	No bosque (cacao)	300	445564	8999317
69	No bosque (palma aceitera)	383	430159	8998959
70	Zona urbana	350	433657	8999088
71	Zona urbana	350	431946	8999033
72	No bosque (plátano)	300	445701	8999044
73	Zona urbana	376	430274	8998668
74	No bosque (palma aceitera)	408	428673	8998497
75	No bosque (zona sin cobertura)	300	443320	8998668
76	No bosque (vegetación secundaria)	300	445838	8998677
77	No bosque (plátano)	300	443437	8998315
78	No bosque (vegetación secundaria)	300	443313	8998113
79	Ríos	401	425823	8997807
80	No bosque (cacao)	300	443428	8997771
81	No bosque (palma aceitera)	350	433589	8997393
82	No bosque (plátano)	300	443535	8997325
83	Bosque	500	423488	8997053
84	No bosque (cacao)	300	443405	8997073
85	Bosque	502	421093	8995849
86	Zona urbana	550	418975	8995104
87	Ríos	550	418214	8993950
88	Bosque	650	417857	8992101
89	No bosque (zona sin cobertura)	892	416780	8988817
90	No bosque (zona sin cobertura)	1271	413562	8987744
91	Bosque	1344	412967	8986831
92	Bosque	1626	412670	8983309

---

## Anexo 2. PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 15.** Limite inicial de la provincia Padre Abad (zona la Divisoria)



**Figura 16.** Área deforestada



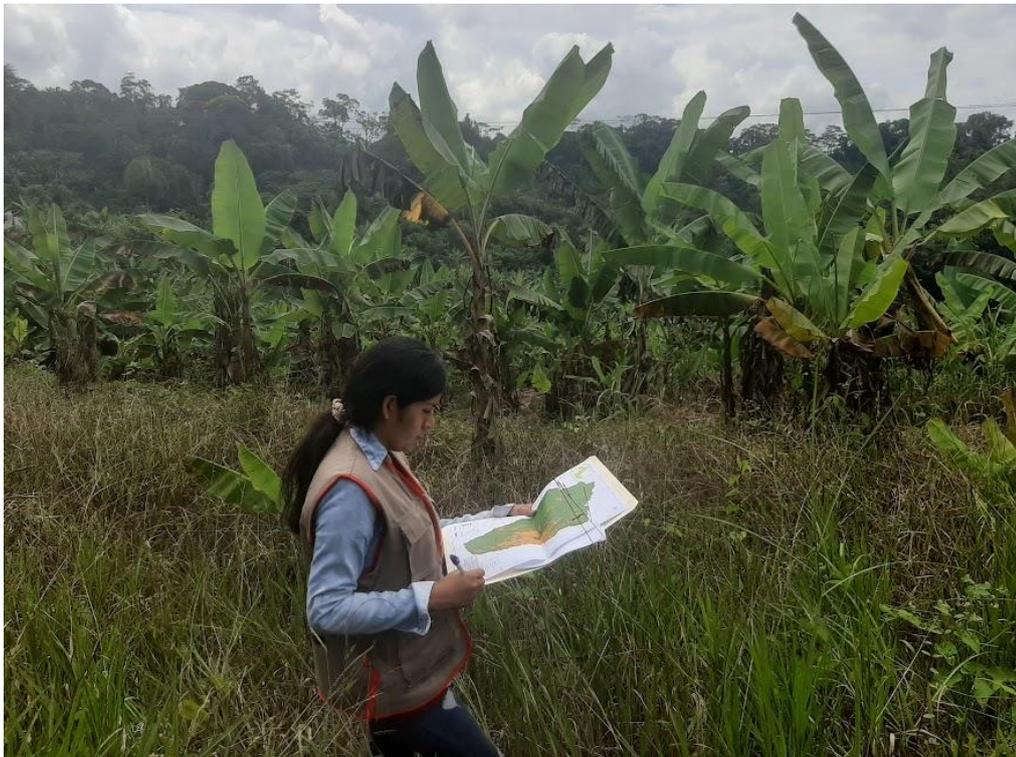
**Figura 17.** Área con zonas urbanas (plaza de la Divisoria)



**Figura 18.** Deforestación para lotización (zona Mariela)



**Figura 19.** Área agrícola con palma aceitera



**Figura 20.** Área agrícola con plátano



**Figura 21.** Área con cobertura de pasto



**Figura 22.** Área agrícola agroforestal



**Figura 23.** Áreas con aguajales



**Figura 24.** Área con vegetación secundaria



**Figura 25.** Área con cobertura de bosque



**Figura 26.** Centro poblado Shambillo



**Figura 27.** Área de zonas urbanas (palma aceitera Olpasa)



**Figura 28.** Distrito de Huipoca



**Figura 29.** Limite final de la provincia Padre Abad

### ANEXO N° 3

#### Mapas temáticos del distrito Padre Abad – Ucayali

1. Mapa base
2. Mapa de altitud
3. Mapa de pendiente
4. Mapa de distancias CC. PP
5. Mapa de distancias a vías
6. Mapa de distancias a ríos
7. Mapa de distancias a ANP