

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**PREDICCIÓN DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL AÑO 2030 EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO HUAYABAMBA REGIÓN SAN MARTÍN**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**ALFREDO MARTÍN RÍOS OLLAGUEZ**

**Tingo María – Perú**

**2023**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°065-2023-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 07 de junio del 2023, a horas 10:15 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

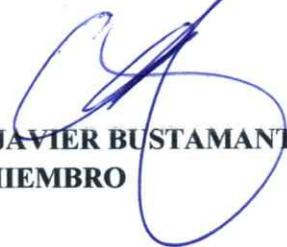
**“PREDICCIÓN DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL AÑO 2030  
EN LA CUENCA DEL RÍO HUAYABAMBA REGIÓN SAN MARTÍN”**

Presentado por el Bachiller: **RÍOS OLLAGUEZ ALFREDO MARTÍN**, 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 CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 09 de agosto de 2023

  
**Dr. NELINO FLORIDA ROFNER**  
**PRESIDENTE**

  
**Ing. MSc. ERLE OTTO JAVIER BUSTAMANTE SCAGLIONI**  
**MIEMBRO**

  
**Ing. M. Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ**  
**MIEMBRO**



  
**Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**  
**ASESOR**



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

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 254- 2023 - CS-RIDUNAS

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

### CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PREDICCIÓN DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL AÑO 2030 EN LA CUENCA DEL RÍO HUAYABAMBA REGIÓN SAN MARTÍN	ALFREDO MARTÍN RÍOS OLLAGUEZ	<b>23 %</b> <b>Veintitrés</b>

Tingo María, 05 de setiembre de 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
DIRECTOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**PREDICCIÓN DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL AÑO 2030 EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO HUAYABAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN**

<b>Autor</b>	: Alfredo Martín, Ríos Ollaguez
<b>Asesor</b>	: Ing. Msc. Juan Pablo, Rengifo Trigozo
<b>Programa de Investigación</b>	: Gestión de Cuencas Hidrográficas
<b>Línea (s) de Investigación</b>	: Zonificación Ecológica y Económica
<b>Eje temático de Investigación</b>	: Planificación participativa en cuencas hidrográficas
<b>Lugar de ejecución</b>	: Cuenca rio Huayabamba – Región San Martín
<b>Duración</b>	: 10 meses
<b>Financiamiento</b>	: Monto S/. 2 041,05
<b>FEDU</b>	: NO
<b>Propio</b>	: SI
<b>Otros</b>	: NO

**Tingo María – Perú**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alfredo Martín, Ríos Ollaguez'.

**2023**

**DEDICATORIA**

La presente investigación va dedicada a Dios por darme la vida, la sabiduría y ser mi guía en cada paso que he dado durante mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para culminar con mis metas trazadas.

A mis padres con mucho amor, Rubén Ríos y Nancy Ollagüez, por ser los pilares fundamentales en el desarrollo de mi vida, que, con su amor, paciencia y esfuerzo, me permitieron llegar a cumplir un objetivo más, gracias por inculcarme los valores que me permiten ser un gran profesional.

A mi mujer Nilsa Ruíz y a mi hijo Joao Ríos Ruíz, quienes han sido mi mayor motivo para seguir adelante y demostrarles que con mucho esfuerzo y dedicación se puede lograr todo lo que te propongas.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A La Universidad Nacional Agraria de La Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por darme la oportunidad de ser profesional, brindarme su acogedor calor en cada una de sus instalaciones durante toda mi formación profesional.
- A Dios y a mis hermanos Jack, Junior y Claudio Ríos Ollagüez, por sus respaldo y cariño que me impulsaron a seguir adelante, cada logro conseguido es de todos para salir adelante.
- A los miembros de jurados: Dr. Nelino, Florida Rofner; Ing. MSc. José Víctor, Quiroz Ramírez; Ing. MSc. Erle Otto, Bustamante Scaglioni; Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo, por su amistad y revisión del presente trabajo.
- A mi asesor: Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, por tomarse el tiempo y dedicación para aclarar cualquier duda que surgiera y por todos los consejos brindados para ser una mejor persona y profesional.
- Al Ingeniero Alexander Becerra y a la Cooperativa ACOPAGRO por brindarme las facilidades para poder realizar esta investigación.
- A mis amigos que me brindaron su apoyo de manera incondicional durante toda la etapa de mi formación profesional.
- Gracias a todas las personas que aportaron directa e indirectamente en el desarrollo de la presente investigación.

## ÍNDICE

	Página
<u>I. INTRODUCCIÓN</u> .....	1
<u>II. REVISIÓN DE LA LITERATURA</u> .....	3
<u>2.1. Marco teórico</u> .....	<u>3</u>
<u>2.1.1. Cuenca Hidrográfica</u> .....	<u>3</u>
<u>2.1.2. Cobertura y uso de la tierra</u> .....	<u>3</u>
<u>2.1.3. Cambio de la cobertura vegetal</u> .....	<u>4</u>
<u>2.1.4. Usos de la tierra</u> .....	<u>5</u>
<u>2.1.5. Importancia del análisis del cambio de uso de la tierra</u> .....	<u>6</u>
<u>2.1.6. El cambio de cobertura y uso de la tierra como indicador ambiental</u> .....	<u>7</u>
<u>2.1.7. Causas del cambio de cobertura y uso de la tierra</u> .....	<u>8</u>
<u>2.1.8. Metodología Corine Land Cover – CLC</u> .....	<u>9</u>
<u>2.1.9. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra</u> .....	<u>10</u>
<u>2.1.10. Índices de cambio de cobertura y uso de la tierra</u> .....	<u>11</u>
<u>2.1.11. Simulación de cambio de cobertura y uso de la tierra</u> .....	<u>12</u>
<u>2.1.12. Sistema de Información Geográfica</u> .....	<u>13</u>
<u>2.1.13. Teledetección</u> .....	<u>13</u>
<u>2.1.14. Preprocesamiento de imágenes satelitales</u> .....	<u>13</u>
<u>2.1.15. Clasificación de imágenes</u> .....	<u>17</u>
<u>2.2. Estado del Arte</u> .....	<u>18</u>
<u>III. MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	<u>24</u>
<u>3.1. Ubicación de la zona de estudio</u> .....	
<u>3.1.1. Clima</u> .....	<u>24</u>
<u>3.1.2. Características ecológicas</u> .....	<u>25</u>
<u>3.1.3. Fisiografía</u> .....	<u>25</u>
<u>3.1.4. Suelos</u> .....	<u>28</u>

<u>3.1.5.</u>	Hidrografía.....	<u>29</u>
<u>3.1.6.</u>	Acceso.....	<u>29</u>
<u>3.2.</u>	<u> Materiales y equipos.....</u>	<u>30</u>
<u>3.2.1.</u>	<u> Materiales .....</u>	<u>30</u>
<u>3.2.2.</u>	Equipos.....	<u>31</u>
<u>3.3.</u>	<u> Criterio de investigación.....</u>	<u>31</u>
<u>3.3.1.</u>	<u> Nivel de Investigación.....</u>	<u>31</u>
<u>3.3.2.</u>	<u> Tipo de la Investigación.....</u>	<u>31</u>
<u>3.3.3.</u>	<u> Variable de la Investigación.....</u>	<u>31</u>
<u>3.3.4.</u>	<u> Operacionalización de las variables.....</u>	<u>31</u>
<u>3.3.5.</u>	<u> Diseño de la investigación variables.....</u>	<u>32</u>
<u>3.3.6.</u>	<u> Población y muestra.....</u>	<u>33</u>
<u>3.3.7.</u>	Análisis estadístico.....	<u>34</u>
<u>3.3.8.</u>	Método de la investigación.....	<u>34</u>
<u>3.4.</u>	<u> Metodología.....</u>	<u>34</u>
<u>3.4.1.</u>	<u> Estimación de los principales cambios en la cobertura y uso de la tierra para los años 2000, 2010 y 2020 en la cuenca de río Huayabamba, región San Martín.....</u>	
<u>3.4.2.</u>	Estimación de la tasa de cambio de la cobertura y uso de la tierra para el periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.....	<u>39</u>
<u>3.4.3.</u>	Predicción de los cambios de coberturas y uso de la tierra al año 2030 en un escenario tendencial y de consevación en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.....	<u>40</u>
<u>IV.</u>	<u> RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</u>	<u>43</u>
<u>4.1.</u>	<u> Estimación de los principales cambios de cobertura y uso de la tierra para los años 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.....</u>	<u>43</u>
<u>4.1.1.</u>	Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010.....	<u>43</u>

<u>4.1.2.</u>	Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020.....	<u>47</u>
<u>4.1.3.</u>	Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2020.....	<u>50</u>
<u>4.1.4.</u>	Cambio de cobertura y uso de la tierra del año 2000 proyectada al 2030..	<u>53</u>
<u>4.2.</u>	<u>Determinación de la tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para los años 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.....</u>	<u>56</u>
<u>4.2.1.</u>	Tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010.....	<u>56</u>
<u>4.2.2.</u>	Tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020.....	<u>57</u>
<u>4.2.3.</u>	Tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2020.....	<u>59</u>
<u>4.3.</u>	<u>Predicción de los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2030 en el escenario tendencial y de conservación en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.....</u>	<u>60</u>
<u>4.3.1.</u>	Matriz de transición de cambio de cobertura año 2000 al 2010.....	<u>60</u>
<u>4.3.2.</u>	Matriz de transición de cambio de cobertura año 2010 al 2020.....	<u>62</u>
<u>4.3.3.</u>	Matriz de transición de cambio de cobertura año 2000 al 2020.....	<u>63</u>
<u>4.3.4.</u>	Cobertura y uso de la tierra simulado al año 2030.....	<u>64</u>
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>66</u>
<u>VI.</u>	<u>PROPUESTAS A FUTURO .....</u>	<u>67</u>
<u>VII.</u>	<u>REFERENCIAS .....</u>	<u>68</u>
	<u>ANEXOS.....</u>	<u>77</u>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. <u>Matriz de transición con ganancias y pérdidas</u> .....	11
2. <u>Fisiografía de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	27
3. <u>Variables, dimensiones, indicadores e instrumentos que intervienen en el estudio</u> .....	32
4. <u>Leyenda Corine Land Cover para la cuenca del río Huayabamba</u> .....	36
5. <u>Valores de clasificación del índice de Kappa</u> .....	38
6. <u>Análisis de cobertura y uso de la tierra periodo 2000 - 2010</u> .....	44
7. <u>Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2010 - 2020</u> .....	47
8. <u>Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2000 - 2020</u> .....	50
9. <u>Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2000 proyectada al 2030</u> .....	53
10. <u>Tasa de cambio de cobertura periodo 2000 al 2010 de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	57
11. <u>Tasa de cambio de cobertura periodo 2010 – 2020 de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	58
12. <u>Tasa de cambio de cobertura periodo 2000 – 2020 de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	59
13. <u>Matriz de transición periodo 2000 - 2010</u> .....	61
14. <u>Matriz de transición periodo 2010 - 2020</u> .....	62
15. <u>Matriz de transición periodo 2000 - 2020</u> .....	63
16. <u>Simulación del cambio de cobertura y uso de la tierra al 2030</u> .....	64
17. <u>Cobertura y uso de la tierra de los años 2000, 2010, 2020 proyectada al año 2030</u> .....	78
18. <u>Cobertura y uso de la tierra de los años 2000, 2010, 2020 y 2030</u> .....	78
19. <u>Cobertura y uso de la tierra año 2000</u> .....	79
20. <u>Cobertura y uso de la tierra año 2010</u> .....	79
21. <u>Cobertura y uso de la tierra año 2020</u> .....	79
22. <u>Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Bello Horizonte de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	80
23. <u>Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Dos de Mayo de la cuenca del río Huayabamba</u> .....	81

<u>24. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado La Libertad de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>83</u>
<u>25. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Marisol de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>83</u>
<u>26. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Mojarra de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>84</u>
<u>27. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Monterrey de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>85</u>
<u>28. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Montevideo de la cuenca del río Huayabamba.....</u>	<u>86</u>
<u>29. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Nueva Esperanza de la cuenca del río Huayabamba.....</u>	<u>87</u>
<u>30. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Nuevo Chimbote de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>87</u>
<u>31. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Pizarro de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>88</u>
<u>32. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Primavera de la cuenca del río Huayabamba.....</u>	<u>90</u>
<u>33. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Pucallpillo de la cuenca del río Huayabamba.....</u>	<u>91</u>
<u>34. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Sanambo de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>93</u>
<u>35. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Sanchima de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>94</u>
<u>36. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Santa Ines de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>95</u>
<u>37. Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Santa Rosa de la cuenca del río Huayabamba .....</u>	<u>96</u>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. <a href="#">Mapa de ubicación de la cuenca del río Supte</a> .....	24
2. <a href="#">Diagrama de flujo del proceso de modelamiento para la cuenca del río Huayabamba</a> .....	42
3. <a href="#">Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010</a> .....	45
4. <a href="#">Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2000 de la cuenca del río Huayabamba</a> .....	46
5. <a href="#">Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020</a> .....	48
6. <a href="#">Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2010 de la cuenca del río Huayabamba</a> .....	49
7. <a href="#">Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2020</a> .....	51
8. <a href="#">Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2020 de la cuenca del río Huayabamba</a> .....	52
9. <a href="#">Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 proyectada al 2030</a> .....	54
10. <a href="#">Mapa de cambio de cobertura y uso de la tierra proyectada al año 2030</a> .....	55
11. <a href="#">Comportamiento de la tasa de cambio del periodo 2000 al 2020</a> .....	60
12. <a href="#">Simulación del cambio de cobertura del 2000 – 2030</a> .....	65
13. <a href="#">Cobertura del suelo con cultivo de cacao</a> .....	98
14. <a href="#">Tomando nota de las características de la cobertura del suelo</a> .....	98
15. <a href="#">Georreferenciando una cobertura del suelo con plantación de Bolaina</a> .....	99
16. <a href="#">Sistema de traqueo para ubicar la distancia de recorrido de una plantación</a> .....	99
17. <a href="#">Vista panorámica de la parte alta de la cuenca del río Huayabamba</a> .....	100
18. <a href="#">Vista panorámica de la cuenca del río Huayabamba</a> .....	100
19. <a href="#">Vista panorámica del centro poblado Bagazan en la cuenca del río Huayabamba</a> .....	101
20. <a href="#">Reunión con las autoridades de los centros poblados asentadas en la cuenca del río Huayabamba</a> .....	101

## RESUMEN

El cambio de uso del suelo y la pérdida de cobertura vegetal es uno de los principales problemas ambientales que aquejan a la humanidad y al Perú, principal causa del cambio climático directamente relacionado con la deforestación, la producción de alimentos, la salud humana, la urbanización, la biodiversidad, el agua y la calidad del suelo. . El objetivo de la investigación fue predecir el aumento o disminución progresiva de la cobertura y uso del suelo para el año 2030 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín. La metodología, según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 1352013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales para generar cartografía temática de cobertura y uso del suelo para los períodos 2000 – 2020, cuyas unidades se clasificaron según la metodología CORINE Land Cover–CLC. Se desarrolló un modelo de predicción de cambio de uso y cobertura del suelo (CCUS) para la cuenca del río Huayabamba, que presenta altas tasas de deforestación. La predicción se basó en dos escenarios: 1) un escenario de tendencia y 2) uno de conservación. Como resultado, se produjo una mayor pérdida de bosques y un aumento de áreas agrícolas heterogéneas, debido a las actividades antrópicas, todos estos cambios indican la pérdida de cobertura natural. El ritmo de cambio aumentó en áreas agrícolas heterogéneas, cultivos transitorios y disminución de cobertura forestal, vegetación secundaria, áreas sin o con poca vegetación y ríos de menor superficie, donde continuará la tendencia de avance de la deforestación en la cuenca del río Huayabamba. Concluyendo que los resultados de este trabajo serán de utilidad para futuros planes de desarrollo ambiental, planes de uso del suelo y planificación estratégica para la conservación de los recursos naturales de la cuenca.

**Palabras clave:** Deforestación, Dinámica EGO, matriz de transición, escenario tendencial y conservación, validación.

## **ABSTRACT**

The change in land use and the loss of plant cover is one of the main environmental problems that afflict humanity and Peru, the main cause of climate change directly related to deforestation, food production, human health, urbanization, biodiversity, water, and soil quality. The objective of the research was to predict the progressive increase or decrease of land cover and use by the year 2030 in the Huayabamba river basin, San Martín region. The methodology, as provided by the Ministry of the Environment (R.M. N° 1352013-MINAM), was based on the digital processing of satellite images to generate thematic cartography of land cover and use for the periods 2000 – 2020, whose units were classified according to the CORINE Land Cover–CLC methodology. A land cover/use change prediction model (CCUS) was developed for the Huayabamba river basin, which presents high deforestation rates. The prediction was based on two scenarios: 1) a trend scenario and 2) a conservation one. As a result, greater loss occurred in forests and an increase in heterogeneous agricultural areas, because of anthropic activities, all these changes indicate the loss of natural coverage. The rate of change increased in heterogeneous agricultural areas, transitory crops, and decreased forest cover, secondary vegetation, areas without or with little vegetation, and rivers on a smaller surface, where the trend of advancing deforestation will continue in the Huayabamba river basin. Concluding that the results of this work will be useful for future environmental development plans, land use plans and strategic planning for the conservation of natural resources in the basin.

**Keywords:** Deforestation, EGO Dynamics, transition matrix, trend scenario and conservation, validation.

## I. INTRODUCCIÓN

Dado que es uno de los principales contribuyentes al cambio climático global y afecta directamente la seguridad alimentaria, la salud humana, la urbanización, la biodiversidad, la migración transfronteriza, las condiciones ambientales de los refugiados y la calidad del agua y el suelo, el cambio en el uso de la tierra y la pérdida de la vegetación es un problema que azota a la humanidad. (López & Granados, 2006). Por otra parte, los “estudios especiales” señalados en los lineamientos metodológicos para el desarrollo de los medios técnicos de ordenamiento territorial, aprobados mediante R.M. N° 135-2013- MINAM y que complementa los resultados de la zonificación ecológica y económica (RM N° 081-2016-MINAM).

Por otra parte según los reportes del Proyecto de Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP, 2017), la deforestación en la Amazonía peruana en el año 2017 alcanzó la cifra de 143 425 ha, lo que equivale a 200 000 campos de fútbol, asimismo se definió que los sectores con mayor tala de árboles en Perú son cinco: Ucayali y Huánuco en la Amazonía centro; Madre de Dios en la Amazonía sur; el noreste de la región San Martín y el sector de Santa María de Nieva en la región Amazonas y según esta evaluación, las principales causas de la pérdida de bosques de la Amazonía peruana corresponden a la actividad agropecuaria, agricultura y ganadería; además de la expansión de la palma aceitera.

Estos hallazgos preocupantes resaltan la necesidad de investigación adicional en esta área, que se enfoca en realizar estudios más complejos. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han mejorado significativamente la calidad de los datos de teledetección, será posible comprender la dinámica de los cambios en la cubierta vegetal a lo largo del tiempo, se identificarán las zonas con mayor probabilidad de presentar cambios, además de pronosticar cómo sesgarán los cambios en los próximos años, siendo crucial en la toma de decisiones para la planificación de un territorio. (Ibáñez & Damman, 2014).

Al mejorar significativamente la calidad de los datos de teledetección y el uso de sistemas de información geográfica (SIG), es posible comprender la dinámica de los cambios en el uso del suelo a lo largo del tiempo, además de comprender cómo y por qué ocurren estos cambios. Incluso identifica áreas que es probable que cambien, por lo que es muy importante para las decisiones de planificación espacial. (Dzieszko, 2014).

La predicción de los cambios de cobertura y uso de la tierra es una herramienta que nos permite analizar qué acciones naturales y antrópicas están ocasionando modificaciones en el ambiente y su habitad; por lo tanto, se necesita analizar estas fases. Planteándose para esto la

siguiente interrogante ¿se podrá al año 2030 predecir el aumento progresivo o disminución de la cobertura y uso de la tierra en un escenario tendencial en la cuenca del Huayabamba, región San Martín? y como hipótesis se pretende demostrar que: En un escenario tendencial al año 2030 la predicción nos ayudará analizar el aumento progresivo o disminución de la cobertura y uso de la tierra, en la cuenca del Huayabamba, región San Martín. Planteándose para esto los siguientes objetivos:

### **1.1.Objetivo general**

Evaluar la predicción del aumento o disminución de la cobertura y uso de la tierra al año 2030 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.

### **1.2.Objetivos específicos**

- Estimar los principales cambios en la cobertura y uso de la tierra periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín
- Estimar la tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para el periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.
- Predecir los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2030 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1. Cuenca hidrográfica

Zonas donde se concentra toda la escorrentía que desemboca en la desembocadura de la cuenca y están definidas por los puntos más altos de las montañas (cuencas). Estas superficies albergan las instituciones, la infraestructura y el entorno biofísico, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2013, citado por Andrade, 2021).

#### 2.1.2. Cobertura y uso de la tierra

López y Bocco (2000) argumentan que las cubiertas vegetales son objetos naturales o hechos por el hombre que cubren la superficie terrestre y, por lo tanto, pueden tener su origen en ambientes naturales desarrollados ecológicamente (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o en ambientes artificiales creados o mantenidos por personas (plantas, represas, ciudades, etc.). Di Gregorio (2005) argumentó que la cobertura del suelo es la cobertura biofísica observada en la superficie de la Tierra.

La cobertura vegetal es una medida de la superficie llena de plantas o tipos de vegetación. La vegetación es definida como la cubierta vegetal de un país o área geográfica. El predominio de biomorfos como árboles, arbustos o plantas herbáceas, independientemente de su estatus taxonómico, crea una distinción entre los tipos de vegetación como bosques, arbustos y pastizales. (Ñique et al. 2006).

Comprender la cobertura y el uso de la tierra es un paso esencial en la gestión sostenible de los recursos naturales, la preservación de la biodiversidad y la mitigación de los impactos en los ecosistemas y el cambio climático. (FAO 2015).

Para Marcano & Martínez (2020), La tierra ocupa alrededor del 30% de la superficie del mundo, lo que corresponde a 13.200 millones de hectáreas, y se divide en tundra, bosques caducifolios y mediterráneos, pastizales, selvas, desiertos, bosques de coníferas, pastizales, bosques tropicales y biomas de placas.

#### 2.1.3. Cambio de la cobertura vegetal

El enfoque de la investigación ambiental actual está en el estudio de los procesos de cambio y uso de la cobertura terrestre (Bocco *et al.*, 2001), ya que estos estudios también abordan la pérdida de hábitat, la biodiversidad, los servicios ambientales y la capacidad de producción de los ecosistemas, así como los factores de cambio más importantes a nivel mundial. (Rosete, 2008).

La planificación y la gestión de los recursos naturales se ven significativamente afectadas por la investigación sobre cómo el uso de la tierra y la cobertura de la tierra cambian con el tiempo y el espacio (Islam et al. 2018). La dinámica natural de la tierra requiere en gran medida de la cantidad de vegetación presente. Por ejemplo, los bosques y los humedales regulan el clima local y global, extraen y almacenan agua, previenen la erosión del suelo y más. (García et al. 2019; Ferreira et al. 2019, cito por Pabón, 2022).

Las características del paisaje, el funcionamiento del ecosistema y su biodiversidad se ven afectados por los cambios en el uso y la cobertura del suelo provocados por la creciente demanda de recursos. (Lambin et al., 2000; cito por Pimiento, 2019).

El análisis y categorización de las diversas ocupaciones y usos asociados que realizan las personas en un determinado espacio o área forman parte del estudio de las ocupaciones y usos del suelo. Su importancia se deriva del hecho de que el desarrollo del uso de la tierra a nivel local, regional y global está cambiando rápidamente. A escala global, la información cuantitativa sobre dónde, cuándo y por qué ocurre cada cambio es incompleta y ocasionalmente imprecisa. (Bocco & Mendoza, 2001).

Para entender y pronosticar la dinámica de los componentes del paisaje, es necesario caracterizar el uso de la tierra en una región y su evolución espaciotemporal en relación con las actividades humanas. Adicionalmente, ofrece un marco de referencia en el diseño de políticas y acciones para el desarrollo sostenible, la conservación y manejo de recursos, así como el estudio de la sucesión y dinámica de los ecosistemas. (Ojima et al., 1994).

Se debe expresar preocupación cuando la vegetación y el manejo del suelo cambian con el tiempo y en una zona específica. Estimar la tasa de cambio de vegetación y uso de suelo es crucial porque ayuda a identificar tendencias en las fases (deforestación, erosión, degradación y pérdida de biodiversidad) que alteran los ecosistemas. Además, puede comprender las actividades de producción humana en un lugar específico. (Pinto, et al. 2016).

#### **2.1.4. Usos de la tierra**

Con frecuencia se afirma que sólo cuando se manipula físicamente la tierra se puede utilizar; como resultado, el área que no recibe intervención física tiene su cubierta natural y la zona que recibe intervención física tiene su cubierta artificial. Se puede ver la frontera agrícola entre las dos zonas. Con esta perspectiva “desde la ciudad”, el uso del suelo se entiende de forma limitada y estática. Se ha observado que los problemas más significativos con el uso del suelo (que debe ser sustentable) se dan cerca de la frontera agrícola en zonas marginales con fuertes pendientes, suelos poco profundos, lluvias severamente erosivas,

agricultura marginal con poca atención, apoyo técnico-financiero del estado , y otros. (Richters, 1995).

Estudiar el territorio es una tarea difícil, en parte porque el contexto histórico, político y económico del observador, definido como intencionalidad, permea su análisis y sugiere diversas interpretaciones de una misma realidad (Hernández & Gonzales, 2019). El análisis del territorio en este contexto ha estado enmarcado por una variedad de disciplinas. (Machado 2009).

Por otro lado, algunas ciencias aplicadas, como las ciencias de la tierra, se han concentrado en medir los cambios de uso del suelo en términos de espacio y tiempo para modelar y proyectar estas dinámicas a futuro (Martínez & Reyes, 2012). El desarrollo de nuevas tecnologías espaciales, incluidos los sistemas de información geográfica (SIG), la teledetección y la aplicación de modelos informáticos, han permitido cuantificar y analizar los cambios en el uso del suelo. (Memarian et al., 2012).

Es un “criterio socioeconómico que se refiere a la actividad dominante que se da en cierto lugar, e incluye usos como residencial, comercial, industrial, agrícola, etc.” según Recio (2010).

#### **2.1.5. Importancia del análisis del cambio de uso de la tierra**

La investigación de las fases de la variación en la cobertura y uso del suelo son temas interesantes para el estudio ambiental actual (Bocco & Mendoza, 2001) por los efectos que estos procesos tienen sobre la pérdida de hábitat, la diversidad biológica, los factores ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (Rosete, 2008), sin los cuales sería imposible satisfacer las necesidades de nuestra especie. Se consideran la segunda fuente de CO<sub>2</sub> creada por el hombre que ingresa a la atmósfera y una de las causas más importantes del cambio planetario. Son el resultado tanto de la desigualdad social y económica como de la explosión demográfica.

Según Rosete (2008), los diversos aspectos del cambio ambiental global están relacionados con los cambios en el uso y la cobertura del suelo. Su evaluación necesita interdisciplinariedad porque hace uso de teorías, datos y técnicas de investigación de varios campos de estudio. Pero, en esencia, los geógrafos han abordado o tomado la iniciativa en este tema.

Los cambios más recientes en los paisajes se atribuyen a las actividades humanas, que se reconocen como las principales fuerzas que transforman la biosfera. El

mantenimiento del uso del suelo o la intensificación del mismo, junto con la consiguiente degradación del suelo, es lo que provoca cambios en los ecosistemas terrestres (Rosete, 2008). Se cree que la deforestación, la presión humana sobre la tierra para la producción de cultivos y la mecanización excesiva son algunos de los principales factores que influyen en el cambio de uso de la tierra.

El desarrollo urbano sostenible otorga una alta prioridad al uso y cambio de la tierra. Numerosos cambios en la estructura y el propósito del uso de la tierra, así como ajustes sutiles en el empleo y la competitividad, ocurren junto con el crecimiento de las ciudades. (Mendoza et al., 2021).

Para Ruíz & Herrera (2013), Para facilitar a administrar los programas de manejo y restaurar los ecosistemas deteriorados en la zona protegida, se puede utilizar el estudio de la variación del manejo del suelo. Por otro lado, los resultados de este tipo de evaluación pueden demostrar el grado de fragmentación de la región, según lo indican las características (como la cantidad de fragmentos, su tamaño, forma, abundancia y nivel de aislamiento).

#### **2.1.6. El cambio de cobertura y uso de la tierra como indicador ambiental**

Dado que sirven de base para comprender la inferencia sobre los lineamientos del proceso de Farfán (2009) citado por Leija (2013), actualmente existe una gran necesidad de abordar los cambios en la cobertura/uso del suelo, sus formas y sus causas. Así, existe una conexión entre la dinámica espacio-temporal de la cobertura vegetal y la actividad humana. Este método de investigación exige la confluencia de las ciencias sociales y naturales, así como puntos de vista cualitativos y cuantitativos, y una orientación interdisciplinaria y diacrónica. Sin embargo, hasta la fecha solo se han propuesto índices que describen la dinámica de cambio en la cobertura y sus aplicaciones. (Mas et al., 2004).

El comportamiento humano, incluyendo la deforestación, los incendios forestales, el degrado de los recursos hídricos y del suelo, y el uso de combustibles fósiles, entre otros, está ligado al cambio de cobertura. Es importante recordar que cada región sufre cambios irreversibles, y esos cambios tienen efectos en todo el mundo. (European Space Agency. [ESA], 2020).

Los 4,060 millones de ha de cobertura forestal en el mundo, que se distribuyen en las zonas tropical, boreal, templada y subtropical, presentan un problema de tala de árboles, que se define como la sustitución de la cobertura forestal por otro tipo de cobertura. También se refiere a la pérdida permanente del 10 % o más de la cubierta de dosel causada por actividades en agricultura, pastos, embalses y zonas urbanas. (FAO, 2020)

Debido a la deforestación, que ocurrió a una tasa promedio de 10 millones de ha por año entre 2015 y 2020, se perdió 420 millones de ha de cobertura forestal (FAO, 2020). Con una zona efectiva de cambio de cobertura de 3,94 millones de ha/año, según los informes de la FAO, África experimenta la mayor pérdida neta de área forestal entre 2010 y 2020 (FAO, 2020).

### **2.1.7. Causas del cambio de cobertura y uso de la tierra**

#### **2.1.7.1. La expansión agropecuaria**

Además de ofrecer madera y forraje, el bosque beneficia al medio ambiente. Sin embargo, una parte considerable de la tierra reservada para la agricultura y la ganadería se creó a partir de un desmonte extensivo e ilógico. (Pérez et al., 2008).

#### **2.1.7.2. La minería**

Si bien la minería es una actividad de corto plazo, sus efectos duran años. Es depredación cuando las operaciones mineras se realizan en áreas forestales. El 30 % de los bosques primarios que quedan en el mundo están en peligro debido a la minería y la extracción de petróleo. La enorme cantidad de agua necesaria para la minería generalmente disminuye el nivel freático del área hasta el punto en que los pozos de agua y los manantiales comienzan a secarse. Las sustancias tóxicas acaban contaminando el agua, y esta contaminación puede durar muchos años. Lillo (2006), citado por Saldaña (2010).

#### **2.1.7.3. Económicos y tecnológicos**

Hacer referencia a variables económicas y políticas agrarias que afectan directamente los costos, gravámenes y subsidios de los insumos y productos del uso de la tierra..

#### **2.1.7.4. Demográficos**

Tanto el crecimiento como la disminución de la población tienen un efecto sobre cómo la gente usa la tierra. Estos cambios también tienen un impacto en la fuerza laboral, la migración, la urbanización y otros factores, siendo la migración el efecto más grande y posiblemente más significativo.

#### **2.1.7.5. Apertura de vías de comunicación**

En el proceso de deforestación, los nuevos caminos que atraviesan el bosque juegan un papel importante. Después de que se construye un camino, el micro agricultor dedicado a la agricultura de tala y quema comienzan a talar y ocupar la tierra. Los buscadores de oro también aumentan la presión para abrir caminos. Cuando finalmente llegaron los grandes productores, el uso de la tierra aumentó. (Martino, 2007).

#### **2.1.7.6. Deforestación**

Según la FAO (2010), es la conversión de un bosque a otro manejo del suelo (es decir, su erradicación total) o la disminución sostenida de la cubierta de dosel por debajo del umbral, que debe ser de al menos un 10%. La principal razón por la que se pierde la protección del suelo, junto con la aparición de diversos procesos erosivos, es la deforestación. Esto se traduce en pérdida de bosques regionales, degradación del suelo a nivel físico y químico, cambios en el ciclo del agua y cuencas inestables. Esto altera el equilibrio del agua atmosférica a escala global, afectando los patrones y contribuyendo al calentamiento global. Otro efecto es la pérdida de biodiversidad y diversidad genética, de poblaciones e incluso de especies, como consecuencia de la reducción y/o fragmentación del hábitat.

#### **2.1.7.7. Las políticas gubernamentales**

Uno de los períodos más severos de deforestación amazónica ocurrió en las décadas de 1980 y 1990, como es bien sabido en nuestra nación. Los proyectos especiales (PE) estatales para la colonización de la Amazonía peruana se encontraban en etapa de ejecución con el objetivo principal de promover la ocupación pretendida del territorio y la articulación regional mediante del Camino Marginal de la Selva. (IIRSA-SUR (2006), citado por Saldaña (2010).

#### **2.1.8. Metodología Corine Land Cover - CLC**

La metodología Corine Land Cover forma parte del Programa CORINE (Coordinación de Información del Medio Ambiente), que se inició el 27 de junio de 1985, y que, como resultado de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasó a la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en 1995. El objetivo principal del Programa CORINE es crear una base de datos europea de uso del suelo a escala 1:100.000 que pueda utilizarse para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas. (Valencia & Anaya, 2009).

La base de datos Corine Land Cover (CLC) permite la creación de mapas de cobertura en varias escalas describiendo, caracterizando, clasificando y comparando las características de la cobertura terrestre según se interpretan a partir del uso de imágenes satelitales. (Mello & Camacho 2007).

El proyecto "Corine Land Cover" 1990 (CLC90) esboza una método particular creada para elaborar el inventario de coberturas terrestres, cuya base de datos sirve

de apoyo para la toma de decisiones en políticas ambientales y de ordenamiento territorial (Alcántara & Boñón, 2014). Fue modificado para uso de los miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), asociación subregional con personalidad jurídica internacional. Está formada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y por los órganos e instituciones del Sistema Andino de Integración (SAI).

Actualmente el MINAM está ayudando a los gobiernos regionales de Perú a aplicar la propuesta de leyenda de cobertura mediante del proyecto Análisis de la Dinámica de Cambio de Cobertura Terrestre en la Cobertura Andina. Esto se está haciendo mediante la Dirección General de Ordenamiento Territorial - DGOT.

### 2.1.9. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra

Podemos determinar el tamaño y la velocidad de este proceso observando la tasa de cambio, que es un indicador de presión.

La dinámica de la cubierta vegetal debe examinarse en relación con el espacio y el tiempo para cuantificar este proceso lo mejor que podamos. La siguiente fórmula es sugerida por la FAO (1996) para expresar el cambio en porcentaje del área del año inicial.

$$tc = \left\{ \left[ \frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1 \right\} \times 100$$

Dónde:

$tc$  = tasa de cambio (en %)

$S_1$  = superficie en la fecha inicial

$S_2$  = superficie en la fecha final

$n$  = diferencia de años entre fecha inicial y final

### 2.1.10. Índices de cambio de cobertura y uso de la tierra

Pontius y Malanson (2005) afirman que la ubicación y cuantificación de los cambios en la cobertura del suelo se realizan utilizando una superposición de mapas y una matriz de transición, que pretende ser el punto de partida para la recopilación de datos que compara los cambios observados y esperados (irreales o por casualidad) para llegar al nivel de detalle de los cambios producidos en el territorio (ganancia, pérdida, intercambio, persistencia, cambio neto y cambio total) en un cierto nivel de análisis general.

Es posible identificar cuándo ocurre un proceso aleatorio de ganancia o pérdida calculando una diferencia (en porcentaje de la zona total) y una relación (magnitud más allá del azar) de los cambios observados y esperados. En una fase aleatoria de ganancia, las categorías  $t_1$  pierden más de lo esperado si la diferencia entre el porcentaje observado y

requerido es positivo; si es negativo, las mismas categorías t1 pierden menos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de transición con ganancias y pérdidas

<b>Matriz de transición con ganancias y pérdidas</b>							
		<b>Tiempo 2</b>					
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Total, tiempo 2	Perdidas
		1	2	3	4	1	
<b>Tiempo 1</b>	Categoría 1	<i>P</i> <sub>11</sub>	<i>P</i> <sub>12</sub>	<i>P</i> <sub>13</sub>	<i>P</i> <sub>14</sub>	<i>P</i> <sub>1+</sub>	<i>P</i> <sub>1+</sub> - <i>P</i> <sub>11</sub>
	Categoría 2	<i>P</i> <sub>21</sub>	<i>P</i> <sub>22</sub>	<i>P</i> <sub>23</sub>	<i>P</i> <sub>24</sub>	<i>P</i> <sub>2+</sub>	<i>P</i> <sub>2+</sub> - <i>P</i> <sub>22</sub>
	Categoría 3	<i>P</i> <sub>31</sub>	<i>P</i> <sub>32</sub>	<i>P</i> <sub>33</sub>	<i>P</i> <sub>34</sub>	<i>P</i> <sub>3+</sub>	<i>P</i> <sub>3+</sub> - <i>P</i> <sub>33</sub>
	Categoría 4	<i>P</i> <sub>41</sub>	<i>P</i> <sub>42</sub>	<i>P</i> <sub>43</sub>	<i>P</i> <sub>44</sub>	<i>P</i> <sub>+</sub>	<i>P</i> <sub>4+</sub> - <i>P</i> <sub>44</sub>
	Total, tiempo 2	<i>P</i> <sub>+1</sub>	<i>P</i> <sub>+2</sub>	<i>P</i> <sub>+3</sub>	<i>P</i> <sub>+4</sub>	1	
<b>Ganancias</b>		<i>P</i> <sub>+1</sub> - <i>P</i> <sub>11</sub>	<i>P</i> <sub>+2</sub> - <i>P</i> <sub>22</sub>	<i>P</i> <sub>+3</sub> - <i>P</i> <sub>33</sub>	<i>P</i> <sub>+4</sub> - <i>P</i> <sub>44</sub>		

Fuente: Pontius y Malanson (2005)

Así bien, de los índices de cambio propuestos por Pontius y Malanson (2005) tenemos:

La ganancia (*G<sub>ij</sub>*), que se calcula restando la persistencia (*P<sub>jj</sub>*) de la columna de tiempo total 2 (*P<sub>+j</sub>*), representa el porcentaje de paisajes que experimentaron un aumento entre el primer día (*t*<sub>1</sub>) y el último día (*t*<sub>2</sub>):

$$G_{ij} = (P_{+j}) - (P_{jj}) \dots \dots \dots (1)$$

La pérdida (*L<sub>ij</sub>*), que representa la proporción de paisajes reducidos entre dos fechas, se obtuvo calculando la diferencia entre el total de 1 línea de tiempo (*P<sub>+j</sub>*) y la tolerancia (*P<sub>jj</sub>*):

$$L_{ij} = (P_{+j}) - (P_{jj}) \dots \dots \dots (2)$$

**La persistencia (*P<sub>ij</sub>*)** es la cantidad de área de distintos estratos que permanece estable en los diferentes puntos de tiempo estudiados (esto es importante para analizar los cambios en el uso, en el sentido de que los estudios indican que algo estable prevalece en la naturaleza, incluso en regiones muy dinámicas) y se obtiene sobre ella partiendo de la diagonal principal de la matriz.

El cambio total (*DT<sub>j</sub>*), el cual es la suma de todas las proporciones del paisaje que cambiaron.

$$DT_j = (G_{ij}) + (L_{ij}) \dots \dots \dots (3)$$

### **2.1.11. Simulación de cambio de cobertura y uso del suelo**

Pontius & Malanson (2005) afirman que los modelos simulados de uso de suelo y cambio de cobertura viene convirtiéndose en una herramienta cada vez más utilizada y útil en el análisis espacial de modelos, impactos negativos y su potencial para la ecología regional. (Henríquez & Azocar, 2007) destaca la falta de aplicaciones de estos modelos de simulación en las ciudades latinoamericanas.

Los modelos de simulación, representan un elemento o fase basado en la realidad, se consideran modelos dinámicos que pueden predecir posibles acciones futuras. Llamam la atención sobre el potencial para expresar el tamaño de los cambios, dónde estarán en el futuro y cómo se distribuirán espacialmente.

Estos modelos, según la literatura, usan principalmente parámetros sencillos para las simulaciones, como el tamaño de las áreas urbanas actuales, los corredores de transporte significativos, la distancia a los mercados laborales, la accesibilidad a bienes e insumos, las condiciones topográficas y la presencia de suelo en situaciones específicas.

#### **2.1.11.1. Dinámica EGO**

Se utiliza en estudios de modelado de desarrollo urbano y deforestación. Es muy adaptable, lo que permite la creación de modelos de cambio de cobertura intrincados y la expansión de posibles escenarios de cambio. El análisis de cambios multitemporales no es lo único que se puede hacer en Dinámica EGO; También es posible el análisis multicriterio aplicado a estudios de impacto ambiental, urbanístico o territorial, con indicaciones del paisaje o métricas paisajísticas. Esto permite evaluar la calidad de los hábitats incluso en ausencia de inventarios completos de biodiversidad o datos ecológicos. Además, se pueden crear modelos econométricos de pronóstico para rastrear las emisiones de carbono y predecir las tasas de deforestación en función de las condiciones socioeconómicas de las zonas urbanas. (Soares et al., 2009).

### **2.1.12. Sistema de Información Geográfica**

Sistema de Información Geográfica (SIG): Según Ortiz (2001), un SIG es “el conjunto de procedimientos, herramientas y programas informáticos que se utilizan para la adquisición, preprocesamiento, archivo y estudio de información geográficamente referenciados”. En un contexto más amplio de preprocesamiento, archivo y análisis de datos, se supone que estos son sistemas automatizados para administrar la información geográfica para un propósito específico donde un sistema de coordenadas sirve como punto de referencia principal. (Pérez, 1997).

### **2.1.13. Teledetección**

Según Armenteras y Rodríguez (2014), la teledetección es un procedimiento que ayuda a recopilar datos sobre objetos a distancia sin contacto físico. Para que esto sea posible, debe haber algún tipo de interacción, incluso si no hay contacto físico, entre los objetos observados, ya sea que estén flotando en el aire, sumergidos en el agua o ubicados en el suelo. La interacción que tiene lugar en el caso de la teledetección es un flujo de radiación que se origina en los objetos dirigido hacia el sensor.

Para Lillesand (2014) “La ciencia y el arte de aprender sobre un objeto, región o fenómeno mediante la evaluación de información recopilado por un dispositivo que no está en contacto directo con el objeto, región o fenómeno en estudio se conoce como detección remota. Esto es posible gracias a la interacción entre el sensor y la superficie del suelo, o radiación electromagnética, que se compone de cada elemento de emisión, absorción, reflexión y conductividad espectral de la naturaleza.

### **2.1.14. Preprocesamiento de imágenes satelitales**

Según MAAP (2017), es el conjunto de transformaciones numéricas que se realiza a la matriz original con el fin de producir representaciones de la imagen más adecuadas para las aplicaciones. Los datos obtenidos que fue proporcionado por las imágenes satelitales captadas por los sensores están destinada a ser extraída mediante procesamiento digital.

Las imágenes a las que el usuario puede acceder a través del programa Landsat cuentan con una georeferencia. Adicionalmente, cuentan con una corrección geodésica; las correcciones radiométricas y atmosféricas dependen de las habilidades y preferencias del usuario. (Bowen, 2018).

#### **2.1.14.1. Correcciones radiométricas**

De acuerdo con MAAP (2017), estos ajustes permiten eliminar problemas radiométricos causados por la falla del sensor, la influencia de la inclinación del satélite o la posición del sol, o incluso la condición de la atmósfera, lo que permite que las mediciones tomadas por el satélite sean comparables entre sí, incluso cuando se hayan realizado en condiciones muy diferentes. Para medir la respuesta espectral de cualquier objeto sobre la superficie terrestre en la imagen con recepción ideal, estos métodos, según Chuvieco (2010), modifican los niveles digitales originales (ND). Dado que permite utilizar variables físicas con significado uniforme y comparable en el mismo sensor durante todo el proceso, la conversión de ND almacenados en una imagen original a variables físicas es un paso preliminar muy útil

en varias etapas de interpretación de imágenes. Según la NASA (2013), el sensor mide la radiación, que depende en cierta medida de la reflectancia. La radiancia es el movimiento de energía (principalmente energía radiante o incidente) hacia el exterior desde una unidad de área de una superficie en una dirección específica.

#### **2.1.14.2. Corrección geométrica**

Los datos recopilados de sensores remotos generalmente contienen errores geométricos sistemáticos y no sistemáticos, el primero de los cuales se puede corregir con una precisión que es aceptable sin un número utilizando datos de la plataforma y el conocimiento de la distorsión interna del sensor.

La velocidad de la plataforma y la rotación de la tierra se pueden enumerar como dos de las causas sistemáticas de errores geométricos. Por otra parte, los errores provocados por la altitud y la posición del sensor son ejemplos de distorsiones de origen no sistemático. Se pueden utilizar dos técnicas ampliamente utilizadas, la rectificación imagen por imagen y la rectificación imagen por mapa, para corregir estos errores. (MAAP, 2017).

#### **2.1.14.3. Corrección atmosférica**

En términos de espacio y tiempo, las condiciones atmosféricas pueden variar significativamente (Lillesand *et al.* 2014). La capacidad de la atmósfera para absorber y distorsionar la energía electromagnética reflejada por la superficie terrestre tiene un efecto negativo en la capacidad de esta variación para afectar las imágenes de satélite (Gomasasca, 2004). Según Alcántara (2014), la reflectancia superficial denota la corrección del impacto que tiene la atmósfera sobre la señal que recibe el sensor. Se realizan estimaciones de la transmisividad de la atmósfera, la irradiancia difusa y la radiancia relacionada con la dispersión.

Según Britos & Barchuk (2013), La energía recolectada por sensores de teledetección viaja a través de una porción significativa de la atmósfera. Durante este proceso, la energía recibida cambia en intensidad y longitud de onda por las partículas y gases atmosféricos, lo que deteriora la calidad de la imagen y afecta la precisión de las interpretaciones.

Para Geoinn Geospatial Innovations. [GEOINN] (2018), El proceso de calibración, que es fundamental aplicar a las imágenes de satélite para corregir elementos relacionados con intervenciones atmosféricas, entre otros, utiliza la corrección atmosférica para llevarse a cabo. Fue necesario traducir los datos de los niveles de gris (Números digitales DN) a cantidades físicas, como la reflectancia del suelo y la temperatura, porque se utilizaron diferentes sensores para el análisis.

El ajuste atmosférico de las imágenes de satélite es un paso crucial para mejorar el análisis de datos de diversas maneras:

- El impacto de la atmósfera y la iluminación solar se elimina, o al menos se reduce significativamente.
- Después de la corrección atmosférica, es posible comparar escenas multitemporales capturadas bajo diversas condiciones atmosféricas. Los cambios observados no serán el resultado de condiciones atmosféricas alteradas; en cambio, serán cambios en la superficie de la Tierra.
- Al considerar los problemas de calibración del sensor, se pueden mejorar los resultados de detección de cambios y los algoritmos de clasificación. Los algoritmos para clasificar objetos basados en objetos han mejorado mucho.
- Es posible comparar los datos de reflectancia de varios sensores con bandas espectrales relacionadas (como la banda 3 de Landsat y la banda 2 de SPOT). Este es un beneficio para el monitoreo multitemporal en particular. Debido a la órbita de un sensor o a la nubosidad que impide el acceso a los datos de regiones específicas. Cuantos más sensores haya, más probable es que los datos se recopilen cuando haya poca cobertura de nubes.
- Tenemos la oportunidad de validar los resultados comparando las mediciones del suelo con los datos de reflectancia del suelo obtenidos de las imágenes de satélite.

La investigación actual en sensores remotos, particularmente en espectrometría de imágenes, se centra en la derivación de cantidades físicas, como la reflectancia del suelo, el contenido de vapor de agua atmosférico y la bioquímica. (Geoinn Geospatial Innovations. [GEOINN], 2018).

#### **2.1.14.4. Corrección topográfica**

También se debe tener en cuenta la topografía del terreno porque afecta la reflectividad de dos maneras: primero, la pendiente modifica la geometría del flujo incidente y segundo, la orientación. La corrección de la iluminación, también conocida como topografía, es el proceso de contabilizar la radiación solar para reducir la variabilidad de la

reflectancia vista en objetivos comparables. Este es un paso crucial en el preprocesamiento de datos de teledetección de alta resolución para la detección de cambios en los bosques. (Bravo, 2020).

#### **2.1.14.5. Mejoramiento espectral**

En este estudio, se tendrán en cuenta las mejoras espectrales de los métodos que mejoran la accesibilidad de informaciones satelitales para el estudio cuantitativo. (Ibáñez, 2019).

#### **2.1.15. Clasificación de imágenes**

Se asignará un píxel a una clase o categoría si cumple con un conjunto específico de criterios como parte del proceso de clasificación, que ordena los píxeles en clases o categorías numéricas en función de sus valores digitales. (Ramírez & Mejía *et al.*, 2017).

Definir las categorías que se pretende diferenciar en la imagen sirve como primer paso en la clasificación digital. Es una clasificación que utiliza números como base. Para identificar cada categoría para todas las bandas incluidas en la clasificación, es necesario obtener el rango de números digitales (ND). Varios ND que están estrechamente relacionados entre sí definen las distintas categorías en lugar de un solo ND. Alrededor del ND promedio de cada categoría, hay algo de dispersión. Por ello, la fase de formación se esfuerza por determinar con precisión cada una de las categorías que se pretenden diferenciar, considerando su dispersión en el área de estudio. (Valdez, 2014).

La clasificación de imágenes multibanda se produce digitalmente. En términos estadísticos, esto implica disminuir la escala de una variable continua (ND) a una escala nominal o categórica (Chuvieco, 2008). Se puede dividir en dos categorías: clasificación supervisada y no supervisada. El primero implica recopilar algunos antecedentes sobre la zona de evaluación (mediante el trabajo de campo), elegir muestras (zonas de entrenamiento) y asignarlas al cálculo, mientras que el segundo es desconocido. (Alva & Chávez, 2004).

##### **2.1.15.1. Clasificación supervisada**

Según Valdez (2014), este método de entrenamiento necesita cierta familiaridad con el área de estudio para delinear en la imagen algunas zonas representativas de las diversas categorías que se pretende discriminar. Como se utilizan para enseñar a la computadora a reconocer las diversas categorías, estas áreas se conocen como campos de entrenamiento. Luego, la computadora clasifica los píxeles restantes en una categoría dada en función de estas áreas mediante el cálculo de los diversos parámetros estadísticos ND

que determinan cada clase. Para reflejar con precisión la variabilidad de cada clase en el área de estudio, es apropiado elegir varias áreas de capacitación para cada clase.

Según Congedo (2016), este método de procesamiento de imágenes, también conocido como clasificación supervisada o clasificación semiautomática, permite identificar materiales en una imagen en función de sus firmas espectrales. La cantidad y el tipo de clases de cobertura terrestre que se pueden reconocer en una imagen pueden variar significativamente según la resolución del sensor. Aunque existen muchos algoritmos de clasificación diferentes, todos se utilizan para crear mapas temáticos de cobertura del suelo.

Tarazona (2018) este tipo de clasificación se base en la hipótesis que se dispone áreas de entrenamiento extraídas del área en cuestión. Es una hipótesis porque generalmente se cree que las firmas espectrales extraídas mediante la interpretación de la propia imagen de satélite son firmas conocidas y pertenecientes a determinados tipos que pretende conocer el usuario. Mientras, en trabajos más rigurosos las firmas espectrales (i.e., las áreas de entrenamiento) son extraídas mediante un trabajo de campo y por tanto, la probabilidad de la asignación correcta de la etiqueta a la clase es alta. La extracción de áreas de entrenamiento se puede obtener a través de un trabajo de campo con una fecha cercana a la toma de la imagen, también es posible utilizar imágenes de alta resolución.

Una técnica de procesamiento de imágenes llamada clasificación semiautomática, también conocida como clasificación supervisada, ayuda a identificar recursos a partir de firmas espectrales (Jiménez, 2019). Por supuesto, la cantidad y la naturaleza de la cobertura del suelo varían según las resoluciones del sensor. Un mapa temático que represente la cobertura del suelo es el objetivo general de las diversas clases de algoritmos de clasificación actualmente disponibles (Córdova & Sánchez, 2020).

#### **2.1.15.2. Clasificación no supervisada**

Las clases espectrales que están presentes en la imagen se definen como parte del proceso de clasificación no supervisado. Debido a que no supone ningún conocimiento previo del sujeto de estudio, la intervención humana se concentra en la interpretación de los resultados. (Sánchez, 2009).

### **2.2.Estado del arte**

Los escenarios territoriales de la región Apurímac se están desarrollando ante los cambios en la cobertura del suelo. La finalidad de dicho estudio fue determinar cómo había cambiado el paisaje y el uso del suelo en la región de Apurímac. Con base en un análisis de

caracterización de la cobertura del uso del suelo en la subcuenca para los años 1986, 1994, 2002 y 2009, el autor concluye que el análisis de la cobertura del suelo muestra tendencias de cambio, principalmente en la parte baja y media de la subcuenca en el período considerado, vinculada a la actividad agropecuaria. Está claro que la cima ha visto una fuerte reducción en el área de montañas cubiertas de nieve. Estos cuatro factores o impulsores del cambio estarían relacionados con la reducción de la cobertura vegetal, el agotamiento de los suministros de agua, la actividad minera y el clima extremo. Los escenarios territoriales calculados por el modelo de Markov para 2016 muestran que, suponiendo que los supuestos del modelo también reflejen las tendencias actuales, las tendencias entre 2002 y 2009 persistirán. (Ibáñez & Damman, 2014).

En este estudio, se creó un modelo de simulación de cobertura del suelo/cambio de uso del suelo (CCUS) para una región del sureste de México con una alta tasa de deforestación. Dos escenarios sirvieron como base para el modelado: 1) un escenario de tendencia que se basa en el supuesto de que las altas tasas de tala de árboles continuarían la misma secuencia de distribución; y 2) un escenario diferente basado en el supuesto de que los tipos de cambio disminuirían y disminuirían. El modelo alternativo se desempeñó mejor, de acuerdo con el estudio de los mapas prospectivos, lo que indica que el desarrollo de modelos prospectivos, especialmente en áreas altamente dinámicas, requiere la integración de conocimiento experto.

Este estudio demuestra cuán desafiante es crear modelos prospectivos en áreas con dinámicas de alto cambio. En el área de estudio, hubo variaciones notables en los patrones y tasas de cambio entre el período de simulación y el período utilizado para calibrar el modelo. El modelo de tendencia, que predijo la ubicación del cambio pero sobreestimó su magnitud al simular las fases de rápida expansión de las zonas agrícolas en extensiones de bosques conservados, fue el modelo más inexacto. Un modelo alternativo que "apostaba" por una disminución de las tasas de deforestación y una redistribución de los claros en zonas secundarias era más preciso.

Estos hallazgos implican que los modelos basados en calibraciones automáticas a veces son capaces de reproducir los patrones del período de calibración, mientras que los modelos basados en el conocimiento, que incorporan conocimiento experto, son más apropiados. El programa Dinámica EGO tiene la ventaja de permitir manejar ambos enfoques, o más concretamente, controlar el nivel de intervención experta de acuerdo con los intereses del usuario desde un enfoque totalmente automático (sin editar los pesos y en última instancia utilizando la opción del algoritmo genético para modificar los pesos) hasta llegar a un método

que cambia radicalmente la matriz de Markov y los pesos de la evidencia basados únicamente en el conocimiento experto. Dado que nuestro ejemplo corresponde a un uso muy simple y fundamental del programa, también es importante señalar que el programa ofrece muchas herramientas para crear modelos mucho más sofisticados.

Independientemente del método empleado, es crucial enfatizar que los mapas generados por los modelos prospectivos deben entenderse como una representación plausible de la cobertura y el uso de la tierra y que el modelado con frecuencia no es una herramienta confiable para la predicción. (Mas & Sandoval, 2011).

Laurent (2011) buscó comprender la fase de tala de árboles en la microcuenca del río Supte (8 745,5 ha), que había sufrido una importante actividad maderera entre 1990 y 2005. En este se utilizaron dos imágenes del sensor-satélite Landsat TM-5 utilizando técnicas de Teledetección y SIG. En primer lugar, las imágenes de satélite se sometieron a un preprocesamiento. Posteriormente, se ubicaron las áreas de clase o entrenamiento mediante un receptor GPS (Global Positioning System) para realizar la clasificación digital supervisada. Durante la validación del resultado se obtuvo una Precisión Global del 64% y un Índice Kappa de 0.57, demostrando la precisión de la clasificación. La cantidad de bosque perdido en 15 años se estimó en 521,9 ha y la tasa de depredación de bosques fue de 34,8 ha por año. Por su parte, la cantidad de suelo degradado aumentó en 720,6 ha, alcanzando un total de 1.723,4 ha en 2005.

Guerrero et al. (2015) realizaron un análisis multitemporal de uso de suelo y cobertura forestal en el municipio de Puerto Rico con el objetivo de evaluar los cambios de cobertura ocurridos en un periodo de 23 años, utilizando como referencia 4 imágenes satelitales LANDSAT de varias fechas (1991, 1997, 2003 y 2014). Los estudios permitieron definir la dinámica de pérdida de bosque por procesos de pérdida de bosque y el crecimiento de otras coberturas por intervención humana, resultando en cifras de cambio de la cobertura mapeada en el Municipio en cada una de las tres áreas significativas de manejo. Además de calcular los cambios de cobertura y las transformaciones previstas de algunas coberturas para cada una de las áreas de gestión en 2020.

Utilizando un estudio multitemporal de la magnitud del impacto de un programa de forestación como alternativa productiva en los márgenes de la cuenca del río Magdalena, De La Cruz y Muños (2016) realizaron una evaluación de la variación en la cobertura del manejo

de la tierra en la ciudad de Popayán. En los municipios de Popayán, Timbío, Tambo y Sotará, dentro de ello se realizó siembra como parte de las actividades del programa que se establecieron en distintos tipos de herramientas paisajísticas. La cobertura forestal en la zona de investigación se cuantificó utilizando información de EARTH EXPLORER para 2003 y 2016; La clasificación supervisada de las diferentes coberturas en el área de estudio para el análisis multitemporal se realizó mediante el programa ArcGis.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

Fue desarrollada en la cuenca del río Huayabamba que se ubica en la provincia de Mariscal Cáceres, Región San Martín y del punto de aforo de la cuenca del Río Huayabamba se encuentra en coordenadas UTM WGS84 Zona 18S Este: Norte: 9195240 Este: 309054, una altitud de 363 msnm.

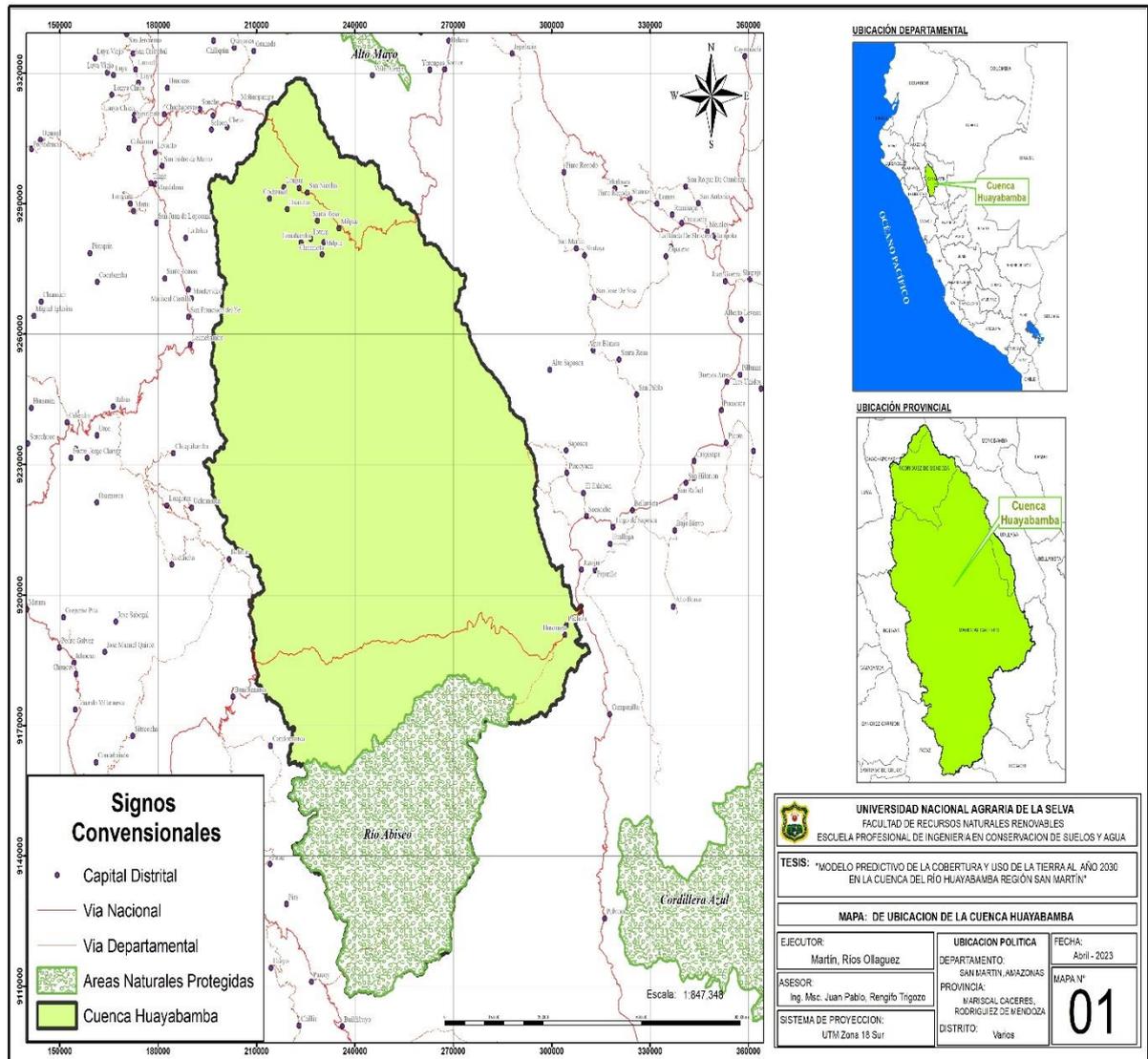


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Huayabamba

#### 3.1.1. Clima

Con 1.800 mm/año, y estando a 363 m.s.n.m, tiene un clima ideal para la actividad agrícola durante todo el año. Las precipitaciones máximas se dan entre los meses de octubre y mayo, y las precipitaciones mínimas se dan entre los meses de junio y septiembre.

Presenta un rango de temperatura anual de 20 °C a 32 °C, con ligeros descensos en junio, julio y agosto.

### 3.1.2. Características ecológicas

Las características ecológicas se caracterizan por presentar extensas vegetaciones naturales y extensiones del cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao). Condiciones que le confieren alto poder agrícola.

La ecología combina llanuras amazónicas, bosques tropicales no inundables, donde se encuentran asentadas las comunidades dentro de la cuenca, además muestra una vegetación extensa de especies arbóreas adaptadas a las condiciones climáticas y de acuerdo con las zonas de vida; Holdridge (1996) establece según el diagrama bioclimático, presenta formaciones vegetales de Bosque Húmedo Tropical (Bh – T).

### 3.1.3. Fisiografía

La fisiografía comprende tres grandes paisajes:

#### - **Provincia Fisiográfica: Cordillera Andina**

En general, se destaca por su variada configuración topográfica, que va desde valles y terrazas aluviales hasta formas accidentadas y montañosas con relieve extremadamente accidentado. Hay dos unidades climáticas en esta provincia fisiográfica: tierras frías perhúmedas y tierras cálidas a templadas.

#### 1. **Unidad climática Tierras cálidas a templadas:**

Abarca la parte alta de la cuenca del río Huayabamba. Cubre una superficie aproximada de 110 813,12 ha, equivalente a 97,34% del área. Presentan temperaturas que varían desde 14,5°C – 25°C, con precipitación anual de 500 a 4000 mm y altitud de 500 a 3500 msnm. Esta unidad climática presenta dos grandes paisajes: Relieve montañoso (cordillera oriental), relieve montañoso y colinado (cordillera subandina).

#### A. **Gran Paisaje relieve montañoso (Cordillera Oriental)**

Cubre una superficie aproximada de 103 014,70 ha (90,5%). Caracterizada por su topografía muy accidentada con pendientes que cambian de 25 a 75%. Presenta un solo paisaje:

**Paisaje de Montañas Altas:** Es creado por elevaciones de tierra que superan los 800 metros. Son distintos en estas categorías:

- **Montañas altas de laderas empinadas:** Abarcan una superficie de 16 804,62 ha que equivale a 14,76% del área. Tiene relieve disectado con pendientes que cambian de 25 a 50 %, los suelos son muy superficiales por el contacto litológico.

- **Montañas altas de laderas muy empinadas:** Cubren una superficie aproximada de 15 356,51ha equivalente al 13,49% del área. Presenta relieve fuertemente disectado con pendientes que varían de 50 a 75%. Los suelos son muy superficiales.

- **Montañas altas de laderas extremadamente empinadas:** Abarcan una superficie de 70 853,56 ha, que representa el 62,25% del área. Presenta relieve fuertemente disectado con pendientes mayores al 75%. Los suelos son muy superficiales por el contacto lítico.

## **B. Gran Paisaje relieve montañoso y colinado (Cordillera Subandina)**

Abarca aproximadamente 7.798,42 ha, o el 6,85 % del área. Presenta una topografía que va desde relieves muy accidentados con pendientes superiores al 75% hasta pendientes planas (0-4%) que se encuentran en los valles intramotanos. Los paisajes que se presentan y describen son los siguientes:

**Paisaje de Montañas Altas:** Es creado por elevaciones de tierra que superan los 800 metros. En función de su pendiente, se han identificado dos subpaisajes:

- **Montañas altas de laderas empinadas:** Estas formas de tierras son las más extensas, cubren una superficie aproximada 654,23 ha equivalente a 0,57% del área. Presenta relieve con pendientes que varían de 25 a 50 %. Los suelos son superficiales.

- **Montañas altas de laderas muy empinadas:** Cubren una superficie aproximada de 7 144,18 ha equivalente a 6,28% del área. Presenta relieve fuertemente disectado con pendientes que varían de 50 a 75%. Los suelos son superficiales a muy superficiales.

## **2. Unidad Climática: Tierras Frías Per-húmedas**

Un área de 3.006,40 ha, o el 2,65% del total, es aproximadamente lo que cubre. Su precipitación media anual es de 1.750 a 1.800 mm y sus altitudes oscilan entre los 3.250 y los 4.500 msnm. Sus temperaturas oscilan entre los 3° y los 6°C. El relieve montañoso (cordillera oriental) que presenta esta unidad climática es un hermoso paisaje. Se describe a continuación:

### **A. Gran Paisaje: Relieve Montañoso (Cordillera Oriental)**

Se caracteriza por tener su topografía muy accidentada con pendientes que varían de 25 a 75%. Presenta un solo paisaje.

**Paisaje de Montañas Altas:** Formada por las elevaciones de terreno con una altitud superior a los 800 m de altura. En estas categorías se destacan:

- *Montañas altas de laderas empinadas:* Cubren una superficie aproximada de 86,40 ha equivalente a 0,08 % del área. Presenta relieve disectado con pendientes que varían de 25 a 50%, los suelos son superficiales a medianamente profundos; en las áreas depresionadas húmedas predomina los suelos de naturaleza orgánica.

- *Montañas altas de laderas muy empinadas:* Al igual que la unidad anterior, se ubican en la parte occidental de la región de San Martín, cubren un área aproximada de 2, 920,000 ha, o el 2.57% del área total evaluada. Presentan un relieve fuertemente disectado con pendientes que van del 50% al 75%, y tienen suelos poco profundos a muy poco profundos.

**Tabla 2:** Fisiografía de la cuenca del río Huayabamba

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje	Sub-Paisaje	Ha	%
Cordillera Andina	Tierras Cálidas a Templadas	Relieve montañoso (Cordillera Oriental)	Montañas altas	Laderas empinadas	16 804,62	14,76
				Laderas muy empinadas	15 356,51	13,49
				Laderas extremadamente empinadas	70 853,56	62,25
	Tierras Fías perhúmedas	Relieve montañoso y colinado (Cordillera Sub andina)	Montañas altas	Laderas Empinadas	654,23	0,57
				Laderas muy empinadas	7 144,18	6,28
				Laderas empinadas	86,40	0,08
Cuerpos de agua					6,63	0,01
<b>TOTAL</b>					<b>113 826,13</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Escobedo (2005).

### 3.1.4. Suelos

Por su origen, los suelos de la cuenca del río Huayabamba se pueden dividir en general en tres categorías:

- **Suelos de origen aluvial reciente**

Abarca los que están cerca de los ríos y reciben continuamente sedimentos. Por lo general, tienen una carrera agrícola más extensa y cultivan cultivos que se adaptan al entorno ecológico.

- **Suelos de origen aluvial antiguo**

Abarca los que están formados a partir de antiguos sedimentos fluviales que, como consecuencia del movimiento o socavación del cauce, han alcanzado alturas de entre 15 y 40 o 50 metros, por lo que se consideran terrazas medias y altas en el área de estudio.

- **Suelos residuales**

Abarca los que se desarrollaron naturalmente desde materiales sedimentarios y heterogéneos (lutitas, limolitas, areniscas y gravas) del Terciario y Cuaternario, y que, como resultado de distintos fenómenos orogénicos y epirogénicos, han dado lugar a colinas bajas y altas que están cerca al sistema montañoso de la Sierra. (ZEE, 2004).

### **3.1.5. Hidrografía**

Entre los principales tributarios se pueden citar: por la margen izquierda a las cuencas de los ríos Shemacache, Chimbote, Pajatén y Bagazan y por la margen derecha tenemos principalmente a las cuencas del río Jelache (Pajatén) y del río Abiseo, todos ellos son tributarios del río Huayabamba cuya desembocadura es al río Huallaga.

A lo largo del río Huayabamba y sus afluentes, existen numerosos malpasos y rápidos. Los más peligrosos son: Ojochocha, Sorrapa, Sanchima, Tupíasha, San Jerónimo, Gaseosa y Pichil. Antes de 1975, en el mal paso Ojochocha eran frecuentes los naufragios con pérdidas de vidas humanas. Ese año se dinamitaron los grandes peñascos allí presentes, con lo cual disminuyeron los riesgos. Sin embargo, la existencia de grandes rocas, muchas veces imperceptibles, en los malpasos hacen riesgosa la navegación, sobre todo en época de creciente, afortunadamente la pericia de los motoristas y balseros aminora el peligro. Ante esta situación, las principales hidrovías Huayabamba, Jelache y Abiseo restringen estratégicamente el ingreso y uso ilegal de la zona, siendo muy sencillo establecer un control basado en la coordinación entre los centros poblados cercanos, la Municipalidad Distrital de Huicungo, el Parque Nacional Río Abiseo, y la Concesión de Conservación Alto Huayabamba.

### 3.1.6. Accesibilidad

La carretera pavimentada Fernando Belaunde Terry sirve como entrada a la cuenca del río Huayabamba. Se tarda aproximadamente 6 horas y 30 minutos en recorrer 172 kilómetros por vía terrestre desde la ciudad de Tingo Mara.

Debes recorrer 750.08 kilómetros desde la ciudad de Lima en bus, lo que demora en promedio 18 horas en recorrerlo.

En su mayoría, una vía fluvial proporciona acceso a esta área. El Centro Poblado Dos de Mayo es donde se ubica el eje principal de la Cuenca del Huayabamba; antes de llegar allí, los colonos se desplazan para abastecerse de alimentos básicos. El viaje de Juanjui a Dos de Mayo toma un promedio de 3 horas cuando se viaja en bote a motor por los ríos Huallaga y Huayabamba desde el puerto de Amberes. Desde allí, durante un promedio de 30 minutos en bote se llega a los caseríos de primavera, Nueva Esperanza, Gran Pajatén y San Juan de Pajatén, respectivamente; en la margen derecha e izquierda del río Jelache. Las quebradas que se encuentran al interior del área propuesta no permiten la navegación.

En cuanto a comunicación, se cuenta con servicio de telefonía rural GILAT, siendo Santa Inés y Dos de Mayo, los únicos centros poblados que cuentan con ese servicio. El transporte fluvial comercial sólo es notable en el río Huayabamba; una o dos veces al día, según sea el destino. En los ríos Jelache y Abiseo, los pobladores utilizan embarcaciones precarias, como balsas, para transportar sus productos y ser vendidos en la ciudad de Juanjui o Huicungo. En cuanto a transporte, existen las siguientes modalidades:

a) Pueden caber hasta 30 personas en embarcaciones de madera de hasta 5 metros de eslora y 1.2 m de manga con un motor fuera de borda de 90HP. Con estas embarcaciones se puede llegar hasta:

- La desembocadura del río Huabayacu y el Sector Soledad
- La desembocadura del río Oros en el río Abiseo
- La desembocadura del río Pajatén en el río Jelache (con restricciones en tiempo de verano).
- El Centro Poblado Nuevo Chimbote en el río Shemacache.

b) La capacidad máxima de pasajeros es de 15; están fabricados en aluminio y cuentan con un motor fueraborda de 60 HP. Puede usarlos para viajar a los pueblos Dos de Mayo y Marisol del río Huayabamba.

c) Balsas construidas de topa (madera balsa) y travesaños de bolaina; las más grandes son de 10 topas de 6 m de largo, con capacidad de 2TM. Se utilizan todo el año para el transporte en el río Huayabamba.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales**

Los materiales utilizados en la investigación fueron: libreta campo, botas, machete, imágenes satelitales de los satélites Sentinel 2A para el año 2020, y Landsat 8 OLI para el año 2015 y para los 2010, 2015 y 2000 se utilizaron landsat 7 y 5 de acuerdo con la disponibilidad. Los softwares utilizados fueron: QGIS 3.x (código libre), BaseCam 4.2.5, Excel y Dinámica EGO 4.0

### **3.2.2. Equipos**

Los equipos utilizados fueron: GPS Garmin Map 62SC, cámara fotográfica, Laptop Intel Core i5 y vehículo motorizado lineal.

## **3.3. Criterio de la investigación**

### **3.3.1. Nivel de la investigación**

Es descriptivo, porque se estableció la ubicación y la superficie de cobertura vegetal y uso del suelo en la zona de evaluación.

### **3.3.2. Tipo de la investigación**

Se describió la cobertura vegetal y uso del suelo de cada unidad con la respectiva superficie, observando los cambios que presenta cada cobertura existente en la zona de evaluación.

### **3.3.3. Variable de la investigación**

Se han considerado las siguientes variables de investigación:

#### **Variable dependiente:**

- Cobertura vegetal

#### **Variables independientes:**

- Uso actual de la tierra

### 3.3.4. Operacionalización de las variables

La Tabla 3 muestra las variables de estudio junto con sus correspondientes dimensiones, indicadores e instrumentos. Considerando el tipo de estudio descriptivo, se muestra como variable independiente (Y) el uso actual del suelo y como variable dependiente (X), Cobertura Vegetal.

**Tabla 3.** Variables, dimensiones, indicadores e instrumentos que intervienen en el estudio.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<b>Independiente:</b>			
Áreas de conservación			
Distancia a áreas deforestadas	Tamaño de los polígonos (hectáreas) de diferentes cultivos.	Textura	Imágenes de satélite
Distancia a carreteras		Nubosidad y	
Distancia a centros poblados		Color que presenta los	
Distancia hacia los ríos		polígonos.	
Altitud			
Pendiente		Textura	
<b>Dependiente:</b>			
Cambios de cobertura y uso del suelo	El tamaño de polígono de todas las zonas de estudio.	Nubosidad y Color que presenta el polígono.	Imágenes de satélite.

### 3.3.5. Diseño de la investigación

Según Hernández *et al.* 2003, la metodología del estudio es no experimental. Situación de control: un diseño experimental en el que una o más variables independientes (causas) se modifican a propósito para examinar los efectos de dicha manipulación en una o más variables dependientes (efectos). Sin embargo, el diseño no experimental se divide según el período de tiempo en que se recopilieron los datos:

- El diseño transversal describe las variables y la incidencia de sus interacciones en un momento específico mediante la recopilación de datos en un solo punto en el tiempo, y

- El diseño longitudinal, que recopila datos a lo largo del tiempo en puntos o intervalos específicos para sacar conclusiones sobre el cambio, sus causas y sus efectos.

Para este estudio se utilizó el diseño transversal no experimental debido a que los datos se recolectaron en un momento específico sin alterar el escenario en el que se desarrolla la cobertura vegetal y el uso del suelo, evitando la manipulación de variables.

### 3.3.6. Población y muestra

- **Población:**

Según Selltiz *et al.* 1980, una población es el conjunto de todos los casos que se ajustan a un conjunto de criterios dado. La población para este estudio se extrajo de toda la cobertura del suelo de la cuenca del río Huayabamba.

- **Muestra:**

Los cambios de cobertura y usos de la tierra que se presenta en toda la cuenca del río Huayabamba. Se clasificaron las muestras en dos grandes ramas: las muestra probabilísticas y no probabilísticas (Hernández *et al.*, 2003).

Probabilística: Subgrupo de población donde cada miembro de la población tenía la misma oportunidad de ser elegido. Por otro lado, estaba el subgrupo no probabilístico de la población, donde la selección de los componentes se basó más en los detalles de la investigación que en la probabilidad. La muestra para este estudio fue no probabilística debido a que fue un estudio transversal cuantitativo utilizando la recolección de datos GPS, y los tipos de cobertura y usos de suelo que se encontraban en la cuenca del río Huayabamba fueron el tamaño de la muestra.

### 3.3.7. Análisis estadístico

El análisis de datos fue de tipo cuantitativo por medio de la estadística descriptiva, de la cual se implica de los puntos de verificación en campo de clasificación de la cobertura vegetal y uso de suelo. Para conocer el resultado de este análisis se utilizaron los softwares: QGis 10.2., ArcGis 10.5, ENVI 5.3. y ERDAS IMAGINE 2014 estos programas nos permitieron realizar un análisis y gráficos estadísticos sin tener que conocer la mecánica de los cálculos ni la sintaxis de los comandos del sistema, asimismo nos permitió organizar y analizar

información, así como ordenar y calcular nueva información y realizar una gran variedad de estudios estadísticos.

### **3.3.8. Método de la investigación**

Descriptivo – comparativo y explicativo. La investigación es de alcance descriptivo - comparativo, explicativo, debido a que se describen y se comparan entre el antes y después.

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. Estimación de los principales cambios en la cobertura y uso de la tierra periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín**

Se siguieron los lineamientos técnicos y metodológicos para la elaboración del “estudio especializado de análisis de cambios de cobertura y uso del suelo” del MINAM (2016) para elegir los años a estudiar. En este análisis comparativo, se proporcionaron datos sobre el uso y la cobertura del suelo para los años 0 (2000), 1 (2010) y 2 (2020). Se decidió que el año 0 serviría como línea base o punto de partida para el estudio de la fase de cambio, el año 1 serviría como la medición intermedia correspondiente al estudio de la fase de cambio a los 10 años, contados del año 0, y el año 2 serviría como el momento después de transcurridos veinte (20) años, contados a partir del año 0. Para facilitar su comprensión, se ha dividido en las siguientes secciones:

#### **- Recolección de información**

Se recopiló información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), ZEE – San Martín y Geoportal web (Geo Servidor) del MINAM entre otras instituciones, como red vial, red hidrográfica, centros poblados, bosque de producción permanente, concesiones forestales entre otros, todos estos archivos en formato shapefile. Se descargaron imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, y Sentinel 2A de los años 2000, 2010, 2020, de la página “<http://glovis.usgs.gov/>”, todas las imágenes deben tener los mismos meses (junio y julio) y tener un mínimo de 10% de cobertura de nubes para cumplir con sus criterios de selección. Todo ello de acuerdo con las directrices de ortorrectificación de imágenes de satélite Landsat del Ministerio de Medio Ambiente.

### - **Procesamiento y ortorrectificación de imágenes satelitales**

Las imágenes de satélite se procesan previamente y se editan en el software Qgis. 3.x, utilizando el clasificador semiautomático “Plugin”, se carga y recorta la imagen satelital del área de estudio (polígono de la cuenca de Huayabamba), luego se realiza una corrección atmosférica y se obtienen los resultados. Es la imagen en los niveles de reflexión cada uno con una banda.

### - **Clasificación preliminar de la cobertura y uso de la tierra**

Se definió como punto de partida para la clasificación de las imágenes de satélite la cobertura del año más reciente (2020) y posterior del más antiguo (2010 y 2000, respectivamente) (Más *et al.*, 2004). La imagen de satélite de 2020 se sometió a un análisis preliminar utilizando las imágenes corregidas. Luego, utilizando una leyenda preliminar de cobertura y uso del suelo creada con la metodología Corine Land Cover, se realizaron clasificaciones no supervisadas, probando con varios números de categorías hasta obtener la más conveniente. Esto nos permitió agregar datos de los niveles locales a los niveles regionales y nacionales. según (MIMAN, 2013 & IIAP, 2015).

### - **Toma de puntos y verificación de datos en campo**

Se necesitaban puntos de validación antes de poder iniciar este procedimiento, por lo que la investigación se realizó recogiendo puntos de varias zonas de la cuenca del río Huayabamba y verificándolos en el lugar con la ayuda de un dispositivo GPS (Garmin Map 62s). (Córdova & Sánchez, 2020) e (IIAP, 2015), es decir que necesitan un control temático.

### - **Clasificación de la cobertura y uso de la tierra**

Mediante un sistema de posicionamiento digital (GPS) se tomaron puntos de muestreo en campo para determinar las áreas de entrenamiento para la clasificación de cobertura y uso del suelo.

Para facilitar el proceso de interpretación y clasificación supervisada, los datos recolectados en campo fueron sistematizados y previamente ingresados a una base de datos. Para esta fase se usó el software Qgis 3x y el “Plugin” Semic-Automatic Classification en el que se cargó la imagen satelital 2020 y las coordenadas medidas en campo, y se realizaron “áreas de entrenamiento” utilizando la leyenda jerárquica (Corine Land Cover adaptada para el Perú). Su definición previa sirvió de base para el análisis de las firmas espectrales, la

clasificación supervisada y posteriormente la asignación de los nombres finales a las coberturas y usos de acuerdo con la metodología Corine Land Cover. (Tabla 4). Luego se diseñaron los mapas de cobertura y uso del suelo para los años 2000, 2010 y 2020 utilizando el software ArcGis, el cual sirvió como insumo para la modelación en el software Dinámica EGO.

**Tabla 4.** Leyenda Corine Land Cover para la cuenca del río Huayabamba.

Código CLC	Cobertura y uso de la tierra (Corine Land Cover)			
	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
1.1.	Áreas artificializadas	Zonas urbanizadas		
2.1.1.		Cultivos transitorios	Otros cultivos transitorios	
2.1.2.1.			Cereales	Arroz
2.2.3.2.	Áreas agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbóreos	Palma aceitera
2.3.		Pastos		
2.4.1.		Áreas agrícolas heterogéneas		
3.1.		Bosques		
3.3.3.	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas con vegetación herbácea y /o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	
3.4.		Áreas abiertas, sin o con poca vegetación		
5	Superficies de aguas			

Fuente: Chuvieco (2002).

- **Exactitud temática del mapa**

La validación del mapa de cobertura se realizó de acuerdo con los lineamientos del protocolo para evaluar la precisión temática del mapa de deforestación (MINAM, 2014), y se siguieron los procedimientos posteriores:

- **Validación con imágenes de alta resolución**

Antes de este procedimiento, se necesitaban puntos de validación. Para recopilar estos puntos, se visitaron ubicaciones en toda la cuenca del río Huayabamba y luego se verificaron las ubicaciones en el sitio utilizando GPS (Garmin Map 62s). Los resultados se compararon entre el mapa de cambio de uso de suelo 2020 y la imagen satelital de alta resolución espacial, por ello se creó una capa de puntos de verificación. En este punto, se utilizó una imagen satelital de alta resolución. Utilizada como referencia el servidor de Google Earth.

- **Método de muestreo**

Se utilizó el muestreo estratificado no alineado porque es uno de los métodos más populares para el trabajo de verificación. Las principales clases de puntos de muestreo se distribuyeron a lo largo del mapa, cada uno en proporción a la superficie representada en él. Luego se superpuso la imagen de satélite con la capa de puntos de muestreo, junto con el contraste de la coincidencia de clases, y se registraron información en la tabla de atributos de dicha capa.

- **Análisis de los datos**

Se utilizó una matriz de confusión para analizar los datos y determinar la precisión general del mapa, la precisión del usuario y la precisión del productor. Las columnas de esta matriz corresponden a las clases de imágenes y las filas a las clases de mapas. Mientras que los lados marginales de la matriz expresan la precisión del creador y del usuario, la diagonal de la matriz expresa el número de verificaciones por las cuales el mapa y la imagen estaban de acuerdo.

- **Exactitud del mapa**

Se desarrollaron métricas y herramientas de análisis, como matrices de confusión, para calificar los productos a partir del análisis de los datos de estos puntos.

- **Creación de matrices de confusión**

El algoritmo de clasificación se aplicó a la construcción de la matriz. La matriz de confusión se usó para calcular métricas adicionales relacionadas con la precisión, como:

- **Índice Kappa (k)**

La consistencia de la clasificación discriminada se evaluó mediante la estadística Kappa y las categorías de interés se identificaron con mucha más precisión de lo que hubiera sido posible mediante una asignación aleatoria.

**Tabla 5.** Valores de clasificación del Índice de Kappa.

Kappa	Grado de concordancia
< 0,2	Mala
0,21 – 0,40	Ligera
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 – 1,00	Excelente

Para el cálculo del índice Kappa se utilizó la fórmula desarrollada por el MINAM (2014), que distingue entre la precisión lograda en la clasificación y la precisión de lograr una clasificación correcta con la imagen de alta resolución.

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

Po : Representa el número de aciertos entre n

Pe : Se calcula desde la matriz de confusión

- **Validación en campo**

Para reducir costos, la validación en el campo fue diseñada pensando en la accesibilidad. Para ello, se consideró la red vial existente y se utilizaron puntos de control GPS para la toma de datos. Luego de corregir las áreas, se realizaron pruebas con clasificadores supervisados y se seleccionó el clasificador que realiza la mejor discriminación de clases.

**3.4.2. Estimación de la tasa de cambio de la cobertura y uso de la tierra para el periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín**

En este proceso se utilizó la fórmula establecida por (FAO, 2000) para determinar la tasa de cambio que existe entre los periodos de estudio.

$$tc = \left\{ \left[ \frac{S2}{S1} \right]^{1/n} - 1 \right\} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

Dónde:

tc = tasa de cambio (en %)

S1 = superficie en la fecha inicial

S2 = superficie en la fecha final

n = diferencia de años entre fecha inicial y final

### **3.4.3. Predicción de los cambios de cobertura y de uso de la tierra al año 2030 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín**

Se ha utilizado el software Dinámica EGO 4.0, basado en la metodología de cadenas de Markov de primer orden, para la modelación predictiva del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Huayabamba (Britaldo, 2009).

Durante el estudio se consideró las siguientes variables:

- Áreas protegidas, separación de terrenos ya despejados, caminos, zonas densamente pobladas, ríos, altitud y taludes.
- **Cálculo de la matriz de transición**

Se crearon tres matrices de transición de primer orden para los siguientes periodos de tiempo: 2000 - 2010, 2010 - 20200 y 2000 - 2020. Solo se tomó en cuenta esta última para la proyección futura porque la meta era proyectar a 10 años posteriores con base en cambios que ocurrieron hace 20 años, es decir, en el período 2000 - 2020. El procedimiento consistió en cargar el mapa de cobertura del suelo y utilizar los años inicial y final. Este fue el caso de la presente investigación.

- **Categorización de variables continuas y pesos de evidencias**

Dado que el método de ponderación de las pruebas solo es aplicable a las variables categóricas, esas variables continuas (datos cuantitativos como mapas de distancia, gráficos de altitud y gráficos de pendiente) debían categorizarse. (Britaldo, 2009).

Se aplicó ponderación estadística geográfica basada en evidencia (Goodacre et al., 1993; Bonham & Carter, 1994) en EGO Dynamics para crear un mapa de probabilidad de transferencia, mostrando áreas con una alta probabilidad de ocurrencia y mostró la mayor cantidad de cambio (Soares & Filho et al., 2002). El peso de la evidencia representa el efecto de cada variable sobre la probabilidad espacial de que ocurra la transición. (Britaldo, 2009).

- **Simulación del cambio de cobertura y uso de la tierra**

Se procede a calibrar el modelo en el que se simulará el mapa de la CUT para el 2020 con base en el 2000 y comparar este resultado (mapa de CUT simulada del 2020) utilizando la matriz de transición de la CCUT del 2000 al 2020 y las variables ordenadas por sus respectivos pesos de evidencia. Para ajustar las variables y el peso de la evidencia, comparamos los mapas CUT 2020 obtenidos de la clasificación y validación de campo. Una vez que el modelo estuvo completo, se calibró para simular la cobertura del suelo y utilizar los mapas en 2030.

Con base en la metodología sugerida por (Mas & Sandoval, 2011), se sugirió modelar la CUT para el año 2030 en dos escenarios ("tendencia" y "conservación"), utilizando como año inicial el mapa de CUT de 2020. A continuación se muestra una descripción de los diferentes tipos y características de las transiciones utilizadas en los dos escenarios:

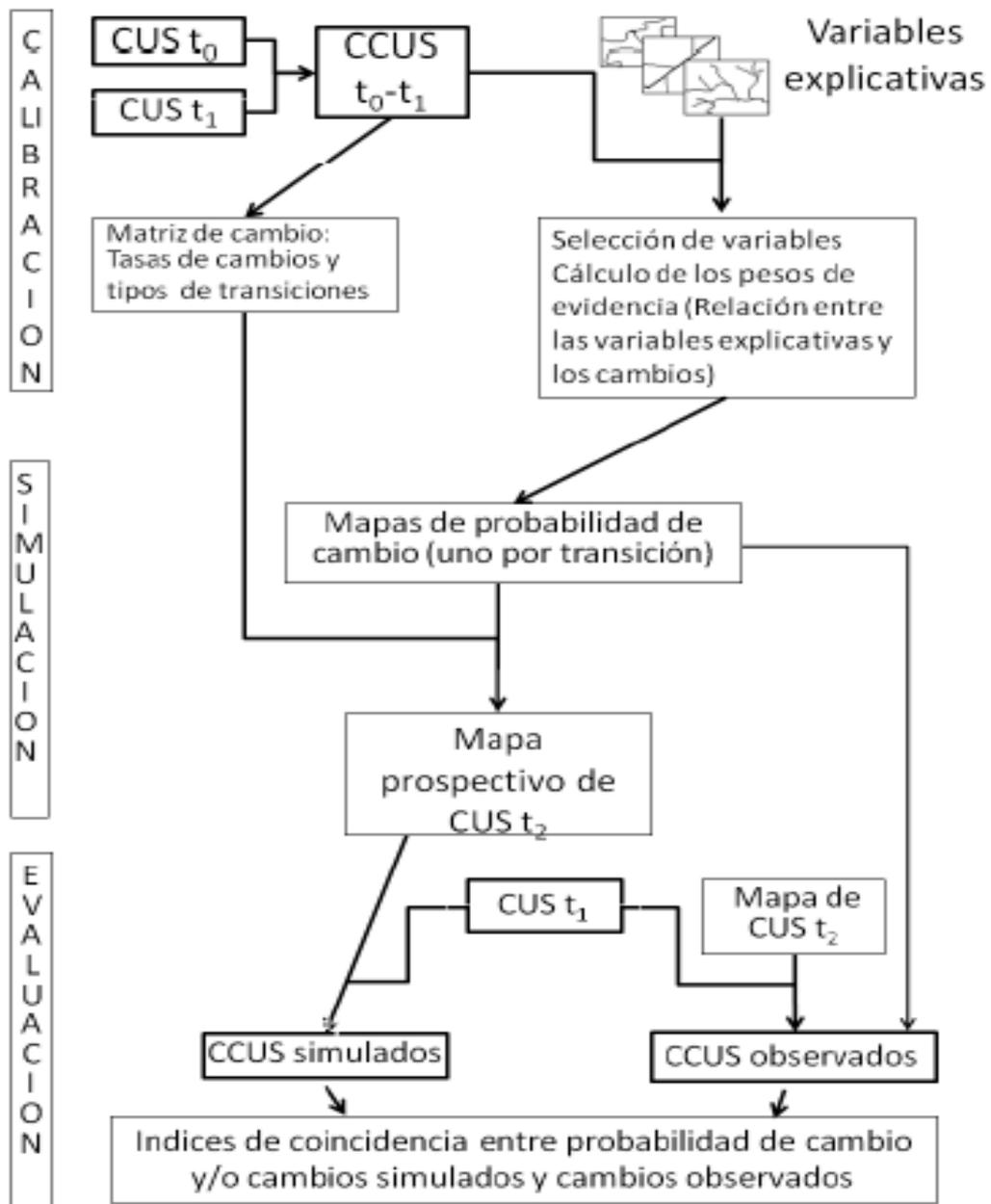
### **1) Escenario tendencial (ET)**

Este escenario supone que, en ausencia de medidas y políticas para prevenir la deforestación y promover una gestión agrícola adecuada, las tasas de cambio en la cobertura del suelo, el uso del suelo y la distribución espacial seguirán la misma tendencia observada entre 2000 y 2020.

### **2) Escenario de conservación (EC)**

A diferencia del escenario anterior, este considera como insumo para el modelo el implementar políticas de conservación, recuperación y disminución de la tasa de tala de árboles.

De acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 2, luego se ejecuta el modelo en el software Dinámica EGO 4.0.



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de modelamiento para la cuenca del río Huayabamba

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Estimación de los principales cambios de cobertura y uso de la tierra periodo 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región Sam Martín

#### 4.1.1 Cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2000 al 2010

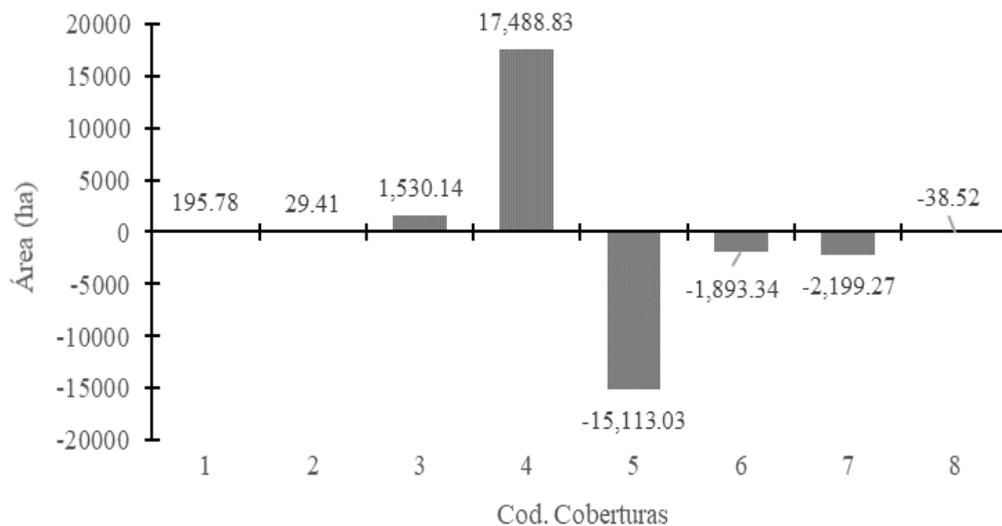
Islam et al. (2018) afirman que el análisis de los cambios en el uso y la cobertura del suelo en el tiempo y el espacio es crucial para la gestión y planificación de los recursos naturales. Mientras que García et al. (2019); Ferreira et al. (2019), que cito de Pabón (2022), muestran que la dinámica natural del planeta está influenciada significativamente por la cobertura vegetal. Por ejemplo, los bosques y páramos cumplen roles reguladores con respecto al clima regional y global, la producción y el almacenamiento de agua, la prevención de la erosión del suelo, entre otras cosas. Como resultado de la clasificación de las imágenes satelitales se obtuvo ocho categorías de cobertura y manejo del suelo en la cuenca Huayabamba, en el análisis de los cambios en 10 años del primer periodo en estudio (2000 – 2010), se aprecia que la cobertura que perdió mayor superficie fue el bosque con 15 113,03 ha, seguido de áreas sin o con poca vegetación con 2 199,27 ha, vegetación secundaria 1 893,27 ha y ríos en menor cantidad (38,52 ha), por otro lado estas áreas especial la de bosque se fueron remplazando en mayor medida por áreas agrícolas ya que en transcurso de estos 10 años gana 17 488,83 ha, seguido de pasto con 1 530,14 ha y otros coberturas (áreas urbanizadas y cultivos transitorios) aumentaron en menor cantidad. (Tabla 6). De acuerdo con Bocco y Mendoza (2001), el análisis de la cobertura y manejo de la tierra implica categorizar y analizar las diversas formas de cobertura y usos relacionados que las personas usan en un área o región en particular. Su importancia se deriva del hecho de que, a escala global, los cambios regionales y locales en el uso del suelo están alterando rápidamente la cobertura del suelo. Sin embargo, debido a que la evaluación se realizó durante un período de diez años (de 2000 a 2010), la información cuantitativa (dónde, cuándo y por qué ocurre cada cambio a nivel mundial) siguen siendo incompletos y, en ocasiones, inexactos, según el autor.

**Tabla 6.** Cambio de cobertura del año 2000 al 2010

Cod.	Cobertura	Superficie				Cambios en 10 años (ha)	Observación
		2000 (ha)	2000 (%)	2010 (ha)	2010 (%)		
1	Áreas urbanizadas	417,49	0,03	613,27	0,04	195,78	Incremento

2	Cultivos transitorios	1 528,26	0,11	1 557,66	0,11	29,41	Incremento
3	Pastos	8 027,70	0,58	9 557,84	0,69	1 530,14	Incremento
4	Áreas agrícolas heterogéneas	84 009,04	6,05	101 497,88	7,32	17 488,83	Incremento
5	Bosque	913 552,68	65,84	898 439,65	64,75	-15 113,03	Disminuyo
6	Vegetación secundaria	229 201,13	16,52	227 307,79	16,38	-1 893,34	Disminuyo
7	Áreas sin o con poca vegetación	147 299,03	10,62	145 099,76	10,46	-2 199,27	Disminuyo
8	Ríos	3 432,65	0,25	3 394,12	0,24	-38,52	Disminuyo
<b>Superficie total</b>		<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

La Figura 3, se observa que de las 8 coberturas identificadas en la cuenca del río Huayabamba, los cambios de cobertura y manejo del suelo que presenta entre los años 2000 al 2010, 4 de ellas se encuentran por debajo la línea con signos negativos estas coberturas fueron las que disminuyeron sus áreas (bosque, vegetación secundaria, áreas sin o con poca vegetación y ríos), mientras que las 4 coberturas que se encuentran por encima de la línea con valores positivos son las que aumentaron sus áreas (áreas urbanizadas, cultivos transitorios, pastos y áreas agrícolas heterogéneas). Rosete (2008), Bocco & Mendoza, (2001) y Pérez *et al.*, (2008) mencionan cómo los diversos aspectos del cambio ambiental global se unifican mediante cambios en el uso y la cobertura de la tierra. Debido al uso de conceptos, datos y metodologías de varios campos de estudio, así como el mapa temático de uso y cobertura del suelo de la Figura 4 en 2000, este estudio requiere interdisciplinariedad.



**Figura 3.** Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010

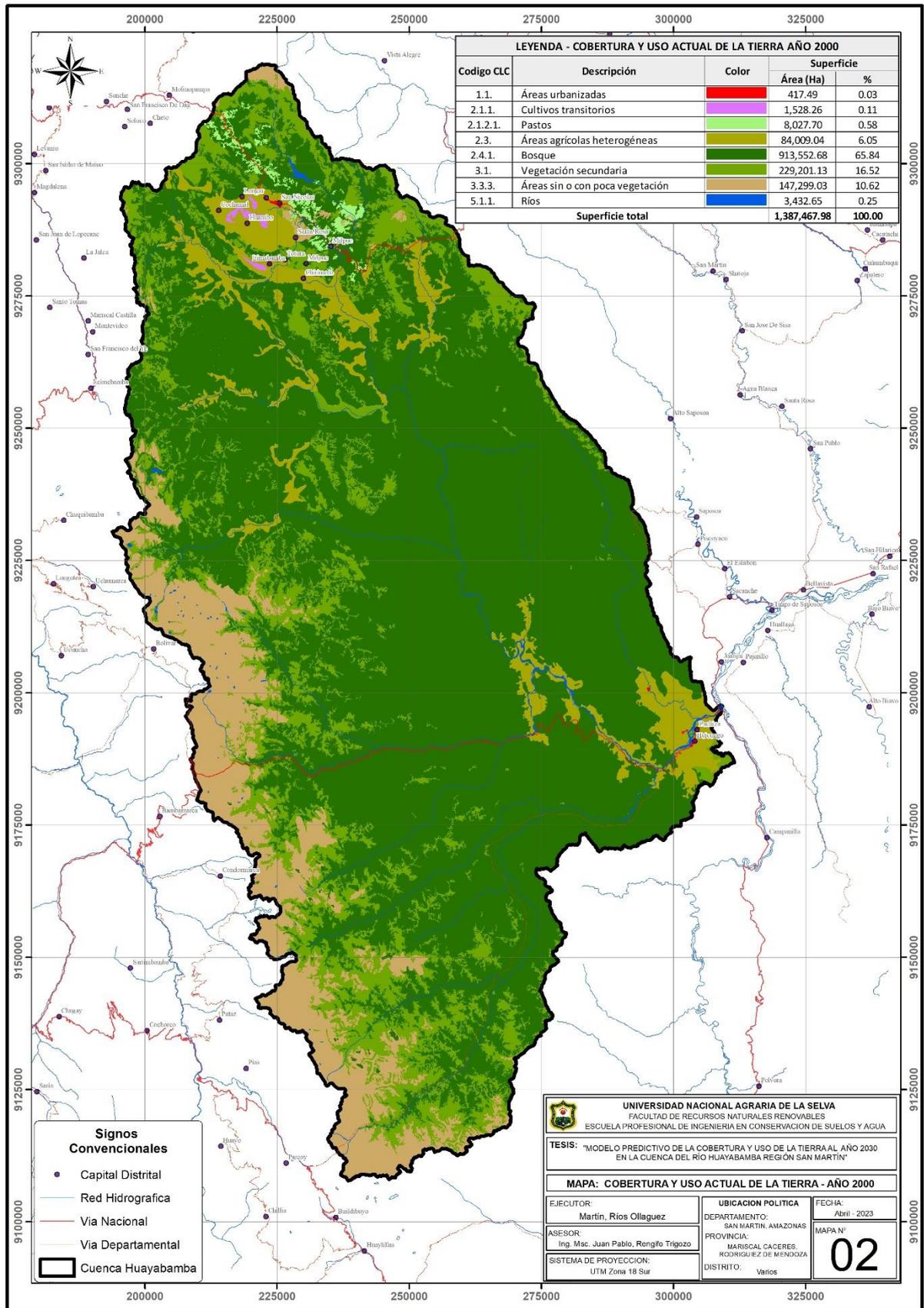


Figura 4. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2000 de la cuenca del río Huayabamba

#### 4.1.2 Cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2010 al 2020

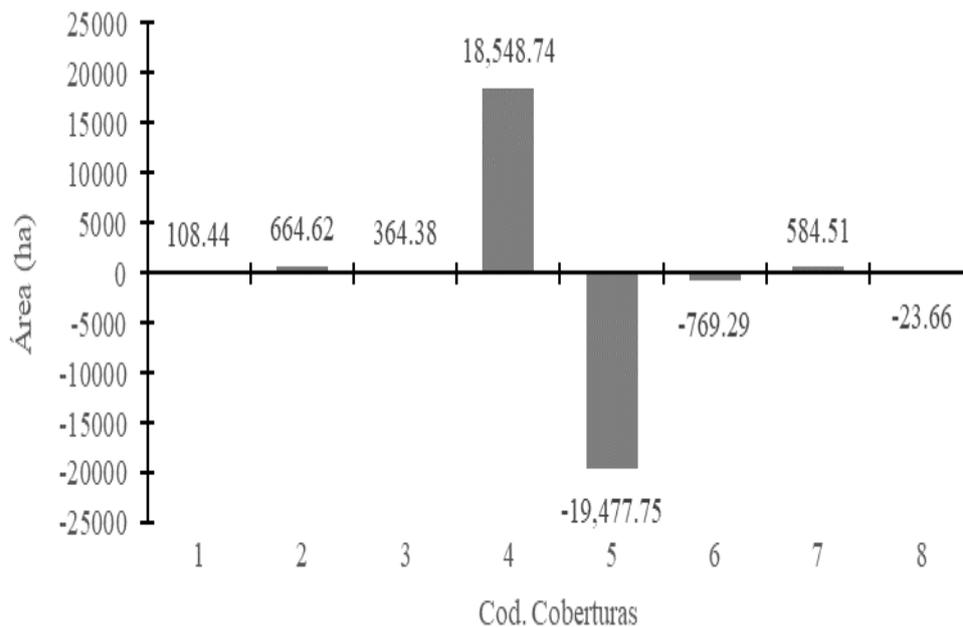
En la Tabla 7, se realizó el estudio de los cambios de cobertura y manejo del suelo para el segundo periodo en estudio (2010 – 2020), donde se aprecia que el bosque perdió 19 477,75 ha en comparación con el periodo 2000 – 2010 esta pérdida siguió incrementando (4 364,72 ha), seguido de vegetación secundaria con 769,29 ha y ríos en menor cantidad (23,66 ha), estas áreas en especial la de bosque se fueron remplazando en mayor medida por zonas agrícolas ya que en transcurso de estos 10 años ganó 18 548,74 ha, seguido de cultivos transitorios con 664,62 ha y otras coberturas (zonas sin o con poca vegetación, pastos, áreas urbanizadas) aumentaron en menor cantidad. Pinto et al. (2016) afirman que las alteraciones en la vegetación y el uso del suelo que se producen a lo largo del tiempo y en un área específica son motivo de alarma. Dado que la deforestación, la erosión, la degradación y la pérdida de biodiversidad se encuentran entre los procesos que alteran los ecosistemas, es crucial estimar la tasa a la que están cambiando la vegetación y el uso de la tierra. Además, puede comprender cómo las personas producen cosas en un lugar específico. Evaluándose en el estudio la estimación del cambio de la vegetación y el manejo del suelo en un periodo de 10 años (2010 al 2020) que todos estos tienen su origen en las actividades antrópicas dentro del área de estudio (Figura 5).

**Tabla 7.** Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2010 al 2020

Cod.	Cobertura	Superficie		Cambios		Observación	
		2010 (ha)	2010 (%)	2020 (ha)	2020 (%)		en 10 años (ha)
1	Áreas urbanizadas	613,27	0,04	721,71	0,05	108,44	Incremento
2	Cultivos transitorios	1 557,66	0,11	2 222,29	0,16	664,62	Incremento
3	Pastos	9 557,84	0,69	9 922,22	0,72	364,38	Incremento
4	Áreas agrícolas heterogéneas	101 497,88	7,32	120 046,62	8,65	18 548,74	Incremento
5	Bosque	898 439,65	64,75	878 961,90	63,35	-19 477,75	Disminuyo
6	Vegetación secundaria	227 307,79	16,38	226 538,50	16,33	-769,29	Disminuyo
7	Áreas sin o con poca vegetación	145 099,76	10,46	145 684,28	10,50	584,51	Incremento
8	Ríos	3 394,12	0,24	3 370,47	0,24	-23,66	Disminuyo

<b>Superficie total</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	-	-
-------------------------	---------------------	---------------	---------------------	---------------	---	---

La Figura 5, se observa que de las 8 coberturas identificadas en la cuenca del río Huayabamba, los cambios de cobertura y uso de la tierra que presenta entre los años 2010 al 2020, 3 de ellas se encuentran por debajo la línea con signos negativos estas coberturas fueron las que disminuyeron sus áreas (bosque, vegetación secundaria y ríos), mientras que las 5 coberturas que se encuentran por encima de la línea con valores positivos son las que aumentaron sus áreas (áreas urbanizadas, cultivos transitorios, pastos, zonas agrícolas heterogéneas y áreas sin o con poca vegetación). mientras que en las Figuras 4, se muestra el mapa temático de cobertura y uso de la tierra del año 2010.



**Figura 5.** Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020.

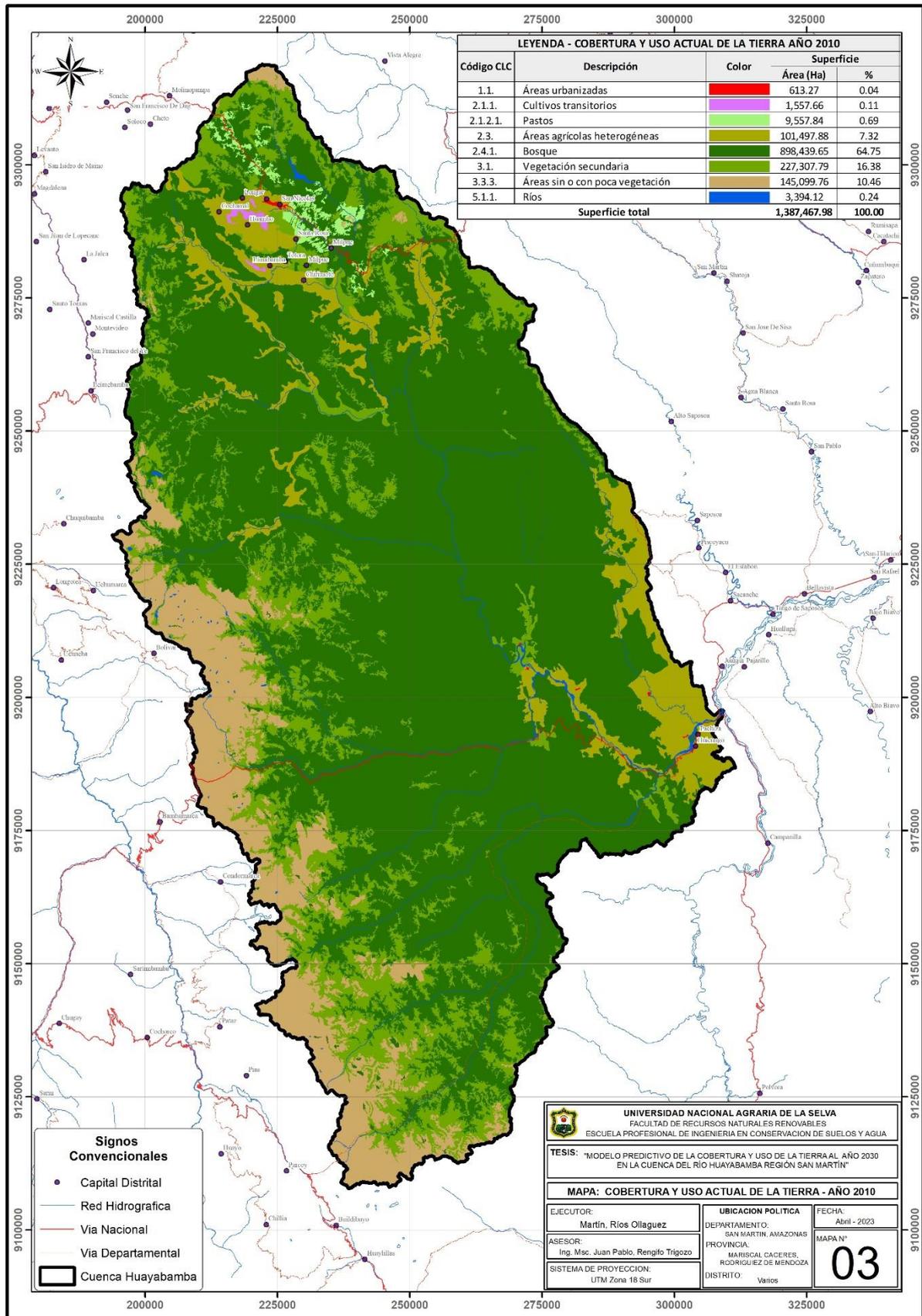


Figura 6. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2010 de la cuenca del río Huayabamba.

### 4.1.3 Cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2000 al 2020

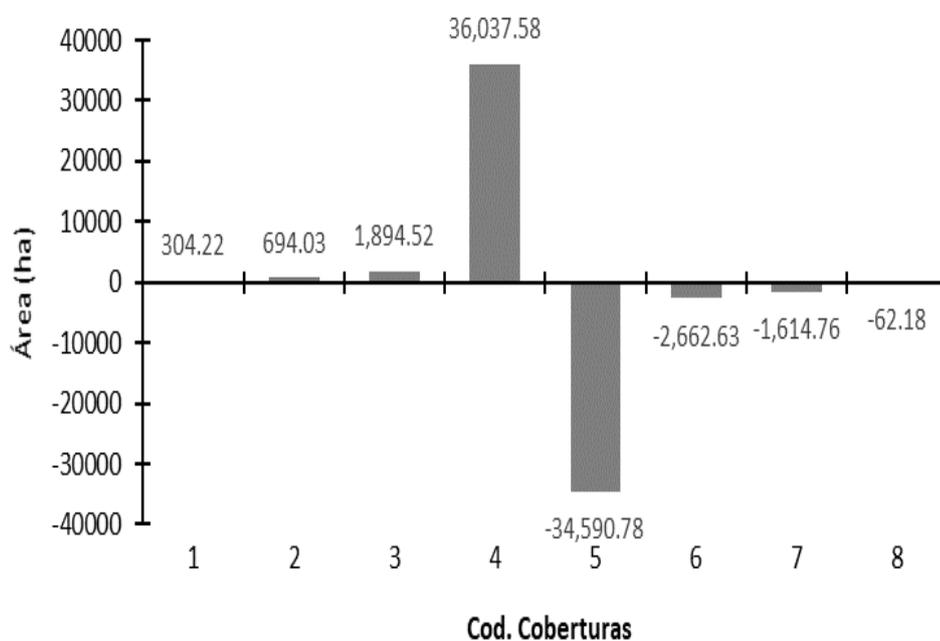
En la Tabla 8, se realizó el estudio de los cambios de cobertura y manejo del suelo para el periodo completo (20 años) es decir del año 2000 al 2020, en donde se precia que el bosque perdió 34 590,78 ha , seguido de vegetación secundaria con 2 662,63 ha, áreas sin o con poca vegetación con 1 614,76 ha y ríos en menor cantidad (62,18 ha), y por otro lado las coberturas que ganaron superficie en mayor medida fueron áreas agrícolas con 36 037,58 ha, seguido de pastos con 1 894,52 ha, y en menor cantidad se encuentran cultivos transitorios y áreas urbanizadas con 694,03 ha y 304,22 ha respectivamente. Rosete (2008) mencionan cómo la alteración en la cobertura y manejo de la tierra es un problema que conecta los diversos aspectos del cambio ambiental global, y cómo su análisis necesita interdisciplinariedad debido al uso de conceptos, datos y metodologías de varios campos de estudio. Pero en esencia es un tema que ha sido abordado o liderado por geógrafos, que esta oportunidad el tema está siendo abordado por un profesional de la carrera de Ingeniería en Conservación de Suelos de Agua, con conocimientos de estos temas. Mientras que Mendoza et al. (2021) citan que el papel vital que juegan el uso y los cambios del suelo en la creación de ciudades sostenibles. Numerosos cambios en la estructura y el propósito del uso de la tierra, ocurren a la par del crecimiento de las ciudades así como ajustes sutiles en el empleo, la competitividad, coincidiendo con el autor debido a que la evaluación se realizó en un periodo de 20 años (2000 al 2020), se observa claramente estos cambios producidos dentro de la cuenca de Huayabamba. Para Ruiz & Herrera (2013) Para ayudar a administrar los programas de manejo y restaurar los ecosistemas deteriorados en el área protegida, se puede utilizar el estudio del cambio de uso de la tierra. Por otro lado, los resultados de este tipo de evaluación pueden demostrar el grado de fragmentación de la región, según lo indican las características (como la cantidad de fragmentos, su tamaño, forma, abundancia y nivel de aislamiento).

**Tabla 8.** Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2000 al 2020

Cod.	Cobertura	Superficie				Cambios en 20 años (ha)	Observación
		2000 (ha)	2000 (%)	2020 (ha)	2020 (%)		
1	Áreas urbanizadas	417,49	0,03	721,71	0,05	304,22	Incremento
2	Cultivos transitorios	1 528,26	0,11	2 222,29	0,16	694,03	Incremento
3	Pastos	8 027,70	0,58	9 922,22	0,72	1 894,52	Incremento

Áreas							
4	agrícolas heterogéneas	84 009,04	6,05	120 046,62	8,65	36 037,58	Incremento
5	Bosque	913 552,68	65,84	878 961,90	63,35	-34 590,78	Disminuyo
6	Vegetación secundaria	229 201,13	16,52	226 538,50	16,33	-2 662,63	Disminuyo
7	Áreas sin o con poca vegetación	147 299,03	10,62	145 684,28	10,50	-1 614,76	Disminuyo
8	Ríos	3 432,65	0,25	3 370,47	0,24	-62,18	Disminuyo
<b>Superficie total</b>		<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

La Figura 7, se observa que de las 8 coberturas identificadas en la cuenca del río Huayabamba, los cambios de cobertura y uso de la tierra que presenta entre los años 2000 al 2020, 4 de ellas se encuentran por debajo la línea con signos negativos estas coberturas fueron las que disminuyeron sus áreas (bosque, vegetación secundaria, áreas sin o con poca vegetación y ríos), mientras que las 4 coberturas que se encuentran por encima de la línea con valores positivos son las que aumentaron sus áreas (áreas urbanizadas, cultivos transitorios, pastos y áreas agrícolas heterogéneas). mientras que en las Figuras 8, se muestra el mapa temático de cobertura y uso de la tierra del año 2020.



**Figura 7.** Cambio de cobertura del año 2000 al 2020.

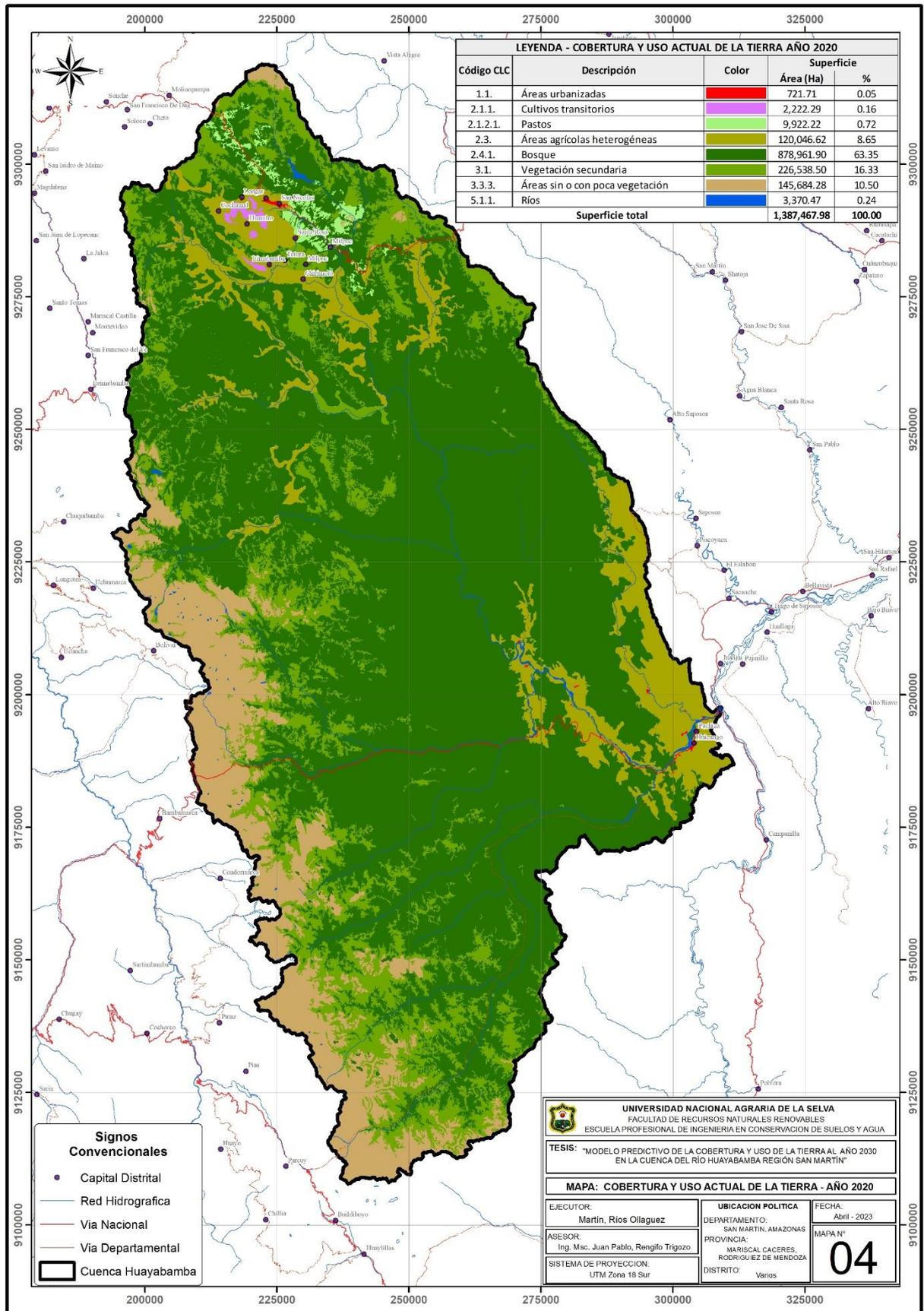


Figura 8. Mapa de cobertura del año 2020.

#### 4.1.4 Cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2000 proyectada al 2030

En la Tabla 9, se realizó el análisis de los cambios de cobertura y manejo del suelo para el periodo completo y proyectado (30 años) es decir del año 2000 proyectado al 2030, en donde se precia que el bosque perdió 19 026,40 ha , seguido de vegetación secundaria con 1 344,75 ha y ríos con (7,72 ha), y por otro lado las coberturas que ganaron superficie en mayor medida fueron áreas agrícolas con 18 175,88 ha, seguido de cultivos transitorios con 831,71 ha, pastos con 630,28 ha, áreas sin o con poca vegetación con 607,45 ha y áreas urbanizadas con 133,54 ha respectivamente. Según Mendoza et al. (2021), el uso y los cambios del suelo son cruciales para el desarrollo de áreas urbanas sostenibles. Debido a que la evaluación se realizó en un período de 30 años (2000 proyectado al 2030), estos cambios producidos dentro de la cuenca de Huayabamba son claramente visibles. El desarrollo de las ciudades va acompañado de innumerables cambios en la forma y función del uso del suelo, así como complejos cambios en la ocupación y la competitividad.

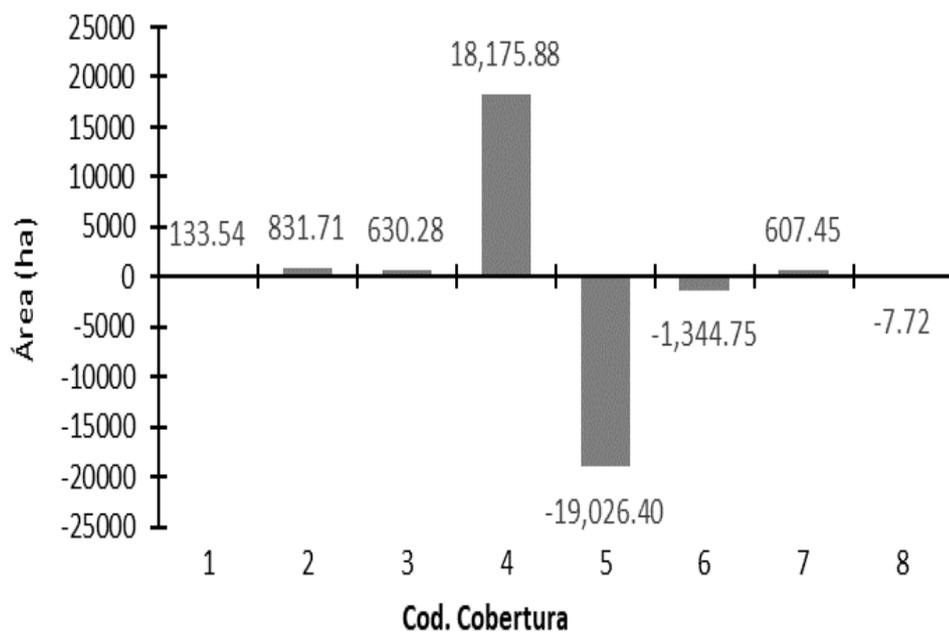
Según Rosete (2008), el cambio en la cobertura y uso del suelo es un tema que unifica los diversos aspectos del cambio ambiental global. Debido a que usa conceptos, datos y Metodología de investigación de varios campos del conocimiento, su estudio requiere interdisciplinariedad. Pero en esencia, es un problema que ha sido abordado o liderado por geógrafos; esta vez, está siendo abordado por un profesional con conocimiento de estos problemas que trabaja en el campo de la ingeniería de conservación de suelos y agua. Mientras que para Ruiz & Herrera (2013) Las iniciativas de manejo y la restauración de ecosistemas deteriorados en el área protegida pueden guiarse por el análisis del cambio de manejo del suelo. Por otro lado, los resultados de este tipo de análisis pueden demostrar el grado de fragmentación de la región, según lo indican las características (como la cantidad de fragmentos, su tamaño, forma, abundancia y nivel de aislamiento).

**Tabla 9.** Cambio de cobertura y uso de la tierra del periodo 2000 proyectado al 2030

Cod.	Cobertura	Superficie				Cambios en 10 años (ha)	Observación
		2020 (ha)	2020 (%)	2030 (ha)	2030 (%)		
1	Áreas urbanizadas	721,71	0,05	855,25	0,06	133,54	Incremento
2	Cultivos transitorios	2 222,29	0,16	3 054,00	0,22	831,71	Incremento

3	Pastos Áreas agrícolas heterogéneas	9 922,22	0,72	10 552,50	0,76	630,28	Incremento
4	Bosque	878 961,90	63,35	859 935,50	61,98	-19 026,40	Disminuyo
5	Vegetación secundaria	226 538,50	16,33	225 193,75	16,23	-1 344,75	Disminuyo
6	Áreas sin o con poca vegetación	145 684,28	10,50	146 291,73	10,54	607,45	Incremento
7	Ríos	3 370,47	0,24	3 362,75	0,24	-7,72	Disminuyo
8	<b>Superficie total</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

La Figura 9, se observa que de las 8 coberturas identificadas en la cuenca del río Huayabamba, los cambios de cobertura y manejo del suelo que presenta entre los años 2000 proyectado al 2030, 3 de ellas se encuentran por debajo la línea con signos negativos estas coberturas fueron las que disminuyeron sus áreas (bosque, vegetación secundaria y ríos), mientras que las 5 coberturas que se encuentran por encima de la línea con valores positivos son las que aumentaron sus áreas (áreas urbanizadas, cultivos transitorios, pastos, áreas agrícolas heterogéneas y áreas sin o con poca vegetación). mientras que en las Figuras 10, se muestra el mapa temático de cobertura y uso de la tierra proyectada al año 2030.



**Figura 9.** Cambio de cobertura del año 2000 proyectada al 2030.

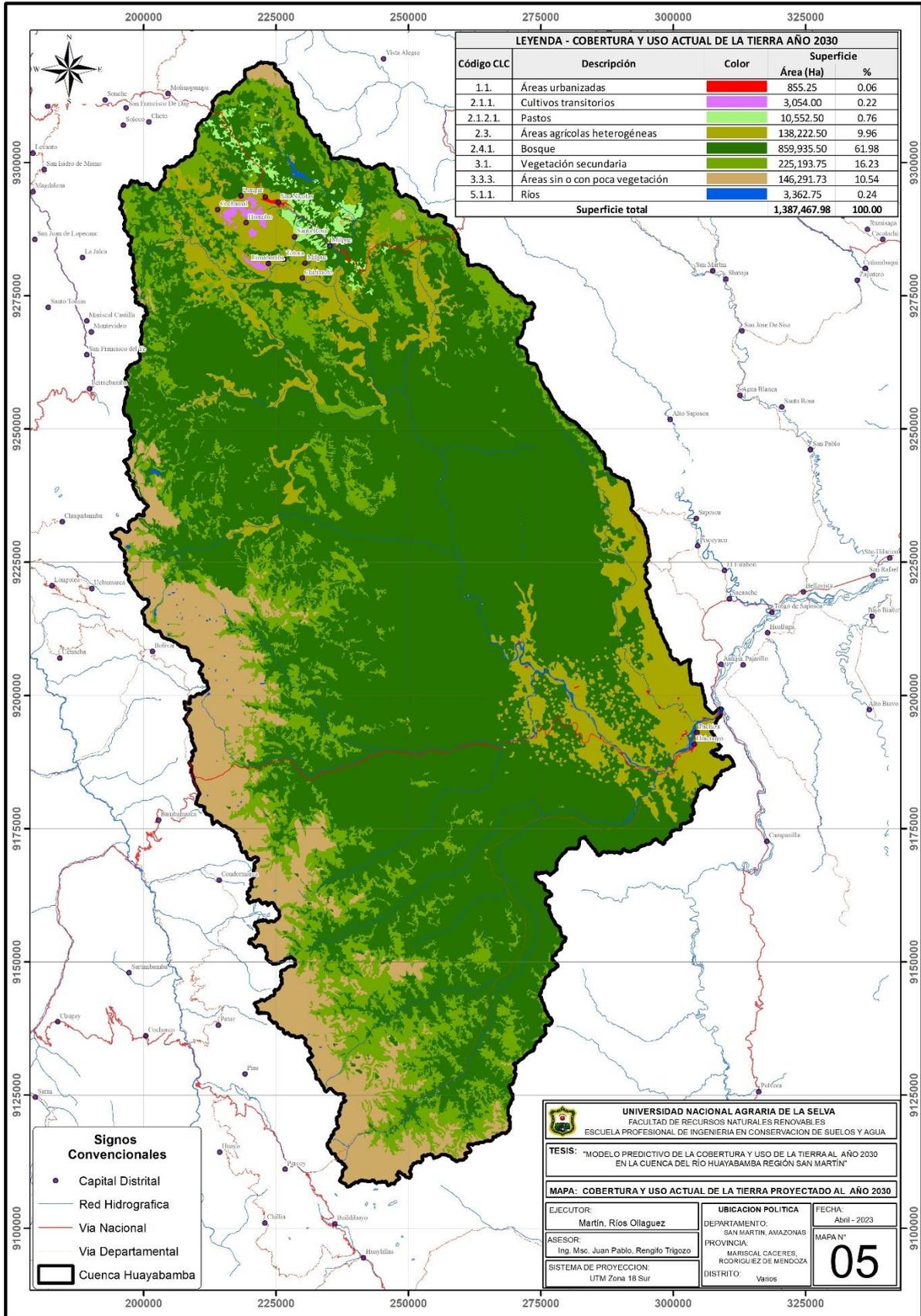


Figura 10. Mapa de cambio de cobertura proyectada al año 2030.

## 4.2. Determinación de tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para los años 2000, 2010 y 2020 en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín

### 4.2.1. Tasa de cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2000 al 2010

De acuerdo con Pontius y Malanson (2005), la localización y cuantificación de los cambios de cobertura del suelo se realiza mediante una superposición cartográfica y una matriz de transición, que pretende servir de base para recopilar información desde un nivel de análisis general y acercarse al nivel de detalle de los cambios producidos en el territorio (ganancia, pérdida, intercambio, persistencia, cambio neto y cambio total), comparando los cambios observados y esperados (irreales o esperados). En la Tabla 10, muestran los resultados de la tasa de cambio anual en hectáreas por año (ha/año) y en porcentual anual (%/año), donde los valores negativos indican una pérdida de superficie y los valores en positivos indican aumento, en ese sentido la cobertura que mayor área fue ganando anualmente fue áreas agrícolas heterogéneas con 1 748,88 ha/año y otras coberturas que ganaran en menor cantidad fueron pastos y cultivos transitorios con 153,01 ha/año, 19,58 ha/año y 2,94 ha/año respectivamente, y por otra parte las coberturas que perdiendo superficie fueron bosque con 1 511,30 ha/año, áreas sin o con poca vegetación con 219,93 ha/año, vegetación secundaria con 189,33 ha/año y en menor superficie con 3,85 ha/año los ríos, para un periodo de 10 años (2000 al 2010). Mientras que para el Estudio especializado: “Análisis de los cambios de la cobertura y manejo del suelo”, para los periodos 2001 – 2013 realizado en el Departamento de Cajamarca, por Alcántara (2014), la metodología lo realizó según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM), permitieron generar un mapa temático de ocupaciones y usos del suelo clasificado por el método CORINE Land Cover-CLCI El modelo se basa en dos escenarios: 1) tendencias basadas en el supuesto de que mayores tasas de deforestación mantendrán los mismos modelos de distribución y 2) una alternativa que asume un tipo de cambio más bajo y mueve la compensación a sectores secundarios, en la investigación se realizó todo el proceso de procesamiento y postproceso en un escenario tendencial y de conservación en la cuenca del río Huayabamba en un periodo de 10 años (2000 al 2010).

**Tabla 10.** Tasa de cambio de cobertura periodo 2000 al 2010 de la cuenca del río Huayabamba

Cod.	Cobertura	Tasa de cambio 2000 al 2010	
		ha/año	%/año
1	Áreas urbanizadas	19,58	3,92
2	Cultivos transitorios	2,94	0,19

3	Pastos	153,01	1,76
4	Áreas agrícolas heterogéneas	1 748,88	1,91
5	Bosque	-1 511,30	-0,17
6	Vegetación secundaria	-189,33	-0,08
7	Áreas sin o con poca vegetación	-219,93	-0,15
8	Ríos	-3,85	-0,11

#### 4.2.2. Tasa de cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2010 al 2020

La Tabla 11, muestra la tasa de cambio anual del periodo 2010 al 2020, donde la cobertura que mayor superficie (ha) ganó fue áreas agrícolas heterogéneas con 1 854,87 ha/año y otras que ganaran, pero en menor cantidad fueron cultivos transitorios (66,46 ha/año), áreas sin o con poca vegetación (76,93 ha/año), pastos (36,44 ha/año) y por último áreas urbanizadas con 10,84 ha/año, y por otra parte entre las coberturas que perdiendo superficie están bosque con 1 947,77 ha/año, vegetación secundaria con 76,93 ha/año y en menor superficie con 2,37 ha/año los ríos. Ibáñez & Damman (2014) en su investigación realizada fueron definir los cambios en la cobertura y uso de los suelos y el paisaje de la en la subcuenca para los años 1986, 1994, 2002 y 2009 en la región Apurímac llegó a la conclusión de que el estudio de la cobertura del suelo reveló tendencias evolutivas, especialmente en la parte baja y media de la subcuenca durante el período de estudio, en lo que respecta a la actividad agrícola. En la parte superior, el área de las montañas cubiertas de nieve se reduce notablemente. Estas fases de cambio involucrarán cuatro agentes o impulsores del cambio: degradación de la cubierta vegetal, agotamiento de los recursos hídricos, actividades mineras y eventos meteorológicos extremos. Las tendencias del período 2002 y 2009 se mantendrán, como lo muestran los escenarios regionales para 2016 que se calcularon utilizando el modelo de Markov, siempre que los supuestos del modelo sigan su propia tendencia. En la investigación en un proceso de 10 años (2010 al 2020) se distinguieron 8 usos de coberturas (áreas urbanizadas, cultivos transitorios, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque, vegetación secundaria, zonas sin o con poca vegetación y ríos) y los porcentajes de la tasa de cambio observados en ese periodo de tiempo.

Ibáñez (2019), En la presente investigación, el objetivo fue pronosticar los cambios en la cobertura y manejo del suelo (CCUT) para el año 2026 en la cuenca del río Tocache en dos escenarios potenciales. A pesar de que en el escenario de conservación se observaron 1.042,5 ha y 2.519,9 ha de vegetación secundaria y recuperación forestal, respectivamente, es necesario implementar políticas de preservación y restauración de áreas

naturales para crear un equilibrio entre las actividades agrícolas y ambientales. Esto se hizo con el fin de analizar la dinámica de la cobertura y el manejo del suelo y predecirlos en el futuro. Los resultados del escenario tendencial muestran una pérdida de 3.975,50 ha de bosque y un incremento de las extensiones de las actividades agrícolas. En consecuencia, los resultados de este trabajo servirán de utilidad para las instituciones asentadas en esta, como la Cooperativa ACOPAGRO, Fundación FUNDAVI, Asociación APAHUI, etc.

**Tabla 11.** Tasa de cambio 2010 al 2020 de la cuenca del río Huayabamba

Cod.	Cobertura	Tasa de cambio 2010 al 2020	
		ha/año	%/año
1	Áreas urbanizadas	10,84	1,64
2	Cultivos transitorios	66,46	3,62
3	Pastos	36,44	0,37
4	Áreas agrícolas heterogéneas	1 854,87	1,69
5	Bosque	-1 947,77	-0,22
6	Vegetación secundaria	-76,93	-0,03
7	Áreas sin o con poca vegetación	58,45	0,04
8	Ríos	-2,37	-0,07

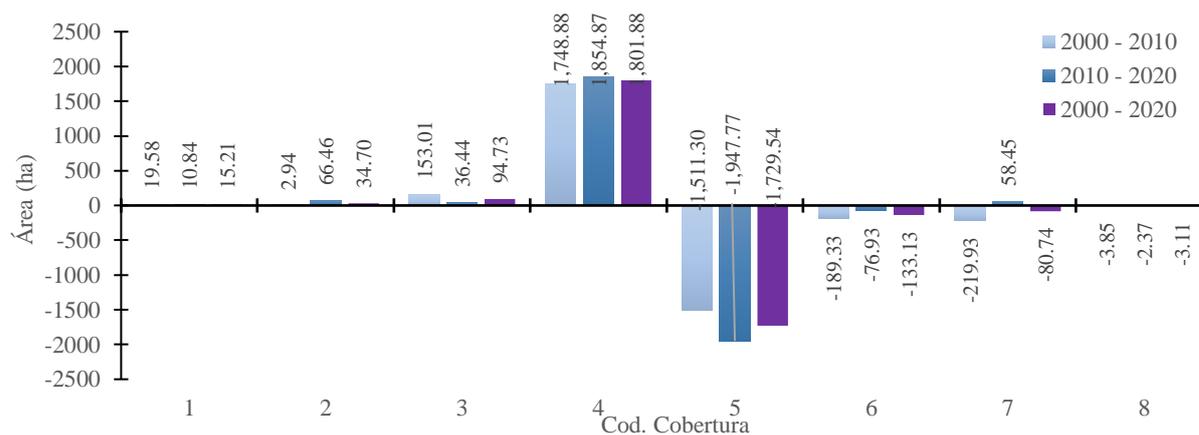
#### 4.2.3. Tasa de cambio de cobertura y usos de la tierra del año 2000 al 2020

La Tabla 12, muestra la tasa de cambio anual en un periodo de 20 años del 2000 al 2020, donde la cobertura que mayor superficie (ha) ganó fue áreas agrícolas heterogéneas con 1 801,88 ha/año y otras que ganaron, pero en menor cantidad fueron pastos (94,73 ha/año), cultivos transitorios (34,70 ha/año) y por último áreas urbanizadas con 15,21 ha/año, y por otra parte las coberturas que perdiendo superficie están bosque con 1 729,54 ha/año, vegetación secundaria con 133,14 ha/año y en menor superficie con 3,11 ha/año los ríos. La mejor manera de cuantificar esta fase es a través del estudio de la dinámica de la cobertura vegetal relacionándola con el espacio y el tiempo; Se evaluaron los resultados de un período de 20 años (2000 a 2020) analizando los cambios dinámicos en la cobertura vegetal. Según la FAO (1996), la tasa de cambio es un indicador de presión que facilita conocer la magnitud y velocidad con la que se está dando este proceso.

**Tabla 12.** Tasa de cambio 2000 al 2020 de la cuenca del río Huayabamba

Cod.	Cobertura	Tasa de cambio 2000 al 2020	
		ha/año	%/año
1	Áreas urbanizadas	15,21	2,77
2	Cultivos transitorios	34,70	1,89
3	Pastos	94,73	1,07
4	Áreas agrícolas heterogéneas	1 801,88	1,80
5	Bosque	-1 729,54	-0,19
6	Vegetación secundaria	-133,13	-0,06
7	Áreas sin o con poca vegetación	-80,74	-0,06
8	Ríos	-3,11	-0,09

La Figura 11 se muestra el comportamiento de la tasa de cambio de cobertura y manejo del suelo de los dos periodos de 10 años (2000 al 2010 y 2010 al 2020) y del periodo completo (20 años) es decir del 2000 al 2020, donde las coberturas que perdieron superficie están en valores negativos y se muestran por debajo de la línea 0 y las coberturas que fueron ganando superficie están con valores positivos por consiguiente están representado por encima de la línea 0.



**Figura 11.** Comportamiento de la tasa de cambio del periodo 2000 al 2020

### 4.3. Predicción de los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2030 en el escenario tendencial y de conservación en la cuenca del río Huayabamba, región San Martín

#### 4.3.1. Matriz de transición de cambios de cobertura año 2000 al 2010

La Tabla 13 detalla las transiciones de cobertura y manejo del suelo ocurridos en el periodo del año 2000 al 2010 (10 años), donde muestra las áreas en hectáreas de pérdida, ganancias y persistencia (diagonal de la matriz) de cada uno de las categorías, en

ese sentido en este periodo se pudo observar una pérdida total de bosque de 31 490,40 ha las cuales fueron remplazado en mayor medida por 25 415,47 ha de áreas agrícolas, 6 006,39 ha de vegetación secundaria y en menor cantidad áreas urbanas (50,21 ha) y ríos (18,33 ha). De la matriz también podemos resaltar una pérdida total de 15 948,17 ha de vegetación secundaria, en cuanto a áreas agrícolas presento una pérdida de 10 294,80 ha, una ganancia de 27 783,64 ha, debido a la agricultura migratoria que fue dejando áreas en una zona y fue avanzando en mayor cantidad en otras zonas deforestando los bosques (25 415,47 ha). Pontius y Malanson (2005) afirman que se utilizan una superposición de mapas y una matriz de transición para localizar y cuantificar los cambios en la cobertura del suelo. Esta estrategia pretende servir de base para la recolección de datos que avance desde un nivel de estudio general a un nivel casi tan detallado como los cambios producidos en el territorio (ganancia, pérdida, intercambio, persistencia, cambio neto y total). Calcular la diferencia (en porcentaje del área total) y la proporción (magnitud más allá del azar) es el primer paso para determinar si un proceso aleatorio es ganar-perder. En una fase aleatoria de ganancia, las categorías t1 pierden más de lo esperado si la diferencia entre los porcentajes observados y esperados es positiva; si es negativo, las mismas categorías t1 pierden menos. Según la investigación, los bosques están desapareciendo a un ritmo más rápido que el crecimiento de las áreas heterogéneas. (Tabla 13).

**Tabla 13.** Matriz de transición periodo 2000 – 2010

		<b>Año 2010</b>										
<b>Cod.</b>	<b>Cobertura</b>	Área urbanizada	Cultivos Transitorio	Pastos	Áreas agrícolas heterogéneas	Bosque	Vegetación secundaria	Áreas sin o con poca vegetación	Ríos	Área (ha)	Pérdida (ha)	
Año 2000	<b>1</b>	Área urbanizada	366,52	-	-	32,32	2,52	-	-	16,14	417,49	50,97
	<b>2</b>	Cultivo Transitorio	-	1 254,10	-	274,16	-	-	-	-	1 528,26	274,16
	<b>3</b>	Pastos	-	-	7 395,02	-	359,81	272,87	-	-	8 027,70	632,68
	<b>4</b>	Áreas agrícolas heterogénea	196,55	303,57	-	73 714,24	2 663,28	7 113,60	-	17,81	84 009,04	10 294,80
	<b>5</b>	Bosque	50,21	-	-	25 415,47	882 062,28	6 006,39	-	18,33	913 552,68	31 490,40
	<b>6</b>	Vegetación secundaria	-	-	642,52	2 036,96	13 268,69	213 252,96	-	-	229 201,13	15 948,17
	<b>7</b>	Áreas sin o con poca vegetación	-	-	1 520,30	-	37,79	641,18	145 099,76	-	147,299.03	2,199.27
	<b>8</b>	Ríos	-	-	-	24,73	45,27	20,80	-	3 341,85	3 432,65	90,80
<b>Área (ha)</b>		613,27	1 557,66	9 557,84	101 497.88	898,439,65	227 307,79	145 099,76	3 394,12	1 387 467,98	-	
<b>Ganancia (ha)</b>		246,75	303,57	2 162,82	27 783,64	16 377,37	14 054,83	0,00	52,27	-	-	

#### **4.3.2. Matriz de transición de cambio de cobertura año 2010 al 2020**

La Tabla 14 detalla las transiciones de cobertura y manejo del suelo sucedidos en el periodo del año 2010 al 2020 (10 años), en este periodo se pudo observar una pérdida total de bosque de 22 911,33 ha las cuales fueron remplazado en mayor medida por 9 408,10 ha de zonas agrícolas, 13 096,18 ha de vegetación secundaria y en menor cantidad por otras coberturas. De la matriz también podemos resaltar una pérdida total de 14 133,77 ha de vegetación secundaria, en cuanto a áreas agrícolas presento una pérdida mínima de 767,30 ha, pero sin embargo tuvo una ganancia 19 316,04 ha, en este periodo la agricultura migratoria no fue tan intensificada, pero sin embargo la frontera agrícola siguió avanzando deforestado (ganancia de áreas agrícolas) el bosque 9 408,10 ha y 9 903,92 ha de vegetación secundaria.

De La Cruz y Muños (2016) examinaron cómo el programa Silvicultura afectó los cambios en la cobertura del uso del suelo en el municipio de Popayán utilizando un análisis multitemporal como alternativa de producción en la zona marginal de la cuenca del río Magdalena que comprende los municipios de Popayán, Timbío, Tambo y Sotará, dentro de los cuales se realizaron siembras como parte de las actividades del programa establecidas en diferentes tipos de herramientas paisajísticas. A partir de la cuantificación de la cobertura forestal se realizó una clasificación supervisada de las diversas coberturas presentes en el área de estudio, utilizando como insumos los datos de los periodos 2003 y 2016 proporcionados por EARTH EXPLORER. Esto permitió completar el análisis Multitemporal de las coberturas presentes; mientras que en la investigación se realizaron la clasificación supervisada de las coberturas presentes en la cuenca del río Huayabamba en el periodo 2010 al 2020.

Tabla 14. Matriz de transición periodo 2010 – 2020

		Año 2020										
	Cod.	Cobertura	Áreas urbanizadas	Cultivos Transitorios	Pastos	Áreas agrícolas heterogéneas	Bosque	Vegetación secundaria	Áreas sin o con poca vegetación	Ríos	Área (ha)	Pérdida (ha)
Año 2010	1	Áreas urbanizadas	612,10	-	-	1,17	-	-	-	-	613,27	1,17
	2	Cultivos Transitorios	-	1 557,66	-	-	-	-	-	-	1 557,66	0,00
	3	Pastos	-	-	9 289,54	-	-	268,30	-	-	9 557,84	268,30
	4	Áreas agrícolas heterogéneas	102,68	664,62	-	100 730,57	-	-	-	-	101 497,88	767,30
	5	Bosque	2,52	-	359,81	9 408,10	875 528,32	13 096,18	37,79	6,93	898 439,65	22,911,33
	6	Vegetación secundaria	-	-	272,87	9 903,92	3 410,26	213 174,02	546,73	-	227 307,79	14,133,77
	7	Áreas sin o con poca vegetación	-	-	-	-	-	-	145 099,76	-	145 099,76	0,00
	8	Ríos	4,40	-	-	2,86	23,32	-	-	3 363,54	3 394,12	30,58
		<b>Área (ha)</b>	721,71	2 222,29	9 922,22	120 046,62	878 961,90	226 538,50	145 684,28	3 370,47	1 387 467,98	-
		<b>Ganancia (ha)</b>	109,60	664,62	632,68	19 316,04	3 433,58	13 364,48	584,51	6,93	-	-

### 4.3.3. Matriz de transición de cambio de cobertura año 2000 al 2020

La Tabla 15 detalla las transiciones de cobertura y manejo del suelo sucedidos en el periodo completo del año 2000 al 2020 (20 años), en este periodo se pudo observar una pérdida total de bosque de 35 131,37 ha las cuales en su mayoría fueron remplazado por 35 011,50 ha de zonas agrícolas, y en menor cantidad por otras coberturas. De la matriz también podemos resaltar una pérdida total de 2 792,06 ha de vegetación secundaria, en cuanto a áreas agrícolas presento una pérdida mínima de 1 054,68 ha, pero sin embargo tuvo una ganancia 37 092,26 ha, cual muestra el avance a gran escala de la frontera agrícola que siguió deforestado (ganancia de áreas agrícolas) el bosque 35 011,50 ha y 2 036,96 ha de vegetación secundaria. Osuna & Osuna et al. (2015) evaluaron los efectos de las actividades antrópicas entre los años 1994 y 2010 en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México, identificando nueve diferentes usos y coberturas del suelo: selva, bosques, tierras agrícolas, agua, vegetación perturbada, asentamientos urbanos, pastizales, cultivos de cítricos, y matorral. Con porcentajes de cambio de 28% y 67% en un período de 16 años, respectivamente, el estudio de la matriz de transición demostró una tendencia al aumento de las superficies dedicadas a las actividades humanas (agricultura y uso urbano). Como resultado, se descubrió que las superficies cubiertas de cobertura natural estaban disminuyendo (en -1.1% anual), particularmente en bosques y selvas, y que esta disminución se debía a la transición de la cobertura natural provocada por un aumento de las actividades antrópicas. Coincidiendo con el autor ya que los resultados de la investigación serán planes útiles a futuro para el desarrollo ambiental, ordenamiento territorial, y en la planeación de estrategias de conservación de los recursos naturales en la cuenca.

**Tabla 15.** Matriz de transición periodo 2000 – 2020

		<b>Año 2020</b>										
	<b>Cod.</b>	<b>Cobertura</b>	Áreas urbanizadas	Cultivos Transitorios	Pastos	Áreas agrícolas heterogéneas	Bosque	Vegetación secundaria	Áreas sin o con poca vegetación	Ríos	<b>Área (ha)</b>	<b>Pérdida (ha)</b>
Año 2000	<b>1</b>	Áreas urbanizadas	405,76	-	-	-	-	-	-	11,73	417,49	11,73
	<b>2</b>	Cultivos Transitorios	-	1 528,26	-	-	-	-	-	-	1,528.26	0,00
	<b>3</b>	Pastos	-	-	8 027,70	-	-	-	-	-	8,027.70	0,00
	<b>4</b>	Áreas agrícolas heterogéneas	265,74	694,03	-	82 954,36	79,96	-	-	14,95	84 009,04	1 054,68
	<b>5</b>	Bosque	50,21	-	-	35 011,50	878 421,31	51,34	-	18,33	913 552,68	35 131,37
	<b>6</b>	Vegetación secundaria	-	-	374,22	2 036,96	380,88	226 409,07	-	-	229,201.13	2,792.06
	<b>7</b>	Áreas sin o con poca vegetación	-	-	1 520,30	-	16,37	78,09	145 684,28	-	147 299,03	1 614,76
	<b>8</b>	Ríos	-	-	-	43,81	63,38	-	-	3 325,45	3 432,65	107,19
			<b>Área (ha)</b>	721,71	2 222,29	9 922,22	120 046,62	878 961,90	226 538,50	145 684,28	3 370,47	1 387 467,98
		<b>Ganancia (ha)</b>	315,95	694,03	1 894,52	37 092,26	540,59	129,43	0,00	45,01	-	-

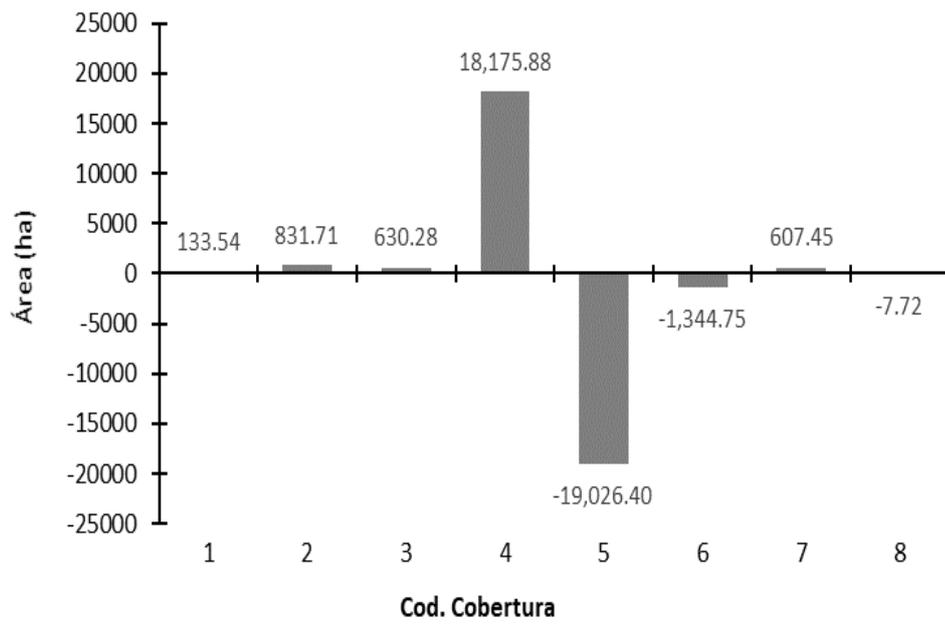
#### 4.3.4. Cobertura y uso de la tierra simulado al año 2030

La Tabla 16 muestra los resultados de la simulación de la cobertura y manejo del suelo para el año 2030, se realizó utilizando la misma tendencia histórica ocurrida desde el 2000 a 2020 y la comparación de cambios con el año base elegido (2020) para realizar la simulación, en dicha tabla podemos observar que para el 2030 habría una probable pérdida de 19 026,40 ha de bosque, vegetación secundaria perdería 1 344,75 ha, un posible aumento de 18 175,88 ha de áreas agrícolas, cultivos transitorios 831,71 ha, pastos 630,28 ha, zonas sin o con poca vegetación 607,45 ha y áreas urbanizadas 133,54 ha. Esto datos muestra un aumento constante de la deforestación como consecuencia del avance de la agricultura migratoria.

**Tabla 16.** Simulación del cambio de cobertura y uso de la tierra al 2030

Cod.	Cobertura	Superficie				Cambios en 10 años (ha)
		2020 (ha)	2020 (%)	2030 (ha)	2030 (%)	
1	Áreas urbanizadas	721,71	0,05	855,25	0,06	133,54
2	Cultivos transitorios	2 222,29	0,16	3 054,00	0,22	831,71
3	Pastos	9 922,22	0,72	10 552,50	0,76	630,28
4	Áreas agrícolas heterogéneas	120 046,62	8,65	138 222,50	9,96	18 175,88
5	Bosque	878 961,90	63,35	859 935,50	61,98	-19 026,40
6	Vegetación secundaria	226 538,50	16,33	225 193,75	16,23	-1 344,75
7	Áreas sin o con poca vegetación	145 684,28	10,50	146 291,73	10,54	607,45
8	Ríos	3 370,47	0,24	3 362,75	0,24	-7,72
<b>Superficie total</b>		<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

La Figura 12, muestra el posible comportamiento del cambio de cobertura y manejo del suelo al año 2030 comparado con el año 2020, los valores negativos (por debajo de la línea o) indican que hubiera una posible pérdida de cobertura, donde valores positivos indican aumento en su superficie. en la Figura 11, se muestra el mapa de simulación del cambio de cobertura y uso de la tierra del año 2030.



**Figura 12.** Simulación del cambio de cobertura del 2020 al 2030.

## V. CONCLUSIONES

1. Los cambios en la cobertura y uso de la tierra en la cuenca del río Huayabamba ocurridos en el periodo de 20 años (2000 al 2020), el patrón denominador fue la pérdida de bosque de 34 590,78 ha y un aumento de 36 037,58 ha de áreas agrícolas heterogéneas, aumentando otras coberturas en menor cantidad producto de las actividades antrópicas, todos estos cambios indican la pérdida de las coberturas naturales.
2. La tasa de cambios ocurridos en el transcurso de 20 años, resaltan las áreas agrícolas heterogéneas aumentaron 1 801,88 ha/año, pastos 94,73 ha/año, cultivos transitorios 34,70 ha/año, y disminuyó la cobertura de bosque 1 729,54 ha/año, vegetación secundaria con 133,13 ha/año, áreas sin o con poca vegetación con 80,74 ha/año y ríos en menor superficie, indicándonos que la tendencia del avance de la deforestación seguirá en la cuenca del río Huayabamba.
3. La predicción del cambio de cobertura y uso de la tierra para el año 2030 muestra una tendencia similar a lo ocurrido del año 2000 al 2020, donde la deforestación seguiría en avance con 19 026,40 ha, vegetación secundaria 1 344,45 ha, como consecuencia de las actividades antrópicas, con aumento de 18 175,88 ha áreas agrícolas heterogéneas, 831,71 ha cultivos transitorios. 630, 28 ha pastos y otras coberturas en menor cantidad.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

Se recomienda para elaborar mapas de cobertura y uso de la tierra a un nivel detallado, donde se puede identificar cada tipo de cultivo, buscar financiamiento para adquisición de imágenes de alta resolución espacial de esta forma se obtendrá mejores resultados en la clasificación de las coberturas y las instituciones pueden tener información más detallada, por consiguiente, tomar mejores decisiones en la implementación de medidas de recuperación de bosques y naturales.

Se recomienda realizar estos tipos de estudios también a nivel de límites políticos administrativos (provincia, distritos), con la metodología de la matriz de transición donde se puede entender mejor los cambios ocurridos (con pérdidas, ganancias, permanencia, e intercambio) de cada una de las coberturas.

## I. REFERENCIAS

- Alcántara Boñón, G. (2014). *Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra*. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. Cajamarca. Perú.
- Alcántara, G. (2014) *Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra en la región Cajamarca, Perú*.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233-246. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a08.pdf>
- Andrade, J. (2021). *Conflictos de uso de la tierra en la cuenca Cocheros, distrito Rupa Rupa – Tingo María*. [Tesis de grado]. Universidad Agraria de la Selva.
- Anahua, R. (2020). *Modelamiento dinámico espacial del crecimiento urbano mediante autómatas celulares en el periodo 1974 al 2065 de la ciudad de Puno*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Bravo, N. (2020). *Teledetección y procesamiento de imágenes satelitales. Geomática ambiental*. Tingo María, Perú. [https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion\\_espacial\\_ArcGeek.pdf](https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf).
- Britos y Barchuk. (2013). Dinámica de la cobertura vegetal y los usos de la tierra a través de modelos de no-equilibrio. *Revista de Teledetección* 40. 2016. Argentina.
- Bocco, M.; Mendoza, O.; (2001). *La dinámica del cambio de uso de la tierra en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación*. Investigaciones Geográficas.
- Bowen, C. (2018). *Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Tabacay para el periodo 2005-2017*. Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31142/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Céspedes, I. Y., Céspedes, K.A. (2020). *Factores de Deforestación y Degradación de los Bosques en el Parque Nacional Natural de la Serranía de Chiribiquete (PNNSCH), Amazonas, Colombia*. [Tesis de grado]. Universidad Antonio Nariño. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2276>
- Chuvienco, E. (2002). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 3ra edición. Rialp, S.A. Madrid, España.
- Chuvienco, E. (2008). *Teledetección ambiental*. La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona, España.

- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental*. Barcelona, España. Editorial Planeta. 591 p.
- Córdoba, J. R. & Sánchez, L. O. (2020). Análisis de la variación multitemporal de la cobertura vegetal entre los años 2010 – 2018 en la cuenca del río Neshuya, Ucayali, Perú. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. 114 p.  
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4318>
- De la Cruz, J. M. Muñoz, G. A. (2016). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo del área de influencia del programa de reforestación de la Federación Nacional de Cafeteros en el municipio de Popayán, Cauca*. [Tesis de grado]. (Especialización en Sistema de Información Geográfica). Universidad de Manizales. 80 p  
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2807>.
- Dalence, S.; J. Gutiérrez; G. Guzmán & G. Segovia. (1999). *Levantamiento semidetallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Informe de trabajo de campo*. CLAS. Cochabamba-Bolivia. 56 p
- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra (LCCS)*, versión 2: Conceptos de clasificación y manual del usuario. Roma, IT. 208 p.  
<https://es.scribd.com/document/453624021/13-Clasificacion-de-coberturas-de-la-tierra-LCCS-pdf#>
- Dzieszko, P. (2014). Land-cover midelling using corine land cover data and multi-layer perceptron. *Quaestiones Geographicae*, v33, n. 1, p. 5-22.  
<Http://dx.doi.org/10.2478/quageo-2014-0004>.
- ERDAS. (European Space Agency) (2020). *Función de convolución— Ayuda / ArcGIS for Desktop*.  
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/convolution-function.htm>
- European Space Agency.[ESA]. (2020). eduspace. Obtenido de  
[http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_ES/index.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/index.html)
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (1996). Forest resources assessment 1990. *Survey of tropical forest cover and study of change processes*. Food and Agriculture Organization. FAO forestry paper, vol. 130 p. 152. Versión electrónica disponible en:  
[http://www.fao.org/descarga/docrep/007/w0015e/w0015e.\\_html](http://www.fao.org/descarga/docrep/007/w0015e/w0015e._html).

- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (2000). *Cambios en la cobertura forestal. Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA)*. Documento de Trabajo 36. Roma.
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales, 2010-Informe principal*. Estudio FAO Montes 163. Roma (Italia).
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (2015). Atlas de cobertura del suelo de Uruguay. Cobertura de suelo y cambios 2000 – 2011. Land Cover Classification System. Montevideo, UY. 52 p.
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Principales resultados. In *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020* (p. 16). <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- García, Víctor, Carmen Márquez, Tom Isenhardt, Marco Rodríguez, Santiago Crespo, y Alexis Cifuentes. (2019). “Evaluating the Conservation State of the Páramo Ecosystem: An Object-Based Image Analysis and CART Algorithm Approach for Central Ecuador”. *Heliyon* 5 (10): e02701. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02701.T
- GEOINN (Geoinn Geospatial Innovations), (2018). *Aplicación de modelos de simulación y análisis geoespacial – ambiental para el estudio de tendencias en la cobertura y uso de la tierra y la dinámica del ecosistema en treinta y dos (32) cuencas hidrográficas de costa rica: cuenca quebrada los Mora*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados Centro de Documentación e Información UEN Investigación y Desarrollo. <https://dspaceaya.igniteonline.la/handle/aya/243>
- Gomarasca, M. (2004). *Basics of Geomatics*. 1 ed. Milano, Italia, Springer. 656 p.
- Guerrero, D. F. y Moreno F. R. (2015). Estudio multitemporal del uso del suelo y la cobertura forestal en el municipio de Puerto Rico (Meta) y su proyección para el año 2020. [Tesis de grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. 101 p. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2561>
- Henríquez, C. y Azócar, G. (2007). *Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación de impacto ambiental*. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XI, núm. 245 (41).

- Henríquez, Cristián, Gerardo Azócar, y Mauricio Aguayo. (2006). “Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile”. *Revista de Geografía Norte Grande*. doi:10.4067/S0718-34022006000200004.
- Hernández, Rafael, Arturo Ruiz, y Clementina González. (2019). “Assessing and Modeling the Impact of Land Use and Changes in Land Cover Related to Carbon Storage in a Western Basin in Mexico”. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 13 (enero): 318–27. doi:10.1016/j.rsase.2018.12.005.
- Ibáñez, N; Damman, G. (2014). *Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac* (en línea). Apurímac, Perú. Consultado 14 may. 2021
- Ibáñez, A. (2019). *Predicción de los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en la Cuenca del Río Tocache, San Martín*. [Tesis de grado]. Universidad Agraria de la Selva. [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1413/AJIB\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1413/AJIB_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IIRSA-SUR. (2006). *Análisis de la deforestación - EISA Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil: Tramo 2. 9*.
- Islam, Kamrul, Mohammed Jashimuddin, Biswajit Nath, y Tapan Kumar Nath. (2018). “*Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh*”. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21 (abril). doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.005.
- Jiménez, E. (2019). *Dinámica y modelamiento futuro de cambios y fragmentación en la cobertura y uso del suelo en La Hoya de Loja en el periodo 2001-2016* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21833/1/Tesis\\_Jim%C3%A9nez\\_B\\_Evelyn.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21833/1/Tesis_Jim%C3%A9nez_B_Evelyn.pdf)
- Korotov, V., D. O. Logofet y M. Loreau. (2001). *Sucesión in mixed boreal forest of russia: Markov models and non-Markov effects*. *Ecological Modelling* 142 p
- Lambin, E.F., N.E. Baaulies, G. Bockstael, T. Fischer, R. Krug, y Leemans. (2000). “*Land- use and land-cover change (LUCC), implementation strategy*. IGBP Report 48, IHDP Report 10. Stockholm, Bonn, IGBP, IHDP.”
- Laurente, M. A. (2011). *Medición de la deforestación mediante percepción remota en la microcuenca río Supte, Tingo María - Perú* [Tesis de grado]. Universidad Nacional

- Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. *International Review of Geographical Information Science and Technology*. <http://https://es.scribd.com/document/332477741/Deforestacion-Tingo-Maria#>
- Leija, G. (2013). *Cambios en la cubierta vegetal/uso de la tierra y escenarios futuros en tres municipios de la región costera del estado de Oaxaca, México*. (Tesis de maestría en ciencias ambientales). Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potos México.
- Lillesand, T., Kiefer, R., Chipman, J. (2014). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7ma edición. John Wiley & Sons. Books, ([https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=remote+sensing&ots=0Cpff2iAaw&sig=Y93L8cW9dAjrczOP\\_0TLXqpWYI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=remote+sensing&ots=0Cpff2iAaw&sig=Y93L8cW9dAjrczOP_0TLXqpWYI#v=onepage&q&f=false), Libro).
- López, E; Bocco, G; Mendoza; M. (2000). *Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. México*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a5.pdf>
- López-Granados, E.M., (2006). *Patrones de cambio de uso del terreno en la cuenca del Lago de Cuitzeo*, [Tesis de Doctorado]. Universidad Autónoma de México.
- MAAP (Monitoring of the Andean Amazon Project). (2017). *Nuevos hotspots de deforestación al 2017 en la Amazonía peruana*. <https://maaproject.org/2017/hotspots-2017-2/>
- Machado, Horacio. (2009). Auge minero y dominación neocolonial en América Latina. Ecología política de las transformaciones socioterritoriales neoliberales. XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires.
- Marcano Martínez, J. E. (2020). *Biomás del Mundo*. <https://jmarcano.com/ecologia/biomas/biomas-mundo/>
- Martínez, Rubí, y Ernesto Reyes. (2012). “El Consenso de Washington: la instauración de las políticas neoliberales”. *Política y cultura*, enero. scielomx, 35–64.
- Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del Sur* N°169.
- Mas, J. F., V. Sorani y R. Álvarez. (1996). Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigación Geográfica número especial 5*

- Mas, J.F. y Sandoval, A. (2011). *Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México*. *Geo Trópico*, 5 (1), Artículo 1: 1-24.
- Mello y Camacho. (2005). *Metodología Corine Land Cover*. Colombia. Ideam. 4p.  
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>
- Memarian, Hadi, Siva Kumar Balasundram, Jamal Bin Talib, Christopher Sung, Alias Mohd Sood, y Karim Abbaspour. 2012. "Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia". *Journal of Geographic Information System*. doi:10.4236/jgis.2012.46059.
- Mendoza, H. j., Chavarría, J., Giler-Omaza, A. M. (2021). Evaluación de cambios de uso y cobertura de la tierra a escala de cuenca hidrográfica del río Chone. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Políticas y Valores*.  
<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpolitica y valores.com/>.
- Ministerio del Ambiente de Perú [Minam]. (2013). *Guía Metodológica para la Elaboración de Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial* - Lima: Ministerio del Ambiente. 20 p.
- Ministerio del Ambiente de Perú [Minam]. (2016). *Procedimiento técnico y metodológico para la elaboración del "estudio especializado de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra*.
- Ministerio del Ambiente de Perú [Minam] . (2020). *Monitoreo de la pérdida de bosques húmedos amazónicos en el año 2019*. Ministerio del Ambiente (MINAM). Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC). MINAM.
- Ministerio del Ambiente de Perú [Minam]. (2017). *Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos*. Ministerio de Agricultura y Riego.  
[http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/descargas\\_geobosque/perdida/documentos/Cobertura\\_y\\_Deforestacion\\_en\\_los\\_Bosques\\_Humedos\\_Amazonicos\\_al\\_2017.pdf](http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/descargas_geobosque/perdida/documentos/Cobertura_y_Deforestacion_en_los_Bosques_Humedos_Amazonicos_al_2017.pdf)
- Ministerio del Ambiente de Perú [Minam]. (2021). *Monitoreo de la pérdida de bosques húmedos amazónicos en el año 2019*. MINAM.  
<http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-bosque-3.pdf>
- NASA. (2013). *Landsat 7 Science Data Users Handbook*. NASA, EE.UU. 86 p.
- Noticias ONU. (22 de 05 de 2020). *América Latina y el Caribe precisan salvaguardar con urgencia la biodiversidad de sus bosques*. Obtenido de  
<https://news.un.org/es/story/2020/05/1474922>

- Ñique A., M.; Gutiérrez G., R.; Vivar L., L.; Durand T., E. & Verastegui P., M. (2006). *Experiencias de educación ambiental no formal en áreas adyacentes al Parque Nacional Tingo María*. UNAS – BIOFOR /IRG – Municipalidad Mariano Dámaso Beraum. Perú.
- Ojima, D.S.; K.A. Galvin and B.L. Turner II. (1994). *The global impact of land-use change*. BioScience. Vol. 44, No. 5. 300 – 305 p.
- Ortiz, E. (2001). *Sistemas de Información Geográfica*. In: *Informe de Proyecto: Aplicación de los sistemas de información geográfica al manejo de recursos naturales (ASIGMARN)*. Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, CR. 34-37 p.
- Osuna-Osuna, A. K.; De Anda-Sánchez, J.; Gallardo-Valdez, J.; Díaz-Torres, J. J.; Villegas-García, E.; Dávila-Vásquez, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y usos de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. Artículo. *Revista Ambiente. Agua* 10 (2). [.https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/VBbxY6ZHC4SPHhZMHCdVZ7p/?lang=es#](https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/VBbxY6ZHC4SPHhZMHCdVZ7p/?lang=es#)
- Pabón, E. D. (2022). Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay. [Tesis de Maestría]. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito - Ecuador. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8687/1/T3801-MCCSD-Pabon-Analisis.pdf>.
- Pérez Gomes, U. (1997). *Principios de los sistemas de información geográfica y su aplicación dentro de la planificación y manejo ambiental de las cuencas hidrográficas*. Planificación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas. Universidad de Tolima. Ibagué, CO.
- Pérez, C., A.; Moscuza, C.H. & Fernández-Cirelli, A. (2008). *Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria*. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. *Rev. Ecosistemas* 17 (1): 5-15
- Pimiento Ortega, M. (2019). *Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en el Páramo de Pisba Jurisdicción del municipio de Tasco para el periodo 1990 – 2015*. [Tesis de Maestría]. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja – Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3575>.
- Pontius, R., Malanson J. (2005). *Comparison of the structure and accuracy of two land change models*. International Journal of Geographical Information Science, N° 19, Vol. 2.

- Pontius, Robert Gilmore, y Marco Millones. (2011). “Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment”. *International Journal of Remote Sensing* 32 (15). Taylor & Francis: 4407–29. doi:10.1080/01431161.2011.552923.
- Puerta Tuesta, R. & Fajardo – Gamarra, R. (2022). *Cobertura Boscosa al 2021 en la provincia Leoncio Prado, Perú. The Biologist.* 20(1), 93-101. <http://doi.org/10.24039/rtb20222011319>.
- Ramírez-Mejía, D., Cuevas, G., & 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/botsci.838
- Recio, J. Al. (2010). *Técnicas de extracción de características y clasificación de imágenes orientada a objetos aplicadas a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo.* [Tesis de Doctorado]. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 310 p. <https://riunet.upv.es/handle/10251/6848>
- Richters, E J. (1995). *Manejo del Uso de la Tierra en América Central: hacia el aprovechamiento Sostenible del recurso tierra.* San José. Costa Rica. ed IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16626>
- Rosete, V. F. A. (2008). *Modelos predictivos de cambio de uso de la tierra en la península de Baja California, México.* [Tesis de doctorado]. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Geografía. UNAM
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica: *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.16>
- Saldaña T.M. (2010). *Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga” utilizando imágenes de satélite* [Tesis de grado]. UNC- Jaén – Perú.
- Sanabria, B. J. (2018). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal, zonas de erosión y dirección del cauce, en la cuenca del río Cravo Sur, comprendido desde el municipio de Socha en el departamento de Boyacá hasta el municipio de Yopal en el departamento de Casanare.* [Tesis de grado]. Universidad pedagógica y tecnológica de colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/217559471.pdf>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). *Cuencas hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.* (1<sup>era</sup> edición). Red

Mexicana de Cuencas Hidrográficas.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>  
f.

- Soares, B. (2009). *Modelamiento de dinámica ambiental con Dinámica EGO*. Giudice, R. trad. Brasil, Centro de Sensoriamento Remoto/Universidad Federal de Minas Gerais. 119 p. <https://docplayer.es/6392052-Modelamiento-de-dinamica-ambiental-con-dinamica-ego.html>
- Valdez, E. (2014). *Análisis de pérdida de suelos por erosión hídrica en la Subcuenca Conduriri mediante la metodología Rusle*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Altiplano. PUNO.
- Valencia, G. Anaya, J. (2009). *Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos*. Colombia. *Revista Ingenierías Universidades de Medellín*. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15/v8n15a04.pdf>.

**ANEXO****Anexo 1. Tablas tabuladas****Tabla 17.** Cobertura y uso de la tierra de los años 2000, 2010, 2020 proyectada al 2030.

<b>Cobertura</b>	<b>ID gridcode</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
------------------	--------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Urbana	Áreas urbanizadas	1	6	417	613	722	855
Cultivo 1 - Arroz	Cultivos transitorios	2	2	1 528	1 558	2 222	3 054
Pastos	Pastos	3	8	8 028	9 558	9 922	10 553
Cultivos	Áreas agrícolas heterogéneas	4	7	84 009	101 498	120 047	138 223
Bosque Veg	Bosque	5	5	913 553	898 440	878 962	859 936
Secundaria/ cultivos	Vegetación secundaria	6	4	229 201	227 308	226 539	225 194
Sin Cobertura	Áreas sin o con poca vegetación	7	3	147 299	145 100	145 684	146 292
Ríos	Ríos	8	1	3 433	3 394	3 370	3 363
<b>Total</b>				<b>1 387 467,98</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>1 387 467,98</b>	<b>1 387 467,98</b>

**Tabla 18.** Diferencia de cobertura y uso de la tierra año 2000, 2010, 2020 y 2030

Diferencia entre periodos			
2010 - 2000	2020 - 2010	2020 - 2000	2020 - 2030
196	108	304	134
29	665	694	832
1,530	364	1,895	630
17,489	18,549	36,038	18176
-15,113	-19,478	-34,591	-19026
-1,893	-769	-2,663	-1345
-2,199	585	-1,615	607
-39	-24	-62	-8

**Tabla 19.** Cobertura y uso de la tierra año 2000

LEYENDA - COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA AÑO 2000					
ID	Codigo CLC	Descripción	Color	Superficie	
				Área (Ha)	%

1	1.1.	Áreas urbanizadas		417.49	0.03
2	2.1.1.	Cultivos transitorios		1,528.26	0.11
3	2.1.2.1.	Pastos		8,027.70	0.58
4	2.3.	Áreas agrícolas heterogéneas		84,009.04	6.05
5	2.4.1.	Bosque		913,552.68	65.84
6	3.1.	Vegetación secundaria		229,201.13	16.52
7	3.3.3.	Áreas sin o con poca vegetación		147,299.03	10.62
8	5.1.1.	Ríos		3,432.65	0.25
<b>Superficie total</b>				<b>1,387,467.98</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 20.** Cobertura y uso de la tierra año 2010

<b>LEYENDA - COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA AÑO 2010</b>					
	Código CLC	Descripción	Color	Superficie	
				Área (Ha)	%
1	1.1.	Áreas urbanizadas		613.27	0.04
2	2.1.1.	Cultivos transitorios		1,557.66	0.11
3	2.1.2.1.	Pastos		9,557.84	0.69
4	2.3.	Áreas agrícolas heterogéneas		101,497.88	7.32
5	2.4.1.	Bosque		898,439.65	64.75
6	3.1.	Vegetación secundaria		227,307.79	16.38
7	3.3.3.	Áreas sin o con poca vegetación		145,099.76	10.46
8	5.1.1.	Ríos		3,394.12	0.24
<b>Superficie total</b>				<b>1,387,467.98</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 21.** Cobertura y uso de la tierra año 2020

<b>LEYENDA - COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA AÑO 2020</b>					
	Código CLC	Descripción	Color	Superficie	
				Área (Ha)	%
1	1.1.	Áreas urbanizadas		721.71	0.05
2	2.1.1.	Cultivos transitorios		2,222.29	0.16
3	2.1.2.1.	Pastos		9,922.22	0.72
4	2.3.	Áreas agrícolas heterogéneas		120,046.62	8.65
5	2.4.1.	Bosque		878,961.90	63.35
6	3.1.	Vegetación secundaria		226,538.50	16.33
7	3.3.3.	Áreas sin o con poca vegetación		145,684.28	10.50
8	5.1.1.	Ríos		3,370.47	0.24
<b>Superficie total</b>				<b>1,387,467.98</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 22.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Bello Horizonte de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Bello Horizonte	Adolfo Caballero Gonzales	7.22340	76.98819	266	Cacao en producción
		7.22365	76.98615	265	
	Alejandro Dávila Racho	7.22331	76.98402	267	Cacao en producción
	Andrés Aguirre Astochado	7.21897	76.97384	386	Cacao en producción
		7.21978	76.97206	262	
	Andrés Vela Mozombite	7.21705	76.97781	389	Cacao en crecimiento
	Blanca Satalaya Tapullima	7.21679	76.97827	384	Cacao en producción
		7.21606	76.97906	260	Otros Cultivos
	Carlos Mozombite Sajami	7.22490	76.98210	259	Cacao en producción
		7.22374	76.98161	267	
	Cristóbal Peña Concha	7.23548	76.96618	370	Cacao en crecimiento
		7.23376	76.96706	275	
	Denis Caballero Shupingahua	7.21096	76.98632	259	Cacao en producción
		7.21376	76.99263	261	Otros Cultivos
	Elvita Añasco Briones	7.22049	76.97613	267	Cacao en producción
	Federico Caballero Shupingahua	7.21026	76.98426	271	Cacao en producción
		7.21409	76.99277	275	
	Gautier Tapullima Tapullima	7.23048	76.97576	305	Cacao en crecimiento
	Hermildo Tuanama Salas	7.22495	76.96771	290	Cacao en producción
		7.22537	76.96996	265	
	Ignacio Amasifuén Tapullima	7.22430	76.98410	367	Cacao en crecimiento
	Isaías Sangama Vega	7.21102	76.98447	300	Cacao en crecimiento
	Ítalo Berrios Sajami	7.22772	76.98402	266	Cacao en crecimiento
	Jorge Antonio Pinchi Shapiama	7.21854	76.97889	275	Cacao en producción
		7.21777	76.97961	272	
	Jorge Luis Yactayo García	7.21316	76.97801	268	Cacao en producción
	José Valentín Fatama	7.21393	76.97724	256	Cacao en producción
	Julia Shupingahua Cueva	7.22088	76.98356	265	Cacao en producción
		7.22100	76.98307	268	
	Julio Perdomo Ushiñahua	7.22109	76.96878	261	Cacao en producción
7.22061		76.96963	265		
7.22207		76.96916	375	Purma	
Justina Shapiama Cueva	7.21756	76.98096	389	Cacao en producción	
Lenin Caballero Berrios	7.20877	76.96529	389	Cacao en producción	
	7.20709	76.96477	274		
Lucas Valentín Fatama	7.21605	76.97593	267	Cacao en producción	
	7.21490	76.97635	268		
Medardo Torres Fatama	7.21502	76.97435	365	Cacao en producción	
Nahum Sajami Cachique	7.22220	76.97017	256	Plátano	
Orizon Huamán Carrillo	7.22973	76.98222	258	Cacao en producción	

		7.21592	76.96839	264	
		7.21879	76.96940	267	
		7.21919	76.96826	389	
		7.22289	76.96498	368	
		7.21838	76.96635	266	
		7.22350	76.97805	346	Otros Cultivos
Pablo Meza Villacorta		7.22711	76.96686	265	Cacao en producción
		7.22637	76.96821	298	
		7.22784	76.96656	276	
Pedro Tuanama Tapullima		7.21566	76.96614	268	Cacao en producción
		7.21597	76.96671	508	
Richer Caballero Berrios		7.21032	76.96598	265	Cacao en producción
		7.21127	76.96556	265	Purma
Santiago Tapullima Tapullima		7.22669	76.96541	268	Cacao en producción
		7.22560	76.96796	273	
Victoria Carrillo Jave		7.23025	76.98000	264	Cacao en producción
		7.23074	76.98268	272	
Wilder Tapullima Tapullima		7.22286	76.97162	265	Cacao en producción
		7.22188	76.97150	274	
		7.22291	76.97272	271	

**Tabla 23.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Dos de Mayo de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Dos De Mayo	Agustín Escobar Mori				Otros Cultivos
	Alberto López Peña	7.18969	77.04990		Cacao en crecimiento
		7.19170	77.05067		
	Alberto Salas Tuanama	7.20340	77.06932		Cacao en producción
	Anderson Vásquez López	7.16318	77.06776		Cacao en producción
		7.16403	77.06622		
	Armando Pérez Izquierdo	7.19500	77.04449		Cacao en crecimiento
		7.19409	77.04216		
		7.19303	77.04361		Plátano
	Engilberto Paima Aguirre	7.19393	77.04176		Otros Cultivos
		7.18401	77.05734		Cacao en producción
		7.18352	77.05693		
		7.18651	77.04570		Cacao en crecimiento
	Francisco Geremias Cárdenas	7.18731	77.04739		Purma
		7.21776	77.07520		Cacao en producción
		7.21814	77.07313		
Guillermo Paima Cometivos	7.16905	77.06084		Cacao en crecimiento	
	7.16878	77.06180		Cacao en producción	
Hitler Guerra Satalaya	7.17312	77.07858		Cacao en crecimiento	

	7.17589	77.07577		
Julio López Del Castillo	7.19158	77.05130		Cacao en producción
	7.18992	77.04959		Cacao en crecimiento
Lenin Escobar Izuisa	7.19025	77.02743		Cacao en producción
	7.18660	77.02402		Cacao en crecimiento
Lino Paredes Del Castillo	7.18199	77.05973		Cacao en crecimiento
	7.18340	77.05813		
Luís Carlos Medina La Cerna	7.19801	77.07079		Cacao en producción
	7.19793	77.07001		
	7.19905	77.07082		Cacao en crecimiento
Luís Guerra Utia	7.17312	77.07706		Cacao en crecimiento
	7.17327	77.07665		
	7.17339	77.07589		Cacao en producción
María Alodia Mendoza Ríos/Ludger Paima Aguirre	7.18424	77.05700		Cacao en crecimiento
	7.18483	77.05597		Cacao en producción
María Llamoctanta Vera	7.18718	77.05136		Plátano
				Otros Cultivos
Pepe Junior Ruíz Satalaya	7.17003	77.07642		Cacao en producción
Raúl Vásquez López				Cacao en producción
Ronilson Paima Mendoza	7.18635	77.05619		Cacao en crecimiento
	7.18881	77.05586		Purma
Salomón Reátegui Saavedra				Otros Cultivos
Segundo Daniel Vásquez Ruíz	7.18008	77.06350		Cacao en crecimiento
Segundo Ludger Paima Mendoza	7.18646	77.05753		Cacao en producción
Segundo Wilmer Del Castillo Pinedo	7.18572	77.05370		Cacao en crecimiento
	7.18530	77.05445		
	7.18524	77.05453		
	7.18442	77.05428		
Tiberio López Vásquez	7.17517	77.06563		Cacao en crecimiento
Wilear López Dávila	7.18911	77.05005		Cacao en crecimiento
	7.18893	77.05087		
Wilmer Del Castillo Pérez	7.18580	77.05381		Cacao en crecimiento
	7.18630	77.05480		
Winder Más Valles	7.18495	77.05546		Cacao en producción

**Tabla 24.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado La Libertad de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
La Libertad	Edilberto Vásquez Tanchiva	7.03367	76.46830		Cacao en producción
	Gerardina Marín Shapiama	7.03637	76.47668		Otros Cultivos
	Gregoria Castañeda Solorzano	7.03418	76.47734		Cacao en producción
	Isabel Mass Shapiama	7.04849	76.48834		Otros Cultivos
		7.04752	76.49106		Cacao en producción
	Jadmin Jesús Mozombite	7.03934	76.46659		Cacao en producción
		7.04283	76.48173		
	Juanita Mendoza Chujutalli	7.04825	76.48362		Purma
	Manuel Gerardo Morales Jimenes	7.03164	76.46363		Cacao en producción
	Moisés Soplin Piro	7.04225	76.47683		Cacao en producción
		7.04412	76.47769		
	Ross Lady Zuta Isminio	7.03527	76.46809		Otros Cultivos
7.03533		76.47003			

**Tabla 25.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Marisol de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Marisol	Aristóteles López Tuanama	7.15610	77.08230		Cacao en producción
		7.15226	77.08191		Purma
		7.15521	77.08162		Cacao en producción
	David Caruzo Paredes	7.13843	77.07552		Cacao en producción
		7.13813	77.07442		Purma
	Gilda Ruíz López	7.13885	77.07604		Cacao en producción
		7.13937	77.07547		
	Héctor Caruzo Aguirre	7.13813	77.08612		Cacao en crecimiento
		7.13863	77.08358		Cacao en producción
		7.13896	77.08467		
	Humberto Pinchi Luna	7.13734	77.07658		Cacao en crecimiento
		7.13697	77.07725		
	Juvencio Cárdenas Ruíz	7.15065	77.07860		Cacao en crecimiento
		7.14975	77.07817		Cacao en producción
		7.15099	77.07861		
		7.15272	77.07748		Cacao en crecimiento
	Lenin Caruzo Amasifuén	7.13315	77.08670		Cacao en crecimiento
	Néstor Caruzo Paredes	7.13640	77.08114		Purma
7.13586		77.08692			

		7.14634	77.07384		Maíz
		7.13631	77.08129		Cacao en producción
		7.13492	77.08360		Maíz
Olsen Caruzo Aguirre		7.13679	77.08221		Cacao en producción
		7.13803	77.08217		Purma
Roberto Carlos Meza Valqui		7.13931	77.08148		Cacao en crecimiento
		7.10598	77.05799	390	Cacao en producción
Robinson Ruíz Arévalo		7.14522	77.08288		Cacao en producción
Rosario Aguirre Arias					Cacao en producción
Rosaura Arévalo Viena		7.14927	77.08042		Cacao en crecimiento
		7.13623	77.07533		Otros Cultivos
Segundo Jorge Caruzo Paredes		7.13853	77.08049		Cacao en crecimiento
		7.13777	77.08173		Purma

**Tabla 26.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Mojarras de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Mojarras	Alex Vásquez Fasanando	7.31616	76.92349	415	Plátano
		7.31725	76.92304	432	Purma
	Aquiles Ushiñahua Morales	7.30208	76.94379		Cacao en crecimiento
		7.30203	76.94409		Cacao en producción
		7.30292	76.94401	425	Cacao en crecimiento
		7.30223	76.94333	425	Cacao en producción
	Carlos Alberto Muñoz Herrera	7.30927	76.92984	400	Purma
		7.30776	76.92732	400	
	Celso Rober Guevara Mejía	7.33509	76.96665		Cacao en producción
		7.33498	76.96692		
		7.30225	76.93757	330	
		7.30261	76.93842	330	Cacao en crecimiento
	Demóstenes Amasifuén Puyo	7.33698	76.96319		Cacao en producción
		7.33560	76.96381		Purma
	Eloy Ramírez Guerrero	7.31098	76.93940		Cacao en producción
	Erick Bocanegra Arellano	7.31574	76.93291		Cacao en producción

Fernando Vásquez Morales				Cacao en producción
Hernán Chumbe Chujutalli	7.3293 2	76.9540 7		Cacao en producción
Hitler Vásquez Rodríguez	7.3060 1	76.9323 3		Cacao en producción
	7.3067 3	76.9322 1		
	7.3049 5	76.9300 4		
Jackson Bocanegra Arellano	7.3091 7	76.9333 7		Cacao en producción
Janet Cumbay Neyra	7.3058 9	76.9343 5		Cacao en producción
Joel Díaz Pinedo	7.2941 7	76.9439 4	350	Maíz
Jorge Ushiñahua García	7.3023 9	76.9398 5		Cacao en producción
	7.3027 9	76.9454 6		Cacao en crecimiento
José Elesier Barrera Sarmiento	7.3327 1	76.9542 2		Pasto
	7.3327 4	76.9541 2		Cacao en producción
				Purma
Linder Tello Tello	7.3008 7	76.9475 8		Purma
	7.3029 8	76.9426 1		Cacao en crecimiento
	7.2994 1	76.9439 7		
	7.2997 7	76.9417 4		
	7.2991 8	76.9389 3	325	Maíz
Miguel Torres Vela	7.2999 6	76.9456 1		Cacao en producción
Nicolas Naoca Cardozo	7.3147 0	76.9320 9		Cacao en producción
Presentación Nuñez Morales	7.3192 7	76.9436 2		Cacao en producción
Purificación Caballero Campos	7.3051 2	76.9387 3		Cacao en producción
	7.3065 7	76.9410 5		Purma
Samuel Grandez Aspajo	7.3046 0	76.9443 9		Cacao en crecimiento
	7.2940 7	78.7539 5		Otros Cultivos
Segundo Jorge Ushiñahua Morales	7.3027 9	76.9412 0		Purma
	7.3037 4	76.9443 9		Cacao en crecimiento
	7.3040 8	76.9452 7	510	Purma
Segundo Vicente Fernández Morales	7.3007 9	76.9417 0		Cacao en producción

		7.3011 6	76.9418 7		
--	--	-------------	--------------	--	--

**Tabla 27.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Monterrey de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Monterrey	Celestino Ramírez Alvarado	7.28110	76.94330		Cacao en producción
	Deni Panduro Rodríguez	7.28680	76.93211		Cacao en producción
		7.28720	76.93025	498	Cacao en crecimiento
	Emilio Romero Alfaro	7.31037	76.91755	333	Purma
	Felipe Santiago Clemente Rojas	7.28471	76.93181		Purma
		7.28357	76.92849		Cacao en producción
		7.28453	76.92875		
		7.28313	76.92871		
		7.28645	76.93351		
		7.28333	76.93055	478	
	Flor Nelly Clemente Peña	7.28102	76.92871	501	Maíz
	Francisco Arista Herrera	7.27951	76.93601		Cacao en crecimiento
		7.28024	76.93587		Cacao en producción
		7.28223	76.93666	401	Maíz
	Inés Ríos Cruz	7.28690	76.94013		Purma
	Jesús Manuel Guerrero Carrasco	7.28292	76.93530		Cacao en crecimiento
	Josías García Rodríguez	7.27360	76.94362		Cacao en producción
	José María Ríos Cruz	7.28702	76.93575		Purma
		7.28685	76.93682		Cacao en producción
		7.28594	76.93722		
		7.28670	76.93563		Cacao en crecimiento
		7.28366	76.94198	327	
	José Pedro Rodríguez Quispe	7.29817	76.91721	562	Cacao en crecimiento
	Josías García Rodríguez	7.27347	76.94762	336	Purma
		7.27114	76.94479	441	
	Jovino Olguin Cruz	7.30133	76.92179		Cacao en producción
		7.30610	76.92634	360	Purma
Juan Abel Arista Arista	7.28066	76.93658		Cacao en producción	
Manuel Arquímedes Campos Labán	7.28538	76.92980	443	Maíz	
	7.28581	76.92927	460	Otros Cultivos	
	7.28621	76.93019		Cacao en producción	
	7.28611	76.92958		Cacao en crecimiento	
Moisés Navarro Burga	7.29822	76.91690	558	Cacao en crecimiento	
Pedro Pintado Padilla				Otros Cultivos	

	Rosa Ríos Isuiza	7.28552	76.93125	450	Cacao en crecimiento
	Santiago Clemente Cruz	7.28570	76.93463	402	Purma

**Tabla 28.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Montevideo de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Montevideo	Aníbal Torres Chamaya	6.90376	76.77134		Purma
	Antonio Pérez Fernández				Otros Cultivos
	María Jesús Fernández Dávila	6.89946	76.78129		Cacao en producción
		6.89885	76.77959		Purma

**Tabla 29.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Nueva Esperanza de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Nueva Esperanza	Cástulo Tuanama Tuanama	7.26287	77.06297	567	Cacao en producción
	Cristóbal Más Shapiama	7.25545	77.06424		Cacao en producción
	Esteban Tuanama Tuanama	7.26120	77.05981		Cacao en producción
		7.26377	77.06413	506	
	Marcial Sinarahua Tuanama	7.24099	77.06558		Purma
		7.24248	77.07278		Cacao en producción
	Máximo Satalaya Cerrón	7.28035	77.04891		Cacao en producción
	Melider Más Salas	7.25615	77.06684		Purma
		7.25524	77.05825	372	Cacao en producción
	Melver Más Salas	7.25253	77.06056		Purma
	Nicacio Tuanama Sangama	7.24741	77.06524		Cacao en crecimiento
	Rober Tuanama Tuanama	7.26547	77.06666		Cacao en producción
	Rolando Tuanama Tapullima	7.25734	77.06751		Cacao en producción
	Rusber Ramírez Tenazoa	7.26314	77.06284		Cacao en crecimiento
Ubaldo Vásquez Burgos	7.25394	77.06552		Otros Cultivos	
	7.25793	77.05980		Cacao en crecimiento	
	7.25753	77.05990	353	Cacao en producción	
	7.25784	77.05951	378		

**Tabla 30.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Nuevo Chimbote de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Nuevo Chimbote	Edelmer Becerra Paz	7.08740	77.06069	328	Purma
	Willi Más Maslucan	7.14756	77.07472	355	Purma
	Edelmer Becerra Paz	7.14800	77.07444	360	Pasto
		7.09741	77.06052	380	Cacao en producción

**Tabla 31.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Pizarro de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Pizarro	Alex Sajami Loaiza	7.28182	76.97724		Cacao en producción
		7.28592	76.97858		
		7.25115	76.98364		Plátano
		7.28115	76.97654		Purma
		7.24796	76.98238	358	Maíz
	Almiro Del Castillo Casanova	7.25409	76.98742		Purma
		7.25312	76.98704		Cacao en producción
		7.25384	76.98786	384	Cacao en crecimiento
	Benigno Pisco Fonseca	7.24346	76.99438		Purma
		7.24280	76.99443	495	Maíz
	Carlos Mendoza Ruíz	7.25848	76.98730		Cacao en producción
		7.28243	76.97443		Purma
		7.28161	76.97509		
		7.25215	76.98487		Cacao en crecimiento
		7.25243	76.98527	323	Cacao en producción
		7.25215	76.98533	320	
	Daniel Santos Guerrero Ordoñez	7.25386	76.98948		Cacao en producción
		7.24904	76.99621		
		7.25401	76.98849		
		7.25450	76.98848		Purma
		7.24983	76.98887	340	Plátano
		7.24217	76.99220	450	Cacao en crecimiento
		7.24935	76.99689	390	Cacao en producción
	Didier Morales Gonzáles	7.26627	76.97711		Cacao en producción
		7.26644	76.97544		
		7.26618	76.97444		Purma
		7.26631	76.97391	435	Purma

Eisen Marín Gonzáles	7.25322	76.98870		Otros Cultivos
	7.28078	76.96952		Cacao en crecimiento
	7.27488	76.97782		
	7.28190	76.97071		
	7.27996	76.96985		Purma
	7.24956	76.98602	340	
	7.27502	76.97788	390	
Escuela Primaria - Pizarro	7.24916	76.98326		Purma
Figuración Tapullima Tapullima	7.24686	76.99415		Cacao en producción
	7.24767	76.99401		
Florentino Peña Silva	7.25473	76.98849	495	Maíz
Francisco Mendoza Ruíz	7.24657	77.00022		Cacao en crecimiento
	7.24666	77.00026		
	7.25135	76.98744		Cacao en producción
	7.24806	76.99664		
	7.24277	77.00496		
	7.25184	76.98766		Purma
	7.25172	76.98792		
	7.24696	77.00133		
	7.24523	76.99965	387	
	7.24440	77.00171	520	
	7.24604	77.00056	490	Cacao en producción
	7.25169	76.98773	330	Cacao en producción
	Giddel Henan Amasifuen Sanchez	7.25347	76.98278	367
7.26993		76.99121		Cacao en producción
7.26968		76.99203		
7.26885		76.99138		Cacao en crecimiento
7.27262		76.99239		Purma
Guery Guerra Cometivos	7.24122	76.98558	367	Cacao en producción
Homer Cometivos Sangama	7.24389	76.98483		Cacao en crecimiento
	7.24418	76.98601		Purma
	7.27368	76.97961	383	
Laine Tuanama Shapiama	7.26473	76.97705		Cacao en producción
	7.26543	76.97757		Cacao en crecimiento
	7.25004	76.98546		Purma
Leni Tapullima Padilla	7.25206	76.99937		Cacao en producción
	7.24370	76.98758		Cacao en crecimiento
	7.25131	76.99841		Purma
Leoncio Mendoza Piña	7.27097	76.97321		Cacao en producción
	7.27089	76.97379		Cacao en crecimiento
	7.27120	76.97071		Purma
Lucas Carranza Lozano	7.23801	76.97309		Purma
	7.25569	76.98433	367	Maíz
Luis Fernández Huamuro	7.24649	76.98802	366	Cacao en producción
	7.24861	76.98845	366	
	7.25107	76.99456	367	
Manuel Sangama Paima	7.26340	76.98754		Cacao en producción
	7.26469	76.98653		
	7.26177	76.98326		Purma
	7.26183	76.98321	367	Cacao en producción
Marcos Aspajo Tuanama	7.25399	76.98659	350	Cacao en crecimiento
Melquiades Gómez Cartagena	7.24830	76.98593		Cacao en crecimiento
	7.25100	77.00010		Cacao en producción
	7.25184	77.00146		Purma
Noe Sajami Gonzales	7.25384	76.98071		Cacao en producción
	7.28451	76.97474		
	7.28625	76.97507		Purma

		7.25400	76.98155		Plátano
Rafael Gómez Piña		7.25166	76.98530	367	Maíz
		7.26938	76.97512		Cacao en crecimiento
		7.26756	76.97469		Purma
Regner Reátegui Shapiama		7.27991	76.97368		Cacao en producción
		7.26421	76.97972		Cacao en crecimiento
		7.26495	76.97865		Purma
		7.26516	76.97960	434	Purma
		7.26337	76.97846	375	Maíz
Rodolfo Vargas Vásquez		7.26967	76.97907		Purma
		7.27240	76.98293		
		7.26924	76.97907	367	
		7.25132	76.98375	326	Maíz
Segundo Benigno Pisco Rengifo		7.24494	76.99156		Cacao en crecimiento
		7.24621	76.99183		
		7.24363	76.99263		
		7.24379	76.99209		Purma
		7.24524	76.99127		
Segundo José Chávez Estela		7.25289	76.98458	366	Cacao en producción
		7.25217	76.99461	367	Cacao en crecimiento
Simeón Maza Guerra		7.27667	76.98431		Cacao en producción
		7.27197	76.98029		Pasto
		7.27141	76.98070		Cacao en producción
		7.27709	76.98363		Cacao en crecimiento
		7.27591	76.98384		Cacao en crecimiento
Timoteo Gómez Cartagena		7.25429	76.98112		Cacao en producción
		7.26703	76.97663		
Víctor Eduardo Flores Granda		7.27171	76.97749	414	Purma

**Tabla 32.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Primavera de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Primavera	Abertano Satalaya Isuiza	7.24699	77.04518		Purma
		7.24675	77.04810		Cacao en crecimiento
		7.24581	77.04927		Purma
		7.24265	77.04784	379	
		7.24341	77.04868	385	
		7.24740	77.04874	416	Cacao en crecimiento
	Agner Mozombite Mesa	7.23512	77.06768		Maíz
	Alquimer Ordoñez Román	7.24650	77.02539		Cacao en crecimiento
		7.24005	77.04725		
	Anderson Mozombite Acosta				Cacao en producción
	Ángel Sandoval Galán	7.23654	77.05864		Cacao en producción
	Artemio Satalaya Panduro	7.22300	77.05150		Cacao en producción
		7.22375	77.05248		Cacao en crecimiento
Clérigo Mozombite Flores	7.22720	77.05219		Cacao en producción	

Dandy Satalaya Del Castillo	7.22547	77.05316		Cacao en producción
	7.22618	77.05315		
Edwin Gustavo Cornejo Vela	7.25378	77.04572	413	Purma
Encarnación Satalaya Panduro	7.25026	77.04949		Cacao en producción
Enrique Peña Isuiza	7.21935	77.05279		Cacao en producción
Jarly García Ramírez	7.25564	77.04654		Purma
Jorge Navarro Mozombite	7.23411	77.04858		Cacao en producción
	7.23083	77.04533		Purma
	7.23134	77.04215		
	7.23115	77.04578		
	7.23085	77.04337	429	Purma
Juan Bautista García Villares	7.24000	77.05655		Cacao en producción
Ladislao Barrera Sandoval				Purma
Lázaro Llamo Vaca	7.24507	77.05091		Cacao en producción
	7.24520	77.05138		
Merli Satalaya Tuanama	7.24038	77.05392		Purma
Miguel Hernández Satalaya	7.24358	77.04457	385	Purma
Pedro Cornejo Yangua	7.25730	77.04313		Purma
	7.25337	77.04646		Cacao en crecimiento
	7.25677	77.04342	567	Purma
Pedro Hernández Acuña	7.24388	77.04206		Cacao en producción
	7.23858	77.05118		Purma
Sadith Acuña Doñe	7.23427	77.05048		Cacao en producción
Segundo Ángel Sandoval Sajami	7.23776	77.06494		Purma
Segundo José Peña Isuiza	7.22108	77.05469		Cacao en producción
Tito Fasabi Isuiza	7.25386	77.04875		Cacao en producción
Tomas Guevara Acuña	7.20576	77.06709		Cacao en producción
Walterh Navarro Mozombite	7.23368	77.05079		Cacao en producción
Wellington Satalaya Isuiza	7.24121	77.04442		Cacao en crecimiento
	7.24217	77.04349		
Wilder Satalaya Isuiza	7.25202	77.05195		Purma

**Tabla 33.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Pucallpillo de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Pucallpillo	Anderson Ruíz				Cacao en producción
	Antonio Ortíz Pisco	7.22059	77.00201		Cacao en producción
7.22046		77.00149		Cacao en crecimiento	

	7.22074	77.00107	Purma
Artidoro Vargas Tananta	7.21779	76.99501	Cacao en crecimiento
Carlos Alberto Sandoval Caballero	7.20313	77.02340	Cacao en crecimiento
Charles Gómez Caballero	7.22955	76.99139	Plátano
	7.22475	76.99504	Purma
	7.23144	76.99110	Cacao en crecimiento
	7.22596	76.99418	Purma
	7.21339	77.02285	Cacao en producción
	7.21562	77.02406	Cacao en crecimiento
	7.21466	77.02191	
Cristhian Saavedra Caballero	7.21761	77.02533	
	7.22895	76.99134	Plátano
	7.22996	76.99459	Cacao en crecimiento
	7.22977	76.99098	Maíz
Darwin Caballero Mendoza	7.23072	76.99422	Purma
			Cacao en producción
			Purma
	7.22778	76.99198	
	7.21071	79.52217	Cacao en producción
	7.22830	76.99190	Plátano
	7.22908	76.99043	Cacao en producción
	7.22858	76.99273	Otros Cultivos
			Purma
			Maíz
Doriza Caballero Mendoza			Cacao en producción
	7.22472	76.99438	Maíz
	7.22487	76.99434	Purma
Edwin Caballero Mendoza	7.23154	76.99077	Cacao en crecimiento
	7.23243	76.99074	Cacao en producción
	7.23299	76.99138	Cacao en crecimiento
	7.23229	76.99092	Cacao en producción
	7.23264	76.98996	Plátano
	7.23264	76.98996	
	7.23229	76.99092	Cacao en producción
	7.23273	76.99118	Purma
7.23274	76.99118		
Felix Revilla Trujillo			Cacao en producción
	7.21732	77.00734	
	7.21732	77.00734	
	7.22024	76.99185	Purma
	7.23050	76.99041	Cacao en producción
	7.21806	77.00683	
	7.23050	76.99041	Cacao en producción
	7.22024	76.99185	Purma
	7.23066	76.99027	Plátano
7.21824	77.00660	Cacao en crecimiento	
Florencio Cruz Huaman	7.22663	77.00638	Cacao en producción
	7.22632	77.00540	Cacao en crecimiento
	7.22091	76.99902	Otros Cultivos
Fredesvinda Pisco Fonseca	7.21699	77.00073	Maíz
Gerardo Felipe Barrantes Camacho	7.22018	77.00322	Cacao en producción
	7.22003	77.00299	Cacao en crecimiento
	7.22010	77.00379	
	7.22068	77.00417	
	7.21941	77.00352	Cacao en producción
Jhonyhely Alarcon Herrera	7.21961	76.99823	Maíz
Jorge Yoplac Tuanama	7.21269	76.99916	Cacao en producción

		7.21387	77.00049		Purma
					Cacao en producción
Kelvin Pérez Pisco		7.21690	77.00017		Cacao en crecimiento
Lindley Caballero Mendoza		7.20786	77.03068		Otros Cultivos
					Cacao en producción
		7.20952	77.02829		Maíz
Luís Flores López		7.22873	76.99005		Purma
		7.22095	76.99218		Cacao en producción
		7.22867	77.00033		Cacao en crecimiento
		7.22775	76.99574		
		7.22798	76.99426		Purma
		7.22820	76.99512		Cacao en crecimiento
		7.22054	76.99219		
	7.22054	76.99219			
María Benita Ushiñahua García De Pisco		7.21440	76.99854		Cacao en producción
		7.21564	76.99896		
		7.21474	76.99903		
		7.21434	76.99820		Plátano
		7.21227	76.99450		Maíz
Mauro Cachique Pisco		7.21104	76.99993		Cacao en producción
		7.21253	77.00074		
		7.21176	77.00234		Otros Cultivos
		7.21146	77.00186		Plátano
Olvin Ruíz Pisco		7.23292	76.99478		Cacao en producción
		7.22602	76.99577		Cacao en crecimiento
		7.22568	76.99587		Maíz
Orlando Silva Camacho					Cacao en producción
Pasiona Caballero Mendoza		7.23063	76.99512		Cacao en producción
		7.22944	76.99129		Otros Cultivos
		7.22904	76.99471		Cacao en producción
Queyner Arellano Pizango		7.22667	76.99666		Cacao en crecimiento
Rober Caballero Mendoza		7.21565	77.00519		Purma
		7.23187	76.98912		Plátano
		7.21317	77.00865		Purma
Wilier Pisco Fonseca		7.20882	76.99486		Cacao en crecimiento
		7.21560	76.99862		Otros Cultivos
		7.20869	76.99443		Cacao en crecimiento
		7.21905	76.99908		
William Caballero Pisco		7.21962	77.00051		
		7.21610	77.01107		Cacao en crecimiento
		7.21709	77.01003		
Winston Ruíz Pisco		7.21626	77.01151		Purma
		7.21917	76.99253		Cacao en producción
					Purma
		7.21978	76.99213		Cacao en producción

**Tabla 34.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Sanambo de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
-----------	------------------	-------------	--------------	-------------	------------

Sanambo	Carlos López Rengifo	7.20620	76.99874	385	Pasto
	Cornelio Mozombite Shupingahua	7.21423	77.00263		Cacao en producción
		7.21373	77.00202		
		7.19051	77.00912		Plátano
	Enith Pérez Sajami	7.20993	77.00014		Cacao en producción
		7.21201	76.99794		
		7.21135	76.99910		Plátano
		7.20551	77.00000		Cacao en producción
	Glider Vásquez Fasanando	7.20121	77.00359		Cacao en producción
		7.20140	77.00362		Pasto
		7.20127	77.00142		Cacao en producción
		7.20014	77.00108		Purma
	Hermitaneo Huamán Rojas	7.19914	77.00472		Cacao en producción
		7.21141	76.99868		
		7.19930	77.00882		Purma
		7.19903	77.00598		Cacao en producción
	Roberto Terán Cruz	7.20123	77.00043	435	Cacao en producción
	Santos Ortiz Sajami	7.20849	76.99024		Cacao en producción
	Tercero Del Águila Aguilar	7.18976	77.00815		Cacao en producción
		7.18964	77.00845		
7.19013		77.00793			
7.19080		77.00924	338		
7.19011		77.00919	340	Cacao en crecimiento	
7.18970		77.00816	346	Cacao en producción	

**Tabla 35.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Sanchima de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Sanchima	Auner Tuanama Tuanama	7.25989	76.94585		Cacao en producción
	Elitor Tuanama Tuanama	7.26329	76.94978		Cacao en producción
		7.26326	76.95014		
		7.26312	76.95172	411	Purma
	Jaurimo Tuanama Tuanama	7.26301	76.94806	372	Purma
	Jesús Mori Pizango	7.24758	76.94770	735	Purma
	Julio Cometivos Gonzales	7.26341	76.96127		Purma
		7.26019	76.96210		Cacao en producción
	Manuel Pinedo Pérez	7.26911	76.95127		Cacao en producción
Nelson Díaz Pinedo	7.25756	76.95353		Cacao en crecimiento	

Patrocinio Sandoval Jimenes	7.27443	76.95025		Cacao en producción
Raúl Tuanama Shapiama	7.25618	76.96484		Cacao en producción
	7.25766	76.96479	337	Purma
Rodildo Ruíz Alva	7.26274	76.95726		Cacao en crecimiento
				Cacao en producción
	7.26309	76.95738		
	7.26157	76.95885		
	7.25964	76.95540		
				Purma
	7.15775	76.57425	344	Maíz
Rodolfo Cometivos Paima	7.26133	76.96231		Cacao en producción
	7.26064	76.96303		Purma
Roy Gómez Sandoval	7.26927	76.95349		Cacao en producción
Williams Tello Guerra	7.27155	76.95774		Cacao en producción
	7.27045	76.95652		Cacao en crecimiento

**Tabla 36.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Santa Inés de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Santa Inés	Adolfo Ojanama Tapullima	7.32631	76.89756	372	Purma
		7.32708	76.89841		Purma
		7.32809	76.89971		Cacao en producción
	Almides Isuiza Sangama	7.32551	76.91281	411	Purma
	Apolinar Mendoza López	7.35078	76.89030		Purma
		7.35823	76.89235		Cacao en producción
		7.35772	76.89149		Cacao en producción
		7.35863	76.89413	433	Cacao en producción
	Dilmer Becerra Solano	7.32401	76.91693	432	Purma
	Felipe Fasabi Shupingahua	7.33182	76.90341		Cacao en producción
		7.33061	76.90261		Cacao en crecimiento
		7.33190	76.90461	345	Maíz
		7.33230	76.90428	348	Maíz
	Hipólito Caballero Vásquez	7.33579	76.90105		Cacao en producción
		7.33680	76.90126		Purma
		7.33561	76.90063	357	Maíz
	IE. Santa Inés	7.33246	76.89969	311	Purma
Jorge Alberto Vargas Sauceo	7.33475	76.89861	312	Otros Cultivos	
	7.35616	76.88862		Cacao en producción	

		7.35528	76.88834		Purma
José Aquilino Sagastegui Medina		7.33983	76.89760		Purma
		7.34063	76.89826		Cacao en crecimiento
		7.34263	76.89808		Purma
		7.34250	76.89879	380	Maíz
		7.32884	76.90358		Cacao en producción
José Lorenzo Santa Cruz		7.35751	76.89405	420	Cacao en producción
Justina Silva Carrasco		7.33575	76.89468		Cacao en producción
		7.33495	76.89357		Purma
		7.33638	76.89331	336	Maíz
Lider Inuma Inuma		7.32073	76.90483		Cacao en crecimiento
Mauro Fasabi Salas		7.33080	76.90394		Cacao en producción
		7.33029	76.90516		Purma
		7.33105	76.90483		
		7.33219	76.90625	415	
Nelson Tuanama Shupingahua		7.32805	76.91041		Cacao en crecimiento
		7.32943	76.90585	361	
Regner Lozano Minauro		7.33628	76.89638		Cacao en producción
		7.34076	76.89585		Purma
		7.34014	76.89589	354	
Régulo Bueno Ramírez		7.34027	76.89429		Purma
Robinson Isuiza Sangama		7.32541	76.90473	341	Purma
Ronald Fasabi Tuanama		7.32837	76.90874		Cacao en crecimiento
		7.32594	76.90306	312	Purma
Rosendo Córdova Carrasco		7.34921	76.89809		Cacao en producción
		7.34766	76.89521		
Santo Satalaya Zelada		7.32181	76.90233	360	Maíz
		7.32439	76.90730		Purma
Santos Chuinchay Huamán		7.32510	76.91639	488	Cacao en producción

**Tabla 37.** Ubicación de puntos de validación en coordenadas UTM del centro poblado Santa Rosa de la cuenca del río Huayabamba

Comunidad	Nombre Productor	GPS Latitud	GPS Longitud	Altitud (m)	Uso actual
Santa Rosa	Alberto Tuanama Utia	7.20031	77.01803		Purma
	Crower Del Castillo Alegría	7.20264	77.01337		Cacao en producción
		7.19349	77.00931		
	Francisco Alegría Ruíz	7.20301	77.00977		Cacao en producción
		7.20318	77.00989		Plátano
		7.20453	77.01030		
		7.20375	77.01047		

Francisco Rojas Huansi				Maiz
	7.19793	77.00758		Cacao en producción
Hilmer Macchiavelo García	7.20322	77.01454		Cacao en producción
	7.19745	77.01971		
Leovigildo Pérez Valles				Cacao en producción
Merlith Del Castillo Peso	7.19894	77.01999		Cacao en producción
	7.20319	77.00554		Plátano
Narciso Vásquez Pinedo	7.19466	77.02248		Cacao en producción
	7.19465	77.02020		Otros Cultivos
Nelson Del Castillo López	7.20348	77.01144		Cacao en producción
	7.19101	77.00754		
Oscar Vásquez Fasanando	7.19072	77.00996		Cacao en producción
	7.18985	77.00973		
	7.18981	77.01023		
Oswaldo Del Castillo Vásquez	7.19766	77.01873		Cacao en producción
Ronald Sandoval Del Castillo	7.19698	77.02089		Cacao en producción
	7.20338	77.01154		
	7.20491	77.00536		
	7.19846	77.02085		
	7.19840	77.01818		
Segundo Ángel María Álvarez Campo Verde	7.20491	77.00536		Cacao en producción
	7.20319	77.00554		Cacao en crecimiento
Segundo Hildo Mozombite Piña	7.19992	77.00863		Cacao en producción
	7.19992	71.00863		
Wenceslao Del Aguila Aspajo	7.20447	77.00496		Cacao en crecimiento
	7.20430	77.00479		Plátano
Wilfredo Caballero Ruíz	7.20508	77.00694		Cacao en producción
	7.20298	77.00766		
	7.20409	77.00703		
	7.20368	77.00749		Plátano
Wili Pérez Ruíz	7.20244	77.00757		Cacao en producción
	7.20158	77.01451		
	7.20339	77.00924		
	7.20232	77.00873		Cacao en crecimiento

**Anexo 2.** Panel fotográfico.



**Figura 13.** Cobertura del suelo con cultivo de cacao



**Figura 14.** Tomando nota de las características de la cobertura



**Figura 15.** Georreferenciando una cobertura del suelo con plantación de Bolaina



**Figura 16.** Sistema de traqueo para ubicar la distancia de recorrido de una plantación



**Figura 17.** Vista panorámica de la parte alta de la cuenca del río Huayabamba



**Figura 18.** Vista panorámica de la cuenca del río Huayabamba



**Figura 19.** Vista panorámica del centro poblado Bagazan en la cuenca del río Huayabamba



**Figura 20.** Reunión con las autoridades de los centros poblados asentadas en la cuenca del río Huayabamba