

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 | 23 % Veintitrés |

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

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

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

Tingo María – Perú

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. Mapa de ubicación de la cuenca del río Supte | 24 |
| 2. Diagrama de flujo del proceso de modelamiento para la cuenca del río Huayabamba | 42 |
| 3. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010 | 45 |
| 4. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2000 de la cuenca del río Huayabamba | 46 |
| 5. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020 | 48 |
| 6. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2010 de la cuenca del río Huayabamba | 49 |
| 7. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2020 | 51 |
| 8. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2020 de la cuenca del río Huayabamba | 52 |
| 9. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 proyectada al 2030 | 54 |
| 10. Mapa de cambio de cobertura y uso de la tierra proyectada al año 2030 | 55 |
| 11. Comportamiento de la tasa de cambio del periodo 2000 al 2020 | 60 |
| 12. Simulación del cambio de cobertura del 2000 – 2030 | 65 |
| 13. Cobertura del suelo con cultivo de cacao | 98 |
| 14. Tomando nota de las características de la cobertura del suelo | 98 |
| 15. Georreferenciando una cobertura del suelo con plantación de Bolaina | 99 |
| 16. Sistema de traqueo para ubicar la distancia de recorrido de una plantación | 99 |
| 17. Vista panorámica de la parte alta de la cuenca del río Huayabamba | 100 |
| 18. Vista panorámica de la cuenca del río Huayabamba | 100 |
| 19. Vista panorámica del centro poblado Bagazan en la cuenca del río Huayabamba | 101 |
| 20. Reunión con las autoridades de los centros poblados asentadas en la cuenca del río Huayabamba | 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 CO₂ 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 interdisciplinaria 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

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

Fuente: Pontius y Malanson (2005)

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

La ganancia (*Gij*), que se calcula restando la persistencia (*Pjj*) de la columna de tiempo total 2 (*P+j*), representa el porcentaje de paisajes que experimentaron un aumento entre el primer día (t1) y el último día (t2):

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

La pérdida (*Lij*), que representa la proporción de paisajes reducidos entre dos fechas, se obtuvo calculando la diferencia entre el total de 1 línea de tiempo (*Pj+*) y la tolerancia (*Pjj*):

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

La persistencia (*Pij*) 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 (*DTj*), 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).

Laurente (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.

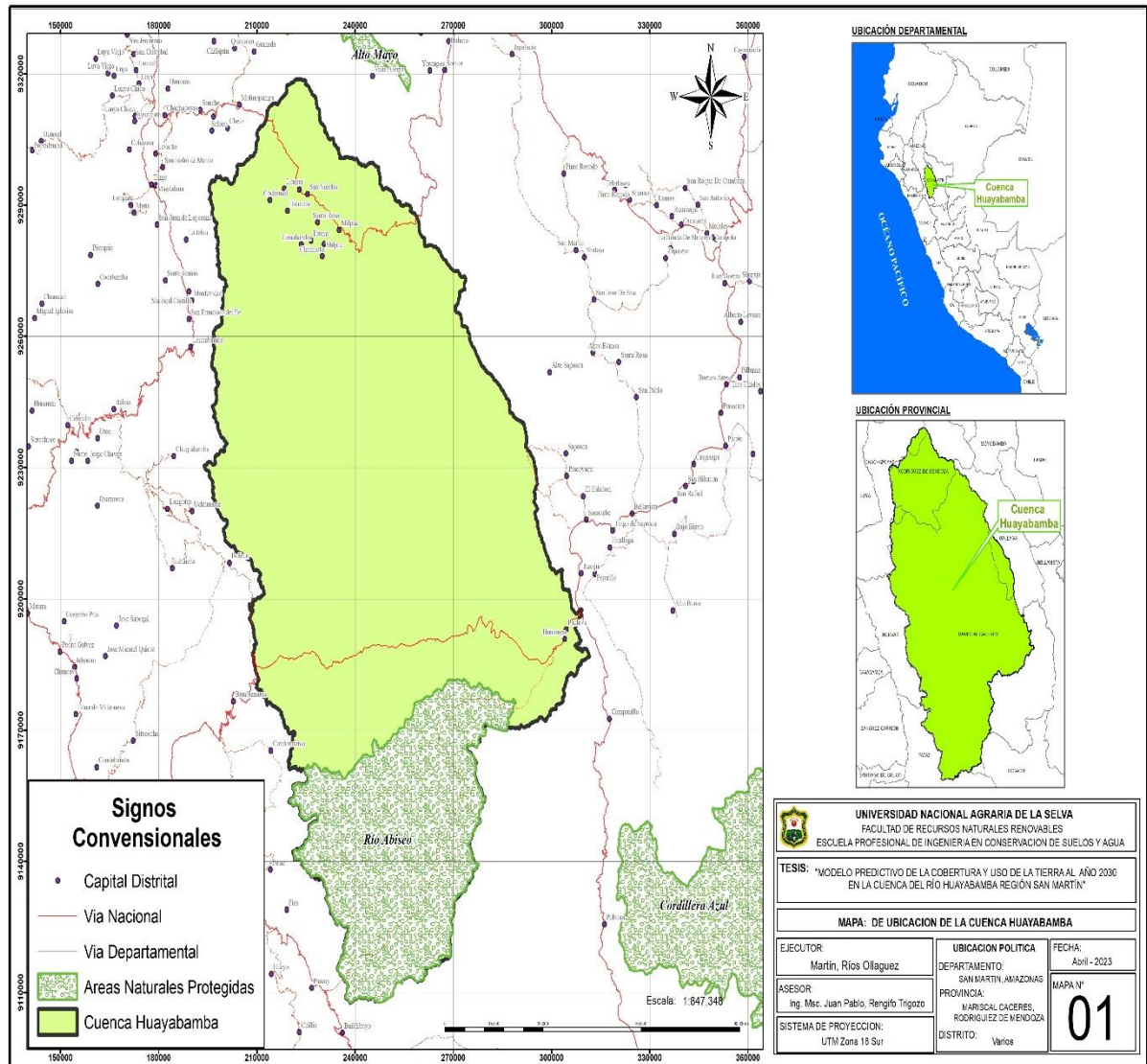


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Huayabamba

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 |
| TOTAL | | | | | 113 826,13 | 100,00 |

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 |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------|
| Independiente: | | | |
| 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 | |
| Dependiente: | | | |
| 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 recopilaban 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.

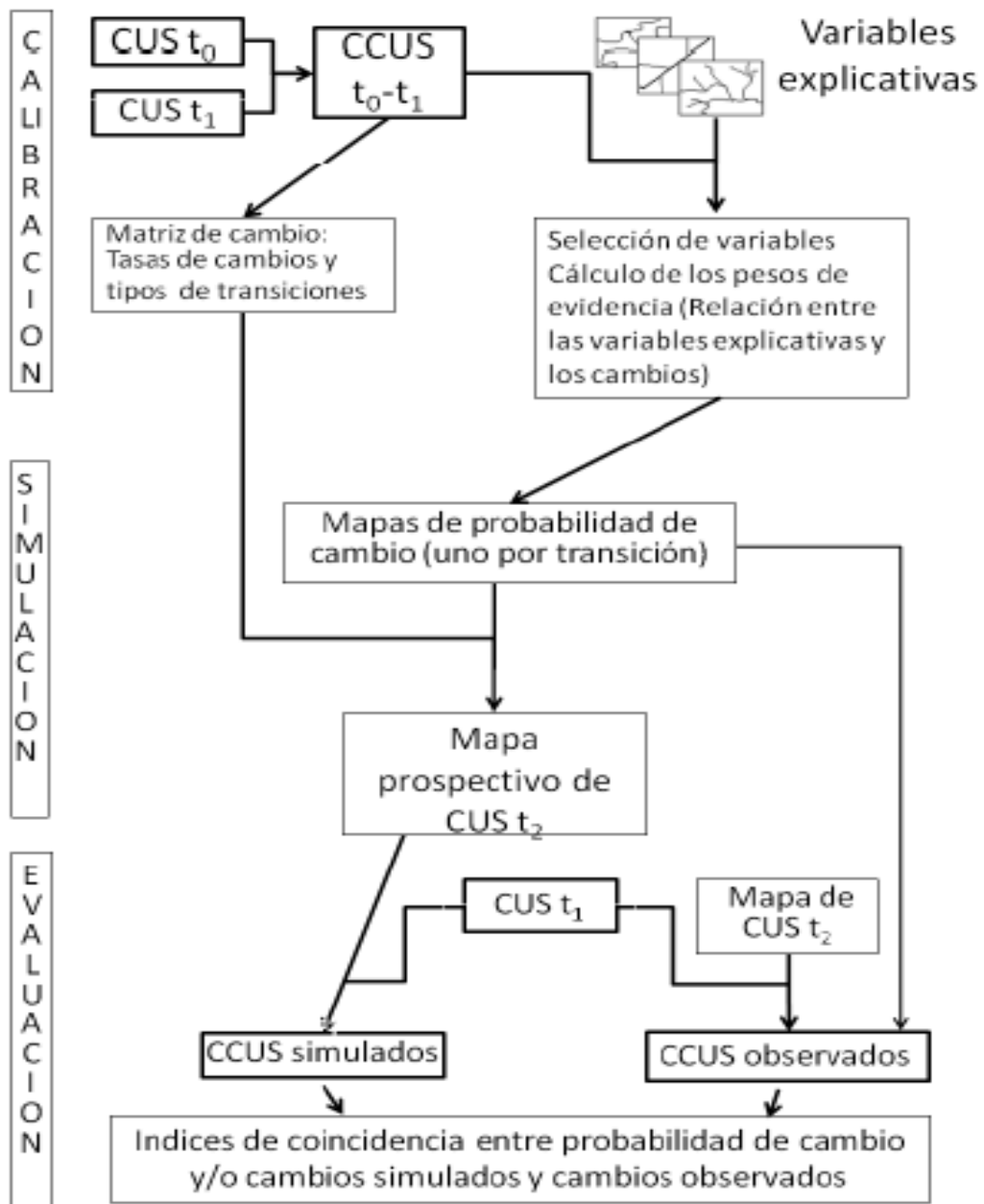


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de modelamiento para la cuenca del río Huayabamba

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 gano 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 |
| Superficie total | | 1 387 467,98 | 100,00 | 1 387 467,98 | 100,00 | - | - |

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.

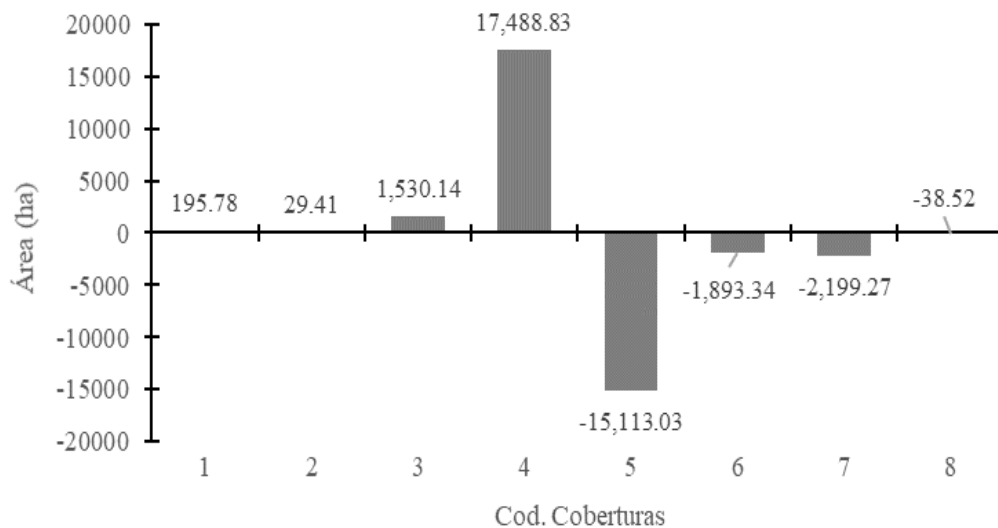


Figura 3. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2000 al 2010

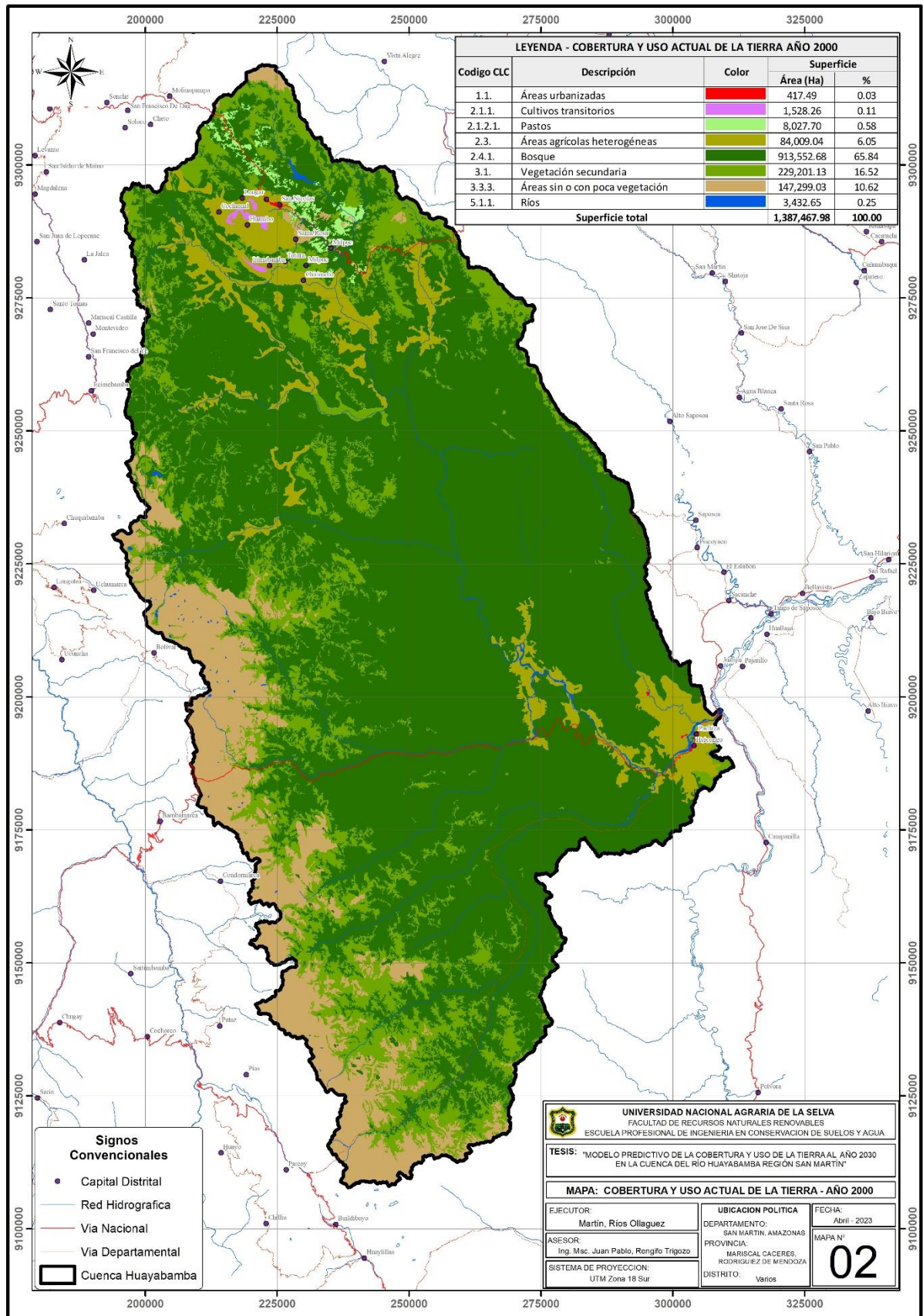


Figura 4. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2000 de la cuenca del río Huayabamba

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 |

| | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---|---|
| Superficie total | 1 387 467,98 | 100,00 | 1 387 467,98 | 100,00 | - | - |
|-------------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---|---|

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.

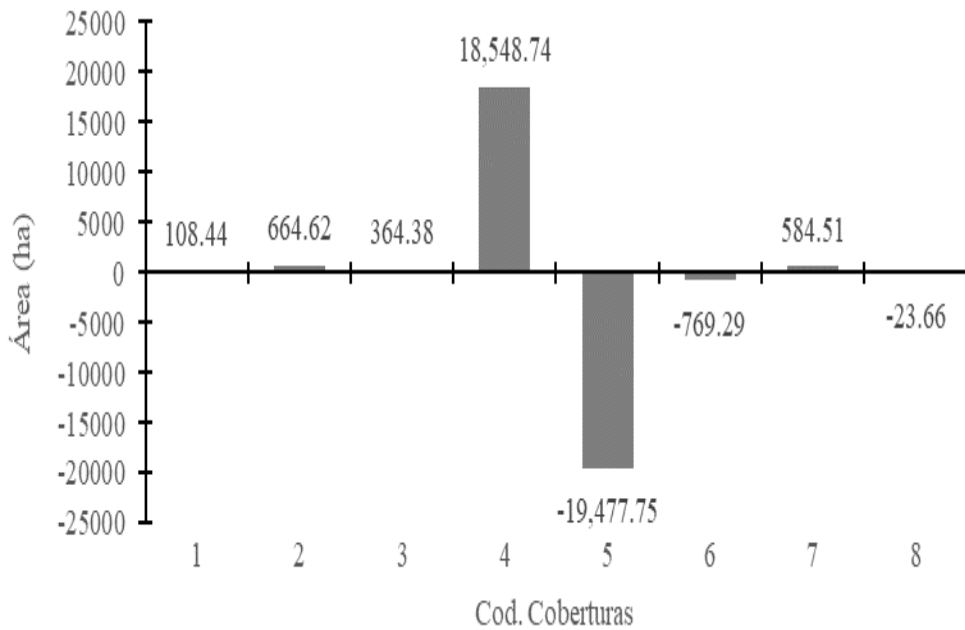


Figura 5. Cambio de cobertura y uso de la tierra año 2010 al 2020.

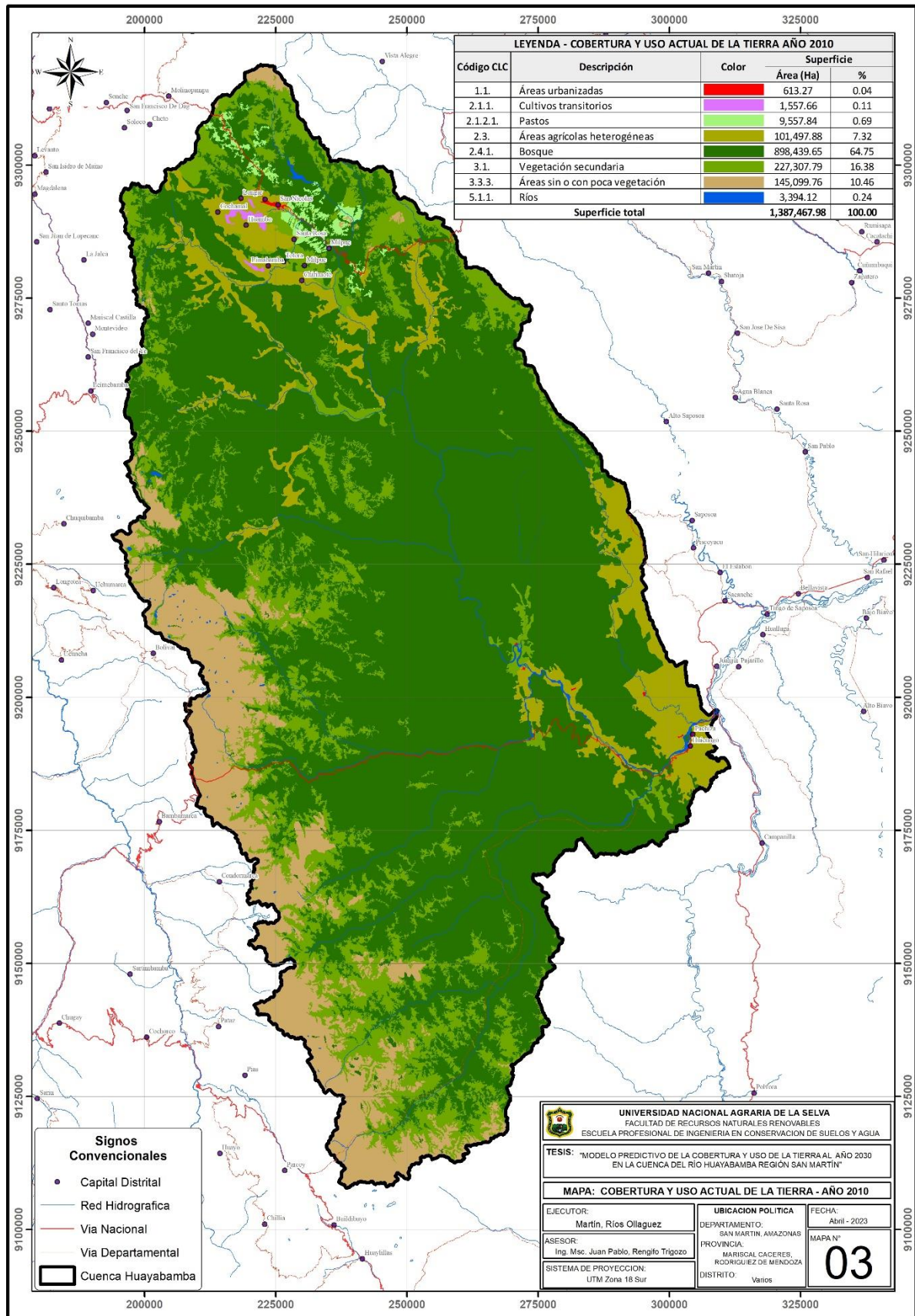


Figura 6. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2010 de la cuenca del río Huayabamba.

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 |
| Superficie total | | 1 387 467,98 | 100,00 | 1 387 467,98 | 100,00 | - | - |

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.

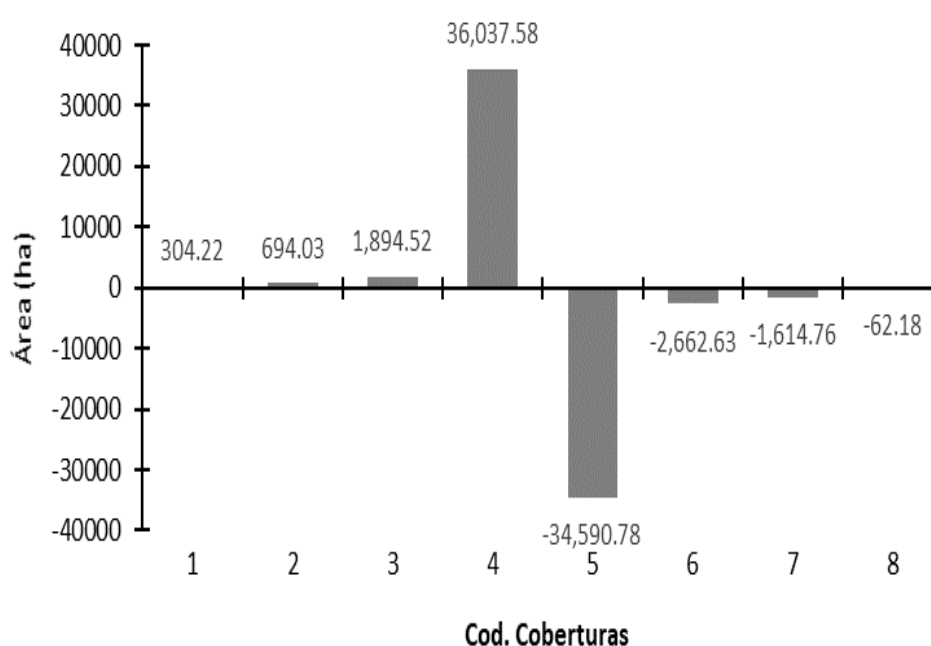


Figura 7. Cambio de cobertura del año 2000 al 2020.

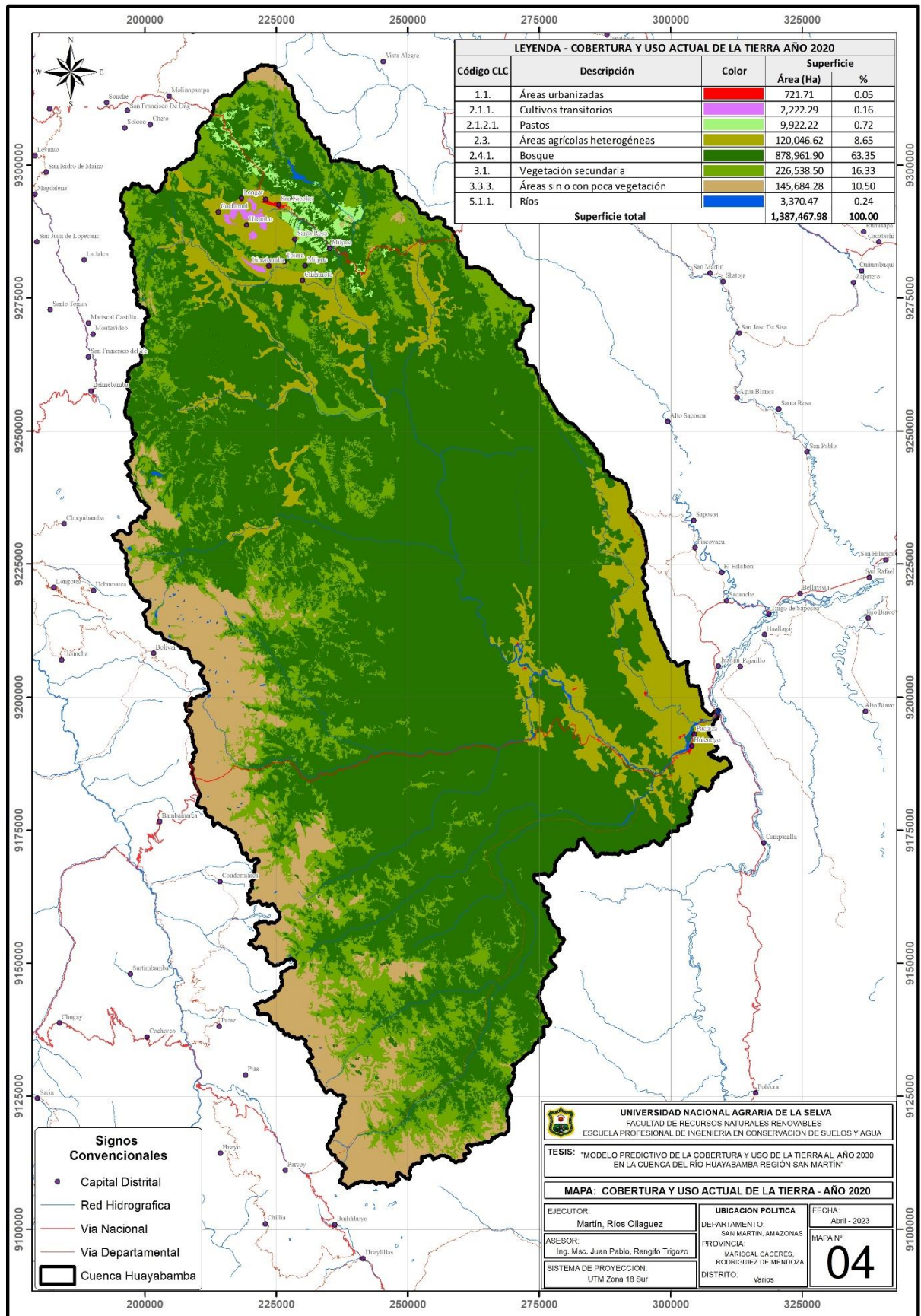


Figura 8. Mapa de cobertura del año 2020.

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 | Superficie total | 1 387 467,98 | 100,00 | 1 387 467,98 | 100,00 | - | - |

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.

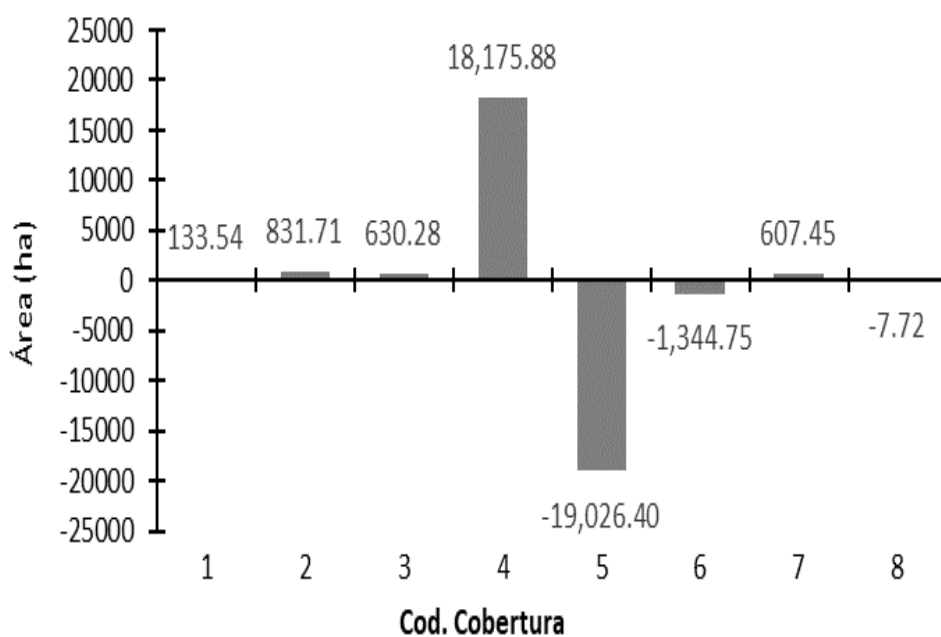


Figura 9. Cambio de cobertura del año 2000 proyectada al 2030.

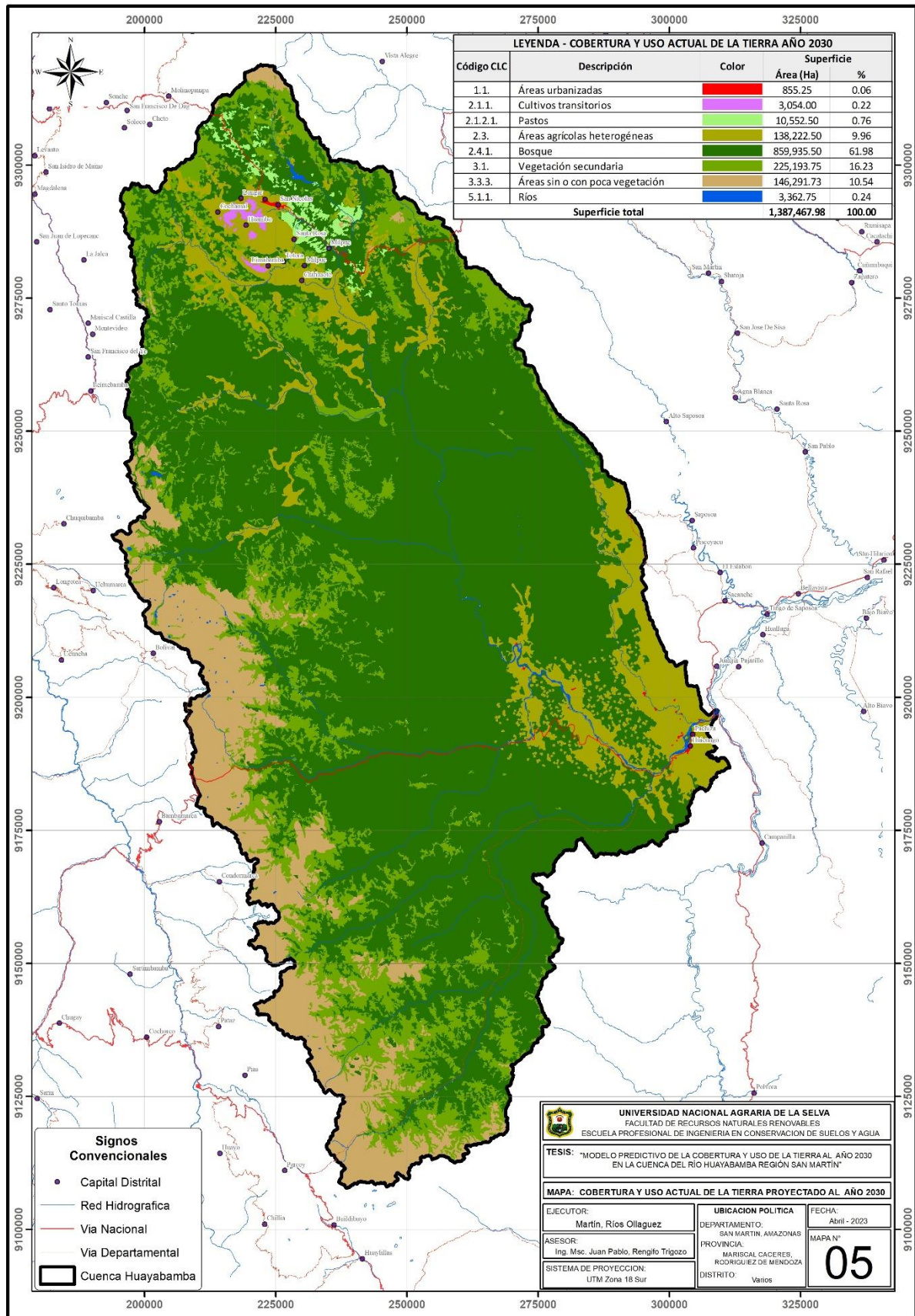


Figura 10. Mapa de cambio de cobertura proyectada al año 2030.

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 heterogenias 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.

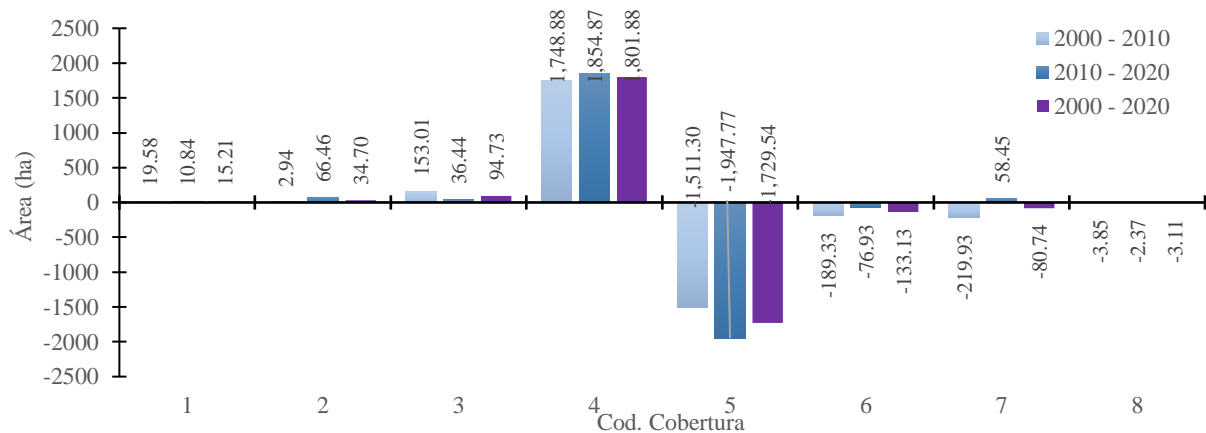


Figura 11. Comportamiento de la tasa de cambio del periodo 2000 al 2020

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

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

| | | 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 2000 | 1 | Áreas urbanizadas | 405,76 | - | - | - | - | - | 11,73 | 417,49 | 11,73 | |
| | 2 | Cultivos Transitorios | - | 1 528,26 | - | - | - | - | - | 1,528.26 | 0,00 | |
| | 3 | Pastos | - | - | 8 027,70 | - | - | - | - | 8,027.70 | 0,00 | |
| | 4 | Áreas agrícolas heterogéneas | 265,74 | 694,03 | - | 82 954,36 | 79,96 | - | 14,95 | 84 009,04 | 1 054,68 | |
| | 5 | Bosque | 50,21 | - | - | 35 011,50 | 878 421,31 | 51,34 | - | 18,33 | 913 552,68 | 35 131,37 |
| | 6 | Vegetación secundaria | - | - | 374,22 | 2 036,96 | 380,88 | 226 409,07 | - | - | 229,201.13 | 2,792.06 |
| | 7 | Áreas sin o con poca vegetación | - | - | 1 520,30 | - | 16,37 | 78,09 | 145 684,28 | - | 147 299,03 | 1 614,76 |
| | 8 | Ríos | - | - | - | 43,81 | 63,38 | - | - | 3 325,45 | 3 432,65 | 107,19 |
| Área (ha) | | 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 | - | |
| Ganancia (ha) | | 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 |
| Superficie total | | 1 387 467,98 | 100,00 | 1 387 467,98 | 100,00 | - |

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.

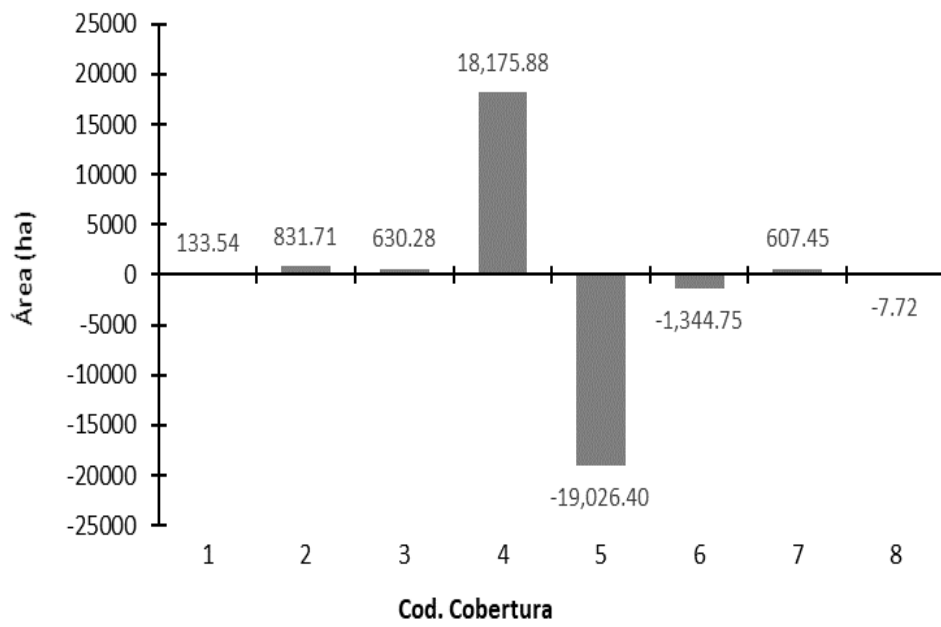


Figura 12. Simulación del cambio de cobertura del 2020 al 2030.

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.
- 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
- 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.

- 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>
- Gomasasca, 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
- 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
- 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=0CpPf2iAaw&sig=Y93L8cW9dAjkrzOP_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.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.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
- 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^{era} 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.

| Cobertura | ID gridcode | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 |
|------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|

| | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|---|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 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 |
| Total | | | | 1 387 467,98 | 1 387 467,98 | 1 387 467,98 | 1 387 467,98 |

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 |
| Superficie total | | | | 1,387,467.98 | 100.00 |

Tabla 20. Cobertura y uso de la tierra año 2010

| LEYENDA - COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA AÑO 2010 | | | | | |
|---|------------|---------------------------------|-------|---------------------|---------------|
| | 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 |
| Superficie total | | | | 1,387,467.98 | 100.00 |

Tabla 21. Cobertura y uso de la tierra año 2020

| LEYENDA - COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA AÑO 2020 | | | | | |
|---|------------|---------------------------------|-------|---------------------|---------------|
| | 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 |
| Superficie total | | | | 1,387,467.98 | 100.00 |

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 | | Cacao en producción |

| | | | | |
|---|---------|----------|--|----------------------|
| 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